REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE VIALIDAD

EVALUACION DE PROYECTOS VIALES INTERURBANOS

MANUAL DE CARRETERAS

VOLUMEN 1
TOMO II

RICARDO LAGOS ESCOBAR
Ministro de Obras Públicas

JUAN LOBOS DIAZ
Ing. Director General de OO.PP.

YANKO VILICIC RASMUSSEN
Ing. Director de Vialidad

SONIA MORALES PINTO
Ing. Subdirectora de Desarrollo

MARIA INES MARTINEZ
Ing. Jefe Depto Planes y Programas

JUNIO 1997

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE VIALIDAD

EVALUACION DE PROYECTOS VIALES INTERURBANOS

MANUAL DE CARRETERAS

VOLUMEN 1
TOMO II

RICARDO LAGOS ESCOBAR
Ministro de Obras Públicas

JUAN LOBOS DIAZ
Ing. Director General de OO.PP.

YANKO VILICIC RASMUSSEN
Ing. Director de Vialidad

SONIA MORALES PINTO
Ing. Subdirectora de Desarrollo

MARIA INES MARTINEZ
Ing. Jefe Depto Planes y Programas

JUNIO 1997

INTRODUCCIÓN

Objeto.- Este manual se propone establecer políticas, procedimientos e instrucciones uniformes para la planificación general, reconocimiento, trazado diseño, presentación de planos, especificaciones de construcción, mantenimiento, planos de obras tipo, normas de tránsito y señalización de caminos para la Dirección de Vialidad. Sus disposiciones serán de carácter obligatorio para los proyectistas y profesionales de ésta Dirección, salvo excepciones que deberán ser aprobadas por el Ingeniero Jefe del Departamento de la especialidad respectiva.

Muchas de la normas aquí indicadas, aunque han sido usadas en la práctica, se consideran aún provisorias y, en consecuencia, se ha preferido usar un tipo de numeración abierta susceptible de rectificaciones y agregados, conforme a lo que las nuevas técnicas o experiencias hagan recomendable. Se entiende, además, que en casos especiales podrán usarse otros criterios, sujetos a la aprobación de la Dirección de Vialidad.

Límites.- Este Manual no es texto de estudio, ni tampoco puede sustituir la experiencia y el buen criterio que deben ser parte integral del arte de la ingeniería. Las fórmulas, ábacos y tablas que se incluyen tienen por objeto una solución rápida de los problemas más corrientes que se presenten en la oficina o en el terreno, cuando éstos no se encuentran con facilidad en los textos de estudio de caminos.

Numeración.- Se adoptó el sistema de numeración abierta, porque permite cambios y ampliaciones. Se supone que durante la aplicación del manual se irán confeccionando periódicamente, nuevas láminas de planos e instrucciones para completar o sustituir a los actuales a medida que la práctica o las nuevas técnicas lo requieran.

Organización del Manual.- Las materias tratadas en en el Manual de Carreteras están divididas en 7 partes:

1.- Planificación y Desarrollo Vial
  Tomo I: Conceptos, criterios y antecedentes de Planificación y Desarrollo Vial.
  Tomo II: Evaluación de Proyectos Viales Interurbanos.
2.- Procedimientos de Estudios.
3.- Instrucciones de Diseño.
4.- Planos de Obras Tipo.
5.- Especificaciones Técnicas Generales.
6.- Tránsito y Señalización.
7.- Mantenimiento de Caminos.

Cada una está contenida en un volúmen constituído por un archivador de hojas sueltas, con el objeto de facilitar los cambios y ampliaciones del texto original. La presente introducción va incluída en todos los volúmenes, por ser de aplicación general.

Participaron en la Elaboración del Tomo II del Volúmen 1 del Manual de Carreteras:

EMPRESA CONSULTORA

Consultores en Ingeniería de Transporte
CITRA Ltda.

Jefe de Proyecto	:	Tristán Gálvez Pérez
Especialistas	:	Sergio Jara Díaz
		Francisco Martínez Concha
		Daniel Tolchinsky Navarro
Ingenieros	:	Juan Cortés Cortés
		Daniel Tolchinsky Navarro
		Gerardo Echeverría Gómez
		Mª Gabriela Eguiluz Rodríguez
		Rubén Godoy Miranda
		Eugenio Labarca Torche
		Eduardo Nuñez Soto
		Mauricio Poblete Rodríguez
		Ramón Silva Améstica
		Hernán Valenzuela Chacón
		Eduardo Valenzuela Ferraut
		Gonzalo Vejar Lobos
		Jorge Vera González

CONTRAPARTE TÉCNICA

Dirección de Vialidad	:	María Inés Martínez Gómez
Asesor Dirección de Vialidad	:	Carlos Silva Ortiz
Asesor Dirección de Vialidad	:	Walter Bruning Maldonado
Dirección de Planeamiento	:	Dagoberto Aranda Rivillo
MIDEPLAN	:	Fernando Cartes Mena
SECTRA	:	Alvaro Valenzuela Alcalde
Ministerio de Transportes	:	Enrique Runín Zúñiga

MANUAL DE CARRETERAS
VOLUMEN 1 TOMO II
EVALUACION DE PROYECTOS VIALES INTERURBANOS

INDICE

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE VIALIDAD

CAPITULO 1.000 INFORMACION GENERAL

SECCION 1.001 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL VOLUMEN

SECCION 1.002 ESTRUCTURA DEL VOLUMEN

SECCION 1.003 NOMENCLATURA

SECCION 1.004 ANTECEDENTES Y FUENTES DE INFORMACION

SECCION 1.303 TRANSITO

SECCION 1.304 SISTEMA DE ACTIVIDADES

SECCION 1.305 TRANSPORTE

SECCION 1.306 MEDIO AMBIENTE

SECCION 1.307 ESTUDIOS DE BASE DE SEGURIDAD

CAPITULO 1.400 SIMULACION Y MODELACION

SECCION 1.401 ASPECTOS GENERALES

SECCION 1.402 CONSUMO DE RECURSOS EN LA OPERACION DE VEHICULOS

SECCION 1.403 MODELOS DE DETERIORO Y CONSERVACION DE CAMINOS

SECCION 1.404 PERIODIZACION Y ZONIFICACION

SECCION 1.405 LOCALIZACION, GENERACION/ATRACCION Y DISTRIBUCION

SECCION 1.406 ASIGNACION

SECCION 1.407 PARTICION MODAL

SECCION 1.408 PROYECCIONES

SECCION 1.409 CUANTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

SECCION 1.410 MODELACION DE SEGURIDAD

SECCION 1.411 HERRAMIENTAS METODOLOGICAS GENERALES

SECCION 1.504 DEFINICION DE ALTERNATIVAS PARA EVALUACION

SECCION 1.505 COSTOS SOCIALES

SECCION 1.506 BENEFICIOS DIRECTOS

SECCION 1.507 INDICADORES DE RENTABILIDAD

SECCION 1.508 CONFIABILIDAD

SECCION 1.509 EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

SECCION 1.510 ESTIMACION DE BENEFICIOS DE SEGURIDAD

SECCION 1.511 IMPACTOS SOCIALES

SECCION 1.512 ANALISIS GLOBAL

SECCION 1.513 PRESENTACION DE RESULTADOS

SECCION 1.514 EVALUACION EX-POST

MANUAL DE CARRETERAS
VOLUMEN 1 TOMO II
EVALUACION DE PROYECTOS VIALES INTERURBANOS

CAPITULO 1.000
INFORMACION GENERAL

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE VIALIDAD

CAPITULO 1.000 INFORMACION GENERAL

SECCION 1.001 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL VOLUMEN

1.001.1 CAMPO DE APLICACION

El presente Volumen del Manual cubre los aspectos relativos a los procedimientos de evaluación de proyectos de inversión en carreteras y caminos en áreas rurales. Su contenido está íntimamente ligado a las normas y recomendaciones que se exponen en el Volumen 2: - "PROCEDIMIENTOS DE ESTUDIO".

1.001.2 CONCEPCION DEL VOLUMEN

Las distintas materias se tratan en términos de un Texto-Norma. Ello implica analizar y detallar suficientemente los fundamentos de los procedimientos, normas y recomendaciones que el volumen contiene, pero sin que éste llegue a constituir un texto de estudio propiamente tal. En el caso de materias poco difundidas en el ambiente vial, el texto adquiere mayor relevancia con el fin de facilitar la incorporación de estos conceptos a la práctica habitual del estudio de carreteras.

En ningún caso se pretende que el Manual reemplace el conocimiento y experiencia del Analista. Por el contrario, ante problemas complejos, sólo la labor conjunta de éste y los especialistas en materias específicas permitirá alcanzar la solución más adecuada desde los puntos de vista técnico, operacional y socio-económico.

1.001.3 VALIDEZ DE NORMAS Y RECOMENDACIONES

1.001.301 Términos de Referencia Generales

En conformidad con lo establecido en el Capítulo 1.200, las materias que aquí se exponen constituyen los Términos de Referencia Generales (TRG) aplicables a la evaluación de Obras Viales.

1.001.302 Aspectos Normativos

Los niveles de precisión que se indican en este Volumen, asociados a los diversos procedimientos de análisis, representan límites normativos que no pueden ser transgredidos sin la autorización expresa de la Dirección de Vialidad.

1.001.303 Métodos y Procedimientos Recomendados

Los valores deseables, así como los métodos y procedimientos que no estén redactados en términos imperativos, no constituyen norma. Sin embargo, son los que la Dirección de Vialidad estima como más adecuados en cada caso. En estas situaciones, el Analista no queda limitado al uso exclusivo del método o valor recomendados, pero deberá justificar adecuadamente la validez de los propuestos en su reemplazo.

1.001.304 Aplicación de Otras Normas

En los casos no consultados por el Manual, el Analista deberá proponer a la Dirección de Vialidad la utilización de un procedimiento aplicable a la situación, o bien la utilización de normas nacionales o extranjeras de reconocida solvencia.

1.001.305 Términos de Referencia Especiales

Mediante Términos de Referencia Especiales (TRE), emitidos para cada proyecto en particular, la Dirección de Vialidad señalará aquellos aspectos contenidos en éste o en otros Volúmenes del Manual que deben modificarse o complementarse según lo especificado en dichos TRE.

1.001.4 RESPONSABILIDAD DEL ANALISTA

Los procedimientos y recomendaciones generales contenidos en este Volumen están orientados a facilitar la labor del Analista y a conseguir una razonable uniformidad en los métodos a emplear.

En ningún caso el contenido del Volumen reemplaza al conocimiento de los principios básicos de la Ingeniería y técnicas afines, así como tampoco el adecuado criterio profesional. En consecuencia, el Analista será responsable de la calidad de los estudios a él encomendados.

SECCION 1.002 ESTRUCTURA DEL VOLUMEN

1.002.1 MATERIAS CUBIERTAS A NIVEL DE CAPITULOS

El Volumen 1 del Manual de Carreteras se compone de 6 capítulos, cuyos temas principales se resumen a continuación:

CAPITULO 1.000 INFORMACION GENERAL

Resume los objetivos y alcances del volumen, describe su estructura general, contenidos y la manera de abordarlos.

Contiene una recopilación de las principales fuentes de información y antecedentes disponibles a los que podrá recurrir el analista en el desarrollo de las distintas etapas del proceso de evaluación.

CAPITULO 1.100 CLASIFICACION DE LOS ESTUDIOS DE EVALUACION

El capítulo presenta una clasificación de los proyectos, desde el punto de vista de su modelamiento y evaluación. Es importante destacar que se trata de una clasificación que difiere de otras utilizadas en siguientes volúmenes del Manual, orientados de preferencia a apoyar las tareas de diseño.

En este capítulo se incluye además la secuencia de etapas en el desarrollo de un proyecto, desde la concepción hasta la entrega al servicio. Para cada una de ellas se encuentra la definición de sus alcances y un resumen básico de las principales características.

CAPITULO 1.200 TERMINOS DE REFERENCIA GENERALES PARA LA EVALUACION

El capítulo se orienta a entregar al usuario la secuencia de capítulos, secciones, párrafos y otras subdivisiones del texto que son pertinentes para cada uno de los casos a evaluar. Constituye el "Manual de Uso" del Volumen 1, de consulta indispensable para la mejor aprehensión de su lógica interna.

CAPITULO 1.300 ESTUDIOS DE BASE

Aquí se sistematiza el conjunto de antecedentes que el analista debe reunir para abordar adecuadamente la evaluación de un proyecto en cualquiera de sus etapas.

Propone el alcance y profundidad de la información requerida, al tiempo que describe métodos y procedimientos de uso habitual, recomendados sin ánimo de reemplazar el conocimiento y experiencia de los analistas, ni tampoco coartar la aplicación de nuevos métodos que se desarrollen en el futuro como consecuencia del progreso científico y tecnológico.

En varias ocasiones dentro de este capítulo, el Volumen 1 es normativo en cuanto impone condiciones de cantidad y calidad a la información asociada a cada etapa de proyecto.

CAPITULO 1.400 SIMULACION Y MODELACION

Este capítulo comprende la definición de las técnicas apropiadas para simular el comportamiento del sistema de transporte en las condiciones actuales o modificado por la incorporación de proyectos de distinta índole.

Se evita recomendar o priorizar determinados modelos, optando por imponer condiciones que ellos deben ser capaces de cumplir. De esta manera se ofrece al Volumen 1 una perdurabilidad algo mayor, pues la especie de los modelos computacionales evoluciona por el momento más rápido que nuestra capacidad para actualizar los manuales.

CAPITULO 1.500 EVALUACION SOCIAL

Comprende las materias relativas a la evaluación propiamente tal de los proyectos, tanto en términos de la decisión de su ejecución como de la elección entre alternativas para alcanzar determinado objetivo.

Incluye tanto alcances metodológicos generales, con discusión de métodos para abordar situaciones, como normativas estrictas en otros casos específicos.

El capítulo ofrece metodologías para la estimación de costos y beneficios, el cálculo de indicadores económicos y la sensibilización de los resultados respecto de los parámetros relevantes.

Contiene además metodologías para abordar problemas de creciente relevancia, como los impactos ambientales y sociales de los proyectos.

1.002.2 FLEXIBILIDAD DE LA ESTRUCTURA

El Manual ha sido diseñado con una estructura abierta. Ello permite su actualización a futuro, en la medida que resulte necesario, mediante la edición de hojas adicionales o que sustituyan a las actuales.

SECCION 1.003 GLOSARIO

1.003.1 ALCANCE GENERAL

La presente sección presenta un glosario que contiene definiciones de los términos más importantes que tienen una acepción específica dentro del Manual. Ello cumple dos objetivos principales:

- Facilitar la tarea al lector, entregándole la definición de algunos términos técnicos fundamentales, de uso poco habitual entre quienes no son especialistas o a los que se da una acepción particular en el contexto del Manual.

- Evitar el empleo de palabras diferentes para designar un mismo concepto. De este modo se contribuye a facilitar la comunicación entre los usuarios del Manual, aunque al mismo tiempo el texto se hace algo más árido.

Cuando un término requiere una explicación extensa para su cabal comprensión, se remite al tópico donde se encuentra.

En el Manual se escriben con letra itálica los términos que están definidos en el Glosario.

1.003.2 GLOSARIO

ALTERNATIVA	Cada una de las formas de materialización de un proyecto.
ANALISTA	Profesional a cargo de modelar y evaluar un proyecto vial.
ARCO	Tramo de vía que conecta dos nodos. Lo caracterizan su longitud, las características físicas y tarifa.
ASIGNACION	Dentro del Modelo Clásico de Transporte, la etapa que consiste en obtener flujos por arco a partir de una matriz origen-destino.
ATRACCION	Dentro del Modelo Clásico de Transporte, la etapa que consiste en obtener el vector de flujos con destino en cada zona.
CENSO	Procedimiento de medición que obtiene las características de la totalidad de la población a estudiar.

DISTRIBUCION	Dentro del Modelo Clásico de Transporte, la etapa que consiste en obtener la Matriz Origen Destino de flujos a partir de los vectores de generación y atracción.
ENCUESTA	Procedimiento de medición que obtiene ciertas características de una población a estudiar.
ESCENARIO	Conjunto de supuestos coherentes acerca de la evolución futura de la economía nacional, la demografía, la localización de actividades, la tecnología de transporte y, en general, cualquier aspecto que influya sobre las proyecciones de demanda por transporte.
FLUJO	Número de unidades discretas (vehículos, peatones, pasajeros, toneladas de carga) que en una unidad de tiempo pasan por un punto, recorren un arco o viajan desde un origen dado a un destino dado.
GENERACION	Dentro del Modelo Clásico de Transporte, la etapa que consiste en obtener el vector de flujos con origen en cada zona.
LOCALIZACION	Dentro del Modelo Clásico de Transporte, la etapa que consiste en obtener el conjunto de actividades que se localiza en cada zona.
MATRIZ ORIGEN DESTINO	Matriz que contiene el número de viajes realizado entre cada origen y cada destino en una unidad de tiempo.
MODELO	Transposición de cosas o fenómenos desde la realidad a una abstracción de ella. En Ingeniería se entiende como una representación matemática de la realidad.
MODELO CLASICO DE TRANSPORTE	Forma de modelar el equilibrio en un sistema de transporte, que incluye las etapas de generación, atracción, distribución, partición modal, asignación y localización.
MODO	Conjunto complementario de medios de transporte y su forma o modalidad de operación.

MODO VIAL	Conjunto de medios de transporte terrestre que utiliza la Red Vial de acuerdo a su forma o modalidad de operación.
PARTICION MODAL	Dentro del Modelo Clásico de Transporte, la etapa que consiste en obtener la Matriz Origen Destino de flujos de cada modo a partir de la Matriz Origen Destino total.
PERIODIZACION	División del conjunto de horas del año en períodos disjuntos con homogeneidad interna.
PERIODO	Conjunto de horas del año durante las cuales los flujos son suficientemente similares entre sí, en forma tal que al modelar una hora con flujos equivalentes al valor medio de un período dado se obtienen resultados que son representativos del conjunto de horas del período.
PLAN	Conjunto de proyectos que pueden ser modelados en forma conjunta.
PROGRAMA	Conjunto de proyectos, con sus fechas de puesta en marcha, que ha resultado rentable o conveniente de ejecutar de acuerdo a la metodología definida en este Manual.
PROYECTISTA	La persona que realiza las actividades relacionadas con el diseño físico y operacional de un proyecto vial.
PROYECTO	Intervención sobre la red vial que implique un conjunto indivisible de inversiones, tendiente a mejorar las características físicas y operacionales de ella.
TASA DE OCUPACION	Número medio de pasajeros por vehículo, para un flujo y período dados.
TRANSITO	El hecho de pasar un vehículo por una sección o arco.
TMDA	Tránsito Medio Diario Anual. Es el flujo de vehículos a través de una sección o arco dado, promedio de un año dado, medido en [vehículos/día].
TRANSPORTE	Acción de trasladar personas o cosas de un lugar a otro.
TRE	Términos de Referencia Especiales.
TRG	Términos de Referencia Generales.

VELOCIDAD	Distancia recorrida por unidad de tiempo.
VIAJE	Traslado de una persona, cargamento o vehículo desde un origen a un destino.
VOLUMEN	Sinónimo de flujo, pero que tiende a ser aplicado a flujos de vehículos en un punto o arco.
ZONA	Area geográfica bien delimitada, en la cual se originan o tienen destino los flujos.
ZONIFICACION	División del espacio en zonas de manera compatible con la aplicación del Modelo Clásico de Transporte.

SECCION 1.004 ANTECEDENTES Y FUENTES DE INFORMACION

1.004.1 ASPECTOS GENERALES

A continuación se resumen los principales antecedentes y fuentes de información disponibles a la fecha de este volumen.

Debe tenerse en cuenta que la información se entrega como un apoyo a la labor del analista; sin perjuicio de lo cual le corresponderá verificar su validez y aplicabilidad ante cada proyecto específico.

1.004.2 MANUAL DE CARRETERAS DE LA DIRECCION DE VIALIDAD

El **Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad** ha sido concebido como texto director para el desarrollo de los proyectos que se realizan en el área. Las distintas materias tratadas en el Manual de Carreteras tienen el carácter de **normas** o **recomendaciones** según se indica en cada caso; serán por lo tanto condicionantes de los aspectos particulares que aborda este primer volumen y condicionados por él en lo que corresponda, cuando a la evaluación de proyectos se refiera.

El Manual de Carreteras está organizado en 7 volúmenes:

VOLUMEN 1: Planificación y Desarrollo Vial
- Tomo I : Con ciertos criterios y antecedentes de planicicación Vial.
- Tomo II : Evaluación de Proyectos Viales Interurbanos.

VOLUMEN 2: Procedimientos de Estudio
VOLUMEN 3: Instrucciones de Diseño
VOLUMEN 4: Planos de Obras Tipo
VOLUMEN 5: Especificaciones de Construcción
VOLUMEN 6: Tránsito y Señalización
VOLUMEN 7: Mantenimiento de Caminos

1.004.3 MANUALES E INSTRUCCIONES DEL MINISTERIO DE PLANIFICACION Y COOPERACION (MIDEPLAN)

El Ministerio de Planificación y Cooperación dispone de distintas publicaciones que contribuyen a la regulación de los procesos de evaluación social de proyectos. Mantiene en particular la documentación relativa al Sistema Nacional de Inversión Pública y al Sistema de Estadísticas Básicas de Inversión.

Entre muchos otros aspectos de su funcionamiento, fija los precios sociales de algunos parámetros (tiempo, combustibles y otros) y establece los factores sociales de los recursos básicos en que se descompone cada partida de inversión.

1.004.4 TRANSITO EN CARRETERAS

1.004.401 Plan Nacional de Censos

Desde 1966, la Dirección de Vialidad publica cada dos años un informe denominado "Volúmenes de Tránsito en los Caminos de Chile", que transcribe la información recolectada por el Programa Nacional de Mediciones de Tránsito. Cada volumen incluye los antecedentes obtenidos en estaciones de control distribuidas en la red vial primaria y secundaria a través de todo el país (alrededor de 720 estaciones en 1990).

En cada estación de control se toman tres muestras, durante períodos de 12 ó 24 horas consecutivas en día Miércoles, representativas de las temporadas de Verano, Invierno y Primavera. Las muestras se desagregan en 7 categorías de vehículos e incluyen el tránsito acumulado en ambos sentidos para cada rama.

El analista debe tener en cuenta que las metodologías de recolección de datos de tránsito en el marco de este programa evolucionan, tendiendo a una mejor cobertura y desagregación. Los cambios más frecuentes hasta ahora se han producido en los códigos de puntos de control y en su emplazamiento, pero los ha habido también en la clasificación de vehículos.

1.004.402 Plazas de Peaje

En cada una de las plazas de peaje que el SubDepartamento de Peajes del Ministerio de Obras Públicas opera en la red caminera, se registra una estadística horaria de los vehículos controlados, desagregados por tipo.

1.004.403 Información sobre Pesos por Eje

En diversos puntos de la red vial existen plazas de pesaje destinadas a controlar el cumplimiento de la normativa sobre pesos por eje. Los vehículos pesados deben pasar sobre una báscula de mediana precisión; si allí se detecta sobrepeso, el vehículo es desviado a una segunda báscula, donde se pesa cada eje en estado de detención.

Se dispone de antecedentes obtenidos de los registros de las básculas primarias (que pesan todos los vehículos en movimiento), los que entregan un nivel de aproximación acorde con los requerimientos de los procesos de evaluación.

Además de lo anterior, existen censos de pesos por eje hechos por la Universidad de Chile y Universidad Católica, como parte de programas de seguimiento de pavimentos encargados por el Ministerio de Obras Públicas.

Finalmente, el Ministerio de Obras Públicas ha realizado numerosos pesajes en el contexto de estudios de ingeniería de proyectos viales, información disponible en los archivos técnicos de la institución.

1.004.404 Encuestas Origen - Destino

Alternadamente con los Censos de Tránsito, la Dirección de Vialidad desarrolla un plan bianual de encuestas de origen y destino; esta información se encuentra disponible para numerosos puntos de control.

1.004.5 FLUJOS INTERURBANOS DE PASAJEROS Y CARGA

La información sobre el tema puede ser obtenida de diversas fuentes, tanto públicas como privadas.

Algunas instituciones privadas (institutos, corporaciones y agrupaciones gremiales) recolectan y procesan información de mucha utilidad para estudios de evaluación, pero el acceso a ella puede ser restringido por variadas razones.

A continuación se detallan las principales fuentes que dependen del Estado.

1.004.501 Instituto Nacional de Estadísticas

El Instituto Nacional de Estadísticas (INE) dispone de información acerca del parque de vehículos y de los flujos de transporte de carga y pasajeros interurbanos.

1.004.502 Dirección General de Aduanas

Lleva registros de vehículos que entran al país y salen de él por cada paso fronterizo, puertos y aeropuertos, así como del tipo y volumen de carga transportada.

1.004.503 Empresa Portuaria de Chile

Mantiene estadísticas de carga embarcada y recibida en sus puertos, además de información sobre modos de transporte terrestre de carga desde y hacia el puerto.

1.004.6 SISTEMA DE ACTIVIDADES

1.004.601 Demografía

La principal fuente de información es el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), a través de los censos periódicos de población y vivienda.

1.004.602 Economía

Para la obtención de antecedentes económicos (PGB, tasa social de descuento, encuestas CASEN, índices de empleo), las fuentes más indicadas son MIDEPLAN, Banco Central e INE.

1.004.603 Producción

Dentro del sistema de actividades productivas es posible distinguir tres sectores: primario, secundario y terciario. El sector primario está constituido exclusivamente por actividades relativas a la extracción de materias primas: agricultura y ganadería, silvicultura, pesca y minería. El sector secundario corresponde a aquellas actividades como la industria y la construcción, que involucran una elaboración de las materias primas entregadas por el sector primario. Finalmente, el sector terciario corresponde principalmente al conjunto de actividades relacionadas con el consumo de los bienes producidos por los dos anteriores.

Algunas actividades pueden ser ambiguas desde el punto de vista de su inclusión en uno u otro de los sectores descritos, lo cual no es relevante para efectos de la relación de fuentes de información.

No existe un ente centralizador de la información sobre producción con el nivel que se requiere en proyectos del tipo de los habitualmente evaluados. Para acceder a estos antecedentes se debe recurrir a los distintos organismos sectoriales detallados a continuación.

1.004.604 Producción Agrícola y Ganadera

a) **Centro de Investigación de Recursos Naturales (CIREN):** La información disponible para el sector agrícola se basa fundamentalmente en estudios relacionados con la existencia y disponibilidad de los recursos clima, suelo e hídrico.

- Recurso suelo: Delimitación geográfica de unidades homogéneas en cuanto a sus características agrológicas, capacidad, aptitud de uso y uso actual.

- Recurso clima: Delimitación geográfica de unidades homogéneas en cuanto a un conjunto de variables de clima (precipitación, temperatura, radiación solar, humedad, etc..) consideradas como relevantes para la agricultura.

- Recurso hídrico: Disponibilidad de agua tanto superficial como subterránea.

- Propiedad rural: Antecedentes de propiedad rural, en que se identifican y caracterizan las unidades prediales.

Para el sector hortofrutícola, existe la siguiente información:

- Catastro Frutícola Nacional: Consiste en una investigación censal de todas las plantaciones frutícolas comerciales, esto es, de una superficie igual o superior a 0,5 ha, al menos para las regiones en que la producción es relevante.

- Estudios de Potencial Agrícola: Realizado en las regiones principalmente frutícolas y consiste en la definición de unidades básicas, en cuanto a la disponibilidad de recursos, para analizar la adaptabilidad y desarrollo de diversas especies.

El centro cuenta con información complementaria concerniente a la existencia de infraestructura necesaria para analizar la factibilidad de explotación de un determinado recurso, además de un listado de estudios específicos realizados por este organismo.

b) **Oficina de Planificación Agraria (ODEPA):** Cuenta con una serie de publicaciones relativas a la actividad agrícola, detallándose a continuación las más importantes:

- "Boletín Pecuario": Publicación mensual iniciada el año 1987. Incluye estadísticas de existencia, precios, importaciones y otros antecedentes para los distintos productos del rubro y sus derivados.

- "Mercados Agropecuarios": Publicación mensual de análisis del mercado, sus indicadores y proyecciones.

c) **Sociedad Nacional de Agricultura:** Publica mensualmente el "Boletín Económico y de Mercado", el cual contiene información económica referente al sector, analizando los mercados de acuerdo al tipo de producto y precio de los insumos utilizados.

d) **Fundación Chile:** Publica la revista "Agro Económico", que incluye principalmente análisis de mercados y productos relativos al sector.

e) **Instituto Nacional de Estadísticas (INE):** Este organismo publica anualmente las estadísticas del sector agropecuario basándose en encuestas sobre el uso del suelo y los cultivos anuales esenciales, especificando la superficie sembrada por grupo de cultivos según período, región y provincia. La cobertura geográfica se relaciona directamente con la importancia relativa de los diferentes rubros en las regiones; por ejemplo, la información respecto a los cultivos va desde la Tercera a la Décima región, incluyendo la Región Metropolitana.

También dispone de los datos del último Censo Nacional Agropecuario realizado en el país durante los años 1975-1976. Si bien la información contenida es voluminosa, su antiguedad le resta vigencia.

Otra publicación sobre estadísticas del rubro es el Boletín de Estadísticas Pecuarias, publicado anualmente desde 1987 y que contiene información relativa a los criaderos avícolas, de cerdos, mataderos y ferias de ganados, en cuanto a producción, existencias, precios, comercio exterior y consumo, desagregada a nivel regional y provincial

1.004.605 Producción Minera

a) **CIREN:** Mantiene información sobre los siguientes tópicos:

- Propiedad Minera: Dispone, en forma centralizada y sistematizada, de la información descriptiva correspondiente al Rol de Concesiones Mineras de todo el país.

- Plantas de Beneficio de Minerales: Corresponde a un registro completo de las plantas procesadoras de minerales en que se incluye una ficha técnica de éstas.

- Depósitos Minerales: Dispone de un inventario de los depósitos minerales métalicos y no métalicos, incluyéndose una ficha técnica para cada uno de éstos.

b) **INE:** Publica el Anuario de Minería, basado principalmente en encuestas realizadas por COCHILCO. La información está desagregada por regiones y contiene datos referidos a: concesiones mineras de explotación y exploración, producción metálica, no metálica y de petróleo, según sector minero y producto.

c) **Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN):** Publica el "Anuario de la Minería Chilena" (disponible eventualmente en archivos magnéticos); contiene estadísticas de producción minera del país, desagregadas para cada región por tipo de minería (metálica, no metálica y combustibles) y producto en particular. Dicha información se publica anualmente desde el año 1961. Además, el servicio levanta y mantiene actualizados el Catastro Minero Nacional, el Registro Nacional y el Rol de Concesiones Mineras Vigentes. Tal información desagregada a nivel comunal se encuentra disponible en tres publicaciones:

- Rol de Concesiones Mineras de Explotación Constituidas.
- Rol de Concesiones Mineras de Explotación en Trámite.
- Rol de Concesiones Mineras de Exploración.

Este servicio cuenta también con un listado de estudios específicos ordenados según yacimiento, mina y distrito minero.

Otra publicación disponible en esta institución es el "Direc torio Minero de Chile", en el que se resumen las inversiones mineras realizadas a nivel nacional y los principales proyec tos mineros separados por región. Además se incluyen fichas técnicas de las empresas más importantes del rubro.

d) **Sociedad Nacional de Minería:** Publica anualmente informes sobre los principales establecimientos y proyectos mineros chilenos, desagregados por región, que contienen información acerca de los tipos de yacimiento, propietarios, producción e inversión.

También publica anualmente un informe de la inversión extranjera en la minería chilena, detallando los principales proyectos de inversión por tipo de producto, ubicación geográfica y operación.

e) **Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO):** Este organismo asesora al Gobierno a través del Ministerio de Minería en materias relacionadas con el cobre y otros metales. Cuenta con antecedentes sobre la Infraestructura Básica disponible en la zona Norte y Central al año 1991 vinculada al desarrollo de las actividades mineras. En este contexto, se dispone de la siguiente información por región:

- Recursos hídricos
- Sistemas de generación y distribución eléctrica
- Catastro de aeródromos
- Red de transporte terrestre
- Instalaciones portuarias

Todos estos antecedentes están desagregados por ubicación geográfica dentro de cada región, dimensiones y características físicas.

1.004.606 Producción Forestal

a) **CIREN:** Dispone de las siguientes bases de datos:

- Plantación: Inventario de plantaciones superiores a 5 hás. de las especies pino insigne y eucalipto en las regiones V a X y de pino oregón en la IX y X región.

- Vegetación Nativa: La información relativa a este ítem comprende las diferentes formaciones vegetales: bosques, matorrales, renovales o asociaciones de éstos. La información disponible consiste en cartografía e informes de localización y superficie, de las diferentes unidades.

- Industrias Forestales: Existe información relativa a la localización de las industrias forestales diferenciadas por tipo de industria como: pulpa, tableros, secado, astillado, impregnado y aserraderos.

b) **Corporación Nacional Forestal (CONAF):** CONAF publica una Memoria anual que informa sobre la situación del Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas y las actividades forestales desarrolladas por región. Además publica ocasionalmente documentos de trabajo. Tàmbién publica mensualmente la revista Chile Forestal, que contiene, entre otras materias, precios de los productos y las tarifas de transporte de éstos.

c) **Instituto Forestal (INFOR):** Publica mensualmente un Boletín Estadístico con información desagregada por región referida a la existencia de bosque nativo, identificación de plantaciones, producción y volumen exportado en cada temporada.

d) **Instituto Nacional de Estadísticas (INE):** La información disponible se refiere al número y superficie de explotaciones forestales, la cual se encuentra disponible en revistas publicadas desde el año 1976.

1.004.607 Producción Pesquera

a) **Servicio Nacional de Pesca (SERNAP):** Publica el "Anuario Estadístico de Pesca", con información detallada sobre captura, desembarque y producción por región; catastros de plantas pesqueras y otros antecedentes del sector.

El SERNAP publica también los Registros Nacionales, tanto de Pescadores Artesanales como de Pescadores Industriales.

b) **Instituto de Fomento Pesquero (IFOP):** Publica mensualmente desde 1989 el "Sistema de Información Pesquero", que contiene información relativa a los siguientes tópicos:

- Desembarque.
- Captura y rendimiento.
- Producción.
- Precios
- Exportaciones.

Otra publicación de interés, de carácter trimestral, es el "Mercado del Sector Pesquero", que contiene principalmente análisis de mercado y perspectivas de los productos del área.

1.004.608 Construcción

a) **Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU):** A través de sus distintas reparticiones edita una serie de documentos relativos al quehacer del sector construcción, entre los que cabe destacar:

- Informativo Estadístico: Publicación de carácter mensual, de responsabilidad de la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional y del Departamento de Estadística del MINVU, cuya información cubre las siguientes áreas temáticas:

  . Propuestas llamadas y contratadas por región.
  . Contratación de viviendas y equipamiento comunitario.
  . Viviendas y equipamiento comunitario terminados, básicas y progresivas, según regiones y últimos 12 meses.
  . Edificación aprobada sectores público y privado, obras nuevas y ampliaciones, según regiones y últimos 12 meses.
  . Postulación y asignación de viviendas para la marginalidad habitacional.
  . Sistema de Subsidio Habitacional, Sistema Rural y General Unificado.

- Planes Reguladores: Dichos planes están referidos a unidades territoriales de carácter urbano y tienen como objetivo general planificar y delimitar territorialmente el uso del suelo por tipo de actividad.

1.004.609 Producción Industrial

La principal fuente de información acerca del subsector es el Instituto Nacional de Estadísticas.

1.004.610 Sector Terciario

La principal fuente de información acerca del sector es el Instituto Nacional de Estadísticas.

1.004.7 RED VIAL

La información acerca de las características físicas y operacionales de la red vial puede ser obtenida principalmente de las siguientes fuentes:

- Cartas camineras de la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, cartas del Instituto Geográfico Militar (IGM) en escala 1:50.000 de prácticamente la totalidad del territorio nacional y 1:25.000 de algunas áreas; restituciones de fotografías aéreas hechas por CIREN y Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aérea (SAF).

  El detalle de la información cartográfica existente puede consultarse en la Sección 2.005.4 del Volumen 2 de este Manual o en las entidades especializadas.

- Catastro de Vialidad, elaborado por la Dirección de Vialidad. El catastro está disponible en archivos computacionales y consta de tres partes:

  - Inventario, que contiene la identificación de los caminos pavimentados de la red y entrega sus principales características: año de construcción, tipo y componentes del pavimento y bermas, apreciación de características del suelo, orografía, clima, caracterización de la geometría. El inventario se actualiza cada año;

  - Inspección visual, actualizada cada dos años, que constata el deterioro del pavimento: grietas, baches y deformaciones entre otros;

  - Mediciones de rugosidad (IRI) actualizadas cada año.

1.004.8 ACCIDENTES

La principal fuente de información radica en la Dirección General de Carabineros de Chile, que mantiene estadísticas sobre la ocurrencia de accidentes en todo el país. Para información desagregada, es preciso recurrir a los archivos de las Tenencias de Carreteras. Dada la importancia del tema, se encuentran en ejecución estudios orientados a sistematizar y recolectar la información, además de perfeccionar las metodologías para aplicarla.

1.004.9 MEDIO AMBIENTE

En términos globales, la incorporación de la variable ambiental en la formulación de proyectos de inversión está regulada por la Ley N° 19.300, Ley de Bases del Medio Ambiente, publicada en el Diario Oficial el 09 de Marzo de 1994, y su respectivo Reglamento.

A nivel sectorial, y dentro del marco global definido por la Ley antes citada, el Ministerio de Obras Públicas ha establecido un procedimiento para incorporar la variable ambiental en sus proyectos, el cual ha sido oficializado mediante la resolución SS.OO.PP N° 951 del 10 de Marzo de 1994, "Pautas y Guías Metodológicas para la Evaluación Ambiental de Proyectos del Ministerio de Obras Públicas".

Por otra parte, la Ley de Concesiones de Obras Públicas (DFL MOP N° 164 de 1991) y su Reglamento (DS MOP N° 240 de 1991) también definen el curso de acción a seguir en relación a aspectos ambientales en proyectos cuya ejecución, explotación y mantención se materializarán bajo esta modalidad.

MANUAL DE CARRETERAS
VOLUMEN 1 TOMO II
EVALUACION DE PROYECTOS VIALES INTERURBANOS

CAPITULO 1.100

CLASIFIACION DE LOS ESTUDIOS DE EVALUACION

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE VIALIDAD

CAPITULO 1.100 CLASIFICACION DE LOS ESTUDIOS DE EVALUACION

SECCION 1.101 ASPECTOS GENERALES

1.101.1 ORGANIZACION DEL CAPITULO

El presente Capítulo define, en sus diversas secciones, los conceptos básicos sobre los cuales se ha estructurado el Volumen 1. Establece la clasificación e interrelación existente entre los distintos niveles y metodologías de evaluación previstas para las Obras Viales y sintetiza el contenido y alcance de dichos estudios que se exponen detalladamente en el resto del Volumen.

1.101.2 RECOMENDACIONES Y ALCANCES

En virtud de la estructura adoptada, este capítulo debe conocerse en detalle para poder hacer buen uso del resto del Volumen.

Los procedimientos para la evaluación de obras viales aceptan una sistematización lógica que, en general, cubre la mayoría de las alternativas que ofrece la realidad. No obstante lo anterior, ocurre como en toda actividad humana que es imposible cubrir cualquiera situación que pueda llegar a presentarse. Más aún: pretender hacerlo suele restar claridad y operatividad al esquema general.

En todo caso, siempre que ha sido posible vislumbrar un caso particular no cubierto por el esquema general, se incluyen en el texto los comentarios o aclaraciones pertinentes.

Lo anterior implica que los usuarios del presente Volumen no pueden sentirse eximidos de la responsabilidad que conlleva la interpretación de un texto a la luz del buen juicio, la experiencia y la responsabilidad profesional.

1.101.3 DEFINICIONES BASICAS

En el contexto de este Manual, se aplicará el siguiente conjunto de definiciones básicas:

(1) **Proyecto**. Se entenderá por Proyecto toda intervención sobre la red vial que implique un conjunto coherente e indivisible de inversiones, tendiente a mejorar las características físicas y operacionales de ella. Desde el punto de vista de la evaluación, dos proyectos dados pueden ser:

- **Comentarios**, si y solo si los beneficios netos derivados de su ejecución conjunta son mayores que la suma de los beneficios netos de los mismos considerados individualmente.

- **Alternativos**, si los beneficios netos derivados de su ejecución conjunta son menores que la suma de los beneficios netos de los mismos considerados individualmente.

- **Independientes**, si ambos beneficios netos son iguales.

  Excluyentes, si por restriciones físicas no es posible ejecutarlos en conjunto.

(2) **Alternativa**. Corresponde a las distintas formas de materialización de un proyecto, que difieren en sus características físicas y/u operacionales pero no en el tipo y ámbito de los impactos que producen.

(3) **Plan**. Es un conjunto de proyectos que pueden ser modelados en forma conjunta. La comparación de los beneficios netos de un plan con los beneficios netos de los proyectos que lo constituyen considerados individualmente es la herramienta principal para discriminar entre proyectos complementarios, alternativos e independientes. En la formulación de un plan no es necesario suponer que todos los proyectos se realizan simultáneamente, pudiendo establecerse un calendario de puesta en servicio de los mismos.

(4) **Programa**. Es un conjunto de proyectos, con sus fechas de puesta en marcha, que ha resultado rentable o conveniente de ejecutar de acuerdo a la metodología definida en este Manual. Un **Programa Director** es un programa referido a la totalidad de la red vial nacional. Un **Programa Estratégico** es un programa que contempla proyectos en diversos modos de transporte interurbano.

El Volumen 2 del Manual define al "Proyectista" como la persona que realiza las actividades intelectuales tendientes a producir la documentación que permita materializar una obra civil. En este volumen, en parte para evitar confusiones y en parte por corresponder a lo comúnmente aceptado en la práctica profesional, se entenderá que el Proyectista es el profesional a cargo del diseño físico y operacional de un proyecto, en tanto que al profesional a cargo de modelar y evaluar un proyecto vial, se le identificará bajo el término "Analista".

SECCION 1.102 CLASIFICACION DE PROYECTOS

1.102.1 ALCANCE GENERAL

Esta sección presenta los criterios básicos de clasificación de proyectos utilizados en el presente Manual.

1.102.2 CONCEPTOS BASICOS

El Volumen 2 del Manual distingue dos grandes áreas de clasificación de proyectos viales: Trazados Nuevos y Trazados Existentes. Si bien esta clasificación es adecuada para fines de normar metodologías de diseño, resulta insuficiente para efectos de modelación y evaluación, que son precisamente las materias tratadas en el presente Volumen.

Por lo tanto, en esta Sección se propone un criterio diferente de clasificación, basado en el concepto de impacto del proyecto sobre el sistema de transporte y sobre el sistema de actividades en su área de influencia.

1.102.201 El Modelo Clásico de Transporte

Para ello se utilizará el llamado Modelo Clásico de Transporte (MCT) de cinco etapas. De acuerdo a este modelo los usuarios, ya sean viajeros o despachadores de cargas, toman decisiones en relación a dónde realizar diversas actividades, cuántas veces viajar, qué modo de transporte utilizar y cuál ruta emplear para ello. Las cinco etapas de este modelo se denominan generación/atracción, distribución, partición modal, asignación y localización. A continuación se describe brevemente cada una de estas etapas.

a) **Generación / Atracción de Viajes:**

La generación de viajes consiste en modelar la cantidad de viajes que sale de una zona dada. La atracción de viajes se refiere a modelar la cantidad de viajes que llega a una zona dada. Ambos son función de las actividades localizadas en las zonas.

b) **Distribución de Viajes:**

Consiste en modelar la forma en que los viajes originados en una zona dada se distribuyen entre los diferentes destinos posible, y la forma en los viajes atraídos por una zona dada se distribuyen entre los diversos orígenes posibles. Este proceso es función de los atributos de la oferta de transporte entre zonas. Entrega como resultado una matriz de origen-destino de viajes.

c) Partición Modal:

Consiste en modelar el reparto o partición de los viajes desde un origen dado a un destino dado, entre los diversos modos de transporte disponibles para viajar de uno a otro.

d) Asignación de Viajes:

Consiste en modelar el proceso de elección de ruta por parte de los viajes que se realizan entre un par de zonas dado en un modo de transporte dado. En el caso de modos de transporte público, equivale a asignar pasajeros a las diversas líneas o servicios existentes. Entrega como resultado los flujos en cada arco de la red.

e) Localización:

Consiste en modelar la localización o distribución espacial de actividades y uso del suelo como función, entre otros factores, de los atributos del sistema de transporte.

1.102.202 Impactos de un proyecto vial

Dentro del contexto del MCT, un proyecto vial puede ser interpretado como un cambio en la oferta de infraestructura para el transporte, que producirá un cambio en la calidad y costo de algunos viajes. Ello puede afectar la cantidad de viajes realizados y la localización de actividades.

Por esta razón, desde el punto de vista de la modelación y evaluación, resulta conveniente clasificar los proyectos viales según el impacto que produzcan en el patrón de flujos de equilibrio entre la oferta vial y la demanda por transporte.

En las aplicaciones realizadas del enfoque basado en el modelo clásico de transporte, se ha tomado en cuenta el problema de si las cinco etapas definidas anteriormente son modelables en forma simultánea o secuencial. La modelación simultánea consiste en desarrollar un modelo global de equilibrio. En la modelación secuencial debe elegirse el orden en que se toman las decisiones.

Para el caso del transporte interurbano, objeto del presente Manual, se ha adoptado el criterio de que las etapas de generación, atracción, distribución y localización son simultáneas y deben ser resueltas en conjunto.

Por lo tanto, se distinguirán tres tipos de impacto, cada uno de los cuales puede ser significativo o no para el caso de un proyecto específico:

G: Impactos sobre el sistema de actividades, sobre la generación/atracción de viajes y/o sobre la distribución de viajes.

M: Impactos sobre la partición modal.

A: Impactos sobre la asignación de flujos a la red vial.

Lo anterior conduce a que en principio existen 8 combinaciones de impactos (Ver Cuadro N°1.102.202 (A)).

En esta clasificación de impactos resulta muy importante definir qué se entiende por impacto significativo. En efecto, todo cambio en la oferta vial, aunque sea limitado y local, afectará en teoría a la totalidad del sistema de transporte y de actividades. Pero en algunos casos, el efecto será tan pequeño que su consideración no afectará los resultados de la evaluación dentro del rango de precisión con que se esté trabajando, por lo cual podrá despreciarse. La decisión acerca de si un impacto es relevante o no recae principalmente en el juicio del analista, apoyado por cálculos aproximados del orden de magnitud de ciertas variables cuando ello resulte aconsejable.

CUADRO N°1.102.202 (A)
COMBINACIONES DE IMPACTOS

COMBINACION	IMPACTO SIGNIFICATIVO SOBRE		
	G	M	A
0	No	No	No
1	No	No	Si
2	No	Si	No
3	No	Si	Si
4	Si	No	No
5	Si	No	Si
6	Si	Si	No
7	Si	Si	Si

1.102.203 Relaciones con los conceptos del Volumen 2

El Volumen 2 del presente manual define los conceptos de tránsito "normal", "generado", "desviado" y "atraído", aplicables a los flujos que circulan por un arco de la red vial, o a los flujos desde cierto origen a cierto destino. A continuación se presenta la relación entre estos conceptos y los correspondientes al MCT.

El tránsito "normal" equivale al tránsito asignado a cada arco, o a una celda de la matriz origen-destino, en la situación sin proyecto.

El tránsito "generado" equivale a la diferencia entre el tránsito asignado a cada arco, o a una celda de la matriz origen-destino, en la situación con proyecto, y el tránsito normal.

Desde otro punto de vista, tanto el tránsito "normal" como la suma de "normal" y "generado", corresponden a flujos generados por el sistema de actividades, en el sentido que se da a este término en el MCT.

En el contexto del MCT, la diferencia en los flujos entre las situaciones sin y con proyecto se debe principalmente a cambios en la localización de actividades o aparición de nuevas actividades como consecuencia del proyecto, lo cual es modelado en la etapa de localización.

El tránsito "desviado" equivale, en el lenguaje del MCT, a un cambio en la distribución de viajes.

El tránsito "atraído" equivale, en el lenguaje del MCT, a un cambio en la asignación de viajes y/o en la partición modal.

Las técnicas de modelación empleadas al aplicar el MCT producen, en ciertos casos, matrices origen-destino diferentes entre la situación sin proyecto y la con proyecto, sin que sea posible determinar qué proporción de los cambios corresponde a flujos desviados y generados. Ello hace difícil, en estas situaciones, continuar trabajando con los conceptos del Volumen 2.

1.102.3 CLASIFICACION

A partir de las combinaciones de impactos señaladas en el tópico anterior han sido definidos cinco tipos de proyecto que se señalan en el Cuadro N°1.102.3 (A).

El uso de esta clasificación será obligatorio en la modelación y evaluación de proyectos viales, sobre todo si se considera que las normas y recomendaciones contenidas en las diversas secciones del Volumen 1 hacen intenso uso de esta clasificación.

CUADRO N°1.102.3 (A)
CLASIFICACION DE PROYECTO SEGUN IMPACTOS

TIPO DE PROYECTO	IMPACTO SIGNIFICATIVO SOBRE		
	G	M	A
I	No	No	No
II	No	No	Si
III	Si	No	No
IV	Si	No	Si
V	Si/No	Si	Si/No

1.102.301 Proyecto tipo I

Aparece en una situación en la cual se espera que los flujos en cada arco de la red vial en análisis no cambien como consecuencia de la ejecución del proyecto. Ello no significa que los flujos permanecerán constantes en el tiempo, sino que su evolución futura será la misma tanto si el proyecto se ejecuta como si no se realiza. Como se explicó anteriormente, esta situación no es posible en términos estrictos, pero sí puede ser una aproximación razonable a la realidad en ciertos casos. En términos generales, se tratará de proyectos pequeños, que afectan sólo a un tramo de la red vial, en los cuales no se producen cambios significativos en los costos de operación de vehículos. Ejemplos de esta situación pueden ser algunos proyectos de mejora geométrica puntual, de saneamiento, de repavimentación, o de introducción de terceras pistas de subida en cuestas.

1.102.302 Proyecto tipo II

Aparece en una situación en la cual se espera que la matriz origen-destino de viajes del modo vial no cambie como consecuencia de la ejecución del proyecto. Los únicos efectos que se producirán, por lo tanto, serán reasignaciones de flujos de un arco a otro de la red. Este caso puede producirse al introducir trazados nuevos que sustituyen a un trazado antiguo que permanece en servicio total o parcialmente. También puede producirse cuando se ejecutan proyectos en áreas de alto desarrollo económico, que ya poseen una red vial importante, de modo que el proyecto, si bien puede introducir alguna mejoría, no representa un cambio significativo en la oferta vial existente.

1.102.303 Proyecto tipo III

Aparece en una situación en la cual se espera que sólo los flujos en uno o más arcos de la red vial cambien como consecuencia de la ejecución del proyecto, debido a la aparición de viajes que no serían realizados de no ejecutarse el proyecto. Esta situación se produce, por ejemplo, en el caso de cambio de estándar de vías que constituyen el único acceso a una zona o valle, lo cual posibilita el desarrollo de producción adicional.

1.102.304 Proyecto tipo IV

Aparece en una situación en la cual se espera que los flujos en uno o más pares de la matriz origen-destino del modo vial cambien como consecuencia de la ejecución del proyecto, debido a la aparición de viajes que no serían realizados de no ejecutarse el proyecto. Este es probablemente el caso de modificaciones sustanciales en la red vial de un área amplia. En general, un proyecto de esta magnitud afectará la partición modal, por lo cual para poder clasificarlo en esta categoría deberá demostrarse que dicho impacto es poco significativo, o que en el área de influencia del proyecto no existen modos alternativos.

1.102.305 Proyecto tipo V

Aparece en una situación en la cual se espera impactos sobre la partición modal de los viajes, la cual puede o no ser acompañada por los otros dos impactos. Constituye el caso más general y por lo tanto es la opción de clasificación por defecto para un proyecto cuyos impactos se desconozcan.

SECCION 1.103 ETAPAS EN EL DESARROLLO DE UN PROYECTO

1.103.1 Ciclo de Vida de un Proyecto

A través del Sistema Nacional de Inversión se abarca en su totalidad el proceso de inversión de tal forma que los proyectos van evolucionando desde su identificación hasta que entran en operación. Por lo tanto en este proceso es posible encontrar proyectos con distintos grados de elaboración y el sistema permitirá en forma expedita la identificación, formulación, evaluación y ejecución de aquellos proyectos que se ajusten al rol asignado al Estado y que, dentro de ese marco de referencia, presenten las mayores rentabilidades sociales.

En efecto en dicho proceso es posible encontrar proyectos que están apenas a nivel de idea y que requieren aún de un largo proceso para madurar, otros estarán en estudio a distintos niveles de profundidad, otros en diseño de ingeniería de detalle para ser ejecutados, otros habrán sido postergados, modificados o abandonados, otros estarán en ejecución y finalmente, otros ya terminados estarán en operación.

En consecuencia, en el proceso de transformación de las ideas de inversión, es posible identificar tres estados sucesivos en la vida de un proyecto que se materializa y que corresponden a las siguientes:

(1) Preinversión.

Consiste en identificar ideas de inversión, formular, evaluar y seleccionar los proyectos más rentables desde el punto de vista económico social.

(2) Inversión.

Consiste en ejecutar físicamente los proyectos seleccionados y priorizados en la preinversión.

(3) Operación.

Consiste en poner en marcha los proyectos y generar los beneficios netos estimados en el estado de preinversión.

El paso de los proyectos a través de la Preinversión, Inversión y Operación conforma el denominado Ciclo del Proyecto, el cual es posible apreciarlo en la Figura N°1.103.1 (A).

1.103.2 Etapas en el Desarrollo de un Proyecto

A partir de los conceptos que surgen del proceso de transformación de las ideas de inversión o ciclo de los proyectos, es posible identificar distintas etapas por las cuales pasa el proyecto. Se entenderá por etapa el grado de madurez o nivel de detalle y complejidad de los antecedentes e información relativa a un proyecto y que es requerida par la adopción de una decisión respecto de él, la cual puede consistir en su paso a otra etapa más avanzada, su paralización temporal en la etapa alcanzada,, o su abandono definitivo.

De acuerdo a esto, el es estado de Preinversión las etapas configuran niveles de los estudios, a través de los cuales por sucesivas aproximaciones se va precisando el problema por resolver, las distintas alternativas que permiten resolver tales problemas, y sus respectivos costos y beneficios. En el estado de Inversión las etapas tienen relación con la definición detallada de todos los aspectos que involucra un proyecto a fin de proceder a la materialización física de las obras que involucra.

Sobre esta base se consideran las siguientes etapas en los estados de preinversión e inversión de un proyecto, cuya secuencia es posible apreciarla en la Figura N°1.103.1 (A) anterior.

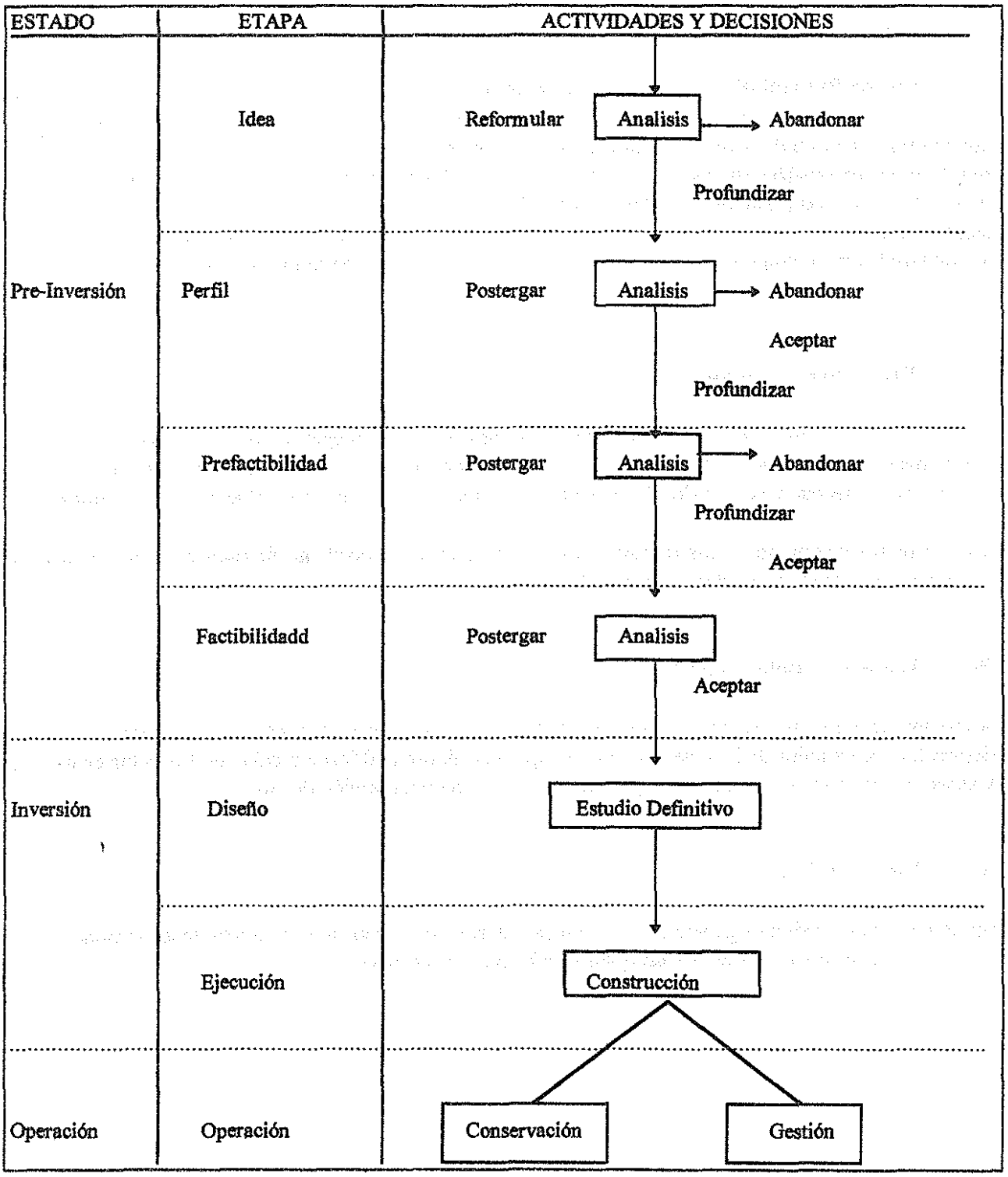
(1) Etapa de Idea.

La etapa de **Idea** corresponde al nivel más primario en el desarrollo de un proyecto. Su objetivo principal es la identificación formal de los problemas existentes en la infraestructura vial y establecer la importancia de ellos.

(2) Etapa de Perfil.

En la etapa de **Perfil** se incorpora información adicional existente y se precisa aquella proviniente de la etapa anterior, en base a la cual se plantea a nivel conceptual las posibles soluciones a los problemas detectados y se realiza una evaluación económica preliminar de las distintas soluciones, con el fin de establecer un juicio inicial acerca de la eficacia y coherencia de estas soluciones. Ello permitirá adoptar una decisión respecto de la necesidad de profundizar en el análisis de las soluciones a los problemas detectados.

FIGURA N°1.103.1 (A)



(3) Etapa de Prefactibilidad.

En la etapa de **Prefactibilidad** se procede a realizar la recopilación de antecedentes y los estudios de base necesarios para conocer las características del espacio físico en el cual se emplazarán las distintas soluciones, así como de la demanda que se pretende atender. En base a ello se procede a plantear una gama amplia de posibles soluciones para las cuales se definen sus características físicas y operacionales a nivel de esquemas preliminares. Posteriormente se someten a un proceso de simulación y evaluación simplificada, cuyos resultados permitirán seleccionar un número reducido de alternativas que deberán ser analizadas en la etapa siguiente o eventualmente proponer la ejecución de una de ellas sin ulterior estudio.

(4) Etapa de Factibilidad.

En la etapa de **Factibilidad** se procede a desarrollar los anteproyectos correspondiente a las alternativas seleccionadas en la etapa anterior y a la simulaación y modelación detallada de ellos. En base a estos antecedentes se realiza la evaluación económica y de impacto ambiental de cada una de

ellas. Los resultados obtenidos en esta etapa constituyen el antecedente fundamental para decidir en definitiva respecto de la posible ejecución del proyecto.

(5) Etapa de Diseño Definitivo.

Adoptada en definitiva la decisión de materializar un determinado proyecto, en esta etapa se debe desarrollar los estudios de ingeniería de detalle que permitirán la difinición cabal de tosos los elementos y aspectos que involucra el proyecto para proceder a la materialización de sus obras.

(6) Etapa de Ejecución.

En base a los antecedentes generados en la etapa anterior se procede a llevar adelante las acciones tendientes a la ejecución física de las obras que involucra el proyecto .

SECCION 1.104 ENFOQUE METODOLOGICO

1.104.1 Introducción

En general, el análisis de proyectos de infraestructura vial exige tratar conflictos que en la mayoría de los casos son complejos y de muy variada índole. El margen de intervención para intentar resolverlos, o al menos atenuarlos, y el rango de los impactos que producen sobre el sistema vial diferentes formas de intervención, son también muy amplios. En consecuencia, el analista se ve expuesto a un problema abierto que exige amplitud de tratamiento, de manera de no excluir a priori alternativas de solución que pudieran resultar adecuadas. Sin embargo, esta necesidad de no restringir la libertad del analista se contrapone con la aspiración de dar a todo proyecto un tratamiento homogéneo, que haga posible un proceso justo de comparación y priorización. El modo de abordar esta dualidad flexibilidad-uniformidad es lo que define el enfoque de la metodología propuesta.

En efecto, con el objeto de propender a la uniformidad en el tratamiento de los proyectos en el **estado de Preinversión**, se propone una estructura de análisis compatible con las etapas antes descritas y el uso de un conjunto de herramientas de simulación. Por otra parte, la flexibilidad es resguardada mediante, la amplitud de posibilidades abiertas al analista para modelar una determinada situación y la constante interacción a lo largo del análisis entre diseño, simulación y evaluación de los distintos elementos viales que componen los dispositivos bajo análisis.

Al respecto cabe señalar que un tratamiento aislado de los aspectos relativos al diseño, simulación y evaluación en el estado de preinversión, limita fuertemente el ámbito de las posibles alternativas de solución a los problemas detectados y muy frecuentemente su calidad. Un enfoque en el que estas importantes dimensiones del análisis interactúan, tiende a aumentar la riqueza de las soluciones ofrecidas, con lo cual existirá mayor certeza en la selección de aquella solución que desde el punto de vista técnico-económico es la mas adecuada. Tanto la simulación de las características físicas y operacionales como la evaluación de las distintas soluciones desde los inicios del análisis, entregan información que el analista debe considerar ya sea para replantear algunas de las soluciones planteadas o para generar otras. Dada la complejidad de los problemas a tratar, muchas veces la intuición que el analista usa para generar las distintas soluciones es insuficiente. El uso de herramientas adecuadas de simulación no sólo permite obtener información necesaria para estimar costos y beneficios de una alternativa, sino además permite detectar impactos que pueden hacer necesario revisar el diseño físico y operacional introduciendo las modificaciones pertinentes.

1.104.2 Etapa de Idea

El análisis de un proyecto en etapa de idea debe contener como mínimo los siguientes elementos:

a) Deficiencias. La idea del proyecto surgirá generalmente de limitaciones detectadas en la operación actual del sistema de transporte vial. Estas deficiencias o limitaciones deberán ser claramente explicitadas, indicando además los sectores o grupos afectados por las mismas.

b) Diagnóstico. Se deberá identificar las causas más probables de las deficiencias detectadas, con énfasis en aquellas que guarden relación con las características actuales de la infraestructura vial.

c) Alternativas de solución. Deberán identificarse posibles alternativas de solución, orientadas a establecer el forma preliminar las características principales del proyecto.

d) Eficacia. Se analizará el grado en que las soluciones propuestas efectivamente permitan superar las deficiencias detectadas en a).

e) Decisión. Deberá indicarse si se recomienda abandonar la idea, profundizar su estudio o reformular la idea de proyecto.

1.104.3 Etapa de Perfil

El análisis de un proyecto en etapa de perfil debe contener como mínimo los siguientes elementos:

a) Deficiencias. Deberá profundizarse el análisis realizado en etapa de idea de las deficiencias detectadas en la operación actual del sistema de transporte vial. Estas deficiencias o limitaciones deberán ser claramente explicitadas, indicando además los sectores o grupos afectados por las mismas.

b) Diagnóstico. Se deberá identificar las causas más probables de las deficiencias detectadas, con énfasis en aquellas que guarden relación con las características actuales de la infraestructura vial.

c) Pronóstico. Sobre la base de la información existente se deberá indicar si se espera que en el futuro las deficiencias detectadas se agudizarán. Se definirá el plazo a partir del cual las condiciones de operación serían críticas desde el punto de vista de seguridad de las operaciones, confiabilidad, congestión, u otros factores.

d) Alternativas de solución. Deberán identificarse las alternativas de solución, teniendo cuidado de realizar la búsqueda con la mayor amplitud posible, evitando descartar alternativas antes de someterlas a un análisis formal. Cuando proceda, bastará presentar estas alternativas en la forma de esquemas o bosquejos.

e) Costos de inversión. Se deberá realizar una estimación de las inversiones involucradas en cada una de las alternativas encontradas. Ello se basará principalmente en la experiencia de quienes proponen el proyecto y en los costos de proyectos similares realizados con anterioridad.

f) Clasificación. Se deberá realizar la determinación del impacto de cada alternativa de proyecto sobre el patrón de flujos del transporte interurbano. A partir de ello deberá clasificarse el proyecto en alguna de las categorías definidas en 1.100.

g) Eficacia. Se analizará el grado en que las soluciones propuestas efectivamente permitan superar las deficiencias detectadas en a), así como su potencial futuro para responder a las exigencias identificadas en c). Se deberá analizar además la flexibilidad o rigidez de cada solución, en el sentido de permitir o no futuras correciones, ampliaciones o complementaciones.

h) Rentabilidad. Se deberá determinar la rentabilidad del proyecto, a partir de la determinación de las corrientes de costos y beneficios futuros.

i) Impactos cualitativos. Se deberá determinar los impactos del proyecto que no quedan suficientemente medidos por la rentabilidad, incluyendo aspectos sociales, político-administrativos, ambientales, de soberanía nacional, etc..

j) Priorización. Las alternativas analizadas se ordenarán en una lista de prioridad tomando en cuenta su rentabilidad e impactos. Algunas alternativas que no superen ciertos umbrales mínimos podrán ser descartadas.

k) Decisión. Deberá indicarse si se recomienda abandonar el proyecto, profundizar su estudio, postergarlo o pasar directamente a la etapa de ejecución.

l) Comunicación. Deberá generarse un informe que contenga los resultados del análisis del proyecto en etapa de perfil. En el caso que se recomiende profundizar su estudio, el informe deberá contener todos los antecedentes necesarios para elaborar los términos de referencia para el estudio de prefactibilidad.

1.104.4 Etapa de Prefactibilidad

Tal como se señaló anteriormente la finalidad de esta etapa es el relevamiento de la información básica necesaria para caracterizar la oferta y demanda existente e identificar los problemas que presenta la infraestructura bajo análisis, en base a lo cual será posible plantear una gama importante de alternativas de solución que serán desarrolladas a nivel de esquemas preliminares. Estas serán sometidas a un proceso de simulación y de evaluación simplificada, cuyos resultados permitirán seleccionar un número reducido de alternativas que pasarán a la etapa siguiente.

A continuación se presenta una breve descripción de las principales actividades metodológicas que involucra esta etapa.

a) Definición del área de referencia y semana tipo. Los análisis que deben realizarse en esta fase se dan en un determinado contexto espacio-tiempo. Esto implica definir un área de referencia, en la que se medirán los impactos del proyecto y una unidad de tiempo representativa del año. Si el proyecto corresponde a un área con fluctuaciones estacionales importantes el año debe dividirse en temporadas, cada una de las cuales tendrá una unidad de tiempo representativa.

b) Periodización. Esta actividad se realiza para definir una serie de períodos diferentes entre sí pero internamente homogéneos, en los cuales se caracterizará la demanda y se estimarán los impactos asociados al proyecto. Para estimar los beneficios anuales del proyecto es necesario determinar ponderadores por período que transformen los beneficios de cada período a beneficios anuales.

c) Mediciones y recolección de antecedentes. En líneas generales se requiere recopilar y/ relevar información básica necesaria para la simulación de las distintas situaciones (actual, base y con proyecto) y para la actividad de diseño físico y operativo de las distintas alternativas que se planteen.

d) Modelación y calibración de la situación actual. Esta actividad se realiza principalmente para contrastar los resultados de la simulación con la realidad y dar confiabilidad a los resultados de la evaluación. Para ello en base a información relevada en los estudios de base, es posible calibrar las herramientas de simulación (modelos) que se utilizarán para representar las características físicas y operacionales de los proyectos viales bajo análisis.

e) Diagnóstico. En base a la información y antecedentes antes descritos se procederá a realizar un diagnóstico de la situación actual, a fin de identificar los problemas existentes en la infraestructura bajo análisis, precisar las características e importancia de ellos, así como sus posibles causas. Los resultados de este proceso serán un antecedente básico para la generación de posibles alternativas de solución.

f) Generación de alternativas. En general, existen múltiples formas de diseño de los distintos elementos y dispositivos que constituyen la infraestructura vial. La finalidad de esta actividad es definir una amplia gama de alternativas de solución, las que difieren en sus características físicas y/u operacionales sin que el tipo o el alcance de los impactos que producen sean muy diferentes. La concepción de estas alternativas se apoya en el diagnóstico proporcionado por la actividad anterior. Al respecto, cabe señalar que en el **Volumen 3** del Manual de Carreteras, se indican los criterios y aspectos que rigen el diseño de los distintos elementos y dispositivos que constituyen la infraestructura vial en función del estándar de las vías involucradas y de la estructura y volumen de la demanda que se registra y/o registrará en ella.

g) Elaboración de estudios preliminares. En esta etapa se representará a nivel de esquema preliminar las características físicas y operativas de las distintas alternativas que se planteen en la actividad antes descrita. Los requerimientos establecidos en cuanto al grado de precisión de la información básica sobre la cual se apoyará la definición de los esquemas preliminares y el nivel de desarrollo de ellos, se encuentran contenidos en el **Volumen 2** del Manual de Carreteras. Por otra parte, los parámetros básicos a considerar en el diseño de los distintos elementos que componen la infraestructura vial se especifican en el **Volumen 3** del Manual de Carreteras.

h) Modelación preliminar de alternativas. En base a los antecedentes obtenidos del proceso de calibración de la situación actual y a las características físicas y operacionales representadas en el esquema preliminar de las distintas alternativas de solución, se procede a la modelación y simulación de cada una de ellas. Esto permite verificar las condiciones de operación y el comportamiento de los elementos viales que configuran la infraestructura bajo análisis y estimar, además, los consumos de recursos asociados a los flujos vehiculares que hacen uso de él.

i) Selección de alternativas. En base a los antecedentes de los esquemas preliminares y a los resultados obtenidos en su modelación, se procederá a realizar una evaluación económica simplificada de cada una de las alternativas de solución planteada. Con la información antes descrita se procederá calcular los indicadores de rentabilidad de corto y largo plazo, antecedente suficiente para determinar la bondad económica de cada alternativa. A fin de complementar tales antecedentes para el proceso de selección, se propone realizar un análisis y una evaluación de los otros impactos que genera el proyecto.

1.104.5 Etapa de Factibilidad

Esta etapa tiene dos objetivos principales. Por un lado, los esquemas preliminares seleccionados en la etapa anterior deben ser afinados y desarrollados a nivel de anteproyecto, para garantizar que el diseño físico y operacional propuesto es factible de implementar y estimar con un grado de precisión razonable los montos de inversión involucrados. Por otro, y no menos importante, se debe producir información relevante y confiable que permita avalar, desde el punto de vista técnico económico, el proceso de toma de decisión para ejecución del proyecto.

A continuación se presenta una breve descripción de las principales actividades metodológicas que involucra esta etapa y se específica el vínculo con los distintos capítulos del presente Manual y con los restantes Volúmenes del Manual de Carreteras.

a) Diseño físico. Los requerimientos de la información básica que se utilizará en la elaboración del anteproyecto y el nivel de detalle de él, se especifica en el **Volumen 2 y 3** del Manual de Carreteras.

b) Diseño operacional. Consiste en la especificación de las condiciones de uso de la vialidad, mediante la determinación de un conjunto de regulaciones que constituye el sistema de control de tránsito. Aunque se refiere al uso de la vialidad, una determinada regulación puede implicar modificaciones menores al diseño físico. De ahí que sea crucial la relación en ambos sentidos entre diseño físico y operacional en esta etapa.

c) Modelación y simulación. Para evaluar una determinada alternativa de diseño es necesario predecir las características de la circulación en el área de influencia del proyecto con la finalidad de estimar los consumos de recursos asociados a las distintas situaciones (base y con proyecto)

y los beneficios correspondientes. Para ello se utilizarán las herramientas consideradas en la modelación preliminar de alternativas, efectuando las correcciones que proceda a fin de representar de manera más afinada las características físicas y operacionales de las alternativas desarrolladas a nivel de anteproyecto. En este proceso de modelación se realizará para todos los períodos que se definan.

d) Estimación de costos y beneficios. Esta actividad tiene como finalidad proveer toda la información necesaria para la evaluación de alternativas. Respecto a los costos de inversión estos deberán ser valorizados a precios sociales.

e) Evaluación. La evaluación de alternativas tiene como objetivo esencial entregar la información relevante para apoyar el proceso de toma de decisiones. Para tal efecto se determinarán los indicadores de rentabilidad de corto y largo plazo y los análisis de sensibilidad correspondientes. Este análisis es complementado con el de los impactos sociales y ambientales para ofrecer una perspectiva amplia, y lo más rigurosa posible, de los efectos de la alternativa sobre el conjunto de actividades y personas que tienen relación con el área sujeta a proyecto.

MANUAL DE CARRETERAS
VOLUMEN 1 TOMO II
EVALUACION DE PROYECTOS VIALES INTERURBANOS

CAPITULO 1.200

TERMINOS DE REFERENCIA GENERALES PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS VIALES INTERURBANOS

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE VIALIDAD

CAPITULO 1.200 TERMINOS DE REFERENCIA GENERALES PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS VIALES INTERURBANOS

SECCION 1.201 OBJETIVOS Y ALCANCES

Este capítulo está destinado a orientar al usuario del Volumen I del Manual respecto de los capítulos, secciones, etc. que deben considerarse parte de los TRG de un estudio, según sea el tipo de proyecto y la etapa de evaluación de que se trate.

Los capítulos 1.000 y 1.100 son atingentes a todos estos casos, por lo cual deberán ser siempre considerados, aún cuando no están explícitamente mencionados en las secuencias metodológicas.

Lo mismo ocurre con las secciones 1.502, 1.503 y 1.504, las cuales presentan conceptos fundamentales del proceso de evaluación, que son aplicables a todos los tipos de proyectos en cada una de las etapas de evaluación.

El capítulo se ha estructurado siguiendo la clasificación de proyectos definida en la Sección 1.102, resumida en el Cuadro N°1.102.3 (A).

En la presentación de los TRG se ha seguido, dentro de lo posible, el orden cronológico o secuencia en que deben ser abordados los diversos aspectos. Ello contrasta con el ordenamiento funcional, no necesariamente cronológico, adoptado en la estructuración del manual.

SECCION 1.202 SINTESIS DE LOS TRG PARA UN PROYECTO TIPO I

El proyecto tipo I se refiere a una situación en la cual se espera que los flujos en cada arco de la red vial en análisis no cambien como consecuencia de la ejecución del proyecto. Ello equivale a decir que el proyecto no produce impactos significativos sobre la localización, generación, distribución, partición modal ni asignación.

1.202.1 ETAPA DE PERFIL

1.202.101 Estudios de Base

Tránsito actual en los arcos bajo estudio:

- Flujo vehicular	:	Tópico 1.004.4
- Mediciones complementarias	:	Si se indica en TRE
Características de la oferta vial	:	Tópico 1.302.4
Medio Ambiente	:	Tópico 1.306.2
Seguridad	:	Tópico 1.307.3

1.202.102 Modelación

Periodización	:	Tópico 1.404.4

Determinación del volumen de viajes en cortes temporales futuros

- Proyecciones de flujos por arco	:	Párrafo 1.408.501

Determinación de Consumo de recursos:

- Costos de Operación	:	Tópico 1.402.3
- Costos de Conservación	:	No es necesario
Impacto ambiental	:	Tópico 1.409.3
Determinación de impactos en seguridad	:	Acápite 1.410.2 (1)

1.202.103 Evaluación

Valorización social de los costos	:	Sección 1.505

Determinación de beneficios directos e indirectos del proyecto:

- Beneficios directos	:	Sección 1.506
- Evaluación de Impactos ambientales	:	Sección 1.509
- Estimación de beneficios de seguridad	:	Sección 1.510
- Impactos sociales	:	Sección 1.511

Determinación de indicadores de rentabilidad	:	Sección 1.507
Análisis de sensibilidad	:	Tópico 1.508.4
Análisis de incertidumbre	:	no se requiere

Análisis Global de la Evaluación:

- Cuadro de impactos	:	Tópico 1.512.3
- Regla de decisión	:	Tópico 1.512.4

1.202.2 ETAPA DE PREFACTIBILIDAD

1.202.201 Estudios de Base

Tránsito actual en los arcos bajo estudio:

- Flujo vehicular	:	Tópico 1.303.4
- Tasa de ocupación	:	Párrafo 1.303.802
- Si existe congestión	:	Tópico 1.303.7 y Párrafos 1.303.801 y 1.303.804
Características de la oferta vial	:	Tópico 1.302.5
Medio Ambiente	:	Tópico 1.306.2
Seguridad	:	Tópico 1.307.3
- Si existe alto riesgo	:	Tópico 1.307.3

1.202.202 Modelación

Periodización	:	Tópico 1.404.5

Determinación del volumen de viajes en cortes temporales futuros.

- Proyecciones de flujos mediante relaciones funcionales : Párrafo 1.408.502

Determinación de Consumo de recursos:

- Costos de Operación : Tópico 1.402.3
- Costos de Conservación : Tópicos 1.403.6 y 1.403.9

Impacto ambiental : Tópicos 1.409.4 y 1.409.5

Determinación de impactos en seguridad : Acápite 1.410.2 (1)

1.202.203 Evaluación

Valorización social de los costos : Sección 1.505

Determinación de beneficios directos e indirectos del proyecto:

- Beneficios directos : Sección 1.506
- Evaluación de Impactos ambientales : Sección 1.509
- Estimación de beneficios de seguridad : Sección 1.510
- Impactos sociales : Sección 1.511

Determinación de indicadores de rentabilidad : Sección 1.507

Análisis de sensibilidad : Tópico 1.508.4

Análisis de incertidumbre : Tópico 1.508.5

Análisis Global de la Evaluación:

- Cuadro de impactos : Tópico 1.512.3
- Regla de decisión : Tópico 1.512.4

1.202.3 ETAPA DE FACTIBILIDAD

1.202.301 Estudios de Base

Tránsito actual en los arcos bajo estudio:

- Flujo vehicular : Emplear antecedentes obtenidos en etapasprevias y complementar si es necesario -

Características de la oferta vial : Tópico 1.302.6

Medio Ambiente	:	Tópico 1.306.2
Seguridad	:	Tópico 1.307.3
- Si existe alto riesgo	:	Tópico 1.307.3

1.202.302 Modelación

Emplear modelos estimados en etapas previas. Si es preciso complementar o actualizar, proceder según lo expresado en el Párrafo 1.202.202.

1.202.303 Evaluación

Emplear metodología descrita en 1.202.203.

SECCION 1.203 SINTESIS DE LOS TRG PARA UN PROYECTO TIPO II

El proyecto tipo II se refiere a una situación en la cual se espera que la matriz origen-destino de viajes del modo vial no cambie como consecuencia de la ejecución del proyecto. Ello equivale a decir que el proyecto no produce impactos significativos sobre la generación, distribución ni partición modal, de modo que su único efecto es sobre la asignación.

1.203.1| ETAPA DE PERFIL

1.203.101 Estudios de Base

Tránsito actual en los arcos bajo estudio:

- Flujo vehicular y Encuestas origen-destino	:	Tópico 1.004.4
- Mediciones complementarias	:	Si se indica en TRE
Características de la oferta vial	:	Tópico 1.302.4
Medio Ambiente	:	Tópico 1.306.2
Seguridad	:	Tópico 1.307.3

1.203.102 Modelación

Periodización	:	Tópico 1.404.4
Zonificación	:	Tópico 1.404.6

Determinación matriz de viajes situación actual año base:

- Determinación de la matriz simétrica	:	Tópico 1.405.6
- Relleno o sembrado de matrices	:	1.405.805
- Calibración del modelo de asignación	:	1.406.4

Determinación matriz de viajes situación base y con proyecto, en cortes temporales:

- Proyección directa de la matriz de viajes de la situación base	:	Párrafo 1.408.601

Modelación de Asignación de viajes:

-	Asignación de locomoción colectiva	:	Tópico 1.406.5
-	Asignación de transporte de carga	:	Tópico 1.406.6
-	Asignación de vehículos particulares	:	Tópico 1.406.6

Determinación de Consumo de recursos:

-	Costos de Operación	:	Tópico 1.402.3
-	Costos de Conservación	:	no es necesario

Determinación de impacto ambiental	:	Tópico 1.409.3
Determinación de impactos en seguridad	:	Acápite 1.410.2 (1)

1.203.103 Evaluación

Valorización social de los costos	:	Sección 1.505

Determinación de beneficios directos e indirectos del proyecto:

-	Beneficios directos	:	Sección 1.506
-	Evaluación de Impactos ambientales	:	Sección 1.509
-	Estimación de beneficios de seguridad	:	Sección 1.510
-	Impactos sociales	:	Sección 1.511

Determinación de indicadores de rentabilidad	:	Sección 1.507
Análisis de sensibilidad	:	Tópico 1.508.4
Análisis de incertidumbre	:	no se requiere

Análisis Global de la Evaluación:

-	Cuadro de impactos	:	Tópico 1.512.3
-	Regla de decisión	:	Tópico 1.512.4

1.203.2 ETAPA DE PREFACTIBILIDAD

1.203.201 Estudios de Base

Tránsito actual en los arcos bajo estudio:

- Flujo vehicular	:	Tópico 1.303.4
- Encuestas origen-destino	:	Tópico 1.303.5
- Encuestas de preferencias	:	Tópico 1.303.6
- Mediciones de tasa de ocupación	:	Párrafo 1.303.802
- Si existe congestión	:	Tópico 1.303.7 y Párrafos 1.303.801 y 1.303.804
Características de la oferta vial	:	Tópico 1.302.5
Medio Ambiente	:	Tópico 1.306.2
Seguridad	:	Tópico 1.307.3
- Si existe alto riesgo	:	Tópico 1.307.3

1.203.202 Modelación

Periodización	:	Tópico 1.404.5
Zonificación	:	Tópico 1.404.6

Determinación matriz de viajes situación actual año base:

- Determinación de la matriz simétrica	:	Tópico 1.405.6
- Relleno o sembrado de matrices	:	1.405.805
- Calibración del modelo de asignación	:	1.406.4

Determinación matriz de viajes situación base y con proyecto, en cortes temporales:

- Proyección directa de la matriz de viajes de la situación base	:	Párrafo 1.408.601

Modelación de Asignación en viajes interurbanos:

- Asignación de locomoción colectiva	:	Tópico 1.406.5
- Asignación de transporte de carga	:	Tópico 1.406.801
- Asignación de vehículos particulares	:	Tópico 1.406.802

Modelación de Asignación en viajes urbanos:

- Asignación de locomoción colectiva	:	Tópico 1.406.5
- Asignación de transporte de carga	:	Tópico 1.406.6
- Asignación de vehículos particulares	:	Tópico 1.406.7

Determinación de Consumo de recursos:

- Costos de Operación	:	Tópico 1.402.3
- Costos de Conservación	:	Tópicos 1.403.6 y 1.403.9
Determinación de impacto ambiental	:	Tópicos 1.409.4 y 1.409.5
Determinación de impactos en seguridad	:	Acápite 1.410.2 (1)

1.203.203 Evaluación

Valorización social de los costos	:	Sección 1.505

Determinación de beneficios directos e indirectos del proyecto:

- Beneficios directos	:	Sección 1.506
- Evaluación de Impactos ambientales	:	Sección 1.509
- Estimación de beneficios de seguridad	:	Sección 1.510
- Impactos sociales	:	Sección 1.511
Determinación de indicadores de rentabilidad	:	Sección 1.507
Análisis de sensibilidad	:	Tópico 1.508.4
Análisis de incertidumbre	:	Tópico 1.508.5

Análisis Global de la Evaluación:

- Cuadro de impactos	:	Tópico 1.512.3
- Regla de decisión	:	Tópico 1.512.4

1.203.3 ETAPA DE FACTIBILIDAD

1.203.301 Estudios de Base

Tránsito actual en los arcos bajo estudio:

- Emplear antecedentes obtenidos en etapas previas y complementar si es necesario

Características de la oferta vial	:	Tópico 1.302.6
Medio Ambiente	:	Tópico 1.306.2
Seguridad	:	Tópico 1.307.3

- Si existe alto riesgo : Tópico 1.307.3

1.203.302 Modelación

Emplear modelos estimados en etapas previas. Si es preciso complementar o actualizar, proceder según lo expresado en el Párrafo 1.203.202.

1.203.303 Evaluación

Emplear metodología descrita en 1.203.203.

SECCION 1.204 SINTESIS DE LOS TRG PARA UN PROYECTO TIPO III

El proyecto tipo III aparece en una situación en la cual se espera que sólo los flujos en uno o más arcos de la red vial cambien como consecuencia de la ejecución del proyecto, pero sólo debido a la aparición de viajes que no serían realizados de no ejecutarse el proyecto. Ello equivale a decir que el proyecto no produce impactos significativos sobre la distribución, partición modal ni asignación, de modo que su único impacto es sobre la generación.

1.204.1 ETAPA DE PERFIL

1.204.101 Estudios de Base

Tránsito actual en los arcos bajo estudio:

- Flujo vehicular	:	Tópico 1.004.4
- Mediciones complementarias	:	si se indica en TRE

Características de la oferta vial	:	Tópico 1.302.4

Recolección de antecedentes del Sistema de Actividades:

- Análisis de fuentes de información existentes	:	Tópico 1.004.6
Medio Ambiente	:	Tópico 1.306.2
Seguridad	:	Tópico 1.307.3

1.204.102 Modelación

Periodización	:	Tópico 1.404.4

Determinación de Consumo de recursos:

- Costos de Operación	:	Tópico 1.402.3
- Costos de Conservación	:	no es necesario

Modelación de la generación de viajes en el año base:

- Metodología simplificada	:	Tópico 1.405.4

Determinación del volumen de viajes en cortes temporales futuros

- Proyección directa de flujos en arcos	:	Párrafo 1.408.501
Determinación de impacto ambiental	:	Tópico 1.409.3
Determinación de impactos en seguridad	:	Acápite 1.410.2 (1)

1.204.103 Evaluación

Valorización social de los costos	:	Sección 1.505

Determinación de beneficios directos e indirectos del proyecto:

- Beneficios directos	:	Sección 1.506
- Evaluación de Impactos ambientales	:	Sección 1.509
- Estimación de beneficios de seguridad	:	Sección 1.510
- Impactos sociales	:	Sección 1.511
Determinación de indicadores de rentabilidad	:	Sección 1.507
Análisis de sensibilidad	:	Tópico 1.508.4
Análisis de incertidumbre	:	no se requiere

Análisis Global de la Evaluación:

- Cuadro de impactos	:	Tópico 1.512.3
- Regla de decisión	:	Tópico 1.512.4

1.204.2 ETAPA DE PREFACTIBILIDAD

1.204.201 Estudios de Base

Tránsito actual en los arcos bajo estudio:

- Flujo vehicular	:	Tópico 1.303.4
- Mediciones de tasa de ocupación	:	Párrafo 1.303.802
- Si existe congestión	:	Tópico 1.303.7 y Párrafos 1.303.801 y 1.303.804
Características de la oferta vial	:	Tópico 1.302.5

Recolección de antecedentes del Sistema de Actividades:

- Análisis de fuentes de información existentes	:	Tópico 1.004.6
- Recolección de antecedentes en terreno:		Sección 1.304
Medio Ambiente	:	Tópico 1.306.2
Seguridad	:	Tópico 1.307.3
- Si existe alto riesgo	:	Tópico 1.307.3

1.204.202 Modelación

Periodización	:	Tópico 1.404.5

Determinación de Consumo de recursos:

- Costos de Operación	:	Tópico 1.402.3
- Costos de Conservación	:	Tópicos 1.403.6 y 1.403.9

Modelación de la generación de viajes en el año base y determinación del volumen de viajes en cortes temporales futuros:

- En proyectos de pequeño tamaño	:	generación mediante Tópico 1.405.4 y proyección mediante Párrafo 1.408.501.
- En proyectos de tamaño mayor	:	generación mediante Párrafo 1.405.5 y proyección mediante Tópico 1.408.4.
Determinación de impacto ambiental	:	Tópicos 1.409.4 y 1.409.5
Determinación de impactos en seguridad	:	Acápite 1.410.2 (1)

1.204.203 Evaluación

Valorización social de los costos	:	Sección 1.505

Determinación de beneficios directos e indirectos del proyecto:

- Beneficios directos	:	Sección 1.506
- Evaluación de Impactos ambientales	:	Sección 1.509
- Estimación de beneficios de seguridad	:	Sección 1.510
- Impactos sociales	:	Sección 1.511

Determinación de indicadores de rentabilidad	:	Sección 1.507
Análisis de sensibilidad	:	Tópico 1.508.4
Análisis de incertidumbre	:	Tópico 1.508.5

Análisis Global de la Evaluación:

-	Cuadro de impactos	:	Tópico 1.512.3
-	Regla de decisión	:	Tópico 1.512.4

1.204.3 ETAPA DE FACTIBILIDAD

1.204.301 Estudios de Base

Tránsito actual en los arcos bajo estudio:

- Emplear antecedentes obtenidos en etapas previas y complementar si es necesario.

Características de la oferta vial	:	Tópico 1.302.6
Medio Ambiente	:	Tópico 1.306.2
Seguridad	:	Tópico 1.307.3
- Si existe alto riesgo	:	Tópico 1.307.3

1.204.302 Modelación

Emplear modelos estimados en etapas previas. Si es preciso complementar o actualizar, proceder según lo expresado en el Párrafo 1.204.202.

1.204.303 Evaluación

Emplear metodología descrita en 1.204.203.

SECCION 1.205 SINTESIS DE LOS TRG PARA UN PROYECTO TIPO IV

El proyecto tipo IV aparece en una situación en la cual se espera que los flujos en uno o más pares de la matriz origen-destino del modo vial cambien como consecuencia de la ejecución del proyecto, pero sólo debido a la aparición de viajes que no serían realizados de no ejecutarse el proyecto. Ello equivale a decir que el proyecto no produce impactos significativos en la partición modal, de modo que sus impactos son sobre la generación, distribución y asignación.

1.205.1 ETAPA DE PERFIL

1.205.101 Estudios de Base

Tránsito actual en los arcos bajo estudio:

- Flujo vehicular y Encuestas origen-destino	:	Tópico 1.004.4
- Mediciones complementarias	:	si se indica en TRE
Características de la oferta vial	:	Tópico 1.302.4

Recolección de antecedentes del Sistema de Actividades:

- Análisis de fuentes de información existentes	:	Tópico 1.004.6
Medio Ambiente	:	Tópico 1.306.2
Seguridad	:	Tópico 1.307.3

1.205.102 Modelación

Periodización	:	Tópico 1.404.4
Zonificación	:	Tópico 1.404.6

Determinación matriz de viajes situación actual año base:

- Determinación de la matriz simétrica	:	Tópico 1.405.6
- Relleno o sembrado de matrices	:	1.405.805
- Calibración del modelo de asignación	:	1.406.4

Determinación matriz de viajes situación con proyecto, año base:

- Modelos de demanda directa	:	Párrafo 1.405.7; en etapa de prefactibilidad, se usará los métodos de interacción espacial, expuestos en 1.405.8.

Determinación matriz de viajes situación base y con proyecto, en cortes temporales:

- Proyección de viajes origen-destino	:	Párrafo 1.408.602. En etapa de prefactibilidad y factibilidad, se deberá realizar mediante la proyección de los vectores de generación de viajes, método descrito en el Párrafo 1.408.603.

Modelación de Asignación de viajes:

- Asignación de locomoción colectiva	:	Tópico 1.406.5
- Asignación de vehículos de transporte de carga	:	Tópico 1.406.6
- Asignación de vehículos particulares	:	Tópico 1.406.801

Determinación de Consumo de recursos:

- Costos de Operación	:	Tópico 1.402.3
- Costos de Conservación	:	no es necesario

Determinación de impacto ambiental	:	Tópico 1.409.3
Determinación de impactos en seguridad	:	Acápite 1.410.2 (1)

1.205.103 Evaluación

Valorización social de los costos	:	Sección 1.505

Determinación de beneficios directos e indirectos del proyecto:

- Beneficios directos	:	Sección 1.506
- Evaluación de Impactos ambientales	:	Sección 1.509
- Estimación de beneficios de seguridad	:	Sección 1.510
- Impactos sociales	:	Sección 1.511

Determinación de indicadores de rentabilidad	:	Sección 1.507
Análisis de sensibilidad	:	Tópico 1.508.4
Análisis de incertidumbre	:	no se requiere

Análisis Global de la Evaluación:

-	Cuadro de impactos	:	Tópico 1.512.3
-	Regla de decisión	:	Tópico 1.512.4

1.205.2 ETAPA DE PREFACTIBILIDAD

1.205.201 Estudios de Base

Tránsito actual en los arcos bajo estudio:

-	Flujo vehicular	:	Tópico 1.303.4
-	Encuestas origen-destino	:	Tópico 1.303.5
-	Encuestas de preferencias	:	Tópico 1.303.6
-	Mediciones de tasa de ocupación	:	Párrafo 1.303.802
-	Si existe congestión	:	Tópico 1.303.7 y Párrafos 1.303.801 y 1.303.804

Características de la oferta vial	:	Tópico 1.302.5
Medio Ambiente	:	Tópico 1.306.2
Seguridad	:	Tópico 1.307.3
- Si existe alto riesgo	:	Tópico 1.307.3

1.205.202 Modelación

Periodización	:	Tópico 1.404.5
Zonificación	:	Tópico 1.404.6

Determinación matriz de viajes situación actual año base:

-	Determinación de la matriz simétrica	:	Tópico 1.405.6
-	Relleno o sembrado de matrices	:	1.405.805
-	Calibración del modelo de asignación	:	1.406.4

Determinación matriz de viajes situación con proyecto, año base:

-	Modelos de interacción espacial	:	Tópico 1.405.8

Determinación matriz de viajes situación base y con proyecto, en cortes temporales:

- Proyección de vectores de generación	:	Párrafo 1.408.603

Modelación de Asignación de viajes interurbanos:

- Asignación de locomoción colectiva	:	Tópico 1.406.5
- Asignación de transporte de carga	:	Tópico 1.406.801
- Asignación de vehículos particulares	:	Tópico 1.406.802

Modelación de Asignación de viajes urbanos:

- Asignación de locomoción colectiva	:	Tópico 1.406.5
- Asignación de transporte de carga	:	Tópico 1.406.6
- Asignación de vehículos particulares	:	Tópico 1.406.7

Determinación de Consumo de recursos:

- Costos de Operación	:	Tópico 1.402.3
- Costos de Conservación	:	Tópicos 1.403.6 y 1.403.9

Determinación de impacto ambiental	:	Tópicos 1.409.4 y 1.409.5
Determinación de impactos en seguridad	:	Acápite 1.410.2 (1)

1.205.203 Evaluación

Valorización social de los costos	:	Sección 1.505

Determinàción de beneficios directos e indirectos del proyecto:

- Beneficios directos	:	Sección 1.506
- Evaluación de Impactos ambientales	:	Sección 1.509
- Estimación de beneficios de seguridad	:	Sección 1.510
- Impactos sociales	:	Sección 1.511

Determinación de indicadores de rentabilidad	:	Sección 1.507
Análisis de sensibilidad	:	Tópico 1.508.4
Análisis de incertidumbre	:	Tópico 1.508.5

Análisis Global de la Evaluación:

- Cuadro de impactos	:	Tópico 1.512.3
- Regla de decisión	:	Tópico 1.512.4

1.205.3 ETAPA DE FACTIBILIDAD

1.205.301 Estudios de Base

Tránsito actual en los arcos bajo estudio:

- Emplear antecedentes obtenidos en etapas previas y complementar si es necesario

Características de la oferta vial	:	Tópico 1.302.6
Medio Ambiente	:	Tópico 1.306.2
Seguridad	:	Tópico 1.307.3
- Si existe alto riesgo	:	Tópico 1.307.3

1.205.302 Modelación

Emplear modelos estimados en etapas previas. Si es preciso complementar o actualizar, proceder según lo expresado en el Párrafo 1.205.202.

1.205.303 Evaluación

Emplear metodología descrita en 1.205.203.

SECCION 1.206 SINTESIS DE LOS TRG PARA UN PROYECTO TIPO V

El proyecto tipo V considera la posibilidad de impactos sobre la partición modal de los viajes, cualquiera que sean sus otros impactos. Sin embargo, un proyecto que afecta la partición modal probablemente afectará también la generación y asignación, salvo casos excepcionales.

1.206.1 ETAPA DE PERFIL

1.206.101 Estudios de Base

Tránsito actual en los arcos bajo estudio:

- Flujo vehicular y Encuestas origen-destino	:	Tópico 1.004.4
- Mediciones complementarias	:	si se indica en TRE

Determinación de la demanda y variables de nivel de servicio:

- Transporte público de carretera	:	Tópicos 1.305.3 y 1.305.4
- Transporte de pasajeros en modos alternativos	:	Tópico 1.305.5
- Transporte de carga	:	Tópico 1.305.6.
Características de la oferta vial	:	Tópico 1.302.4

Recolección de antecedentes del Sistema de Actividades:

- Análisis de fuentes de información existentes	:	Tópico 1.004.6
Medio Ambiente	:	Tópico 1.306.2
Seguridad	:	Tópico 1.307.3

1.206.102 Modelación

Periodización	:	Tópico 1.404.4
Zonificación	:	Tópico 1.404.6
Partición modal	:	Tópico 1.407.5

Determinación matriz de viajes situación actual año base:

-	Determinación de la matriz simétrica	:	Tópico 1.405.6
-	Relleno o sembrado de matrices	:	1.405.805
-	Calibración del modelo de asignación	:	1.406.4

Determinación matriz de viajes situación con proyecto, año base:

-	Modelos de demanda directa	:	Párrafo 1.405.7; en etapa de prefactibilidad, se usará los métodos de interacción espacial, expuestos en 1.405.8.

Determinación matriz de viajes situación base y con proyecto, en cortes temporales:

-	Proyección de viajes origen-destino	:	Párrafo 1.408.602. En etapa de prefactibilidad y factibilidad, se deberá realizar mediante la proyección de los vectores de generación de viajes, método descrito en el Párrafo 1.408.603.

Modelación de Asignación de viajes:

-	Asignación de locomoción colectiva	:	Tópico 1.406.5
-	Asignación de vehículos de transporte de carga	:	Tópico 1.406.6
-	Asignación de vehículos particulares	:	Tópico 1.406.801

Determinación de Consumo de recursos:

-	Costos de Operación	:	Tópico 1.402.3
-	Costos de Conservación	:	no es necesario

Determinación de impacto ambiental : Tópico 1.409.3

Determinación de impactos en seguridad : Acápite 1.410.2 (1)

1.206.103 Evaluación

Valorización social de los costos : Sección 1.505

Determinación de beneficios directos e indirectos del proyecto:

-	Beneficios directos	:	Sección 1.506
-	Evaluación de Impactos ambientales	:	Sección 1.509

- Estimación de beneficios de seguridad	:	Sección 1.510
- Impactos sociales	:	Sección 1.511
Determinación de indicadores de rentabilidad	:	Sección 1.507
Análisis de sensibilidad	:	Tópico 1.508.4
Análisis de incertidumbre	:	no se requiere

Análisis Global de la Evaluación:

- Cuadro de impactos	:	Tópico 1.512.3
- Regla de decisión	:	Tópico 1.512.4

1.206.2 ETAPA DE PREFACTIBILIDAD

1.206.201 Estudios de Base

Tránsito actual en los arcos bajo estudio:

- Flujo vehicular	:	Tópico 1.303.4
- Encuestas origen-destino	:	Tópico 1.303.5
- Encuestas de preferencias	:	Tópico 1.303.6
- Mediciones de tasa de ocupación	:	Párrafo 1.303.802
- Si existe congestión	:	Tópico 1.303.7 y Párrafos 1.303.801 y 1.303.804

Determinación de la demanda y variables de nivel de servicio:

- Transporte público de carretera	:	Tópicos 1.305.3 y 1.305.4
- Transporte de pasajeros en modos alternativos	:	Tópico 1.305.5
- Transporte de carga	:	Tópico 1.305.6
Características de la oferta vial	:	Tópico 1.302.5
Medio Ambiente	:	Tópico 1.306.2
Seguridad	:	Tópico 1.307.3
- Si existe alto riesgo	:	Tópico 1.307.3

1.206.202 Modelación

Periodización	:	Tópico 1.404.5
Zonificación	:	Tópico 1.404.6
Partición modal	:	Tópico 1.407.4

Determinación matriz de viajes situación actual año base:

-	Determinación de la matriz simétrica	:	Tópico 1.405.6
-	Relleno o sembrado de matrices	:	1.405.805
-	Calibración del modelo de asignación	:	1.406.4

Determinación matriz de viajes situación con proyecto, año base:

-	Modelos de interacción espacial	:	Tópico 1.405.8

Determinación matriz de viajes situación base y con proyecto, en cortes temporales:

-	Proyección de vectores de generación	:	Párrafo 1.408.603

Modelación de Asignación de viajes interurbanos:

-	Asignación de locomoción colectiva	:	Tópico 1.406.5
-	Asignación de transporte de carga	:	Tópico 1.406.801
-	Asignación de vehículos particulares	:	Tópico 1.406.802

Modelación de Asignación de viajes urbanos:

-	Asignación de locomoción colectiva	:	Tópico 1.406.5
-	Asignación de transporte de carga	:	Tópico 1.406.6
-	Asignación de vehículos particulares	:	Tópico 1.406.7

Determinación de Consumo de recursos:

-	Costos de Operación	:	Tópico 1.402.3
-	Costos de Conservación	:	Tópicos 1.403.6 y 1.403.9

Determinación de impacto ambiental	:	Tópicos 1.409.4 y 1.409.5
Determinación de impactos en seguridad	:	Acápite 1.410.2 (1)

1.206.203 Evaluación

Valorización social de los costos	:	Sección 1.505

Determinación de beneficios directos e indirectos del proyecto:

- Beneficios directos	:	Sección 1.506
- Evaluación de Impactos ambientales	:	Sección 1.509
- Estimación de beneficios de seguridad	:	Sección 1.510
- Impactos sociales	:	Sección 1.511
Determinación de indicadores de rentabilidad	:	Sección 1.507
Análisis de sensibilidad	:	Tópico 1.508.4
Análisis de incertidumbre	:	Tópico 1.508.5

Análisis Global de la Evaluación:

- Cuadro de impactos	:	Tópico 1.512.3
- Regla de decisión	:	Tópico 1.512.4

1.206.3 ETAPA DE FACTIBILIDAD

1.206.301 Estudios de Base

Tránsito actual en los arcos bajo estudio:

- Emplear antecedentes obtenidos en etapas previas y complementar si es necesario

Determinación de la demanda y variables de nivel de servicio:

- Transporte público de carretera	:	Tópicos 1.305.3 y 1.305.4
- Transporte de pasajeros en modos alternativos	:	Tópico 1.305.5
- Transporte de carga	:	Tópico 1.305.6
Características de la oferta vial	:	Tópico 1.302.6
Medio Ambiente	:	Tópico 1.306.2
Seguridad	:	Tópico 1.307.3
- Si existe alto riesgo	:	Tópico 1.307.3

1.206.302 Modelación

Emplear modelos estimados en etapas previas. Si es preciso complementar o actualizar, proceder según lo expresado en el Párrafo 1.206.202.

1.206.303 Evaluación

Emplear metodología descrita en 1.206.203.

MANUAL DE CARRETERAS
VOLUMEN 1 TOMO II
EVALUACION DE PROYECTOS VIALES INTERURBANOS

CAPITULO 1.300
ESTUDIOS DE BASE

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE VIALIDAD

CAPITULO 1.300 ESTUDIOS DE BASE

SECCION 1.301 ASPECTOS GENERALES

1.301.1 OBJETIVO Y ALCANCE

El presente Capítulo define, en sus diversas secciones, los estudios de base que resulta necesario realizar para efectos de la modelación y evaluación de un proyecto vial.

Las normas y recomendaciones contenidas en este capítulo se aplicarán a todos los estudios realizados para la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, salvo aquellas partes que sean modificadas por los Términos de Referencia Especiales.

1.301.2 ORGANIZACION DEL CAPITULO

Las diversas secciones que contituyen el capítulo han sido organizadas según áreas temáticas. Las áreas cubiertas son las siguientes:

- Características de la oferta vial existente
- Tránsito
- Sistema de actividades
- Transporte
- Medio Ambiente
- Seguridad

SECCION 1.302 CARACTERISTICAS DE LA OFERTA VIAL EXISTENTE

1.302.1 ASPECTOS GENERALES

Esta sección esta destinada a la identificación, descripción, formas y criterios de obtención y cuantificación de los parámetros y aspectos físicos y operacionales que caracterizan la oferta de infraestructura vial existente y que, en el contexto de la evaluación económica, son requeridos básicamente para los modelos de deterioro y de consumo de recursos.

Para cada etapa de evaluación, se indican los procedimientos para obtener los parámetros o aspectos monográficos que se requieren, el tipo de instrumental necesario cuando corresponda así como el grado de precisión requerido.

Un primer grupo de características se refiere a la geometría del camino, definida por su planta, elevación y sección transversal, de donde se obtienen parámetros como longitud, curvatura horizontal, subidas y bajadas, anchos de calzada, etc.

Un segundo grupo de características corresponde a la superestructura del camino, definida por su tipo, condición de estado, capacidad estructural y vida útil remanente, de donde se obtienen parámetros como rugosidad, agrietamiento, espesores de capa, etc.

Un tercer grupo se refiere a las características geoclimáticas de la zona en que se localiza el camino o red vial bajo análisis, tales como altitud s.n.m. y precipitaciones.

Finalmente, el cuarto grupo se refiere a las características operativas y de servicio del camino en el que se consignan ciertas características de la infraestructura que inciden sobre las condiciones de circulación y capacidad de maniobra de los vehículos.

1.302.2 CONCEPTOS BASICOS

1.302.201 Características Geométricas

La identificación y cuantificación de las características geométricas del camino, resultan necesarias al efectuar la tramificación de la red vial existente para efectos de modelación y evaluación.

Los parámetros geométricos del camino son requeridos fundamentalmente por el modelo de Consumo de Recursos y el modelo de Deterioro. Los parámetros geométricos que se consignan en esta sección, cuya magnitud debe obtenerse mediante los procedimientos mínimos especificados en ella, son:

- Longitud
- Curvatura horizontal
- Características verticales
- Sección transversal

El grado de detalle con que se debe estimar o medir las características geométricas, dependerá del tipo de proyecto de que se trate así como de la etapa de evaluación en que se encuentre.

Normalmente, cuando se evalúa un **proyecto de rehabilitación o cambio de estándar de un camino existente**, las características geométricas del camino o sector vial sujeto directamente a proyecto se obtienen de las monografías o la ingeniería básica requeridos para estudios preliminares o de anteproyecto en trazados existentes, cuyos procedimientos se consignan en el Volumen 2 del Manual de Carreteras.

La información que proporcionan tales estudios resulta insuficiente cuando se trata de un **proyecto de cambio de trazado.** En este caso es necesario disponer de los parámetros del camino o sector vial existente, que en general no estarán catastrados, siendo responsabilidad del analista obtenerlos con la precisión requerida para el nivel del proyecto.

La misma situación ocurre cuando se trata de abordar el estudio en un **contexto de red**, para lo cual el analista deberá obtener la información pertinente respecto del conjunto de la red vial involucrada. Para efectos de evaluación, esto requiere normalmente un nivel de precisión menor que el exigido en el estudio de ingeniería.

A continuación se presenta una breve definición de los parámetros geométricos del camino o red vial existente mencionados arriba, así como la forma de obtener la información según la etapa de evaluación de que se trate. En general, en esta sección no se detallan las formas de obtener la información ya elaborada que puedan proporcionar organismos oficiales como la Dirección de Vialidad (descritos en la Sección 1.004) o estudios de ingeniería recientes en relación a la o las rutas bajo análisis, salvo que resulte indispensable.

Será responsabilidad del analista verificar la validez y suficiencia de la información existente, efectuando las mediciones complementarias que se requieran como parte de la etapa de evaluación.

(1) Longitud

Corresponde a la medida del tramo al cual se le desean calcular los consumos de recursos, expresada generalmente en kilómetros o metros. Dicha longitud no es necesariamente horizontal y debe representar el recorrido real de los vehículos.

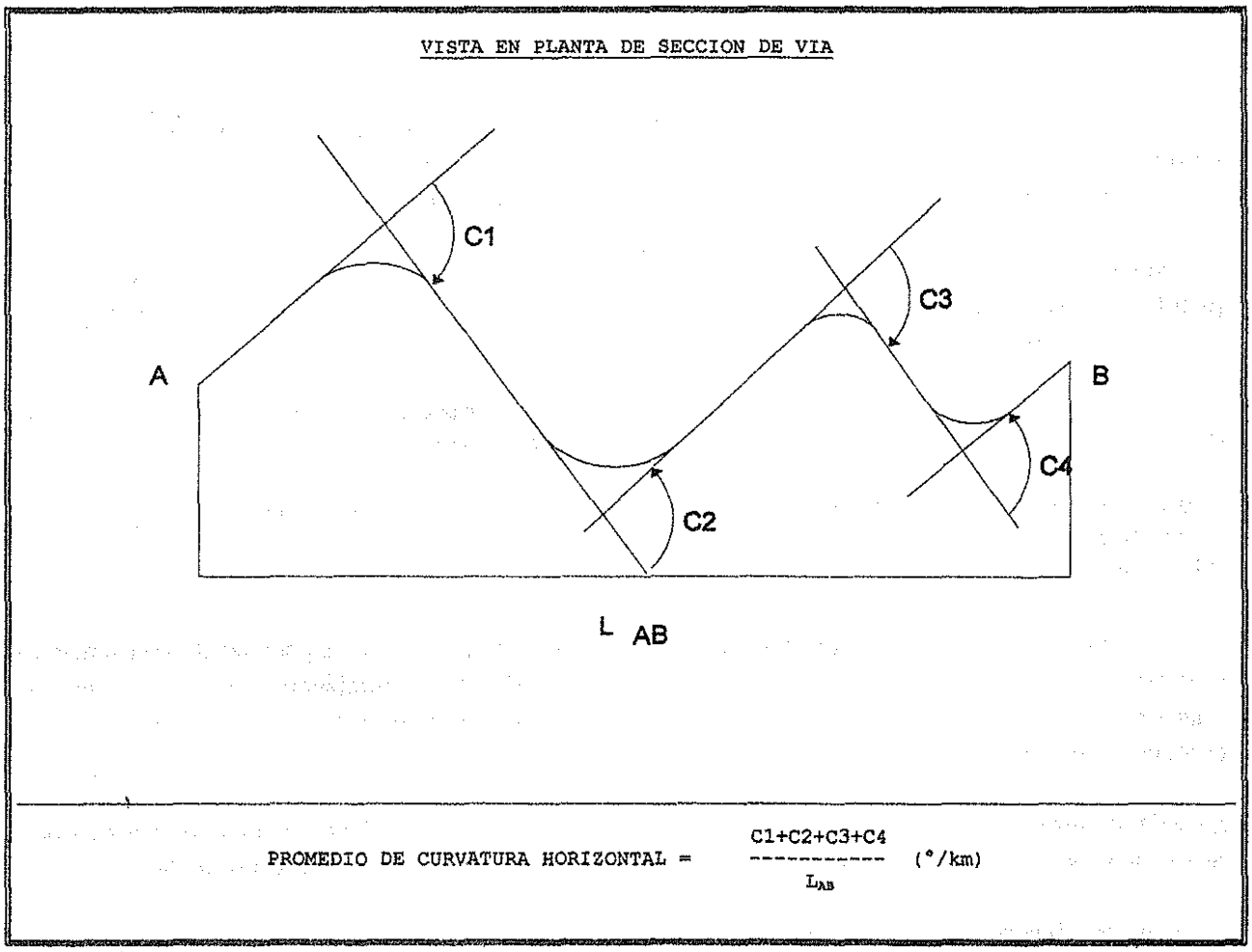
Esta característica es uno de los parámetros relevantes, ya que por lo general los modelos de consumo de recursos calculan internamente los consumos o costos en forma unitaria, multiplicándolos posteriormente por la longitud total del tramo que se está analizando.

Se debe señalar, por último que, en ciertos casos, los procedimientos o el grado de precisión con que se requiere la información de algunos parámetros no difiere según si se trate de la etapa de evaluación de prefactibilidad o factibilidad, por cuanto la diferencia radica principalmente en la cantidad de antecedentes que se requieren para cada una de estas etapas.

(2) Curvatura Horizontal

Corresponde a una medida expresada en Grados Sexagesimales por kilómetro (°/km), que indica el grado de curvatura en planta de un tramo de camino, es decir permite saber si dicho tramo es recto, sinuoso o con muchas curvas en planta, según se grafica en la figura siguiente.

FIGURA 1.302.201 (A)
CURVATURA HORIZONTAL



(3) Características Verticales

Corresponde a las características geométricas ligadas a las variaciones de altura del trazado del camino que definen su perfil longitudinal. Esta característica puede ser registrada de distintas maneras según sea el modelo disponible para el cálculo de los consumos. En general estos modelos necesitan conocer, ya sea en forma agregada o desagregada, las subidas y las bajadas expresadas en metros (se debe recordar que las subidas en un sentido de tránsito, son bajadas en el sentido contrario).

A continuación se describen los procedimientos más utilizados para medir estas características en la forma más desagregada posible, de tal manera que el usuario pueda luego manejarlas a su conveniencia, dependiendo del modelo que utilice.

Las subidas o bajadas se calculan como la distancia vertical entre dos puntos o como la diferencia de cotas entre el punto más alto y el punto más bajo de un trazo. **Nivelar** es determinar o medir la distancia vertical entre dos puntos del terreno.

(4) Sección Transversal

Se refiere a las características de la sección transversal de un tramo de camino, referidas básicamente a: ancho de la calzada, número y ancho de pistas, existencia y ancho de bermas, existencia y ancho de mediana.

1.302.202 Características de la Superestructura del camino

El tipo, el estado de conservación o deterioro, la capacidad estructural y la vida útil remanente representan las características más relevantes de la superestructura del camino para efectos del diagnóstico de la oferta vial y la modelación del consumo de recursos.

Por **superestructura del camino** se entenderá la o las capas o estructura que existe por sobre la plataforma o subrasante del camino, incluyendo en esta definición el hecho de que no existan capas por sobre la plataforma.

El tipo de superestructura del camino se refiere básicamente al material que constituye la capa superior de ella o a la superficie de rodadura por la cual se desplazan los vehículos.

El estado de la superestructura del camino se refiere básicamente a las condiciones en que se encuentra la capa superior de la carpeta, tanto en cuanto a su aptitud de servicio al usuario como en cuanto a sus condiciones estructurales.

La capacidad estructural de la superestructura del camino se refiere a la capacidad de resistencia del pavimento a las solicitaciones o efectos del tránsito y del medio ambiente. Esta capacidad está relacionada con los factores de diseño, con los factores de deterioro estructural, con la edad de la carpeta y otras variables.

La vida útil remanente de la superestructura del camino se refiere a los años, o al ciclo de cargas que le resta a la superestructura del camino para alcanzar su vida útil según sus condiciones de diseño.

El analista deberá obtener la información pertinente respecto a estas características de la superestructura del camino, según la etapa de evaluación de que se trate (perfil, prefactibilidad o factibilidad) y de acuerdo a los requerimientos de la modelación del consumo de recursos.

Para efectos de un diagnóstico general de la superestructura del camino y para una etapa de perfil en la evaluación, no es necesario disponer del detalle constructivo o de diseño del pavimento, siendo suficiente identificar el tipo de carpeta y su estado de deterioro en forma cualitativa (bueno, regular, malo). No obstante, para efectos de modelación del deterioro (etapas de prefactibilidad y factibilidad) se requiere conocer sus características existentes con mayor nivel de detalle.

(1) Tipos de superestructura del camino

En términos agregados, las superestructuras del camino se clasifican en pavimentadas y no pavimentadas. A su vez, las carpetas pavimentadas se dividen en pavimentos rígidos o de hormigón y pavimentos flexibles o de asfalto, cuya definición correspondiente se establece en la Sección 3.603.2 del Volumen 3 del Manual de Carreteras. Se incluye en la definición de carpetas pavimentadas, los

tratamientos superficiales que, si bien no cooperan como elemento de la estructura resistente del pavimento, presentan una calidad de superficie de rodado en que los rangos de variación de sus parámetros de deterioro funcional se asemejan a los de los otros tipos de pavimentos.

Por su parte, las carpetas no pavimentadas pueden ser de dos tipos: granulares y de tierra. Las carpetas granulares o de ripio son aquéllas que al menos una vez han tenido una capa de material granular (chancado o no), aunque en la actualidad el espesor remanente sea escaso o nulo o esté embebido en la subrasante. Los caminos de tierra son aquéllos que nunca han tenido una capa de material granular (chancado o no), y el tipo de suelo de la superficie es el que corresponde a la subrasante o al observado en los cortes.

Las carpetas pavimentadas, ya sea de hormigón o asfalto, incluidas sus bases y subbases, presentan características constructivas o de diseño que en ciertos casos es necesario tener en cuenta cuando se requiere evaluar con detalle la evolución de su deterioro. Así, se distinguen por ejemplo pavimentos de hormigón simple o reforzado, con o sin barras de traspaso de cargas, pavimentos de hormigón armado, etc. En el caso de los pavimentos de concreto asfáltico, éstos pueden ser de mezclas en sitio o en planta, en frío o en caliente, de granulometrías abiertas, semiabiertas o densas, etc. En cuanto a los bases, éstas pueden ser granulares, estabilizadas con cemento o bituminosas.

(2) Estado de la Superestructura del camino

El estado de la superestructura del camino se expresa a través de parámetros o indicadores que revelan su grado de deterioro en un corte temporal específico.

Para efectos de evaluación económica, interesa conocer el estado actual de la superestructura del camino existente del tramo del camino o de la red vial bajo análisis, en el corte temporal representativo del año base de la evaluación, así como su evolución a lo largo del horizonte de análisis.

En este párrafo y en los acápites correspondientes, se establecen los procedimientos requeridos para obtener las características actuales de la oferta vial en lo relativo al estado de la superestructura del camino. En el capítulo 1.400, sección 1.403 de éste Volumen del Manual, se establece la forma de predecir el comportamiento futuro de las variables que caracterizan el estado de la superestructura del camino y su relación con el consumo de recursos.

La principal fuente de información para conocer el estado del camino o red vial en análisis, corresponde al Banco de Datos de la Dirección de Vialidad, organismo que mantiene un registro actualizado del estado kilómetro a kilómetro de la red vial pavimentada. Estos datos provienen de mediciones que desarrolla el Laboratorio Nacional de Vialidad y otras unidades de la Dirección de Vialidad.

La información se obtiene de auscultaciones continuas, que son mediciones periódicas (cada dos años como mínimo) de la irregularidad superficial y de fallas superficiales que se pueden apreciar a simple vista, como fisuras, grietas, baches, exudación de asfalto, fracturación, escalonamiento, desprendimiento de áridos, etc. La irregularidad superficial se mide a través de instrumentos especiales que recorren in extenso cada camino, y las fallas visibles se registran de acuerdo a procedimientos estandarizados de muestreo por kilómetro establecidos por la Dirección de Vialidad.

En el caso de caminos pavimentados, existen parámetros de estado que inciden sobre su aptitud de servicio al usuario, otros que afectan su capacidad estructural, así como otros que afectan indirectamente a ambos.

Los parámetros de estado que inciden sobre la aptitud de servicio al usuario, como las condiciones de circulación, comodidad, seguridad y costos de operación de los vehículos, se denominan normalmente **condiciones funcionales**, en tanto que los que inciden sobre su capacidad estructural se denominan comúnmente **condiciones estructurales**.

- **Condiciones funcionales.** El parámetro de estado más característico de la condición funcional y que incide directamente en los costos de operación de los vehículos es la **Irregularidad Superficial** o Rugosidad de la Carpeta. Existen otros parámetros tales como la Resistencia al Deslizamiento y el Drenaje Superficial que inciden fundamentalmente en la seguridad de conducción y en la transitabilidad.

  Otros parámetros funcionales para el caso de pavimentos de hormigón son: escalonamiento, hundimientos o baches y desprendimientos de borde. En los pavimentos asfálticos destacan: ahuellamiento, baches y desprendimiento de áridos y otros. En los caminos no pavimentados cabe señalar el ahuellamiento, los baches y la granulometría. Generalmente estas condiciones funcionales de las carpetas quedan registradas en el parámetro de la Irregularidad Superficial.

- **Condiciones estructurales.** Los deterioros o fallas estructurales de la carpeta que se dan en los caminos pavimentados, tienen efectos sobre las componentes funcionales de la carpeta (Irregularidad Superficial y otras) y además reducen progresivamente la resistencia del pavimento a las solicitaciones o efectos del tránsito y del medio ambiente. La componente de deterioro o falla de mayor incidencia en el desempeño estructural de un pavimento es el **Agrietamiento**.

  Las condiciones funcionales y estructurales de un pavimento están estrechamente relacionados, pero no son completamente interdependientes. El deterioro estructural de un pavimento se manifiesta a veces acelerando la disminución de su condición funcional, en la forma de incremento de la rugosidad, aumento del ruido y del riesgo del vehículo y sus ocupantes. Sin embargo, algunos tipos de deterioro estructural pueden ocurrir y progresar a un estado avanzado sin ser percibidos por los usuarios. Es posible también que disminuyan las condiciones funcionales del pavimento (tales como la pérdida de resistencia al deslizamiento) sin cambios estructurales significativos.

Lo anteriormente expuesto es útil para señalar que existen parámetros de deterioro que representan la medida de una o un conjunto de condiciones de estado de la carpeta, algunos de los cuales inciden directamente en las condiciones de circulación y en los costos de operación de los vehículos y otros que inciden en el comportamiento estructural de la superestructura del camino y en la evaluación futura del deterioro. Estos últimos habitualmente se deben determinar para alimentar los modelos predictivos de la evolución del estado de la carpeta y/o para definir las acciones de conservación que permitan corregir el deterioro, disminuir sus efectos de carácter estructural y prevenir aquéllos de carácter funcional.

Según la etapa de evaluación de que se trate (perfil, prefactibilidad o factibilidad) será la cantidad y nivel de detalle o precisión de los parámetros de estado que se deben identificar y estimar o medir.

(3) Condición de Estado de la Superestructura del camino

A continuación se entrega un listado de los parámetros que básicamente se consideran para conocer el grado de deterioro o fallas de la superestructura del camino:

Carpetas de Hormigón

- Irregularidad Superficial
- Fracturación
- Trozos
- Saltaduras o desconches
- Escalonamiento
- Condición de Drenaje

Carpetas Asfálticas

- Irregularidad Superficial
- Fisuras y grietas
- Pérdida de Aridos
- Baches
- Exudación
- Ahuellamiento
- Condición de Drenaje

Carpetas no pavimentadas

- Irregularidad superficial
- Espesor de carpeta, en caso de ripio.
- Granulometría de la carpeta
- Transitabilidad

La descripción de las fallas visibles de un pavimento o superestructura del camino que se reflejan en el agrietamiento, escalonamiento, baches, saltaduras o desconches, ahuellamiento, etc., están orientadas preferentemente al análisis del comportamiento del pavimento y a la gestión de la conservación.

a) **Fisuras y Grietas.** Las fisuras y grietas son roturas del pavimento, hormigón o asfalto. Se denomina fisuras a las hendiduras de abertura menor o igual a 3 mm, dándose el nombre de grietas a las de ancho mayor. Las grietas corresponden a la evolución de las fisuras. Normalmente se miden en tanto por ciento, relacionando el área agrietada o fisurada sobre el área examinada. El área agrietada o fisurada se mide multiplicando la longitud de grietas del área examinada por un determinado ancho, que normalmente varía según el tipo de falla. Estas normas están estandarizadas en la Dirección de Vialidad. El área examinada representa una muestra de la sección de camino que se analiza.

b) **Fracturación.** La fracturación es propia de los pavimentos de hormigón y se define como las fisuras o grietas que pueden dividir la losa en dos o más trozos. Normalmente se registra la cantidad de fracturas correspondientes a los rangos de abertura: angosta (grietas con espesor menor a 10 mm); media (grietas con espesor entre 10 y 100 mm); ancha (grietas con espesor mayor a 100 mm). Estas normas están estandarizadas por el Departamento de Gestión de Pavimentos de la Dirección de Vialidad.

c) **Escalonamiento.** El escalonamiento es una falla propia de los pavimentos de hormigón, definido como la diferencia de altura entre losas contiguas en las juntas transversales. Normalmente se mide en milímetros, en la huella externa del tránsito. Estas normas están estandarizadas por el Departamento de Gestión de Pavimentos de la Dirección de Vialidad.

d) **Pérdida de Aridos.** Es el desprendimiento de áridos en la superficie del pavimento asfáltico debido a adherencia defectuosa, desgaste o envejecimiento del ligante o por efecto del tránsito en las huellas de rodadura. Este deterioro puede estar ubicado en todo el área a examinar y en forma más pronunciada en la zona de rodadura. Normalmente se miden en tanto por ciento, relacionando el área con pérdida de áridos sobre el área examinada. El área con pérdida de áridos corresponde al cuadrilátero circunscrito considerando un exceso más allá de la zona afectada. Estas normas están estandarizadas por el Departamento de Gestión de Pavimentos de la Dirección de Vialidad. El área examinada representa una muestra de la sección de camino que se analiza.

e) **Baches.** Son desprendimientos y pérdida localizada del material que conforma la carpeta de rodadura, de hormigón o asfalto. En losas de hormigón ocurre por hundimiento o pérdida de trozos. Normalmente se miden en tanto por ciento, relacionando el área con baches sobre el área examinada. El área con baches corresponde al cuadrilátero circunscrito considerando un exceso más allá de la zona afectada. Estas normas están estandarizadas por el Departamento de Gestión de Pavimentos de la Dirección de Vialidad. El área examinada representa una muestra de la sección de camino que se analiza.

f) **Ahuellamiento.** Son depresiones en la sección transversal que se presentan a lo largo de la huella de rodadura de vehículos por la acción del tránsito en las zonas de rodadura. Este tipo de falla es propio de carpetas asfálticas. Se mide en centímetros, como la distancia normal, desde una regla de 1.2 m de longitud, apoyada en los bordes de la huella, hasta el fondo de la huella. Se promediará el valor de las dos huellas. Estas normas están estandarizadas por el Departamento de Gestión de Pavimentos de la Dirección de Vialidad.

g) **Trozos de Pavimentos de Hormigón.** Son subdivisiones de la losa de hormigón producidas por fracturas comprendidas entre bordes y/o grietas o fisuras. En caso de losa sana ésta se considera como un trozo. Normalmente se registra la cantidad total de trozos en que está dividida la losa debido a la fracturación. Estas normas están estandarizadas por el Departamento de Gestión de Pavimentos de la Dirección de Vialidad.

h) **Exudación.** Tipo de falla propia de los pavimentos asfálticos. Es la presencia localizada de ligante libre por emigración hacia la superficie del pavimento, o generalizada por exceso del ligante en la mezcla, con áridos totalmente sumergidos. Normalmente se mide en tanto por ciento, relacionando el área con exudación sobre el área examinada. El área con exudación corresponde al cuadrilátero circunscrito a de la zona afectada. Estas normas están estandarizadas por el Departamento de Gestión de Pavimentos de la Dirección de Vialidad. El área examinada representa una muestra de la sección de camino que se analiza.

i) **Saltaduras.** Tipo de falla propia de los pavimentos de hormigón. Son desprendimientos aislados de fragmentos en los bordes de las losas o de las grietas y con dimensiones que pasan los 50 mm de ancho. La forma de medir es: Número de saltaduras de la losa.

j) **Saneamiento o Avenamiento.** Corresponde al sistema de drenaje o evacuación de aguas presentes en la estructura de pavimento, ya sean éstas superficiales o internas y que permiten mantener el agua alejada del camino y de su subrasante. Se considera obras de saneamiento, entre otras, las siguientes: fosos, contrafosos, alcantarillas, cunetas, bajadas de agua, bombeo, drenes. Se verifica si las obras de drenaje funcionan adecuadamente y si son suficientes o insuficientes.

k) **Espesor de carpeta granular.** Se refiere al espesor remanente de la carpeta de rodadura granular o de ripio, por sobre la subrasante. Se mide en centímetros, desde la subrasante.

l) **Granulometría de la carpeta de rodadura.** Es la distribución porcentual en peso, según tamaño, de las partículas constitutivas de la carpeta de rodadura granular. La unidad de medida es el Porcentaje en peso referido al peso total de la muestra correspondiente al material que pasa un cierto tamiz o criba de abertura normalizada.

(4) **Irregularidad Superficial (Rugosidad)**

a) **Definición.** La irregularidad superficial o rugosidad de la superestructura del camino es la desviación del perfil efectivo de la superficie de rodado, tanto en sentido longitudinal como transversal, con respecto al perfil de diseño. Su incremento puede corresponder a defectos de construcción de la carpeta o terminación defectuosa del pavimento y/o reflejar la evolución del deterioro funcional y/o estructural de la carpeta.

La irregularidad superficial es una característica del camino que afecta básicamente la seguridad y comodidad de los pasajeros y conductores, así como el costo operacional de los vehículos.

b) **Unidad de medida.** Existen diferentes métodos y equipos para caracterizar la irregularidad superficial, los que entregan distintos índices y valores para una misma superficie.

Con el fin de unificar los parámetros obtenidos y correlacionar los distintos métodos y equipos, se ha definido un sistema patrón o parámetro IRI, International Roughness Index, como la razón entre la acumulación en metros del desplazamiento relativo de la suspensión de un vehículo tipo, que circula a una velocidad de 80 km/hr, y la distancia recorrida expresada en kilómetros.

Otras unidades equivalentes para cuantificar la irregularidad superficial o rugosidad son:

- QI = Quarter Car Index, unidad del rugosímetro utilizado en Brasil por el TRRL, Transport and Road Research Laboratory, medido en QI y relacionado con el IRI según la ecuación:

$$IRI = QI/13 \qquad 1.302.202\ (A)$$

- BI = Bump Integrator, rugosímetro tipo carro de arrastre, que mide en mm/km y relacionado con el IRI según la ecuación:

$$IRI = 0{,}0032\ BI^{0{,}89} \qquad 1.302.202\ (B)$$

c) **Formas de obtener la información.**

- **Mediante inspección visual.** Hay situaciones en que se necesita solamente un dato base de irregularidad superficial, pero sin gran precisión. En esos casos se acepta referir, a la escala del IRI, observaciones del estado del camino realizadas en terreno por el analista o por una persona experimentada en diferenciar los distintos grados de deterioro de la carpeta de rodadura.

Para el caso de caminos pavimentados de asfalto u hormigón se puede medir en terreno (mediante un sistema de notas) distintas características de estado de la carpeta para obtener lo que se denomina el "Indice de Serviciabilidad Presente del Camino" (PSI o simplemente P), definido por la American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO, válido para valores de IRI menores a 12.

El valor de PSi se puede llevar a unidad de IRI mediante la siguiente relación.

$$IRI = 5.0 \ln (5.0/PSI) \qquad +/- 25\% \qquad 1.302.202\ (C)$$

Fuente: The Highways Design and Maintenance Standards Model, Volumen I, Descripción del modelo HDMIII.

- **Mediante el uso de instrumentos de medición.** Existen diversos tipos y modelos de instrumentos que permiten medir directamente en terreno la rugosidad de un camino. En general estos instrumentos están basados en dos sistemas diferentes de medición: sistemas tipo perfilométricos y sistemas tipo respuesta o rugosímetros. En el acápite siguiente se describen las características de los instrumentos.

d) Instrumentos de Medición

- **Sistemas perfilométricos.** Estos sistemas reproducen directamente el perfil longitudinal de un camino o indirectamente el perfil virtual, entendido como aquel perfil real al cual se le han eliminado las longitudes de onda superiores o iguales a 100 m, que se consideran condicionantes de la topografía del terreno. En este sistema existen dos métodos: el estático y el dinámico. Ambos entregan el perfil longitudinal, el cual debe ser procesado de algún modo para obtener el índice o parámetro indicador de la irregularidad superficial IRI.

  - **Método estático.** Es más preciso que el dinámico; se destaca el procedimiento de Nivel y Mira o nivelación topográfica de precisión (1mm) el cual se emplea sólo en las pistas de calibración por su alto costo y bajo rendimiento.

  Existen equipos pseudoestáticos que representan el perfil pero su precisión no es tan buena. Entre éstos el más conocido es el Hi-Lo.

  - **Método dinámico.** Para este método se emplean equipos adecuados a velocidades normales de operación de los caminos, que entregan con precisión perfiles filtrados dentro de ciertos rangos de longitudes de onda. Entre estos el más conocido es el Perfilómetro Optico.

  El Perfilómetro Optico es un vehículo especialmente diseñado que posee sensores luminosos para medir distancias relativas de los puntos del pavimento por el cual va transitando con respecto al vehículo, corrigiendo sus desplazamientos verticales mediante acelerómetros. Posee un haz luminoso en cada huella y uno infrarrojo en el centro. El equipo hace lecturas cada 25 mm y registra el promedio de cada seis de ellas. El rango de las velocidades de operación es de 20-80 km/hr, lo que lo hace muy versátil con respecto a las condiciones de tránsito. El índice de irregularidad superficial o IRI se calcula mediante un software que simula el desplazamiento vertical de un vehículo tipo sobre el perfil longitudinal registrado, entregando como resultado el IRI del pavimento. Además, permite determinar bombeo, ahuellamiento en pavimentos flexibles y escalonamiento en pavimentos de hormigón.

- **Sistemas tipo respuesta o rugosímetros.** Estos sistemas entregan un índice de irregularidad superficial que representa el comportamiento dinámico vertical, o sea, la respuesta de un vehículo, o parte de él, que recorre el pavimento a evaluar.

  Estos sistemas son vehículos o remolques especialmente construidos a los que se les adiciona un dispositivo denominado Road Meter, constituido por un sensor que mide los movimientos relativos de la suspensión del móvil en el cual está instalado, y un sistema que registra y visualiza los datos emitidos por el sensor y el odómetro del móvil. Los más conocidos son el Mays Meter, Rugosímetro Australiano NAASRA y el Perfilómetro MERLIN.

El Mays Meter es un dispositivo, que puede estar instalado sobre un vehículo o en un acoplado de dos ruedas arrastrado por un automóvil común, que registra directamente los movimientos verticales producidos por las irregularidades del camino.

El rugosímetro NAASRA (National Association of Australian State Roads Authorities), es un instrumento montado en un vehículo que mide el movimiento vertical acumulado del eje trasero relativo al chasis, para una distancia predeterminada. Las ventajas principales de los equipos tipo respuesta son su sencillez y bajos costos de operación en relación a los sistemas perfilométricos. Sus desventajas son que sus mediciones solo reflejan la irregularidad y no permiten reproducir el perfil; las medidas entregadas dependen del tipo de vehículo o remolque y de la velocidad de operación; el desgaste del vehículo hace variar las características mecánicas y, por consiguiente, la respuesta para idénticas irregularidades. Todo esto hace necesario un riguroso sistema de calibración y correlación.

Las mediciones obtenidas con un rugosímetro tipo respuesta deben ser llevadas a la escala del IRI, usando una ecuación de calibración que se obtiene experimentalmente para cada rugosímetro. Debido a que la dinámica del vehículo cambia fácilmente, debe emplearse un procedimiento muy riguroso de mantención y operación de los vehículos y deben hacerse rutinariamente pruebas de control como parte de la operación normal. Cuando ocurre algún cambio, al no existir una correlación simple que pueda ser aplicada, debe calibrarse completamente de nuevo el sistema rugosímetro-vehículo.

Por último, cabe señalar que un equipo sencillo y de bajo costo que permite estimar la rugosidad a partir de la medición de las deformaciones longitudinales de la carpeta de rodadura es la regleta rodante o MERLIN (Machine for Evaluating Roughness using Low-Costs Instrumentation) y que puede utilizarse para medir rugosidades en tramos cortos de caminos por su bajo rendimiento.

El principio de acción del MERLIN es muy simple: un apoyo central oscilante mide las desviaciones de cota de un punto respecto de la rasante general del camino. El punto de medición se sitúa entre los apoyos extremos, ubicados en el sentido longitudinal, que definen la rasante de referencia. Las desviaciones son amplificadas mediante un brazo móvil, lo que permite el registro manual de las desviaciones en una planilla.

El apoyo delantero es una rueda de bicicleta lo que permite un desplazamiento expedito mediante manillas ubicadas sobre el apoyo trasero, al ritmo de marcha de una persona. Su rendimiento de avance por tanto es bajo (400 m/hr).
Para su uso en forma correcta el MERLIN debe ser calibrado en un tramo patrón, en que la rugosidad ha sido determinada mediante un equipo de alta precisión.

(5) Capacidad Estructural

Se define como capacidad estructural de un pavimento a su habilidad para resistir las solicitaciones del tránsito y medio ambiente. En términos generales, la capacidad estructural de un pavimento nuevo queda determinada por sus características de diseño: espesores y resistencia de las capas constituyentes y capacidad de soporte del suelo de la subrasante.

Cuando se trate de pavimentos antiguos, es muy probable que no se disponga de la información de diseño, y además la capacidad estructural inicial habrá en parte declinado con el uso y en parte mejorado debido a obras de conservación mayor u otras que hayan alterado la estructura original. Esta permanente evolución del pavimento ha llevado a definir el concepto de Capacidad Estructural efectiva del pavimento.

Los parámetros más relevantes de la capacidad estructural de los pavimentos existentes son:

- Pavimentos Asfálticos : Deflexión
- Pavimentos de Hormigón : Fisuras y Grietas, Fracturación

Por presentar este tema una metodología singular, se trata separadamente en el Tópico 1.302.7

(6) Determinación de Vida Util Remanente

a) **Introducción.** Para el caso de carpetas pavimentadas, los conceptos de vida remanente y vida de diseño requieren de la definición del término "vida del pavimento" o lo que es equivalente, el momento de la "falla" de la carpeta de rodadura. Esta falla puede ser considerada desde el punto de vista estructural y/o desde el aspecto funcional.

La falla estructural queda definida por el agrietamiento, a través de un cierto umbral de agrietamiento. La falla funcional, en cambio está asociada al deterioro de la regularidad superficial del pavimento, que lo sufre el usuario y que se mide a través del IRI o algún otro índice equivalente. Se dice que un pavimento ha alcanzado la falla funcional cuando el IRI sobrepasa un cierto umbral predeterminado, el cual está relacionado con un aumento sustancial de los costos de operación.

Asociado al concepto de vida remanente se encuentra el valor residual del pavimento al término de la vida de diseño. Este valor no puede ser excluido de las evaluaciones técnico-económicas, que consideran las diferentes fuentes de costos y beneficios del proyecto.

b) **Definición.** Se define como Vida de Diseño de un pavimento, el tiempo que transcurre desde su puesta en servicio, hasta que su deterioro alcanza un grado predefinido como condición terminal. Se entiende por Vida Util Remanente, en un determinado instante, la que le resta al pavimento para alcanzar la condición terminal.

Como se puede inferir de las definiciones señaladas, tanto los conceptos de vida de diseño como de vida útil remanente requieren el establecimientos de criterios de falla que marquen la condición terminal. Estas fallas pueden ser consideradas desde el punto de funcional y/o desde el punto de vista estructural.

Las fallas estructurales son las relacionadas directamente con la capacidad de carga del pavimento y queda definida básicamente por el agrietamiento, a través de un cierto umbral de agrietamiento.

En el contexto de la evaluación económica, la determinación de la vida útil remanente es necesaria para establecer, en el caso del pavimento existente, la fecha en que se requiere su reconstrucción. Habitualmente, cuando se utilizan modelos de deterioro, éstos internamente aplican las obras de rehabilitación de acuerdo a los umbrales de falla terminal que se le definan.

1.302.203 Características Geoclimáticas

(1) Altitud

Esta variable es requerida básicamente por los modelos de costos de operación de vehículos. Influye en el rendimiento de consumo de combustible.

La unidad de medida es el metro (m) y corresponde a la cota del camino en relación al nivel del mar, que se define como cota cero. Se expresa generalmente como m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar).

Para cada sector, sección o arco del camino o la red vial analizada se debe establecer su cota media. Esta información de cota se puede obtener:

- De planos cartográficos en que se representen curvas de nivel o información de cotas
- De anteproyectos o proyectos de ingeniería existentes en donde se indique la cota de la rasante del camino en relación a alguna cota de referencia con respecto al nivel del mar.
- Midiendo en terreno la cota con Altímetro.

En la etapa de perfil bastará conocer la altitud media de la zona en la cual se emplaza el camino o sector vial en análisis.

(2) Precipitaciones

El nivel de agua caída, expresada comúnmente como milímetros de agua caída en un año normal, se obtiene de las estadísticas de precipitación media anual de un año normal correspondientes a las estaciones meteorológicas representativas de la zona geográfica en la que se ubica el camino en estudio.

La información pluviométrica general, como precipitación anual, precipitación media mensual y precipitación diaria a lo largo del tiempo, puede obtenerse de los anuarios y boletines editados por la Dirección Meteorológica de Chile.

Otra fuente de información disponible, que entrega una cobertura menor que la mencionada anteriormente, la constituyen los Compendios Estadísticos que anualmente edita el Instituto Nacional de Estadística, en su sección Datos Metereológicos.

(3) Temperatura

La temperatura es un parámetro requerido para los análisis de comportamiento y deterioro de los pavimentos de hormigón (alabeo de losas). Normalmente la información que se requiere es el promedio de la diferencia térmica diaria, la temperatura media anual y la diferencia térmica anual.

Esta información se obtiene, en caso de modelación, de valores por defecto proporcionados por los estudios específicos relativos a los pavimentos de hormigón en el país.

1.302.204 Características Operativas y de Servicio

En este tipo de características se incluyen aquellos aspectos de la oferta vial que inciden sobre las condiciones de circulación y capacidad de maniobra de los vehículos, adicionales a las características de la red vial existente expuestas en los tópicos anteriores, e independientes del volumen de tránsito que circula por un determinado tramo vial. Entre tales características están:

- la distancia de visibilidad impuesta por la geometría del camino;

- las restricciones de velocidad o adelantamientos producto entre otras causas, de: señalizaciones y demarcaciones en la vía, características y uso del suelo adyacente al camino, controles de accesos y virajes, puntos de control obligados tales como peajes y pesajes y restricciones impuestas por las obras de arte mayores (puentes y túneles).

- la transitabilidad del camino, en cuanto a su disponibilidad de uso durante el año. Esta es una característica casi exclusiva de los caminos no pavimentados.

Será materia del analista, según la naturaleza y profundidad del estudio que se esté abordando, determinar si dichas características son lo suficientemente importantes como para ser consideradas en el proceso de modelación.

(1) Distancia de Visibilidad

Una carretera debe ser diseñada de tal manera que los conductores cuenten siempre con una visibilidad suficiente como para ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida ejecutar. En general el conductor requiere de un tiempo de percepción y reacción para decidir las maniobras a ejecutar y un tiempo para llevarlas a cabo.

De acuerdo con la Sección 3.202 del Volumen 3 del Manual de Carreteras, se reconocen por lo menos cuatro tipos de distancias de visibilidad bajo distintas circunstancias impuestas por el trazado de la carretera u obstrucciones tales como obstáculos laterales o estructuras que la cruzan. Los casos mencionados son:

- Distancia de visibilidad de parada
- Distancia de visibilidad de adelantamiento (caminos bidireccionales)
- Distancia de visibilidad de intersecciones.
- Distancia de visibilidad para cruzar una carretera

Desde el punto de vista de esta sección las Distancias de Visibilidad que se considerarán son las dos primeras, ya que las dos últimas son propias de la evaluación de cruces, intersecciones o enlaces.

La distancia de visibilidad es producto de una combinación de los alineamientos horizontal y vertical. Este es un parámetro básico para decidir o rechazar el adelantamiento de un vehículo, y allí radica su importancia en los modelos de cálculo de consumos de recursos en régimen congestionados, ya que la prohibición de adelantamiento se mantendrá para cada sentido de tránsito mientras no se vuelva a tener una visibilidad igual o mayor que el mínimo requerido para adelantar.

(2) Transitabilidad

Definición. Se refiere a los días en el año, en que el camino no pavimentado es transitable o permite el paso seguro de los vehículos.

Unidad de medida. Días

1.302.3 PROCEDIMIENTOS

El propósito de este tópico es definir los procedimientos que deben utilizarse en la determinación de las diferentes características de la oferta vial existente.

Para cualquier nivel de detalle del estudio que se esté evaluando, las características se han agrupado en cuatro grupos: Geométricas, de la Superestructura del camino, Geoclimáticas y finalmente del tipo Operacionales y de Servicio.

En etapa de perfil, el analista deberá ceñirse a lo dispuesto en el Tópico 1.302.4. En etapa de prefactibilidad deberá remitirse al Tópico 1.302.5. En etapa de factibilidad, se usarán las normas del Tópico 1.302.6.

1.302.4 INFORMACION EN ETAPA DE PERFIL

1.302.401 Características Geométricas

(1) Longitud

Para esta etapa se recomienda utilizar las fuentes de información más elementales que entregan distancias en forma agregada como son las **Cartas camineras**. En ellas se puede leer directamente longitudes entre puntos singulares importantes, tales como bifurcaciones, ciudades o poblados, etc.

Estas medidas se entregan en kilómetros enteros. Al utilizar este método se debe tener en cuenta la actualidad de la Carta Caminera que se está leyendo, puesto que en forma normal los caminos son rehabilitados o experimentan modificaciones de trazado, significando estas operaciones en algunas oportunidades cambios relevantes en la longitud de los arcos.

Se incluye en esta denominación de Carta Caminera, los planos viales en planta que, en diferentes escalas, mantiene la sección de Cartografía de la Dirección de Vialidad.

Si se desea saber la longitud de un tramo que no se inicia ni termina en un punto singular, se puede utilizar las Cartas Regulares que edita el Instituto Geográfico Militar (IGM). Estas corresponden a restituciones aerofotogramétricas y son emitidas a distintas escalas, desde las cuales se puede obtener directamente la distancia horizontal o longitud del tramo. En este caso se deberá utilizar cartas a escala 1:50.000 o más precisas. Lo mismo que en el caso anterior, se deberá verificar la actualidad de la carta que se esté utilizando.

Para obtener una medida de precisión compatible con la escala de la carta, se puede utilizar escalímetros para tramos rectos o curvímetros en la forma que los fabricantes de dichos instrumentos recomiendan.

Otro material disponible, pero de menor precisión que las cartas del IGM, son las fotografías aéreas. Esta fuente se recomienda cuando no existan cartas recientes del sector que se está analizando. En este caso se deberá ajustar la escala de la fotografía aérea mediante la información conocida para algunos puntos de la foto.

La unidad de longitud para esta etapa de evaluación es el kilómetro, o más desagregada, dependiendo de la extensión del tramo que se evalúe.

(2) Curvatura Horizontal

En esta etapa, se aceptará que los tramos del sector vial o camino directamente comprometido en las obras de inversión, así como el resto de la red vial involucrada en caso de que la evaluación se aborde en ese contexto, pueden ser clasificados en tres categorías: rectos, sinuosos o muy sinuosos. Esa clasificación se regirá según las definiciones y valores siguientes para expresar la curvatura horizontal:

- Camino o sector Recto: Aquellos que no presentan curvatura horizontal o estas curvas son imperceptibles en la circulación vehicular. Se puede adoptar un valor de curvatura de 20 grados/kilómetro.

- Camino o sector Sinuoso: Aquellos que presentan curvas horizontales que implican ciertas reducciones de velocidad para los vehículos. Se puede adoptar un valor de curvatura de 90 grados/kilómetro.

- Caminos muy sinuosos: Aquellos que presentan curvas y contracurvas y obligan a una reducción importante de la velocidad. Se puede asumir un valor de 150 grados/kilometro.

Esta clasificación puede obtenerse (tanto para el sector vial directamente involucrado como para el caso de inserción en una red) mediante el examen de cartas planimétricas del IGM, que entregan una buena representación gráfica del tramo que se está analizando, de tal manera que en gabinete se puede determinar en forma sencilla el grado de curvatura con ayuda de un transportador, curvímetro y escalímetro. En caso necesario puede servir de apoyo la información que entreguen personas conocedoras de las características del sector o red vial bajo análisis.

(3) Características Verticales

En esta etapa los tramos del sector vial o camino directamente comprometido en las obras de inversión, así como del resto de la red vial involucrada en caso de que la evaluación se aborde en un contexto de red, pueden ser clasificados en planos, ondulados y montañosos. De acuerdo con esta clasificación, se pueden adoptar las siguientes definiciones y valores para expresar la curvatura vertical:

- Camino o sector Plano: Aquel que no presenta subidas o bajadas o donde éstas son imperceptibles en la circulación vehicular. Se puede asumir un valor por defecto de 10 metros de (sub+baj)/kilometro.

- Camino o sector Ondulado: Aquel que presenta subidas y bajadas que implican ciertas reducciones de velocidad para los vehículos. Se puede adoptar un valor por defecto de 30 metros de (sub+baj)/kilometro.

- Camino o sector Montañoso: Aquel que presenta subidas o bajadas bastante pronunciadas que producen una reducción importante de la velocidad y obligan generalmente a un cambio de marcha del vehículo. Corresponde generalmente a zonas de cuestas. Se puede adoptar un valor por defecto de 50 metros de (sub+baj)/kilometro.

(4) Sección Transversal

En esta etapa no se requiere conocer en detalle esta característica, bastando solamente obtener la información del catastro de la ruta de que dispone la Dirección de Vialidad.

1.302.402 Características de la Superestructura del Camino

La información sobre el tipo de superestructura del camino del tramo o red vial que se analiza se puede obtener:

a) De cartas camineras actualizadas en donde se especifique si en camino es pavimentado o no pavimentado. Algunas cartas proporcionan adicionalmente una mayor desagregación sobre el tipo de carpeta.

b) Del Banco de Datos (Inventario Vial) de la Dirección de Vialidad.

c) De la inspección visual producto de un recorrido del sector o red vial bajo análisis que efectúe el analista.

d) De la información monográfica de la carpeta existente que se realice como parte de la ingeniería básica.

En esta etapa de evaluación, se debe distinguir solamente si la carpeta existente es pavimentada o no pavimentada.

1.302.403 Estado de Superestructura del camino

(1) Irregularidad Superficial (Rugosidad)

Se recomienda adoptar los valores del Cuadro N°1.302.403 (A), según el estado de la superestructura del camino.

CUADRO N°1.302.403 (A)
VALORES DE RUGOSIDAD (IRI) POR DEFECTO A UTILIZAR
EN EVALUACIONES EN ETAPA DE PERFIL

TIPO DE CARPETA	BUENO	REGULAR	MALO
Concreto Asfáltico	2.0	3.5	6.0
Trat. Superficial D.	3.0	4.5	6.0
Carpetas de Hormigón	2.0	3.5	6.0
Carpetas Granulares	6.5	8.5	14.0
Carpetas de Tierra	6.5	9.5	15.5

FUENTE: Carpetas Pavimentadas, Departamento de Gestión MOP
Carpetas no Pavimentadas, Estudio COPER (1990)

(2) Espesor de carpeta granular

Método simple en terreno. En situaciones en que se necesite el espesor remanente de la carpeta de ripio sin gran precisión, se realiza en terreno una evaluación subjetiva o una inspección visual sin detalles del tramo o camino a analizar.

Excavación de reconocimiento. Se realiza un pozo en el borde de la superficie granular, hasta encontrar la subrasante o suelo natural.

En este nivel de profundidad del estudio, se pueden utilizar los valores del Cuadro N°1.302.403 (B) en función del estado de la carpeta de rodadura.

CUADRO N°1.302.403 (B)
VALORES POR DEFECTO DEL ESPESOR DE
LA CARPETA DE RIPIO SEGUN EL ESTADO DEL CAMINO

C. GRANULARES	BUENO	REGULAR	MALO
Espesor carpeta	10 cm	5 cm	0 cm

(3) Otros parámetros

No son requeridos en etapa de perfil.

1.302.404 Características Geoclimáticas

(1) Altitud

Esta información de cota se puede obtener:

- De planos cartográficos en que se representen curvas de nivel o información de cotas
- De anteproyectos o proyectos de ingeniería existentes en donde se indique la cota de la rasante del camino en relación a alguna cota de referencia con respecto al nivel del mar.
- Midiendo en terreno la cota con Altímetro.

En la etapa de perfil bastará conocer la altitud media de la zona en la cual se emplaza el camino o sector vial en análisis.

(2) Precipitaciones

La información pluviométrica general, como precipitación anual, precipitación media mensual y precipitación diaria a lo largo del tiempo, puede obtenerse de los anuarios y boletines editados por la Dirección Meteorológica de Chile. Otra fuente de información disponible, que entrega una cobertura menor que la mencionada anteriormente, la constituyen los Compendios Estadísticos que anualmente edita el Instituto Nacional de Estadística, en su sección Datos Metereológicos.

(3) Temperatura

Esta información no es requerida en esta etapa.

1.302.405 Características Operativas y de Servicio

Generalmente esta información no es requerida en esta etapa.

1.302.5 INFORMACION EN ETAPA DE PREFACTIBILIDAD

1.302.501 Características Geométricas

(1) Longitud

La información de la longitud del sector vial o camino existente involucrado directamente en las obras de ingeniería, se debe obtener, como mínimo, de la representación esquemática o monografías de la geometría del camino según el procedimiento para Estudios Preliminares de Ingeniería definidos en el Volumen 2 del Manual de Carreteras. En tal caso se deben tener presente las condiciones expresadas en el Párrafo 2.805.202 (2) letras a) y b) y Lámina 2.805.201 (2) A, del referido Volumen.

En el caso de que el sector vial o camino sujeto a proyecto requiera ser evaluado en un contexto de red, la información de longitud de los distintos arcos que conforman el resto de la red vial y que no estará afecta a modificaciones geométricas no requiere mayor precisión y se puede obtener de las **cartas camineras** que entregan la información aproximada al kilómetro y que, como se ha indicado anteriormente, incluyen valores de distancia entre puntos singulares de importancia.

En caso de necesitarse un mayor detalle en la tramificación del resto de la red vial, debido a características topográficas y/o niveles de tránsito diferentes u otras, así como por la necesidad de recopilar esta información en conjunto con otras características geométricas de la red, la longitud se deberá obtener mediante un procedimiento que ofrezca precisión al menos similar a la obtenida con el odómetro descrito en el punto siguiente.

Odómetros de Vehículos. Un método directo para obtener la longitud de un tramo es la lectura desde los odómetros de los vehículos. En este caso se debe tener en consideración los siguientes aspectos:

- Una gran proporción de vehículos posee odómetros mecánicos graduados al kilómetro y, los menos, graduados cada 100 metros. Para una adecuada aproximación de las longitudes de los arcos del resto de la red bajo análisis **se recomienda el uso de vehículos que posean odómetros mecánicos graduados cada 100 metros.**

- También se podrá utilizar vehículos implementados con un tipo de **odómetro de características digitales**, que permite obtener mediciones más precisas expresadas en las unidades que el usuario desee.

- En cualquier caso, se debe recurrir a una calibración previa para conocer el error asociado a cada lectura del odómetro.

- El grado de precisión de este procedimiento es de +/- 50 metros.

(2) Curvatura Horizontal

La información de la curvatura horizontal del sector vial o camino existente involucrado directamente en las obras de ingeniería se debe obtener, como mínimo, de la representación esquemática o monografías de la geometría del camino según el procedimiento para Estudios Preliminares de Ingeniería definidos en el Volumen 2 del Manual de Carreteras. En tal caso se deben tener presente las condiciones expresadas en el Párrafo 2.805.202 (2) letras a) y b) y Lámina 2.805.201 (2) A, del referido Volumen.

En el caso de que el sector vial o camino sujeto a proyecto requiera ser evaluado en un contexto de red, la información de la curvatura horizontal de los distintos arcos que conforman el resto de la red vial se puede obtener directamente en terreno y en forma simultánea con la medición de la longitud y las pendientes o gradientes del camino, mediante el empleo de una brújula de precisión. Mediante este instrumento se puede determinar el acimut (ángulo con respecto al norte) de cada trazo recto de camino. Al calcular la diferencia entre el acimut de una recta con respecto a la recta anterior, se obtiene el grado de deflexión que se produce en ese punto. Las brújulas de precisión generalmente entregan el ángulo de deflexión con una aproximación de medio grado, de modo que ése es el nivel de precisión de la información que se puede obtener.

Conocidas las deflexiones y la longitud del tramo, se determina la Curvatura Horizontal.

(3) Características Verticales

La información de la curvatura vertical del sector vial o camino existente involucrado directamente en las obras de ingeniería se debe obtener, como mínimo, de la representación esquemática o monografías de la geometría del camino según el procedimiento para Estudios Preliminares de Proyectos en Trazados Existentes definidos en el Volumen 2 del Manual de Carreteras. En tal caso se debe tener presente las condiciones expresadas en el Párrafo 2.805.202 (2) letra b) y Lámina 2.805.201 (2) A, del referido Volumen.

En el caso de que el sector vial o camino sujeto a proyecto requiera ser evaluado en un contexto de red, la información sobre la altitud de diferentes puntos ubicados en los arcos que conforman el resto de la red vial se puede obtener directamente en terreno y en forma simultánea con la medición de la longitud y la curvatura horizontal del camino, mediante el empleo de un instrumento que registre la cota altimétrica del punto de ubicación. Al tiempo que esta medición de cota, se debe registrar el kilometraje o ubicación del punto en relación a un hito de referencia.

Los instrumentos que permiten el registro de cotas se denominan Altímetros y traducen la presión atmosférica que existe en un determinado punto en altura media sobre el nivel del mar.

En el mercado es posible encontrar altímetros mecánicos y digitales, disponiendo estos últimos de una lectura directa a la unidad métrica (o a la unidad de otro sistema de medición).

En condiciones corrientes, las determinaciones efectuadas con altímetro están afectas a errores del orden de uno a dos metros.

(4) Sección Transversal

La información de la sección transversal del sector vial o camino existente involucrado directamente en las obras de ingeniería se debe obtener, como mínimo, de la representación esquemática o monografías de la geometría del camino según el procedimiento para Estudios Preliminares de Proyecto definidos en el Volumen 2 del Manual de Carreteras. En tal caso se debe tener presente las condiciones expresadas en el Párrafo 2.805.202 (2) letras a) y b) y Lámina 2.805.201 (2) A, del referido Volumen.

En el caso de que el sector vial o camino sujeto a proyecto requiera ser evaluado en un contexto de red, la información de la sección transversal de los distintos arcos que conforman el resto de la red vial se puede obtener directamente en terreno y en forma simultánea con la medición de la longitud y las pendientes o gradientes del camino, mediante el empleo de una huincha métrica en aquellos sectores en que se aprecie un cambio relevante.

1.302.502 Características de la Superestructura del Camino

La información sobre el tipo de superestructura del camino del tramo o red vial que se analiza se puede obtener:

a) De cartas camineras actualizadas en donde se especifique si en camino es pavimentado o no pavimentado. Algunas cartas proporcionan adicionalmente una mayor desagregación sobre el tipo de carpeta.

b) Del Banco de Datos (Inventario Vial) de la Dirección de Vialidad.

c) De la inspección visual producto de un recorrido del sector o red vial bajo análisis que efectúe el analista.

d) De la información monográfica de la carpeta existente que se realice como parte de la ingeniería básica.

En esta etapa se debe determinar si el tipo de superestructura del camino es: hormigón, asfalto, tratamiento superficial, grava o tierra. Además se debe identificar la composición de las diferentes capas del pavimento. Esta información se podrá obtener del Banco de Datos de la Dirección de Vialidad o, si se requiere mayor precisión, mediante visita a terreno.

1.302.503 Estado de la Superestructura del camino

(1) Irregularidad Superficial (Rugosidad)

Para caminos pavimentados, los valores de rugosidad de la carpeta existente deben ser obtenidos directamente del Banco de Datos de la Dirección de Vialidad. Si no existen mediciones actuales y se trata de superestructuras del camino pavimentadas relativamente nuevas y en buen estado, se pueden utilizar las mediciones de rugosidad de hasta dos años de antigüedad. Si los valores de rugosidad del Banco de Datos son anteriores a 2 años y/o si el pavimento presenta deterioros pronunciados, el analista deberá corregir la medición de rugosidad del Banco de Datos, en base a los valores entregados en el Cuadro N°1.302.503 (A)

En caminos no pavimentados no existen mediciones de rugosidad, por lo tanto el analista deberá estimar un valor en base a una auscultacíon del terreno y a las referencias del Cuadro N°1.302.503 (A).

CUADRO N°1.302.503 (A)
RANGOS DE RUGOSIDAD (IRI) SEGUN ESTADO Y TIPO DE CARPETA

TIPO DE CARPETA	BUENO	REGULAR	MALO
Concreto Asfáltico	1.5 - 2.5	2.5 - 4.0	> 4.0
Trat. Superficial D.	2.0 - 3.5	3.5 - 5.0	> 5.0
Carpetas de Hormigón	1.5 - 2.5	2.5 - 4.0	> 4.0
Carpetas Granulares	6.0 - 7.5	7.5 - 10.0	10.0 - 14.0
Carpetas de Tierra	6.0 - 8.0	8.0 - 10.5	10.5 - 15.5

FUENTE : Carpetas Pavimentadas, Departamento de Gestión MOP
Carpetas no Pavimentadas, Estudio COPER (1990)

(2) Fisuras y Grietas

Los valores de fisuras y grietas se obtendrán de la última campaña de Inspección Visual ingresada al Banco de Datos de la Dirección de Vialidad, siempre que ésta sea menor a dos años. Si los valores correspondientes a fisuras y grietas del Banco de Datos son anteriores a 2 años y/o si el pavimento presenta deterioros pronunciados, el evaluador deberá corregir estas mediciones en base a una auscultación visual en terreno con una área examinada del 5% del pavimento de acuerdo a los instructivos vigentes de la Dirección de Vialidad.

(3) Otros parámetros

Estos son: Fracturación, Escalonamiento, Pérdida de Aridos, Baches, Ahuellamiento, Trozos de Pavimentos de Hormigón, Exudación, Saltaduras y Saneamiento o Avenamiento. Para todos ellos se procederá igual que para fisuras y grietas

(4) Espesor de carpeta granular

El espesor de la capa de ripio debe ser medido directamente en terreno.

(5) Granulometría de la carpeta de rodadura.

La granulometría de la carpeta se debe obtener de una auscultacíon visual en terreno.

1.302.504 Características Geoclimáticas

(1) Altitud

Esta información de cota se puede obtener:

a) De planos cartográficos en que se representen curvas de nivel o información de cotas

b) De anteproyectos o proyectos de ingeniería existentes en donde se indique la cota de la rasante del camino en relación a alguna cota de referencia con respecto al nivel del mar.

c) Midiendo en terreno la cota con Altímetro.

Cualquiera de estas formas de obtener la información es aceptable. Se aceptarán rangos de precisión de +/- 50 metros.

(2) Precipitaciones

La información pluviométrica general, como precipitación anual, precipitación media mensual y precipitación diaria a lo largo del tiempo, puede obtenerse de los anuarios y boletines editados por la Dirección Meteorológica de Chile. Otra fuente de información disponible, que entrega una cobertura menor que la mencionada anteriormente, la constituyen los Compendios Estadísticos que anualmente edita el Instituto Nacional de Estadística, en su sección Datos Metereológicos.

(3) Temperatura

La temperatura es un parámetro requerido para los análisis de comportamiento y deterioro de los pavimentos de hormigón (alabeo de losas). Normalmente la información que se requiere es el promedio de la diferencia térmica diaria, la temperatura media anual y la diferencia térmica anual. Esta información se obtiene, en caso de modelación, de valores por defecto proporcionados por los estudios específicos relativos a los pavimentos de hormigón en el país.

1.302.505 Características Operativas y de Servicio

Normalmente en los estudios de ingeniería básica se recopila en forma monográfica antecedentes del camino o sector que se analiza tales como: demarcaciones en el pavimento, ubicación, tipo y estado de la señalización vertical, obstáculos laterales (paraderos, postaciones, etc.), accesos o cruces, ubicación y dimensiones de obras de arte mayores (puentes y túneles) y otros. Toda esta información está referida a un kilometraje de referencia.

(1) Distancia de Visibilidad

Formas de obtener la información. Este tipo de información no se requerirá en evaluaciones en etapa de perfil y de prefactibilidad, adoptándose condiciones típicas.

(2) Transitabilidad

Solo es necesaria esta información en caso de evaluarse un proyecto en que uno de los beneficios esperados es mejorar la transitabilidad del camino existente. La diferencia entre una y otra etapa dependerá solo del grado de precisión con que se obtenga esta información.

Formas de obtener la información. Antecedentes disponibles en la Dirección de Vialidad. En el Departamento de Conservación de las Direcciones Regionales de Vialidad, puede existir información sobre la transitabilidad de los caminos no pavimentados.

Métodos aproximados. En situaciones en que se necesite la cantidad de días en que el camino es transitable sin gran precisión, solamente como un dato base, se realiza en terreno las consultas a conocedores del camino.

1.302.6 INFORMACION EN ETAPA DE FACTIBILIDAD

1.302.601 Características Geométricas

Se utilizará la información recolectada en el estudio de prefactibilidad. Si no existiera dicho estudio o la información necesitara ser actualizada, se procederá con la misma metodología definida para etapa de prefactibilidad.

1.302.602 Características de la Superestructura del camino

Se utilizará la información recolectada en el estudio de prefactibilidad. Si no existiera dicho estudio o la información necesitara ser actualizada, se procederá con la misma metodología definida para etapa de prefactibilidad.

1.302.603 Irregularidad Superficial (Rugosidad)

Para caminos pavimentados, los valores de rugosidad inicial de la carpeta existente deben ser obtenidos directamente del Banco de Datos de la Dirección de Vialidad.

Si no existen mediciones actuales y se trata de carpetas de rodadura pavimentadas relativamente nuevas y en buen estado, se pueden utilizar las mediciones de rugosidad de hasta dos años de antigüedad.

Si los valores de rugosidad del Banco de Datos son anteriores a 2 años y/o si el pavimento presenta deterioros pronunciados, se debe realizar una medición de rugosidad intentando disponer de los instrumentos de la Dirección de Vialidad, o en su defecto, utilizar el rugosímetro MERLIN debidamente calibrado.

Para el caso de caminos no pavimentados se utilizará el mismo procedimiento definido para la etapa de prefactibilidad.

1.302.604 Otras características del estado de la Superestructura

(1) Fisuras y Grietas

Los valores de fisuras y grietas se obtienen del Banco de Datos de la Dirección de Vialidad, siempre que su antigüedad sea menor a un año. Si los valores correspondientes a fisuras y grietas del Banco de Datos son anteriores a 1 año y/o si el pavimento presenta deterioros pronunciados, el analista deberá realizar una inspección visual en terreno con una área examinada del 10% del pavimento.

(2) Otros parámetros

Estos son: Fracturación, Escalonamiento, Pérdida de Aridos, Baches, Ahuellamiento, Trozos de Pavimentos de Hormigón, Exudación, Saltaduras y Saneamiento o Avenamiento. Para todos ellos se procederá igual que para fisuras y grietas.

(3) Espesor de carpeta granular

El espesor de la capa de ripio debe ser medido directamente en terreno.

(4) Granulometría de la carpeta de rodadura.

La granulometría se debe obtener de un análisis de clasificación simple.

(5) Capacidad Estructural

La información de la deflexión se obtendrá del Banco de Datos de la Dirección de Vialidad, siempre que su antigüedad sea menor a dos años, o en su defecto, de la relación Numero Estructural Corregido-Deflexión expuesta en el tópico 1.302.7.

1.302.605 Vida Util Remanente

La información sobre la vida útil remanente no se requiere explícitamente en la evaluación cuando se aplican modelos de deterioro en los cuales se especifican los umbrales en los cuales se deben aplicar obras de rehabilitación.

Formas de determinar la vida útil remanente. La vida remanente de un pavimento puede ser definida en términos de tiempo, como el intervalo entre los años transcurridos desde el momento del análisis hasta el fin de su vida útil. También se puede definir la vida remanente como la cantidad de solicitaciones de tránsito que le restan al pavimento para llegar al umbral de agrietamiento o de rugosidad.

En el caso del Método AASHTO, la Vida de Diseño se expresa como el período que debe transcurrir para que el pavimento experimente una determinada pérdida de serviciabilidad. Siendo la solicitación tránsito el principal agente que provoca el deterioro de la serviciabilidad del pavimento, la vida de diseño se puede definir en términos del Número de Ejes Equivalentes de 18 kip (Nf) que llevan la

serviciabilidad del pavimento, desde su valor inicial al valor aceptado en el diseño como serviciabilidad final, con lo cual la vida Útil Remanente (RL), como porcentaje, se puede expresar:

$$RL = 100 \times \left[1 - \frac{N_p}{N_f} \right] \qquad 1.302.605\ (A)$$

siendo Np el Número de Ejes Equivalentes de 18 kip que efectivamente han circulado sobre el pavimento, desde su puesta en servicio hasta el momento de la evaluación.

En aquellos casos en que se cuenta con información segura en cuanto la solicitación de tránsito, es posible estimar directamente la Vida Útil Remanente con la expresión indicada. Sin embargo, es frecuente que en la etapa de evaluación de pavimentos en servicio, no se conozca la solicitación de tránsito que efectivamente ha soportado el pavimento. En estos casos es posible estimarla a partir de la Capacidad Estructural Efectiva del pavimento, cuya determinación se trata en el Tópico 1.302.7.

Para relacionar la Capacidad Estructural Efectiva de un pavimento con su Vida Remanente, AASHTO introduce un parámetro llamado Factor de Condición (CF), definido como:

$$CF = SCn/SCo \qquad \text{(pavimentos asfálticos)} \qquad 1.302.605\ (B)$$

$$CF = Fjc \cdot Fdur \cdot Ffat \qquad \text{(pavimentos de hormigón)} \qquad 1.302.605\ (C)$$

donde

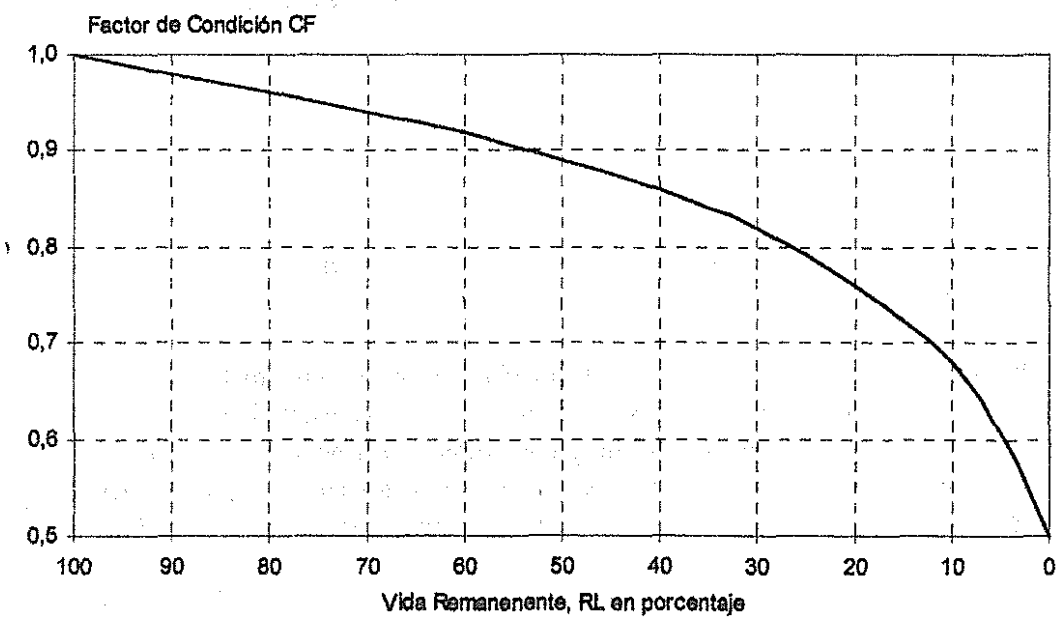
CF	=	Factor de Condición
SCn	=	Capacidad Estructural Efectiva del pavimento después de soportar una solicitación de Np Ejes Equivalentes de 18 kip.
SCo	=	Capacidad Estructural inicial del pavimento.
Fjc	=	Factor de estado de juntas y grietas.
Fdur	=	Factor de durabilidad.
Ffat	=	Factor de deterioro de la losa.

Los tres últimos factores son definidos en el párrafo 1.302.702.

Finalmente, el Factor de Condición (CF) se relaciona con la Vida Remanente (RL) a través de la curva que se muestra en la Figura N°1.302.605 (A)

FIGURA N°1.302.605 (A)

RELACION ENTRE FACTOR DE CONDICION Y VIDA REMANENTE



1.302.606 Características Geoclimáticas

(1) Altitud

Esta información de cota se puede obtener:

a) De planos cartográficos en que se representen curvas de nivel o información de cotas

b) De anteproyectos o proyectos de ingeniería existentes en donde se indique la cota de la rasante del camino en relación a alguna cota de referencia con respecto al nivel del mar.

c) Midiendo en terreno la cota con Altímetro.

Para la etapa factibilidad, se aceptarán rangos de precisión de +/- 50 metros.

(2) Precipitaciones

La información pluviométrica general, como precipitación anual, precipitación media mensual y precipitación diaria a lo largo del tiempo, puede obtenerse de los anuarios y boletines editados por la Dirección Meteorológica de Chile. Otra fuente de información disponible, que entrega una cobertura menor que la mencionada anteriormente, la constituyen los Compendios Estadísticos que anualmente edita el Instituto Nacional de Estadística, en su sección Datos Metereológicos.

(3) Temperatura

La temperatura es un parámetro requerido para los análisis de comportamiento y deterioro de los pavimentos de hormigón (alabeo de losas). Normalmente la información que se requiere es el promedio de la diferencia térmica diaria, la temperatura media anual y la diferencia térmica anual. Esta información se obtiene, en caso de modelación, de valores por defecto proporcionados por los estudios específicos relativos a los pavimentos de hormigón en el país.

1.302.607 Características Operativas y de Servicio

(1) Distancia de Visibilidad

Para obtener la distancia de visibilidad se seguirá el siguiente procedimiento:

a) **Verificación Gráfica de las Distancias de Visibilidad.** Cuando se cuente con información previa ya sea de proyectos o anteproyectos anteriores, se puede recurrir a este método cuya descripción se encuentra en el Tópico 3.202.4 del Volumen 3 del Manual de Carreteras.

b) **Obtención de las Distancias de Visibilidad en terreno.** Se trata de un procedimiento no normalizado que requiere el recorrido con un vehículo provisto de un odómetro correctamente calibrado, o un registrador de eventos, o simplemente un buen balizado del camino, que permita conocer el kilometraje de cualquier lugar del camino en que se esté ubicado.

Se requiere además de una planilla donde se deberá anotar ordenadamente la posición actual y un punto característico (fácilmente reconocible) ubicado hacia adelante. Ese punto debe ser tal que el conductor pierda la visibilidad en las cercanías de ese lugar. Al llegar a dicho punto característico, se vuelve a anotar el kilometraje de tal manera que la diferencia entre estos kilometrajes permite calcular la distancia de visibilidad desde el punto anterior.

El procedimiento se debe repetir cuantas veces sea necesario hasta cubrir todo el tramo en estudio. Para caminos bidireccionales se debe repetir el recorrido en sentido contrario.

(2) Transitabilidad

Solo es necesaria esta información en caso de evaluarse un proyecto en que uno de los beneficios esperados es mejorar la transitabilidad del camino existente. La diferencia entre una y otra etapa dependerá solo del grado de precisión con que se obtenga esta información.

Formas de obtener la información. Se puede recurrir a los antecedentes disponibles en la Dirección de Vialidad. En los Departamentos de Conservación de las Direcciones Regionales de Vialidad, puede existir información sobre la transitabilidad de los caminos no pavimentados.

Métodos aproximados. En situaciones en que se necesite la cantidad de días en que el camino es transitable sin gran precisión, solamente como un dato base, se realiza en terreno las consultas a conocedores del camino.

1.302.7 CAPACIDAD ESTRUCTURAL

1.302.701 Capacidad Estructural Efectiva (SCeff)

Se define como **Capacidad Estructural Efectiva** de un pavimento, a la que presenta al momento de la evaluación. La capacidad estructural efectiva de los pavimentos flexibles, se expresa en términos del Número Estructural Efectivo (SNeff), y la de los pavimentos rígidos, como su Espesor Efectivo (Deff). La capacidad estructural de los pavimentos declina con el tiempo y el tránsito.

Existen básicamente tres métodos de determinar (estimar) la Capacidad Estructural Efectiva de un pavimento:

- Capacidad estructural basada en la inspección visual del pavimento y en el ensayo de materiales. Esto significa la determinación de la condición actual a partir de la descripción de su deterioro y de las condiciones de drenaje y de la toma y ensayo de testigos del pavimento.

- Capacidad estructural basada en ensayos de deflexión. Esta es una evaluación directa in-situ de la subrasante y de la rigidez de la estructura del pavimento a lo largo del proyecto.

- Capacidad estructural basada en el daño de fatiga provocado por el tránsito. Este método requiere conocer el tránsito que efectivamente ha circulado sobre el pavimento.

1.302.702 Estimación de la Capacidad Estructural Efectiva basada en la Inspección Visual del pavimento.

Un elemento clave en la determinación de la Capacidad Estructural Efectiva es la observación de la condición del pavimento. Esta observación debe consistir en una detallada identificación de las fallas observables en el pavimento, indicando para cada una de ellas: ubicación, cantidad y severidad. Distintas agencias en el mundo han desarrollado Tablas que permiten estimar la Capacidad Estructural Efectiva de un pavimento, en base a una descripción de las fallas observables en su superficie. Entre ellas resultan de particular interés las Tablas de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), que se reproducen en el Cuadro N°1.302.702 (A) Coeficientes de capas (ai) y en el Cuadro N°1.302.702 (B) Coeficientes de drenaje (mi), utilizando las siguientes definiciones.

El Número Estructural Efectivo (SNeff) se determina de acuerdo a la siguiente expresión:

$$SNeff = a1 \cdot D1 + a2 \cdot D2 \cdot m + a3 \cdot D3 \cdot m \qquad 1.302.702\ (A)$$

donde

Di	=	Espesor de la capa i
ai	=	Coeficiente estructural de capa i, Cuadro 1.302.702 (A)
m	=	Coeficiente de drenaje, aplicable a bases y sub-bases granulares, Cuadro 1.302.702 (B)

El Espesor Efectivo (Deff) se determina de acuerdo a la siguiente expresión:

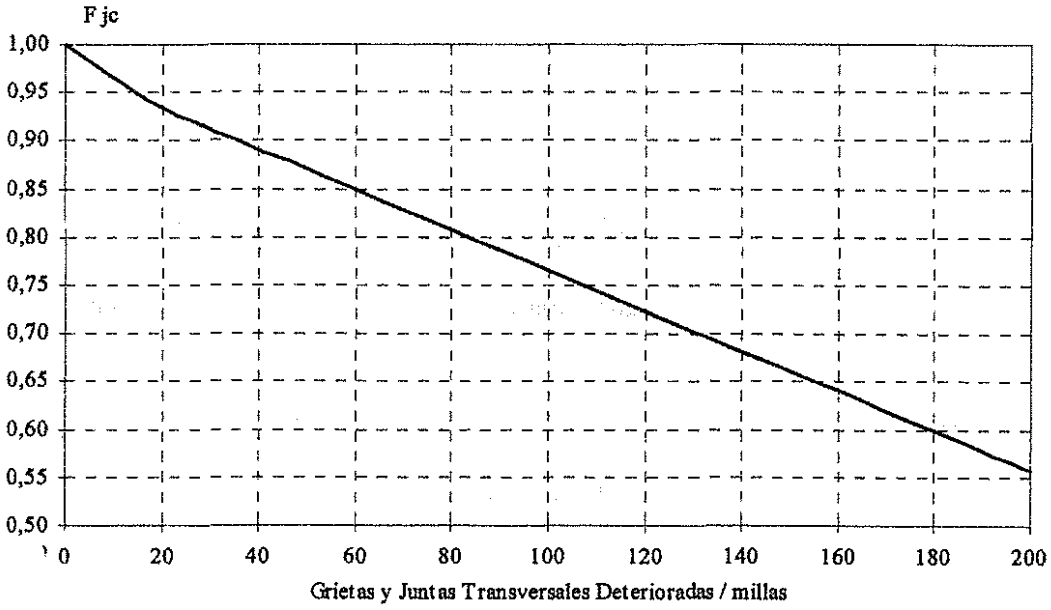
$$Deff = Fjc \cdot Fdur \cdot Ffat \cdot D \qquad 1.302.702\ (B)$$

donde

D	=	Espesor de la losa de hormigón existente.
Fjc	=	Factor de estado de juntas y grietas, expresado como la suma de las juntas, grietas y saltaduras no reparadas por km, Figura N°1.302.702 (A).
Fdur	=	Factor de durabilidad, determinado por la cantidad de grietas con o sin saltaduras según, Cuadro N°1.302.702 (C).
Ffat	=	Factor de deterioro por fatiga de la losa, determinado por agrietamiento transversal, en pavimentos con juntas y punzonamientos en el caso de pavimentos de hormigón armado, según Cuadro N°1.302.702 (D).

FIGURA Nº1.302.702 (A)

factor de ajuste de juntas y grietas



CUADRO N°1.302.702 (A)
COEFICIENTES DE CAPAS SUGERIDOS PARA PAVIMENTOS EXISTENTES DE CONCRETO ASFALTICO

Material	Estado Superficial	Coeficiente
Superficie de Concreto Asfáltico	Grietas tipo cocodrilo pequeñas o nada y/o solamente agrietamiento transversal de baja severidad.	0.35 a 0.40
	Grietas tipo cocodrilo de baja severidad menor a 10% y/o agrietamiento transversal de severidad media a alta menor a 5%	0.25 a 0.35
	Porcentaje de grietas tipo cocodrilo de baja severidad mayor a 10% y/o Porcentaje de grietas tipo cocodrilo de mediana severidad menor a 10% y/o Porcentaje de agrietamiento transverde mediana a alta severidad entre 5% y 10%.	0.20 a 0.30
	Porcentaje de grietas tipo cocodrilo de mediana severidad mayor a 10% y/o Porcentaje de grietas tipo cocodrilo de alta severidad menor a 10% y/o Porcentaje de agrietamiento transverde mediana a alta severidad mayor a 10%.	0.14 a 0.20
	Porcentaje de grietas tipo cocodrilo de alta severidad mayor a 10% y/o Porcentaje de agrietamiento transverde alta severidad mayor a 10% 10%.	0.08 a 0.15

Fuente: AASHTO, 1993

CUADRO N°1.302.702 (A) continuación
COEFICIENTES DE CAPAS SUGERIDOS PARA PAVIMENTOS EXISTENTES DE CONCRETO ASFALTICO

Material	Estado Superficial	Coeficiente
Bases Estabilizadas	Grieta tipo cocodrilo pequeñas o nada y/o solamente agrietamiento transversal de baja severidad.	0.20 a 0.35
	Grietas tipo cocodrilo de baja severidad menor a 10% y/o agrietamiento transversal de severidad media a alta menor a 5%	0.15 a 0.25
	Porcentaje de grietas tipo cocodrilo de baja severidad mayor a 10% y/o Porcentaje de grietas tipo cocodrilo de mediana severidad menor a 10% y/o Porcentaje de agrietamiento transverde mediana a alta severidad entre 5% y 10%.	0.15 a 0.20
	Porcentaje de grietas tipo cocodrilo de mediana severidad mayor a 10% y/o Porcentaje de grietas tipo cocodrilo de alta severidad menor a 10% y/o Porcentaje de agrietamiento transverde mediana a alta severidad mayor a 10%.	0.10 a 0.20
	Porcentaje de grietas tipo cocodrilo de alta severidad mayor a 10% y/o Porcentaje de agrietamiento transverde alta severidad mayor a 10% 10%.	0.08 a 0.15
Base o Subbase Granular	No existe evidencia de bombeo, degración o contaminación por presencia de finos.	0.10 a 0.14
	Alguna evidencia de bombeo, degradación o contaminación por presencia de finos.	0.00 a 0.10

Fuente: AASHTO, 1993

CUADRO N°1.302.702 (B)
COEFICIENTES DE DRENAJE (mi) RECOMENDADO PARA MODIFICAR LOS COEFICIENTES DE CAPA ESTRUCTURAL PARA BASES Y SUB-BASE DE MATERIALES NO TRATADOS UTILIZADOS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

CALIDAD DE DRENAJE	PORCENTAJE DE TIEMPO EN QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTA EXPUESTA A ALTOS NIVELES DE HUMEDAD PROXIMOS A LA SATURACION			
	MENOR DE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAS DE 25%
EXCELENTE	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
BUENO	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
REGULAR	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
MALO	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
MUY MALO	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: AASHTO, 1993

CUADRO N°1.303.702 (C)
FACTOR DE DURABILIDAD PARA PAVIMENTOS DE HORMIGON

Factor de Durabilidad	Características del Pavimento de Hormigón Existente
1.00	Pavimentos sin problemas de durabilidad.
0.96-0.99	Agrietamiento existente, sin saltaduras.
0.88-0.95	Agrietamiento sustancial y algunas saltaduras.
0.80-0.88	Agrietamiento extenso y saltaduras severas.

Fuente: AASHTO, 1993

CUADRO 1.303.702 (D)
FACTOR DE DETERIORO POR FATIGA PARA PAVIMENTOS DE HORMIGON

Factor por Fatiga	Características del Pavimento de Hormigón Existente
0.97-1.00	Grietas transversales mínimas y punzonamiento existente.
0.94-0.96	Grietas tranversales mayores y punzonamiento existente.
0.90-0.93	Gran cantidad de grietas transversales y punzonamiento existente.

Fuente: AASHTO, 1993

1.302.703 Capacidad Estructural Efectiva basada en la Deflexión del pavimento.

(1) Definiciones.

Se define como deflexión de un pavimento, al desplazamiento vertical recuperable que experimenta su superficie cuando se aplica una carga sobre él. Se define como Deflexión Benkelman, la magnitud de la deflexión determinada con un dispositivo llamado Viga Benkelman.

(2) Unidad de medida.

La deflexión se mide en unidades de longitud, siendo habitual hacerlo en milímetros. El rango normal en que se mueven las deflexiones de pavimentos, oscila entre 0.10 mm y 2.00 mm. La precisión de las mediciones depende del dispositivo utilizado, aceptándose para la Viga Benkelman y para el Deflectómetro Transitivo, una precisión de 0.10 mm.

(3) Formas de obtener la información

a) **Banco de Datos de la Dirección de Vialidad.** La Dirección de Vialidad realiza en forma periódica, mediciones de deflexión, en un alto porcentaje de los caminos pavimentados. La información de las mediciones de deflexión se encuentra disponible en el Laboratorio Nacional de Vialidad.

b) **Mediciones en terreno.** Es posible realizar mediciones de deflexión en terreno, utilizando dispositivos tales como: Viga Benkelman, Deflectómetro Transitivo o Falling Weight. Los ensayos deben ser realizados por personal experimentado y deben entregar una cantidad de mediciones que permitan establecer en forma estadística la representatividad del valor de la deflexión para un determinado tramo de camino.

c) **Mediante Relación con el Número Estructural.** Habitualmente, cuando se evalúa un proyecto nuevo, se conocerán todos los antecedentes requeridos para la determinación directa de su capacidad estructural. Si la evaluación utiliza modelos de deterioro tales como los de HDM, será necesario estimar además la magnitud de la deflexión Benkelman representativa del pavimento; para ello se puede utilizar la siguiente expresión que permite estimar la deflexión Benkelman (DEFB) en función del Número Estructural Corregido (SNC).

$$DEFB = 14.84 \cdot SNC^{-1.45} \qquad 1.302.703\ (A)$$

El valor de DEFB se obtiene en milímetros a partir del valor SNC, evaluado en cm.

El Número Estructural Corregido (SNC) se define como un parámetro que combina el Número Estructural (SN) definido por AASHTO, con el aporte del suelo de fundación (SNSG), de acuerdo a las siguientes relaciones:

$$SNC = SN + SNSG \qquad 1.302.703\ (B)$$

$$SN = \sum a_i \cdot h_i \qquad 1.302.703\ (C)$$

$$SNSG = 8.92 \cdot \log_{10}(CBR) - 0.85 \cdot [\log_{10}(CBR)]^2 - 1.43 \qquad 1.302.703\ (D)$$

donde:

SN	=	Número Estructural, (cm)
ai	=	Coeficiente estructural de la capa i
hi	=	Espesor de la capa i, (cm)
SNSG	=	Aporte estructural del suelo de fundación, (cm)
CBR	=	Razón de Soporte de California, (%)
n	=	Número de capas del pavimento

(4) Determinación de la Capacidad Estructural Efectiva

La Capacidad Estructural Efectiva de un pavimento, puede determinarse, a partir de ensayos de deflexión, haciendo uso de procedimientos basados en la teoría de elasticidad aplicada a medios multicapa.

En el caso de los pavimentos de hormigón el ensaye de deflexión permite analizar tres aspectos: Transferencia de carga en juntas y grietas, estimación del Módulo de Reacción de la sub-rasante y estimación del Módulo de Elasticidad del hormigón.

En el caso de los pavimentos asfálticos, la medida de deflexiones permite estimar el Módulo de Resilencia de la sub-rasante y el Número Estructural del pavimento.

Incorporando el concepto del HDM en cuanto a Número Estructural Corregido (SNC), se han derivado las siguientes expresiones que permiten, en el caso de pavimentos asfálticos, estimar este parámetro en forma directa, a partir de la deflexión Benkelman (DEFB) del pavimento.

$$SNC = 6.317 \cdot (DEFB)^{-0.742} \quad \text{para } DEFB >= 0.20 \text{ mm} \qquad 1.302.703 \text{ (E)}$$

$$SNC = 10.789 \cdot (DEFB)^{-0.421} \quad \text{para } DEFB < 0.20 \text{ mm} \qquad 1.302.703 \text{ (F)}$$

La simbología utilizada es la misma definida anteriormente.

1.302.704 Capacidad Estructural Efectiva basada en el daño de Fatiga provocado por el Tránsito.

Cuando se conoce la Vida Remanente de un pavimento, es posible estimar su Capacidad Estructural Efectiva, mediante las relaciones que se presentan en 1.302.605.

SECCION 1.303 TRANSITO

1.303.1 ASPECTOS GENERALES

Esta sección contiene el detalle de las metodologías más apropiadas de medición y recolección de información de tránsito acorde a los requerimientos de cada estudio específico. Según la información de tránsito que se desee recopilar, existen diversos tipos de mediciones que pueden agruparse conforme a la siguiente clasificación:

. Mediciones de Flujo Vehicular, tópico 1.303.4
. Encuestas Origen-Destino, tópico 1.303.5
. Encuestas de Preferencias, tópico 1.303.6
. Mediciones de Velocidad, tópico 1.303.7
. Mediciones Especiales, tópico 1.303.8
. Mediciones de Flujo de Peatones y Ciclistas, tópico 1.303.9

Dado que estas mediciones requieren, en mayor o menor medida, desagregar los flujos o variables observadas según ciertas tipologías estándar, en el tópico 1.303.3 se definen tipologías a utilizar para vehículos, cargas y usuarios.

1.303.2 PROCEDIMIENTOS

Las mediciones de tránsito que se exigirán de acuerdo al tipo de proyecto y etapa de evaluación de que se trate dependerán de los requerimientos de datos para la modelación. Por esta razón se entregan sólo criterios generales, los cuales deberán ser adaptados a cada situación concreta mediante el juicio profesional del analista o lo dispuesto en los TRE.

Por ejemplo, la necesidad de efectuar las mediciones de peatones y ciclistas según el tópico 1.303.9 deberá ser juzgada en cada caso concreto, teniendo en cuenta la importancia del tema para fines del diseño de soluciones. Una situación similar se produce para las mediciones de longitud de cola, tratadas en el párrafo 1.303.803, las cuales en principio sólo serán necesarias si la situación base presenta intersecciones congestionadas.

1.303.201 Etapa de Perfil

En etapa de perfil, para todo tipo de proyecto, se recomienda recurrir a información existente, considerando las fuentes de información descritas en la sección 1.004. En casos especiales, en los cuales los antecedentes disponibles sean insuficientes, los TRE especificarán las mediciones complementarias a realizar, las cuales deberán realizarse de acuerdo a lo dispuesto en la presente sección.

1.303.202 Etapa de Prefactibilidad

En el caso de proyectos tipo I o III, se realizarán mediciones de flujo según lo dispuesto en el tópico 1.303.4 y de tasa de ocupación según lo dispuesto en el párrafo 1.303.802. Si en la situación base existe congestión, se realizarán además las mediciones especificadas en el tópico 1.303.7 y en los párrafos 1.303.801 y 1.303.804, en aquellos arcos en los cuales la congestión será modelada.

En el caso de proyectos tipo II, IV o V, se realizarán mediciones de flujo según lo dispuesto en el tópico 1.303.4, encuestas origen-destino según lo dispuesto en el tópico 1.303.5, encuestas de preferencias según lo dispuesto en el tópico 1.303.6 y mediciones de tasa de ocupación según lo dispuesto en el párrafo 1.303.802. Si en la situación base existe congestión, se realizarán además las mediciones especificadas en el tópico 1.303.7 y en los párrafos 1.303.801 y 1.303.804, en aquellos arcos en los cuales la congestión será modelada.

Si la naturaleza del proyecto lo exige, los TRE podrán especificar mediciones adicionales. En todo caso, corresponderá al juicio profesional del analista asegurar que en cada caso concreto el trabajo de terreno realmente genere toda la información necesaria.

1.303.203 Etapa de Factibilidad

En etapa de factibilidad, para todo tipo de proyecto, se recomienda recurrir a la información generada por el estudio de prefactibilidad. En casos especiales, en los cuales por ejemplo sea necesario actualizar la información, los TRE especificarán las mediciones complementarias a realizar, las cuales deberán realizarse de acuerdo a lo dispuesto en la presente sección.

1.303.3 TIPOLOGIAS

Todas las mediciones requieren, en mayor o menor medida, desagregar los flujos o variables observadas según ciertas tipologías estándar. En este tópico se definen las tipologías a utilizar para vehículos, cargas y usuarios.

1.303.301 Tipología de vehículos.

Para efectos de modelación y evaluación económica es necesario definir una tipología única de vehículos, que recoja diferentes criterios de clasificación, entre los que cabe mencionar:

- Según motorización:

- Motorizado (provisto de un motor de combustión interna o eléctrico);
- No motorizado (remolque, tracción animal, tracción humana).

- Según función:

- Transporte privado de pasajeros;
- Transporte público de pasajeros;
- Transporte de carga;
- Tracción (tractor agrícola, tractocamión);
- Otros (maquinaria).

- Según requerimientos para diseño:

- Categorías según articulaciones, número y disposición de ejes.

- Según capacidad:

- Categorías según capacidad de transporte de carga (ton) y/o pasajeros (número).

- Según cilindrada:

- Categorías según capacidad cúbica del motor.

Para los fines del Volumen 1, la clasificación de vehículos debe orientarse a conseguir los siguientes objetivos:

- El **cómputo de ahorros de recursos** con una precisión razonable. Ello implica que dos vehículos diferentes pueden ser agrupados en la misma categoría sólo si sus costos de operación son similares.

- La **modelación del desempeño de arcos** con una precisión razonable. Ello implica que dos vehículos diferentes pueden ser agrupados en la misma categoría sólo si sus características de circulación son similares, por ejemplo, en términos de factor de equivalencia.

- La realización de **mediciones clasificadas visuales** por simple inspección. Ello implica que dos vehículos diferentes no pueden ser clasificados en distinta categoría si sus características externas son demasiado similares.

- La **conversión de la información** sobre flujos de demanda, expresada en toneladas o pasajeros, a flujos de vehículos de cada categoría.

- La **modelación de redes** con una precisión razonable. Ello implica que dos vehículos diferentes pueden ser agrupados en la misma categoría sólo si sus características de elección de ruta son similares.

. Elaborar una **estratigrafía de pesos por eje** con una precisión razonable.

De acuerdo a los criterios y requerimientos enunciados, se ha adoptado la siguiente clasificación, que se utilizará para todos los proyectos sujetos a evaluación:

(1) Moto.

Vehículo motorizado con capacidad para una o dos personas, normalmente de dos ruedas, aún cuando pueden existir de tres y hasta cuatro. Incluye: moto, motocicleta, motoneta y bicimoto.

(2) Automóvil.

Vehículo motorizado de 4 ruedas para el transporte de hasta 9 pasajeros (no incluye al conductor), con o sin carro de arrastre. Incluye: automóvil, station, utilitario, jeep.

(3) Camioneta.

Vehículo motorizado de 4 ruedas para el transporte de hasta 1750 Kgs. de carga, con o sin carro de arrastre. Incluye: pick-up, doble cabina, furgón, ambulancia, carroza fúnebre.

Para efectos de agregación, un **vehículo liviano** podrá ser un automóvil o una camioneta.

(4) Bus.

Vehículo motorizado destinado al transporte de pasajeros, con una capacidad superior a 9 personas excluyendo los tripulantes. Puede transportar además equipaje, correo, paquetería y cargas menores. Desde el punto de vista de su capacidad de transporte de pasajeros, puede distinguirse las siguientes sub-categorías: minibuses, taxibuses, microbuses y buses; entre estos últimos es posible observar cuatro tipos: buses de 2 ejes, buses de un piso con más de 2 ejes, buses de 2 pisos y buses articulados. En cuanto a la cobertura, los buses pueden ser urbanos o interurbanos.

(5) Camión Liviano.

Vehículo motorizados de dos ejes simples, destinado al transporte de carga, con una capacidad de carga superior a 1750 kg. Se diferencia de la camionetas en que normalmente posee 4 ruedas en el eje trasero.

(6) Camión Pesado.

Todo vehículo motorizado destinado al transporte de carga no clasificable dentro de la categoría de Camión Liviano, pudiendo considerarse las subcategorías siguientes:

- Camión pesado simple.

Vehículo de más de dos ejes sin articulaciones.

- Semirremolque.

Vehículo articulado compuesto de una unidad tractora y una unidad remolcada destinada al transporte de carga que se apoya en un extremo sobre la primera.

- Remolque.

Vehículo articulado compuesto de un camión pesado simple y una unidad remolcada.

Para efectos de agregación, un **Vehículo Pesado** podrá ser un Camión Liviano o un Camión Pesado.

(7) Otros Motorizados.

Vehículo motorizado no incluido en las otras categorías (tractor, maquinaria agrícola, maquinaria de construcción, tanque, carro lanza agua, etc).

(8) Otros No Motorizados.

Bicicleta, triciclo, tracción animal, cabalgadura.

Los vehículos no explícitamente listados serán asimilados a la categoría más próxima. Por ejemplo, un "MotorHome", casa rodante provista de tracción propia, puede ser asimilada a un camión liviano o pesado según sea su número de ejes.

La clasificación descrita es normalmente suficiente para atender a las principales necesidades en términos de evaluación de proyectos viales.

En el caso particular de estudios relacionados con estratigrafías de pesos por eje es necesaria una mayor desagregación. Para este tipo de fines, se debe utilizar la sub-clasificación indicada para buses y se define las siguientes subcategorías de vehículos de carga:

Camión Liviano.

. Capacidad de carga inferior a 6 Ton;
. Capacidad de carga superior a 6 Ton.

Camión Pesado.

Pudiendo considerarse las subcategorías siguientes:

Simple

. Con doble eje trasero;
. Con doble eje delantero;
. Con doble eje trasero y delantero;
. Con triple eje trasero.

Semirremolque

Elemento tractor:

. Con eje simple trasero;
. Con eje doble trasero;
. Con eje triple trasero.

Elemento remolcado:

. Con eje simple trasero;
. Con eje doble trasero;
. Con eje triple trasero.

Remolque

Elemento tractor:

. Con doble eje trasero;
. Con doble eje delantero;
. Con doble eje trasero y delantero;
. Con triple eje trasero.

Elemento remolcado:

. Con eje simple trasero;
. Con eje doble trasero;
. Con eje triple trasero.

Naturalmente, estas subcategorías deberán revisarse periódicamente en la medida que aparezcan en el mercado camiones con nuevas configuraciones de ejes.

1.303.302 Tipología de cargas

El objetivo principal de definir una tipología de cargas es asociar el tránsito observado a las actividades que lo generan. Con esto, mediante estimaciones de la producción de la mercancía, es posible determinar tasas de generación de viajes asociados a dicha carga. Una segunda aplicación, cuando proceda, es estimar la partición modal por tipología de carga.

Para efectos de evaluación, la clasificación de cargas transportadas debe permitir el **cómputo de ahorros de recursos privados y sociales** con una precisión razonable. Ello implica que tipos de carga diferentes pueden ser agrupados en la misma categoría sólo cuando se cumpla que los ahorros de recursos asociados sean similares y que la modelación adoptada no permita discriminar comportamientos diferentes.

De acuerdo a los criterios y requerimientos anteriores, se ha elaborado una clasificación a la cual el analista deberá incorporar aspectos particulares como refrigeración, seguridad u otros según corresponda.

El analista podrá utilizar la codificación a nivel de **Producto** para estudios en etapa de perfil. Sin embargo, en etapa de prefactibilidad y factibilidad, deberá utilizar la codificación a nivel de **Componente** de cada producto, pudiendo efectuar las agregaciones indicadas dentro de cada producto en particular.

En estudios que ameriten desagregaciones mayores, el analista deberá considerar la clasificación detallada en el Sistema Armonizado Internacional de Designación y Codificación de Mercancías, para lo cual se detallan las **Glosas** (codificación del SAIDCM) de equivalencia. Es obligatorio utilizar esta tipología de cargas con sus respectivos códigos identificadores.

Producto	Código	Componentes	Código	Glosas
Agrícola	1000	Legumbres, Hortalizas y Tubérculos	1010	07.01 a 07.14
		Especias	1020	09.01 a 09.10
		Cereales	1030	10.01 a 10.08
		Frutos comestibles	1040	08.01 a 08.13
		Productos de molienda,malta,almidón	1050	11.01 a 11.09
		Plantas Vivas y Florería	1060	06.01 a 06.04
		Semillas, frutos oleoginosos	1070	12.01 a 12.14
		Gomas, resinas y extractos vegetales	1080	13.01 a 13.02
		Materiales trenzables y de relleno	1090	14.01 a 14.03
		Grasas, Aceite animal y vegetal	1100	15.01 a 15.20
		Ceras	1110	15.21
		Otros	1120	14.04
		Agregación	**1900**	**1060 a 1120**
Forestal	2000	Rollizos	2010	44.03
		Maderas Elaboradas	2020	44.04 a 44.20
		Material de papel o cartón	2030	48.01 a 48.23
		Libros, Revistas, Diarios	2040	49.01 a 49.11
		Carbón Vegetal	2050	44.02
		Leña y desperdicios	2060	44.01
		Corcho	2070	45.01 a 45.04
		Manufacturas de Espartería o Cestería	2080	46.01 a 46.02
		Pasta de madera	2090	47.01 a 47.07
		Otros	2100	44.21 y 48.23 y 49.11
		Agregación	**2900**	**2060 a 2100**
Pecuarios, Ganaderos, Avícolas y del Mar	3000	Ganado	3010	01.01 a 01.04
		Aves	3020	01.05
		Pescado	3030	03.02 a 03.05
		Mariscos	3040	03.06 a 03.07
		Carne de Ganado	3050	02.01 a 02.06
		Carne de Aves	3060	02.07
		Otra Carne	3070	02.08 a 02.10
		Peces Vivos	3080	03.01
		Otros	3090	01.06 04.09 y 04.10 05.01 a 05.11

		Agregación	**3900**	**3050 a 3090**
Minerales y Derivados	4000	Hierro	4010	26.01 y 72.06
		Cobre	4020	26.03 y 74.01 a 74.06
		Otros Minerales y Escorias	4030	26.02 y 26.04 a 26.20
		Minerales no metálicos	4040	25.01 a 25.29
		Combustible derivado del petróleo	4050	27.10
		Gas	4060	27.11
		Vidrio	4070	70.01 a 70.19
		Aceites y Breas minerales	4080	27.01 a 27.09 y 27.12 a 27.16
		Manufacturas de Cerámicos	4090	69.01 a 69.13
		Manufacturas de Acero, Hierro	4100	72.01 a 72.05 y 72.07 a 73.25
		Manufactura de Cobre	4110	74.07 a 74.18
		Manufactura de Níquel	4120	75.01 a 75.07
		Manufactura de Aluminio	4130	76.01 a 76.15
		Manufactura de Plomo	4140	78.01 a 78.05
		Manufactura de Cinc	4150	79.01 a 79.06
		Manufactura de Estaño	4160	80.01 a 80.06
		Manufactura de Piedra, Yeso, Cemento	4170	68.01 a 68.14
		Otros	4180	81.01 a 81.13 y 82.01 a 82.15 y 83.01 a 83.11 y 25.30 y 26.21 y 68.15 y 69.14 y 70.20 y 73.26 y 74.19 y 75.08 y 76.16 y 78.06 y 79.07 y 80.07
		Agregación	**4900**	**4080 a 4180**
Industriales	5000	Elementos Químicos	5010	28.01 a 28.05
		Explosivos e Inflamables	5020	36.01 a 36.06
		Compuestos Químicos	5030	28.06 a 29.42
		Manufacturas de Plástico	5040	39.01 a 39.26
		Manufacturas Textiles	5050	50.01 a 63.10
		Manufacturas de Pieles y Cueros	5060	41.02 a 43.04
		Manufacturas de Caucho	5070	40.01 a 40.17
		Productos Farmacéuticos	5080	30.01 a 30.06
		Abonos vegetales y minerales	5090	31.01 a 31.05
		Otros	5100	64.01 a 67.04 y 37.01 a 37.07 y 32.05 a 35.07 y 38.01 a 38.23
		Agregación	**5900**	**5030 a 5100**
Alimenticios	6000	Lácteos	6010	04.01 a 04.06
		Huevos	6020	04.07 y 04.08
		Azúcar y preparados de confitería	6030	17.01 a 17.04
		Bebidas, líq. alcohólicos, vinagre	6040	22.01 a 22.09
		Residuos, alimentos para animales	6050	23.01 a 23.09
		Otros	6060	16.01 a 16.05 y 18.01 a 18.06 y 19.01 a 19.05 y 20.01 a 20.09 y 21.01 a 21.06 y 24.01 a 24.03

		Agregación	**6900**	**6040 a 6060**
Otros	7000	Metales Preciosos, Perlas, Bisutería	7010	71.01 a 71.18
		Maquinaria, Materiales Eléctricos	7020	84.01 a 85.48
		Material de trasporte de FFCC	7030	86.01 a 86.07
		Material de tpte. carretero	7040	87.01 a 87.16
		Material de tpte. aéreo o espacial	7050	88.01 a 88.05
		Material de tpte. marítimo o fluvial	7060	89.01 a 89.08
		Armas,municiones,accesorios y partes	7070	93.01 a 93.07
		Objetos de antigüedad o de arte	7080	97.01 a 97.06
		Optica,cine,fotografía,música,relojes	7090	90.01 a 92.09
		Carga Diversa	7100	94.01 a 96.18
		Agregación	**7900**	**7010 a 7100**

1.303.303 Tipología de usuarios

La tipología de usuarios de transporte interurbano debe identificar estratos homogéneos de comportamiento, en la perspectiva de permitir la realización de proyecciones sobre los estratos.
Existe un gran número de variables que permiten caracterizar y segmentar a los usuarios; de entre ellas, se ha seleccionado un conjunto que constituye la tipología mínima recomendada, compatible con una actividad de relevamiento de información en terreno (encuesta a usuarios) y es la siguiente:

(1) Según función

- Conductor
- Acompañante
- Pasajero

(2) Según propósito

- Trabajo
- Turismo - Recreación
- Social (visitas, eventos familiares)
- Servicios (trámites, salud, compras)

Pudiendo efectuarse una agregación según:

- Trabajo
- Asuntos personales obligatorios
- Asuntos personales no obligatorios

(3) Según características del usuario

- Ingreso familiar
- Sexo
- Edad
- Actividad, ocupación o empleo

(4) Según quién costea el viaje

- usuario o grupo familiar
- empleador o actividad por cuenta propia
- mixto

Cuando las características del estudio lo requieran, podrá utilizarse una tipología más extensa, incorporando elementos como los siguientes:

- Marca, modelo y año del vehículo empleado, como información complementaria del nivel de ingreso
- Frecuencia de viaje
- Duración de la estadía
- Período en que se viaja

1.303.4 MEDICIONES DE FLUJO

Las mediciones de flujo vehicular entregan información esencial para los estudios de gestión e inversión en infraestructura de transporte.

Según el objetivo al que se destine, la información sobre el flujo vehicular deberá expresarse en unidades distintas y con diferentes niveles de precisión. Los antecedentes requeridos habitualmente son:

- Tránsito medio diario anual (TMDA): es la medida más recurrente de flujo vehicular. Se utiliza para caracterizar el tránsito cuando no existe el fenómeno de la congestión, así como para efectos de diseño de pavimentos. Es el valor que se incorpora generalmente a los modelos de deterioro de pavimentos. Su obtención deberá regirse por lo estipulado en el párrafo 1.303.405.

- Tránsito en horas de punta: medida utilizada para efectos de diseño geométrico, aspecto tratado en el volumen 2, sección 2.603, tópico 2.603.6 del Manual de Carreteras.

- Tránsito medio por período: medida representativa de las condiciones de tránsito en un período definido según la sección 1.404.

Debe atenderse al hecho de que en los tres casos se trata de obtener valores medios de flujo que se considerarán representativos de cierto período, lo cual condiciona la selección de la muestra.

Existen dos formas de medir el flujo en una sección de la vía: manual y automática.

1.303.401 Contabilización manual

La contabilización manual se realiza en la vía por uno o más medidores que registran el total de vehículos que circula por una sección de la vía o por una intersección. Este método es especialmente adecuado para mediciones de tránsito en períodos cortos, siendo posible realizar una clasificación fina de los distintos tipos de vehículo y movimientos.

La precisión del método manual es muy sensible a la intensidad de flujo, la desagregación por movimientos y la tipología de vehículos.

Un buen resultado depende sobre todo de la experiencia del equipo a cargo de la operación y supervisión y del adiestramiento del personal que hace las mediciones.

Como restricción general, un observador no debe contar más de 400 vehículos por hora para cualquier nivel de proyecto considerado. Para intensidades mayores, debe separarse la medición por movimiento y/o tipo de vehículo.

Si las mediciones serán utilizadas para efectos de simulación, la contabilización deberá ser totalizada a intervalos de 15 minutos, diferenciando por sentido de circulación o movimiento (si corresponde) y por tipo de vehículo, según la clasificación definida en párrafo 1.303.301.

En cambio, si las mediciones serán utilizadas para calibrar relaciones flujo-velocidad, deben considerar intervalos inferiores, o a lo sumo iguales, a los cinco (5) minutos de duración.

1.303.402 Contabilización automática

La contabilización automática se realiza mediante instrumentos que registran pulsos generados por algún sensor del paso de vehículos. La duración del proceso depende de su objetivo: alimentar las bases de datos de carácter estratégico, para lo cual se utiliza instalaciones permanentes; recolectar información para un proyecto específico, para lo cual se habilitan instalaciones transitorias.

La versión más simple se limita sólo a contabilizar los pulsos acumulados. Una versión mejorada incluye un temporizador, permitiendo detectar pulsos por períodos de tiempo. A estos instrumentos se les denomina contadores-registradores.

Versiones más sofisticadas son los clasificadores, que entregan información de vehículos que cruzan una zona de aforo por períodos preprogramados, clasificados según algunos de los siguientes conceptos: dirección, longitud del vehículo, rangos de velocidad, número de ejes por vehículo y distancia entre ejes. Estos últimos son los más apropiados para situaciones en las cuales interesa registrar los flujos circulantes durante largos períodos de medición.

El presente manual recomienda que todo proyecto que haya sido evaluado en etapa de perfil con resultados satisfactorios sea sometido a un plan de conteos automáticos en un conjunto de arcos a definir en dicho estudio de perfil, deseablemente por un período de al menos un año, antes de iniciar el estudio en etapa de prefactibilidad.

1.303.403 Consideraciones generales

A continuación se describen algunas consideraciones prácticas que es necesario tomar en cuenta en terreno:

- El analista deberá seleccionar tanto las fechas de medición como la ubicación de los medidores de forma de obtener datos representativos del comportamiento del flujo en el período que quiere caracterizar. Esto significa, por ejemplo, que es necesario evitar medir en condiciones extremas atípicas.

- Los formularios deben ser diseñados de forma que faciliten la lectura-escritura de la información; en especial, toda la información que deba ser recogida en forma simultánea debe poder registrarse en una misma página, evitando en lo posible cambiar de hoja según el movimiento efectuado o según el tipo de vehículo que lo realiza;

- Se debe codificar a priori los movimientos y sentidos de circulación posibles (incluyendo los prohibidos) en cada punto de medición (puntos de control);

- La identificación de los accesos deberá partir del azimut norte en el sentido de los punteros del reloj numerando los accesos en forma creciente;

- La identificación de los movimientos deberá considerar dos dígitos. El primero es el número de la rama de acceso y el segundo, el número de la rama de egreso;

- En el caso de mediciones automáticas, si el flujo es superior a 1000 Veh/hr en promedio, se recomienda efectuar filmaciones en reemplazo de los conteos manuales de apoyo;

- Se debe incluir dentro del formulario o en formulario aparte, información relativa al estado del clima y la vía, siendo la mínima exigible:

  Clima : lluvia, nieve, neblina, despejado.

  Vía : transitable, intransitable, transitable con cadenas, tránsito cortado por accidente, transitable con porte de cadenas.

- El flujo vehicular por tipología y período, adoptado para efectos de simulación y evaluación, será el promedio horario de las mediciones efectuadas.

1.303.404 Tamaño muestral

Este acápite norma acerca del nivel de precisión que debe adoptarse en mediciones periódicas de flujo vehicular, cuando por restricciones de la modelación, es necesario poseer información detallada en caminos interurbanos, especialmente con bajo nivel de flujo.

Como regla general, deberán efectuarse mediciones durante a lo menos dos (2) horas continuadas para cada período, en los casos en que el flujo vehicular sea superior a 250 Veh/hr. Si el flujo vehicular es inferior, el analista deberá regirse por los lineamientos descritos en tópico 1.411.6.

1.303.405 Tránsito medio diario anual

Como su nombre lo indica, el tránsito medio diario anual (TMDA) equivale al valor promedio de los flujos vehiculares diarios correspondientes a un año calendario. Por lo tanto, para su obtención el método más adecuado es realizar mediciones continuas automáticas, durante al menos un año calendario, en todos los arcos relevantes para el análisis del proyecto.

En caso que dichas mediciones no hayan podido realizarse, se deberán efectuar las mediciones muestrales necesarias que permitan obtener una estimación aproximada del TMDA. Para ello, salvo

que los requerimientos específicos del estudio indiquen lo contrario, el analista deberá considerar el método descrito a continuación.

(1) Temporadas

De acuerdo a antecedentes respecto de las principales actividades que generan el flujo vehicular circulante por el camino bajo análisis, el analista deberá definir temporadas específicas, de acuerdo a las variaciones relativas del nivel de flujo medio esperado, teniendo como referencia un año calendario. Por ejemplo, si las actividades generadoras de flujo están relacionadas con turismo veraniego, muy probablemente exista una temporada alta en época verano; en cambio, si el turismo es invernal, existirá una temporada de alta demanda en invierno. En el caso de actividades hortofrutícolas, la temporada de alta demanda existirá en la época de cosecha y transporte a centros de ventas (o puertos).

El producto de esta etapa permitirá diferenciar diversas temporadas, de acuerdo al nivel de flujo vehicular, identificando su duración con respecto a un año calendario típico. Por ejemplo, una temporada de alta demanda en época verano, cuya duración es de 70 días y una temporada normal (resto del año) cuya duración es 295 días.

Esta definición de temporadas debe tomar en cuenta la existencia de períodos especiales. Por ejemplo, entre Santiago y la costa los flujos más intensos tienden a producirse en los fines de semana largos que se producen fuera del verano, tales como Semana Santa, 18 de Septiembre, 15 de Agosto, etc. Los días correspondientes a estos períodos deben considerarse como parte de la temporada alta.

(2) Sentidos y Días de la Semana

En la mayoría de los casos sólo interesa conocer el TMDA total de ambos sentidos, siendo razonable el supuesto de que la mitad de dicho flujo circula en cada sentido. Sin embargo, existen días en que existe un marcado desequilibrio entre sentidos, como es por ejemplo los flujos entre Santiago y la costa en la tarde de los Domingos de verano y del último día de cada fin de semana largo, caso en el cual los flujos hacia Santiago son notoriamente más intensos que en sentido contrario. Este fenómeno debe ser tenido en cuenta al diseñar una estrategia de muestreo.

(3) Tipos de Vehículos

Normalmente el TMDA se expresa desagregado por tipo de vehículo. Esto plantea requerimientos adicionales al muestreo, en el sentido que la composición por tipo de vehículo puede variar entre temporadas y según el día de la semana.

(4) Variabilidad de los Flujos

Normalmente no es adecuado suponer que la serie de 365 valores que representa los flujos diarios del año sigue una ley de distribución estadística de tipo aleatorio, como sería por ejemplo una distribución de Poisson. Ello se debe a que la evidencia existente indica que estos flujos tienen una enorme variabilidad, por una parte, y siguen ciertos patrones de variación, por otra.

Ello implica que el mejor método de muestreo debiera contemplar alguna forma de asimilación del flujo medido en forma muestral a otro flujo medido en forma continua.

(5) Asimilación

Se supondrá que se cuenta con mediciones continuas para un camino de características similares al camino en estudio, desde el punto de vista de variabilidad anual de los flujos diarios. La información de mediciones continuas se puede expresar como el cuociente entre un flujo de vehículos en un día determinado y el TMDA del camino. Se obtiene así una serie de 365 valores, algunos de los cuales son inferiores a la unidad y otros superiores.

(6) Valores Muestrales

En este contexto, un valor muestral corresponderá a un conteo clasificado de flujos en un día cualquiera del año, el cual, dividido por el factor correspondiente a dicho día obtenido para el camino asimilable, dará una estimación del TMDA. Para esto es deseable que la muestra y los conteos continuos correspondan al mismo año. De no ser así, deberá tenerse cuidado en la asimilación, en el sentido que por ejemplo un día Domingo debe ser asimilado a otro día Domingo. Similares precauciones deben tomarse para los días de fines de semana largos.

(7) Estimación del TMDA

En general, el TMDA estimado corresponderá al promedio de los valores obtenidos a partir de cada valor muestral. Sin embargo, cuando a juicio del analista proceda, se podrá usar un promedio ponderado. Un factor a tener en cuenta para ello es la estratificación de los valores muestrales según temporadas.

(8) Naturaleza de los Errores

El método propuesto está afecto a dos fuentes principales de error. La primera se refiere al error muestral como producto de la componente aleatoria que todo flujo vehicular contiene. La segunda es un error de asimilación, en el sentido de que la forma de variación del flujo entre un camino y otro puede ser diferente.

(9) Tamaño Muestral

Dada la naturaleza de los errores, en especial la existencia del error de asimilación, no es posible calcular el tamaño muestral que asegura un nivel dado de confiabilidad estadística. Por lo tanto será la experiencia y criterio del analista la llamada a fijar estos tamaños.

Sin embargo, es posible indicar que como mínimo debiera hacerse 2 conteos de 24 horas en cada temporada, uno en día Miércoles, alejado de la influencia de feriados, y otro en día Domingo. En algunas temporadas, en lugar del conteo del día Domingo puede contarse el último día de un fin de semana largo.

1.303.5 ENCUESTAS ORIGEN-DESTINO

Esta información es la base para el análisis de proyectos en los cuales se espera que exista reasignación de viajes, cambios en la partición modal o redistribución de viajes.

La estructura de viajes varía radicalmente dependiendo de la estación del año, día de la semana e incluso la hora, por lo cual es necesario realizar encuestas origen-destino en todos los períodos de modelación, salvo que existan argumentos suficientes para considerar agrupaciones de períodos con un patrón de viajes similar, situación que deberá juzgar el analista.

1.303.501 Tipos de encuesta

Existe una diversidad de métodos para realizar encuestas origen-destino; dentro de los más conocidos y aplicados se cuenta:

a) Encuesta Directa.

Esta técnica consiste en detener a los vehículos en la vía en ciertos puntos de control y hacerles un conjunto de preguntas predeterminadas acerca de su viaje (destino, origen y propósito del viaje como mínimo). El método es útil para obtener información que no es fácil de recopilar por observación directa. La encuesta directa debe ser muy corta, precisa y no sujeta a interpretaciones por parte del encuestado ni del encuestador. Su procesamiento es fácil y directo. Tiene la desventaja de que puede provocar molestias al usuario por la demora en su viaje que la encuesta significa.

b) Método del Ticket.

Consiste en que a los vehículos muestreados en las entradas, se les coloca un ticket de color determinado. En la salida del cordón de estudio, el color permite identificar la entrada. Una variante es entregar al conductor una tarjeta numerada, la que debe devolver en la salida del cordón. En redes pequeñas y no saturadas, este método puede ser de utilidad.

c) Método de las Patentes.

Se ubica a observadores a la orilla de la vía en todas las entradas y salidas del área de estudio, a fin de que anoten el número de la patente (y el instante de pasada, de ser necesario) de cada vehículo motorizado, identificando su tipología. Este método es apropiado para seguir los desplazamientos del tránsito en situaciones con un gran número de orígenes y destinos enlaza dos por un sistema de vías complejo (situación que en transporte interurbano es poco frecuente), determinando el patrón de viajes a nivel de accesos/egresos y la ruta utilizada. La gran desventaja de la técnica es el requerimiento computacional posterior para el análisis y procesamiento de la información.

Tanto el método de las patentes como la técnica del ticket permiten determinar orígenes y destinos a nivel de accesos de la red relevante y no a nivel de una zonificación geográfica del área de influencia, característica requerida en estudios de vialidad interurbana ya que permite ligar el número de viajes de una zona en especial con variables demográficas, de uso de suelo o indicadores macroeconómicos regionales. En este sentido, la técnica de encuesta directa presenta grandes ventajas.

d) Encuesta en hogares o centros de actividad.

Este método ha sido usado en transporte urbano con bastante éxito. Sin embargo, su aplicación al transporte interurbano presenta dificultades dada la dispersión de generación de este tipo de viajes, lo cual requeriría tamaños muestrales excesivamente grandes para lograr un nivel de precisión adecuado.

e) Respuestas Postales.

Consiste en anotar las patentes de los vehículos circulantes, clasificando el vehículo según la tipología predefinida, y luego de recopilar la dirección del dueño, vía Registro Nacional de Vehículos Motorizados u otro medio adecuado, enviar la encuesta por correo. Se obtiene un bajo nivel de respuesta, siendo necesario efectuar prácticamente un censo para obtener el tamaño muestral requerido u ofrecer premios atractivos para incentivar la respuesta postal.

f) Encuesta a pasajeros.

Esta modalidad es aplicable a pasajeros de modos de transporte público, tales como bus, taxi colectivo, tren o avión. Consiste en abordar a una muestra aleatoria de pasajeros, ya sea a bordo del vehículo o en una instalación terminal, entrevistándolos para obtener información acerca del viaje que están realizando y acerca de sus características socioeconómicas.

1.303.502 Métodos recomendados

El método recomendado es la encuesta directa para todo tipo de vehículo y la encuesta a pasajeros en los modos de transporte público. Por lo tanto debieran ser utilizados por el analista salvo que los requerimientos específicos del proyecto le aconsejen el uso de un método alternativo.

1.303.503 Consideraciones generales

A continuación se entregan algunas consideraciones que se debe tener en cuenta al preparar y realizar una encuesta.

En caso que el área de estudio sea mixta, es decir, considere zonas geográficas interurbanas y urbanas, las recomendaciones debieran complementarse con las contenidas en el Manual de Diseño y Evaluación Social de Proyectos de Infraestructura Vial Urbana, SECTRA (1988).

- Para la ubicación de los puntos de control, un requisito mínimo es considerar todos los puntos relevantes de acceso a la zona de estudio y salida de ella, definiendo así un cordón externo a

dicha zona. Con esto, se asegura una adecuada representatividad de los viajes con origen y/o destino fuera de la zona.

- Si se considera necesario incorporar viajes con origen y destino en el área de estudio, se debe definir sub-áreas al interior de ella, en cuyos límites se repetirá el proceso de encuesta descrito antes. Habitualmente, las sub-áreas se delimitan mediante círculos concéntricos al cordón exterior, o mediante secantes que lo cortan en dos puntos (líneas de pantalla).

- En términos generales, la encuesta a conductores de vehículos livianos debiera considerar, como mínimo, las siguientes consultas:

  - Origen del viaje
  - Destino del viaje
  - Motivo del viaje
  - Número de pasajeros
  - Tipo de vehículo.
  - Ingreso familiar
  - Quién paga el costo del viaje

  De acuerdo a la zonificación considerada, el origen (o destino) podrá ser la entrecalle o esquina más cercana, la localidad, el distrito censal o la comuna.

- Para el caso del transporte de carga, la encuesta debiera contemplar, como mínimo, las consultas siguientes:

  - Origen del viaje
  - Destino del viaje
  - Tipo de carga
  - Tipo de Vehículo
  - Cantidad de carga transportada
  - Tara del Vehículo
  - Capacidad de carga del Vehículo.

  Se recomienda consultar acerca de la ruta a seguir dentro del área de estudio y si es fija o puede ser modificada por el conductor, porque esta información será de utilidad para la simulación.

- Para el caso del transporte público, ya sea local o interurbano, se recomienda obtener la información origen-destino mediante catastros específicos en los terminales correspondientes. La encuesta en terminales debiera contemplar, como mínimo, las consultas siguientes:

  - Itinerario
  - Pasajeros Transportados
  - Tipo de Vehículo

- Para el caso de pasajeros de transporte público, en términos generales, la encuesta debiera considerar como mínimo las siguientes consultas:

- Origen del viaje
- Destino del viaje
- Motivo del viaje
- Ingreso familiar
- Quién paga el costo del viaje

- Es deseable llevar a cabo una experiencia piloto como mínimo en el 10% de los puntos de control para un período de simulación. Esta encuesta permite detectar el grado de respuesta de los usuarios de la red vial, la adecuación de la capacitación de los encuestadores, el dimensionamiento del número de encuestadores en cada punto de control, el porcentaje de respuestas erróneas, problemas como la ubicación de calles en los planos disponibles, perfeccionamiento en el diseño de formularios y preguntas, entre otros aspectos de interés.

  En el caso específico de pasajeros de transporte público, se recomienda efectuar encuestas piloto en al menos un 10% de los puntos de control. Es conveniente agregar "con un valor mínimo de una encuesta piloto si el 10% representa un valor inferior a la unidad.

- Una vez efectuada la encuesta piloto, debe revisarse la zonificación utilizada, considerando como un criterio más de zonificación el número de viajes por zona.

- Las encuestas se referirán al viaje que el usuario está realizando en ese momento. Sin embargo, en el caso de encuesta directa a conductores de automóviles o de encuesta a pasajeros de transporte público, es posible consultar por la cadena de viajes de la cual el viaje en realización forma parte. En este caso se consulta la secuencia de viajes realizada desde que el encuestado salió de su hogar. Se puede consultar además la secuencia de viajes programada hasta el regreso al hogar. Este método tiene como desventaja su mayor complejidad, pero presenta la ventaja de obtener más viajes por encuesta, y de que la información base recolectada cumple restricciones de simetría.

1.303.504 Validación de la encuesta origen-destino

Los datos obtenidos en la encuesta origen-destino deben ser sometidos a los siguientes procesos de validación:

(1) Validación en terreno.

El supervisor de terreno debe verificar que los formularios sean llenados en la forma adecuada, evitando la falta de información, datos ilegibles o cualquier tipo de información que pueda presentar dudas.

(2) Validación de la codificación y digitación.

Primeramente se debe comprobar que los datos hayan sido ingresados en forma correcta a la base de datos. La detección puede ser realizada mediante programas verificadores o listadores y/o mediante una doble digitación.

(3) Verificación de consistencia.

Se debe realizar una comprobación de los rangos de los valores obtenidos, determinando la compatibilidad de los datos digitados.

(4) Mediciones de validación.

Es necesario contrastar los resultados obtenidos con mediciones de flujo realizadas simultáneamente con la encuesta origen-destino. Para ello es conveniente realizar conteos del tipo cordón o líneas de pantalla, que no sean utilizados para generar las matrices origen-destino.

1.303.505 Tamaño de la Muestra

Las consideraciones planteadas en el párrafo 1.303.405 son plenamente aplicables al caso de las encuestas origen-destino. Existe un patrón anual de variación de las matrices Origen-Destino, naturalmente desconocido, que imposibilita el cálculo de confiabilidad asociada a tamaños muestrales. Lo anterior implica que las encuestas O/D conducen a muestras que estarán con seguridad sesgadas, sin que sea posible estimar la magnitud del sesgo.

En esta situación, se recomienda realizar al menos 2 encuestas de 24 horas en cada una de las temporadas definidas en 1.303.405(1) una en día de semana (Martes a Jueves) y otra en día Domingo. A partir de esta información es normalmente posible construir matrices O/D por período, utilizando técnicas de relleno para pares O/D no detectados y consideraciones de simetría para períodos no medidos.

1.303.6 PREFERENCIAS DECLARADAS

Las técnicas de Preferencias Declaradas se refieren a un conjunto de metodologías que se basan en juicios declarados por los individuos acerca de sus preferencias sobre diferentes situaciones hipotéticas. De esta manera es posible estudiar el comportamiento de los individuos mediante la descripción de situaciones en determinados contextos.

Este tipo de encuesta surge como una alternativa frente a las técnicas de preferencias reveladas (o mediciones directas), las cuales se basan en el comportamiento observado de los individuos.
Esto se debe a que en determinadas situaciones es difícil y a veces imposible obtener información sobre el comportamiento de los individuos. Este es el caso de estudios sobre nuevas alternativas de transporte (un nuevo modo de transporte o un nuevo trazado de camino), estudios sobre la valoración de atributos no medibles como la comodidad, la seguridad o el impacto ambiental, o estudios en que existe correlación inevitable entre atributos. Por lo tanto, este tipo de encuesta puede ser aplicada a la elección de ruta, partición modal, elección de destino del viaje, elección de localización y a la valoración subjetiva del impacto ambiental, entre otras aplicaciones. Sin embargo, el desarrollo siguiente está enfocado hacia la aplicación de la técnica de preferencias declaradas en la elección de ruta, aunque muchas de las recomendaciones planteadas son válidas también para otros contextos.

Las preferencias declaradas presentan una considerable desventaja frente a las preferencias reveladas: en general, la gente no hace lo que dice, por lo cual los individuos podrían introducir fuertes sesgos en

la estimación. No obstante, este problema sólo se vuelve importante si se emplea únicamente datos declarados. Si se cuenta con datos revelados es posible ajustar las estimaciones al comportamiento observado de los usuarios como parte del proceso de agregación de los modelos.

1.303.601 Tipos de encuesta

Los métodos más conocidos y aplicados para realizar encuestas de preferencias declaradas son los siguientes:

a) **Encuesta Directa.**

Esta técnica consiste en detener a los vehículos y hacerles un conjunto de preguntas predeterminadas acerca de su viaje, gustos y preferencias. La encuesta directa debe ser lo más corta posible, precisa y no sujeta a interpretaciones por parte del encuestado y del encuestador. La detención de los vehículos puede ser a la entrada del cordón de estudio, a la salida de éste o en la separación de rutas en el caso de encuestas asociadas a elección entre ellas.

b) **Respuestas Postales.**

Este método consiste en anotar las patentes de los vehículos circulantes, identificándolos según una tipología predefinida y, luego de recopilar la dirección de sus dueños en el Registro Nacional de Vehículos Motorizados o por otro medio adecuado, enviarles la encuesta por correo. El principal problema de este método es el bajo nivel de respuesta, siendo necesario efectuar prácticamente un censo para obtener el tamaño muestral requerido.

c) **Método Mixto.**

Es una combinación de los métodos de encuesta directa y respuesta postal. Consiste en detener a los vehículos en la vía (a la entrada, salida o en la separación) y consultar directamente sobre las variables de segmentación predefinidas y la dirección del encuestado, entregándole la sección de gustos y preferencias para que la responda posteriormente y la envíe por correo o sea retirada. Una variante muy difundida es consultar si desea seguir siendo encuestado en el lugar que el usuario desee.

1.303.602 Consideraciones Generales

Salvo que los requerimientos específicos del proyecto aconsejen utilizar otro método, el analista debiera utilizar la encuesta directa, por ser éste el que presenta mayores ventajas. Algunas consideraciones que se debe tener en cuenta al recolectar las encuestas son:

- Para la ubicación de los puntos de control, un requisito mínimo es considerar los puntos por los cuales circula la gran mayoría de los usuarios que serán afectados directamente por el proyecto.

- En términos generales, la encuesta debiera considerar, como mínimo, las variables de segmentación detalladas en tópico 1.303.303.
- Para el caso del transporte público y del transporte de carga, se recomienda efectuar una encuesta por el método mixto, consultando la sección de gustos y preferencias al despachador

de la empresa, salvo que el conductor del vehículo de carga sea el dueño, en cuyo caso es posible considerar el método directo.

1.303.603 Diseño de la encuesta

El diseño de la encuesta requiere especial atención, pues de él depende la calidad de los resultados Esto se traduce en una gran

dedicación de tiempo a la determinación de un contexto apropiado de presentación del experimento y de las variables a ser incluidas. El diseño de la encuesta de preferencias debe considerar las recomendaciones siguientes:

- El analista debe determinar los atributos relevantes de interés y sus posibles niveles de variación. Esta etapa define el tipo de interacciones que podrán ser medidas y su rango de validez. Normalmente la lista de atributos resultará directamente de los objetivos y contexto del experimento, siendo en todo caso conveniente, como regla general, limitar su número a cuatro (4) o cinco (5). Por ejemplo, en el caso de estudios de elección de ruta, seguramente debiera considerarse algún subconjunto del siguiente universo de atributos: tiempo de viaje, tarifa, velocidad, distancia recorrida, costo de operación, consumo de combustible, calidad escénica de la ruta, seguridad de la ruta, interferencia con zona urbana, características geométricas particulares (pendientes fuertes, radios de giro pequeños), tiempo perdido en congestión, tiempo perdido en plaza de peaje, entre otros.

- En el diseño deberá tenerse en cuenta las características del o los proyectos que se desea modelar, de modo que los atributos que diferencian dichos proyectos de sus alternativas sean adecuadamente incluidos. Por otra parte, las características de la población encuestada deben corresponder tan fielmente como sea posible a las características de los potenciales usuarios del proyecto.

- En el diseño se deben usar niveles de los atributos usualmente percibidos por los usuarios, pues en caso contrario el experimento pierde realismo. Existen dos formas de plantear los niveles en los atributos. La primera es la definición de valores fijos o absolutos en el enunciado del experimento: una tarifa de $1000 o un tiempo de viaje de 125 minutos. La segunda es personalizar los valores refiriéndolos a aquellos de un viaje realmente realizado por el encuestado: una tarifa reducida en un 15% o un tiempo de viaje 10 minutos mayor. La elección entre ambas modalidades dependerá del contexto definido para el experimento. Sin embargo, cuando se utiliza la segunda es posible combinar niveles relativos con niveles absolutos.

- Los valores de las tarifas, si corresponde incluirlas, deben estar relacionados con el beneficio que produzcan.

- Se debe asegurar que las variaciones de los atributos no sean despreciables, para permitir una buena estimación de los parámetros. Por ejemplo, en el caso de tarifas se recomienda no considerar variaciones menores al 10% de la misma, salvo que el contexto del estudio lo requiera.

- Las elecciones no deben contener alternativas dominadas, esto es, aquellas alternativas cuyos atributos son todos peores que los atributos de otra incluida en el mismo conjunto. Se supone que un usuario racional descarta siempre tales alternativas, de modo que su inclusión no aporta información adicional.

- Como regla general, el número de preguntas de preferencias efectuadas a un mismo individuo no debiera ser mayor que 9, aceptándose un máximo de 12.

- Las elecciones deben ser razonables en términos de su similitud con las situaciones corrientemente encontradas en viajes reales.

- El diseño debe contribuir a reducir el riesgo de respuestas con sesgo de política. Este consiste en que el encuestado trata de influenciar, mediante sus respuestas, un resultado de la encuesta que le favorezca.

- Se debe diseñar como mínimo una versión piloto de la encuesta, la cual debe ser aplicada en diferentes estratos de la población bajo estudio, con un tamaño muestral mínimo del 10% del tamaño muestral de la encuesta definitiva, originalmente determinado.

- El experimento debe ser simulado mediante una muestra ficticia generada computacionalmente, para determinar su bondad, de acuerdo a los lineamientos descritos en tópico 1.411.4.

1.303.604 Validación de la encuesta

Los datos obtenidos en la encuesta deben ser sometidos a los siguientes procesos de validación:

a) Validación en terreno.

El supervisor de terreno debe verificar que los formularios sean llenados en la forma adecuada, evitando la falta de información o la presencia de datos ilegibles o dudosos.

b) Validación de la codificación y digitación.

Previamente al análisis de la base de datos, se debe comprobar que hayan sido ingresados en forma correcta. La detección puede ser realizada mediante programas verificadores o listadores y/o mediante una doble digitación.

c) Verificación de consistencia.

A partir de la información digitada se debe realizar una comprobación de los rangos de los valores obtenidos, determinando la compatibilidad de los datos.

1.303.605 Tamaño Muestral

Previamente a la aplicación de la encuesta, es necesario calcular el número mínimo de encuestas a realizar, de forma tal que la muestra obtenida sea representativa de la población en estudio. Como condición mínima, el número de observaciones (encuestas) a realizar (n) se obtendrá de:

$$n = 35 \times P \times S \qquad 1.303.605\ (A)$$

donde

P = Número de parámetros considerados en la función de utilidad, incluyendo constantes y variables mudas;

S = Número de segmentos considerados (períodos, niveles de ingreso).

Si los requerimientos específicos del proyecto lo aconsejan, el analista deberá considerar tamaños muestrales superiores al aquí recomendado.

1.303.7 MEDICIONES DE VELOCIDAD

1.303.701 Aspectos conceptuales

El **desplazamiento** se verifica en un ámbito físico, que comprende las dimensiones espacial y temporal en forma simultánea. Por esto, si bien el concepto de **velocidad** es único, es posible medirlo como la distancia recorrida en una unidad de tiempo (ej.: 50 Km/Hr) o como el tiempo transcurrido en una unidad de distancia (ej.: 3 min/cuadra). Asumiremos, conforme a la definición de uso habitual, que la velocidad se expresa como la distancia recorrida por unidad de tiempo.

Para cada móvil considerado individualmente, un valor medido sobre la escala temporal es el inverso del medido sobre la escala espacial. Sin embargo esto no es válido para los valores medios de un conjunto de móviles con velocidades individuales distintas.

Lo anterior expresa que la velocidad media de la corriente calculada como el **tiempo promedio** transcurrido en recorrer una unidad de distancia no es igual al inverso de la calculada como la **distancia promedio** recorrida por esa misma corriente en una unidad de tiempo. Además, ambas están relacionadas según se verá en seguida.

Si para un δt fijo (distribución temporal) se observa cuánto recorre cada vehículo, la velocidad media de la corriente vehicular se puede describir como:

$$V_T = \frac{\sum \delta X_i}{n \delta t} = \frac{1}{n} \sum_i^n \frac{\delta X_i}{\delta t} = \frac{\sum V_i}{n} \qquad 1.303.701 \text{ (A)}$$

lo que equivale a la media aritmética de los datos.

Para un δx fijo (distribución espacial) se observa cuánto demora cada vehículo en recorrerlo, la velocidad de la corriente será:

$$V_S = \frac{n\,\delta x}{\sum_i^n \delta t_i} = \frac{1}{\frac{1}{n}\sum_i^n \frac{1}{\left(\frac{\delta x}{\delta t_i}\right)}} = \frac{1}{\frac{1}{n}\sum_i^n \frac{1}{V_i}} \qquad 1.303.701 \text{ (B)}$$

lo que equivale a la media armónica.

La relación entre ambas es:

$$V_T = V_S \left(1 + \frac{\sigma_s^2}{V_S^2}\right) \qquad 1.303.701 \text{ (C)}$$

Es decir, la media aritmética de la distribución espacial de velocidades es igual a la media armónica de la distribución temporal de velocidades.

El valor incorporado a la mayoría de los modelos es la velocidad media obtenida sobre una distancia fija (distribución espacial), calculada como el promedio de los tiempos empleados dividido por la distancia recorrida. Se demuestra que esta velocidad media es mayor que el promedio de las velocidades individuales (distribución temporal).

1.303.702 Acepciones del término

La recolección de las velocidades es una tarea que puede efectuarse de diferentes maneras. Los principales métodos de recolección están basados en determinar el tiempo de viaje del vehículo y, conocida la distancia recorrida, determinar la velocidad. Existen diversos tipos de velocidades:

a) Velocidad de viaje.

Asociada al tiempo y distancia de viaje, incluyendo las detenciones, sean éstas voluntarias o involuntarias;

b) Velocidad en movimiento.

Asociada al tiempo y distancia en que el vehículo está en movimiento, incluyendo etapas de aceleración y frenado;

c) Velocidad de recorrido o de crucero.

Asociada al tiempo y distancia en que el vehículo circula a velocidad aproximadamente constante, no considera etapas de aceleración desde la detención ni de frenado hasta la detención.

d) Velocidad deseada.

Equivale a la velocidad a la que desea viajar el conductor del vehículo. Esta puede ser superior, inferior o igual a la velocidad de recorrido.

e) Velocidad de diseño.

Velocidad relacionada con los aspectos de diseño geométrico de la infraestructura vial.

f) Velocidad instantánea.

Equivale a la velocidad a la que circula el vehículo en un instante infinitesimal de tiempo.

1.303.703 Métodos de medición

En general, en estudios de transporte interurbano la velocidad relevante a ser determinada es la velocidad media de los vehículos en una distribución espacial. A continuación se presentan distintos métodos de medición de esta velocidad.

(1) Método de las Patentes.

En este caso se registran las patentes y simultáneamente, el instante de pasada. El tiempo de viaje se obtiene mediante el pareamiento de las patentes y la diferencia entre los tiempos controlados. Para cada par que se esté controlando, se debe establecer cotas mínima y máxima de tiempo de viaje. Así, se evita tomar como observaciones de un mismo vehículo las de otros con dígitos similares, efecto que produce sesgos en la información. Este método permite determinar sólo velocidad de viaje.

Para simplificar el proceso de registro de datos, se puede escoger un subconjunto de vehículos según los dígitos finales de la patente, compatible con el tamaño de muestra requerido.

(2) Métodos automáticos.

La medición automática de velocidad se realiza a través de instrumentos ubicados en dos o más secciones de la vía, que registran pulsos a partir del paso de los vehículos. Este método permite determinar velocidades instantáneas.

(3) Método de la persecución de vehículo.

En este método se debe perseguir a un vehículo seleccionado al azar en la corriente vehicular, lo más de cerca posible, en todas sus maniobras desde el punto de partida hasta una salida previamente seleccionada, cronometrándose el tiempo de viaje. Como no se sabe el destino del vehículo, este método es útil en el caso de ejes arteriales, en que normalmente el grueso del tráfico sigue el corredor y existen pocos desvíos laterales. El mayor cuidado debe ponerse en la selección aleatoria del vehículo, ya que puede producirse un sesgo en las muestras.

(4) Método del Vehículo Flotante.

Consiste básicamente en la realización de recorridos en el tramo sobre el que se mide, por parte de un vehículo denominado auto-test; éste trata de mantenerse en la corriente, sin ser adelantado o adelantar a otros vehículos (o siendo adelantado por tantos vehículos como él ha adelantado), con lo cual se considera que su tiempo de viaje es representativo del promedio de la corriente vehicular. Es un método sencillo, particularmente apropiado para la medición de tiempos de viaje en auto y por lo tanto para la determinación de las velocidades de viaje en ese modo. Este método no es recomendable para vías con flujo vehicular bajo.

(5) Método del Vehículo Flotante Modificado.

Si se dispone de un registrador de eventos acoplado y calibrado al auto-test, el método anterior puede experimentar variaciones. Se deben realizar los mismos recorridos que en el método normal, pero registrando como eventos todos los tipos de detención posibles. Dado que el instrumento entrega no sólo los tiempos sino que también las distancias, es posible conseguir una visión mucho más clara en gabinete de las velocidades desarrolladas a lo largo de los tramos y de la influencia de las detenciones parciales. Además, el dispositivo permite registrar la distancia recorrida para intervalos de tiempo predefinidos (normalmente, entre uno y cinco segundos), por lo que el método aquí descrito permite obtener información sobre velocidad de viaje, de crucero, en movimiento e instantánea.

1.303.704 Tamaño muestral

(1) Método de las Patentes.

En este método, la restricción de mayor peso es la longitud mínima necesaria para obtener un error de estimación conocido.

El error asociado a la medición de la velocidad, si no existe correlación entre las variables tiempo y longitud, queda definido por:

$$e_V^2 = \frac{V^2}{L^2} \times \left(e_L^2 + V^2 \times e_t^2\right) \qquad 1.303.704 \text{ (A)}$$

donde:

V	:	Velocidad espacial del tramo (m/seg)
L	:	Longitud del tramo (m)
e_L	:	error de medición de la longitud (m)
e_T	:	error de medición del tiempo (seg).

Si consideramos que el error de medición de la longitud es 0,5 metros y que el error de medición del tiempo equivale al error de precisión, es decir; 0,5 segundos, la expresión queda como:

$$e_V^2 = 0{,}25 \times \frac{V^2}{L^2} \times \left(1 + V^2\right) \qquad 1.303.704 \text{ (B)}$$

Si deseamos que el error de medición de la velocidad no supere cierto porcentaje x (en tanto porciento) de la velocidad, el error de medición puede expresarse como:

$$e_V = \frac{V \times x\%}{100} \qquad 1.303.704 \text{ (C)}$$

Reemplazando y reordenando términos, la longitud mínima necesaria para obtener el error deseado es:

$$L = \frac{50}{x} \times \sqrt{1 + V^2} \qquad 1.303.704 \text{ (D)}$$

Por ejemplo, si se desea que el error no supere un 1% de la velocidad promedio, la que alcanza los 50 Km/Hr (13,89 m/seg), la longitud del tramo debe ser del orden de 696 metros.

En el caso de dimensionar el número de observaciones (vehículos), el analista deberá asegurar un tamaño muestral efectivo de acuerdo a los lineamientos descritos en el párrafo 1.303.404.

(2) Métodos de Seguimiento.

Independiente del método de seguimiento considerado, el analista deberá asegurar un tamaño muestral mínimo de 10 observaciones efectivas por cada valor de velocidad promedio requerida, en la medición piloto. Estos antecedentes permitirán determinar el tamaño muestral óptimo, de acuerdo a los lineamientos descritos en tópico 1.411.6.

1.303.8 MEDICIONES ESPECIALES

1.303.801 Adelantamiento

Este tipo de información es relevante en la etapa de calibración de modelos de simulación microscópicos. Existen tres tipos de adelantamientos dependiendo de donde se inicie y donde termine la maniobra (antes, dentro y después del tramo analizado) y un cuarto denominado adelantamiento abortado.

Para recolectar esta información, se debe seleccionar un tramo característico del camino en estudio, que presente condiciones adecuadas de visibilidad que permitan contemplar totalmente las maniobras que suceden en el tramo.

Determinado el tramo, se debe contabilizar el número de vehículos que adelantan y que son adelantados, distinguiendo entre las tres categorías mencionadas y los vehículos que comienzan la maniobra de adelantamiento y la abortan, no efectuando el proceso. Los resultados permiten obtener el porcentaje de vehículos realizando adelantamiento en un tramo característico de la red.

En esta labor se deben registrar los tipos de vehículos involucrados en cada maniobra de adelantamiento. Estas mediciones deben ser efectuadas en conjunto con las mediciones periódicas de flujo vehicular.

1.303.802 Tasas de ocupación de vehículos

A continuación se presentan los distintos métodos de medición de tasas de ocupación en una sección de la vía, los cuales varían dependiendo del tipo de vehículo considerado.

Para todo fin práctico, deberán contabilizarse sólo los ocupantes que parezcan a simple vista ser mayores de 5 años.

(1) Vehículos Livianos. En este caso, la medición es directa; basta con determinar el número de ocupantes del vehículo y efectuar el registro correspondiente. Esta medición puede ser efectuada en conjunto con otras que obliguen a los vehículos a detenerse (por ejemplo, encuesta Origen-Destino o de Preferencias Declaradas),

siempre y cuando la medición considere sólo una muestra representativa del flujo vehicular. En caso que se requiera un censo y que el nivel de flujo sea elevado, es recomendable considerar filmaciones.

En la medición de tasas de ocupación se deben considerar los mismos puntos de control empleados en las mediciones de flujo.

(2) Vehículos Pesados. Al igual que en vehículos livianos, estos no presentan grandes dificultades para determinar la tasa de ocupación. El valor medio equivale directamente al promedio de las observaciones.

(3) Bus. La obtención de tasas de ocupación en este caso, presenta dificultades especiales, por la imposibilidad físico-temporal de contabilizar las personas que ocupan cada vehículo muestreado. Para la determinación de tasas de ocupación, es posible realizar la medición en conjunto con otras que requieran la detención de los vehículos. En este caso, la consulta se realiza en forma directa al conductor del vehículo o por recuento de los pasajeros.

De no ser posible aplicar el método anterior, se debe realizar una clasificación de los buses, de acuerdo al grado de ocupación observado (casi vacío, la mitad de los asientos ocupados, todos los asientos ocupados, la mitad del pasillo con pasajeros de pie, todo el pasillo con pasajeros de pie, vehículo completamente ocupado), y asignar valores promedio de ocupación a cada rango predefinido, de acuerdo a la capacidad promedio de asientos de los vehículos y suponiendo que caben 5 pax/m² de pie.

Tamaño Muestral. Como regla general, independientemente de la tasa de ocupación promedio que se desee estimar, el analista deberá asegurar un tamaño muestral efectivo superior al 20% del flujo circulante para flujos superiores a 500 Veh/Hr. Para flujos inferiores, el analista deberá regirse por los lineamientos descritos en el tópico 1.411.6.

1.303.803 Longitud de cola

Este tipo de información es relevante en transporte interurbano cuando es necesario modelar intersecciones, independientemente del tipo de regulación existente.

Interesa medir tres tipos de cola: las colas excedentes y colas máximas en nudos semaforizados y colas promedio en intersecciones prioritarias. Las colas excedentes y máximas se utilizan para efectos de calibración cuando es posible simular cruces semaforizados. Las metodologías recomendadas en cada caso son las vertidas en el Manual de Diseño y Evaluación Social de Proyectos de Infraestructura Vial Urbana (SECTRA, 1988).

1.303.804 Porcentaje de vehículos restringidos

Este tipo de información es relevante en la etapa de calibración de modelos de simulación microscópicos. Si bien no existe un método exacto para determinar el porcentaje de vehículos restringidos, dado que un observador externo no puede saber si el conductor del vehículo viaja a la velocidad deseada o desea adelantar, el método aquí propuesto calcula una estimación razonable de dicha variable.

El método de medición consiste en realizar filmaciones, en una sección representativa del tramo bajo análisis, de las pasadas de los vehículos. El proceso para obtener el porcentaje de vehículos restringidos considera los pasos siguientes:

- Calcular, para intervalos de tiempo (t) no superiores a cinco (5) minutos, el flujo vehicular horario (q_t), y el promedio de los intervalos de tiempo entre pasadas (I_t);

- Calibrar una función del tipo $I_t = F(q_t)$, la cual debe ser decreciente con el flujo;

- Calcular la asíntota de dicha función F(), cuyo valor equivale al intervalo mínimo posible a capacidad;

- Definiendo por intervalo de pasada del vehículo tipo i al tiempo entre dos pasadas consecutivas por la sección, donde el segundo vehículo es del tipo i, contabilizar el número de vehículos tipo i, con un intervalo igual al intervalo mínimo calculado;

- El porcentaje de vehículos restringidos, para cada tipo, equivaldrá a la división entre el número de vehículos contabilizados y el flujo horario de dicho tipo.

Para el tamaño muestral, el analista deberá regirse por los lineamientos descritos en el tópico 1.411.6. Como regla general, si se consideran intervalos de tiempo de cinco (5) minutos, se deberá filmar el tiempo necesario para contabilizar a lo menos 30 observaciones efectivas.

Como recomendación, el analista deberá escoger períodos de tiempo en que el flujo vehicular sea elevado.

1.303.805 Filmaciones

La filmación es una de las mejores herramientas para realizar mediciones de cualquiera de las variables anteriormente tratadas. Su principal característica es la posibilidad de repetir cuantas veces sea necesario la secuencia deseada, presentando ventajas respecto de cualquier otro método, aún cuando el tiempo empleado en procesamiento sea elevado. Algunas consideraciones prácticas que deben ser tomadas en cuenta son las siguientes:

- Es conveniente apoyar la filmación del fenómeno, con una breve presentación del entorno en el cual se produce y con fotografías específicas;

- Siempre es más adecuado filmar desde techos de edificios, azoteas, cerros o lomas, permitiendo así mediciones libres de toda obstrucción visual.

- Es conveniente que el filmador comente a viva voz lo que sucede en el entorno y en el proceso que está filmando. Esta información normalmente es de gran utilidad en la etapa de procesamiento y análisis.

1.303.9 Peatones y ciclistas

En transporte interurbano, los fenómenos que involucran a peatones o ciclistas son el cruce de la calzada y el uso compartido de las pistas. Las variables que interesa determinar en estos casos son el flujo y la velocidad media.

Al medir flujo, ya sea manualmente o con filmación, no interesa el sentido de circulación del peatón (ciclista), sólo su dirección. Para este efecto, se debe considerar intervalos de medición inferiores a los de vehículos, empleando intervalos de dos a cinco minutos.

Para determinar la velocidad media, se deben realizar filmaciones. En este caso, el sentido de circulación tampoco interesa.

Para el tamaño muestral, el analista deberá regirse por los lineamientos descritos en tópico 1.411.6. Como regla general, deberán efectuarse a lo menos 30 observaciones efectivas.

SECCION 1.304 SISTEMA DE ACTIVIDADES

1.304.1 ASPECTOS GENERALES

El objetivo de la presente sección es normar acerca de los estudios de base sobre el sistema de actividades necesarios para la modelación. La información sobre el sistema de actividades es necesaria para los siguientes fines:

- Calibración de modelos de generación/atracción de viajes (párrafo 1.405.803)
- Calibración de modelos de localización (párrafo 1.405.802)
- Calibración de modelos de demanda directa (tópico 1.405.7)
- Aplicación del modelo de actividades (tópico 1.405.5)
- Proyecciones (sección 1.408)

1.304.2 PROCEDIMIENTOS

Dado que los modelos que hacen uso de información sobre el sistema de actividades no son especificados en este manual a nivel de listados de variables explicativas, no es posible detallar en este tópico la normativa de obtención de las mismas. Sin embargo, se presentan normas acerca de las variables del sistema de actividades más frecuentemente utilizadas. Será función del analista, basado en su juicio profesional, el asegurar que la recolección de información sobre el sistema de actividades cubre efectivamente las variables necesarias para aplicar las técnicas de modelación normadas o recomendadas por el presente manual.

En etapa de perfil se utilizará información existente. Las principales fuentes de información sobre el sistema de actividades se presentan en el tópico 1.004.6.

En etapa de prefactibilidad se recogerá información nueva, de acuerdo a las recomendaciones presentadas en los tópicos siguientes.

En etapa de factibilidad, normalmente se utilizará la información de la etapa de prefactibilidad, salvo que se estime necesario actualizar o complementar dicha información.

1.304.3 POBLACION

Se recurrirá como fuente principal a los resultados de los censos de población realizados por el INE, y a las proyecciones oficiales para los períodos intercensales. La extensión espacial de la información deberá cubrir toda el área afectada por el proyecto.

Además de las segmentaciones habituales de la población por sexo, grupos de edad y división político-administrativa, interesará en ciertos casos conocer además las siguientes características:

- número de hogares
- ingreso familiar medio por zona
- distribución de la población por quintiles de ingreso familiar
- tasa de motorización
- porcentaje de población urbana
- principales centros poblados

1.304.4 USO DEL SUELO

Deberá obtenerse información acerca de las siguientes características:

- precio de la tierra por zonas (UF/m2)
- cantidad de suelo por zona y su clasificación (urbano, no urbano, agrícola de diversos tipos, etc.) en Há.
- uso de suelo (Há) por zona según grandes grupos de actividad: residencial, comercial, industrial, agrícola, etc.

Para esto se recurrirá a información existente y, a falta de ésta, a catastros levantados en terreno.

1.304.5 PRODUCCION

La información sobre producción está relacionada con los flujos de carga medidos en encuestas de origen destino de camiones y en las estadísticas de transporte de carga de los otros modos de transporte. Usualmente estas últimas son más confiables, por tener una base censal, en lugar de la base muestral de las encuestas.

Deberá obtenerse datos sobre producción para contrastarlos con la información sobre flujos. Se espera que, a nivel de flujos anuales, toda la producción sea transportada. Sin embargo, sobre todo en el caso de producción agrícola, existen fuertes estacionalidades que deberán ser detectadas.

Por otra parte, al asociar la información de producción agrícola con las superficies sembradas determinadas mediante el catastro de uso de suelo, se obtiene rendimientos medios por Há que pueden ser contrastados con los rendimientos reales. Ello puede hacerse tanto para los cultivos permanentes como para los anuales.

En términos generales, la información sobre producción por producto o grupo de productos permitirá incrementar la confiabilidad de las estimaciones de flujos de carga. Para ciertos usos interesará además disponer de cifras agregadas, tales como el producto geográfico bruto a nivel zonal (total o per cápita), el empleo por sectores de actividad y zona.

Las principales fuentes de información sobre producción aparecen detalladas en el párrafo 1.004.603. Esta información puede ser complementada por catastros en terreno.

Resultará también conveniente complementar la información anterior con datos de comercio exterior y movimiento portuario, cuando ello sea atingente al proyecto.

1.304.6 TURISMO

La información sobre turismo se referirá en primer lugar al catastro de centros de atracción turística. Estos centros se clasificarán cualitativamente en términos de la descripción de la naturaleza de su atractivo (playa, centro de esquí, etc.) lo cual obviamente tendrá implicaciones en relación a la estacionalidad de la demanda.

La caracterización cuantitativa se referirá a variables tales como capacidad (población flotante máxima), oferta hotelera (número de camas ofrecidas por zona), existencia de casas de veraneo, etc.

1.304.7 EQUIPAMIENTO

En transporte interurbano cierta proporción de los viajes de personas que se realizan puede explicarse por las diferencias de equipamiento entre centros poblados, que pueden traducirse en la aparición de relaciones jerárquicas entre los mismos.

En este sentido el equipamiento constituye una variable clave a considerar en la calibración de modelos de atracción de viajes.

Las variables de equipamiento que se recomienda considerar son los servicios públicos, comercio, servicios privados, establecimientos de educación y salud, etc..

Estos servicios pueden ser expresados en términos cuantitativos utilizando variables tales como número de plazas en establecimientos educacionales, número de camas de hospital, m2 en comercio y servicios, etc.

1.304.8 TENDENCIAS

Dado que la modelación requiere realizar proyecciones, resulta conveniente lograr una apreciación del potencial de crecimiento de las actividades de mayor relevancia en términos de generación de flujos. Ello puede deberse a proyectos productivos cuya ejecución ya está decidida, o que podrían llevarse a cabo si el proyecto vial se materializa.

Este tipo de información puede obtenerse mediante consultas a autoridades públicas, empresarios locales, cámaras de comercio, asociaciones gremiales, etc.

La información recogida se resumirá en un catastro de proyectos y un cuadro de tendencias, desagregados por sectores de actividad.

SECCION 1.305 TRANSPORTE

1.305.1 ASPECTOS GENERALES

Esta sección contiene la definición de procedimientos para la obtención de información sobre el transporte público de pasajeros y carga en el área de influencia del proyecto en análisis.

1.305.2 PROCEDIMIENTOS

Esta sección debe ser considerada cuando los requerimientos específicos del proyecto impliquen la necesidad de incluir partición modal en la modelación, esto es, se trate de un proyecto tipo V. También se requiere cuando se espera, como consecuencia de la ejecución de los proyectos o del desarrollo futuro del sistema de actividades, cambios importantes en los recorridos, frecuencias, tarifas u otras características de los servicios de transporte público de pasajeros por carretera.

Si el analista prevé que los proyectos no modificarán la partición modal, los antecedentes a recolectar son los descritos en el tópico 1.305.3. En los casos en que se prevea un cambio en la partición modal, el analista deberá además recolectar lo indicado en los tópicos 1.305.4, 1.305.5 y 1.305.6.

1.305.3 ANTECEDENTES BASICOS SOBRE TRANSPORTE PUBLICO VIAL DE PASAJEROS

Normalmente, en la modelación de un proyecto sin impactos relevantes en la partición modal, el transporte público vial de pasajeros se modela ya sea en términos de flujos fijos por arco o en términos de recorridos o rutas a las cuales se asocia una frecuencia. Esta frecuencia puede variar entre temporadas del año o, en términos más generales, entre períodos de modelación.

Como parte de la metodología de modelación deben realizarse predicciones de flujos fijos por arco, o en su caso de recorridos y frecuencias, para las situaciones futuras base y con proyecto.

Como se dijo en el alcance general, estos antecedentes no son requeridos si sólo interesa conocer flujos por arco. Bastará en ese caso con los conteos de flujos.

La información sobre recorridos puede obtenerse de las encuestas de origen-destino disponibles o que se realicen. Sin embargo, en algunos casos resultan insuficientes para los fines de modelación. En particular, una encuesta O/D puede proporcionar los lugares de inicio y término del recorrido, pero sin detalle de paradas intermedias. Dependiendo de la calidad de la encuesta, en algunos casos puede haberse registrado un destino intermedio (la parada siguiente) como si fuera el final. Similar cosa puede ocurrir con el origen.

Por lo tanto, la recolección de estos antecedentes se debe realizar mediante un inventario o catastro de los servicios de transporte de pasajeros, el cual puede ser efectuado en los terminales interurbanos de pasajeros. Este catastro contendrá como mínimo la siguiente información:

- Nómina de empresas que operan en el terminal.
- Rutas o recorridos, indicando paradas intermedias.
- Frecuencias u horarios de salida y llegada.
- Variaciones, si las hay, de la información anterior según temporada, día de la semana y hora del día.
- Estadísticas sobre volúmenes de pasajeros transportados, si éstas existen.
- Tarifas cobradas.

Esta información puede ser complementada con encuestas especiales en terreno. En especial, si no se dispone de información sobre cantidad de pasajeros transportados, puede realizarse estimaciones a partir de tasas de ocupación de vehículos observadas en puntos apropiados del recorrido. Esta información será complementada con encuestas origen-destino realizadas de acuerdo a las recomendaciones del tópico 1.303.503.

En algunos casos será necesario realizar un trabajo previo consistente en mediciones especiales en la red vial relevante, con el objeto de dimensionar el número de empresas que ofrecen sus servicios en el área de influencia del proyecto y los terminales que utilizan.

1.305.4 ANTECEDENTES COMPLEMENTARIOS SOBRE TRANSPORTE PUBLICO VIAL DE PASAJEROS

La recopilación de estos antecedentes debe ser realizada mediante una extensión del ámbito de información a recoger en los catastros en terminales interurbanos de pasajeros indicados en el tópico anterior. Esta información puede ser complementada con encuestas especiales en terreno.

La información recopilada en los respectivos catastros debe incluir la estacionalidad esperada de las variables, en función de los períodos de alta y baja demanda.

Las variables a considerar serán aquellas requeridas por los modelos de partición modal que se prevea calibrar o utilizar.

La caracterización del transporte público carretero, involucra la determinación de las distintas tipologías o modalidades de servicio ofrecido, cuya clasificación depende de la calidad del servicio.

La definición de la tipología deberá permitir reconocer servicios de tarifas y calidad marcadamente diferentes, desde el punto de vista del usuario del sistema de transporte.

El catastro de los servicios de buses deberá determinar las diversas modalidades ofrecidas y la participación de cada una en el mercado. Esta información permitirá definir la tipología de servicios más adecuada y la partición modal original.

Independientemente de la tipología adoptada, deberán considerarse explícitamente variables como las siguientes: comodidad, seguridad, puntualidad, servicio a bordo, tarifas, confort, frecuencia e itinerario, entre otras.

El analista deberá recolectar información sobre las tarifas vigentes para cada tipología de servicio por par origen destino considerado relevante en el estudio. La definición de la tipología empleada debe permitir reconocer servicios de tarifas y calidad marcadamente diferentes, por lo que la varianza entre tarifas debiera ser razonable.

Se deberá considerar las variaciones estacionales experimentadas por las tarifas en épocas de alta y baja demanda. Dado que normalmente los cambios tarifarios se producen en temporadas predefinidas, como es el caso de fines de semana largos, festivos y temporada veraniega, el catastro deberá considerar dichas variaciones.

De igual manera, el analista deberá determinar las modalidades de rebajas y convenios que ofrecen algunas empresas. No existe una regla general en cuanto al sistema de rebaja otorgado; sin embargo, muchas empresas de buses que prestan servicios pullman autorizan a las oficinas de venta a rebajar las tarifas si es que las condiciones de demanda y competencia lo justifican. El monto de la rebaja puede aumentar considerablemente en épocas de baja demanda, esta situación se puede observar con mayor frecuencia unas pocas horas antes de las salida de los buses, cuando los vendedores prevén que las ventas serán muy bajas y que, por lo tanto, los buses no saldrán con todos los asientos ocupados. Si bien, no es posible determinar en forma exacta los distintos tipos de rebajas, a no ser que estas sean obtenidas de encuestas directas a usuarios; el analista deberá determinar, a lo menos, las modalidades de rebajas y convenios formales.

La medición de tiempos de viaje, al igual que las tarifas, se deberán obtener directamente de los itinerarios prefijados por las empresas de buses. Cabe destacar que en general, este tipo de servicio se ciñe fielmente a sus itinerarios, debido a que en carreteras estos vehículos tienen la posibilidad de recuperar tiempos perdidos, por lo que es esperable que las variaciones entre el tiempo de viaje real y el de itinerarios no sean de significancia.

1.305.5 ANTECEDENTES SOBRE TRANSPORTE PUBLICO DE PASAJEROS POR OTROS MODOS

Se distinguen dos modos relevantes: avión y ferrocarril. La información a recolectar contiene: los volúmenes actualmente transportados por cada modo, diferenciados por origen destino, para obtener la

partición modal actual; y los atributos de los servicios ofrecidos, necesarios para calibrar o utilizar modelos de partición modal.

En casos especiales, en que el analista estime conveniente incorporar otros modos (p.ej. marítimo), los criterios aquí presentados deberán ser complementados.

En el caso de viajes en avión o ferrocarril, las empresas manejan registros confiables del número de pasajeros transportados entre cada par origen-destino servido. Si es necesaria mayor información (el propósito del viaje, por ejemplo), se deben efectuar encuestas especiales en los terminales.

Al igual que en el caso del transporte por carretera, deberá definirse la tipología de servicios de transporte público ofrecida por los modos competitivos, lo cual involucra la identificación de las distintas calidades o niveles ofrecidos por cada empresa. Una posterior agregación en función de la participación dentro del mercado de cada servicio permite diseñar una tipología adecuada a los fines del estudio.

Para su determinación se debe realizar un catastro de los servicios relevantes en la zona modelada, el cual debe ser realizado en las estaciones de ferrocarriles o terminales aeroportuarios, identificando cada uno de los servicios, distinguiéndolos de acuerdo con la calidad ofrecida y su tarifa.

En el caso de los servicios de ferrocarriles destinados al transporte de pasajeros se distinguen dos tipos de trenes, los denominados trenes permanentes, que realizan sus salidas diariamente con itinerarios preestablecidos y válidos para toda una temporada, invierno o verano. Otros, llamados trenes facultativos, realizan sus salidas únicamente en días que presentan altos niveles de demanda y que no pueden ser satisfechas por los trenes permanentes.

Las clases o acomodaciones que se ofrecen en cada tren, dependen principalmente de la extensión de su recorrido y del horario de salida. El analista deberá identificar y agrupar las clases de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

La oferta de transporte aéreo de pasajeros en el servicio nacional es más bien reducida, por lo cual los niveles de servicio ofrecidos son más bien homogéneos. Sin embargo, en caso de ser necesario, se deberá distinguir entre los servicios, de acuerdo con la calidad ofrecida.

Las empresas de ferrocarriles y aviones se rigen de acuerdo con itinerarios de viaje, es decir, con planes preestablecidos de salida y/o llegada a las distintas ciudades o localidades servidas.

La determinación de dichos itinerarios y frecuencias, se debe realizar mediante un catastro de los servicios ofrecidos por las empresas de transporte de pasajeros, el cual puede ser realizado en los diversos terminales interurbanos de pasajeros. Se deberá considerar en este catastro las variaciones en los itinerarios, frecuencia y cobertura geográfica atendida a lo largo del año.

Se deberán recolectar las tarifas vigentes para cada tipología de servicio por pares origen-destino, considerados relevantes en el estudio. Esto será realizado mediante un catastro, efectuado en la totalidad de los terminales ferroviarios o aeroportuarios que sirvan los pares origen-destino relevantes. Se deben considerar las variaciones en las tarifas en épocas de alta y baja demanda.

En este catastro se deben considerar las rebajas y convenios de tarifas ofrecidas por las empresas.

La medición de tiempos de viaje en transporte aéreo, al igual que las tarifas, se deberán obtener directamente de los itinerarios prefijados por las aerolíneas. Sin embargo, en el caso de ferrocarriles, en la medida que este servicio presente disparidad entre los itinerarios prefijados y los reales, el tiempo de viaje debe ser obtenido directamente de las estadísticas de tiempos de viaje reales que genera ferrocarriles.

1.305.6 ANTECEDENTES SOBRE TRANSPORTE DE CARGA

Los antecedentes sobre transporte de carga a que se refiere este tópico son los necesarios para determinar la partición modal actual del transporte de carga, y los atributos de los modos de transporte necesarios para calibrar o utilizar modelos de partición modal. Sólo son requeridos, por lo tanto, si se espera que la ejecución del proyecto produzca cambios significativos en la partición modal del transporte de carga.

Los modos competitivos al transporte de carga por carretera dependerán de la oferta de los mismos en el ámbito geográfico en que se ubique el proyecto. En principio, se tratará de transporte ferroviario y, en casos especiales, transporte marítimo. El transporte aéreo de carga sólo deberá ser considerado cuando el proyecto vial dé acceso a un área que anteriormente era servida por el transporte aéreo como modo dominante de transporte de carga. En todo otro caso, los volúmenes de carga transportados por vía aérea son poco significativos en comparación al transporte por carretera, de modo que cualquier cambio en la partición modal que se produzca tiene impactos no relevantes sobre la rentabilidad del proyecto.

La información sobre volúmenes de carga transportados en cada modo o tipología de servicios empleada, para el caso de empresas ferroviarias y navieras, puede ser obtenida de las estadísticas que generan dichas empresas. En el caso de transporte por carretera, de no existir antecedentes confiables, se debe recurrir a encuestas origen-destino realizadas de acuerdo a las recomendaciones del tópico 1.303.503.

La calidad del servicio ofrecido por el transporte de carga puede ser caracterizado por una diversidad de variables. Se podrá considerar, entre otras, las siguientes:

. Tiempo de viaje;
. Confiabilidad en el tiempo de entrega, puntualidad;
. Probabilidad de pérdidas o daños;
. Responsabilidad frente a perdidas y daños;
. Seguros ofrecidos;
. Cobertura espacial del servicio;
. Capacidad máxima de transporte;
. Disponibilidad de servicios auxiliares (carga y descarga);
. Imagen externa del transportista;
. Reenvíos (en caso de no llegar a destinatario);
. Información sobre estado y ubicación de la carga;
. Servicios especiales (refrigeradas, de carga y descarga);
. Rapidez en atender a reclamos;

. Requerimientos de empaque;
. Consecuencias de pérdidas y daños.

Como regla general, el analista deberá distinguir la modalidad de operación de los distintos usuarios del transporte de carga, de acuerdo al siguiente esquema.

. **Transporte por cuenta propia**. Se trata de transporte de carga realizado por el propietario de la carga en un vehículo o una flota de vehículos de su propiedad. No hay, por lo tanto, un contrato de flete ni una transacción comercial.

. **Transporte por contrato**. El analista deberá desagregar la información según si el contrato es de:

. **Corto Plazo.** En cuyo caso se trata de transporte de carga contratado entre un usuario y una empresa de transporte, usualmente para uno o más embarques específicos.

. **Largo Plazo.** Corresponde a la modalidad en que existe un contrato entre un proveedor de servicios de transporte (usualmente pequeño) y un usuario (usualmente masivo) por el cual el transportista se obliga a prestar sus servicios en las condiciones del contrato, sujeto a una programación de operaciones realizada por el usuario.

En el caso del transporte por cuenta propia, en general no existen itinerarios ni frecuencias prefijadas, puesto que el usuario del servicio es quien decide el horario en el cual la carga transportada debe ser recibida por el destinatario, mientras que el operador decide el horario de salida de los vehículos. Por lo tanto, no tiene sentido determinar itinerarios y frecuencias para este tipo de transporte de carga. Sin embargo, el analista deberá efectuar una encuesta especial en las rutas relevantes al proyecto, consultando información acerca de la ruta normalmente utilizada.

En el caso del transporte por contrato, los antecedentes deberán recopilarse mediante entrevistas específicas a los despachadores de las empresas que contratan los servicios de transporte.

La información sobre tarifas debe ser recolectada en las oficinas de las empresas, salvo que los requerimientos específicos del proyecto aconsejen otra modalidad de recolección de la información.

El analista deberá distinguir, como mínimo, las modalidades de cobro siguientes: $/Ton-Km y $/m^3-Km, por tipología de carga adoptada. De igual manera que en el caso de pasajeros, se deberán determinar los posibles descuentos y convenios.

La medición del tiempo de viaje o velocidad de viaje del transporte de carga por carretera debe ser realizada mediante los métodos tradicionales (método de la persecución de vehículo, método de las patentes o método del vehículo flotante), lo cuales son descritos en extenso en el tópico 1.303.7. En el caso de otros modos se obtendrá por encuestas directas a los operadores.

SECCION 1.306 MEDIO AMBIENTE

1.306.1 ASPECTOS GENERALES

El objetivo de la presente sección es indicar el tipo de información requerida para analizar la situación ambiental del proyecto en sus diferentes etapas y las formas básicas para obtenerla.

1.306.2 PROCEDIMIENTOS

Para la etapa de Perfil, se debe reunir la información y antecedentes que permitan elaborar la Ficha Ambiental (FA) de acuerdo a lo descrito en el tópico 1.409.3. Esta información tiene relación con la identificación de las actividades potencialmente generadoras de impacto ambiental en las etapas de ejecución y operación del proyecto, y con la caracterización del medio ambiente que será afectado por tales actividades.

Si la evaluación realizada en la etapa de Perfil, recomienda la necesidad de ejecutar estudios ambientales de mayor profundidad en las etapas siguientes (Prefactiblidad y/o Factibilidad), entonces será necesario realizar los estudios de base que permitan obtener la información y antecedentes que se requieren en la realización del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) que se describe en el tópico 1.409.4. En cambio si la evaluación realizada en la etapa de Perfil, recomienda que no es necesaria la ejecución del EIA en cualesquiera de las dos etapas antes mencionada, entonces no será necesario recoger ningún tipo de información adicional.

SECCION 1.307 ESTUDIOS DE BASE DE SEGURIDAD

1.307.1 ASPECTOS GENERALES

Esta sección está destinada a indicar, por una parte, el tipo de información requerida para estimar la tasa de ocurrencia de accidentes de tránsito que puede generar un determinado proyecto vial y, por otra, procedimientos estándares de recolección de información, dependiendo del tipo de proyecto y su magnitud, en base a las fuentes disponibles en la actualidad.

1.307.2 PROCEDIMIENTOS

Los estudios de base de seguridad, corresponden a la recopilación de información histórica de accidentes y de antecedentes físico operacionales que caractericen a la(s) vía(s) en estudio.

Se distinguen dos niveles diferenciados por el tipo de información y el grado de desagregación de ella. El primer nivel está asociado a datos agregados de accidentes y el segundo a la información detallada de cada ocurrencia.

Los requerimientos del tipo de información dependerán de la etapa de evaluación en que se encuentre el estudio y de la clasificación de riesgo del sector de proyecto.

(1) **Etapa de Perfil.** Se requiere solamente la información agregada de accidentes indicada en el tópico 1.307.3.

(2) **Etapa de prefactibilidad y factibilidad.** Corresponderá obtener, en primer término, la información de tipo agregado indicada en el tópico 1.307.3, para efectuar la clasificación de riesgo de accidentes que se expone en la sección 1.410, tópico 1.410.4.

Si de esta clasificación resulta que el sector o red vial en estudio se encuentra en el rango de riesgo o de alto riesgo, corresponderá recopilar la información detallada de accidentes que se indica en el tópico 1.307.4.

Si la clasificación indica un riesgo normal, no se requerirá mayor información.

1.307.3 Información Agregada

Se denomina información agregada a la que permite realizar los primeros análisis dentro de un estudio de seguridad, lo cual condiciona las etapas siguientes de él.

Está conformada por datos históricos de accidentes ocurridos y por los niveles de flujo existentes.

1.307.301 Datos de Accidentes

Dado que es Carabineros de Chile, quien centraliza la información de accidentes, corresponde dirigirse a ellos para recopilar los datos necesarios. Dentro de esta institución, es el CIEC (Centro de Información y Estadísticas de Carabineros) quién recoge los antecedentes que genera cada unidad policial. A través de este centro, se obtiene la información requerida a este nivel, mediante el formulario

denominado SIEC 2 (Ver Figura N°1.307.301 (A)). Dicha información debe ser solicitada por escrito a Carabineros, indicándose el(los) camino(s) y tramo(s) específicos para los cuales se requiere.

El lapso de tiempo considerado en la recopilación deberá tener un mínimo de tres años.

La información entregada, deberá someterse a un proceso de validación menor, que consiste básicamente en la verificación de que ella corresponda efectivamente a la solicitada.

No se necesita mayor procesamiento, puesto que ella se entrega procesada y presentada mediante cuadros que permiten efectuar directamente los análisis necesarios.

1.307.302 Información de Flujos

Se deberá recopilar información de flujos representativa de la situación actual, que permita caracterizar la(s) vía(s) en estudio respecto de sus volúmenes de tránsito, en términos de Millones de Vehículos Kilómetro. Para ello se utilizará los procedimientos establecidos por el presente manual.

1.307.4 Información Detallada de Accidentes

Esta información es requerida para el análisis detallado de accidentes, el cual está fuertemente condicionado por la disponibilidad y calidad de los antecedentes aquí obtenidos.

De acuerdo a la ley, a Carabineros de Chile, ante el conocimiento de la ocurrencia de un accidente de tránsito, le corresponde la función de asistir y recopilar todos los antecedentes que permitan posteriormente determinar los hechos y situaciones que pudieron causarlo, emitiendo para ello un parte que es luego remitido al juzgado correspondiente. Además, existen las denominadas constancias, que corresponden a aquellas denuncias efectuadas por los propios afectados y en las cuales Carabineros no concurre.

El archivo de las copias de ambos tipos de partes se efectúa a través de la confección de libros, diferenciados por tipo de juzgado al que fueron enviados, ya sea de Policía Local o de Mayor Cuantía. Estos libros se almacenan en cada una de las unidades policiales.

El acceso a esta información se realiza mediante la concurrencia a las unidades policiales con jurisdicción en el sector en estudio, donde se efectúa la revisión manual de los libros señalados, en busca de los accidentes ocurridos en la(s) vía(s) de interés, dentro del período considerado.

La información se deberá recopilar, de preferencia y salvo inexistencia de ellas, en un período mínimo de tres años.

En la Figura N°1.307.4 (A) se presenta el formulario a emplear para esta tarea, el cual resume la información que contienen los partes policiales.

Su procesamiento comprende las etapas de validación, presentación y preparación de ella para su análisis.

FIGURA N°1.307.301 (A)
FORMULARIO SIEC 2 DE ACCIDENTES DE TRANSITO

REGISTRO DE ACCIDENTES EN EL TRÁNSITO Y FERROVIARIOS

(Confeccionar sólo original)

Comisaria o Destacamento ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐ ☐☐☐☐ N° ....

1.- NOMBRE DE LA COMISARIA 1.- CÓDIGO COMISARIA

2.- CLASE DE ACCIDENTE: 1 Tránsito 2 Ferroviario (NO USAR casilleros N° 10 y 13)

3.- CÓDIGO REGIONAL .... ☐☐☐

4.- CÓDIGO COMUNA .... ☐☐

5.- FECHA .... ☐☐☐☐☐☐

6.- TIPO DE ACCIDENTE
1 Atropello
2 Caida
3 Colisión
4 Choque
5 Volcadura
6 Otros

7.- CANTIDAD DE VEHÍCULOS PARTICIPANTES: (detallar en el N° 19).................... ☐

CANTIDAD DE VEHÍCULOS DAÑADOS: (igual o inferior a vehículos participantes) .... ☐

8.- SUBSECTOR .... ☐☐

9.- UBICACIÓN RELATIVA

Urbano
11 Mitad cuadra
12 Cruce señalizado
13 Cruce no señalizado
14 Largo calzada
(ir al N° 12)

Rural
21 Largo carretera
22 Curva
23 Cuesta
(ir al N° 10 y al N° 11)

Acc. Ferroviario
31 Estación, ir al 12
32 Vía férrea, ir al 11

* Si el accidente ocurre en la Carretera pero dentro del Sector urbano, debe llenarse los numeros 10 y 12.

10.- CARRETERA ....☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐........ ☐☐

11.- KILOMETRO .... ☐☐☐☐

12.- ESTADO ATMOSFÉRICO:
1 Despajado
2 Nublado
3 Lluvia
4 Llovizna
5 Neblina
6 Nieve

13.- CALZADA:
1 Pavimento en buen estado
2 Pavimento en mal estado
3 Sin pavimento, en buen estado
4 Sin pavimento, en mal estado

14.- DIA DE LA SEMANA:
1 Lunes
2 Martes
3 Miércoles
4 Jueves
5 Viernes
6 Sábado
7 Domingo

15.- HORA: 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

16.- CAUSA ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐ ☐☐

17.- CONDUCTORES SEGÚN EDAD Y SEXO

ir al N° 20

CONDUCTORES	MENORES 16	16 - 17	18 - 20	21 - 40	41 - 60	MAYORES 60
Hombres						
Mujeres						

FIGURA Nº1.307.301 (A) Continuación
FORMULARIO SIEC 2 DE ACCIDENTES DE TRANSITO

18.- ACCIDENTADOS SEGÚN TIPO, EDAD SEXO Y CONSECUENCIAS

ACCIDENTADOS	Menores de 5 años						de 5 a menores de 7					
	Conductores		Pasajeros		Peatones		Conductores		Pasajeros		Peatones	
SEXO	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M
Muertos												
Les. graves												
Les. m. graves												
Les. leves												

ACCIDENTADOS	de 7 a menores de 15						de 15 a menores de 19					
	Conductores		Pasajeros		Peatones		Conductores		Pasajeros		Peatones	
SEXO	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M
Muertos												
Les. graves												
Les. m. graves												
Les. leves												

ACCIDENTADOS	de 19 a menores de 31						de 31 a menores de 41					
	Conductores		Pasajeros		Peatones		Conductores		Pasajeros		Peatones	
SEXO	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M
Muertos												
Les. graves												
Les. m. graves												
Les. leves												

ACCIDENTADOS	de 41 a menores de 51						de 51 a menores de 61					
	Conductores		Pasajeros		Peatones		Conductores		Pasajeros		Peatones	
SEXO	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M
Muertos												
Les. graves												
Les. m. graves												
Les. leves												

ACCIDENTADOS	de 61 años y más					
	Conductores		Pasajeros		Peatones	
SEXO	H	M	H	M	H	M
Muertos						
Les. graves						
Les. m. graves						
Les. leves						

19.- VEHÍCULOS DEL Nº 7

CARABINEROS	FISCAL	MOVILIZACIÓN COLECTIVA				TAXI	AUTO	CAMIONETA
		BUS/TAXI BUSES (1)	MINI BUS (2)	TROLEBUSES	TAXI COLECTIVO			

(1) 18 o más asientos, incluído el del chofer (2) 12 a 17 asientos, incluído el del chofer

CAMIÓN	TRANSP. ESCOLAR	FURGÓN	MOTOCICLETA	BICICLETA *	TRACC. ANIMAL	TRACTOR	FF.CC.	OTROS

20.- DOCUMENTOS DE CONDUCTORES Del Nº 17

Clase A-1	Clase A-2	Clase B	Clase C	Clase D	Clase E	Permisos provisorios	Boleta citación	Sin docum.	Fecha control vencida

* No corresponde licencia

21.- CLASIFICACIÓN ..... ☐ 22.- CIAT ..... ☐

23.- ACLARATORIA .....

24.- CERTIFICADO

Vº Bº _____ de _____ de 19_____

Los datos son copia fiel de los registrados en Libros y Archivos de La Unidad

_____ Subcomisario de los Servicios (Nombre, grado y sello)

_____ Oficial o Suboficial de Guardia (Nombre y grado)

Formulario SIEC 2

FIGURA Nº1.307.4 (A)
FORMULARIO PARA LA RECOLECCION DE INFORMACION DE ACCIDENTES EN EL TRANSITO, PROVENIENTE DEL PARTE CURSADO

1	Nº INFORME	

2	TIPO ACCIDENTE	ATROPELLO	CAÍDA	COLISIÓN	CHOQUE	VOLCADURA	OTRO *	* EXPLICAR

3	LOCALIZACIÓN	

4	FECHA				5	HORA		
		DIA	MES	AÑO			HRS.	MIN.

6	ESTADO TIEMPO	DESPEJADO	LLUVIA	NEBLINA	7	ESTADO SUPERF. CARPETA	SECO	HUMEDO	HELADO

8	ILUMINACIÓN ZONA	LUZ DE DÍA	NOCHE LUZ ARTIFICIAL ADECUADA	NOCHE LUZ ARTIFICIAL INADECUADA	NOCHE NO HAY LUZ ARTIFICIAL

9	TIPO SEÑALIZACIÓN Y ESTADO	

		VEHÍCULO A	VEHÍCULO B	VEHÍCULO C
10	MANIOBRA PREVIA AL ACCIDENTE			
11	TIPO VEHÍCULO MARCA Y AÑO			

12	DAÑOS	SIN DAÑOS	LEVE	DE CONSIDER.	SIN DAÑOS	LEVE	DE CONSIDER.	SIN DAÑOS	LEVE	DE CONSIDER.
13	VISUAL CONDUCTOR	BUENA	LIMITADA	OBSTRUÍDA	BUENA	LIMITADA	OBSTRUÍDA	BUENA	LIMITADA	OBSTRUÍDA

		PARTICIPANTES LESIONADOS			
		(1) PRIMERO	(2) SEGUNDO	(3) TERCERO	(4) CUARTO
14	PARTICIPANTE *				
15	EDAD				
16	SEXO				
17	ACTIVIDAD				
18	GRADO LESIONES **				

(*) PUEDEN SER: CONDUCTORES, PASAJEROS O PEATONES.

(**) PUEDE SER: LEVE, MEDIANAMENTE GRAVE, GRAVE O MUERTO

19	DESCRIPCIÓN DE LOS HECHOS	

20	CAUSAS	

21	CONCURRIÓ C.I.A.T.	SI	NO

MANUAL DE CARRETERAS
VOLUMEN 1 TOMO II
EVALUACION DE PROYECTOS VIALES INTERURBANOS

CAPITULO 1.400

SIMULACION Y MODELACION

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE VIALIDAD

CAPITULO 1.400 SIMULACION Y MODELACION

SECCION 1.401 ASPECTOS GENERALES

1.401.1 OBJETIVO Y ALCANCE

El presente Capítulo define, en sus diversas secciones, las técnicas, modelos o procedimientos que deberán ser utilizados en la modelación de un proyecto vial. La modelación se refiere a generar todos los parámetros o resultados que sean necesarios para fines de evaluación del proyecto.

Las normas y recomendaciones contenidas en este capítulo se aplicarán a todos los estudios realizados para la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, salvo aquellas partes que sean modificadas por los Términos de Referencia Especiales.

1.401.2 ORGANIZACION DEL CAPITULO

Las diversas secciones que contituyen el capítulo han sido organizadas según subproblemas de modelación. Dado que la modelación de los impactos de un proyecto vial es un todo en gran medida indivisible, esta forma de presentación ha hecho inevitable utilizar múltiples referencias cruzadas entre las diversas secciones. Ello significa que el orden en que los subproblemas son presentados no corresponde necesariamente al orden cronológico de ejecución de las tareas, dado que muchas de ellas son simultáneas, están entrelazadas o se retroalimentan en procesos iterativos. En todo caso, estas situaciones han sido explicitadas en los textos.

Los subproblemas de modelación cubiertos en este capítulo son los siguientes:

- Costos de operación de vehículos
- Modelos de deterioro y conservación de vías
- Periodización
- Zonificación
- Generación, Atracción, Distribución y Localización
- Asignación
- Partición Modal
- Proyecciones
- Medio Ambiente
- Seguridad

Finalmente, se ha incorporado una sección que contiene la descripción de algunas herramientas metodológicas de uso general, a las cuales se hace referencia desde los diversos métodos de modelación cuando ello resulta necesario.

SECCION 1.402 CONSUMO DE RECURSOS EN LA OPERACION DE VEHICULOS

1.402.1 ASPECTOS GENERALES

1.402.101 Objetivos y contexto

Esta sección tiene por objetivo normar acerca de la determinación del consumo de recursos y costos de operación de vehículos en un tramo dado de vía denominado genéricamente arco. Estos consumos son función, en términos generales, de las características de la vía y de los vehículos, del nivel de flujo vehicular existente en el arco y, eventualmente, del nivel de flujo en otros arcos.

Los resultados obtenidos por aplicación de los métodos descritos en esta sección son utilizados principalmente para efectos de modelación de demanda y para el cálculo de beneficios directos de un proyecto.

1.402.102 Estructura de la sección

El tópico 1.402.2 presenta algunas definiciones y precisiones conceptuales necesarias para la mejor comprensión de lo que sigue.

El tópico 1.402.3 define los procedimientos a seguir según la etapa de evaluación (perfil, prefactibilidad o factibilidad), la existencia o no de congestión, y el tipo de proyecto, indicando para cada caso cuál método o modelo debe ser utilizado.

Los tópicos 1.402.4 a 1.402.9 describen en detalle los diferentes métodos y modelos cuya utilización se exige o recomienda en el tópico 1.402.3.

1.402.2 CONCEPTOS BASICOS

En este tópico se presenta en primer lugar algunas definiciones básicas, necesarias para la comprensión de lo que sigue. Luego se expone la lista de ítemes de consumo de recursos que deben ser considerados en la modelación, para luego hacer una discusión de cada uno de ellos. Finalmente, se presentan algunos criterios generales relacionados con las modalidades de cuantificación de estos consumos.

1.402.201 Definiciones básicas

a) **Velocidad de flujo libre**. Corresponde a la velocidad media que puede desarrollar un vehículo dado en un tramo de vía cuando ésta no es restringida por la circulación de otros vehículos, sino sólo por las características geométricas y físicas de la vía, o por restricciones reglamentarias.

b) **Velocidad de operación o circulación**. Corresponde a la velocidad media desarrollada por un vehículo dado cuando ésta es restringida tanto por las características geométricas y físicas de la vía, como por la circulación de otros vehículos. Incluye, por lo tanto, eventuales detenciones ante semáforos, señales de prioridad, etc.

c) **Velocidad observada.** Corresponde a la velocidad media de operación o circulación medida u observada en un tramo de vía para el conjunto de vehículos pertenecientes a una clase dada dentro de la tipología.

d) **Condición de flujo libre.** Se entenderá que el flujo vehicular en un tramo de vía circula en condición de flujo libre si la velocidad observada de cada clase de vehículos no difiere significativamente de la velocidad de flujo libre correspondiente a un vehículo de dicha clase.

e) **Condición de flujo restringido o congestión.** Se entenderá que el flujo vehicular en un tramo de vía circula en condición de flujo restringido o congestión si la velocidad observada de cada clase de vehículos difiere significativamente de la velocidad de flujo libre correspondiente a un vehículo de dicha clase.

f) **Relación flujo-velocidad.** Expresa la velocidad de operación o circulación de un vehículo dado, en función del nivel de flujo en la vía y eventualmente otros parámetros.

g) **Capacidad de un tramo de vía.** Es el flujo máximo que puede pasar a través de éste. En el caso de un flujo que llega a una intersección desde una vía de menor prioridad, este flujo máximo depende del flujo en la vía principal.

1.402.202 Itemes de consumo de recursos considerados

El consumo de recursos que experimenta un vehículo al circular por un tramo de vía o arco dado se puede clasificar en las siguientes componentes aditivas:

- tiempo de viaje de conductor y tripulación
- tiempo de viaje de pasajeros
- tiempo de viaje de la carga
- tiempo de viaje del vehículo
- combustible
- lubricante
- neumáticos
- mano de obra en mantenimiento

Todas las componentes anteriores se pueden normalmente calcular en términos de unidades físicas. Sin embargo existen otros recursos cuya cuantificación en términos de unidades físicas es poco práctico, por lo cual normalmente se determinan directamente en valores monetarios. Estos son:

- repuestos
- depreciación

Sin embargo, para fines de cálculo de beneficios directos, todos los consumos de recursos son valorizados en términos de dinero, mediante un vector de precios sociales definido por MIDEPLAN.

Por otra parte, para fines de modelación de comportamiento de viajeros, los consumos de recursos deben valorizarse en términos de dinero, mediante un vector de precios privados que refleje los precios de mercado, cuando existan, o las valoraciones subjetivas, cuando los precios de mercado no existan.

Además, existen atributos del viaje de un vehículo a través de un arco que no quedan incluidos dentro de los ítemes anteriores, tales como la seguridad, comodidad de conducción, calidad escénica, servicios, etc., los cuales usualmente no son considerados un recurso. Sin embargo, la valoración en términos monetarios de estos atributos suele sumarse a la valoración del consumo de recursos a precios privados, para efectos de modelar el comportamiento de viajeros, especialmente en los casos de elección de modo o ruta.

Los ítemes indicados corresponden por otra parte a la tecnología en uso a la fecha de elaboración del Manual, de modo que podrían cambiar en el futuro. Por ejemplo, si el uso de vehículos eléctricos se populariza, habrá que reemplazar el ítem de consumo de combustible por el de consumo de electricidad, o generalizarlo a consumo de energía. En situaciones futuras de este tipo, lo esencial será tomar en cuenta todos los ítemes de costo que resulten relevantes para la tecnología de vehículos que se utilice.

En términos generales, la cantidad de recursos consumidos dependerá de las características geométricas de la vía y de la magnitud del flujo de vehículos. En especial, existirá un consumo de recursos en condición de flujo libre, y consumos diferentes para diversos niveles de congestión.

1.402.203 Tiempo de viaje

Los cuatro primeros ítemes de consumo de recursos señalados en 1.402.202 corresponden en realidad a un mismo valor, el tiempo de viaje del vehículo, de modo que difieren sólo por la valoración aplicable a cada uno.

La estimación del tiempo de viaje para una clase de vehículos dada se efectúa dividiendo la longitud del tramo de vía por la velocidad media de operación o circulación. Esto, en términos generales para un arco particular y situación dada, está dado por la siguiente expresión:

$$T_k = q_k \times \frac{L}{V_k} \qquad \text{1.402.203 (A)}$$

donde

T_k = consumo total de tiempo de viaje para la clase de vehículos k [hr/ut];

q_k = flujo de vehículos de clase k que circula por el arco [veh/ut];

L = longitud del arco [km];

V_k = velocidad media de operación o circulación de los vehículos de clase k [km/hr];

En algunos casos especiales será conveniente separar el tiempo de viaje en dos componentes: tiempo en movimiento y tiempo detenido. Ello puede ser particularmente útil en la modelación de intersecciones.

1.402.204 Consumo de combustible

El consumo de combustible se estima a partir del valor unitario por tipo de vehículo. Esto, en términos generales para un arco particular y situación dada, está dado por la siguiente expresión:

$$CC_k = q_k \times CCU_k \times L \qquad 1.402.204 \text{ (A)}$$

donde

CC_k	=	consumo de combustible de los vehículos de clase k en el arco modelado [lt/ut];
q_k	=	flujo de vehículos de clase k que circula por el arco [veh/ut];
CCU_k	=	consumo de combustible por unidad de longitud para un vehículo representativo de la clase k [lt/veh-km];
L	=	longitud del arco [km];

Si el arco contiene uno o más puntos de detención obligada, debe agregarse a los consumos anteriores el derivado de las detenciones.

1.402.205 Otros consumos

El consumo los otros costos de operación o de cada una de sus ítemes integrantes se determina a partir del valor unitario por tipo de vehículo. Esto, en términos generales para un arco particular y situación dada, está dado por la siguiente expresión:

$$C_{ik} = q_k \times CU_{ik} \times L \qquad 1.402.205 \text{ (A)}$$

donde

C_{ik}	=	consumo del recurso de operación i por los vehículos de clase k [unidad de consumo/ut];
q_k	=	flujo de vehículos de clase k [veh/ut];
CU_{ik}	=	consumo unitario del recurso de operación i por un vehículo representativo de la clase k [unidad de consumo/veh-km];
L	=	longitud del arco [km];

1.402.206 Métodos de cuantificación

Para la estimación de V_k, CC_k y C_{ik}, en general, se debe recurrir a la aplicación de programas computacionales aprobados por la Dirección de Vialidad. Estos corresponden a modelos de tráfico del tipo macroscópico o microscópico que permiten representar en forma adecuada la relación de interacción entre el camino y el tránsito vehicular. Los modelos a utilizar en cada caso se detallan en el tópico 1.402.3.

En términos generales, V_k, CC_k y C_{ik} son calculadas por estos programas en función de las características de la oferta vial y del tránsito, tales como:

- **Geométricas:** Curvatura o curvas, subidas más bajadas o pendientes y gradientes, y número de pistas o ancho de calzada, etc..

- **Físicas:** Tipo y estado de la carpeta de rodadura (rugosidad);

- **Operativas**: posibilidades de adelantamientos, distancia de visibilidad, fricción lateral, singularidades del camino (puentes, paraderos de buses, cruces peatonales, cruces laterales, etc.)

- **Tránsito vehicular**: volumen, composición y reparto por sentido.

Para la situación base en el corte temporal actual, esta información se obtendrá de acuerdo a los procedimientos y métodos definidos en las Secciones 1.302 y 1.305, en la medida que sea requerida por el método de modelación que se utilice.

Para los arcos con proyecto, sean nuevos o existentes, la información para el corte temporal actual se obtendrá de los diseños realizados, ya sea a nivel de estudio preliminar o anteproyecto.

Para los cortes temporales futuros, se supondrá que las características geométricas y operacionales se mantienen constantes. La rugosidad de la carpeta de rodado variará según las predicciones de los modelos de deterioro (Sección 1.403), en tanto que el tránsito lo hará según las proyecciones (Sección 1.408).

Adicionalmente a la obtención de los antecedentes anteriores se deberán establecer dos criterios básicos para enfrentar el tema de la modelación, como son la periodización de flujos y la tramificación. La primera consiste en clasificar las horas anuales en grupos de características homogéneas y se abordará aplicando las indicaciones de la sección 1.404. La segunda consiste en una definición de tramos homogéneos en base a las características geométricas, físicas, operativas y de tránsito del tramo de vía. El criterio de homogeneidad dependerá del método o modelo de cuantificación que se esté utilizando.

1.402.3 PROCEDIMIENTOS

En este tópico se presentan los procedimientos a seguir para la determinación del consumo de recursos derivado de la operación de vehículos en un tramo homogéneo de vía dado, dependiendo de la etapa de evaluación y el tipo de proyecto de que se trate.

Se distingue además entre el caso en que existe congestión y el caso de flujo libre.

1.402.301 Etapa de perfil en condición de flujo libre

Se utilizará el método denominado HDM-III Simplificado, descrito en el tópico 1.402.5 u otro método de características similares que sea aprobado por la Dirección de Vialidad.

Los consumos de recursos por demoras y detenciones en intersecciones no serán modelados en detalle en esta etapa.

1.402.302 Etapas de Prefactibilidad y Factibilidad en condición de flujo libre

Se utilizará el modelo HDM III-CH, descrito en el tópico 1.402.4, u otro método de similares características que sea aprobado por la Dirección de Vialidad.

Los consumos de recursos en intersecciones serán cuantificados mediante el método descrito en el tópico 1.402.9, u otro método de similares características que sea aprobado por la Dirección de Vialidad.

1.402.303 Etapa de perfil en condición de congestión

El problema de congestión a nivel de perfil, deberá ser tratado mediante la aplicación del Modelo HDM III-CH simplificado, descrito en 1.402.5, pero en el caso de los consumos de tiempo de viaje y combustible, estos deberán ser corregidos mediante el Modelo CRITAM, descrito en el tópico 1.402.6.

1.402.304 Etapa de prefactibilidad en condición de congestión

En el caso de proyectos Tipo I o III, en los cuales se supone que no existen reasignaciones significativas de flujos, se deberá utilizar el modelo microscópico de simulación de tráfico TRARR, descrito en el tópico 1.402.8, o uno equivalente aprobado por la Dirección de Vialidad. Ejemplos de lo anterior son proyectos que tengan como objetivo mejorar la capacidad del camino mediante dobles calzadas, pistas de adelantamiento o mejoramientos geométricos puntuales. Sin embargo, dado que el modelo TRARR genera sólo tiempos de viaje y consumos de combustible, los restantes ítemes de costos de operación deberán ser calculados mediante el modelo HDM III-CH.

En el caso de proyectos Tipo II, IV o V, se deberá utilizar el modelo macroscópico HDM III-X descrito en el tópico 1.402.7 o uno equivalente aprobado por la Dirección de Vialidad. Las salidas de este modelo producirán las relaciones costo-flujo necesarias para correr los modelos de asignación a la red. Opcionalmente, podrá utilizarse el modelo TRARR para el cómputo de consumos, para fines de cálculo de beneficios directos, en aquellos arcos directamente afectados por proyectos de mejoramiento.

Los consumos de recursos en intersecciones serán cuantificados mediante el método descrito en el tópico 1.402.9, u otro método de similares características que sea aprobado por la Dirección de Vialidad.

1.402.305 Etapa de factibilidad en condición de congestión

Se deberá utilizar el modelo microscópico de simulación de tráfico TRARR, descrito en el tópico 1.402.8, o uno equivalente aprobado por la Dirección de Vialidad. Sin embargo, dado que el modelo TRARR genera sólo tiempos de viaje y consumos de combustible, los restantes ítemes de costos de operación deberán ser calculados mediante el modelo HDM III-CH.

Los consumos de recursos en intersecciones serán cuantificados mediante el método descrito en el tópico 1.402.9, u otro método de similares características que sea aprobado por la Dirección de Vialidad.

1.402.306 Etapa de Perfil en Intersecciones

En la etapa de perfil, debido a la generalidad con la que son formulados los proyectos viales interurbanos, no se recomienda realizar un análisis de intersecciones.

1.402.307 Etapa de Prefactibilidad y Factibilidad en Intersecciones

En la etapa de prefactibilidad y factibilidad, la modelación de intersecciones deberá estar orientada a determinar el consumo de recursos (tiempo y costos de operación) de los vehículos que las utilizan.

El método a seguir consistirá en modelar por separado cada uno de los elementos que constituyan la intersección y que involucren conflictos direccionales, provocando con ello demoras y detenciones que deberán ser cuantificadas según los lineamientos que se detallan a continuación.

En el caso de arcos de enlace, deberán calcularse las velocidades de operación que sean compatibles con el diseño. A partir de estas velocidades, utilizando el modelo COPER (ver 1.402.4), se determinarán los consumos de recursos.

En el caso de intersecciones semaforizadas aisladas, podrá utilizarse cualquier software de modelación disponible, siendo recomendable el programa SIDRA, el cual es descrito en el tópico 1.402.902. Cabe señalar sin embargo que, si bien es muy poco probable que en una vía interurbana se consideren intersecciones reguladas por semáforos, estrictamente hablando, esta decisión debiera pasar por una evaluación de opciones alternativas.

En el caso de intersecciones de prioridad y rotondas, deberán determinarse el consumo adicional de recursos debido a la detención de los vehículos de los flujos no prioritarios. Los tiempos de detención

podrán calcularse ya sea mediante formulas obtenidas a partir de modelos de brechas y formulas empíricas (ver tópico 1.402.903), o bien, mediante algún software adecuado, como el PICADY y el ARCADY, para intersecciones de prioridad y rotondas respectivamente.

1.402.4 MODELO HDM III-CH Y SUBMODELO DE COSTOS DE OPERACION (COPER-CH)

El modelo HDM III-CH, desarrollado por el Banco Mundial, fue diseñado como una herramienta integral de apoyo a la toma de decisiones en el sector vial.

Su objetivo es determinar los flujos económicos y/o financieros generados por la construcción de un camino, con un diseño específico, al cual se le efectúa una mantención de acuerdo a normas o políticas incorporadas exógenamente, para evitar el deterioro de las condiciones superficiales de la carpeta de rodadura, provocado por el tránsito solicitante, las cuales afectan directamente los costos de operación vehiculares. Los anterior se refleja en la operación e interacción de cuatro submodelos: construcción de caminos; costos de operación de vehicular; de deterioro y mantención de vías; y análisis económico.

La función del submodelo de costos de operación vehicular es simular los efectos de las características físicas y la condición de una vía sobre las velocidades y costos de operación (combustible, lubricantes, etc.) de los diferentes tipos de vehículos, para llegar a determinar los costos totales.

Las cantidades de recursos consumidos. tales como horas hombre. litros de combustibles. número de neumáticos, etc., así como las velocidades de los vehículos se determinan como función de las características de cada tipo de vehículo, geometría, tipo de superficie y condición actual de la carretera.

Las relaciones para predecir la velocidad de vehículos, el consumo de combustible y de neumáticos se basan en principios de mecánica vehicular y comportamiento del conductor (Watanatada, et al. 1987), mientras que las que predicen los requerimientos de mantención en mano de obra de vehículos se basan en análisis econométricos y datos de observación del usuario (Chesher y Harrison, 1987).

La versión HDM III-CH, adaptada al caso chileno. incorpora parámetros generados en el país a partir de mediciones y encuestas de terreno. Adicionalmente. cuenta con una versión del submodelo de costos de operación, en planilla de cálculo, denominada **COPER-CH**.

En su estado actual el modelo HDM III-CH permite la modelación de los siguientes tipos de vehículos:

i) auto menor 800 cc;
ii) auto mayor que 801 y menor que 1800;
iii) auto mayor que 1800 cc;
iv) camioneta;
v) camión simple de dos ejes;
vi) camión simple de más de dos ejes;
vii) camión articulado;
viii) bus interurbano, y;
ix) bus rural.

Cuando estos modelos se utilicen en etapa de perfil. en la cual puede no existir información geométrica detallada de la red existente ni de los proyectos, deberá utilizarse los parámetros por defecto definidos en la sección 1.302.

1.402.5 MODELO HDM III-CH Simplificado

Este modelo fue desarrollado por MIDEPLAN en lenguaje Pascal a partir del modelo del Banco Mundial para evaluar a nivel de prefactibilidad.

Este modelo no incluye rutinas orientadas a calcular internamente deterioros, por lo tanto el analista debe ingresar en forma exógena un perfil de rugosidades el que conjuntamente con una serie de datos de tránsito y precios unitarios permite calcular costos de operación en el período que se señale.

1.402.6 MODELO CRITAM

El Modelo CRITAM está diseñado en una planilla de cálculo y permite estimar las variaciones de tiempo, combustible y costos de operación producto del proyecto de ampliación, a partir de una serie de información de entrada y cálculos intermedios, de tal manera de determinar los beneficios de la ampliación de un sector de camino bidireccional.

Este modelo incorpora como información de entrada características agregadas del camino y relaciones flujo-velocidad, funciones de consumo de combustible y costos de operación estándares por tipo de camino. Tales supuestos y criterios hacen que sea aplicable sólo para un análisis primario de proyectos de ampliación de caminos bidireccionales a doble calzada totales o parciales, en su etapa de perfil.

En este modelo, la Situación Base corresponde a la calzada operando en condiciones actuales de geometría, estado de carpeta y sección transversal. El modelo considera que se trata de una calzada bidireccional.

Los proyectos de ampliación consisten en una dobles calzada en toda su extensión y/o ampliaciones parciales. Se entiende por ampliación parcial de calzada al aumento de capacidad de arcos consistente en doble calzada en ciertos sectores internos del arco."

1.402.7 MODELO HDM III-X

Este modelo corresponde a una versión modificada del modelo HDM- III, el cual se basa en velocidades en flujo libre, no considerando los efectos de la interacción entre vehículos. La versión HDM III-X, tiene la característica de incorporar el efecto del flujo vehicular sobre la velocidad a través de un modelo de congestión (lineal o trizonal). Tal característica permite manejar los costos de congestión en forma conjunta con el resto de las componentes de los costos definidas para la evaluación de proyectos viales.

La operación del submodelo de congestión requiere la siguiente información de entrada:

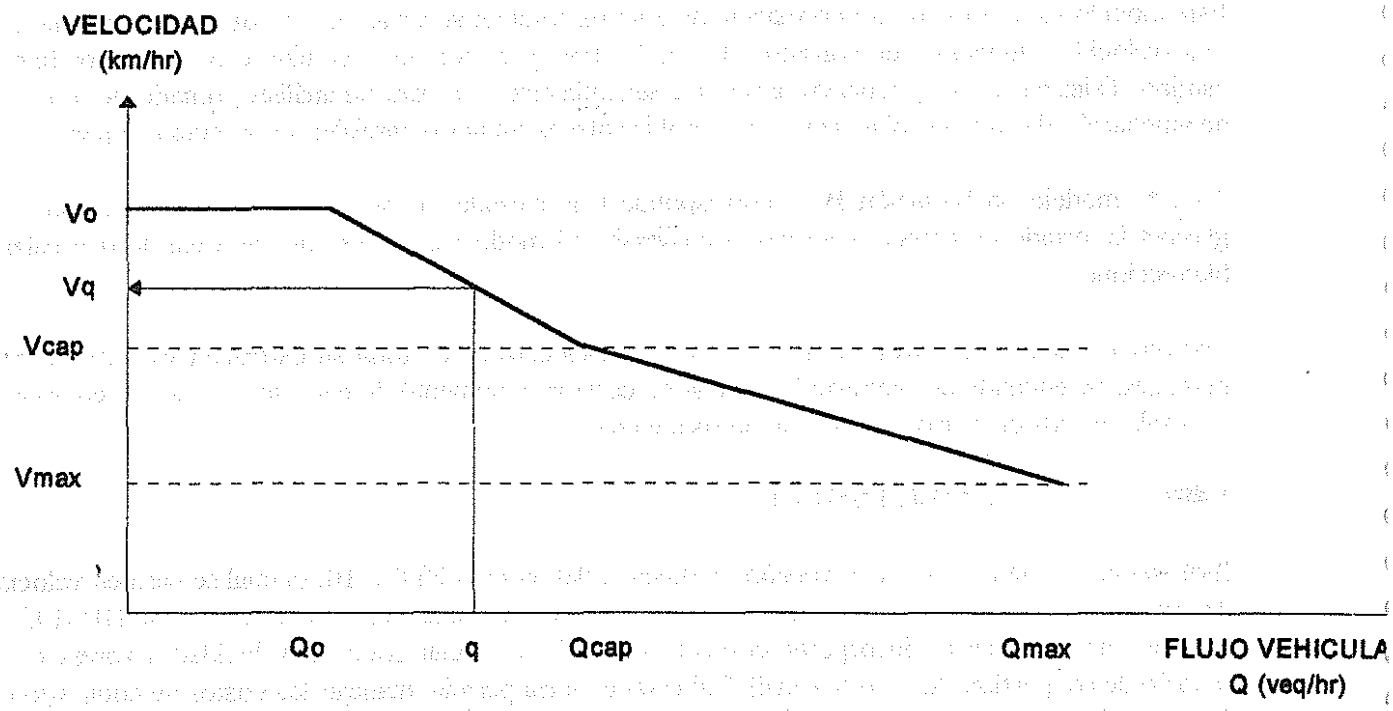
- definición de períodos
- flujos horarios por período de tráfico clasificado
- relaciones flujo velocidad
- distribuciones horarias de flujo por período (horas de cada período en el año)

- tipo de modelo de interacción de tráfico o modelo de congestión

El Modelo Trizonal se ilustra en la Figura N°1.402.7 (A). El diagrama está dividido en tres zonas fundamentales que representan flujo libre, interacción de tránsito y congestión de tránsito.

En la primera, aparece como límite el flujo Qo que define el rango donde se dan condiciones de flujo libre (por simplicidad podría considerarse nulo). La segunda región esta limitada por la **"capacidad horaria de interacción o del camino"** (Qcap), que corresponde al volumen vehicular bajo el cual las interacciones de tránsito no están sujetas a distorsiones severas. Por último, se identifica el valor Qmáx que define el máximo flujo en congestión o **"capacidad horaria de congestión o máxima del camino"**, el cual limita la zona donde velocidad a capacidad disminuye hasta su condición detención-partida (stop-star).

FIGURA N°1.402.7 (A)
RELACION FLUJO-VELOCIDAD EN MODELO LINEAL TRIZONAL



El modelo trizonal queda representado por el conjunto de ecuaciones que se señalan a continuación:

$Vq = V$	si $q < Qo$	1.402.7 (A)
$Vq = V-(V-Vcap)\cdot(Q-Qo)/(Qcap-Qo)$	si $Qo < q < Qcap$	1.402.7 (B)
$Vq = Vcap-(Vcap-Vmin)\cdot(Q-Qcap)/(Qmáx-Qcap)$	si $Qcap < q < Qmáx$	1.402.7 (C)

donde:

Vq = Velocidad al volumen o flujo horario "q" (Km/hr);

Qo = Volumen máximo en flujo libre (veq/hr);

Qcap = Capacidad horaria de interacción (veq/hr);

Q = Volumen horario en (veq/hr);

Vcap = 15° centil de la velocidad de los vehículos más lentos en (Km/hr);

El modelo Trizonal puede ser utilizado para la estimación de la capacidad de caminos. Suponiendo conocida la relación flujo-velocidad y la forma funcional del segundo tramo del modelo trizonal, se cumple la siguiente igualdad:

$$| m | = (V-Vcap)/(Qcap-Qo) \qquad 1.402.7\ (D)$$

donde:

| m | : pendiente de la curva flujo-velocidad conocida

QCAP : capacidad horaria de interacción vehicular

Qo : flujo máximo en condiciones de flujo libre (=0,1·Qmáx)

Qmáx : flujo máximo o capacidad en congestión (=1,25·Qcap)

V : velocidad de flujo libre para vehículos livianos obtenida del HDM III

Vcap : velocidad a capacidad (=0,88·Vmín)

Vmín : velocidad del vehículo más lento

Reemplazando se llega a la expresión siguiente:

$$Qcap = (V - 0{,}88 \times Vmín)/ (0{,}875 \times | m |) \quad veq/hr \qquad 1.402.7\ (E)$$

Las velocidades V y Vmín se obtienen directamente de la aplicación de los modelos de predicción de velocidades a flujo libre (HDM III-CH o versión equivalente). La pendiente "m" la entregan las relaciones flujo-velocidad medidas o predichas, dependiente del camino analizado. Por defecto se puede asumir m=0,02 para calzada simple y m=0,005 para calzada doble.

Como método alternativo se pueden usar directamente los modelos microscópicos. La idea es buscar el flujo para el cual la velocidad se iguala. Para tal efecto, se debe modelar el camino con el programa TRARR o uno equivalente, utilizando la hora de flujo máximo (en vehículos equivalente por hora). Escalando los flujos de esta última, en el rango entre 500 y 4000 veh/hr, se debe efectuar un mínimo de 5 simulaciones. Los resultados se llevarán a gráficos velocidad versus flujos.

En general, la aplicación de estos modelos debe incluir una tarea de modelación de la situación actual, que permita estimar relaciones flujo-velocidad de vehículos y/o validar las obtenidas en otros estudios, para tramos de características similares. Esta modelación se desarrollará en un número de secciones tal que se tenga un muestreo representativo por geometría o tránsito del camino o red vial modelada.

1.402.8 MODELO TRARR-CH

TRARR es el resultado de un trabajo de investigación desarrollado en el Australian Road Research Board (ARRB) por el Dr. Geoff Robinson entre 1978 y 1980, siendo su nombre la abreviación de Traffic on Rural Roads. Es un modelo microscópico de simulación de tráfico interurbano para caminos de dos pistas a cuatro pistas. Es decir, es un modelo que reproduce el comportamiento individual de los vehículos, siendo una herramienta potencialmente efectiva en el estudio de caminos en situación con congestión en que la velocidad de los vehículos se encuentra restringida por la de otros, ya sea por alto flujo o por geometría restrictiva.

El modelo TRARR trabaja con los siguientes archivos de entrada, en algunos casos opcionales:

i) ROAD: Geometría del camino y operativas (definición de unidades de camino, número de pistas, restricciones de adelantamiento, distancia de visibilidad, pendientes y enlace con archivo de factores reductores de la velocidad del programa SPFREE).

ii) TRAF: Características del tráfico (porcentaje de seguimiento a la entrada del tramo simulado, flujos por sentido, velocidades de flujo libre y curva de porcentaje de seguimiento-flujo).

iii) VEHS: Características de vehículos y parámetros del comportamiento de conductores y funciones de consumo de combustible.Este archivo es producto de una adaptación local del modelo por lo cual en general no se modifica.

iv) ITRAF: Información de tráfico detallada, tipo de vehículo-tiempo de entrada (archivo es opcional).

v) PBAYS: Localización y características operativas de desvíos que ocurren en una unidad de camino para los tipos de vehículos que se especifiquen (archivo opcional).

El hecho que se pueda actuar sobre cualquiera de las opciones anteriores hace que el modelo sea altamente flexible y adaptable a diversas situaciones.

La versión adaptada al caso chileno, TRARR-CH, opera en forma complementaria al programa SPFREE. Este, permite que las velocidades de flujo libre, en cada tramo de modelación, sean similares a las entregadas por el modelo HDM III-CH. Este programa considera dos archivos de entrada:

i) VEHICULO.DAT: Contiene los parámetros de las diferentes categorías de vehículos.

ii) CAMINO.DAT: Contiene los parámetros de características geométricas y físicas del camino (subidas más bajadas, curvatura, rugosidad, etc.) por unidad de camino. Al ser usado simultáneamente con el TRARR se debe especificar las subidas más bajadas como

nulas, porque ya están incorporadas en el archivo ROAD como pendientes.

El modelo entrega dos archivos, velocidades de flujo libre y una tabla de factores reductores de velocidad (SPFREE.AFS). Estos últimos se definen como el cuociente entre la velocidad flujo libre, excluida la pendiente, y la velocidad deseada observada especificada en el mismo archivo. Esta última debe ser consistente con el conjunto de parámetros que definen las fórmulas, lo cual significa que fueron generadas dentro del mismo proceso de mediciones/calibración. Por lo anterior, si bien estas velocidades deberían las mismas que se incorporan en los archivos TRAF del TRARR, aceptando que existe una relación lineal, podrán ser ligeramente diferentes, lo cual se verificará dentro del proceso de calibración del modelo TRARR.

Para conocer más detalles sobre los datos de entrada al modelo y la forma de recolección de ellos se recomienda consultar los siguientes documentos:

i) Manual de usuario, TRARR v. 3.1 y v. 3.2.

ii) Godoy, R. (1990), "Validación Preliminar del Modelo de Simulación TRARR v.3.1". Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil, Departamento de Ingeniería Universidad de Chile.

Como el modelo TRARR, está orientado al análisis de situaciones en que exista congestión, el modelo se aplica a nivel horario, para horas representativas del camino analizado.

El modelo TRARR, sobre los mismos tipos de vehículos, permite desagregaciones mayores, llegando a 18 tipos de vehículos. Así para los automóviles i) a iii), acepta rápidos y lentos, agregando el automóvil deportivo o muy rápido; en las camionetas permite grandes y pequeñas; y en los camiones incorpora el camión mediano, de tipo simple con características medias.

Cabe señalar que el modelo TRARR requiere las variables a nivel de unidad de camino (longitud unitaria de modelación = DUR). Por lo tanto, si existe más de un valor en una DUR se debe obtener el promedio ponderado por longitud. Un ejemplo típico podría ser el caso de la curvatura, cuyo valor a asignar a la DUR se obtiene directamente del diagrama de curvatura, si la unidad de camino considera más de una curvatura se deberá aplicar el criterio indicado.

Se deberá considerar una etapa de Modelación y Simulación de la Situación Actual (denominada normalmente como calibración), que permita validar los criterios de modelación utilizados, contrastando valores predichos por los modelos con mediciones de terreno.

En el caso del TRARR, las unidades de longitud de la modelación (DUR) y de tiempo de simulación (TSI) serán por defecto 100 m. y 1 seg., respectivamente. El uso de valores diferentes deberán ser validados en la etapa de Modelación y Simulación de la Situación Actual, con respecto a los valores por defecto definidos anteriormente.
En el caso del modelo TRARR se validan las velocidades y porcentaje de vehículos en seguimiento; en caminos con características montañoso-muy sinuoso se deben validar además los adelantamientos. El procedimiento se aplica sobre un subtramo del camino de características representativas, de aproximadamente el 10% de la longitud del camino analizado, con un mínimo de 2 kilómetros.

Los principales parámetros sobre las que se debe actuar para calibración son, en orden de importancia: las velocidades deseadas o de flujo libre, matriz de participación de vehículos y porcentaje de seguimiento vehicular (PFOL); todas del archivo TRAF. Si persisten los errores se deben revisar los criterios de tramificación o la estimación misma de los datos de entrada. En casos de distorsiones puntuales en el camino se podrá actuar directamente sobre el Road Speed Index (factor reductor de la velocidad deseada) del DUR respectivo.

1.402.9 MODELACION DE INTERSECCIONES

1.402.901 Aspectos Generales

Este tópico está destinado a definir las herramientas que deberán ser utilizadas para realizar la modelación de intersecciones viales interurbanas, a objeto de establecer las demoras (por interacción vehicular y geométricas) y las detenciones sufridas por los vehículos.

En el acápite 1.402.902 se realiza una descripción del modelo SIDRA, el cual es recomendado para el análisis de intersecciones semaforizadas. En tanto, en el acápite 1.402.903, se entregan las herramientas para ser utilizadas en intersecciones de prioridad (DISCOS PARE y CEDA EL PASO) y rotondas.

1.402.902 El Modelo SIDRA

SIDRA ha sido desarrollado como una herramienta analítica de apoyo para el diseño y evaluación de intersecciones controladas por semáforos. SIDRA es básicamente un programa para intersecciones aisladas, sin embargo, los mejoramientos introducidos en la estimación de flujo de saturación hacen posible que los resultados puedan ser ingresados como datos de entrada a programas que trabajan con redes.

La filosofía del programa en el diseño de fases por ramas, que busca minimizar el número de fases, a sido orientada a un análisis aplicado a nivel de movimientos individuales intentando maximizar el número de traslados. Entre sus características principales incorpora los conceptos de pistas compartidas, movimientos con oposición y pistas cortas de aproximación; permite además modelar movimientos no detectados (que influyen en capacidad y no en repartos) o movimientos "dummy" (de tiempo fijo).

SIDRA puede ser usado indistintamente para condiciones de manejo por el lado derecho o izquierdo. Al respecto, se considera más útil usar los términos de movimiento con oposición y opositor, que virajes a izquierda o a la derecha con rigidez en la definición de las características del movimiento filtro. Así, diferentes tipos de conflictos pueden ser especificados fácilmente. Por ejemplo, un movimiento puede tener dos períodos de verde, uno con salida libre (flecha verde) y uno con salida con oposición, es decir, los movimientos se filtran por aceptación de brechas.

SIDRA tiene un método flexible de entrada de datos el cual permite al usuario especificar un gran número de parámetros relacionados con las características geométricas, de flujo y señalización de fases de la intersección. SIDRA no usa descripción física de la intersección, sino que los datos son relacionados con los movimientos que especifica el usuario.

El concepto de "movimiento" es similar al concepto de arco usado en el TRANSYT y el concepto de "grupo de pistas" es usado en el nuevo U.S. Highway Capacity Manual (TRB, 1985).

En SIDRA, el usuario tiene completa flexibilidad en la especificación de movimientos, por ejemplo, como el total de flujo de un acceso o como los movimientos individuales que producen en el mismo. Como un principio general, los usuarios pueden especificar cualquier combinación de pistas y movimientos de flujo con un "movimiento" que permita la interacción de flujo por pista, y las diferencias en asignación de tiempos y fases y características de flujo de saturación.

La entrada de datos al SIDRA requiere un buen entendimiento de la intersección bajo estudio y de la aplicación de un método sistematizado de preparación de datos. Dicho método de entrada, es similar al análisis de la intersección, ayudando al usuario en el corto plazo a entender la salida dada por el modelo. Así, no es fomentado el uso del programa como una caja negra.

(1) Datos de Entrada

El primer paso en la preparación de entrada de datos es resumir toda la información relevante en el formato de preparación datos que incluye la siguiente información:

(a) Layout de la Intersección

- Una descripción de la intersección "existente" y "propuesta".
- Todas las pistas marcadas con clara indicación de disciplina de pistas.
- Ancho de pistas (necesidad de anchos particulares).
- Cruces de peatones.
- Longitud de pistas cortas (incluyendo pistas cortas debido a estacionamientos en la sección de aproximación).
- Información de pendiente si está disponible.
- Dirección del Norte para facilitar la referencia.

(b) Conteos de Flujo

- Flujo en vehículos por unidad de tiempo (la unidad de tiempo especificado como hora, 30 minutos, etc.).
- Composición de tráfico, con cada movimiento separado en vehículos livianos y pesados (especificado en forma separada. como porcentaje o total).

(c) Diseño de Fases

- Una descripción "existente" y "propuesta".

- Movimientos que tienen derecho a vía en cada fase (junto con numeración de movimientos).

- Se debe dar nombre a las fases (1,2,...ó A,B,...). Hasta 9 fases pueden ser especificadas.

- Se debe indicar en forma distinta los movimientos normales, los con oposición, los peatonales u otro.

(d) Movimientos y Descripción de Pistas

- Los movimientos y pistas deben ser decididos de acuerdo al "layout" de la intersección e información de diseño de fases. Se permite hasta 24 movimientos en total y 6 por pistas.

- Los números de movimientos y de pistas de la intersección deben ser claramente especificados. Cualquier sistema de numeración de movimientos puede ser usado.

  Las pistas deben ser numeradas desde izquierda a derecha fijando la dirección de salida.

- Es posible especificar diferentes tipos de movimientos (peatonales, no detectados, dummy y esclavos).

- Los casos de pistas cortas e interacción de pistas deben ser indicados usando símbolos especiales.

(e) Otras Características que se pueden Especificar

- Parámetros generales tales como penalidad por detenciones, períodos de flujo, escala de flujos, etc.

- Tiempos de cambios de fases.

- Cualquier valor especial de retardo inicial y final, verdes mínimos y máximos, etc.

- Tipo de ambiente, movimientos restrictivos, etc.

- Parámetros de movimientos con oposición (gap crítico, cola libre, etc.).

Cuando todos los datos son resumidos en el formato de entrada y el usuario está suficientemente familiarizado con la operación de la intersección, entonces puede partir la codificación de datos de entrada. Los datos de entrada son proporcionados en varios tipos de líneas. Algunos de ellos son obligatorios y otros opcionales. Los tipos de líneas de entrada de datos usados en SIDRA versión 2.2 son resumidos en la Figura N°1.402.902 (A). Como se indica en ella, los usuarios novatos pueden emplear un mínimo número de tipos de líneas (líneas obligatorias) y usar las opcionales en la medida que se vayan familiarizando con el programa.

La codificación de cada tipo de línea es descrita en detalle en la guía de usuario del modelo SIDRA (Akcelik, 1986).

FIGURA N°1.402.902 (A)
USO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE LINEAS
DE DATOS DE ENTRADA EN SIDRA-2.2

USO OBLIGATORIO

Titulo

1 (Control de Datos del Programa)
4 (Datos de Tiempo y Fase)
5 (Flujos y Flujos de Saturación)

USO SI ES REQUERIDO

ϕ (Definición de Parámetros de acuerdo a lado de Conducción)
6 (Datos de Movimientos con Oposición)
8 (Datos de Pista)

USO OPCIONAL (SI SE JUSTIFICA)

Sub Titulo

2 (Tiempo de Cambio de Fases)
7 (Parámetros de Movimientos con Oposición)

USO OPCIONAL (USO SOFISTICADO)

3 (Mezcla Datos de Flujo)
11 (Definición de Grupos de Movimientos)
12 (Datos de Grupos de Movimientos)
15 (Datos de Movimientos Adicionales)

(2) Archivo de Salida

El programa SIDRA da una extensiva salida la cual se presenta en la forma de varias tablas. La salida esta en un formato de 80 columnas y consiste en las siguientes secciones:

- Datos de Entrada
- Parámetros y Símbolos
- Tabla S.1: Movimientos por Fase y Parámetros de Tiempos
- Tabla S.2: Parámetros de Capacidad de Movimientos
- Tabla S.3: Parámetros de Intersección
- Tabla S.4: Información de Fases
- Tabla S.5: Características de Operación de Movimientos
- Tabla S.6: Resumen de Intersección
- Tabla S.7: Características de Operación de Pistas
- Tabla S.8: Información de Flujo por pistas y capacidad
- Tabla S.9: Diagrama de movimientos

Los listados de datos de entrada y Tablas S.1 a S.4 son dados automáticamente. Las otras secciones de salida son opcionales. Es posible, además, obtener una opción de salida resumida. La salida SIDRA es explicada en detalle en la guía de usuario (Akcelik 1986).

1.402.903 Modelación de Intersecciones de Prioridad y Rotondas

En este acápite se entregan los procedimientos metodológicos requeridos para el cálculo de capacidades y la determinación de demoras y detenciones en intersecciones viales interurbanas, reguladas mediante señales de prioridad (disco PARE y CEDA EL PASO) y rotondas.

La estructura básica de la metodología de análisis en este tipo de intersecciones, considera las siguientes etapas:

i) Definir la geometría existente y proyectadas en las intersecciones bajo estudio.

ii) Definir las condiciones de tráfico por tipo de vehículo, según sean los movimientos existentes, para cada período de análisis.

iii) Determinar los conflictos de tráfico que se producirán en las intersecciones, para cada diseño que sea establecido.

iv) Determinar las capacidades de las ramas secundarias.

v) Finalmente, deberán determinarse las demoras y detenciones en cada corriente vehicular que sufra algún tipo de interferencia en su operación debido a la existencia de la intersección.

Los temas i) y ii) son parte de otras etapas del desarrollo de la metodología y, por lo tanto, en este acápite no se profundiza al respecto.

(1) Determinación de Capacidades

En intersecciones de prioridad y rotondas, el cálculo de capacidades de movimientos y pistas en las ramas secundarias, puede realizarse en base a la aplicación de formulas teóricas, basadas en la teoría de la aceptación de gaps o brecha crítica (Plank, 1984), o bien mediante la aplicación de formulas desarrolladas en base al conocimiento empírico. Sin embargo, de acuerdo a la experiencia adquirida en el caso urbano, estas últimas han demostrado ser de mayor utilidad y aplicabilidad en casos concretos, motivo por el cual, el desarrollo metodológico para el cálculo de capacidades, se basa en dichas experiencias.

Las expresiones empíricas consideran que la capacidad de un movimiento secundario, entendido este como una corriente de flujo vehicular no prioriario, con un mismo sentido y dirección), es función explícita de los flujos prioritarios y de las características geométricas de la intersección en sí. De esta forma, el problema consiste esencialmente en determinar los coeficientes de la expresión econométrica, por lo que el análisis puede ser dividido en dos partes:

- Determinar la influencia de los flujos prioritarios en las expresiones de capacidades, identificando a la vez, cuales son dichos flujos.

- Determinar la influencia del diseño y geometría de la intersección en las capacidades.

(a) Intersecciones de Prioridad

Para caso de intersecciones de prioridad, la forma general de las expresiones de capacidad son del siguiente tipo:

$$Q_S = X \times \left[Q_0 + Z + Y \times \sum_{i \in I} \alpha_i \times q_{pi} \right] \qquad 1.402.903 \text{ (A)}$$

Donde

Q_S	:	Capacidad del movimiento no prioritario.
X, Y, Z	:	Factores ligados a la geometría de la intersección.
I	:	Conjunto de movimientos prioritarios para la corriente cuya capacidad se quiere estimar.
α_i, Q_0	:	Son parámetros del modelo lineal (Q_0 representa el flujo de saturación de la rama secundaria).
q_{pi}	:	Flujo asociado al movimiento i-ésimo de la rama prioritaria.

En estas expresiones, los datos y parámetros de tránsito se utilizan en unidades de vehículos equivalentes (veq). Por otra parte, los parámetros del modelo varían según el movimiento de que se trate (cambia la geometría de los conflictos). De esta forma, el valor que se obtiene para Q_S representa

la capacidad de una cola (una pista) compuesta sólo por vehículos que realizan un determinado movimiento desde la rama secundaria.

Para el caso de los factores X, Y y Z, se utilizan las expresiones que se presentan a continuación y que han sido obtenidas en el Reino Unido y adaptadas en el caso Chileno (Schumilo y Coeymans, 1987).

$$Z = 14 \times W_{BC} \qquad \text{1.402.903 (B)}$$

$$Y = 1 - 0{,}0291 \times w \qquad \text{1.402.903 (C)}$$

$$X = \left[1 + 0{,}099 \times (w - 3{,}55)\right] \times \left[1 + X_1 \times (V_I - 120)\right] \times \left[1 + X_2 \times (V_D - 150)\right] \qquad \text{1.402.903 (D)}$$

Donde

W_{BC}	:	Ancho del bandejón central en vía prioritaria (m).
W	:	Ancho de la vía prioritaria (m).
w	:	Ancho de la pista secundaria (m).
V_I, V_D	:	Visibilidad a Izquierda y derecha respectivamente (m).
X_1, X_2	:	Parámetros que dependen del movimiento en estudio.

En los cuadros siguientes se presentan los valores de los parámetros X_1, X_2 y Q_0 calibrados para intersecciones de prioridad tipo T y X respectivamente. En tanto, en las figuras adjuntas (1.402.903 (A) a la 1.402.903(C)), se presentan los valores de los parámetros α_i para cada movimiento prioritarios asociados a cada movimiento secundarios en este tipo de intersecciones.

Cualquier otro tipo de intersección de prioridad, o enlaces con conflictos direccionales, como es el caso de las pistas de aceleración, entre otras, pueden ser analizadas mediante analogía a las formulaciones presentadas.

Se debe tener en consideración que las expresiones anteriores permiten determinar la capacidad de un movimiento de una rama secundaria. Sin embargo, es posible que en una pista existan más de un movimiento permitido. En tal caso, se deberá calcular la capacidad de cada movimiento y posteriormente combinarlos para obtener la capacidad de una pista, mediante la siguiente expresión:

$$Q_c = \frac{\sum_i q_i}{\sum_i \frac{q_i}{Q_i}} \qquad \text{1.402.903 (E)}$$

Donde el subíndice i representa los movimientos permitidos en la pista.

Por otra parte, para asignar los flujos vehiculares a nivel de pista en una intersección, se deberá trabajar con el concepto de igualdad de saturación en cada pista existente o proyectada en una rama de acceso.

Cuadro N°1.402.903 (A)
Parámetros para el Cálculo de Capacidades
en Intersecciones Tipo T

Movimiento	X1	X2	Q0
B-A	0,0009	0,0000	796
B-C	0,0009	0,0006	661
A-B	0,0009	0,0000	745

Cuadro N°1.402.903 (B)
Parámetros para el Cálculo de Capacidades
en Intersecciones Tipo X

Movimiento	X1	X2	Q0
B-A	0,0009	0,0000	796
B-C	0,0009	0,0006	661
B-D	0,0009	0,0006	661
A-B	0,0009	0,0000	745

Figura N°1.402.903 (A)

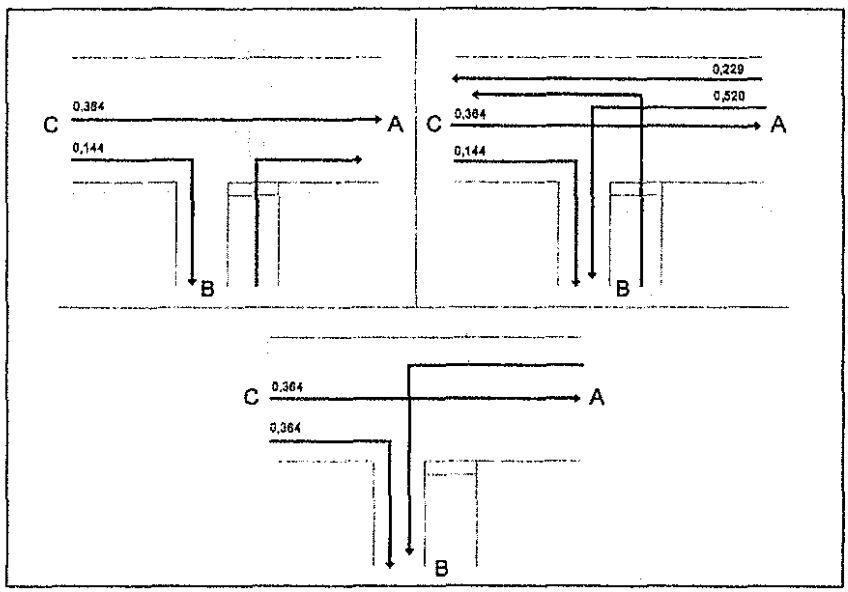


Figura N°1.402.903 (B)

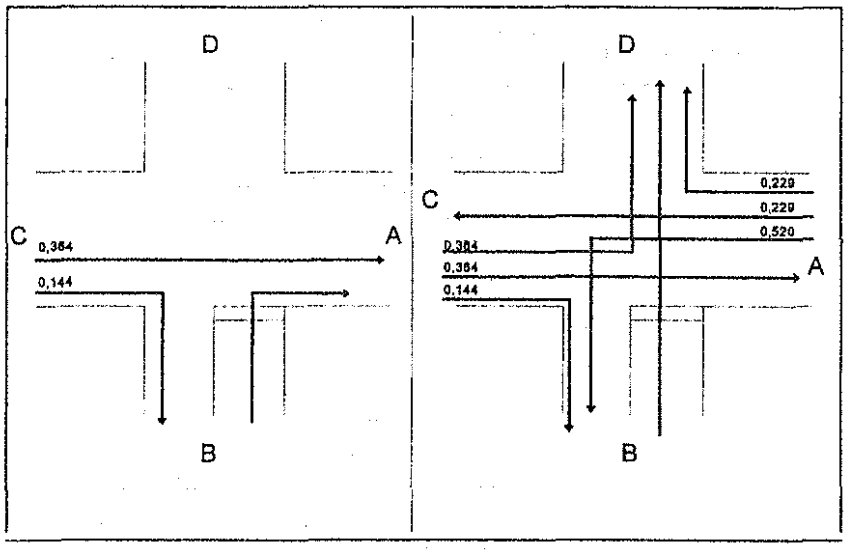
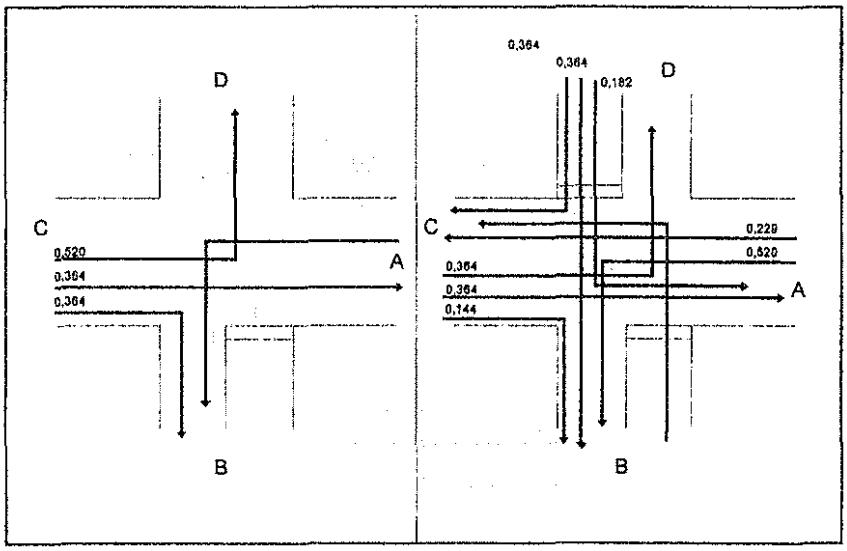


Figura N°1.402.903 (C)



(b) Rotondas

Para el caso de rotondas, las variables geométricas que afectan la capacidad de las entradas son:

- El diámetro del círculo inscrito por la rotonda (D), en metros.
- El ancho de la entrada (e), en metros.
- El ancho de la calzada de aproximación (v), en metros.
- El radio de la curva de entrada (r), en metros.
- El ángulo de entrada (Φ), en radianes.
- El largo efectivo del ensanchamiento (l), en metros.

El primero de estos factores es común a todas las entradas, los otros cinco pueden tener valores distintos dependiendo del diseño geométrico. De esta forma, la capacidad de cada entrada, Q_e depende del flujo de circulación en la rotonda (q_c), ambos en unidades de veq por hora, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q_e = k \times \left[1{,}510 \times x - 0{,}210 \times y \times (1+x) \times q_c\right] \qquad 1.402.903\ (F)$$

$$k = 1{,}0 - 0{,}0331 \times (6 \times \Phi - \pi) - 0{,}0489 \times \left(\frac{20}{r} - 1\right) \qquad 1.402.903\ (G)$$

$$x = \frac{16 \times v \times (e - v) + 5 \times l \times e}{25 \times l + 80 \times (e - v)} \qquad 1.402.903\ (H)$$

$$y = \frac{3 \times e^6 + 2 \times e^{\frac{D}{10}}}{2 \times \left(e^6 + e^{\frac{D}{10}}\right)} \qquad 1.402.903\ (I)$$

(2) Determinación de Demoras por Interferencia Vehicular

Para determinar las demoras en una rama secundaria de una intersección de prioridad o en una rotonda, se considerará como supuesto básico que la tasa de llegada de los vehículos a la intersección, por cualquiera de sus ramas, es una variable aleatoria con una media igual al flujo horario en el período de análisis. Bajo este supuesto, es posible deducir expresiones analíticas para determinar la longitud de cola (L) y las demoras (D) asociadas a cada rama secundaria.

Dependiendo del grado de saturación (X) que exista en la rama secundaria, se han deducido expresiones para la obtención de los indicadores antes señalados (L y D). En efecto, basados en la

teoría de colas que considera X menor que 1, es decir, no existe saturación en la rama secundaria, se deducen las siguientes expresiones probabilísticas o estacionarias.

$$L_E(X) = \frac{X}{(1-X)} \quad [veh] \qquad 1.402.903 \text{ (J)}$$

$$D_E = \frac{X}{(1-X)} \left[\frac{veh-hr}{hr}\right] \qquad 1.401.903 \text{ (K)}$$

Para X igual a 1, las ecuaciones anteriores se indeterminan, en tanto, para valores mayores que 1, son negativas. Estos son los casos de una saturación permanente en la cual es posible determinar las colas y demoras mediante un análisis determinístico. Las ecuaciones a las que se llega mediante un análisis de este tipo son:

$$L_D(X) = L_0 + Q \times (X-1) \times t \quad [veh] \qquad 1.402.903 \text{ (L)}$$

$$D_D(X) = L_0 + Q \times (X-1) \times \frac{t^2}{2} \left[\frac{veh-hr}{hr}\right] \qquad 1.402.903 \text{ (M)}$$

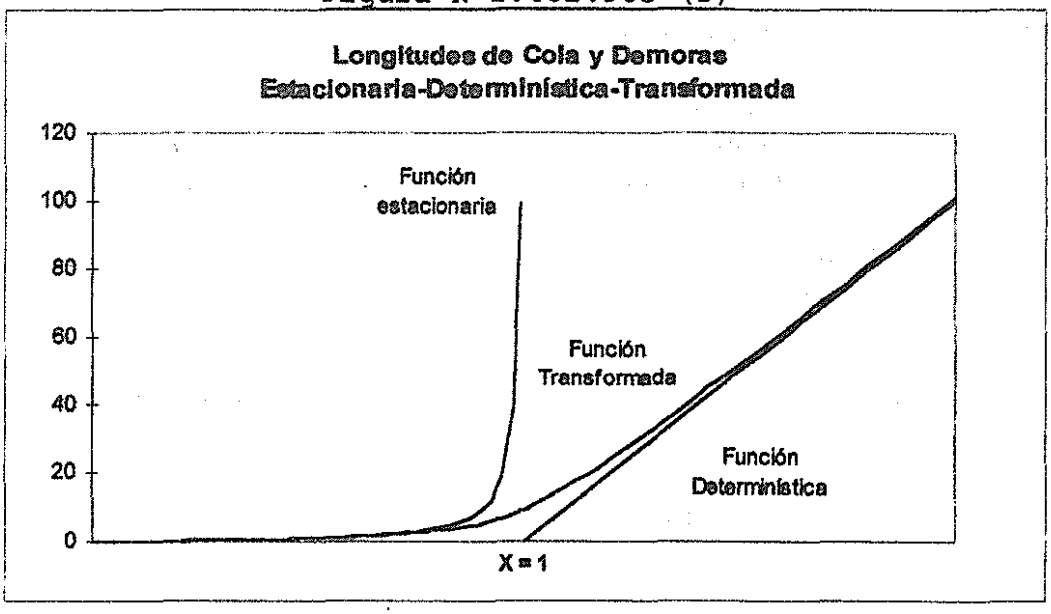
Donde

t	:	corresponde al período de análisis (hr).
Q	:	Capacidad de la rama secundaria (veh/hr).
L_0	:	Longitud de cola al inicio del período (veh).

En la Figura N°1.402.903 (D) se muestra el comportamiento que tienen las ecuaciones estacionarias y determinísticas en función del grado de saturación de la rama secundaria.

La discrepancia entre los dos enfoques, se puede apreciar en dicha figura. En efecto, una teoría (la teoría de colas), considera que las colas y demoras son el resultado de un proceso estocástico o aleatorio y que se pueden producir sin que la intersección esté saturada. La otra teoría en cambio, establece que las cola y las demoras, son el producto de la saturación de la rama secundaria.

Figura N°1.402.903 (D)



Para compatibilizar ambas teorías, se debe realizar un ajuste de las ecuaciones anteriores que se traduce en las denominadas funciones transformadas de longitudes de cola y demoras. La forma general de dichas funciones es:

$$f_t = \frac{1}{2} \times \left(\sqrt{u^2 + v} - u \right) \qquad \text{1.402.903 (N)}$$

Para el caso de longitudes de colas, u y v toman las siguientes expresiones:

$$u = (1 - X) \times Q \times t + (1 - L_0) \qquad \text{1.402.903 (O)}$$

$$v = 4 \times \left(L_0 + Q \times X \times t \right) \qquad \text{1.402.903 (P)}$$

Para el caso de las demoras, se tiene:

$$u = (1 - X) \times Q \times \frac{t^2}{2} + (1 - L_0) \times t \qquad \text{1.402.903 (Q)}$$

$$v = 4 \times \left[L_0 + Q \times X \times \frac{t}{2} \right] \times t \qquad \text{1.402.903 (R)}$$

Como se puede observar en la figura anterior, para grados de saturación bajos, dichas funciones tienden a comportarse del mismo modo que las estacionarias. En tanto, para grados de saturación elevados, las funciones tienen la misma tendencia que las funciones determinísticas.

(3) Determinación de Demoras Geométricas

Se debe considerar que en una intersección además de las demoras producidas por la interferencia de vehículos, existen demoras derivadas del diseño geométrico (**demoras geométricas**) que también deben ser cuantificadas para efectos de evaluar y seleccionar una alternativa. Dichas demoras deben ser calculadas para todas las ramas de una intersección, teniendo en cuenta que, para efectos de comparación de alternativas de enlace, se debe tener una referencia común a objeto de evitar cuantificar mayores recorridos en algunas alternativas.

Para efectos del cálculo de demoras geométricas, se considerará que sólo aquellos movimientos que cambian de dirección debido a la presencia de curvatura, experimentan cambios de velocidad. De esta forma, para este tipo de movimientos, se deberá seguir el siguiente procedimiento:

- Determinar la velocidad máxima (V_{max}) de todos los arcos de la intersección, a partir de relaciones flujo-velocidad, en m/seg.

- Calcular la velocidad en curva (V_{min}), en m/seg, a partir de las siguientes expresiones:

$$V_{min} = 1{,}67\sqrt{R} \qquad Para \qquad R \leq 100\,m$$

1.402.903 (S)

$$V_{min} = 0{,}033 \times R + 13{,}33 \qquad Para\ 100\,m < R \leq 200\,m$$

- Calcular las tasas de desceleración (d) y aceleración (a), en m/seg^2 como:

$$d = 1{,}06 \times \frac{(V_{max} - V_{min})}{V_{max}} + 0{,}23$$

1.402.903 (T)

$$a = 1{,}11 \times \frac{(V_{max} - V_{min})}{V_{max}} + 0{,}02$$

- Calcular la distancia y el tiempo de desceleración (D_d y T_d, respectivamente), como:

$$D_d = \frac{(V_{max}^2 - V_{min}^2)}{2 \times d}$$

1.402.903 (U)

$$T_d = \frac{(V_{max} - V_{min})}{d}$$

- Determinar a partir de planos, la distancia en curva (D_c).

- Calcular el tiempo en curva (T_c)

$$T_c = \frac{D_c}{V_{min}}$$

1.402.903 (V)

- Calcular la distancia y el tiempo de aceleración (D_a y T_a, respectivamente), como:

$$D_a = \frac{(V_{max}^2 - V_{min}^2)}{2 \times a}$$

1.402.903 (W)

$$T_a = \frac{(V_{max} - V_{min})}{a}$$

Finalmente, a partir de estos parámetros, la demora geométrica (T_g) asociada a cada vehículo de una corriente vehicular, se calcula como:

$$T_g = (T_d + T_c + T_a) - \frac{(D_d + D_c + D_a)}{V_{max}}$$

1.402.903 (X)

(4) Determinación de Detenciones

Para el cálculo del número de detenciones en cada rama secundaria de la intersección analizada, se requiere aplicar un modelo de brechas del siguiente tipo:

$$h = 1 - (1 - q_p \times \gamma) \times e^{-q_p \times (\beta - \gamma)}$$

1.402.903 (Y)

Donde

h	:	Porcentaje de vehículos que se detiene si no existe cola.
q_p	:	flujo de la rama principal (veh/seg).
τ	:	$1/Q_p$ (donde Q_p es la capacidad de la rama principal, en veh/seg).
ß	:	Brecha crítica (seg).

Luego, si existiera una cola inicial de L_0 vehículos, se tendría que:

- El primer vehículo en cola no se ve afectado por la presencia de cola y, por lo tanto, es válida la expresión anterior.

- El segundo vehículo experimenta una detención y luego se enfrenta a la intersección realizando un porcentaje de detenciones dado por h. De esta forma, dicho vehículo experimenta 1+h detenciones.

- Del mismo modo, el último vehículo en cola, incurre en un total de L_0-1+h detenciones.

Luego, el número de detenciones experimentado por un vehículo cualquiera tiene una distribución que varía entre h para el primer vehículo y L_0-1+h para el último vehículo en cola. De esta forma, el total de detenciones en la rama secundaria estará dado por:

$$H = \frac{(L_0 + h - 1)}{2} \times q$$

1.402.903 (Z)

Donde q representa el flujo de la rama secundaria.

SECCION 1.403 MODELOS DE DETERIORO Y CONSERVACION DE CAMINOS

1.403.1 ASPECTOS GENERALES

Esta sección contiene dos temas relacionados: los modelos de deterioro de carpetas de rodado y la conservación de caminos. En el desarrollo futuro del Manual de Carreteras está previsto incorporar un Volumen 7 que se referirá a estas materias, por lo cual esta sección tiene un carácter provisional.

Los contenidos de esta sección están relacionados con la sección 1.402 en relación a la influencia del deterioro sobre los costos de operación de vehículos, y con la sección 1.506 en relación a la inclusión de los costos de conservación en el análisis de rentabilidad de los proyectos.

1.403.2 CONCEPTOS BASICOS

El grado de deterioro de un camino incide sobre el consumo de recursos de los vehículos que circulan por el mismo, lo cual hace necesario predecirlo.

El deterioro de un camino es función del paso del tiempo, según las condiciones ambientales en que se sitúe, de los flujos vehiculares que lo soliciten y de las acciones de conservación que se realicen. Por esta razón la modelación de deterioro y conservación se trata en forma conjunta en esta sección.

En la Sección 1.302 Características de la Oferta Vial Existente, se han establecido los procedimientos para determinar el estado de la carpeta de rodado a través de parámetros o indicadores que revelan su grado de deterioro funcional y/o estructural en un corte temporal específico.

Estos indicadores expresan una descripción del estado de la carpeta de rodado, según los tipos de falla presentes. Una evolución del estado requiere un modelo de deterioro, el cual es uno de los temas cubiertos en la presente Sección.

La evolución del deterioro de un camino pavimentado puede ser obtenida principalmente a través de dos métodos. El primero se basa en un determinar los índices de serviciabilidad y de condición estructural, los cuales están basados en criterios o modelos de predicción del deterioro que han sido estimados de la regresión de estos índices con las cargas de tránsito, acciones de conservación, edad y condiciones ambientales.

El segundo método y tradicionalmente utilizado ha sido el desarrollo de modelos que predicen en forma independiente la progresión de los tipos de falla más importantes en carpetas pavimentadas, rígidas o flexibles y carpetas no pavimentadas, grava y tierra. Estos modelos de deterioro son utilizados para diseñar estrategias o planes de conservación, y decidir el tipo de obra necesario para corregir una falla o bien disminuir su velocidad de evolución.

En este Manual se postula que la selección de una política de conservación es una componente inseparable del diseño de un proyecto, de modo que los costos involucrados deben ser incluidos en las corrientes de costos y beneficios del proyecto. Si el proyecto resulta conveniente y es ejecutado, los fondos necesarios para ejecutar las acciones de conservación previstas en el diseño no debieran estar sujetos a una nueva evaluación.

Por otra parte la situación base contra la cual se compara el proyecto tiene también costos de conservación, los cuales deben ser incluidos entre los ahorros del proyecto. Sin embargo, en la mayor parte de los casos la información sobre la conservación definida cuando las obras existentes fueron diseñadas no existe, por lo cual se debe recurrir a modelos de costos de conservación.

Todas las modelaciones del comportamiento de carpetas pavimentadas o no pavimentadas, requieren la formulación de políticas de conservación para aplicar a los distintos caminos a evaluar, según el tipo de pavimento que posean y el tipo de deterioro que presenten. Se entiende por **políticas de conservación**, un conjunto de acciones u obras de conservación, aplicables a un determinado camino, de acuerdo a estándares establecidos.

Todas las modelaciones del deterioro, requieren la formulación de **políticas de conservación** para aplicar a los distintos caminos a evaluar, según el tipo de pavimento que posean y el tipo de deterioro que presenten. Se entiende por políticas de conservación, un conjunto de acciones u obras de conservación, aplicables a un determinado camino, de acuerdo a estándares establecidos.

Las **acciones de conservación** son todos aquellos trabajos que permiten restablecer o mejorar la condición del pavimento, desde tratamientos preventivos hasta la reparación de deterioros ya producidos, incluyendo incluso hasta acciones referidas al refuerzo y la reconstrucción del pavimento.

Por **estándares de conservación** se designan aquellos criterios bajo los cuales se aplicarán las acciones de conservación, es decir en que instante de la vida del pavimento se deberá aplicar conservación, ya sea fijando intervalos de tiempo o la condición que debe alcanzar el pavimento antes de ser conservado.

Se define como **intervención programada** aquella cuya materialización es especificada cada determinados intervalos fijos de tiempo. La expresión por **condición de respuesta**, se refiere a la especificación de aplicar una acción de conservación preestablecida, cada vez que un determinado indicador de deterioro alcance un valor crítico, llamado **umbral de intervención.**

Los **umbrales de intervención** se definen para determinar el momento más adecuado en el cual efectuar la conservación del camino, Figura N°1.403.2 (A). La definición de umbrales es utilizada también, como referencia para evaluar el estado de un camino o red de caminos, indicando que parte de la red y que tramos están por encima o por debajo de los niveles de deterioro considerados aceptables.

Es posible definir distintos **niveles o umbrales de intervención**, de acuerdo a la aplicación que se les desee dar, los más significativos en la programación de las obras de conservación son: nivel de intervención efectiva, umbral de alerta y de intervención óptima.

Se define el **Nivel de intervención efectiva** como el momento en que la evolución del estado del pavimento ha llegado al nivel de MALO por lo cual es necesario realizar una conservación mayor, la que puede ir desde un recapado hasta una reconstrucción del pavimento la que permite recuperar el estado inicial (caso de la reconstrucción) o muy cerca del estado inicial (en el caso del recapado).

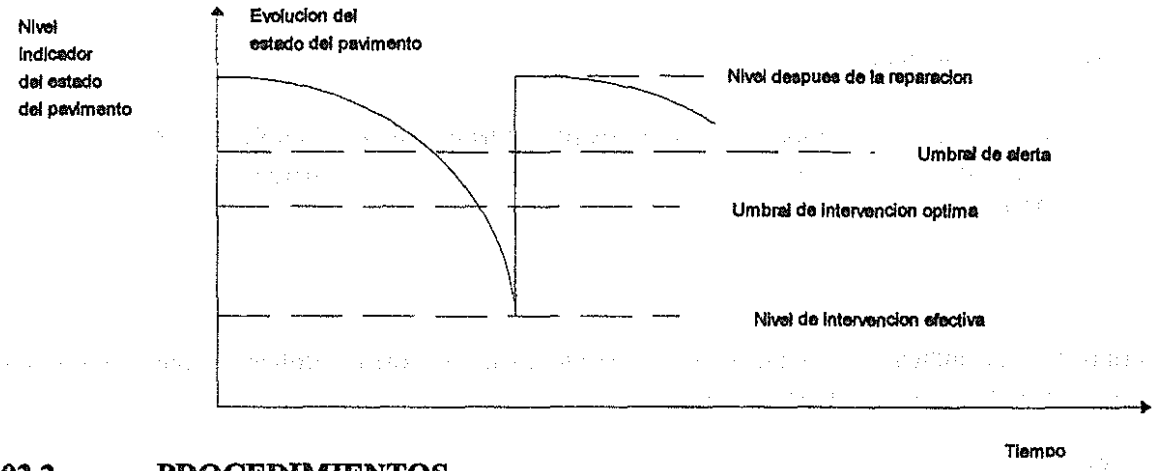
Se entiende por **umbral de alerta**, al nivel de deterioro que indica la necesidad de una vigilancia más intensa del estado del pavimento. De alguna forma, este umbral podría relacionarse con el concepto de estado "regular" del pavimento.

El **umbral de intervención óptima** es aquel que fija el momento más apropiado para ejecutar las obras. Minimiza, en términos sociales, el costo total de conservación a largo plazo. Es conveniente señalar que este umbral se sitúa, en la mayoría de los casos, por encima de los niveles correspondientes al estado del pavimento que se acostumbra valorar como "malo".

Una buena conservación de caminos depende de la adopción de normas convenientemente definidas que permitan responder a las exigencias de los usuarios y minimicen el costo total del camino, considerando costos de construcción, conservación y operación.

Para la creación de políticas de conservación es necesario conocer los distintos tipos de falla que pueden presentar los pavimentos, las que se presentan en la Sección 1.302 Características de la Oferta Vial Existente de este Manual.

FIGURA N°1.403.2 (A)
NIVELES O UMBRALES DE INTERVENCION



1.403.3 PROCEDIMIENTOS.

El propósito de este tópico es definir los procedimientos que deben utilizarse en la determinación del deterioro y de los planes de conservación.

1.403.301 Deterioro

El deterioro de las carpetas de rodado evoluciona en el tiempo, principalmente en función de las cargas de tránsito, condiciones de diseño y de construcción, y las obras de conservación aplicadas. Los indicadores del deterioro o tipos de falla más comunes de cada tipo de carpeta de rodado se presentan en 1.403.601.

Es importante destacar que todos los modelos de deterioro vigentes, convergen en una pérdida de regularidad superficial, que finalmente se traduce en incomodidad y menor seguridad al usuario que transita sobre el pavimento, al tiempo que aumenta los tiempos de viaje y los diversos consumos de los vehículos. Todos estos inconvenientes contribuyen a incrementar los costos de operación en que incurren los usuarios del camino.

(1) Etapa de Perfil

En evaluaciones correspondientes a esta etapa, no se recomienda el uso de modelos de deterioro. Se podrá hacer el supuesto de que durante el horizonte de evaluación cada tramo de vía tendrá una rugosidad media dependiente sólo del tipo de carpeta de rodado, tanto en la situación base como en la con proyecto, según se detalla en el tópico 1.403.4.

(2) Etapa de Prefactibilidad

En evaluaciones correspondientes a esta etapa, se recomienda el uso de modelos simplificados de deterioro descritos en el Tópico 1.403.5.

Se recomienda, sin embargo, adoptar el procedimiento descrito en 1.403.4, para vías que no sean afectadas por las obras, tales como la red de vías alternativas que se define en proyectos con reasignación de tránsito, y usar modelos simplificados de deterioro en las vías afectadas por las obras.

(3) Etapa de Factibilidad

En evaluaciones en etapa de factibilidad se recomienda utilizar el modelo HDM III - CH descrito en el tópico 1.403.6, u otros modelos equivalentes, que satisfagan los requerimientos impuestos por la Dirección de Vialidad.

1.403.302 Conservación

A continuación se indica, para cada etapa de evaluación, las formas utilizadas para determinar las políticas de conservación que deban ser utilizadas.

(1) Etapa de perfil

En evaluaciones en etapa de perfil no se recomienda el uso de políticas de conservación, puesto que no se utilizan modelos de deterioro en esta etapa. Sin embargo en el tópico 1.403.7 se entregan valores correspondientes a costos privados de políticas de conservación aplicables en esta etapa, para distintos tipos de carpetas de rodado.

(2) Etapa de prefactibilidad

En evaluaciones en etapa de prefactibilidad se podrán utilizar modelos simplificados de deterioro y conservación que se describen en el tópico 1.403.8 de este Manual. Uno de ellos es el denominado PYP que se encuentra en desarrollo por parte de la Dirección de Vialidad, el cual utiliza el modelo de deterioro del HDM III-CH dejando fijos algunos parámetros y está orientado justamente a evaluaciones intermedias.

Se recomienda, sin embargo, adoptar el procedimiento descrito en 1.403.7, para vías que no sean afectadas por las obras, tales como la red de vías alternativas que se define en proyectos con reasignación de tránsito.

(3) Etapa de factibilidad

En evaluaciones en etapa de factibilidad se recomienda utilizar el modelo HDM III-CH descrito en el tópico 1.403.9, u otros modelos equivalentes que satisfagan los requerimientos impuestos por la Dirección de Vialidad.

1.403.4 DETERIORO EN ETAPA DE PERFIL

En evaluaciones correspondientes a esta etapa, se podrá adoptar el supuesto que durante el horizonte de evaluación, cada tramo de vía tendrá la rugosidad media dependiente sólo del tipo y estado que presente la carpeta de rodado. En este sentido, se recomienda utilizar los valores de Rugosidad proporcionados por el Cuadro N°1.302.403A ó el Cuadro N°1.302.503(1), las que serán aplicables tanto en la situación base como en la de referencia.

1.403.5 MODELOS SIMPLIFICADOS DE DETERIORO

Existen, para uso interno de Mideplan y de la Dirección de Vialidad y elaborados por esos organismos, programas computacionales de evaluación basados en simplificaciones del HDM III-CH.

Uno de ellos es el identificado como **HDM-III Simplificado**, elaborado por Mideplan (en lenguaje PASCAL), orientado a evaluaciones a nivel intermedio. Este modelo **no** incluye modelos de deterioro, sino que el evaluador debe ingresar, en forma exógena al programa, un perfil de rugosidades y un flujo de gastos de conservación (rutinaria y periódica) asociado al tipo de proyecto que se está evaluando. Por lo tanto esta versión simplificada del HDM III - CH debe ser entendida como una herramienta para realizar **evaluaciones simplificadas**, ya que con respecto a la conservación y deterioro, el modelo ocupa el mismo nivel de detalle que aquel descrito para la etapa de perfil en 1.403.4.

Otro modelo que surge como una simplificación del HDM III - CH es aquel que se encuentra actualmente en desarrollo por parte de la Dirección de Vialidad denominado PYP, el que utiliza el modelo de deterioro del HDM III-CH dejando fijos algunos parámetros. Este modelo está orientado a evaluaciones intermedias, considerando el cálculo de los costos de conservación y la progresión del deterioro.

El modelo PYP tiene la misma estructura del modelo HDM III - CH, con algunas simplificaciones tanto en la entrada de datos como en la salida de informes.

Las simplificaciones de este modelo permiten generar las siguientes salidas :

Informe Nº 4 : Entrega el deterioro del camino año a año para las alternativas con y sin proyecto.

Informe Nº 7 : Entrega los flujos de costos económicos para todo el período de análisis, correspondientes a las situaciones con y sin proyecto.

Informe Nº 8 : Entrega para todo los años de análisis, los beneficios asociados a los costos de construcción, costos de conservación, costos de operación, ahorros de tiempo de viaje y beneficio total.

Informe Nº 11: Resultados de la evaluación económica entregando los indicadores de rentabilidad.

1.403.6 MODELO DETALLADO DE DETERIORO

1.403.601 Modelo HDM III - CH para deterioro de Carpetas Flexibles y Granulares

(1) Identificación

El HDM III-CH es la adaptación hecha en Chile de la tercera generación (HDM III) del modelo computacional elaborado por el Banco Mundial para la evaluación técnico-económica de proyectos de inversión vial interurbana o rural, en caminos de carpetas asfálticas, granulares o de tierra.

En su estructura y lógica de funcionamiento, así como en gran parte de sus funciones de consumo de recursos, el HDM III-CH es idéntico al modelo HDM III. Los cambios efectuados en nuestro país, se presentan exclusivamente en la recalibración efectuada a algunos parámetros de las funciones de consumo de recursos del submodelo de costos de operación y cambios en la relación número estructural-deflexión del modelo de deterioro de pavimentos asfálticos para adaptarlos a caminos nacionales.

El modelo sirve para evaluar un determinado proyecto en un camino o sector de él, en forma aislada o bien para una red integral de caminos. Puede calcular los costos de un gran número de alternativas de diseño de proyectos y de políticas de inversión y conservación, año a año, en horizontes de hasta 30 años, efectuando las actualizaciones de costos, si se desea, a diferentes tasas de interés, entregando los resultados del análisis económico en términos de tasa interna de retorno, valor presente o beneficio del primer año para la comparación de alternativas o grupos de alternativas. Además tiene la capacidad de analizar su sensibilidad en relación a cambios en las variables claves, tales como los costos de construcción, costos de mantención, costos de operación de vehículos, costos y beneficios exógenos y valor del tiempo de los usuarios.

(2) Procedimientos de uso.

El modelo HDMIII del Banco Mundial, se encuentra ampliamente descrito en la literatura existente, siendo la más importante los manuales de uso originales:

- The Higway Design and Manintenance Standards Model:

Volumen 1 : Description of The HDM-III Model.
The Higway Design and Maintenance Standards Model.
Volumen 2 : User's Manual for the HDM-III Model.
The Higway Design and Maintenance Standars Series.

- HDM-PC, Julio 1988.

La versión chilena del HDM III - CH está respaldada por :

- "Validación y Complementación de Costos de Operacionales en Caminos de Chile" elaborado por la Sección Ingeniería de Transporte de la Universidad de Chile para la Dirección de Vialidad, y

- El documento del Departamento de Planes y Programas: "Aspectos a Considerar en el Uso del Modelo HDMIII-CH en Evaluaciones Económicas" de Abril 1992, en el cual se incluyen entre otros los siguientes temas:

  - Adaptación del modelo a carpetas de hormigón.
  - Recomendaciones para el uso del modelo HDM III-CH.
  - Políticas de Conservación.
  - Factores de Deterioro.

(3) Deterioro de Carpetas Flexibles

El modelo de predicción de la rugosidad o irregularidad superficial, establece que el cambio incremental de esta se puede representar como la suma de tres componentes relacionadas con: la deformación estructural, el estado del pavimento y el medio ambiente.

a) **Componente de deformación estructural.** La componente de deformación estructural es función del número de ejes equivalentes que solicitan el pavimento año a año, y su resistencia expresada a través del número estructural corregido. Los ejes equivalentes se calculan según una relación exponencial respecto a una carga estándar, descrito en el Volumen 3 de este Manual.

El Número Estructural Corregido, se calcula de acuerdo al procedimiento descrito en la sección 1.302.7, de este Manual.

b) **Componente relacionada con el estado del pavimento.** El estado del pavimento contribuye a la progresión de la rugosidad a través del incremento en las grietas, baches y ahuellamiento.

El agrietamiento en las superficies bituminosas tiende a producirse debido a la acción combinada del tráfico y clima. Este agrietamiento se caracteriza por dos fases distintas: inicio y progresión. A su vez las grietas se clasifican en dos clases: fisuras o grietas angostas (≤ 3mm) y grietas anchas (> 3mm).

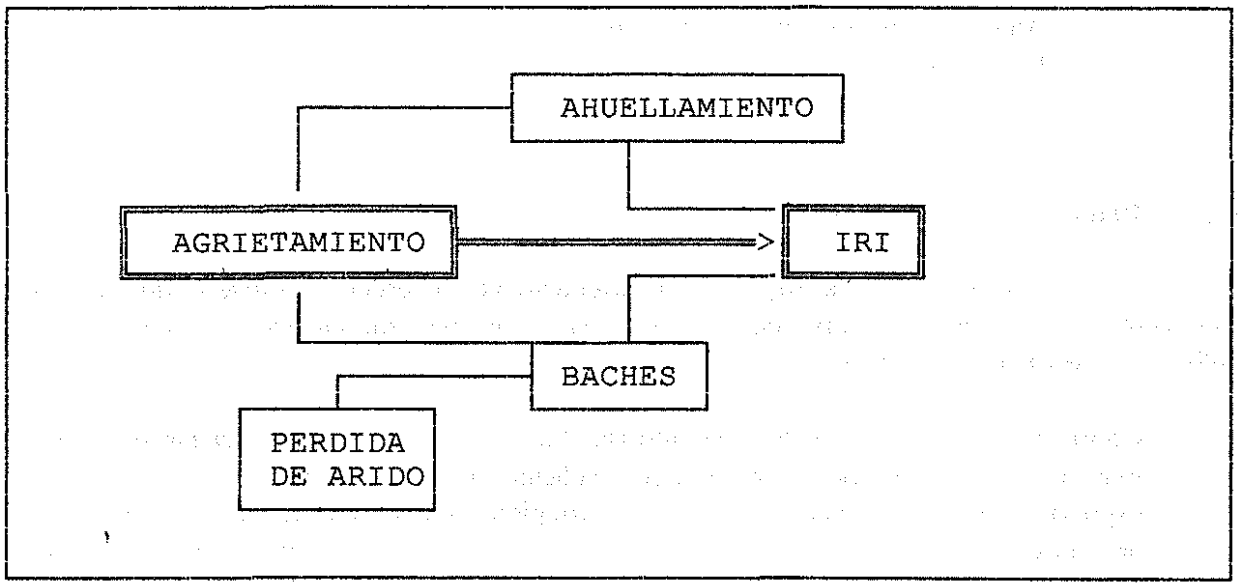
En el caso de los baches, estos resultan de la desintegración y pérdida de material de la superficie y posteriormente del material de la base. Estos se inician después de un lapso de tiempo a partir de la formación de las grietas anchas o pérdida de áridos.

El deterioro por pérdida de áridos se puede producir tanto por fractura mecánica de la película de asfalto, como por pérdida de adherencia entre el bitumen y los agregados pétreos. Este deterioro está más influenciado por el flujo de tráfico que por las cargas de éste, y es susceptible de producirse en mezclas en frío, sellos y lechadas.

El último deterioro que interviene como componente relacionado con el estado del pavimento, es el ahuellamiento. Su efecto se considera en el modelo de rugosidad a través del incremento de la desviación estándar, la cual a su vez dependen fuertemente de la profundidad media de la huella.

c) **Componente ambiental de la deformación.** La componente de deformación debida al ambiente toma en cuenta los principales efectos climáticos (lluvia y temperatura), y actúa como un factor que incrementa la rugosidad en una proporción del valor alcanzado por ella el año anterior.

FIGURA N°1.403.601 (A)
PROGRESION DEL DETERIORO EN CARPETAS ASFALTICAS



(4) Deterioro de Carpetas Granulares

Para carpetas granulares o no pavimentadas se utiliza el modelo HDM III - CH, el cual para este tipo de carpeta aún no ha sido calibrado a la realidad de nuestro país, solamente se han obtenido algunas recomendaciones para su uso.

En la Sección 1.302 Características de la Oferta Vial Existente, Párrafo 1.302.403 Estado de la Superestructura del Camino, se han identificado los indicadores del estado de los caminos no pavimentados.

Este modelo de deterioro consiste básicamente en determinar la progresión de la rugosidad en el tiempo y la pérdida anual de material de carpeta de rodado.

a) **Rugosidad.** La rugosidad máxima de un camino no pavimentado es función de las propiedades el material y la geometría del camino. La progresión de la rugosidad en el tiempo es función de la rugosidad máxima, de la precipitación promedio mensual, paso de vehículos livianos y pesados y propiedades del material.

En este modelo se representa el efecto que tiene sobre la rugosidad tanto el reperfilado y los recebos con compactación.

b) **Pérdida de material de carpeta de rodado.** La pérdida anual de material o carpeta de rodado se presenta como una función de la precipitación promedio anual, geometría del camino y características del material.

1.403.602 Modelo GIMPH para Deterioro para Carpetas Rígidas

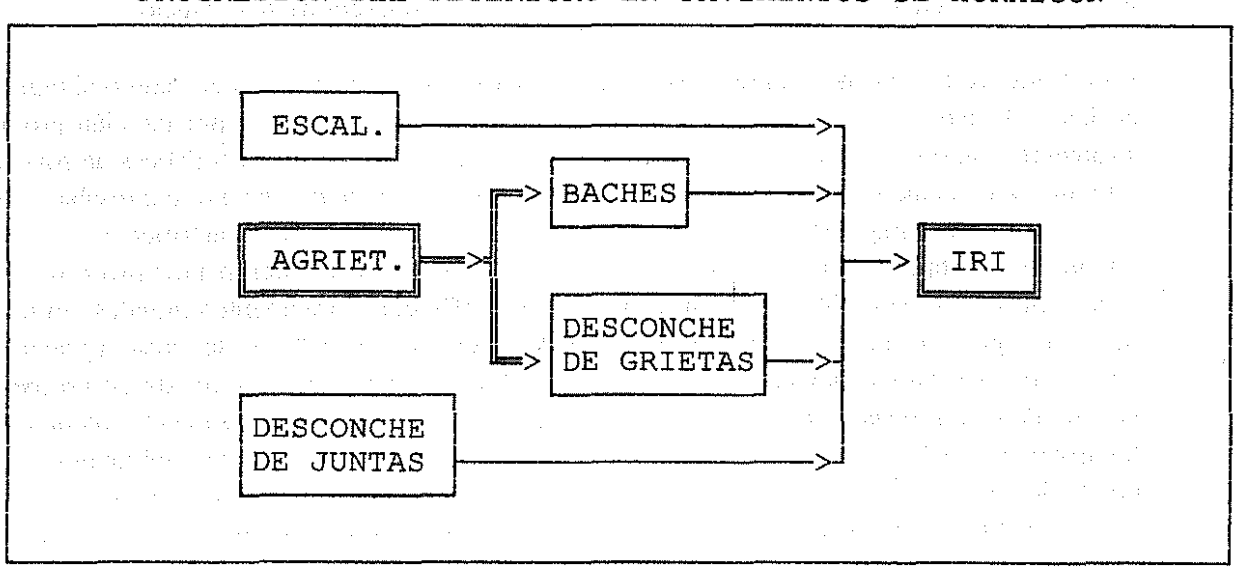
(1) Identificación

El modelo HDM III del Banco Mundial, al igual que sus versiones anteriores, no incluye métodos para simular el deterioro de pavimentos de hormigón.

La adaptación del HDM a los pavimentos de hormigón presenta serias limitaciones de orden práctico, en cuanto a tiempos de proceso, espacios requeridos de memoria, en la necesidad de archivos input-/output muy distintos a los utilizados por el HDM y varias otras diferencias, que se explican porque los pavimentos de hormigón se caracterizan por mecanismos de funcionamiento muy diferentes a las de los pavimentos asfálticos.

El modelo de deterioro para pavimentos rígidos desarrollado en Chile, para carpetas de hormigón simple, con o sin barras de traspaso de cargas, está basado en los principales modos de falla observados, estos son: escalonamiento de juntas transversales, agrietamiento de losas, roturas de bordes en juntas transversales y en grietas, hundimiento de trozos, deterioro de sellos y rugosidad. La interrelación entre los distintos modos falla y su evolución han dado origen al modelo de deterioro que se presenta en la Figura 1.403.602 (A).

FIGURA N°1.403.602 (A)
PROGRESION DEL DETERIORO EN PAVIMENTOS DE HORMIGON



a) **Escalonamiento en las Juntas Transversales.** Representa el desnivel absoluto entre los bordes de una junta, que se produce por acumulación de finos arenosos bajo el borde levantado y/o por una cavidad de erosión bajo el borde de la losa hundida. Condición necesaria para su desarrollo es que exista una cavidad abierta, agua dentro de ella y solicitaciones dinámicas de tránsito que accionen el conocido efecto de bombeo. Los finos arenosos bajo el borde levantado son normalmente succionados desde la berma y/o desde la base.

b) **Agrietamiento de Losas.** Como indicador del grado de agrietamiento de un tramo se usa el índice porcentaje de losas con algún tipo de grieta en el año i, producto del consumo de fatiga acumulado. Si bien el agrietamiento no afecta directamente la serviciabilidad, es un buen indicador del estado estructural del pavimento y una de las principales causas de los deterioros que posteriormente afectarán al usuario. El método de modelación del consumo de fatiga consiste en acumular mediante la ley de Miner los consumos unitarios n/N provenientes de las repeticiones de carga n, conocida de los censos de tránsito en cada condición climática, sobre las repeticiones admisibles N obtenidas de la Curva de Fatiga:

$$N = \exp\cdot[17{,}4\cdot(1-S_{máx})] \qquad 1.403.602\ (A)$$

que caracteriza el comportamiento de los hormigones de pavimentos usados en Chile.

Esta expresión representa la curva media de todos los datos de ensayes realizados y corresponde al 50% de probabilidad de falla, que se hace corresponder con similar probabilidad para el agrietamiento de losas en terreno.

c) **Roturas de bordes en juntas transversales.** La rotura de bordes en juntas transversales se origina principalmente en la concentración de tensiones que produce la intromisión de partículas incompresibles en cada ciclo térmico de abertura de juntas. Este fenómeno es progresivo pero retardado por la presencia del material de sello. La variable que en este caso se maneja, es el número de juntas deterioradas por kilómetro y depende de la edad del pavimento y de un parámetro que refleja la existencia de sello.

d) **Roturas de bordes en grietas.** El mecanismo de rotura de bordes en grietas es similar al de las juntas transversales, sólo que al ser la grieta irregular, los cantos agudos se rompen con cierta facilidad proveyendo cuerpos incompresibles. El sello también retarda su evolución.

e) **Hundimiento de trozos.** El agrietamiento de un pavimento es progresivo en cuanto al número de losas afectadas. Una vez agrietada, el número de fragmentos aumentará también progresivamente a un ritmo que depende esencialmente del tránsito y de las características de soporte. Para un tramo cualquiera de pavimento que tenga un estado de agrietamiento expresable como un promedio de fragmentos por losa, este promedio se ajusta satisfactoriamente a una distribución de tipo Poisson. A modo de ejemplo, un tramo con 1.2 fragmentos promedio por losa se distribuye en un 90% de losas sanas y en un 10% con 2 fragmentos grandes; en tanto que si el agrietamiento alcanza niveles avanzados, cercanos al 95% de las losas agrietadas, algunas de ellas ya han llegado a subdividir en 6 - 8 trozos pequeños, lo que da un promedio general de 4 fragmentos por losa. Si la base es poco resistente al punzonamiento, algunos de los trozos más pequeños mostrarán un significativo hundimiento por debajo del nivel general del pavimento y un bache molesto para el usuario. Para modelar este efecto se consideraron como variables significativas el tipo de base y el porcentaje de losas con más de 3 fragmentos.

f) **Deterioro de sellos.** Los sellos de las juntas longitudinales y transversales tienen por finalidad evitar el ingreso del agua a la base y además impedir con su presencia la intromisión de materiales incompresibles, que en último término tienden a producir roturas de los bordes. Su deterioro es función del material utilizado en los sellos, existiendo diferencias si se trata de un material asfáltico, elastométrico u de otro tipo.

g) **Rugosidad.** En pavimentos de hormigón, la progresión de la rugosidad se determina mediante la simulación computacional del desplazamiento de un vehículo patrón sobre un perfil dado. En este caso se trabaja con un perfil simulado mediante la superposición de irregularidades debidas al escalonamiento, roturas de bordes de juntas y grietas y los hundimientos de trozos. Como se ha dicho las grietas y los deterioros de sellos son variables que no entran directamente en el IRI pero que influyen en las anteriores. El escalonamiento genera en el perfil un diente de sierra, formado con el valor medio del escalonamiento y la longitud de losa promedio. Las roturas de borde en las juntas generan un perfil formado por un pequeño bache en cada junta deteriorada. En el caso de las roturas de bordes de grietas, el perfil se forma con un pequeño bache al centro de cada losa agrietada. El perfil que representa los hundimientos de trozos se genera en función del Número de fragmentos promedio por losa, asumiendo que su magnitud aumenta con el grado de fragmentación y el tipo de base. El perfil completo del pavimento deteriorado se obtiene por la superposición de estos perfiles individuales.

1.403.7 CONSERVACION EN ETAPA DE PERFIL

1.403.701 Carpetas de Rodado Granulares

En proyectos que consideren carpetas de rodado granulares ya sea en la situación base o en la situación con proyecto, se podrán ocupar los costos privados anuales de conservación por kilómetros entregados en el Cuadro N°1.403.701 (A).

CUADRO N°1.403.701 (A)
COSTOS ANUALES PRIVADOS DE CONSERVACION
PARA CARPETAS GRANULARES, SEGUN TMDA
(en UF por kilómetro)

TMDA	< 50		50 - 100		100 - 200		> 200	
AÑO	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP
0	19.1	0.0	33.4	0.0	47.0	0.0	89.0	0.0
1	20.3	32.6	35.2	32.6	50.3	45.0	95.0	68.9
2	21.3	34.7	37.4	34.7	53.5	47.6	101.7	73.1
3	22.4	36.6	39.8	36.6	57.2	50.5	108.8	78.1
4	23.8	38.5	42.5	38.5	60.9	53.5	116.5	83.0
5	25.1	674.8	45.1	674.8	64.9	674.8	124.7	674.8
6	26.4	43.2	48.1	43.2	69.4	60.2	133.6	94.5
7	28.2	45.7	51.2	45.7	74.1	64.1	143.0	100.7
8	30.0	48.3	54.5	48.3	79.2	68.0	153.3	107.6
9	31.2	51.4	58.4	51.4	84.7	72.6	164.3	115.1
10	33.6	54.5	62.2	54.5	90.8	77.4	175.9	122.8

1.403.702 Carpetas Pavimentadas con Doble Tratamiento Superficial

En proyectos que contemplen carpetas de rodado pavimentadas con doble tratamiento superficial asfáltico, ya sea en la situación base o en la situación con proyecto, se podrán ocupar los costos privados anuales de conservación por kilómetros entregados en el Cuadro N°1.403.702 (A).

CUADRO N°1.403.702 (A)
COSTOS ANUALES PRIVADOS DE CONSERVACION
PARA CARPETAS PAVIMENTADAS CON DTS, SEGUN TMDA
(en UF por kilómetro)

TMDA	< 100		100 - 200		200 - 300		300 - 400		400 - 500		> 500	
AÑO	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP
0	31.2	0.0	42.3	0.0	64.7	0.0	87.1	0.0	109.2	0.0	142.8	0.0
1	32.6	34.3	45.0	36.1	68.9	40.2	92.8	44.1	116.8	48.2	152.4	54.3
2	34.7	34.6	47.6	36.6	73.1	40.8	99.0	45.2	124.6	49.5	163.4	56.2
3	36.6	34.8	50.5	37.3	78.1	41.7	105.5	46.4	133.1	50.9	174.7	58.1
4	38.5	34.9	53.5	37.6	83.0	42.1	112.8	47.6	142.4	52.5	186.8	59.9
5	674.8	909.5	674.8	909.5	674.8	909.5	674.8	909.5	674.8	909.5	674.8	909.5
6	43.2	35.9	60.2	38.7	94.5	44.6	128.7	50.3	163.0	56.2	214.3	64.7
7	45.7	36.4	64.1	39.2	100.7	45.6	137.3	51.8	174.4	57.9	229.5	67.2
8	48.3	36.7	68.0	40.2	107.6	46.8	147.1	53.5	186.6	59.9	245.9	70.1
9	51.4	37.3	72.6	40.8	115.1	48.0	157.5	55.3	199.8	62.2	263.5	73.0
10	54.5	37.8	77.4	41.7	122.8	49.3	168.5	56.9	214.0	64.7	282.5	76.3

1.403.703 Carpetas Pavimentadas con Asfalto u Hormigón

En evaluaciones planteadas en esta etapa y en proyectos que contemplen carpetas de rodado con pavimentos superiores, ya sea en la situación base o en la situación con proyecto, se podrán ocupar los costos privados anuales de conservación por kilómetros entregados en el Cuadro N°1.403.703 (A).

CUADRO N°1.403.703 (A)
COSTOS ANUALES PRIVADOS DE CONSERVACION
PARA CARPETAS PAVIMENTADAS
(en UF por kilómetro)

	HORMIGON		ASFALTO	
AÑO	SP	CP	SP	CP
0	172.2	0.0	282.8	0.0
1	172.2	100.8	282.8	74.5
2	172.2	100.8	282.8	74.5
3	172.2	100.8	282.8	74.5
4	172.2	100.8	282.8	74.5
5	172.2	772.1	282.8	772.1
6	172.2	100.8	282.8	74.5
7	172.2	100.8	282.8	74.5
8	172.2	100.8	282.8	74.5
9	172.2	100.8	282.8	74.5
10	172.2	1085.7	282.8	1085.7
11	172.2	100.8	282.8	74.5
12	172.2	100.8	282.8	74.5
13	172.2	100.8	282.8	74.5
14	172.2	100.8	282.8	74.5
15	172.2	1392.8	282.8	1392.8
16	172.2	100.8	282.8	74.5
17	172.2	100.8	282.8	74.5
18	172.2	100.8	282.8	74.5
19	172.2	100.8	282.8	74.5
20	172.2	100.8	282.8	74.5

1.403.8 MODELO SIMPLIFICADO DE CONSERVACION

Para obtener en forma simplificada los costos de conservación, es necesario conocer por una parte los costos unitarios de conservación más las políticas de conservación adoptadas en esta etapa.

1.403.801 Precios unitarios de acciones de conservación

Se adoptarán los indicados en el Cuadro N°1.403.801 (A).

CUADRO N°1.403.801 (A)
COSTOS UNITARIOS PRIVADOS DE ACCIONES DE CONSERVACION (en UF)

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	UNIDAD	COSTOS
CAMINOS PAVIMENTADOS		
BACHEO	m2	0.400
REPOSICION DE LOSAS (HORMIGON)	m2	1.210
BACHEO PAV.HORMIGON (CON ASF.)	m2	0.300
SLURRY SEAL	m2	0.040
FOG SEAL	m2	0.016
T.SUP. SIMPLE	m2	0.060
T.SUP. DOBLE	m2	0.100
REPARACION DE BERMAS	km	3.100
REPERFILADO DE BERMAS	km	2.200
RECAPADO DE 5 cm. a 3 IRI	m2	0.350
RECAPADO DE 5 cm. a 4 IRI	m2	0.400
RECAPADO DE 5 cm. a 5 IRI	m2	0.430
RECAPADO DE 8 cm. a 3 IRI	m2	0.480
RECAPADO DE 8 cm. a 4 IRI	m2	0.520
RECAPADO DE 8 cm. a 5 IRI	m2	0.550
RELLENO DE JUNTURAS Y GRIETAS	ml	0.040
LIMPIEZA DE CUNETAS	m2	0.020
ROCE DESPEJE Y LIMP. DE FAJA	ml	0.030
REHABILITACION PARA TRAT. SUPERF.	m2	0.240
CONSERVACION RUTINARIA Z.NORTE	km*año	35.010
CONSERVACION RUTINARIA Z.CENTRO	km*año	36.400
CONSERVACION RUTINARIA Z.SUR	km*año	38.620
CAMINOS NO PAVIMENTADOS		
REPERFILADO SIMPLE	km	1.840
RECEBO	m3	0.670
BACEHEO GRANULAR	m3	0.220
REPERFILADO C/COMPACTACION NORTE	km	4.135
REPERFILADO C/COMPACTACION CENTRO	km	4.750
REPERFILADO C/COMPACTACION SUR	km	5.135
CONSERVACION RUTINARIA Z.NORTE	km*año	3.770
CONSERVACION RUTINARIA Z.CENTRO	km*año	6.410
CONSERVACION RUTINARIA Z.SUR	km*año	9.330

1.403.802 Políticas de conservación

(1) Reposición de carpetas pavimentadas

a) Reposición de carpetas de asfalto

- **Situación sin proyecto:**

  - Bacheo superficial del 100% del área dañada, con tasa máxima de 80 m^2/km/año.
  - Conservación Rutinaria.

- **Situación con proyecto:**

  - Bacheo superficial del 100% del área dañada con un máximo de 25 m^2/km/año.
  - Sello de la carpeta de rodado con Tratamiento Superficial Simple al 20% del área agrietada y recapado de 5 cm de espesor, cuando la rugosidad sobrepase los 4 IRI.
  - Conservación Rutinaria.

b) Reposición de carpetas de hormigón

- **Situación sin proyecto:**

  - Conservación Rutinaria.

- **Situación con proyecto y TMDA ≤ 4000:**

  - Se considera sello de la carpeta de rodado con Slurry Seal cuando el área de superficie agrietada llegue al 20% y recapado de 4 cm de espesor cuando la rugosidad alcance los 4 IRI.
  - Conservación Rutinaria.

- **Situación con proyecto y TMDA > 4000:**

  - Se considera sello de la carpeta de rodado con Slurry Seal cuando el área de superficie agrietada llegue al 20% y recapado de 8 cm de espesor cuando la rugosidad alcance los 4 IRI.
  - Conservación Rutinaria.

(2) Reposición de carpetas de ripio

- Se considera una **vida útil** de 10 años.

a) Ripiaduras con TMDA ≤ 100

- **Situación sin proyecto:**

  - Bacheo superficial del 100% de los baches con una tasa máxima de 30 m^3/km/año.
  - Reperfilados cada 365, o una vez al año.
  - Conservación Rutinaria.

- **Situación con proyecto:**

  - Bacheo superficial del 100% de los baches con una tasa máxima de 8 m^3/km/año.
  - Reperfilados cada 8000 pasadas de vehículos con una tasa máxima de 3 pasadas al año.
  - Conservación Rutinaria.

b) Ripiaduras con 100 < TMDA ≤ 250

- **Situación sin proyecto:**

  - Bacheo superficial del 100% de los baches con una tasa máxima de 30 m^3/km/año.
  - Reperfilados cada 365 días, o una vez al año.
  - Conservación Rutinaria.

- **Situación con proyecto:**

  - Bacheo superficial del 100% de los baches con una tasa máxima de 10 m^3/km/año.
  - Reperfilados cada 8000 pasadas de vehículos con una tasa máxima de 8 pasadas al año.
  - Recebo de e=15 cm cuando el espesor de la carpeta de ripio existente llegue a 5 cm.
  - Conservación Rutinaria.

c) Ripiaduras con TMDA > 250

- **Situación sin proyecto:**

  - Bacheo superficial del 100% de los baches con una tasa máxima de 30 m^3/km/año.
  - Reperfilados cada 365 días, o una vez al año.
  - Conservación Rutinaria.

- **Situación con proyecto:**

  - Bacheo superficial del 100% de los baches con una tasa máxima de 15 m^3/km/año.
  - Reperfilados cada 8000 pasadas de vehículos con una tasa máxima de 12 pasadas al año.
  - Recebo de e=20 cm cuando el espesor de la carpeta de ripio existente llegue a 5 cm.
  - Conservación Rutinaria.

(3) Mejoramientos de caminos de ripio.

a) Mejoramiento de caminos de ripio a pavimentaciones económicas

- **Situación sin proyecto:**

  - Bacheo superficial del 100% de los baches con una tasa máxima de 15 m^3/km/año.
  - Reperfilados cada 8000 pasadas de vehículos con una tasa máxima de 12 pasadas al año.
  - Recebo de e=20 cm cuando el espesor de la carpeta de ripio existente llegue a 5 cm.
  - Conservación Rutinaria.

- **Situación con proyecto:**

  - Realizar un sello con Tratamiento Superficial Simple (TSS), al 20% del área agrietada o al menos al año 5.
  - Bacheo superficial del 100% de los baches con una tasa máxima de 20 m^2/km/año.
  - Conservación Rutinaria.

b) Mejoramiento de camino de ripio a concretos asfálticos

- **Situación sin proyecto:**
  - Bacheo superficial del 100% de los baches con una tasa máxima de 15 m^3/km/año.
  - Reperfilados cada 8000 pasadas de vehículos con una tasa máxima de 12 pasadas al año.

- Recebo de e=20 cm cuando el espesor de la carpeta de ripio existente llegue a 5 cm.
- Conservación Rutinaria.

- **Situación con proyecto:**

  - Bacheo superficial del 100% del área dañada con un máximo de 25 m^2/km/año.
  - Sello de la carpeta de rodado con Tratamiento Superficial Simple al 20% del área agrietada y recapado de 5 cm de espesor cuando la rugosidad sobrepase los 4 IRI.
  - Conservación Rutinaria.

c) Mejoramientos caminos de ripio a carpetas de hormigón

- **Situación sin proyecto:**

  - Bacheo superficial del 100% de los baches con una tasa máxima de 15 m^3/km/año.
  - Reperfilados cada 8000 pasadas de vehículos con una tasa máxima de 12 pasadas al año.
  - Recebo de e=20 cm cuando el espesor de la carpeta de ripio existente llegue a 5 cm.
  - Conservación Rutinaria.

- **Situación con proyecto y TMDA ≤ 4000:**

  - Se considera sello de la carpeta de rodado con Slurry Seal cuando el área de superficie agrietada llegue al 20% y recapado de 4 cm de espesor cuando la rugosidad alcance los 4 IRI.
  - Conservación Rutinaria.

- **Situación con proyecto y TMDA > 4000:**

  - Se considera sello de la carpeta de rodado con Slurry Seal cuando el área de superficie agrietada llegue al 20% y recapado de 8 cm de espesor cuando la rugosidad alcance los 4 IRI.
  - Conservación Rutinaria.

(4) Cambio de estándar de tierra a ripio

- Se considera una **vida útil** de 10 años.

a) Cambio de Estándar de Tierra a Ripio TMDA ≤ 100

- **Situación sin proyecto:**

  - Bacheo superficial del 100% de los baches con una tasa máxima de 20 m^3/km/año.
  - Reperfilados cada 365, o una vez al año.
  - Conservación Rutinaria.

- **Situación con proyecto:**

  - Bacheo superficial del 100% de los baches con una tasa máxima de 8 m^3/km/año.
  - Reperfilados cada 8000 pasadas de vehículos con una tasa máxima de 3 pasadas al año.
  - Conservación Rutinaria.

b) Cambio de Estándar de Tierra a Ripio con 100 < TMDA ≤ 250

- **Situación sin proyecto :**

  - Bacheo superficial del 100% de los baches con una tasa máxima de 20 m^3/km/año.
  - Reperfilados cada 365 días, o una vez al año.
  - Conservación Rutinaria.

- **Situación con proyecto :**

  - Bacheo superficial del 100% de los baches con una tasa máxima de 10 m^3/km/año.
  - Reperfilados cada 8000 pasadas de vehículos con una tasa máxima de 8 pasadas al año.
  - Recebo de e=15 cm cuando el espesor de la carpeta de ripio existente llegue a 5 cm.
  - Conservación Rutinaria.

c) Cambio de Estándar de Tierra a Ripio con TMDA > 250

- **Situación sin proyecto:**

  - Bacheo superficial del 100% de los baches con una tasa máxima de 20 m^3/km/año.
  - Reperfilados cada 365 días, o una vez al año.
  - Conservación Rutinaria.

- **Situación con proyecto:**

  - Bacheo superficial del 100% de los baches con una tasa máxima de 15 m^3/km/año.
  - Reperfilados cada 8000 pasadas de vehículos con una tasa máxima de 12 pasadas al año.
  - Recebo de e=20 cm cuando el espesor de la carpeta de ripio existente llegue a 5 cm.
  - Conservación Rutinaria.

1.403.9 MODELO DETALLADO DE CONSERVACION

El modelo HDM III-CH permite interrelacionar el deterioro con las políticas de conservación, obteniendo de esta manera un plan detallado de conservación, que consiste en elaborar un presupuesto de las obras de conservación a partir de las partidas que éstas contemplan, los precios unitarios y las cubicaciones.

La conservación puede clasificarse en Conservación Rutinaria, Conservación Periódica y Rehabilitación. A continuación se indica las partidas a considerar en cada una.

1.403.901 Obras de Conservación Rutinaria.

Comprende todas aquellas operaciones que deben realizarse a lo largo del año cualesquiera sea el nivel de tránsito y clima, tales como el saneamiento y despeje de faja, así como aquellas que se realizan como norma una o más veces dentro del año dependiendo de las solicitaciones a que están sometidos los caminos, con el fin de mantener las condiciones de diseño y brindar un buen nivel de servicio.

Debido a que las obras de conservación rutinaria son de acción localizada, no se computa en forma directa, un incremento de la resistencia del pavimento.

Dentro de las operaciones de Conservación Rutinaria para caminos pavimentados y no pavimentados, se destacan entre otras:

- Limpieza de faja.
- Limpieza de fosos y contrafosos, manual.
- Limpieza de cunetas.
- Limpieza de alcantarillas.
- Reperfilado simple de calzada.
- Reperfilado simple de bermas de caminos pavimentados.
- Bacheo en calzadas y bermas granulares.
- Relleno de junturas y grietas.
- Bacheo superficial de carpetas y bermas pavimentadas.
- Remoción y colocación de señales.
- Colocación de señales nuevas.
- Reparación de defensas camineras.
- Colocación de defensas camineras nuevas.
- Demarcación de pavimentos.
- Conservación de puentes de madera.
- Conservación de puentes de hormigón y/o estructura pavimentada.
- Despeje de nieve.
- Conservación de obras fluviales.
- Conservación de alcantarillas.
- Despeje de arena.
- Reperfilado con compactación de calzada.
- Reperfilado con compactación de bermas de caminos pavimentados.
- Limpieza de fosos y contrafosos, en forma mecanizada.
- Confección de fosos, contrafosos y cunetas, en forma manual.
- Confección de fosos, contrafosos y cunetas, en forma mecanizada.

- Confección de Alcantarillas.
- Sello localizado con lechada.
- Despeje de rodados.
- Descarga de muros.
- Esparcido de arena (hielo).
- Preparación y colocación de balizas (nieve).
- Transporte de personal y materiales.
- Limpieza de señales.

Es importante destacar que las operaciones de bacheo y reperfilado tienen efecto en la irregularidad superficial. Por lo tanto, en los modelos de deterioro actualmente en uso, se consideran como obras de conservación independientes de la rutinaria.

1.403.902 Obras de Conservación Periódica.

Corresponde a aquellas acciones que requieren ser repetidas en períodos mayores a un año, con el fin de mantener las condiciones de diseño y brindar un buen nivel de servicio. Estas obras de conservación se pueden especificar para un camino o sección de camino en forma "programada" o por "condición respuesta".

En general, las obras de conservación periódica tienden en su mayoría a ser de carácter preventivo, porque apuntan a atacar síntomas de deterioro que aún no se manifiestan en daños notorios para el usuario.

Dentro de las obras de conservación periódica, para caminos pavimentados y no pavimentados se destacan entre otras:

- Conservación periódica de recebo de calzada y bermas granulares.
- Conservación periódica con imprimación reforzada.
- Conservación periódica con riego de neblina (Fog Seal).
- Conservación periódica con sello de agregados.
- Conservación periódica con lechada asfáltica (Slurry Seal).
- Conservación periódica con capa de fricción.
- Conservación periódica con ranurado.
- Reparación de puentes de madera.
- Reparación de puentes de hormigón y/o estructura metálica, mixtos u otros.
- Reposición y/o mejoramiento del sistema de drenaje.
- Obras fluviales con gaviones.
- Obras fluviales con enrocados.
- Resellado de juntas aserradas.

1.403.903 Obras de Rehabilitación.

Corresponde a aquellas operaciones de conservación mayor o refuerzos que se ejecutan para reponer o mejorar el nivel de servicio de los caminos o puentes. Puede considerarse como una conservación mayor o bien, como una obra de rehabilitación independiente.

Las obras de rehabilitación son de carácter correctivo ya que apuntan a eliminar o reducir el deterioro ya producido.

Dentro de las obras de conservación mayor o rehabilitación se consideran, entre otras:

- Carpeta granular de refuerzo de caminos no pavimentados (ripiadura)
- Cambio de Estándar mediante tratamiento superficial simple.
- Cambio de Estándar mediante tratamiento superficial simple.
- Refuerzo de caminos pavimentados mediante tratamiento superficial doble.
- Refuerzo de caminos pavimentados mediante recapado.
- Tratamiento superficial doble sobre caminos pavimentados.
- Reposición parcial y/o mejoramiento de puentes de hormigón y/o estructura metálica, mixtos u otros.
- Confección de drenes de calzada.
- Conservación mayor con bacheo profundo de caminos pavimentados.
- Conservación mayor con reposición de losas de hormigón.

SECCION 1.404 PERIODIZACION Y ZONIFICACION

1.404.1 ASPECTOS GENERALES

Esta sección está destinada a normar los aspectos de periodización y zonificación, necesarios para abordar la evaluación de proyectos viales. Estos conceptos son definidos en el tópico 1.404.2. En el tópico 1.404.3 se define la procedencia de realizar estas actividades, en función de la etapa de evaluación y tipo de proyecto, y se norma acerca del método más adecuado a utilizar en cada caso. Los tópicos restantes contienen el desarrollo de dichos métodos.

1.404.2 CONCEPTOS BASICOS

1.404.201 Periodización

El concepto de periodización está íntimamente ligado al concepto de congestión expuesto en la sección 1.402. La congestión produce, como efecto principal, que los consumos de recursos en la operación de vehículos y la utilidad de viaje percibida por los usuarios varíen en función del flujo.

En ausencia de congestión, bastaría con multiplicar el consumo de recursos de un vehículo tipo por el número total de vehículos de dicho tipo en el año para obtener el consumo total anual de recursos. Incluso si la relación entre consumo de recursos y flujo fuera lineal, podría obtenerse el consumo anual aplicando dicha relación lineal al flujo promedio anual y multiplicando por el número de vehículos. Sin embargo, las relaciones reales entre consumo y flujo no son lineales, por lo cual no es posible realizar el cálculo del consumo anual a partir del flujo medio.

El problema se complica aún más debido a que la vía es compartida por diversos tipos de vehículos, cada uno de los cuales incide en forma diferente sobre los consumos. Además, en caminos de calzada simple, existe interferencia entre el flujo que circula en un sentido con aquel que circula en sentido contrario.

La solución comúnmente aceptada consiste en clasificar las horas del año en grupos horarios de características homogéneas, lo cual equivale a definir una relación de equivalencia entre los elementos del conjunto de horas del año, mediante una regla de decisión que permita definir si dos horas dadas son o no equivalentes. Utilizando una propiedad general de teoría de conjuntos, esta relación de equivalencia definirá siempre una partición, esto es, diversos subconjuntos del conjunto de horas del año tales que la intersección de dos cualesquiera de ellos es vacía y la unión de todos ellos es el conjunto total. Por definición, cada uno de estos subconjuntos de horas constituye un período.

Para construir una relación de equivalencia, es preciso definir un criterio de homogeneidad. En términos generales dicha homogeneidad debe estar referida a la composición del flujo por tipo de vehículo, el nivel total de flujo y su reparto por sentido de viaje, dado que ello permite afirmar que los consumos de los vehículos serán de magnitudes similares para cada una de las horas incluidas en un período dado, minimizándose de esta manera el error de agregación. Por otra parte, si los períodos están correctamente definidos, la relación entre consumo y flujo al interior del período será

aproximadamente lineal, de modo que el valor del consumo para el flujo medio será un buen estimador del consumo medio.

En principio, se debieran considerar en un mismo período todas aquellas horas que generen aproximadamente el mismo ahorro de recursos en la evaluación de un proyecto vial, al comparar la situación con proyecto y la situación base. Sin embargo, ello exigiría conocer las características del proyecto en una etapa de avance en éste puede no estar aún completamente definido. Por tal motivo, se adopta como criterio aproximado que al interior de cada período de modelación, en la situación base, los consumos de recursos deben ser aproximadamente constantes.

Del desarrollo anterior resulta obvio que mientras mayor sea el número de períodos de modelación que se defina, mayor será la precisión de las estimaciones. Pero el costo de la modelación también se incrementa, lo cual hace necesario buscar una solución de compromiso entre la mayor precisión que se logra al definir un mayor número de períodos en la modelación y el mayor costo de preinversión que ello significa.

1.404.202 Zonificación

Cada uno de los viajes que se realiza en un área geográfica dada tiene su origen en cierto lugar y su destino en algún lugar diferente. Si el origen y destino de estos viajes se definen con la mayor precisión posible, esto es, a nivel de predio, resultará una cantidad de información inmanejable por su tamaño y variedad, que por otra parte sólo podrá conocerse exactamente mediante un censo que registre la totalidad de los viajes.

Por esta razón, una práctica usual es definir una relación de equivalencia entre predios, según la cual dos predios son equivalentes si ambos están comprendidos dentro de una misma determinada extensión territorial llamada por definición zona.

A partir de esta relación de equivalencia se define una segunda relación, según la cual dos viajes son equivalentes si ambos predios de origen son equivalentes, y además ambos predios de destino lo son. Ello significa, en otras palabras, que ambos viajes tienen la misma zona de origen y la misma zona de destino.

Cuanto más pequeñas sean las zonas definidas, mayor será el número de zonas necesario para cubrir el área en estudio. Con un número alto de zonas, la modelación tiene mayor precisión pero también mayor costo. Se produce por lo tanto la necesidad de adoptar una solución de compromiso entre precisión y costo del estudio, similar a la existente en el caso de la periodización.

1.404.3 PROCEDIMIENTOS

1.404.301 Periodización

En este párrafo se definen los métodos de periodización que deberán ser utilizados en la evaluación de proyectos viales interurbanos.

La periodización deberá realizarse sólo si en la situación base existe uno o más arcos de la red que presenten niveles significativos de congestión, o que se espera los presenten en un corte temporal futuro. En caso contrario, se trabajará con un período único.

En la etapa de perfil, se aplicará el método establecido en el tópico 1.404.4, tomando en consideración los siguientes aspectos, dependiendo del tipo de proyecto:

- Para los proyectos tipo I y III, que no consideran reasignaciones de flujos vehiculares, el análisis se realizará para el arco que presente los mayores niveles de congestión durante el año. El período más cargado, deberá contar con a lo menos 100 horas y, para los restantes períodos, se aceptará un coeficiente de variación del flujo periódico de 0,30.

- Para proyectos tipo II, IV y V, que consideren reasignaciones de flujos en la red vial relevante, el análisis deberá realizarse para todos aquellos arcos que en la situación actual presenten flujos de saturación superiores al 90%, al menos durante 50 hrs del año. Para cada arco se deberá contar con una distribución de flujos vehiculares a lo largo del año. El período más cargado, deberá contar con a lo menos 100 horas y, para los restantes períodos, se aceptará un coeficiente de variación del flujo periódico de 0,30.

En las etapas de Prefactibilidad y Factibilidad, se deberá aplicar el método definido en el tópico 1.404.5, considerando que:

- Para los proyectos tipo I y III, el análisis se realizará para el arco que presente los mayores niveles de congestión durante el año. El período más cargado deberá contar con a lo menos 50 horas y, pura los restantes períodos, se aceptará un coeficiente de variación del costo generalizado de 0,10.

- Para proyectos tipo II, IV y V, el análisis se realizará en forma conjunta para los arcos que en la situación actual presenten grados de saturación superiores al 60%. El período más cargado deberá contar con a lo menos 50 horas y, para los restantes períodos, se aceptará un coeficiente de variación del costo generalizado de 0,10.

1.404.302 Zonificación

La zonificación deberá ser realizada exclusivamente en proyectos que consideren reasignaciones de flujos vehiculares, es decir, proyectos de tipo II, IV y V. Para estos efectos, se deberá aplicar el método definido en el tópico 1.404.6, ya sea en las etapas de perfil, prefactibilidad o factibilidad.

La cantidad y tamaño de las zonas a considerar en cada etapa, deberán ser establecidas por el analista, tomando en consideración que en las etapas de prefactibilidad y factibilidad el nivel de detalle debiera ser mayor que en la etapa de perfil.

1.404.4 PERIODIZACION MEDIANTE FACTORES DE EQUIVALENCIA

Este método será aplicable sólo en la etapa de perfil. Para su aplicación se considera como información básica una distribución continua de flujos vehiculares horarios a lo largo de todo un año (8760 horas anuales). A partir de dicha información se establecerá, por una parte, la cantidad de períodos a considerar y, por otra parte, la cantidad de horas que representa cada uno de ellos en el año.

En el método propuesto de periodización, la información de flujos horarios continuos a lo largo del año resulta de gran importancia, cualquiera sea la etapa de evaluación del proyecto. Sin embargo, en la actualidad dicha información se encuentra disponible exclusivamente en sectores de la Ruta 5 y algunas otras rutas principales donde están ubicadas las plazas de peaje donde la Dirección de Vialidad ha dispuesto contadores de medición continua. En la medida que no se cuente con esta información en la etapa de perfil, se deberá aplicar el procedimiento que a continuación se describe para la estimación de flujos horarios.

Cuando el arco seleccionado forme parte de una vía o una red en la cual exista al menos algún punto cercano de conteos de flujos horarios continuos, se deberán asimilar la distribución anual, según tipo de vehículo, que mejor reproduzca el comportamiento del arco de periodización. Para tales efectos, el criterio de selección será el siguiente:

- Sea f_{ij}^k la distribución de flujos anuales, de un vehículo dado en alguno de los puntos de mediciones continuas. Donde i representa la hora del año (desde 1 a 8760), j es el tipo de vehículo y k es el punto de medición continua (punto de referencia), entonces,

$$f_{ij}^k = \frac{q_{ij}^k}{\sum_{i=1}^{8760} q_{ij}^k} \qquad 1.404.4(A)$$

- Sea q_{sj} la información horaria de flujos vehiculares en el tramo de vía analizado. Donde s en este caso corresponde a un elemento de un subconjunto de horas del año (S), en la cual existe información disponible.

  Esta información, puede ser obtenida de la información de TMDA del plan nacional de censos y/o de otras fuentes existentes. En cualquier caso, el tratamiento que aquí se propone para efectos de definición de flujos horarios, deberá ser el mismo.

- A partir de esta información se generarán diversas distribuciones de flujos vehiculares asociadas al tramo analizado (Q_{ij}^k), que dependerán de la distribución existente en cada punto de referencia. Para tales efectos se deberá aplicar la siguiente ecuación:

$$Q_{ij}^k = q_{ij}^k \times \frac{\sum_{s \in S} q_{sj}}{\sum_{s \in S} q_{sj}^k} \qquad 1.404.4\ (B)$$

- Para la selección de la distribución que reproduzca de la mejor forma posible la información disponible (Q_{ij}), se adoptará un criterio estadístico de minimización de los errores cuadráticos entre la información horaria de flujo disponible en el tramo analizado y las distribuciones

generadas a partir de los puntos de referencia. Es decir, se escogerá aquella distribución que cumpla con la siguiente condición:

$$\underset{k}{\text{Min}} \sqrt{\sum_{s \in S} \left(q_{sj} - Q_{sj}^{k} \right)^2} \qquad 1.404.4\ (C)$$

Finalmente, cuando exista sólo un punto cercano de mediciones continuas, se deberá asumir su distribución sin mayor selección. En el caso que no exista ningún punto cercano, el procedimiento deberá contemplar los mismos pasos definidos anteriormente, pero ahora considerando la información existente en diversas plazas de peaje.

Una vez definida la distribución de flujos horarios continuos en el arco seleccionado para efectos de periodización, se deberá seguir con la siguiente secuencia:

1°) se considerará como medida de homogeneidad el flujo equivalente por sentido de dirección. Para estos efectos se deberán utilizar los siguientes factores de equivalencia (fe_k) de los vehículos, contenidos en el HCM (1994), los cuales dependen principalmente del nivel de servicio de cada arco considerado en la periodización.

CUADRO N°1.404.4 (A)
FACTORES DE EQUIVALENCIA DE LOS VEHICULOS

Tipo de Camino	Tipo de Vehículo	Nivel de Servicio	Tipo de Terreno		
			Plano	Ondulado	Montañoso
Unidireccional	Camiones y Buses	Todos	1,5	3,0	6,0
Bidireccional	Camiones	A	2,0	4,0	7,0
		B y C	2,2	5,0	10,0
		D y E	2,0	5,0	12,0
	Buses	A	1,8	3,0	5,7
		B y C	2,0	3,4	6,0
		D y E	1,6	2,9	6,5

2°) Con los factores indicados en el cuadro anterior, se calcularán los flujos horarios equivalentes Qe_i^*, de la siguiente forma.

$$Qe_i^* = \sum_j fe_j \times Q_{ij}^* \qquad 1.404.4\ (D)$$

3°) Posteriormente, se realizará un **Análisis de Conglomerado (Cramer, H. 1968)** y se analizarán los coeficientes de variación, para efectos de definir el número de períodos a considerar y su extensión.

El análisis de conglomerado permitirá establecer una clasificación de horas del año, mediante una minimización de la **distancia euclidiana del flujo equivalente** (suma de los cuadrados de las diferencias sobre las variables de agrupación).

$$\text{Min} \sum_{j} \sum_{i \in S_j} d_{ij}$$

con 1.404.4 (E)

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k} \left(Qe_{ji}^{k*} - \overline{Qe_j^{k*}} \right)^2}$$

Donde

Qe_{ij}^{k*} : i-ésimo elemento (flujo equivalente en la hora i) perteneciente al grupo (subconjunto) S_j en el tramo k.

$\overline{Qe_j^{k*}}$: media entre los elementos pertenecientes al subconjunto S_j en el tramo k.

Este problema es resuelto mediante algoritmos de búsqueda exhaustiva, incorporados en gran parte de los paquetes estadísticos actualmente vigentes.

Como resultado del análisis, se establece la conformación de cada período considerado y, para cada período, es posible calcular además del flujo equivalente medio a lo largo del año, su desviación estándar (σe_j^*) y el coeficiente de variación (CV_j^*), calculado como el cuociente entre σe_j^* y Qe_j^*, es decir, $\sigma e_j^*/Qe_j^*$.

4°) Se aceptará la periodización realizada, siempre y cuando, se cumpla que el período más cargado cuenta con el mínimo de horas requerido y que para los restantes períodos el coeficiente de variación no superen un valor máximo, definido según la etapa y tipo de proyecto. Si estas restricciones no se cumplen, se debe realizar nuevamente el análisis de conglomerado.

1.404.5 PERIODIZACION MEDIANTE ESTIMACIONES DEL COSTO GENERALIZADO

Este método podrá ser aplicado en las etapas de prefactibilidad y factibilidad del proyecto, en los casos que se disponga de dispositivos contadores-clasificadores de flujos vehiculares continuos instalados en

el área de estudio, a objeto de poder efectuar, entre otras tareas, una periodización adecuada para las etapas de prefactibilidad y factibilidad. De esta forma, con la información obtenida mediante estos dispositivos en a lo menos un año, se realizará la periodización.

En este método, la medida de homogeneidad es el costo generalizado de viaje, por sentido calculado como una combinación lineal de los costos de operación, por tipo de vehículo, y los tiempos de viaje, mediante la siguiente expresión:

$$Cg_{ij}^{k} = COp_{ij}^{k} + VST \times tv_{ij}^{k} \qquad 1.404.5\ (A)$$

En la expresión anterior, tanto los costos de operación como los tiempos de viaje son función de nivel y composición del flujo vehicular. Sin embargo, como una forma simplificada, los costos de operación serán calculados mediante las expresiones obtenidas en el estudio COPER (Universidad de Chile, 1988) para condiciones de flujo libre, en tanto, para el cálculo de los tiempos de viaje, se deberán calibrar relaciones flujo-velocidad del siguiente tipo:

$$V_j = V_{0j} + \sum_k fv_k \times q_{\bullet k} \qquad 1.404.5\ (B)$$

Donde

V_{0j} : Velocidad del vehículo tipo j, en condiciones de flujo libre.

fv_k : Influencia del vehículo tipo k en la relación flujo-velocidad.

$q_{\bullet k}$: flujo de vehículos tipo k.

De la expresión anterior, tanto V_{0j} como fv_k deben ser calibrados mediante modelos econométricos. Para generar la base de datos de calibración de estos modelos, se podrá recurrir a los siguientes procedimientos:

- Para el caso de tramos de vía congestionados con calzada simple de doble sentido de tránsito, es recomendable utilizar la información existente de equipos contadores de flujo y velocidad. En caso de no existir esta información, se deberá realizar una simulación TRARR. Para tales efectos, con posterioridad a la calibración del modelo TRARR, se deberá simular el tramo de vía con distintos niveles de flujo a objeto de generar una base de datos que permita calibrar los modelos con adecuados indicadores de ajuste. La información de flujo deberá ser desagregada de acuerdo a la siguiente clasificación: Automóviles y Furgones, Camionetas y Jeeps, Camiones Simples, Camiones Articulados y, finalmente, Buses. Inicialmente, la relación flujo-velocidad deberá incorporar factores asociados a cada tipo de vehículo descrito en la clasificación anterior, según sentido. Sin embargo, de no resultar significativos los factores asociados a algún tipo de vehículo (t-estadístico < 1,96 para un 95% de confianza), éstos deberán ser agrupados nuevamente a objeto de obtener indicadores confiables para cada clasificación. Para los vehículos en sentido contrario, se podrá llegar incluso a obtener un factor único, o bien ninguno, dependiendo del nivel de significancia que logren en la expresión econométrica.

- Para el caso de tramos de vía con sentidos segregados, también es recomendable utilizar la información existente de equipos contadores de flujo y velocidad. En caso de no existir esta información, se deberán realizar mediciones en terreno, usando la misma tipología de vehículos del caso anterior. Para cada vehículo de esta clasificación, se intentará obtener un factor de flujo significativo. De no lograr una significancia de un 95% en algún caso, se deberá redefinir la agrupación, hasta lograr que todos los factores sean significativos.

Una vez que hayan sido determinados los costos generalizados de viaje, el procedimiento de definición y formación de períodos será un análisis de conglomerado, consistente en una minimización de la distancia euclidiana del costo generalizado de viaje.

Finalmente, si la formación de períodos cumple con las restricciones de número mínimo de horas para el período más cargado y de coeficientes de variación del costo generalizado, se aceptará de periodización. En caso contrario deberá realizarse una nueva agrupación que cumpla con las restricciones establecidas.

1.404.6. ZONIFICACION

Las alternativas de proyecto a analizar, normalmente están relacionadas con políticas aplicables a unidades administrativas. Por lo tanto, la zonificación debe basarse en la división político administrativa del país, reconociendo los niveles de Región, Provincia y Comuna como alternativas de agregación. Todos los sistemas de información sobre actividad económica y demográfica nacional son en general compatibles con esta zonificación, cumpliendo con criterios de homogeneidad.

Es conveniente, cuando proceda, identificar explícitamente el o los generadores de viajes que existan al interior de la unidad mínima zonal (la comuna normalmente). Así, es posible identificar orígenes o destinos específicos, tales como: puertos, terminales y centros comerciales, etc.. Esta información permite, entre otros análisis, diferenciar el efecto del foco generador, del resto de la unidad zonal.

En los casos en que la zonificación comuna-foco no aporte la precisión necesaria, deberán considerarse niveles de mayor desagregación, como podrían ser los distritos censales, las zonas censales o las localidades para el área directa del estudio.

Salvo que los requerimientos específicos del estudio indiquen lo contrario, el analista deberá considerar la codificación utilizada por el Instituto Nacional de Estadísticas en el Censo Nacional de Población y Vivienda, presentada en el Anexo N°1.404.6 (A).

La información de dominio público, deberá codificarse de acuerdo al formato siguiente:

XXXYYYNNNDDZZFF

Donde,

XXX	:	Código de la Región (tres dígitos)
YYY	:	Código de la Provincia (tres dígitos)
NNN	:	Código de la Comuna (tres dígitos)
DD	:	Código del Distrito censal (dos dígitos)
ZZ	:	Código de la Zona censal (dos dígitos)
FF	:	Código del Foco (número correlativo de dos dígitos)

A modo de ejemplo, el código 010011201020100 corresponde a la Región de Tarapacá (010), Provincia de Arica (011), Comuna de Arica (201), Distrito Regimiento (02), Zona censal 01 y Foco 00.

El analista podrá emplear una codificación simplificada para fines de proceso y presentación. No obstante, la información de dominio público deberá mantener esta codificación general.

El primer paso para establecer la zonificación más adecuada, es establecer la diferencia entre el área de estudio y el resto del mundo. Algunas pautas que ayudan en este análisis son las siguientes:

- En la elección del área de estudio, se debe considerar el contexto del mismo, la metodología de modelación y la naturaleza de los viajes de interés;

- Para estudios estratégicos, el área de estudio debe ser tal que la mayoría de los viajes se realicen al interior de ésta. Sin embargo, este criterio debe relajarse en estudios de transporte en áreas pequeñas donde la mayoría de los viajes son de paso;

- El área de estudio debe ser algo mayor que el área específica de interés, cubriendo los impactos esperados por la implementación del proyecto.

ANEXO 1.404.6 (A)
CODIFICACION DE ZONAS A NIVEL NACIONAL

La codificación propuesta a nivel nacional considera la siguiente Nomenclatura:

RRPPCCDDFF

donde

RR : Región del país (01 a 13);
PP : Provincia de la Región;
CC : Comuna de la Provincia;
DD : Distrito Censal o Localidad de la Comuna;
FF : Foco Generador-Atractor de viajes.

REGION	PROVINCIA	COMUNA	CODIGO
TARAPACA	ARICA	ARICA	010101
		CAMARONES	010102
	PARINACOTA	PUTRE	010201
		GENERAL LAGOS	010202
	IQUIQUE	IQUIQUE	010301
		HUARA	010302
		CAMIÑA	010303
		COLCHANE	010304
		PICA	010305
		POZO ALMONTE	010306
ANTOFAGASTA	TOCOPILLA	TOCOPILLA	020101
		MARIA ELENA	020102
	EL LOA	CALAMA	020201
		OLLAGÜE	020202
		SAN PEDRO DE ATACAMA	020203
	ANTOFAGASTA	ANTOFAGASTA	020301
		MEJILLONES	020302
		SIERRA GORDA	020303
		TALTAL	020304
ATACAMA	CHAÑARAL	CHAÑARAL	030101
		DIEGO DE ALMAGRO	030102
	COPIAPO	COPIAPO	030201
		CALDERA	030202
		TIERRA AMARILLA	030203
	HUASCO	VALLENAR	030301
		FREIRINA	030302
		HUASCO	030303
		ALTO DEL CARMEN	030304
COQUIMBO	ELQUI	LA SERENA	040101
		LA HIGUERA	040102
		COQUIMBO	040103
		ANDACOLLO	040104
		VICUÑA	040105
		PAIGUANO	040106
	LIMARI	OVALLE	040201
		RIO HURTADO	040202
		MONTE PATRIA	040203
		COMBARBALA	040204
		PUNITAQUI	040205
	CHOAPA	ILLAPEL	040301
		SALAMANCA	040302
		LOS VILOS	040303
		MINCHA	040304

REGION	PROVINCIA	COMUNA	CODIGO
VALPARAISO	PETORCA	LA LIGUA	050101
		PETORCA	050102
		CABILDO	050103
		ZAPALLAR	050104
		PAPUDO	050105
	LOS ANDES	LOS ANDES	050201
		SAN ESTEBAN	050202
		CALLE LARGA	050203
		RINCONADA	050204
	SAN FELIPE	SAN FELIPE	050301
		PUTAENDO	050302
		SANTA MARIA	050303
		PANQUEHUE	050304
		LLAILLAY	050305
		CATEMU	050306
	QUILLOTA	QUILLOTA	050401
		LA CRUZ	050402
		CALERA	050403
		NOGALES	050404
		HIJUELAS	050405
		LIMACHE	050406
		OLMUE	050407
	VALPARAISO	VALPARAISO	050501
		VIÑA DEL MAR	050502
		QUINTERO	050503
		PUCHUNCAVI	050504
		QUILPUE	050505
		VILLA ALEMANA	050506
		CASABLANCA	050507
		JUAN FERNANDEZ	050508
	SAN ANTONIO	SAN ANTONIO	050601
		CARTAGENA	050602
		EL TABO	050603
		EL QUISCO	050604
		ALGARROBO	050605
		SANTO DOMINGO	050606
	ISLA DE PASCUA	ISLA DE PASCUA	050701

REGION	PROVINCIA	COMUNA	CODIGO
LIBERTADOR GENERAL BDO. O'HIGGINS	CACHAPOAL	RANCAGUA	060101
		GRANEROS	060102
		MOSTAZAL	060103
		CODEGUA	060104
		MACHALI	060105
		OLIVAR	060106
		REQUINOA	060107
		RENGO	060108
		MALLOA	060109
		QUINTA DE TILCOCO	060110
		SAN VICENTE	060111
		PICHIDEGUA	060112
		PEUMO	060113
		COLTAUCO	060114
		COINCO	060115
		DOÑIHUE	060116
		LAS CABRAS	060117
	COLCHAGUA	SAN FERNANDO	060201
		CHIMBARONGO	060202
		PLACILLA	060203
		NANCAGUA	060204
		CHEPICA	060205
		SANTA CRUZ	060206
		LOLOL	060207
		PUMANQUE	060208
		PALMILLA	060209
		PERALILLO	060210
	CARDENAL CARO	PICHILEMU	060301
		NAVIDAD	060302
		LITUECHE	060303
		LA ESTRELLA	060304
		MARCHIHUE	060305
		PAREDONES	060306

REGION	PROVINCIA	COMUNA	CODIGO
DEL MAULE	CURICO	CURICO	070101
		TENO	070102
		ROMERAL	070103
		MOLINA	070104
		SAGRADA FAMILIA	070105
		HUALAÑE	070106
		LICANTEN	070107
		VICHUQUEN	070108
		ARAUCO	070109
	TALCA	TALCA	070201
		PELARCO	070202
		RIO CLARO	070203
		SAN CLEMENTE	070204
		MAULE	070205
		EMPEDRADO	070206
		PENCAHUE	070207
		CONSTITUCION	070208
		CUREPTO	070209
	LINARES	LINARES	070301
		YERBAS BUENAS	070302
		COLBUN	070303
		LONGAVI	070304
		PARRAL	070305
		RETIRO	070306
		VILLA ALEGRE	070307
		SAN JAVIER	070308
	CAUQUENES	CAUQUENES	070401
		PELLUHUE	070402
		CHANCO	070403

REGION	PROVINCIA	COMUNA	CODIGO
DEL BIOBIO	ÑUBLE	CHILLAN	080101
		SAN CARLOS	080102
		ÑIQUEN	080103
		SAN FABIAN	080104
		COIHUECO	080105
		PINTO	080106
		SAN IGNACIO	080107
		EL CARMEN	080108
		YUNGAY	080109
		PEMUCO	080110
		BULNES	080111
		QUILLON	080112
		RANQUIL	080113
		PORTEZUELO	080114
		COELEMU	080115
		TREGUACO	080116
		COBQUECURA	080117
		QUIRIHUE	080118
		NINHUE	080119
		SAN NICOLAS	080120
	BIOBIO	LOS ANGELES	080201
		CABRERO	080202
		TUCAPEL	080203
		ANTUCO	080204
		QUILLECO	080205
		SANTA BARBARA	080206
		QUILACO	080207
		MULCHEN	080208
		NEGRETE	080209
		LAJA	080210
		SAN ROSENDO	080211
		YUMBEL	080212
	CONCEPCION	CONCEPCION	080301
		TALCAHUANO	080302
		PENCO	080303
		TOME	080304
		FLORIDA	080305
		HUALQUI	080306
		SANTA JUANA	080307
		LOTA	080308
		CORONEL	080309
	ARAUCO	LEBU	080401
		ARAUCO	080402
		CURANILAHUE	080403
		LOS ALAMOS	080404
		CAÑETE	080405
		CONTULMO	080406
		TIRUA	080407

REGION	PROVINCIA	COMUNA	CODIGO
DE LA ARAUCANIA	MALLECO	ANGOL	090101
		RENAICO	090102
		COLLIPULLI	090103
		LONQUIMAY	090104
		CURACAUTIN	090105
		ERCILLA	090106
		VICTORIA	090107
		TRAIGUEN	090108
		LUMACO	090109
		PUREN	090110
		LOS SAUCES	090111
	CAUTIN	TEMUCO	090201
		LAUTARO	090202
		PERQUENCO	090203
		VILCUN	090204
		CUNCO	090205
		MELIPEUCO	090206
		CURARREHUE	090207
		PUCON	090208
		VILLARRICA	090209
		PREIRE	090210
		PITRUFQUEN	090211
		GORBEA	090212
		LONCOCHE	090213
		TOLTEN	090214
		TEODORO SCHMIDT	090215
		SAAVEDRA	090216
		CARAHUE	090217
		NUEVA IMPERIAL	090218
		GALVARINO	090219

REGION	PROVINCIA	COMUNA	CODIGO
DE LOS LAGOS	VALDIVIA	VALDIVIA	100101
		MARIQUINA	100102
		LANCO	100103
		LOS LAGOS	100104
		FUTRONO	100105
		CORRAL	100106
		MAFIL	100107
		PANGUIPULLI	100108
		LA UNION	100109
		PAILLACO	100110
		RIO BUENO	100111
		LAGO RANCO	100112
	OSORNO	OSORNO	100201
		SAN PABLO	100202
		ENTRE LAGOS	100203
		PUERTO OCTAY	100204
		PURRANQUE	100205
		RIO NEGRO	100206
		SAN JUAN DE LA COSTA	100207
	LLANQUIHUE	PUERTO MONTT	100301
		PUERTO VARAS	100302
		COCHAMO	100303
		CALBUCO	100304
		MAULLIN	100305
		LOS MUERMOS	100306
		FRESIA	100307
		LLANQUIHUE	100308
		FRUTILLAR	100309
	CHILOE	CASTRO	100401
		ANCUD	100402
		QUEMCHI	100403
		DALCAHUE	100404
		CURACO DE VELEZ	100405
		QUINCHAO	100406
		PUQUELDON	100407
		CHONCHI	100408
		QUEILEN	100409
		QUELLON	100410
	PALENA	CHAITEN	100501
		HUALAIHUE	100502
		FUTALEUFU	100503
		PALENA	100504

REGION	PROVINCIA	COMUNA	CODIGO
AISEN	COIHAIQUE	COIHAIQUE	110101
		LAGO VERDE	110102
	AISEN	AISEN	110201
		CISNES	110202
		GUAITECAS	110203
	GENERAL CARRERA	CHILE CHICO	110301
		RIO IBAÑEZ	110302
	CAPITAN PRAT	COCHRANE	110401
		O'HIGGINS	110402
		TORTEL	110403
MAGALLANES	ULTIMA ESPERANZA	NATALES	120101
		TORRES DE PAINE	120102
	MAGALLANES	PUNTA ARENAS	120201
		RIO VERDE	120202
		LAGUNA BLANCA	120203
		SAN GREGORIO	120204
	TIERRA DEL FUEGO	PORVENIR	120301
		PRIMAVERA	120302
		TIMAUKEL	120303
	ANTARTICA CHILENA	NAVARINO	120401
		LA ANTARTICA	120402

REGION	PROVINCIA	COMUNA	CODIGO
SANTIAGO	SANTIAGO	SANTIAGO	130101
		INDEPENDENCIA	130102
		CONCHALI	130103
		HUECHURABA	130104
		RECOLETA	130105
		PROVIDENCIA	130106
		VITACURA	130107
		LO BARNECHEA	130108
		LAS CONDES	130109
		ÑUÑOA	130110
		LA REINA	130111
		MACUL	130112
		PEÑALOLEN	130113
		LA FLORIDA	130114
		SAN JOAQUIN	130115
		LA GRANJA	130116
		LA PINTANA	130117
		SAN RAMON	130118
		SAN MIGUEL	130119
		LA CISTERNA	130120
		EL BOSQUE	130121
		PEDRO AGUIRRE CERDA	130122
		LO ESPEJO	130123
		ESTACION CENTRAL	130124
		CERRILLOS	130125
		MAIPU	130126
		QUINTA NORMAL	130127
		LO PRADO	130128
		PUDAHUEL	130129
		CERRO NAVIA	130130
		RENCA	130131
		QUILICURA	130132
	CHACABUCO	COLINA	130201
		LAMPA	130202
		TILTIL	130203
	CORDILLERA	PUENTE ALTO	130301
		SAN JOSE DE MAIPO	130302
		PIRQUE	130303
	MAIPO	SAN BERNARDO	130401
		BUIN	130402
		PAINE	130403
		CALERA DE TANGO	130404
	MELIPILLA	MELIPILLA	130501
		MARIA PINTO	130502
		CURACAVI	130503
		ALHUE	130504
		SAN PEDRO	130505
	TALAGANTE	TALAGANTE	130601
		PEÑAFLOR	130602
		ISLA DE MAIPO	130603
		EL MONTE	130604

SECCION 1.405 LOCALIZACION, GENERACION/ATRACCION Y DISTRIBUCION

1.405.1 ASPECTOS GENERALES

Esta sección aborda el problema de determinar los cambios que se producirán en los viajes como consecuencia de la entrada en operación de un proyecto vial.

En términos del modelo clásico de transporte de cinco etapas, lo anterior equivale a resolver en forma simultánea las etapas de localización, generación/atracción y distribución.

La sección ha sido estructurada en ocho tópicos. El segundo de ellos presenta los conceptos básicos en la modelación de la localización, generación/atracción y distribución de viajes. El tercero presenta las normas a seguir para la modelación según el tipo de proyecto y etapa de evaluación. Los tópicos restantes presentan los diversos métodos de modelación a que hace referencia el tercer tópico.

1.405.2 CONCEPTOS BASICOS

A continuación se definirá el alcance de los conceptos de localización, generación/atracción y distribución en el contexto del modelo clásico de transporte.

1.405.201 Localización

La etapa de localización del modelo clásico de transporte consiste en predecir los cambios en los patrones de uso del suelo que se producirán como consecuencia de cambios en el sistema de transporte.

La idea central de la modelación es que se producen simultáneamente dos procesos: el primero de ellos es que, a nivel de cada predio, diversas actividades competirán entre sí por utilizarlo, y aquella que obtenga una mayor utilidad al localizarse en dicho predio será la que finalmente lo ocupe; el segundo es que a nivel de cada agente que realiza una actividad, existirán diversas localizaciones posibles, y el agente elegirá aquella que le reporte una mayor utilidad. En ambos procesos influyen múltiples factores, entre los cuales puede mencionarse las características naturales del predio, la localización de otras actividades y el nivel de servicio del sistema de transporte.

1.405.202 Generación y atracción

Esta etapa consiste en predecir el total de viajes que sale (llega) de (a) cada zona, desagregado por categoría de usuario, obteniéndose como resultado los vectores de origen y destino.

La idea central en la modelación es que la cantidad de viajes generados o atraídos por una zona dada será función de las actividades que se localicen en ella, lo cual conduce a intentar establecer relaciones funcionales entre los viajes que salen (o llegan) a una zona y las variables descriptoras del sistema de actividades.

De acuerdo a esta formulación, la generación y atracción de viajes resulta independiente de las características del sistema de transporte. Sin embargo, la localización de actividades, con la cual está ligada funcionalmente, sí depende de estas características.

1.405.203 Distribución

Esta etapa consiste en predecir la distribución por destino de los viajes generados por cierta zona o, en otras palabras, la distribución por origen de los viajes atraídos por cierta zona. La idea central de la modelación es que los destinos compiten entre sí por atraer la cantidad limitada de viajes generada en cada origen, pero también los orígenes compiten entre sí por generar la cantidad limitada de viajes atraída por cada zona. Esta competencia es obviamente influida por el nivel de servicio del sistema de transporte, pues los costos de transporte tienen una incidencia fundamental en esta competencia entre orígenes y entre destinos. Por lo tanto, la distribución de viajes será diferente, en principio, entre la situación base y la situación con proyecto.

1.405.3 PROCEDIMIENTOS

Las normas expuestas en esta sección son aplicables a proyectos tipo III, IV, y V de la clasificación establecida en la Sección 1.102.

En proyectos tipo III, se supone que los impactos del proyecto son de índole local, de modo que habrá diferencia entre los flujos de la situación base y los de la situación con proyecto para un conjunto limitado de arcos, producto del desarrollo de nuevas actividades productivas y/o variación en las tasas de generación de viajes, pero sin cambios en la asignación de viajes. Dado que en estos proyectos no se construye una matriz origen-destino de viajes, no es posible modelar explícitamente cambios en la distribución de viajes. En etapa de perfil se recomienda utilizar la metodología simplificada expuesta en el párrafo 1.405.4. En etapa de prefactibilidad y factibilidad se usará esta misma metodología simplificada en proyectos de pequeño tamaño que no justifiquen un esfuerzo mayor. En proyectos de mayor tamaño, se usará la metodología más detallada expuesta en el párrafo 1.405.5. Se podrá también aplicar un enfoque mixto, utilizando el modelo simplificado para algunos tipos de vehículo y el método detallado para los restantes.

En proyectos tipo IV o V, se supone que los impactos del proyecto abarcan un área más extensa y deben ser tratados a nivel de matrices origen-destino. Por ello, deberá obtenerse en primer lugar una matriz origen-destino para el año base y situación actual, a partir de los estudios de base realizados, utilizando el método expuesto en el párrafo 1.405.6. Para estimar la matriz origen-destino en el año base para la situación con proyecto se usará, en etapa de perfil, el método expuesto en el párrafo 1.405.7; en etapa de prefactibilidad, se usará el método expuesto en 1.405.8 .

1.405.4 MODELO DE ELASTICIDAD

Para aplicar este método, el camino a ser mejorado se subdividirá en tramos de acuerdo al nivel de tránsito. El modelo de elasticidad postula que el tránsito en un tramo dado del camino, en la situación con proyecto, estará dado por la siguiente expresión:

$$F_{ci} = F_{si}\left(1 + \eta_i \frac{C_{ci} - C_{si}}{C_{si}}\right) \qquad 1.405.4\ (A)$$

donde

F_{ci} : Flujo del tipo de vehículo i en la situación con proyecto

F_{si} : Flujo del tipo de vehículo i en la situación sin proyecto

C_{ci} : Costo privado de operación del vehículo tipo i en la situación con proyecto

C_{si} : Costo privado de operación del vehículo tipo i en la situación sin proyecto

η_i : Elasticidad del flujo con respecto al costo de operación

La elasticidad tendrá siempre un valor negativo, pues una reducción de costos estará asociada normalmente a un incremento de flujos.

El valor numérico de la elasticidad deberá ser justificado en cada caso por el analista. A falta de antecedentes, se deberán utilizar los valores por defecto que se recomiendan en el Cuadro N°1.405.4 (A) (Ver Silva, 1991)[1].

CUADRO N°1.405.4 (A)
VALORES POR DEFECTO DE ELASTICIDADES

Tipo de vehículo	Elasticidad
Vehículos livianos	-0.4
Camiones simples	-0.1
Camiones pesados	-1.0
Buses	-0.2

1.405.5 MODELO DE ACTIVIDADES

Este modelo intenta predecir la aparición de nuevas actividades en el área de influencia del camino como consecuencia de la ejecución del proyecto. Para ello deberá ejecutarse un catastro de actividades en dicha área de influencia en la forma establecida en la sección 1.304.

A partir de esta información, más los datos sobre flujo en la vía por tipo de vehículo, se intentará obtener relaciones funcionales entre ellos. La forma de estas relaciones funcionales dependerá de la actividad de la cual se trate. Por ejemplo, en el caso de actividad agrícola, podrán determinarse tasas de generación de viajes, del tipo del número anual de pasadas de camiones que se producen en el tramo en estudio por cada hectárea plantada con determinado cultivo.

Mediante consultas a autoridades o empresarios locales, se puede obtener una visión aproximada de los cambios en el uso del suelo que la ejecución del proyecto produciría. Utilizando las tasas de generación de viajes, estos cambios de uso del suelo pueden ser llevados a flujos en el arco.

---

[1] Silva, R. (1991). Evaluación de proyectos de caminos productivos: aspectos metodológicos y estudio de casos para estimar tránsito inducido. **Actas del V Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte**. Santiago, Chile.

Normalmente el análisis anterior no será ejecutado para todas las actividades, sino sólo para aquellas de mayor relevancia en términos de generación de flujos.

Se recomienda apoyar este trabajo mediante el uso de los conceptos y técnicas del Modelo Bid-Choice, descrito en el párrafo 1.405.9, en la medida que los avances en su desarrollo práctico lo permitan.

1.405.6 MATRIZ ORIGEN-DESTINO DE VIAJES

En este párrafo se describe los procedimientos a utilizar para obtener una matriz origen-destino (MOD) a partir de los resultados de las mediciones de terreno. Normalmente existirán varias de estas matrices, correspondientes a diversos períodos de simulación o tipos de vehículos. Dependerá de los requerimientos del estudio el nivel de desagregación que se desee utilizar, siendo posible obtener MOD por tipología vehicular, periodización y propósito del viaje, entre otras desagregaciones.

1.405.601 Validaciones Preliminares

Los datos obtenidos para determinar matrices origen/destino deberán ser verificados mediante dos procesos de validación. El primero considera la comprobación en terreno de la coherencia de la información y que las mediciones o encuestas estén completas, procesos descritos en el párrafo 1.303.5.

El segundo es una comprobación computacional de la magnitud de los rangos esperados de las variables medidas, el cual considera la validación de la digitación de la información. Para llevar a cabo este proceso, el analista deberá diseñar los mecanismos más adecuados según los requerimientos específicos del estudio. Sin perjuicio de lo anterior, se recomienda considerar la doble digitación como validación del traspaso a medio magnético. Una vez completado estos procesos, se puede asumir que la información está libre de errores de manejo de datos.

1.405.602 Agregación de la Matriz Origen-Destino (MOD)

El tamaño muestral definido de acuerdo a los lineamientos descritos en Sección 1.411, asegura -para cierto nivel de certeza estadística- que los resultados de la encuesta son representativos de los viajes realmente efectuados, es decir; que la muestra replica adecuadamente los resultados que se obtendrían si se realizara un censo (encuestar a toda la población) durante el período de análisis en el punto de control específico (PC).

Por lo tanto, para expandir los resultados muestrales sólo es necesario multiplicar la proporción del número de viajes de cada par origen-destino encuestado con respecto al total de viajes encuestados, por el flujo vehicular circulante en el punto de control en que se realizó la encuesta, antecedente que equivale al tamaño de la población de interés. Ello se ilustra en la ecuación siguiente:

$$T_{ijvpc} = F_{vpc} \frac{Q_{ijvpc}}{\sum_{ij} Q_{ijvpc}} \qquad 1.405.602\ (A)$$

donde

Tijvpc : Flujo con origen en i, destino j, para el tipo de vehículo v y período de modelación p, controlado en el punto c, expresado en vehículos/hora.

Qijvpc : Flujo con origen en i, destino j, para el tipo de vehículo v y período de modelación p, encuestado en el punto c, expresado en vehículos/hora.

Fvpc : Flujo del tipo de vehículo v en período de modelación p, controlado en el punto c, expresado en vehículos/hora.

Normalmente se realizan encuestas origen-destino en varios puntos de control, con el fin de asegurar una cobertura adecuada. Ello significa que para obtener la matriz origen-destino resulta necesario agregar o combinar los resultados de las encuestas por punto de control. En este proceso pueden producirse diversas situaciones que se exponen a continuación.

La primera se produce cuando la ruta seguida por los vehículos que se dirigen desde un origen dado a cierto destino deben cruzar para ello dos o más puntos de control. En este caso, la expansión puede producir valores diferentes para esta celda de la matriz en cada punto de control. Se recomienda en general adoptar como valor estimado del flujo en la celda el promedio aritmético de los valores obtenidos, como se indica en la ecuación siguiente:

$$T_{ijvp} = \frac{1}{N_c} \sum_{c=1}^{N_c} T_{ijvpc} \qquad 1.405.602\ (B)$$

donde,

Tijvp : Flujo con origen en i, destino j, para el tipo de vehículo v y período de modelación p, expresado en vehículos/hora.

Tijvpc : Flujo con origen en i, destino j, para el tipo de vehículo v y período de modelación p, controlado en el punto c, expresado en vehículos/hora.

Nc : Número de puntos de control.

Una segunda situación se produce cuando existen dos o más rutas alternativas desde un origen a un destino. Si en cada ruta alternativa existen puntos de control, se deberá sumar los valores obtenidos para obtener el valor de la celda.

Una tercera situación se produce cuando una o todas las rutas para ir de un cierto origen a un cierto destino carecen de puntos de control. En este caso no es posible determinar un valor del flujo en esta celda. Sin embargo, en la matriz final aparecerá con un flujo nulo. Se recomienda identificar estas celdas tomando nota de ellas en una matriz de representatividad. En esta matriz deberá utilizarse 3 códigos diferentes: uno para los pares O/D que fueron completamente medidos, otro para los que fueron parcialmente medidos (faltó por ejemplo una ruta) y un tercero para los no medidos. El uso de esta matriz se expone en el párrafo 1.405.7.

Una vez realizados estos procesos, se puede asumir que la MOD equivale a la agregación de las MOD por punto de control.

1.405.603 Matriz anual

Una vez que todas las matrices origen/destino por variables de segmentación (tipo de vehículo, período, etc.) hayan superado las validaciones anteriores, el analista deberá construir la matriz total anual. Esta matriz anual se obtiene sumando las MOD por período, multiplicadas por las horas del año representadas por cada período. Se obtiene así la matriz anual en unidades de vehículos por año, que por conveniencia puede ser expresada en unidades de vehículos por día. Ello queda resumido en la ecuación siguiente:

$$T_{ijv} = \frac{1}{365} \sum_{p=1}^{N} H_p T_{ijvp} \qquad \text{1.405.603 (A)}$$

donde,

Tijvp	:	Flujo con origen en i, destino j, para el tipo de vehículo v y período de modelación p, expresado en vehículos/hora.
Hp	:	Número de horas del año representadas por el período p
Tijv	:	Flujo con origen en i, destino j, para el tipo de vehículo v, expresado en vehículos/día.
N	:	Número de períodos de modelación.

Para asegurar la coherencia de la matriz anual y las matrices por período se supondrá, a menos que existan antecedentes en sentido contrario, que las migraciones son pequeñas con respecto al total anual de viajes, de modo que los vectores de origen y destino (total filas y total columnas) de la matriz anual deben ser idénticos. Si no lo fueran, deberá revisarse cuidadosamente las etapas anteriores, en especial el número de horas representadas por cada período, de modo de obtener una matriz que cumpla las condiciones de simetría enunciadas.

Cabe destacar que no se exige que la matriz sea simétrica, dado que existen viajes de múltiples etapas, en los cuales se sale a visitar una lista de destinos. Por ejemplo, en un viaje Santiago - Talca - Concepción - Santiago, cada una de las tres ciudades tendrá un viaje que llega y uno que sale, pero la matriz O/D no es simétrica.

Una vez realizados los procesos anteriores, es posible que la matriz O/D anual aún presente cierta asimetría. Para realizar la corrección final, se recomienda aplicar el algoritmo expuesto en 1.405.604, u otro de similares características que sea aprobado por la Dirección de Vialidad.

1.405.604 Algoritmo de simetría de matrices O/D

Supondremos que los períodos han sido numerados en forma tal que el último de ellos, esto es, el período N, es el que representa el mayor número de horas del año. Este período es usualmente denominado el período "resto", y agrupa las horas en las cuales no hay un grado de congestión

significativo. El procedimiento consiste en ajustar este último período en forma tal que la matriz anual sea simétrica.

El primer paso será calcular los vectores origen destino de la matriz anual como promedio de los vectores iniciales, esto es

$$V_{iv} = \frac{1}{2}\left(\sum_k T_{kiv} + \sum_k T_{ikv}\right) \qquad 1.405.604\ (A)$$

donde,

Viv : es el vector suma de orígenes y destinos al cual debe llegar la matriz simetrizada.

A continuación se calculará los vectores de origen y destino de la matriz correspondiente al período N, utilizando las siguientes ecuaciones:

$$R_{ijv} = \frac{1}{365}\sum_{p=1}^{N-1} H_p T_{ijvp} \qquad 1.405.604\ (B)$$

$$O_{iv} = \frac{365}{H_N} x\left(V_{iv} - \sum_K R_{ikv}\right) \qquad 1.405.604(C)$$

$$D_{jv} = \frac{365}{H_N} x\left(V_{jv} - \sum_K R_{kjv}\right) \qquad 1.405.604(D)$$

Finalmente, se calculará la matriz corregida del período N utilizando la siguiente ecuación:

$$W_{ijvN} = T_{ijvN} \times A_i \times B_j \qquad 1.405.604\ (E)$$

donde A_i y B_j son conocidos como factores de balance, los cuales deben ser calculados de forma tal que se cumplan las restricciones en la generación y atracción de viajes, es decir:

$$\sum_j W_{ijvN} = O_{iv} = A_i \sum_j B_j T_{ijvN} \qquad 1.405.604\ (F)$$

$$\sum_i W_{ijvN} = D_{jv} = B_j \sum_i A_i T_{ijvN} \qquad 1.405.604\ (G)$$

El proceso para realizar la corrección a la matriz es iterativo, y se conoce como método de Furness, cuya estructura es la siguiente:

1. Se toman los valores de B_j iguales a uno y se determina el valor de los A_i, que satisfacen las restricciones en el origen;

2. Con los A_i se calculan los B_j, satisfaciendo la restricción en el destino;

3. Manteniendo fijos los B_j se vuelve a determinar los A_i y se repiten los pasos (2) y (3) hasta que la diferencia entre los valores estimados en dos iteraciones sucesivas sean suficientemente pequeña.

Este método garantiza convergencia en general, por lo cual la exigencia de precisión de la convergencia será la correspondiente a la precisión con que se estén expresando los valores de los flujos.

1.405.7 MODELOS DE DEMANDA DIRECTA

Un modelo de demanda directa consiste en estimar relaciones funcionales entre viajes a nivel agregado, características socioeconómicas y demográficas del área bajo estudio y atributos de los viajes (costos de transporte, tiempo de viaje, distancia,etc.). De esta forma es posible desarrollar modelos que incorporan directamente como un todo la generación, distribución e incluso partición modal.

Los modelos de demanda directa presentan ventajas de sencillez en la calibración, no requieren de modelos de equilibrio y la predicción es bastante simple. En contrapartida, su principal desventaja es la falta de una base teórica sólida que los respalde. Por otra parte, no consideran una estructura conductual adecuada que permita representar fielmente el comportamiento de los viajeros. Los modelos son generados a partir de relaciones empíricas con limitada capacidad de predicción. Además, la agregación de datos puede producir multicolinealidad entre las variables utilizadas, lo que sumado a

una formulación multiplicativa de estos modelos tiende a magnificar pequeños errores en los datos, convirtiéndolos en grandes errores de predicción. Por ello, resultan adecuados sólo para estudios preliminares.

Los modelos de demanda directa pueden ser divididos en dos tipos: aquellos que determinan una relación funcional directa entre viajes por arco, características de la red y variables socioeconómicas y demográficas; y aquellos que consideran esta relación con viajes a nivel de par origen-destino.

La estimación de estos modelos puede ser realizada mediante una estimación secuencial de datos provenientes de una sección cruzada entre las variables explicativas y la variable dependiente del modelo, complementado con una serie de tiempo directa de las variables explicativas. Otra alternativa, es realizar una estimación simultánea con "Pool de Datos" (serie de tiempo de secciones cruzadas).

Existe una diversidad de formas funcionales posibles de ser empleadas, muchas de ellas en forma multiplicativa, considerando variables mudas para describir particularidades en la información (por ejemplo, recesión en un cierto año). Si bien, será labor del analista determinar la especificación más adecuada a la información disponible, en el caso de modelos a nivel de viajes de personas por par origen-destino, se recomienda emplear una especificación multiplicativa del tipo gravitacional, cuya expresión analítica es la siguiente:

$$T_{ij} = \frac{K \times P_i^{\alpha} \times P_j^{\beta}}{c_{ij}^{n}} \qquad 1.405.7\ (A)$$

donde P_i y P_j es la población en la zona origen y destino del viaje, respectivamente. c_{ij} es una medida del costo de transporte entre las zonas, que puede ser incorporado de diversas maneras, por ejemplo, en términos de la distancia entre zonas, del tiempo de viaje o una medida del costo compuesto para los modos y/o rutas disponibles entre ese par, a través de un modelo de partición modal o elección de ruta disponible. K, α, β y n son parámetros a estimar.

La formulación general del modelo presentado es la siguiente:

$$T_{ij} = K \times W_i \times W_j \times f(c_{ij}) \qquad 1.405.7\ (B)$$

donde wi y wj son funciones de las características de las zonas presentadas en el tópico 1.407.402. Mientras que $f(c_{ij})$ es una función de separación espacial que puede tener la misma expresión presentada en los modelos de interacción espacial (ver tópico 1.408.4).

En el contexto del presente Manual, este tipo de modelos permiten realizar dos funciones. La primera de ellas consiste en rellenar la matriz origen-destino de la situación actual, en aquellas celdas que no fueron cuantificadas mediante las encuestas origen-destino realizadas, o fueron cuantificadas parcialmente. Estas celdas fueron identificadas mediante la matriz de representatividad definida en 1.405.602. En este caso el modelo se calibra sólo con las celdas para las cuales existe información completa, y se utiliza para predecir valores en las restantes celdas.

La segunda función corresponde a estimar una matriz origen destino para la situación con proyecto, suponiendo que al variar el costo de transporte entre ciertas zonas se modifica el flujo entre las mismas.

1.405.8 MODELO DE INTERACCION ESPACIAL

1.405.801 Planteamiento general

El modelo de interacción espacial se utilizará para resolver los siguientes problemas de modelación:

a) Relleno de matrices. A partir del desarrollo del tópico 1.405.6 se habrá obtenido, para la situación actual, una matriz origen-destino (MOD) probablemente incompleta. La matriz de representatividad de la encuesta origen-destino indica, en este caso, cuáles son las celdas confiables de la MOD. Esta matriz estará desagregada por tipo de vehículo y por período de modelación, sin perjuicio de desagregaciones adicionales. El problema consiste en determinar la MOD completa para la situación actual.

b) Predicción en año base. A partir de la MOD corregida en el proceso de asignación a la situación actual, detallado en la sección 1.406, se debe construir la MOD correspondiente a la situación base, cuando ésta difiera de la situación actual. También debe construirse la MOD que se habría producido en el año actual si la situación con proyecto hubiera estado en operación.

c) Predicción en cortes temporales futuros. A partir de la MOD resultante del proceso de proyección de la situación base descrito en la sección 1.408, se debe construir la MOD correspondiente a la situación con proyecto en el corte temporal correspondiente.

Estos problemas pueden ser resueltos mediante el modelo de demanda directa, desarrollado en el tópico 1.405.7. Sin embargo, dicho modelo presenta ciertas limitaciones.

La primera limitación se refiere a que, si el costo de transporte se reduce entre un par origen-destino dado, el modelo de demanda directa predice un incremento en el flujo correspondiente. Sin embargo, en casos reales este aumento puede ir acompañado por una reducción en los flujos en uno o más pares origen-destino, lo cual no es recogido por el modelo de demanda directa. Este efecto puede producirse, por ejemplo, si algunos viajes con propósito salud, que en la situación actual son atendidos por cierto hospital o consultorio, pasarían a ser atendidos por un establecimiento diferente al cambiar las condiciones de accesibilidad de la red vial. En este caso puede producirse además un incremento en el número total de viajes, al reducirse el umbral de seriedad de una dolencia que justifica un viaje para ser tratada. Pueden darse ejemplos similares para otros propósitos de viaje, y también para el transporte de carga. Por ejemplo, una localidad que en la situación actual es abastecida de combustibles desde cierto centro de distribución, en la situación con proyecto podría pasar a ser abastecida desde un centro de distribución alternativo.

Una segunda limitación se refiere a que los modelos de demanda directa no consideran en forma explícita las eventuales relocalizaciones de actividades o cambios en los patrones de uso del suelo que pueden producirse como consecuencia de la ejecución del proyecto.

Estas limitaciones hacen necesario aplicar un método de modelación de mayor consistencia, al cual denominaremos modelo de interacción espacial.

Este modelo intenta predecir, en forma simultánea, los impactos de la entrada en operación de un proyecto vial sobre la localización de actividades (o uso del suelo), la generación y atracción de viajes por parte de estas actividades, y la distribución de estos viajes en términos de origen-destino. Pese a que se intenta predecir un proceso dinámico, en el cual múltiples factores están evolucionando en el tiempo, el modelo es estático, en el sentido que predice el equilibrio a que se llega en un corte temporal dado.

El modelo global está compuesto de tres submodelos interrelacionados: el submodelo de localización, el submodelo de generación y el submodelo de distribución. A continuación se presenta cada uno de ellos. Sin embargo, cabe destacar que ello no implica que estos submodelos sean secuenciales.

1.405.802 Submodelo de localización

Los modelos de planificación de transporte han recurrido al uso de escenarios de desarrollo para representar el subsistema de actividades. Sin embargo, es necesario contar con herramientas que permitan predecir razonablemente el comportamiento de los usuarios en el largo plazo. Para este propósito, recientemente han surgido los modelos de uso de suelo.

La principal ventaja del enfoque es permitir modelar las decisiones de largo plazo sobre localización de actividades y hábitos de transporte bajo el alero de una teoría microeconómica común. En contrapartida, el modelo requiere del desarrollo de sofisticadas herramientas de estimación que incluyen la resolución de sistemas no lineales de ecuaciones simultáneas.

Tradicionalmente los modelos del comportamiento del mercado del suelo se han basado en dos escuelas de la economía, con diferentes enfoques de modelación. Por una parte, la escuela que supone un mercado con comportamiento del tipo remates de terrenos (bid auction). Por otro lado, la escuela basada en la teoría de la utilidad aleatoria, según la cual la elección de alternativas se realiza de forma de maximizar la utilidad (choice). Recientes desarrollos han permitido concluir que, en teoría, el modelo empírico puede ser estimado indistintamente mediante la versión de elección (choice) o la de ofertas (bid). La teoría presentada a continuación hermana dichos enfoques y recibe el nombre de Bid-Choice.

El modelo Bid-Choice percibe el transporte como un atributo, el cual después de ser comparado con otras características de la tierra, permite evaluar su importancia relativa, a través de la función de disposición a pagar DP. El transporte puede ser representado a través de la noción de acceso, que se define mediante dos medidas: accesibilidad, que mide la facilidad para visitar actividades de interés desde una localización dada; y atractividad que mide el potencial de una localización para atraer viajes de otros que representen un beneficio para el residente. Este enfoque reconoce directamente que un viaje es una acción motivada por el potencial beneficio que se obtiene del contacto entre dos actividades; es decir que la demanda por transporte es derivada de las necesidades de interacción entre actividades.

La importancia de cada una de estas medidas se relaciona con la actividad a localizar; por ejemplo, en el caso de localización de residencias de veraneo, tomará relevancia el atractivo turístico de la zona (atractividad); mientras que para actividades industriales, la accesibilidad para el despacho de sus productos y la atractividad de mano de obra resultan preponderantes. Los beneficios asociados a las nociones de acceso, pueden ser absorbidos directamente por los usuarios del servicio de transporte o capitalizados por los propietarios en forma de renta o precio del suelo.

El acceso es interpretado como una relación entre las características de las actividades en las zonas que une el viaje y un costo generalizado de transporte que incluye tiempos de viaje y comodidad, entre otros atributos del sistema de transporte.

Se define accesibilidad de la zona i, (acc_i) como la utilidad o beneficio económico que reporta al hogar o firma la facilidad de visitar o alcanzar un conjunto de actividades. La accesibilidad acc_i, corresponderá a un vector compuesto por elementos acc_{hi}, que representan la accesibilidad que dispone la zona i, para el hogar o firma tipo h en el conjunto H.

La atractividad se define como el beneficio económico que extrae el hogar o firma por las visitas que recibe su entorno. De igual manera, att_i es un vector compuesto por los elementos att_{hi}, representando el nivel de atractividad en i, para cada hogar o firma tipo h.

Existen diversas formas de especificar medidas de acceso en forma consistente con el modelo de transporte. Si se considera el modelo de distribución de viajes gravitacional doblemente restringido, una expresión adecuada para el concepto de accesibilidad de la zona i, estará dada por:

$$acc_{hpi} = -\frac{1}{\beta_{hp}} \ln A_{hpi} \qquad 1.405.802 \text{ (A)}$$

De igual manera, una expresión de la atractividad para un consumidor tipo h en la zona j esta dada por:

$$att_{hpj} = -\frac{1}{\beta_{hp}} \ln B_{hpj} \qquad 1.405.802 \text{ (B)}$$

Cabe destacar que estas medidas de acceso son de corto plazo, puesto que el modelo de demanda empleado para derivarlas no explica los cambios en el sistema de actividades. Los cambios a mediano y largo plazo, sólo pueden ser explicados mediante un modelo de uso de suelo que permita modelar el equilibrio del mercado de la tierra y el proceso de localización.

El modelo Bid-Choice asume que un consumidor h, buscará localizarse en aquel predio i, que maximice su utilidad o en términos equivalentes, su excedente del consumidor (EC_{hi}), donde EC es la diferencia entre la disposición a pagar (DP_{hi}) y el precio pagado p_i. Por el lado de los propietarios, se asume que estos buscarán maximizar su beneficio (profit), por lo tanto, venderán el predio a aquel usuario que posea la mayor disposición a pagar, es decir otorgarán el predio al mejor postor.

El equilibrio de mercado se encuentra entonces resolviendo el sistema de ecuaciones para el comportamiento de consumidores y propietarios, expresado mediante la siguiente formulación:

$$\textit{Consumidores} \qquad \underset{i \in S}{\text{Max}}\ EC_{hi} = \underset{i \in S}{\text{Max}} \left[DP_{hi} - p_i \right] \qquad 1.405.802 \text{ (C)}$$

$$\textit{Oferentes} \qquad p_i = \underset{g \in H}{\text{Max}}\ DP_{gi} \qquad 1.405.802 \text{ (D)}$$

De acuerdo con estas expresiones, el consumidor h se localizará en el predio i, que maximice su excedente (EC_{hi}) entendido como la diferencia entre lo que está dispuesto a pagar (DP_{hi}) y el valor del predio (p_i). Por su parte, el oferente adjudicará el lote i, a aquel individuo g que presente la mayor disposición a pagar (DP_{gi}) por dicho predio entre todos los posibles interesados (H); por lo tanto, el precio al cual se adjudicará el terreno (p_i) será equivalente a dicha disposición a pagar.

Estas ecuaciones tienen el formato típico del problema del equilibrio de mercado. La solución de este sistema se obtiene combinando ambas ecuaciones, entonces:

$$\underset{i \in S}{\text{Max}}\ EC_{hi} = \underset{i \in S}{\text{Max}} \left(DP_{hi} - \left[\underset{g \in H}{\text{Max}}\ DP_{gi} \right] \right) \qquad 1.405.802\ (E)$$

Esta ecuación representa un modelo de equilibrio del suelo. Con la peculiaridad que esta ecuación es enteramente descrita por las funciones de DP, es decir; por el comportamiento del consumidor, con los propietarios jugando un rol pasivo en el equilibrio de mercado.

Una segunda propiedad, es que el máximo excedente del consumidor h es cero, pues si la mayor postura es realizada por individuo g distinto a h, la disposición a pagar de h será menor que la de g ($DP_h<DP_g$), con lo cual el excedente será negativo. Por lo tanto, es posible concluir que el máximo EC ocurre siempre en la localización en que el consumidor es, a la vez, el mejor postor. Así, la regla del mejor postor y la máxima utilidad son equivalentes. Una consecuencia de esta equivalencia es que se puede formular un modelo empírico siguiendo o bien la regla del mejor postor (versión bid) o la regla del excedente del consumidor (versión choice).

Cabe destacar que en este enfoque tanto los hogares como las firmas (industriales, agricultores, comerciantes, servicios, etc.) son consumidores compitiendo por los mismos predios, y sólo se diferencian por su disposición a pagar y la valoración que otorgan a los atributos de las zonas por las que compiten. De esta forma, el flujo de carga y pasajeros será el resultado de la nueva localización espacial de los hogares y firmas producto del equilibrio en el mercado del suelo.

La Versión Bid del modelo se basa en la suposición de que los predios son bienes cuasi-únicos, lo cual se debe a que el suelo no se puede producir, por lo que no existe un costo de producción. Por otra parte, el espacio es escaso y las características de los predios son difícilmente reproducibles, puesto que los atributos del suelo son el resultado de economías externas no pecuniarias y sin costo directo para el dueño de la tierra.

En base a este supuesto, los oferentes se comportarán de acuerdo con la regla del mejor postor, según la cual el predio es vendido a aquel consumidor que presente la mejor oferta o postura; es decir, aquel que posea la mayor disposición a pagar (DP) por ese predio.

Suponiendo que la disposición a pagar de un consumidor tipo h por un predio i, $DP_{(hi)}$, es una variable aleatoria, es posible descomponerla en una componente determinística DP_{hi} y un término de error asociado ε_{hi}. Suponiendo que los términos de error se distribuyen independientes e idénticos Gumbel, se deriva el modelo de localización espacial siguiente, que cumple con la regla del mejor postor.

$$P_{h/i} = \frac{e^{\mu DP_{hi}}}{\sum_{g \in H} e^{\mu DP_{gi}}} \qquad 1.405.802\ (F)$$

donde $P_{h/i}$ es la probabilidad de que el individuo h sea quien se adjudique el predio i, existiendo H posibles postores.

El valor esperado del suelo en la zona i es, por definición, el valor esperado de la máxima disposición a pagar, por lo tanto:

$$p_i = \frac{1}{\mu} \ln \left(\sum_{g \in H} e^{\mu DP_{gi}} \right) \qquad 1.405.802\ (G)$$

representa el modelo de la renta del suelo.

La ecuación 1.405.802 (G) se puede reemplazar en el denominador de la ecuación 1.405.802 (F), con lo cual se obtiene un modelo de equilibrio del mercado del suelo, que representa la forma lineal del modelo bid.

$$P_{h/i} = \exp\ \mu \times (DP_{hi} - p_i) \qquad 1.405.802\ (H)$$

Alternativamente puede plantearse la versión Choice del modelo. Desde el punto de vista del consumidor h, éste desea localizarse en aquel predio i que maximice su utilidad o, en términos equivalentes, su excedente del consumidor, $EC_{(hi)}$, donde EC es la diferencia entre la disposición a pagar $DP_{(hi)}$ y el precio pagado p_i.

Sea $EC_{(hi)}$ una variable aleatoria con una componente determinística (DP_{hi} - p_i) y un término aleatorio ε^*_{hi}. Si suponemos que este término se distingue IID Gumbel, la probabilidad de que un consumidor h, decida localizarse en la zona i, dentro de un conjunto S de zonas, esta dada por:

$$P_{i/h} = \frac{e^{\mu(DP_{hi} - p_i)}}{\sum_{j \in S} e^{\mu(DP_{hj} - p_j)}} \qquad 1.405.802\ (I)$$

No obstante, es importante notar que los supuestos sobre ε_{hi} y ε^*_{hi} son compatibles sólo en el caso que el precio p_i en la ecuación 1.405.802 (I) sea exógeno; es decir no se cumple la ecuación 1.405.802 (G).

La estimación del modelo consiste en determinar las funciones DP_{hi} para cada una de las categorías que sean consideradas. Para esto se recurre a la forma lineal del modelo MNL bid en su versión agregada, obtenida a partir de la ecuación 1.405.802 (H).

$$LP_h = \ln\left(\frac{P_{h/i}}{H_h}\right) = \mu DP_{hi} - \mu p_i \qquad 1.405.802\ (J)$$

donde H_h es la cantidad de usuarios del tipo h.

La ecuación es válida para cada consumidor h y dado que μ aparece en todas las ecuaciones, se deben estimar simultáneamente. Cabe destacar que el; supuesto implícito de este sistema de ecuaciones es que el modelo de renta se cumple, lo que debe ser incorporado explícitamente. Es decir, además se debe satisfacer la ecuación:

$$p_i = \frac{1}{\mu} \ln \sum_{g \in H} H_g \; e^{\mu DP_{gi}} \qquad 1.405.802\ (K)$$

Existen diversos enfoques para estimar el modelo, dependiendo del tipo de información con que se cuente y de la disponibilidad de software de estimación.

Será labor del analista determinar el método de estimación apropiado, dependiendo de la disponibilidad de información y de software de estimación.

1.405.803 Submodelo de generación y atracción

Este modelo considera que existe una relación funcional entre el volumen producido o atraído de cada tipo de viaje en cada zona y las variables descriptoras del sistema de actividades, obtenidas del submodelo de localización.

En el desarrollo de modelos de generación es posible especificar la cantidad de viajes que salen o llegan a una zona de distintas formas. Las más comunes son a nivel de tipo de vehículo, cantidad de pasajeros o volumen (toneladas) de carga.

Cuando se desarrollan modelos que predicen el número de pasajeros o la cantidad de carga que sale o llega a una zona, es necesario contar con modelos complementarios que permitan convertir dichas unidades a vehículos. Estos últimos se denominan modelos de conversión y usualmente se basan en tasas de ocupación de vehículos de pasajeros y tamaños de embarque típicos por tipo de carga. También puede ser necesario utilizar modelos de partición modal para predecir el reparto de pasajeros entre buses y automóviles, o para predecir el reparto de las cargas entre camiones de diverso tamaño.

(1) Desagregación

Cada tipo de viaje puede ser caracterizado para lograr un mejor nivel de desagregación, dado que el comportamiento y los hábitos de transporte varía considerablemente de un tipo de usuario a otro, por lo que resulta fundamental desarrollar modelos de predicción diferenciando los diferentes tipos de viajes interurbanos. Entre las distintas clasificaciones que se pueden realizar se cuenta:

a) **Clasificación por período.** En este caso resulta conveniente distinguir la generación de viajes entre temporadas (por ejemplo, verano o invierno). Esto es especialmente útil en tipos de viajes que son afectados por la estacionalidad, como los viajes con propósito turístico o el transporte de productos frutícolas.

b) **Por tipo de usuario.** En el caso del transporte de pasajeros, el nivel socioeconómico de las personas es una variable que permite caracterizar el comportamiento de los viajeros y clasificar los viajes. Esta variable impone restricciones a la generación de viajes, tanto como a la disponibilidad de modos para el usuario y puede ser representada a través de las siguientes

variables: Nivel de ingreso, Número de autos del grupo familiar, Tamaño y composición del hogar, Empleo del usuario, Sexo y Edad.

En el caso del transporte de carga, el analista deberá distinguir los viajes de acuerdo con el tipo de carga transportada, empleando la caracterización recomendada en sección 1.303 y la estacionalidad.

c) **Clasificación por propósito**. Esta clasificación resulta sumamente útil en el transporte de pasajeros y se genera en el hecho que los viajes realizados entre un par de zonas dependen de las actividades que los motivaron, por lo que el propósito del viaje pasa a ser una característica fundamental del comportamiento de los viajeros. Dentro de estos propósitos es posible distinguir:

- Trabajo
- Turismo o recreación
- Social (visita a parientes, matrimonios, funerales, etc.)
- Servicios (salud, compras y trámites entre otros)
- Otros

A partir de esta clasificación es posible desarrollar una caracterización más general:

- Viajes por negocio
- Asuntos personales obligatorios
- Asuntos personales no obligatorios
- Otros

(2) Factores que inciden en la generación de viajes

Tal como se mencionó anteriormente la generación de viajes es el resultado de la interacción entre actividades. Por tanto la cantidad de viajes que entran o salen a una zona dependen de una diversidad de variables que permiten describir directa o indirectamente dichas actividades. Entre estas se puede mencionar:

Generación de viajes de personas

- Producto geográfico bruto a nivel zonal (total o per cápita)
- Población, densidad de habitantes o grado de urbanización
- Tamaño medio de familias
- Nivel de ingreso medio zonal
- Tasa de motorización (autos por familia)
- Tipo Empleo
- Sexo
- Edad
- Estilos de vida

Atracción de viajes de personas

- Superficie [m²] destinada a
  - producción industrial
  - comercio
  - servicios
- Plazas de Empleos
- Oferta hotelera (número de camas ofrecidas)
- Atractivo turístico de la zona

Generación y atracción de transporte de carga

- Producción en la zona (agrícola, forestal, industrial, minera, etc.)
- Superficie [m²] destinada a
  - producción industrial
  - comercio
  - servicios
  - cultivos (por especialización)
- número de empleados
- volumen de ventas
- Superficie techada o total de la firma

(3) Consideraciones en la estimación

Algunas consideraciones que el analista debe tomar en cuenta, son las siguientes:

- En la estimación de modelos mediante regresión lineal se podría esperar que la ecuación pase por el origen. Sin embargo, a menudo se obtienen grandes valores para el intercepto. Si así ocurre y el intercepto es estadísticamente significativo, la formulación debe ser rechazada, en caso contrario, el modelo debe ser reestimado forzando a que pase por cero;

- Otro aspecto relevante es la elección entre la consideración de variables en términos de totales zonales (total de viajes, total de personas o de carga transportada) o a nivel de medias zonales (viajes por habitantes en el caso de pasajeros o toneladas por m² en el caso de carga). La ventaja de utilizar la segunda formulación es que permite independizarse del tamaño de la zona, evitando así el problema de heterocedasticidad en el modelo de totales zonales, debido a que la magnitud del error se encuentra directamente relacionada con el tamaño de la zona.

Existe una diversidad de formas funcionales posibles de ser utilizadas en el desarrollo de modelos de generación, por ejemplo: especificación lineal, translog, cuadrática, log-lineal, Box-Cox, etc. Será labor del analista determinar la más apropiada al caso en estudio.

(4) Requisito de conservación.

El total de viajes generados debe ser igual al total de viajes atraídos. Si ello no ocurre, se tomará como cifra total de viajes un promedio ponderado entre el total de viajes generados y el total de viajes

atraídos. Los factores de ponderación serán determinados por el analista tomando en cuenta la confiabilidad relativa de los modelos de generación y atracción. Una vez obtenido el total de viajes, los vectores de generación y atracción serán escalados de modo que sumen dicho total.

1.405.804 Submodelo de distribución

El submodelo de distribución que deberá utilizarse depende del tipo de problema que se intenta resolver.

En el caso del relleno de matrices, expuesto en el punto a) del planteamiento general, se utilizará el modelo gravitacional detallado en el párrafo 1.405.805.

En los otros dos casos, se aplicará el método expuesto en el párrafo 1.405.806.

1.405.805 Modelo gravitacional

La familia de modelos de interacción espacial o gravitacionales, se basa en la hipótesis de proporcionalidad entre los flujos generados y atraídos por las zonas, la cual es decreciente con la distancia que las separa, en una analogía con la ley gravitacional de Newton.

Una de las justificaciones teóricas ampliamente difundidas y que justifica el uso de estos modelos es el enfoque de maximización de la entropía, el cual considera que a un nivel macro el sistema puede ser representado en términos del conjunto de viajes generados $\{O_i\}$ y atraídos por las zonas $\{D_j\}$ (vectores de generación y atracción), y adicionalmente, por el costo total de transporte C. A un nivel meso o medio, el sistema es descrito por la matriz de viajes $\{T_{ij}\}$ (número de viajes entre cada par de zonas). Mientras que el nivel micro es representado por cada usuario en particular (individuo o producto), que realiza viajes entre un cierto par origen destino, los cuales son asignados a las celdas de la matriz.

Un macro-estado puede ser representado por muchos meso-estados y muchos estados micro del sistema pueden representar al mismo estado meso. La esencia del método de máxima entropía es la hipótesis de que todos los micro estados son igualmente probables. El estado meso más probable sería aquel que se genera del mayor número de micro estados. Por lo tanto, es necesario identificar aquella matriz $\{T_{ij}\}$ que maximiza el número de micro estados sujeto a las restricciones a nivel macro.

En el caso del relleno de matrices se deberá usar el modelo gravitacional no restringido, dado por la expresión:

$$T_{ij} = A_i \; B_j \; f(c_{ij}) \qquad \text{1.405.805 (A)}$$

donde A_i y B_j son factores de balance que deberán ser calibrados y $f(c_{ij})$ está dado por una de las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} f(c_{ij}) &= \exp(-\beta\, c_{ij}) && \text{Fn. Exponencial} \\ f(c_{ij}) &= c_{ij}^{\,n} && \text{Fn. Potencial} \\ f(c_{ij}) &= c_{ij}^{\,n} \cdot \exp(-\beta\, c_{ij}) && \text{Fn. Combinada} \end{aligned} \qquad \text{1.405.805 (B)}$$

En estas expresiones n y ß son parámetros a calibrar.

En la calibración se usará el método de máxima verosimilitud, tomando como datos sólo aquellas celdas que según la matriz de representatividad tienen valores correctos.

Una vez calibrado el modelo, se utilizará para predecir valores en las celdas de la matriz que según la matriz de representatividad no han sido cuantificadas.

Lo anterior implica que las celdas que tienen información parcial no son utilizadas en la calibración, ni tampoco se predice valores para las mismas. Los valores correctos del flujo en estas celdas son determinados durante el proceso de asignación, expuesto en la sección 1.406.

En el caso de matrices de transporte de carga, este método deberá aplicarse con cautela, dado que los flujos de ciertos tipos de productos pueden responder más bien a modelos de optimización que a modelos gravitacionales. Por ejemplo, la distribución de combustibles se realiza desde algunos terminales hacia los centros poblados de su entorno, siguiendo el criterio de minimizar el costo total de distribución. Un método posible de utilizar en estos casos es un modelo gravitacional restringido al centro productor y los lugares que se abastecen de él.

1.405.806 Modelo incremental

En el caso de predicción de matrices O/D para la situación con proyecto a partir de aquellas de la situación base, o en su caso matrices O/D de la situación base a partir de aquellas de la situación actual, se utilizará el procedimiento descrito a continuación.

El supuesto central en que se basa este método es que un modelo gravitacional clásico en general es inadecuado para predecir correctamente en estas situaciones. Esta inadecuación deriva de la forma funcional del modelo, que asume implícitamente que todas las zonas son de igual jerarquía.
Ello contradice el hecho evidente de que en transporte interurbano existen relaciones jerárquicas o de dependencia entre algunas zonas. Por ejemplo, en el transporte de pasajeros, existirá la tendencia a que los flujos reales entre una zona capital regional y las zonas dentro de dicha región sean mayores que los predichos por un modelo de distribución clásico, en tanto los flujos entre dos zonas de similar jerarquía y equipamiento serán menores que los predichos por dicho modelo.

En el transporte de carga, especialmente si se analiza a nivel de productos específicos, existen pares origen-destino claramente ligados entre sí. Es el caso, por ejemplo, del transporte de un insumo, producido en cierta zona, que abastece a una planta industrial ubicada en otra zona.

Por las razones anteriores, el procedimiento de obtención de la matriz origen destino de la situación actual ha sido diseñado de modo que reproduzca lo más fielmente posible los flujos realmente observados. De este modo, los valores de las celdas de la matriz no coinciden con los valores que tendrían si se hubiera aplicado un modelo gravitacional, salvo en las celdas estimadas de acuerdo al procedimiento indicado en 1.405.805.

Definiremos como matriz inicial aquella que sirve de punto de partida (actual o base) y como matriz final la que se desea obtener como resultado (base o con proyecto, respectivamente).

Mediante la aplicación del submodelo de generación, con la localización de actividades predicha por el modelo de localización, se habrán obtenido los vectores de origen y destino de la matriz final. El objetivo del método será obtener una matriz final que respete las restricciones de totales de generación y atracción, y sea al mismo tiempo lo más similar posible a la matriz inicial.

Sin embargo, antes de ello será necesario examinar si, como consecuencia de la ejecución del proyecto, existen cambios en las relaciones de jerarquía entre zonas. Por ejemplo, si se construyera una carretera directa entre Rancagua y Alhué, probablemente con un túnel para salvar el cordón montañoso que las separa, es sensato suponer que una parte sustancial de los viajes actuales entre Alhué y Melipilla pasarían a realizarse entre Alhué y Rancagua. Ello implicaría un cambio en las relaciones jerárquicas entre centros poblados, y podría eventualmente motivar el retorno de la comuna de Alhué a la VI Región.

No existe un método de estimación de este tipo de efectos que sea aplicable a las múltiples situaciones que pueden producirse, por lo cual el análisis de cambios en las relaciones jerárquicas deberá ser realizado mediante el juicio profesional del analista. Como apoyo a este juicio, se recomienda utilizar modelos gravitacionales calibrados con datos de zonas de características similares a la que presuntamente cambiará de dependencia, o recurrir a encuestas a autoridades y residentes. El procedimiento implicará, por lo tanto, transferir cierto número de viajes desde una celda a otra, manteniendo el total de viajes de la matriz.

Una vez modificada la matriz inicial mediante este procedimiento previo, se procederá a escalar la matriz inicial de modo que reproduzca el total de viajes correspondiente a la matriz final, mediante la siguiente ecuación:

$$T_{ijvp} = Q_{ijvp} \times \left(\frac{S_{ijvp}}{C_{ijvp}} \right)^{\beta_{vp}} \qquad 1.405.806\ (A)$$

donde,

T_{ijvp} : Flujo con origen en i, destino j, para el tipo de vehículo v y período de modelación p, expresado en vehículos/hora, para la matriz final.

Q_{ijvp} : Flujo con origen en i, destino j, para el tipo de vehículo v y período de modelación p, expresado en vehículos/hora, para la matriz inicial.

S_{ijvp} : Costo de transporte desde el origen i al destino j, para el tipo de vehículo v y período p, correspondiente a la situación para la cual se aplica la matriz inicial.

C_{ijvp} : Costo de transporte desde el origen i al destino j, para el tipo de vehículo v y período p, correspondiente a la situación para la cual se aplica la matriz final.

β_{vp} : Parámetro a calibrar

Para obtener el valor de β_{vp} se utilizará la siguiente ecuación:

$$\sum_i \sum_j Q_{ijvp} \times \left(\frac{S_{ijvp}}{C_{ijvp}} \right)^{\beta_{vp}} = T_{vp} \qquad 1.405.806\ (B)$$

donde T_{vp} representa el total de viajes en la matriz final, para el tipo de vehículo v y período p.

La matriz resultante del proceso anterior no necesariamente reproducirá los vectores de origen y destino. Por lo tanto, para obtener la matriz final deberá aplicarse en método de Furness descrito en el párrafo 1.405.604.

SECCION 1.406 ASIGNACION

1.406.1 ASPECTOS GENERALES

Esta sección describe los aspectos conceptuales y prácticos relacionados con la asignación de flujos a redes de transporte.

En el tópico 1.406.2 se describen los conceptos básicos relacionados con la asignación de viajes, indicando los requisitos básicos de información y la metodología general de calibración de modelos. En el tópico 1.406.3 se indican los procedimientos a seguir para cada tipo de proyecto en cada etapa de evaluación. En el tópico 1.406.4 se describe la metodología general de calibración de modelos, en tanto que en los tópicos restantes se describen los métodos de asignación a ser utilizados en la modelación.

1.406.2 CONCEPTOS BASICOS

La elección de la ruta que un usuario empleará para viajar entre un cierto par origen-destino, depende de las variables de nivel de servicio de la ruta, y por ende, de cada uno de los arcos que la componen. Cada arco puede pertenecer a diversas rutas que sirven distintos pares origen-destino de la red. Por este motivo, la función de demanda depende del nivel de servicio ofrecido por cada arco de la red, donde este nivel de servicio es único para todas las rutas que utilizan este arco. Por lo tanto no es posible obtener un equilibrio entre nivel de servicio y flujo entre origen-destino en forma aislada, ignorando las características del resto de la red.

En el sistema de transporte es posible encontrar dos tipos de equilibrios posibles de ser modelados. El primero, corresponde a un equilibrio de flujos sobre la red en base a una demanda de viajes fija, los cuales son asignados mediante algún criterio apropiado de elección de ruta; éste se denomina **equilibrio de tráfico**. El segundo, es el producto del equilibrio entre el nivel de servicio y los patrones de flujo obtenidos en el modelo clásico de transporte de cinco etapas, el cual coincide con el concepto económico de equilibrio entre oferta y demanda, y se denomina **equilibrio de mercado.** En esta sección se trata el primero de ellos.

Es decir, los métodos de asignación que se presentan en esta sección, permiten asignar una matriz de viajes fija a la red de modelación y determinar el flujo que solicitará cada arco. Esta matriz fija podrá corresponder a cualquiera de las matrices construidas en el proceso de modelación de un proyecto, para las diversas situaciones, escenarios y cortes temporales.

1.406.201 Clasificación de los Modelos de Asignación

Existe una diversidad de modelos de asignación de tráfico, cuyas diferencias radican en los supuestos sobre el criterio empleado por los usuarios en la elección de ruta. La premisa básica en todos estos métodos de asignación es el supuesto de racionalidad de los viajeros, según el cual los usuarios escogen aquella ruta que perciben que minimizará su costo generalizado de transporte o maximizará su beneficio.

Los modelos de asignación pueden clasificarse de acuerdo con la consideración de los siguientes dos factores que inciden en la elección de ruta.

- **Diversidad.** Los individuos pueden percibir y valorar en forma diferente los atributos de las rutas involucradas en la decisión, e incluso considerar diferentes atributos en la elección de ruta.

- **Congestión.** Existen efectos de congestión que elevan los costos de transporte en una ruta a medida que aumenta el número de vehículos circulando por ella, producto de límites de capacidad de las vías.

Considerando los efectos de la congestión y de la diversidad de los usuarios, es posible clasificar los métodos de asignación como se muestra en el Cuadro N°1.406.201 (A).

CUADRO N°1.406.201 (A)
CLASIFICACION DE CRITERIOS DE ASIGNACION DE TRAFICO

		¿Se considera diversidad de usuarios?	
		NO	SI
¿Se consideran restricciones de capacidad?	NO	Todo o Nada	Estocástico
	SI	Equilibrio de Wardrop	Equilibrio Estadístico

El método más apropiado en cada caso, depende del impacto que produzca el proyecto y de la etapa de desarrollo en la cual se encuentre, lo cual es discutido en el tópico 1.406.3.

Un aspecto que se debe destacar es el hecho que, en el caso del transporte público, la ruta de los vehículos se define en función del mercado del transporte de pasajeros. Es decir, las rutas no son elegidas siguiendo una lógica minimizadora de costos, sino que maximizadora de las utilidades obtenidas por servir ciertas localidades, lo cual incluye un compromiso entre los ingresos por venta de pasajes y los costos de transporte. Desde este punto de vista, la modelación del transporte de pasajeros se realiza considerando la existencia de recorridos de locomoción colectiva que sirven diversas localidades, en lugar de emplear la clasificación antes descrita.

Se debe destacar que el volumen de viajes en cada recorrido de transporte público es el resultado de una etapa previa de partición modal (ver sección 1.407), lo cual requiere un análisis a nivel de matriz de viajes de pasajeros.

1.406.202 Requerimientos de Información

La modelación de la asignación de viajes implica la necesidad de obtener información con el fin de representar el mercado del transporte. Para estos efectos, se deben identificar las características que definen la oferta de transporte, expresada a través de las vías y sus características físicas y operacionales, y las características que definen la demanda por transporte: zonas generadoras y atractoras de viajes, flujos origen-destino, características socio-económicas de los usuarios, etc.

En el presente párrafo se describen las distintas variables que deben ser consideradas para realizar la modelación.

(1) Caracterización de la Oferta de Transporte

La oferta de transporte queda definida a través de las características físicas y operativas de las vías existentes en el área de influencia del proyecto. Para modelar es necesario realizar una representación analítica de las vías y sus características, la cual se denomina **red vial de modelación**.

Una red vial de modelación queda definida mediante un grafo dirigido consistente en nodos y arcos, donde los arcos representan las vías o caminos reales y los nodos representan intersecciones de caminos y/o puntos singulares.

Dado que los viajes están asociados a zonas geográficas y no a nodos o arcos de la red, es necesario considerar dos componentes auxiliares: los centroides y los conectores. Los centroides equivalen a una representación idealizada de las zonas geográficas, y se supone que todos los viajes con origen en cierta zona i, comienzan en el centroide i. De igual forma, todos los viajes con destino en la zona j terminan en el centroide j. Los conectores, unen dichos centroides con los nodos de la red, pudiéndose conectar un centroide con más de un conector a la red.

La red de modelación debe permitir identificar la totalidad de los movimientos posibles, en aquellas intersecciones que se consideren relevantes, ya sean permitidos o prohibidos. Esto toma especial énfasis en proyectos en los cuales se desee tarificar o actuar sobre un movimiento en particular.

Los centroides deben ser conectados a la red en aquellos nodos más próximos al centro de gravedad de la zona en cuestión. Si es necesario, se deberán construir nodos especiales para lograr una mejor conexión de las zonas a la red.

Para la definición de los arcos de la red es necesario recabar información relativa a sus características geométricas y operativas. Los requerimientos específicos de información varían dependiendo del software que se emplee en la modelación, sin embargo, entre las características que permiten definir los arcos se cuenta:

- Longitud
- Tipo de carpeta de rodado
- Estándar: calzada simple, doble, autopista, cuesta, túnel
- Capacidad
- Velocidad o tiempo de viaje
- Costo de operación
- Valor de Peaje
- Comodidad de conducción
- Seguridad
- Equipamiento (restoranes, estaciones de servicio)
- Paisaje
- Calidad ambiental

(2) Caracterización de la demanda

Existen dos elementos fundamentales que permiten describir el comportamiento de los viajeros en la red vial: la estructura de viajes, representada a través de una matriz origen-destino y la valoración que otorgan los viajeros a cada una de las características de las vías, representada por el costo generalizado de transporte.

a) **Matriz origen-destino de viajes**

La matriz origen-destino permite recoger la estructura de viajes en la red y cargar cada uno de los arcos con su flujo vehicular correspondiente. Por lo tanto, es de primordial importancia contar con matrices confiables para la modelación.

En general, la asignación de tráfico se realiza considerando matrices de viajes por tipo de vehículo, lo cual indica implícitamente que estas matrices son el resultado de las etapas de generación, atracción, distribución y partición modal, aspectos desarrollados en las secciones 1.405 y 1.407. De igual manera, la modelación se realiza para cada corte temporal en forma aislada. De esta manera, se debe contar con una matriz por cada tipo de vehículo, período, corte temporal y situación (base o con proyecto).

Como norma general, en todos los casos es necesario exigir a las matrices de viajes anuales ciertas condiciones de simetría a nivel de generación y atracción de viajes por zona, con el fin de evitar la existencia de asimetrías en los flujos. Estos aspectos son tratados en el párrafo 1.405.604.

b) **Costo generalizado de transporte**

Un segundo aspecto que toma relevancia en la modelación de la reasignación de viajes, es la forma en la cual se introduce la valoración que otorgan los viajeros a las características de las vías. Estas valoraciones permiten determinar una expresión del costo global que significa utilizar una ruta, lo cual se denomina **costo generalizado de transporte** (CGT).

De esta manera, el CGT debiera incluir, por ejemplo, una medida del desagrado a viajar en cuesta o del agrado de viajar en un camino costero.

Si bien la medida del CGT, es independiente del método de asignación empleado, existe una fuerte ligazón entre éste y la forma funcional del CGT, por lo que su especificación se describe en conjunto con los métodos de asignación.

1.406.3 PROCEDIMIENTOS

Los métodos descritos en la presente sección deberán ser utilizados sólo en aquellos proyectos en los se prevean impactos a nivel de la asignación de viajes, esto es, proyectos tipo II, IV y V. El método a utilizar dependerá además del tipo de vehículo considerado en la modelación.

1.406.301 Etapa de Perfil

En el caso de vehículos de transporte público (buses rurales, interurbanos y taxis colectivos), se deberá emplear asignación a ruta fija, descrita en el tópico 1.406.5.

Para la modelación de vehículos de transporte de carga, se deberá recurrir al método de asignación todo o nada presentado en el tópico 1.406.6.

En la modelación del transporte privado (vehículos livianos) en redes interurbanas en proyectos del tipo II, se recomienda emplear el método de asignación todo o nada descrito en el tópico 1.406.6. En proyectos del tipo IV y V, se deberá emplear asignación mediante el método de probabilidad lineal descrito en el párrafo 1.406.801. En redes urbanas de transporte privado, se recomienda emplear el método todo o nada (tópico 1.406.6).

1.406.302 Etapas de Prefactibilidad y Factibilidad

Al igual que en etapa de perfil, la modelación del transporte público (buses rurales, interurbanos y taxis colectivos) deberá ser realizada mediante el método de asignación a ruta fija, descrita en el tópico 1.406.5.

La modelación de vehículos de transporte de carga en etapa de prefactibilidad o factibilidad, se deberá realizar mediante el método de probabilidad lineal, descrito en el párrafo 1.406.801. Es importante notar que la asignación de viajes debe ser realizada a nivel de vehículos, aún cuando la modelación del transporte de carga se realice considerando el volumen de carga transportada.

En la modelación del transporte privado (vehículos livianos) en redes interurbanas se recomienda emplear asignación estadística tipo logit con estructuras jerárquicas de decisiones (tópico 1.406.802), utilizando el modelo MARTED u otro similar. Para determinar una expresión para el costo generalizado de transporte, se deberá estimar un modelo de elección de ruta realizando encuestas de preferencias.

En etapa de factibilidad se podrá utilizar el modelo obtenido en etapa de prefactibilidad, salvo que éste presente insuficiencias que indiquen la necesidad de reestimar el modelo. También será aceptado utilizar los flujos por arco obtenidos en la etapa de prefactibilidad, sin utilizar nuevamente modelos de asignación, en los casos que el estudio de factibilidad contemple variaciones menores en el diseño físico del proyecto, con respecto al diseño considerado en el estudio de prefactibilidad.

En estudios realizados en zonas urbanas o en zonas interurbanas con niveles elevados de congestión se recomienda emplear en etapa de prefactibilidad o factibilidad un modelo de equilibrio de Wardrop, tal como el modelo SATURN descrito en el tópico 1.406.7.

1.406.4 CALIBRACION DE MODELOS DE ASIGNACION

Previo a la utilización del modelo de asignación con fines de predicción es necesario realizar una etapa de calibración, con el fin de asegurar que el modelo reproduzca las condiciones actuales de circulación en la red vial, obtenidas de mediciones de flujo vehicular realizadas de acuerdo a las normas presentadas en el tópico 1.303.4.

La calibración del modelo de asignación consta de dos etapas: la calibración de la red vial y la calibración de la matriz de viajes. A continuación se describen ambas etapas:

1.406.401 Calibración de la red vial de modelación

La primera etapa en la calibración de un modelo de asignación consiste en verificar las características geométricas de los arcos (longitud, capacidad, velocidad, etc.) y la definición de la topología de la red vial (definición de arcos, conectores, etc.), de forma de no introducir distorsiones en la matriz, asociadas a una definición errada de la red de modelación.

Esta validación debe ser orientada a corregir problemas tales como que arcos que actualmente son utilizados, no presenten flujo en la modelación. En el caso de modelos de asignación estadísticos tipo logit, basados en la estimación de proporciones (descritos en el tópico 1.406.7), se debe chequear adicionalmente, que el modelo replique con un cierto nivel de exactitud las proporciones de elección observadas en la situación actual.

Las proporciones de referencia a ser empleadas en la calibración, se pueden determinar de dos formas: a partir de encuestas origen-destino y a partir de conteos en elecciones claramente definidas. Las proporciones basadas en encuestas origen-destino poseen la ventaja de que determinan la proporción de viajeros que utiliza cada ruta entre un par de zonas; por lo que, se pueden utilizar para calibrar directamente el modelo de elección de ruta. Sin embargo, presentan la desventaja que se necesita una gran cantidad de horas de medición para obtener un tamaño muestral satisfactorio. Las proporciones obtenidas a través de conteos, presentan la desventaja que no permiten diferenciar los distintos pares origen-destino involucrados en la elección. Por lo que deben ser utilizados sólo para contrastar las proporciones de flujo asignadas por el modelo. En contrapartida, estas proporciones presentan como ventaja una mayor precisión, con un número menor de horas de medición.

1.406.402 Calibración de la matriz de viajes

Adicionalmente, la calibración del modelo de asignación involucra la corrección de la matriz de viajes obtenida a partir de la encuesta origen-destino, de forma tal, que esta reproduzca los conteos observados en la red. Esto se motiva en el hecho que la matriz de viajes sólo logra captar un cierto porcentaje de viajes en forma completa. Por ejemplo, si la encuesta origen-destino fue realizada sólo en un arco de la red, los viajes realizados en arcos de rutas alternativas no serán captados y aquellos viajes que utilizan los arcos de ambas rutas serán controlados sólo en forma parcial.

La calibración puede ser realizada mediante un método similar al utilizado por el submodelo SATME2 del paquete computacional SATURN, cuya estrategia general, puede describirse mediante la ecuación N°1.406.402 (A).

$$T_{ij} = t_{ij} \prod_{a} X_a^{ij} \qquad 1.406.402\ (A)$$

donde, T_{ij} es la matriz ajustada, t_{ij} es la matriz a priori o de referencia y X_a^{ij} es un coeficiente de corrección o de balanceo de la matriz, asociado al conteo de calibración en el arco a (q_a) y al par origen destino i,j. La determinación de los factores de corrección se realiza mediante la resolución del sistema de ecuaciones descritos por la ecuación N°1.406.402 (B).

$$q_a = \sum_i \sum_j p_{ij}^a \; t_{ij} \; X_a^{ij} \, , \quad \forall a \qquad 1.406.402 \text{ (B)}$$

En síntesis, el proceso consiste en ponderar cada celda por un factor de corrección que permita reproducir los conteos de calibración.

Cualesquiera sea el método de asignación utilizado, para la calibración se deberá emplear una formulación como la antes descrita. La diferencia de su aplicación dependerá de la expresión que tome la probabilidad de elección.

Para la calibración del modelo es necesario disponer de **conteos de calibración** provenientes mediciones de flujo vehicular. Los conteos de calibración se emplean como un patrón para ajustar el modelo de asignación y reproducir las características de circulación en la red vial. Los conteos deben considerar cada tipo de vehículo por separado y deben ser construidos para cada período de modelación considerado.

Una estrategia conveniente es emplear un cierto número de conteos (por ejemplo un 80%) para calibrar el modelo de asignación y emplear el porcentaje restante en la validación del modelo calibrado. Estos últimos conteos se denominan **conteos de validación**.

El número de conteos ha ser empleados en la calibración, dependen de la topología de la red de modelación y del número de zonas origen-destino consideradas. Si bien no existe un criterio general, es recomendable emplear un conteo de calibración por cada nodo en el cual se conecten las zonas, o bien, un conteo por cada diez arcos en la red.

Se debe tratar de considerar conteos de calibración, en todas las rutas relevantes de la red, lo cual implica medir en la ruta que considera el proyecto y en sus rutas alternativas. Por último, los conteos que se empleen en la calibración no deben ser linealmente dependientes, por el contrario, deben ser escogidos en forma tal de captar el mayor número de pares origen-destino posibles.

El modelo de asignación debe ser calibrado para cada período de modelación y el total de viajes anuales. Independiente del método de asignación, se exigirán los siguientes criterios de ajuste:

En etapa de perfil, los modelos deberán replicar los conteos con una diferencia porcentual máxima de un 10% entre lo observado y lo modelado, en los períodos más cargados (con una participación superior al 25% del flujo anual). En los períodos restantes se aceptará una diferencia máxima del 20%.

En etapa de prefactibilidad se exigirá una diferencia porcentual máxima de un 1% entre los conteos de calibración y los flujos modelados, para el total anual y los períodos más cargados (con una participación superior al 25% del flujo anual). En aquellos períodos con una participación inferior a la indicada, se aceptará una diferencia máxima del 15%.

CUADRO N°1.406.402 (A)
CRITERIO DE AJUSTE EN CONTEOS DE VALIDACION

Flujo Máximo en la Red (veh/día)	Flujo Modelado (veh/día)	Diferencia en ajuste (%)
< 100	< 100	≤ 20
100 - 500	< 100	≤ 50
	100 - 500	≤ 20
> 500	< 100	≤ 100
	100 - 500	≤ 50
	> 500	≤ 20

En el caso de los conteos de validación, sólo se requerirá su empleo en etapas de prefactibilidad o factibilidad. En este caso, se exigirá como criterio de ajuste que las diferencias porcentuales entre el flujo modelado y los conteos de validación no sobrepasen los porcentajes indicados en el Cuadro N°1.406.402 (A).

1.406.5 METODO DE ASIGNACION A RUTA FIJA

Este método consiste en asignar directamente el flujo de vehículos a cada arco de la red vial. Por este motivo, en este caso no es necesario determinar una matriz de viajes para este tipo de vehículo y la asignación es independiente de las variables de nivel de servicio en los arcos de la red. El método es especialmente útil para la modelación de vehículos de transporte público (buses y taxis colectivos), los que poseen un recorrido predeterminado y una frecuencia fija.

Para asignar estos vehículos, es necesario realizar un catastro de recorridos, el cual se detalla en el tópico 1.305.3. Este catastro debe entregar información sobre los arcos que recorre cada servicio y la frecuencia con que lo realiza. Es importante recoger, cuando existan, las variaciones en la frecuencia según el período de modelación.

Determinado el catastro es necesario reproducir los conteos de calibración, para cada período de modelación. El procedimiento de calibración presentado en el tópico 1.406.402, en este caso, consiste en escalar la frecuencia de cada servicio, de forma de reproducir los conteos. El proceso es esencialmente el mismo, sin embargo, se deben destacar ciertas particularidades asociadas a este método.

En este caso no se cuenta con una matriz origen-destino, sino que los viajes se representan a través de la frecuencia de los recorridos. Por otra parte, al utilizar recorridos en lugar de rutas, la probabilidad de elegir la ruta que contiene el arco a en un viaje entre las zona i y j (p_{ij}^a), se transforma en una variable muda δ_r^a que vale 1 si el recorrido r utiliza el arco a y 0 en caso contrario

De esta manera, el proceso de calibración puede reescribirse mediante la ecuación 1.406.500.1

$$q_a = \sum_r f_r \, \delta_r^a \, X_r \,, \quad \forall a \qquad 1.406.5\ (A)$$

donde

q_a	:	es el conteo de calibración en el arco a
f_r	:	es la frecuencia del recorrido r
δ_r^a	:	es una variable muda que vale 1 si el recorrido r utiliza el arco a y 0 en caso contrario
X_r	:	factor de corrección o calibración del recorrido r.

Dependiendo de la disponibilidad de información, este método de calibración genera tres casos posibles:

- Si se posee el mismo número de conteos de calibración que de recorridos, los factores de corrección pueden ser determinados resolviendo el sistema de ecuaciones definido por la ecuación 1.406.5 (A).

- Si se posee más recorridos que conteos, la calibración se transforma en un proceso iterativo, cuyo resultado son los factores de corrección X_i, en el cual se deben respetar las proporciones de participación de cada recorrido en el flujo por la red.

- Si se poseen menos recorridos que conteos y no es posible determinar un conjunto de valores $\{X_i\}$ que satisfaga los conteos de calibración, esto indica que existen recorridos que no han sido incluidos en el catastro y por lo tanto, éste debe ser complementado. En este sentido, se debe tener en consideración, en la modelación del transporte público, la existencia de servicios informales o especiales, los cuales pueden ser incorporados mediante la definición de recorridos auxiliares.

Los criterios de ajuste para los conteos de calibración y validación se presentan en el párrafo 1.406.402.

1.406.6 METODO TODO O NADA

Este método de asignación supone que todos los usuarios de un par origen-destino, eligen la misma ruta. Esto reduce el problema de asignación a buscar la ruta de mínimo costo para cada par origen-destino y asignar la totalidad de los viajes por ella y ninguno a los restantes. Este método presenta fuertes limitaciones, entre las que destacan las siguientes:

- No considera que los usuarios perciben de distinta forma el costo de transporte, con el resultado que todos los usuarios escogen la misma ruta (la de mínimo costo), lo cual es inconsistente con el comportamiento de los viajeros.

- El método de asignación Todo o Nada, puede derivar en asignaciones irrealistas, dejando arcos sin asignación de flujo, que en la realidad son utilizados.

- No considera efectos de congestión, fruto de la interacción entre vehículos, es decir los costos no dependen de los niveles de flujo en los arcos.

- Asigna todo el flujo a la ruta en estudio que presente el menor costo. Esto no permite distinguir entre dos alternativas de proyecto distintas, que producen un costo menor al de la ruta actualmente en uso.

Entre los algoritmos desarrollados para la asignación mediante el método Todo o Nada se cuenta, por ejemplo, con el algoritmo de D'Esopo desarrollado en Gran Bretaña y el modelo computacional SERC desarrollado en nuestro país.

(1) Especificación del CGT

El costo generalizado de transporte (CGT) es una medida de la importancia que le otorgan los viajeros a las características de la red vial. Si bien, este costo se puede expresar en una diversidad de unidades (dinero, tiempo, utilidad, etc), en la asignación todo o nada, deberá ser expresado en unidades monetarias.

En el caso del transporte de carga, los aspectos fundamentales de la elección de ruta se relacionan con los costos del viaje. De esta manera, se recomienda utilizar como medida del CGT la suma de los costos totales de operación (combustible, tiempo, lubricantes, neumáticos, mantención, repuestos, depreciación) expresados en precios privados y el valor de los peajes en caso de que estos existan.

En el caso de los usuarios de transporte privado se pueden emplear las mismas variables antes descritas. Sin embargo, si el analista dispone de un juicio informado sobre una mejor expresión del CGT, obtenida a través de experimentos de preferencias u otras encuestas (como las descritas en el tópico 1.406.802 (2)), podrá utilizarlos en la modelación.

(2) Calibración

En este caso, la calibración del modelo de asignación consiste en corregir la matriz de viajes de forma tal de que esta reproduzca los conteos observados. La calibración puede ser realizada mediante el método descrito en el tópico 1.406.402.

Nótese que al emplear el método todo o nada, la probabilidad p_{ij}^{a} toma los valores 0 y 1; y el método de calibración es el mismo empleado en la asignación por rutas fijas (tópico 1.406.5). Las exigencias sobre criterios de ajuste en conteos de calibración y validación se presentan en el tópico 1.406.402.

1.406.7 ASIGNACION DE EQUILIBRIO

Los modelos de Equilibrio al igual que el Todo o Nada, consideran que todos los usuarios valoran los atributos exactamente de la misma forma, sin embargo los costos percibidos por los usuarios dependen del nivel de flujo en los arcos de la red.

El equilibrio del usuario o equilibrio de Wardrop, parte de la base que los usuarios de una red de transporte son individuos racionales que tratan de maximizar su utilidad, es decir cada individuo busca minimizar su costo de viaje. Bajo estas condiciones se realiza una asignación tal que se satisface el primer principio de Wardrop, que puede ser enunciado de la siguiente forma:

"En el equilibrio ningún usuario puede reducir su costo de viaje, mediante un cambio unilateral de ruta."

O bien, en el equilibrio todas las rutas usadas poseen un costo igual y aquéllas no usadas poseen un costo mayor.

El cálculo de la solución de este problema es complejo. Varias técnicas han sido propuestas como aproximaciones razonables, algunas basadas en enfoques heurísticos y otras mediante rigurosas formulaciones matemáticas. Entre estas formulaciones destaca la que plantea que las condiciones que definen un problema de equilibrio del usuario pueden ser expresadas como el siguiente problema de optimización equivalente;

$$\text{Min} \sum_{a} \oint_{0}^{f_a} C(x)dx$$

$$s.a.$$

$$- \sum_{p \in P_{ij}} h_p^k = T_{ij}^k \qquad 1.406.7\ (A)$$

- *Restricciones de Red*
- *Flujos no Negativos*

Donde C_a es el costo del arco a, el cual depende del flujo f_a, h_p^k corresponde al flujo en la ruta p, para la categoría k y T_{ij}^k es el número de viajeros del tipo k, entre el origen i y el destino j. $\int$ denota una integral de línea, por lo cual para que este problema tenga solución y esta sea única se debe cumplir que el Jacobiano de C_a debe ser simétrico definido positivo.

Se recomienda utilizar para el cálculo del equilibrio el modelo computacional de asignación SATURN (Simulation and Assignment of Traffic to Urban Road Networks) diseñado para la evaluación y análisis de medidas de control de tráfico en redes urbanas, u otro software de similares características que sea aprobado por la Dirección de Vialidad.

(1) Especificación del CGT

Dado que el método de asignación de equilibrio se emplea usualmente en redes altamente congestionadas, usualmente se utiliza como costo generalizado de transporte solamente el tiempo de viaje.

Si el analista desea incluir parámetros adicionales a la expresión del CGT, esto se deberá realizar mediante la estimación de modelos de elección de ruta, a través de encuestas de preferencias (ver tópico 1.411.4).

(2) Calibración

Al igual que en los métodos anteriores, el proceso de calibración y el criterio de ajuste del modelo será el descrito en el acápite 1.406.402. En este caso, se recomienda utilizar el algoritmo implementado en

el submodelo SATME2 del paquete computacional SATURN. Sin embargo, el analista podrá proponer la utilización de modelos alternativos.

1.406.8 ASIGNACION ESTADISTICA

Los algoritmos estadísticos de asignación permiten incorporar diferencias en la percepción de los costos por los usuarios, asignando los flujos de acuerdo al principio general que la ruta más barata es más frecuentemente usada que la ruta más cara.

La incorporación de diferencias en la percepción de los usuarios entrega mayor realismo a la asignación. Sin embargo, estos métodos presentan un desventaja, la cual radica en el uso de restricciones en el flujo para considerar los efectos de la congestión (curvas flujo-demora). Esto produce asignaciones inestables en redes congestionadas, haciendo difícil encontrar una solución convergente, aún cuando bajo ciertas condiciones es posible formular algoritmos y métodos de equilibrio estadístico convergentes. El método más conocido de estos es el Método de Promedios Sucesivos (MSA).

Los algoritmos estadísticos más utilizados son aquellos denominados de proporciones, los que dividen los viajes que llegan a un nodo entre todas las rutas posibles (disponibles), opuesto al método todo o nada que asigna la totalidad de los viajes a la ruta de menor costo. Para reproducir la variabilidad entre los usuarios estos algoritmos obtienen una solución determinística (un porcentaje de usuarios escoge una cierta ruta), mediante la aplicación de una función de probabilidad de elección.

Dependiendo de la función distribución de probabilidades empleada, es posible plantear una serie de modelos de elección que se describen a continuación.

1.406.801 Modelo de probabilidad lineal

El modelo más sencillo desarrollado es el caso en que las diferencias en la percepción de los viajeros se asume uniformemente distribuida entre dos valores (L y -L), lo cual entrega un modelo de probabilidad lineal.

Este método puede ser implementado considerando la elección entre la ruta de costo mínimo j y la segunda ruta más barata i, mediante la expresión para la probabilidad de elegir la segunda ruta más barata (p_i), presentada en la ecuación 1.406.801 (A).

$$p_i = \begin{cases} 1 & Si \quad C_i - C_j < -L \\ \dfrac{C_j - C_i + L}{2L} & Si \quad -L \le C_i - C_j \le L \\ 0 & Si \quad C_i - C_j > L \end{cases} \qquad 1.406.801\ (A)$$

donde, C_i y C_j es el costo generalizado de transporte de cada ruta y L es un valor asociado a la distribución de probabilidades.

Este método presenta grandes ventajas frente al método todo o nada, ya que reconoce varianza en el comportamiento de los usuarios cuando las rutas poseen costos similares. En el caso particular cuando ambas rutas poseen el mismo costo, el modelo asigna un 50% de usuarios a cada ruta. En este caso el

método todo o nada asignaría un 100% de los viajes a sólo una ruta de costo mínimo, aún cuando existieran más rutas de igual costo.

Como criterio general se exigirá emplear este método con un valor de L igual a un 20% de C_j (costo de la ruta más barata), de forma tal que, la expresión de la probabilidad p_i toma la siguiente estructura:

$$p_i = \begin{cases} 1 & Si \quad C_i < 0{,}8\,C_j \\ \dfrac{1{,}2\,C_j - C_i}{0{,}4\,C_j} & Si\ 0{,}8\,C_j \le C_i \le 1{,}2\,C_j \\ 0 & Si \quad C_i > 1{,}2\,C_j \end{cases} \qquad 1.406.801\ (B)$$

(1) Expresión del CGT

El costo generalizado de transporte (CGT) es una medida de la importancia que le otorgan los viajeros a las características de la red vial. Si bien, este costo se puede expresar en una diversidad de unidades (dinero, tiempo, utilidad, etc), en este método de asignación deberá ser expresado en unidades monetarias.

En el caso del transporte de carga, los aspectos fundamentales de la elección de ruta se relacionan con los costos del viaje. De esta manera, se recomienda utilizar como medida del CGT la suma de los costos totales de operación (combustible, tiempo, lubricantes, neumáticos, mantención, repuestos, depreciación) expresados en precios privados y el valor de los peajes en caso de que estos existan.

En el caso de los usuarios de transporte privado se pueden emplear las mismas variables antes descritas. Sin embargo, si el analista dispone de un juicio informado sobre una mejor expresión del CGT, obtenida a través de experimentos de preferencias u otras encuestas (como las descritas en el tópico 1.406.802(2)), podrá utilizarlos en la modelación.

(2) Calibración

En este método la calibración del modelo de asignación consiste en corregir la matriz de viajes de forma tal de que esta reproduzca los conteos observados, no siendo necesario validar las proporciones de elección asignadas por el modelo. La calibración puede ser realizada mediante el método descrito en el tópico 1.406.402.

En este caso la probabilidad de elegir la ruta que contiene el arco a al viajar entre el par origen-destino i,j (p_{ij}^a), queda descrita por la ecuación 1.406.801 (A). Las exigencias sobre criterios de ajuste en conteos de calibración y validación se presentan en el tópico 1.406.402.

1.406.802 Asignación tipo logit

El algoritmo de asignación estadística más conocido y usado es el modelo tipo logit. Este método divide los viajes entre las rutas que unen un par de zonas, considerando una probabilidad de elección de ruta basada en una formulación del tipo Logit (ver párrafo 1.411.201).

De esta manera, la expresión general para el número de usuarios que utilizan la ruta r para viajar entre el origen i y el destino j (T_{ij}^r), se define mediante la ecuación 1.406.802 (A),

$$T_{rij} = \frac{e^{\lambda V_{rij}}}{\sum_{k=1,n} e^{\lambda V_{kij}}} T_{ij} \qquad 1.406.802\ (A)$$

donde, T_{ij} es el total de viajes entre las zonas i y j, V_{ij}^r es una medida de la utilidad o beneficio que le reporta a los usuarios viajar por la ruta r, de entre n rutas posibles y λ es un factor de dispersión entre las preferencias de los usuarios.

La deficiencia de la formulación logit radica en considerar un valor único para el parámetro de dispersión λ, es decir formula un modelo logit multinomial, sin distinguir subrutas entre un par origen destino, lo que en ciertos casos trae problemas en la asignación (ver tópico 1.411.2). Para evitar este problema se debe recurrir a una formulación más general, la cual consiste en emplear una estructura jerárquica de decisiones (logit jerárquico), lo cual permite incorporar correlación entre alternativas (ver párrafo 1.411.202).

Como criterio general, se recomienda emplear un modelo que realice la elección en base a estructuras jerárquicas. Si el análisis demuestra que el efecto de independencia de alternativas irrelevantes, representado por la correlación entre alternativas, es despreciable, se podrá utilizar un modelo del tipo multinomial.

(1) Definición de rutas y subrutas

La utilización de una estructura jerárquica implica necesariamente la definición de rutas y subrutas.

Para evitar problemas de asimetrías en la modelación, cada vez que sea posible, la definición de rutas y subrutas debe ser la misma en ambos sentidos de circulación entre cada par origen destino.

(2) Definición del CGT

En forma consistente con los fundamentos teóricos de los modelos tipo logit, para representar el costo generalizado de transporte se recomienda la estimación de modelos de elección discreta, basados en la teoría de la utilidad aleatoria (ver tópico 1.411.2). La función de utilidad indirecta condicional, resultante de la estimación, se denominará **modelo de elección de ruta** y será la medida del CGT a ser empleada en la modelación.

En la estimación de modelos de elección de ruta, se deberá considerar el uso de técnicas de preferencias declaradas y, en todo caso en que sea posible, se deberá incorporar información de

preferencias reveladas, mediante estimación con datos mixtos (una descripción de estas técnicas se presenta en el tópico 1.411.4).

En el diseño de experimentos y en la recolección de información, se deberá notar que existe un gran número de factores influencian la elección de ruta, entre los que destacan:

- tiempo de viaje,
- distancia,
- costo monetario,
- congestión y colas,
- tipo de camino,
- paisaje,
- señalización y obras en el camino,
- seguridad,
- comodidad,
- costumbres de viaje.

El analista debe poner especial énfasis en determinar cuales de éstos factores son los relevantes para los usuarios, de forma de introducirlos en la determinación de las funciones de preferencias.

Si se realiza un modelación considerando más de un período, el analista deberá estimar modelos de elección de ruta diferenciados por período (laboral o festivo) de forma de introducir las diferencias conductuales de los viajeros. Adicionalmente, es posible estimar modelos diferenciados según ingreso de los usuarios, tipo de vehículo, frecuencia de viaje, etc. Sin embargo, la utilidad de estos modelos está directamente ligado a la disponibilidad de información sobre dichas variables.

En el caso que no se disponga de tiempo ni recursos para estimar modelos de elección de ruta o los TRE indiquen explícitamente que no es necesaria su estimación, se podrán utilizar funciones estimadas en estudios previos. Si no existen funciones de utilidad asimilables al estudio, se podrá emplear los valores indicados en el Cuadro N°1.406.802 (A) para la modelación del transporte privado.

CUADRO N°1.406.802 (A)
MODELO DE ELECCION DE RUTA POR DEFECTO

Variable	Unidad	Parámetro
Costo, Peajes	UF	-6.222
Tiempo	min	-0.024
Distancia Pavimentada	km	-0.013
Distancia camino de Tierra	km	-0.027
Distancia en Autopista	km	-0.003
Distancia en Cuesta	km	-0.043

Si la modelación considera la asignación de usuarios diferenciados por estrato de ingreso, es posible emplear los coeficientes presentados en el Cuadro N°1.406.802 (B) para la utilidad marginal del ingreso de los viajeros (variable asociada al costo o peaje), respetando los valores presentados en el Cuadro N°1.406.802 (A) para los atributos de las vías.

De igual manera, si se dispone de información sobre la cantidad de usuarios en cada estrato de ingreso, los valores presentados pueden ser empleados para obtener un mejor estimador de la utilidad marginal de ingreso de la media de la población.

CUADRO N°1.406.802 (B)
UTILIDAD MARGINAL DEL INGRESO POR DEFECTO

Quintil	Ingreso Medio (UF/mes)	UMI (1/UF)
1	4.5	-121.4
2	8.6	-27.2
3	12.3	-12.9
4	18.2	-7.0
5	50.0	-3.3

La utilización de las funciones de utilidad señaladas, no evita la necesidad de calibrar la red de modelación, indicada en el siguiente acápite.

(3) Calibración de la red

Al emplear un modelo de asignación con estructura jerárquica de decisiones tipo logit, resulta necesario calibrar el modelo de elección de ruta, de forma tal que éste pueda reproducir las probabilidades de elección observadas en la situación actual.

Las proporciones de elección de referencia y validación, a ser empleadas en la calibración, deberán ser estimadas de acuerdo con lo estipulado en los acápites 1.406.402.

Como criterio de ajuste se exigirá, en etapa de perfil, que la diferencia absoluta entre las proporciones de referencia o calibración y las modeladas no sean superior a un 15%. En etapa de prefactibilidad o factibilidad, se exigirá una diferencia absoluta no superior a un 5%.

(4) Ajuste de la matriz de viajes

Al igual que en los otros métodos, la calibración de la matriz consiste en corregir la matriz de viajes de forma tal de que esta reproduzca los conteos observados. El método de corrección se presenta en líneas generales en el tópico 1.406.402.

En este caso la probabilidad de elegir la ruta que contiene el arco a al viajar entre el par origen-destino i,j (p_{ij}^{a}), queda representada a través de la formulación del logit multinomial o jerárquica según sea el caso.

Las exigencias en relación al ajuste de los conteos de calibración y validación se presentan en el tópico 1.406.402.

SECCION 1.407 PARTICION MODAL

1.407.1 ASPECTOS GENERALES

Esta sección está orientada a definir los aspectos teóricos y prácticos que deben ser considerados para poder abordar el problema de la partición modal en viajes interurbanos, sean estos de pasajeros o carga. Para tales efectos, la sección ha sido estructurada en seis tópicos. El tópico 1.407.2 presenta la definición básica de partición modal y entrega un reseña sobre los fundamentos de los modelos desagregados de demanda. En el tópico 1.407.3 se indican los casos en que deben ser aplicadas las diversas técnicas de modelación. El tópico 1.407.4 presenta la formulación y las formas de calibración de modelos desagregados de partición modal, presentando adicionalmente los requerimientos de información de dichos modelos. El tópico 1.407.5 presenta la estimación de modelos agregados de partición modal. El tópico 1.407.6 presenta modelos de partición modal por defecto. Finalmente, en el tópico 1.407.7 se presenta la forma de aplicación de los modelos calibrados.

1.407.2 CONCEPTOS BASICOS

Uno de los principales problemas que surgen cuando se quiere analizar alternativas de proyecto dirigidas a modificar el sistema de transporte, corresponde a la predicción del comportamiento de los usuarios frente a los cambios que se puedan producir. El efecto de un proyecto en la partición modal de viajes puede provocar beneficios o pérdidas que deben ser cuantificados y evaluados en términos sociales. De esta forma, el interés de contar con modelos de partición modal se basa principalmente en la conveniencia de predecir flujos futuros, de pasajeros y/o carga, entre diversas zonas origen-destino que se vean afectadas por la implementación de proyectos de inversión y/o políticas gubernamentales que afecten directa o indirectamente el comportamiento de los usuarios frente a su elección de modos de transporte.

Sin embargo, estos modelos pueden cubrir una serie de necesidades adicionales, tales como: el análisis para dotación de infraestructura, el análisis de la competencia y de mercados puntuales intermodales incluyendo la comparación de costos y eficiencia de los modos de transporte, el análisis de la estructura industrial, el diseño de servicios de transporte de mayor calidad, entre otras.

En este contexto, se entenderá por partición modal a la participación de mercado de los distintos modos de transporte existentes entre distintos pares de zonas origen-destino, la cual puede verse afectada por diversos factores temporales relacionados con los usuarios, los operadores, el sistema de actividades y del transporte en general. Esta interrelación entre la demanda y la oferta de transporte, puede ser observada tanto en el transporte de pasajeros como en el transporte de mercancías, en cuyo caso son los agentes logísticos quienes toman las decisiones respecto del transporte de productos entre un par origen-destino.

El enfoque corregido del modelo clásico de transporte, enmarca la partición modal dentro de un proceso de decisiones de cinco etapas (Localización, Generación, Distribución, Partición Modal y Asignación), esquema que corresponde a una conceptualización de los viajes, concebidos dentro de un marco temporal en el cual cada elección es condicional en las que les preceden. Una de las dificultades tradicionales en este esquema ha sido el decidir cual es la posición más adecuada del sub-modelo de partición modal en la secuencia; esto es si debe ir antes, después o junto con la distribución de viajes.

Este dilema se aclara al replantear el proceso de elección dentro del enfoque de la Teoría de la Utilidad Aleatoria, el cual permite establecer que la posición relativa de ambos sub-modelos depende exclusivamente de los criterios de decisión de los usuarios.

La Teoría de la Utilidad Aleatoria, presentada en el tópico 1.411.2, es la base de la modelación del comportamiento de los usuarios de transporte mediante modelos desagregados de partición modal o de elección discreta, los que a diferencia de los modelos agregados de demanda que se basan en relaciones observadas para promedios o agrupaciones de individuos en zonas, tienen su fundamento en las elecciones individuales de los usuarios, lo que permite analizar las relaciones causales entre niveles de servicio de los modos de transporte, las características de los usuarios y sus decisiones en los viaje.

1.407.3 PROCEDIMIENTOS

La aplicación de modelos de partición modal, como es natural, sólo es necesaria en proyectos en los que se prevén impactos a nivel de la elección de modos de transporte. Por lo tanto, se descarta su uso en proyectos tipo I, II, III y IV, y sólo es necesaria su aplicación en proyectos del tipo V.

En la etapa de perfil de los proyectos, en los que se espere un impacto moderado a nivel de partición modal, se recomienda realizar una estimación agregada del comportamiento de los usuarios, basada en información histórica o en la experiencia del analista (tópico 1.407.5). Si no se dispone de información o ésta es insuficiente para la calibración de modelos, se podrán emplear los modelos por defecto presentados en el tópico 1.407.6. Si se espera un impacto de consideración en la partición modal, se deberán estimar modelos desagregados en base a encuestas de preferencias reveladas o declaradas, empleando los criterios vertidos en el tópico 1.407.4.

En proyectos en etapa de prefactibilidad, necesariamente se deberá recurrir a encuestas de preferencias para estimar modelos desagregados de partición modal. Los modelos deberán ser estimados en base a datos de preferencias reveladas (comportamiento real). Sin embargo, si existen variables no medibles o no cuantificables (comodidad, seguridad, calidad, etc.), que se vean modificadas e incidan decididamente en la elección modal, se deberán realizar encuestas de preferencias declaradas con el fin de capturar el efecto de dichas variables en la elección.

En toda situación en la que sea posible, los datos de preferencias declaradas deberán ser complementados con antecedentes de preferencias de reveladas, realizando una calibración de modelos de datos mixtos. Esto último puede permitir reducir la presencia de sesgos en los datos.

En etapa de factibilidad se usarán los modelos calibrados en la etapa de prefactibilidad, salvo que se juzgue necesaria una actualización o modificación de los mismos y así se establezca en los TRE.

1.407.4 MODELOS DE ELECCION DISCRETA

Tomando en consideración que la elección de modos de transporte es el resultado de una comparación entre alternativas discretas, los modelos desagregados de partición modal basados en la teoría de la utilidad aleatoria postulan que "la probabilidad de que un usuario escoja una opción, es función de su propias características y de lo atractivo que resulte dicha alternativa en comparación con las restantes". Una descripción de la teoría de la utilidad aleatoria se puede encontrar en el tópico 1.411.2.

Estos modelos, a diferencia de los modelos agregados, se calibran usando observaciones de la conducta de los usuarios individuales como datos de entrada. Esta característica tiene las siguientes implicaciones:

- Los modelos de elección discreta pueden ser más eficientes en el uso de información que los modelos convencionales; al ocupar a cada individuo como una observación, sean estos personas que viajan o agentes logísticos de empresas productoras o de servicios, requieren menor cantidad de datos. En modelos agregados, una observación es un promedio de muchos datos individuales.

- Al utilizar datos individuales, ocupa toda la variabilidad inherente a la información.

- Estos modelos tienen menor probabilidad de sesgos debido a las correlaciones entre unidades agregadas. Un grave peligro de agregar información, es que la conducta individual puede ser ocultada por características no identificadas asociadas a la zona (falacia ecológica).

- En principio, estos modelos pueden aplicarse a cualquier nivel de agregación, sin embargo, los procesos de agregación no son sencillos.

Debido a que los modelos de elección discreta son probabilísticos, en otras palabras, entregan la probabilidad de escoger cada alternativa y no indican cual es elegida, se debe hacer uso de conceptos probabilísticos básicos, tales como la media y la probabilidad conjunta, para realizar las predicciones.

Por otra parte, a las variables explicativas de los modelos, se les calibran coeficientes en forma explícita y, en principio, las funciones de utilidad permiten cualquier número y formulación de las variables explicativas, a diferencia de las funciones de costo generalizado que son en general limitadas y poseen parámetros prefijados. Debido a esta característica, los modelos permiten una representación más flexible de las variables de política que sean consideradas relevantes para los estudios. Además, los coeficientes tiene una interpretación directa en términos de determinar la importancia relativa de cada atributo en la elección.

Finalmente, es importante mencionar que los modelos de elección discreta se basan en teorías de elección individual y no constituyen analogías de ningún tipo, sin embargo, estas teorías también permiten generar modelos agregados. Una gran ventaja potencial de este hecho es que, como se procura explicar el comportamiento individual, es más dable esperar que los modelos desagregados tengan mejores posibilidades de ser estables o transferibles en el espacio y tiempo.

1.407.401 Requerimientos de información

Los modelos desagregados de partición modal permiten analizar el comportamiento de los usuarios a nivel individual, respecto de la elección de modos de transporte. De esta forma es posible capturar las relaciones causales entre niveles de servicio de los modos, las características de los usuarios y las decisiones en los viajes. Estos antecedentes pueden ser recogidos del comportamiento real de los usuarios (técnica conocida como preferencias reveladas) o mediante encuestas sobre situaciones de transporte hipotéticas, similares a las realmente observadas (técnica de preferencias declaradas).

En ambas situaciones se requiere conocer antecedentes del comportamiento real de los usuarios, ya sea para estimar los modelos (en datos de preferencias reveladas), como para agregar o predecir los

modelos obtenidos (en ambos tipos de datos). A continuación se presenta la información básica requerida en la modelación.

(1) Información relacionada con la Oferta de Transporte.

Para la calibración y posterior aplicación de modelos desagregados de partición modal, se requiere diversa información relacionada con el nivel de servicio ofrecido por los operadores de los modos de transporte. Particularmente interesa conocer los distintos servicios de transporte ofrecidos para los pasajeros y para el transporte de productos, distinguiendo las tarifas y las variables de servicio que serán consideradas en la modelación, como por ejemplo, tiempos de viaje, la calidad del servicio, entre otras. Además, para efectos de predicción y validación de los modelos es fundamental conocer la participación de mercado en la situación actual de los distintos modos en el transporte de pasajeros y/o carga según par origen-destino.

Toda esta información debe ser obtenida para la situación actual en los Estudios de Base, de acuerdo principalmente a las metodologías presentadas en la sección 1.305. Sin embargo, aquellas variables de política que han de sufrir alteraciones por la implementación de los proyectos deben ser obtenidas de la modelación de la situación con proyecto.

(2) Información relacionada con los Usuarios y su Percepción.

Para determinar información sobre la percepción de los usuarios respecto de la operación actual de los modos de transporte, normalmente basta con la experiencia del analista. Sin embargo, en algunos mercados del transporte pude ser necesario recurrir a estudios de imagen, los cuales entregan ideas de valor que permiten abordar el problema de la modelación y orientar las alternativas de solución que sean propuestas.

Respecto de información sobre las características, preferencias y criterios de elección de los usuarios, debe ser obtenida mediante la realización de encuestas de preferencias, con el fin de obtener una base de datos adecuada para la calibración de modelos. Estos datos deben ser obtenidos aplicando encuestas diseñadas mediante el uso de Técnicas de Preferencias Reveladas y/o Declaradas (ver tópico 1.303.6) y deben ser dirigidas a las personas que toman las decisiones en los viajes. Esta última característica toma gran importancia cuando se realizan estudios de preferencias en transporte de carga, en cuyo caso, las encuestas se deben realizar a los agentes logísticos, que son las personas encargadas de tomar las decisiones respecto del transporte de los productos de las empresas productoras o de servicio.

El número de encuestas a usuarios requeridas para la calibración de modelos, dependerá de la técnica aplicada (Preferencias Reveladas o Declaradas) y del contexto particular del estudio. Por tal motivo, el consultor en su oferta técnica, deberá especificar el tipo y la cantidad de encuestas a realizar de tal forma que se asegure una buena representación del comportamiento de los usuarios que se desea modelar.

1.407.402 Estimación de Modelos

El método de estimación de los parámetros de las componentes de la función utilidad consideradas en el modelo logit, ya sea al utilizar Técnicas de Preferencias Reveladas y/o Declaradas, es el Método de Máxima Verosimilitud, presentado en el tópico 1.411.3. Sin embargo, en estimaciones usando datos mixtos se deben aplicar los métodos presentados en el tópico 1.411.4.

La forma funcional de la función utilidad y las variables a ser consideradas en los modelos, deben ser capaces de reproducir los cambios en la elección debido a las variaciones de nivel de servicio y/o costo derivadas de los proyectos en estudio, de tal forma que, según sean las modificaciones en la oferta de transporte originadas por la implementación de los proyectos, dependerá el tipo de variables que deberán ser incluidas en los modelos.

Es importante resaltar esta última consideración ya que, en muchos casos, si bien algunas variables pueden ser relevantes en la elección de modos, es posible que no sufran modificaciones en las alternativas de proyecto y, por lo tanto, su efecto resultaría nulo en las predicciones. En tales casos, puede ser preferible descartar dichas variables de la modelación con el fin de incluir otras que si se vean afectadas.

En general, es conveniente que los modelos sean especificados como una función lineal de los atributos considerados, salvo cuando se requiera capturar efectos de segundo orden en la elección de modos. La estructura de los modelos, sea ésta Simple o Jerárquica, dependerá principalmente de si existe correlación entre las alternativas consideradas (Ver tópico 1.411.2).

Por otra parte, es importante hacer distinción en lo que se refiere al transporte de pasajeros y al transporte de carga, ya que en ambos casos existen importantes consideraciones que deben ser tomadas en cuenta.

(1) Modelos de Pasajeros.

En el caso de pasajeros, la experiencia empírica ha demostrado que existen claras diferencias conductuales dependiendo de las siguientes características:

- Distancia de viaje. La distancia entre el par origen-destino de los pasajeros puede ser introducida directamente en los modelos de partición modal, sin embargo, esta variable por estar correlacionada con el tiempo de viaje y la tarifa, puede inducir a malas estimaciones de los parámetros de los modelos, por lo que es aconsejable introducirla como una variable muda asociada al tiempo de viaje, que distinga entre distintos contextos de viaje como por ejemplo, viajes cortos (inferiores a 250 km) y viajes intermedios (entre 250 y 500 km) y viajes largos (superiores a 500 km).

- Motivo de viaje. Es importante segmentar los modelos entre viajes de tipo obligado (trabajo, salud, estudios, trámites, compras, etc.) y de placer (vacaciones, visitas, etc.), debido a que estos últimos son más vulnerables a las condiciones contractuales de la oferta de transporte, esperándose por esa razón que la sensibilidad frente a las variables de elección sea distinta.

- Quién financia el viaje. Los modelos desagregados de partición modal, surgen de la modelación del comportamiento de los usuarios que se ven enfrentados a decidir qué modo de transporte utilizar para realizar un viaje interurbano, conforme a restricciones presupuestarias que afectan exclusivamente a las personas que viajan y a su grupo familiar. Por tal motivo es importante introducir, en la especificación de los modelos, parámetros diferenciados de la tarifa cuando el viaje no es financiado por los usuarios o su grupo familiar, debido a que la percepción de dichos usuarios frente a las

componentes de costo es diferente que la de aquellas personas que financian el viaje con dinero propio.

- Ingreso. El efecto del ingreso de los individuos está ligado a la tarifa de los modos de transporte, en efecto, es ampliamente conocido que la utilidad marginal del ingreso, entendida como el grado de influencia de la tarifa en la elección de los usuarios, disminuye a medida que el ingreso aumenta. Por tal motivo, se requiere introducir el efecto del ingreso de los usuarios en la especificación de los modelos, para ello, se puede incorporar dicha variable explícitamente en la especificación dividiendo a la tarifa (como una tasa de gasto), o bien, mediante la estimación de parámetros diferenciados de ésta, según estratos de ingreso.

(2) Modelos de Carga.

En el caso del transporte de carga, las diferencias conductuales se derivan principalmente de las siguientes características:

- Distancia de viaje. Al igual que en el caso de pasajeros, la distancia entre el par origen-destino de la carga es un factor determinante en la elección de modos de transporte, de tal forma que el efecto de esta variable en la modelación debe ser introducido de la misma manera que para el caso de pasajeros.

- Tipo de Carga. Otro factor determinante en la elección de modos de transporte, es el tipo de carga que debe ser transportada. La forma como debe ser tratado este factor dependerá exclusivamente de la cantidad de encuestas que se obtengan, de modo tal que si existen encuestas suficientes será conveniente estimar modelos segmentados según tipo de carga, en caso contrario es posible estimar coeficientes diferenciados del costo y/o tiempo.

- Frecuencia y Cantidad de Despachos. La frecuencia de despachos y la cantidad de carga despachada en cada viaje es fundamental, principalmente en sus decisiones de largo plazo de una empresa. En efecto, empresas con una alta frecuencia de despachos y cantidad despachada pueden optar por operar con una flota de camiones propias, de forma tal que en el corto plazo los modelos de partición modal no pueden ser aplicados debido a que no existen alternativas de elección. Sin embargo, estas empresas en el largo plazo pueden optar por cambiar de forma de operación, situación que dependerá de lo atractivo y beneficioso que resulte en términos económicos dicho cambio. Por tal motivo, la modelación deberá ser capaz de reproducir esta elección en el largo plazo, para lo cual se requiere calibrar modelos segmentados o diferenciados en algún tipo de variable, según estas variables.

- Modalidad de Despachos de la Carga. Relacionado con lo anterior, se debe hacer distinción entre empresas que operan con una flota de camiones propias, de aquellas que contratan este servicio. Al respecto, también resulta interesante diferenciar por el tipo de contrato que realizan las empresas para despachar su carga en relación a la duración de dicho contrato.

Tomando en consideración los aspectos antes mencionados para la especificación de las funciones de utilidad, sean estas para usuarios de modos de transporte de pasajeros o carga, el modelador deberá calibrar diversos modelos haciendo uso de software apropiados para la estimación de modelos con estructuras del tipo logit, dirigidos a reproducir el comportamiento de los usuarios. Dichos modelos deberán incluir el conjunto de variables relevantes de elección que sean consideradas.

1.407.403 Agregación y validación de modelos desagregados

Los modelos de elección discreta calibrados corresponden a estimaciones relativas decisiones individuales. Para analizar el comportamiento global de la población que realiza viajes entre las diversas zonas origen-destino consideradas, se debe recurrir a algún procedimiento de agregación o ajuste que permita reproducir las elecciones actuales de los usuarios, mejorándose así la calidad predictiva de los modelos.

Existe una diversidad de métodos de agregación, de los cuales se recomienda emplear el descrito a continuación.

Una forma conveniente de realizar la agregación es recurrir al modelo logit y escalar la función de utilidad de la siguiente forma:

$$V_i^a = \lambda V_i + c_i \qquad \text{1.407.403 (A)}$$

Donde

V_i	:	Utilidad de la alternativa i-ésima obtenida mediante el modelo desagregado.
V^a_i	:	Utilidad agregada de la alternativa i-ésima, a ser usada en las predicciones.
λ	:	Factor de escala.
c_i	:	Representa la utilidad neta de la alternativa i-ésima de todas las variables no incluidas en la modelación.

Para determinar λ y c_i, $\forall$ i, se asume que las probabilidades estimadas mediante la aplicación del modelo desagregado equivalen a los porcentajes de participación de cada modo por par origen-destino (Π_i). De esta forma, se obtienen datos para calibrar un modelo de regresión simple donde la variable independiente corresponde a V_i y la dependiente es V^a_i, con la siguiente especificación:

$$\mathrm{Ln}\left(\frac{\Pi_i}{\Pi_j}\right) = \lambda \times (V_i - V_j) + (c_i - c_j) \qquad \text{1.407.403 (B)}$$

En el caso de pasajeros, la muestra debe ser segmentada al menos por estratos de ingreso, motivo de viaje y origen-destino del viaje. En tanto, en el caso de carga, la segmentación debe ser realizada por tipo de producto, tamaño de la empresa y origen-destino de la carga.

Una vez que han sido agregados los modelos, se debe realizar una validación de su capacidad de reproducir la situación actual de los viajes. En otras palabras, los modelos agregados deben reproducir perfectamente la partición modal en la situación actual, al incorporar los atributos modales correspondientes a esta situación.

1.407.5 MODELOS AGREGADOS DE PARTICION MODAL

Un enfoque alternativo a los modelos de elección discreta es el desarrollo de modelos agregados de partición modal, que se obtienen utilizando información sobre las características promedios de grupos de individuos en zonas específicas. De esta forma los modelos agregados permiten analizar el comportamiento agregado de la población en estudio.

Estos modelos presentan la ventaja de no necesitar de la realización de encuestas de preferencias para la recolección de antecedentes individuales, lo que disminuye en forma importante el costo del estudio. Por otro lado, al ser estimados en base a información agregada, no necesitan de un proceso de agregación previo a su aplicación.

Sin embargo, presentan una serie de desventajas que prácticamente han descartado su uso. La principal limitación es la carencia de una estructura conductual adecuada que permita reproducir fielmente el comportamiento de los usuarios frente a distintas alternativas de transporte y, por lo tanto, los modelos corresponden únicamente a relaciones empíricas con limitada capacidad predictiva. Además la agregación de datos puede producir multicolinealidad entre las variables utilizadas, lo que puede introducir fuertes errores de predicción. Por último, estos modelos requieren de gran cantidad de información, la cual normalmente no se encuentra disponible.

Los modelos de demanda agregada pueden ser calibrados mediante técnicas estándar de ajuste de curvas, como las de regresión múltiple presentadas en el tópico 1.411.8. Esto no es posible en los modelos de elección discreta dado que se construyen en base a la observación de elecciones individuales en lugar de proporciones de elección.

En la estimación de modelos agregados se relacionan las particiones de mercado de cada modo, observadas en cada par origen-destino, con la variables de nivel de servicio de cada modo (tiempo de viaje y tarifa, entre otras). Una forma adecuada de establecer dicha relación funcional es mediante una formulación logit simple:

$$\mathrm{Ln}\left(\frac{\Pi_i}{\Pi_0}\right) = \sum_k \theta_k \left(Z_{ki} - Z_{ko}\right) \qquad 1.407.5\ (A)$$

donde,

Π_i, Π_0	:	Participación de mercado de los modos i y j.
Z_{ki}	:	Atributo k-ésimo del modo i.
θ_k	:	Parámetros a estimar.

Si los antecedentes recogidos en el estudio no permiten estimar modelos de partición modal, se podrán emplear los modelos presentados en el tópico 1.407.6.

1.407.6 MODELOS DE PARTICION MODAL POR DEFECTO

En caso que no se disponga de plazo ni recursos para estimar modelos de partición modal o los TRE indiquen explícitamente que no es necesaria su estimación, se podrán utilizar funciones de preferencias

estimadas en estudios anteriores. Si no existen funciones de utilidad asimilables al estudio, se podrá emplear los valores presentados en este tópico.

En la modelación de la partición modal de pasajeros se podrán emplear los parámetros indicados en el Cuadro N°1.407.6 (A). Las constantes específicas asociadas a cada modo (bus, tren o auto) deberán ser obtenidas del proceso de ajuste o agregación del modelo de partición modal.

CUADRO N°1.407.6 (A)
MODELO DE PARTICION MODAL DE PASAJEROS POR DEFECTO

Variable	Unidad	Parámetro
Tarifa o Costo	UF	-12.93000
Tiempo	min	-0.02400
Frecuencia	sal/sem	0.00027

Si se desea conocer el impacto de mejoras en características particulares de los servicios, por ejemplo, la comodidad, seguridad o introducción de un nuevo servicio, esto sólo podrá ser realizado mediante encuestas de preferencias (reveladas o declaradas), por lo que no se entregan parámetros asociados a dichas variables.

Si en la modelación se consideran usuarios por estrato de ingreso, se podrán emplear los valores presentados en el Cuadro N°1.407.6 (B) para la utilidad marginal del ingreso (UMI) de los viajeros (variable asociada a la tarifa o costo del viaje), respetando los valores presentados en el Cuadro N°1.407.6 (A) para los atributos de los modos.

De igual manera, si se dispone de información sobre la cantidad de usuarios en cada estrato de ingreso, los valores presentados pueden ser empleados para obtener un mejor estimador de la utilidad marginal de ingreso media en la población.

CUADRO N°1.407.6 (B)
UTILIDAD MARGINAL DEL INGRESO
POR DEFECTO PARA PASAJEROS

Quintil	Ingreso Medio (UF/mes)	UMI (1/UF)
1	4.5	-121.4
2	8.6	-27.2
3	12.3	-12.9
4	18.2	-7.0
5	50.0	-3.3

En la modelación del transporte de carga se podrá emplear el modelo presentado en el Cuadro N°1.407.6 (C). Sin embargo, este modelo debe ser utilizado con cautela y se deberá tener especial cuidado en la agregación o ajuste de dicho modelo, verificando las predicciones realizadas por el mismo. Cuando los recursos del estudio lo permitan, se recomienda calibrar modelos específicos para cada situación.

CUADRO N°1.407.6 (C)
MODELO DE PARTICION MODAL DE CARGA POR DEFECTO

Variable	Unidad	Parámetro
Tarifa	UF/Ton	-0.00828
Tiempo de viaje	Dia	-0.68290
Mermas	%	-0.36150

1.407.7. APLICACION DEL MODELO DE PARTICION MODAL

Una vez que se han estimado los modelos agregados de partición modal, deben ser utilizados para predecir el comportamiento de la población. Para tales efectos se recomienda utilizar la versión incremental del modelo logit (Bates et al., 1987; Martínez, 1987), que corresponde a una adaptación del modelo logit el cual permite predecir fácilmente el comportamiento de los usuarios cuando se producen cambios en el nivel de servicio y/o costos de los modos de transporte.

Conocida la participación de mercado de cada modo de transporte en la situación base (S/B) se puede determinar la demanda en una situación alternativa con proyecto (C/P), que modifica la oferta de transporte interurbano, mediante la siguiente expresión:

$$P_{ij}^{C/P} = \frac{P_{ij}^{S/B} \times e^{\lambda \times \theta_j \times \Delta Z_i}}{\sum_k P_{kj}^{S/B} \times e^{\lambda \times \theta_j \times \Delta Z_k}} \qquad 1.407.7\ (A)$$

donde

λ : Factor de Escala del Modelo Agregado.

ΔZ_i : Variación en el Nivel de Servicio del Modo i-ésimo, de la Situación Base a la Situación Con Proyecto.

θ_j : Vector de Coeficientes del Modelo de Utilidad Agregada, para el Estrato de Ingreso j-ésimo.

Finalmente, cabe mencionar que las ventajas de aplicar el logit incremental respecto de otros métodos de predicción radica en los siguientes aspectos:

- Sólo se requiere conocer el nivel de variación de las variables consideradas en el modelo. De tal forma que si algunas variables no sufren modificaciones debido por un proyecto, ésta no incide en las variaciones de la partición modal.

- Reproduce exactamente las probabilidades de elección modal que se obtienen con el modelo logit al calcular los nuevos niveles de utilidad.

- Las constantes modales no tienen influencia en las predicciones, debido a que al trabajar con diferencias de utilidad, su efecto se elimina.

SECCION 1.408 PROYECCIONES

1.408.1 ASPECTOS GENERALES

Esta sección describe las metodologías que deben ser adoptadas para proyectar los volúmenes actuales de viajes a los cortes temporales futuros.

La sección ha sido estructura en siete tópicos. En el tópico 1.408.2 se describen conceptos básicos en la proyección de variables. En el tópico 1.408.3 se norma la aplicación de los métodos presentados en los tópicos siguientes.

1.408.2 CONCEPTOS BASICOS

El término proyección se refiere a una estimación o predicción del valor que tomará una determinada variable en un corte temporal futuro.

Los valores estimados en los modelos de predicción normalmente son representativos de la situación futura más probable o tendencial, existiendo por lo tanto cierto nivel de incertidumbre en torno a su magnitud. La imprecisión de los modelos y el intervalo de confianza de las predicciones es creciente con el tiempo, de forma tal que aquellos modelos que en el corto plazo poseen un gran poder predictivo, en el mediano y largo plazo lo pierden gradualmente.

Las técnicas presentadas en esta sección pueden ser empleadas directamente en la proyección de flujos por arco o de matrices de viajes.

Adicionalmente, las proyecciones permiten también estimar la evolución temporal de las variables económicas y demográficas que describen el sistema de actividades y que explican el crecimiento de los viajes. Por ejemplo, mediante proyecciones es posible conocer el crecimiento que experimentarán la población, los ingresos familiares per cápita o el Producto Geográfico Bruto.

La proyección de estas variables son necesarias en la aplicación de modelos de generación de viajes (sección 1.405), en los cuales se determina la relación funcional entre los viajes generados o atraídos por una zona (hogar o firma) y estas variables, luego, si se conoce el crecimiento de las variables explicativas, es posible determinar el aumento en los viajes.

1.408.201 Definiciones

En relación a la proyección resulta necesario precisar ciertos términos:

(1) Corte temporal

Al evaluar un plan de proyectos es necesario estimar los beneficios que aporta a lo largo de su vida útil, y por ende, resulta indispensable conocer el valor de las variables del sistema de actividades y la cantidad de viajes en cada año de operación del proyecto.

Dado que esta labor es costosa en términos de horas dedicados por el analista, usualmente se realiza la proyección de variables sólo en algunos años de la vida útil del proyecto, los cuales son denominados cortes temporales.

Por definición el primer año de operación del proyecto se denominará año base de modelación. Los restantes años serán numerados en orden creciente en relación al año base.

(2) Escenarios de crecimiento

La proyección mediante modelos matemáticos permite conocer la evolución más probable o tendencial de las variables, la cual presenta un cierto nivel de incertidumbre en torno a su magnitud. La falta de certeza implica la presencia de riesgos impredecibles, los que caen bajo el concepto de incertidumbre (**ver sección 1.508**) y de riesgos predecibles, los cuales pueden ser abordados mediante proyecciones pesimistas y optimistas de las variables de interés, técnica también conocida como escenarios de proyección.

En términos generales, el analista deberá considerar escenarios de proyección estimados a nivel central, denominado escenario medio o tendencial, el cual se determina con los valores medios obtenidos en los modelos de predicción. Adicionalmente, deberán ser considerados escenarios de crecimiento optimistas y pesimistas, los que podrán ser definidos a partir de las desviaciones típicas de los parámetros calibrados mediante los modelos de serie de tiempo directa o desviaciones típicas de las variables relevantes en el caso de relaciones funcionales.

Adicionalmente, a los escenarios antes mencionados, en ciertas circunstancias será necesario plantear escenarios alternativos cuando existan incertezas sobre las perspectivas de desarrollo de las actividades y de sus posibles relocalizaciones. Este es el caso de estudios en los que existen enfoques contrapuestos sobre el desarrollo del área bajo estudio; si no existe una opinión de consenso, el analista deberá construir un escenario de crecimiento para cada enfoque.

De la misma manera, si existen sospechas de posibles modificaciones del sistema de transporte, tal como la construcción de proyectos de envergadura o la modificación de las políticas actuales, que afecten directamente al proyecto y sobre los cuales no se posee certeza de su ocurrencia, será necesario construir escenarios de proyección que los incorporen. Por ejemplo, se pueden crear escenarios que consideren la materialización de un tren de alta velocidad en la zona bajo estudio o la implementación de una política de tarificación vial que corrija las imperfecciones del mercado de transporte.

1.408.3 PROCEDIMIENTOS

En proyectos del tipo I, en etapa de perfil bastará con realizar una proyección directa del flujo en la ruta bajo estudio, tal como se indica en el párrafo 1.408.501. En etapa de prefactibilidad la proyección del flujo deberá realizarse mediante la determinación de relaciones funcionales entre variables macro-económicas, como se señala en el párrafo 1.408.502.

En proyectos del tipo II, en los que se prevén impactos sólo en la asignación de viajes, lo que implica la necesidad de contar con matrices origen-destino por tipo de vehículo, la estimación de los volúmenes de viajes en un corte temporal futuro deberá ser realizada mediante la proyección directa de la matriz de acuerdo con lo expuesto en el párrafo 1.408.601, tanto para etapa de perfil como prefactibilidad.

En proyectos del tipo III, los cuales suponen que los impactos del proyecto son de índole local y producirán variaciones en las tasas de generación de viajes, pero no en la asignación, la técnica de proyección varía dependiendo del criterio adoptado en la modelación de la generación de viajes.

Si en la determinación de la generación de viajes se emplea una metodología simplificada (tópico 1.405.4), asociada a la evaluación de proyectos en etapa de perfil, o proyectos de pequeño tamaño en etapa de prefactibilidad o factibilidad, la proyección de flujos deberá ser realizada empleando una proyección directa de los flujos en arcos (párrafo 1.408.501). En proyectos de tamaño mayor, en etapa de prefactibilidad o factibilidad, donde se ha determinado relaciones funcionales entre los viajes y las actividades desarrolladas en la zona, la proyección del flujo se deberá realizar mediante la proyección de las variables descriptoras del sistema de actividades consideradas en el modelo, según se describe en el tópico 1.408.4.

En proyectos del tipo IV o V, en los cuales es necesario construir matrices de viajes con el fin de recoger el impacto en la asignación de viajes, se deberá utilizar en etapa de perfil la metodología descrita en el párrafo 1.408.602. En etapa de prefactibilidad y factibilidad, se deberá emplear el método descrito en el párrafo 1.408.603.

En todo tipo de proyecto en etapa de factibilidad, se recomienda emplear la información obtenida en etapas previas. Si el analista lo estima necesario, las proyecciones de flujos o variables deberán ser complementadas, corregidas o actualizadas.

Las técnicas de proyección más apropiadas para cada tipo y etapa de proyecto se sintetizan en el Cuadro N°1.408.3 (A)

CUADRO N°1.408.3 (A)
TECNICA DE PROYECCION SEGUN TIPO Y ETAPA DEL PROYECTO

Proyecto	Etapa	
	Perfil	Prefactibilidad y Factibilidad
I	Proyección directa de flujos por arco (1.408.501)	Relación funcional (1.408.502)
II	Proyección directa de la Matriz (1.408.601)	Proyección directa de la Matriz (1.408.601)
III	Proyección directa de flujos por arco (1.408.501)	Proyección de variables del Sist. de Actividades (1.408.4)
IV	Proyección de viajes origen-destino (1.408.602)	Proyección directa de vectores de generación (1.408.603)
V	Proyección de viajes origen-destino (1.408.602)	Proyección directa de vectores de generación (1.408.603)

1.408.4 PROYECCION DE VARIABLES DEL SISTEMA DE ACTIVIDADES

Existen dos maneras de estudiar la evolución de las variables descriptoras del sistema de actividades, las cuales permiten, finalmente, proyectar su valor a futuro: el análisis de la información histórica de las variables mediante la estimación de series de tiempo y el desarrollo de encuestas a expertos.

El análisis de series de tiempo permite conocer la tendencia histórica en las variables, entregando indicadores objetivos de su crecimiento. Sin embargo, este análisis necesariamente deben ser sometidas al juicio del analista y de especialistas relacionados con el tema, antes de realizar la extrapolación de la tendencia observada al futuro. De esta manera, ambas técnicas son complementarias y debieran ser consideradas en la proyección de variables del sistema de actividades.

1.408.401 Series de Tiempo

Este método consiste en estimar la evolución temporal de la variable analizada mediante un modelo de series de tiempo (ver tópico 1.411.7), con lo cual la actualización y/o proyección se desprende de la aplicación del modelo estimado.

Existe una diversidad de formulaciones posibles para desarrollar modelos de series de tiempo, entre las que se cuenta desde la simple calibración de una tasa media de crecimiento, hasta la formulación de modelos autorregresivos, de medias móviles o mixtos.

La formulación a ser escogida por el analista deberá ser justificada en términos de los criterios de bondad de ajuste de los modelos estimados (test-estadísticos, R^2, autocorrelación de errores, entre otros indicadores), apoyados en la gráfica de la serie. En este sentido, es siempre recomendable realizar un estudio detallado de los errores que arroja el modelo propuesto, pues en ellos se puede encontrar posibles mejoras al mismo.

1.408.402 Encuestas a especialistas

La predicción del valor futuro de las variables descriptoras del sistema de actividades lleva asociado una gran incerteza, motivado por la cantidad innumerable de variables que inciden en su evolución temporal. Es por esto, que el desarrollo de modelos predictivos en base a formulaciones matemáticas, debe ser sometido a juicios de consistencia en los cuales la experiencia del analista y de los especialistas asociados con el tema, juega un rol preponderante.

Tal es la relevancia de un juicio informado, que en algunas circunstancias conviene estudiar la evolución de estas variables mediante consultas a autoridades o empresarios relacionados con las actividades en cuestión y a especialistas del área. Este análisis puede entregar valiosa información relacionada con el crecimiento urbano de ciertas localidades y el desarrollo económico e industrial de la zona bajo estudio.

Alternativamente, para esta labor puede ser realizada mediante el desarrollo de encuestas Delphi o grupos de discusión.

En términos generales las encuestas Delphi consisten en dos etapas. En la primera, cada uno de los miembros de un panel de expertos debe valorar o proyectar la evolución de las variables del sistema de actividades. Posteriormente, los resultados de esta primera etapa son sometidos al juicio de los expertos, de forma tal que estos pueden reevaluar sus respuestas complementándola con los nuevos antecedentes.

En los grupos de discusión, se realiza una o más reuniones en las cuales se somete a la consideración de un grupo de expertos, autoridades o empresarios relacionados con el tema, el cuestionamiento de la evolución de las variables descriptoras del sistema de actividades. Estos grupos permiten obtener importantes conclusiones sobre la posible evolución de las variables discutidas.

1.408.5 PROYECCION DE FLUJOS POR ARCO

Existen dos enfoques posibles para la determinación del volumen vehicular en un corte temporal futuro en un tramo de un camino: la primera es la proyección directa del flujo en el arco, mediante la estimación de las tendencias observadas en el pasado; la segunda corresponde a la determinación de relaciones funcionales entre el flujo por arco y las variables socio-económicas y descriptoras del sistema de actividades. A continuación se describen ambos enfoques:

1.408.501 Proyección directa

El método más sencillo para determinar la proyección del flujo en un arco, consiste en estimar un modelo de series de tiempo en base a la información histórica del TMDA observado en dicho arco.

En esta estimación se asume que el tránsito mantendrá el crecimiento observado en el pasado. Se debe notar, que la técnica de estimación no permite recoger la influencia de las variables descriptoras del sistema de actividades y de transporte en la evolución temporal del flujo. Esto puede traer como consecuencia, que las tasas de crecimiento estimadas oculten variaciones singulares de estas variables, las cuales se asocian a la evolución del flujo. Por ejemplo, si el país ha experimentado una crisis económica en los últimos años, lo cual ha deprimido el flujo vehicular, esto se reflejará en bajas tasas de crecimiento, las cuales pueden ser irrealistas para la modelación a mediano y largo plazo. De igual manera, si durante los años sobre los que se posee información histórica se construyó un importante camino, las tasas de crecimiento estimadas ocultarán la existencia de tránsito generado y este incremento se asociará al crecimiento vegetativo de los viajes. Por estos motivos, las estimaciones basadas en este tipo de formulaciones posee un bajo poder predictivo.

Para efectos de estimación, el analista puede recurrir a dos fuentes de información histórica de tránsito: flujo controlado en Plazas de Peaje y puntos de control del Plan Nacional de Censos.

La Dirección de Vialidad posee un registro del volumen diario de vehículos que circulan en el sentido de cobro de las Plazas de Peaje, desagregado por tipo de vehículo, para todos los días del año. Esta es una de las fuentes de información más confiables, por lo tanto, si el tramo bajo estudio posee una de estas de Plazas, esta información deberá ser utilizada en la estimación.

En el caso de no poseer información de Plazas de Peaje, se deberá utilizar en la estimación la totalidad de la información histórica de puntos de control del PNC existentes en el tramo bajo estudio.

En la calibración de modelos se deberá utilizar como mínimo información histórica de cinco años. En caso que la información disponible no resulte confiable o no se posea suficiente cantidad de antecedentes para alguna tipología de vehículo, se deberán utilizar en dicho caso, las tasas de crecimiento por defecto indicadas en el tópico 1.408.7.

Al calibrar modelos de series de tiempo es posible plantear diversas formas funcionales, entre estas se puede considerar la presentada en la ecuación N°1.408.501 (A).

$$q_i^t = q_i^{t_0} \times (1 + r)^{(t-t_0)} \qquad \text{1.408.501 (A)}$$

donde,

q_i^t	:	TMDA del tipo de vehículo i en el año t (variable dependiente)
q_i^{to}	:	TMDA del tipo de vehículo i en el año t_0 (constante asociada al modelo)
r	:	Tasa de crecimiento del vehículo i

La formulación a ser escogida por el analista deberá ser justificada en términos de los criterios de bondad de ajuste de los modelos estimados (test-estadísticos, R^2, autocorrelación de errores, entre

otros indicadores), apoyados en la gráfica de la serie. Es recomendable que el analista realice un estudio detallado de los errores de la estimación, pues en ellos se puede encontrar posibles mejoras al mismo.

1.408.502 Relación Funcional

Este método de proyección consiste en determinar relaciones funcionales o causales entre la variable en estudio e indicadores del sistema de actividades. Mediante la predicción del valor de los indicadores para el corte temporal deseado, el analista puede estimar el valor de la variable analizada.

La estimación del modelo puede ser realizada mediante un método secuencial, consistente en calibrar, en primer lugar, una serie de tiempo del flujo por tipo de vehículo en función de características socio-económicas y demográficas del área de estudio, para luego realizar una proyección directa de estas variables mediante una serie de tiempo, tal como se realiza la proyección directa de flujos en arcos (párrafo 1.408.501).

Entre las variables descriptoras del sistema de actividades a ser consideradas en la estimación de relaciones funcionales se cuenta:

- Producto Geográfico Bruto Nacional, Regional y por actividad económica
- Población, Producción, Empleo, Ingreso medio de la zona bajo estudio, etc.

Adicionalmente, es posible considerar variables descriptoras del sistema de transporte, tales como:

- Cambios de tarifas o tecnologías en los modos alternativos o en el modo analizado
- Construcción de vías alternativas, con impacto en la reasignación de viajes
- Cambios estándar en las vías
- Cambios de precios en insumos (combustibles, lubricantes, repuestos, etc.)

Se debe destacar que, las variables a ser incluidas en la estimación del modelo deben ser posibles de proyectar con un cierto nivel de exactitud, en caso contrario, pierden la utilidad que prestan a la calibración.

Será labor del analista la determinación de la forma funcional más adecuada al caso en estudio, justificando su elección en términos de los criterios de bondad de ajuste de los modelos: test-estadísticos, R^2 y autocorrelación de errores, entre otros indicadores. Entre las formas funcionales más utilizadas se puede mencionar la expuesta en la ecuación 1.408.502 (A).

$$q_i^t = K_i \times (PGB_t)^{\beta_i} \qquad 1.408.502\ (A)$$

donde,

q_i^t	:	TMDA del vehículo tipo i, en el corte temporal t
PGB_t	:	PGB en el corte temporal t
K_i	:	Constante del modelo asociada al vehículo tipo i (parámetro a estimar)
β_i	:	Elasticidad del flujo en relación al PGB (parámetro a estimar)

Para recolectar información histórica de flujo, el analista deberá recurrir a la información de Plazas de Peaje, si es que existe alguna en el tramo en estudio, de lo contrario, deberá recurrir a la totalidad de la información de tránsito histórico del Plan Nacional de Censos de Vialidad, existente en el tramo bajo análisis. En cada caso el analista deberá utilizar como mínimo información de cinco años.

Si la información de tráfico presenta deficiencias, de forma que no se cuenta con la información necesaria para estimar los modelos para algún tipo de vehículo, se deberán utilizar las tasas de crecimiento presentadas en el tópico 1.408.7.

1.408.6 PROYECCION DE MATRICES DE VIAJES

En proyectos con impacto en la asignación de viajes, es necesario conocer la estructura y el volumen de viajes de la matriz origen-destino, en los diversos cortes temporales. Para esto efectos, resulta necesario proyectar la matriz de viajes del año base. Si se detectan impactos en la generación de viajes será necesario proyectar adicionalmente las matrices de viajes de la situación con proyecto.

En líneas generales existen tres enfoques para proyectar las matrices dependiendo de la disponibilidad de información: la proyección directa de la matriz de viajes, la proyección de viajes diferenciados por par origen-destino y la proyección de la matriz, vía la proyección de los vectores de generación y atracción. La diferencia entre dichos enfoques se deriva de la disponibilidad de herramientas de modelación para predecir los viajes generados o atraídos por cada zona.

1.408.601 Proyección directa de la matriz

La forma más sencilla de proyectar la matriz, consiste emplear una tasa de crecimiento única por tipo de vehículo para la totalidad de los viajes, las cuales son aplicadas a las matrices de cada período de modelación.

Para determinar las tasas de crecimiento, se debe analizar la tendencia histórica del flujo en los arcos de la red, empleando los métodos de proyección de flujos por arco, descritos en el tópico 1.408.5, ya sea mediante una proyección directa de los flujos o determinando una relación funcional con las variables descriptoras del sistema de actividades.

En relación a la información de flujo necesaria para la modelación, se debe notar que si en la red vial existe una plaza de peaje, se tendrá que utilizar sólo dicha información en la estimación de la tasa de crecimiento de los viajes.

En caso contrario, se deberá emplear la totalidad de la información de los puntos de control del Plan Nacional de Censos existentes en el área de estudio. A partir de estos antecedentes, se determinará el volumen total de viajes controlados en la red, el cual se utilizará para determinar el crecimiento del

flujo. Es importante notar que, en el análisis se debe considerar sólo aquellos puntos en los que se posea información para todos los años de la serie histórica. Además se debe evitar considerar puntos que incorporen efectos de reasignación de viajes.

Si no se dispone de información confiable para realizar la estimación se podrán utilizar las tasas de crecimiento recomendadas en el párrafo 1.408.7.

1.408.602 Proyección de viajes origen-destino

En la aplicación de este enfoque, se parte del supuesto que el analista posee modelos de demanda directa, estimados de acuerdo con lo expuesto en el tópico 1.405.7.

Los modelos de demanda directa corresponden a un modelo agregado de predicción el cual permite determinar el volumen de viajes entre un determinado par de zonas, en función de las características socio-económicas y demográficas de las zonas y del costo generalizado de transporte entre ellas. Por lo tanto, la técnica de proyección consiste en determinar el valor de las variables descriptoras del sistema de actividades en el corte temporal deseado, como se describe en el tópico 1.408.4, para luego, estimar una matriz de tasas de crecimiento para la matriz de viajes, mediante la aplicación del modelo de demanda directa.

A modo de ejemplo, si se posee un modelo de demanda directa, el cual explica los viajes (T_{ij}) entre las zonas i y j, mediante una relación funcional entre la población de cada zona (P_i, P_j) y el costo de transporte entre ellas (c_{ij}), a través de la ecuación 1.408.602 (A).

$$T_{ij} = \frac{K \times P_i^{\alpha} \times P_j^{\beta}}{c_{ij}^{n}} \qquad \text{1.408.602 (A)}$$

La expresión de la tasa de crecimiento de los viajes entre el año 0 y el año 1, para un par de zonas (r_{ij}), puede ser estimada a partir de la ecuación 1.408.602 (B).

$$\frac{T_{ij}^{1}}{T_{ij}^{0}} = \left(\frac{P_i^{1}}{P_i^{0}}\right)^{\alpha} \times \left(\frac{P_j^{1}}{P_j^{0}}\right)^{\beta} = 1 + r_{ij} \qquad \text{1.408.602 (B)}$$

Cabe destacar que, que al proyectar la matriz (de la situación base o con proyecto) el costo de transporte no juega un rol, ya que el diferencial de costos entre el año base y el futuro es nulo. Del mismo modo, la constante pierde relevancia en la estimación.

Por otra parte, es importante notar que, el modelo de demanda directa debe ser empleado para determinar tasas de crecimiento que serán aplicadas a posteriori sobre la matriz de viajes del año base y no aplicarlo directamente, a partir de los valores estimados para las variables del sistema de actividades.

1.408.603 Proyección de vectores de generación

En la aplicación de este enfoque, se parte del supuesto que el analista posee modelos de generación de viajes, que relacionan funcionalmente la cantidad de viajes que entran o salen de una zona, con las variables descriptoras del sistema de actividades (ver sección 1.405). De esta manera, la proyección de la matriz debe ser realizada mediante un método secuencial.

En primer lugar, se realiza una proyección de las variables del sistema de actividades, siguiendo la metodología que se indica en el tópico 1.408.4. Determinadas dichas variables, es posible calcular los vectores de generación y atracción anuales para cada corte temporal, mediante la aplicación directa del modelo de generación descrito en el párrafo 1.405.803.

Determinados los vectores anuales, es necesario estimar los vectores periódicos que reproducen el volumen anual de viajes. Para esto se debe realizar un proceso iterativo de convergencia.

El proceso consiste inicialmente en repartir, a cada período, los vectores anuales de generación y atracción del año t, O_i^t y D_j^t respectivamente, en forma proporcional a los vectores iniciales (O_i^{0p} y D_j^{0p}), ponderados por las horas representativas de cada período en el corte temporal analizado (H_{tp}), de forma tal que se cumple la condición presentada en la ecuación N°1.408.603 (A).

$$O_i^{tp(1)} = \frac{H_{tp} \times O_i^{0p}}{\sum_k H_{tk} \times O_i^{0k}} \times O_i^t$$

1.408.603 (A)

$$D_j^{tp(1)} = \frac{H_{tp} \times D_j^{0p}}{\sum_k H_{tk} \times D_j^{0k}} \times D_j^t$$

Como resultado de este reparto, se obtiene un desequilibrio entre la suma de los vectores de origen y de destino por período. Luego, el segundo paso consiste en repartir proporcionalmente el promedio aritmético de estos valores totales en cada período, como se explícita en las ecuaciones N°1.408.603 (B).

$$O_i^{pt(2)} = \frac{O_i^{pt(1)}}{\sum_k O_k^{pt(1)}} \times \frac{\sum_k O_k^{pt(1)} + \sum_k D_k^{pt(1)}}{2}$$

1.408.603 (B)

$$D_j^{pt(2)} = \frac{D_j^{pt(1)}}{\sum_k D_k^{pt(1)}} \times \frac{\sum_k O_k^{pt(1)} + \sum_k D_j^{pt(1)}}{2}$$

Finalmente, el proceso anterior se repite hasta llegar a una convergencia. Se exigirá, como criterio de convergencia que la suma de las diferencias absolutas entre los vectores iniciales y los estimados no supere el 1% del total de viajes realizados.

A partir de los vectores de generación y atracción construidos, se deberá determinar la matriz de viajes de cada período en el corte temporal deseado, empleando como punto de partida la matriz del año base. Para esto se debe recurrir al método biproporcional o Furness, el cual consiste en determinar factores de corrección para las filas y columnas de la matriz, según la expresión de la ecuación N°1.408.603 (C).

$$T_{ij}^{tp} = T_{ij}^{0p} \; A_i \; B_j \qquad \text{1.408.603 (C)}$$

donde, T_{ij}^{0p} corresponde al número de viajes de la matriz del año base entre el origen i y el destino j; T_{ij}^{tp} son los viajes e el corte temporal t y, por último, A_i y B_j son conocidos como factores de balance, los cuales deben ser calculados de forma tal que se cumplan las restricciones en la generación y atracción de viajes, presentadas en las ecuaciones N°1.408.603 (D),

$$\sum_j T_{ij} = O_i$$

1.408.603 (D)

$$\sum_i T_{ij} = D_j$$

El proceso para realizar la corrección a la matriz es iterativo, y se conoce como método de Furness, cuya estructura es la siguiente:

1. Se toman los valores de B_j iguales a uno y se determina el valor de los A_i, que satisfacen las restricciones en la generación;

2. Con los A_i se calculan los B_j, satisfaciendo la restricción en la atracción;

3. Manteniendo fijos los B_j se vuelve a determinar los A_i y se repiten los pasos (2) y (3) hasta que la diferencia entre los valores estimados sean suficientemente pequeña.

Al igual que en la determinación de los vectores por período, se exigirá como criterio de convergencia que la suma de las diferencias absolutas entre los vectores iniciales y los estimados no supere el 1% del total de viajes realizados.

1.408.7 Valores por defecto de tasas de crecimiento

Existen situaciones en las cuales se carece de información histórica de tránsito o esta presenta deficiencias, de manera que resulta imposible estimar modelos econométricos que permitan predecir la evolución temporal en los viajes. En tales ocasiones, el analista podrá emplear las tasas de crecimiento por defecto presentadas en el Cuadro N°1.408.7 (A).

Estas tasas de crecimiento se expresan en base a la elasticidad (β_i) entre el TMDA por tipo de vehículo i y el PGBN, obtenida de la estimación de una relación funcional como la presentada en la ecuación 1.408.502 (A), con lo cual, la tasa de crecimiento (r_i) para el tipo de vehículo i queda descrita por la ecuación N°1.408.7 (A),

$$r_i = (1 + \alpha)^{\beta_i} - 1 \qquad 1.408.7\ (A)$$

donde, α es la tasa de crecimiento adoptada para el PGBN.

Como recomendación general, se deberán emplear las tasas estimadas con un 5,0% de crecimiento anual para el PGBN, presentadas en el Cuadro N°1.408.7 (A). No obstante, si analista posee información que le permite proponer tasas de crecimiento del PGBN alternativas, las cuales pueden ser variables para cada corte temporal, podrá emplear dicha información para reestimar las tasas de crecimiento, empleando las elasticidades indicadas en el cuadro antes mencionado.

CUADRO N°1.408.7 (A)
VALORES POR DEFECTO DE TASAS DE CRECIMIENTO

Tipo de Vehículo	Elasticidad Flujo/PGB	Tasa de Crecimiento (α=5.0%)
Vehículos Livianos	1,50	7,6 %
Camiones de 2 ejes	0,50	2,5 %
Camiones de más de dos ejes	1,75	8,9 %
Locomoción colectiva	1,50	7,6 %

SECCION 1.409 CUANTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

1.409.1 ASPECTOS GENERALES

En esta sección se describen los procedimientos y criterios que deberán utilizarse en la cuantificación de los impactos ambientales asociados a un determinado proyecto vial en función de la etapa en que este se encuentra.

1.409.2 PROCEDIMIENTOS

Para la etapa de Perfil, se deberá confeccionar la Ficha Ambiental (FA) de acuerdo a lo señalado en el tópico 1.409.3.

Para la etapa de Prefactibilidad y/o Factibilidad, en el caso de aquellos proyectos que, de acuerdo a los resultados del proceso de evaluación ambiental a nivel de perfil, no requieren realizar estudios de impacto ambiental, no se continuará el desarrollo de este tema, salvo requerimiento expreso por parte del MOP. En caso contrario estos deberán realizarse de acuerdo a los requerimientos planteados en los tópicos 1.409.4 y 1.409.5.

1.409.3 CONFECCION DE LA FICHA AMBIENTAL

La confección de una FA corresponde a una evaluación efectuada por especialistas que componen un equipo multidisciplinario y se orienta a la identificación de los posibles impactos susceptibles de ser causados por la actividad o proyecto, sustentado en el conocimiento de los factores ambientales que se ven comprometidos. Esta FA se elabora de acuerdo a un formato pre-establecido, el cual se encuentra especificado en el Anexo II de las "Pautas y Guías Metodológicas para la Evaluación Ambiental de Proyectos del MOP".

1.409.4 CONTENIDO DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Para el caso de aquellos proyectos que requieren estudios de impacto ambiental, ya sea en la etapa de Prefactibilidad y/o de Factibilidad, tales estudios deberán efectuarse de acuerdo a los Términos de Referencia Ambientales que establezca el MOP. En todo caso, a continuación se específica, en términos generales, el contenido mínimo de un estudio de impacto ambiental:

a) Descripción del proyecto:

- Resumen ejecutivo del proyecto.
- Marco de referencia legal y administrativo.

- Localización.

- Relación del proyecto con otros proyecto y planes de desarrollo.

- Actividades y acciones del proyecto.

b) Antecedentes del área de influencia del proyecto (línea base):

- Definición del área de influencia directa e indirecta del proyecto.

- Descripción del área de influencia:
  · Medio físico (suelo, aire, agua).
  · Medio biológico (flora y fauna).
  · Medio socioeconómico (actividades, equipamiento, calidad de vida, etc.).

- Determinación de áreas de riesgo (fenómenos naturales o inducidos por acción humana).

c) Identificación, análisis y valorización de los impactos de la alternativas consideradas:

- Situación ambiental en la situación sin proyecto (línea base).

- Proyección de cómo evolucionaría el medio ambiente del proyecto si éste no se realizaría.

- Identificación de los impactos directos e indirectos esperados y los riesgos inducidos que se podrían generar sobre los componentes del medio ambiente, a través de una simulación ambiental con proyecto y sus principales características.

- Describir y calificar los impactos en relación a su acción concreta sobre las componentes del medio ambiente (los impactos deben ser medidos como las desviaciones de la línea base) en base a criterios aceptados.

- Relación con normas y estándares nacionales existentes en la materia y área geográfica. En caso que no las hubiese, utilizar normas y estándares de otros países o sugeridos por organismos internacionales, que la autoridad u organismo competente determine como aplicables, o que se hayan acordado previamente.

d) Aspectos legales y regulatorios:

- Análisis de la normativa y reglamentos ambientales pertinentes.

e) Identificación y evaluación de acciones mitigatorias:

- Análisis de alternativas para aquellas actividades que impliquen un impacto significativo no deseado (localización, tecnología, diseño, etc.).
- Identificación de medidas para reducir efectos indeseados.

f) Estrategia de manejo ambiental:

- Plan de mitigación de impactos.
- Plan de prevención de riesgo.
- Plan para contingencias (para actuar frente a riesgos identificados).
- Plan de medidas compensatorias, restauradoras y otras.

g) Programa de seguimiento, vigilancia y control

1.409.5 TECNICAS DE ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

Con respecto a las técnicas para analizar los impactos ambientales de un proyecto vial, a continuación, en el Cuadro N° 1.409.5 (A), se señalan algunas de las más utilizadas.

CUADRO N°1.409.5 (A)
TECNICAS MAS UTILIZADAS PARA EL ESTUDIO DE IMPACTO VIAL

Variable Ambiental	Tipo de Impacto	Técnicas Aplicables
Aire	Aumento de niveles de emisión de material particulado, CO,HC NOx y metales pesados.	Modelos de dispersión. Modelos de fuentes lineales. Escenarios comparados. Estimaciones semicuantitativas.
Ruido	Aumento de emisiones acústicas continuas y puntuales.	Modelos de fuentes puntuales y lineales.
Clima	Cambios microclimáticos y cambios mesoclimáticos por circulación de vientos.	Escenarios comparados. Estimaciones cualitativas.
Geología y Geomorfología	Destrucción de puntos de interés geológico y yacimientos paleontológicos. Aumento de inestabilidad de laderas.	Superposición de impactos y elaboración de mapas de riesgo.
agua superficial y subterránea	Deterioro de la calidad de aguas. Efecto barrera. Aumento riesgo de inundaciones. Modificación de flujos. Cambios en procesos de erosión y sedimentación. Efectos en masas de agua superficial (humedales, esteros, etc.) Interrupciones en flujos de agua subterránea. Disminución de tasas de recarga de acuíferos.	Modelos matemáticos simplificados. Modelos de flujo de caudales mapas de riesgo geológicos. Superposición de impactos: los de flujo de caudales, escenarios comparados y estudios de riesgo.
Suelo	Destrucción directa. Compactación. Aumento de erosión. Disminución de la calidad edáfica Perdida de terrenos productivos. Pérdida de productividad.	Superposición de impactos. Modelos de erosión, escenarios comparados.
Vegetación	Destrucción directa de especies, protegidas o no. Degradación. Perdidas de productividad por aumento de emisiones. Aumento de riesgo de incendios.	Superposición de impactos, modelos de sucesión vegetal, escenarios comparados, estimaciones cualitativas, modelos dosis-respuesta y estudios de riesgo.
Fauna	Destrucción directa. Destrucción del hábitat. Efecto barrera. Incremento de la caza y pesca. Cambios en la estructura del paisaje. Aumento de ruido.	Superposición de impactos. Modelos de selección del hábitat. Escenarios comparados.

CUADRO N°1.409.5 (A) Continuación
TECNICAS MAS UTILIZADAS PARA EL ESTUDIO DE IMPACTO VIAL

Variable Ambiental	Tipo de Impacto	Técnicas Aplicables
Paisaje	Intrusión visual. Contraste cromático y estructural Denudación de superficies en taludes y terraplenes. Alteraciones al relieve. Cambios a la estructura paisajística. Aumento de contaminación acústica.	Modelos de visualización y técnicas de simulación.
Demografía	Cambios en la estructura demográfica. Cambios en procesos migratorios. Redistribución espacial de la población. Efectos en la población activa. Cambios en las condiciones de circulación. Efectos en la salud por aumento de emisiones contaminantes.	Modelos de predicción demográfica Modelos dosis-respuesta. Escenarios comparados.
Factores socio-culturales	Pérdida de sistemas de vida tradicional. Cambios en la accesibilidad. Efectos al patrimonio histórico y socio-cultural.	Superposición de impactos. Análisis antropológicos.

SECCION 1.410 MODELACION DE SEGURIDAD

1.410.1 ASPECTOS GENERALES

En el contexto de la evaluación de un proyecto vial, la modelación de seguridad, estará dirigida, por una parte, a la estimación de las tasas de accidentabilidad esperadas para las soluciones propuestas y por otra, a verificar que dichas soluciones, en casos específicos, incorporen contramedidas para la reducción de accidentes.

El ámbito espacial de la modelación estará dado por el área de influencia que se determine para el proyecto, la que definirá el(los) camino(s) o vía(s) donde ella se realizará.

En los tópicos siguientes se presentan las distintas actividades a realizar para el análisis de accidentes, dentro de cada una de las etapas del estudio de un proyecto.

1.410.2 PROCEDIMIENTOS

En una primera etapa se debe caracterizar el camino (sector o red) donde se desarrolla el proyecto, en función del riesgo de ocurrencia de accidentes representado por el número y/o gravedad de ellos y su distribución espacial.

Las tareas generales que deberá considerar el estudio de seguridad, son:

- Recopilación de información histórica detallada.
- Análisis detallado de accidentes
- Determinación de Impactos
- Cuantificación económica de impactos
- Evaluación económica

Será la clasificación de riesgo la que condicione cada una estas tareas, tanto desde el punto de vista de su realización o no, como de su profundidad. En el Cuadro N°1.410.2 (A) se presenta dicha relación.

CUADRO N°1.410.2 (A)
ACTIVIDADES A REALIZAR, SEGUN NIVEL DE RIESGO

A C T Y V Y D A D	CLASIFICACION DE RIESGO		
	NORMAL	RIESGO	ALTO RIESGO
RECOPILACION INF. DETALLADA		X	X
ANALISIS DETALLADO		X	X
DETERMINACION DE IMPACTOS	X	X	X
EVALUACION ECONOMICA	X	X	X
CUANTIFICACION DE IMPACTOS	X	X	X

Existirán entonces dos niveles de análisis. Uno preliminar o agregado para clasificar el riesgo, a efectuarse en la etapa de perfil o en su defecto, como primera tarea dentro de la etapa de prefactibilidad o factibilidad. Un segundo nivel, más detallado, corresponde al estudio de accidentes propiamente tal, el que se hará en la etapa de prefactibilidad, con distintos grados de profundidad dependiendo del riesgo que se determine en la primera etapa.

Las actividades a realizar, según las etapas de evaluación de un proyecto vial corresponden a:

(1) Etapa de Perfil.

Los estudios de base a realizar corresponden a la recopilación de información de tipo agregada, según las pautas señaladas en el tópico 1.307.3.

Con los antecedentes agregados de la accidentabilidad histórica, de flujos (en millones de vehículos-kilómetro) y de distribución espacial, se efectuará la clasificación de riesgo según lo establecido en el tópico 1.410.4.

Además se podrá efectuar la cuantificación de impactos sobre la accidentabilidad producidos por el proyecto, sólo si éste considera un cambio de estándar o ampliación de capacidad para el camino. La magnitud de los impactos se determinará directamente en base a la diferencia de tasas entre las situaciones actual y con proyecto, según los valores presentados en el Cuadro N°1.410.3 (A).

(2) Etapa de Prefactibilidad.

Corresponde en esta etapa la realización del estudio principal de seguridad, dependiendo su profundidad de la clasificación de riesgo determinada. De no haberse realizado ésta, deberá efectuarse aquí como primera actividad, de acuerdo a las pautas contenidas en el párrafo 1.410.2 (1).

Si el sector vial queda clasificado como de riesgo normal, no se requerirá realizar mayores estudios de base y la cuantificación de impactos se efectuará en base a las relaciones accidentes-flujo, descritas en el tópico 1.410.3, corrigiendo los valores del Cuadro N°1.410.3 (A) según las tasas locales determinadas.

Si el sector es clasificado como de riesgo o de alto riesgo, se deberán efectuar estudios de base más detallados, según las pautas descritas en el tópico 1.307.4 y el análisis detallado de accidentes, en conformidad a lo dispuesto en el tópico 1.410.5. La estimación de impactos se efectuará mediante el análisis específico de la tipología observada de accidentes (ver 1.410.505). En casos en que el análisis no arroje conclusiones confiables o no se disponga de la información con el nivel de detalle requerido, se podrá emplear para la estimación de impactos los procedimientos descritos para los sectores de riego normal, y en el caso en que se sepa fehacientemente que el proyecto considera contramedidas para reducción de accidentes se podrá emplear el Cuadro N°1.410.3 (B), corregida con las tasas locales. esto último es válido para proyectos de ampliación de capacidad o cambio de estándar.

(3) Etapa de Factibilidad.

No se contemplan estudios adicionales de seguridad, en relación a los realizados en la etapa de prefactibilidad. Esto, salvo que se efectúen variaciones en el diseño, que requieran ser analizadas desde

esta perspectiva. En este último caso, el estudio deberá abordarse según lo expresado para la etapa de prefactibilidad.

1.410.3 RELACIONES ACCIDENTES-FLUJO

Las relaciones accidentes-flujo, se basan en adoptar valores medios de ocurrencias, obtenidos para caminos nacionales tipo, como tasas constantes de accidentes.

Estos valores medios, apoyados en estadísticas nacionales, relacionan el nivel de flujo asociado al camino (expresado en millones de vehículos-kilómetros) y los accidentes anuales ocurridos en el tramo de camino tipo considerado.

En el Cuadro N°1.410.3 (A) se presentan los valores para vías interurbanas en diferentes tipos de caminos.

CUADRO N°1.410.3 (A)
TASAS MEDIAS ANUALES DE ACCIDENTES, VIAS INTERURBANAS

TIPO DE CAMINO	TASAS MEDIAS ANUALES (ACC/MVK)		
	TOTAL DE ACCIDENTES	TOTAL DE LESIONADOS	TOTAL DE MUERTES
PAVIMENTADO (DOBLE CALZADA)	0.60	0.45	0.04
PAVIMENTADO (CALZADA SIMPLE)	1.20	1.37	0.12
NO PAVIMENTADO	1.80	1.90	0.28

MVK: Millón de Vehículos Kilómetro.
Fuente: Jofré, 1981.

El uso de estas tasas será directo en la etapa de perfil y deberá corregirse en la de prefactibilidad, según las tasas locales que se determinen. En este último caso, el factor de corrección se obtendrá de la información de accidentes agregada en términos anuales según número de ocurrencias, lesionados y muertos, ponderándose por el nivel de flujo para expresarla en accidentes por millón de vehículos por kilómetro.

Para el caso que se verifique que los diseños propuestos tengan incorporadas contramedidas, y no se cuente con mayor información para estimar tasa de reducción en forma detallada, podrá emplearse el cuadro 1.410.3 (B) siguiente a modo de simplificación.

CUADRO N°1.410.3 (B)
TASAS MEDIAS ANUALES DE ACCIDENTES, VIAS INTERURBANAS
CONSIDERANDO CONTRAMEDIDAS

TIPO DE CAMINO	TASAS MEDIAS ANUALES (ACC/MVK)		
	TOTAL DE ACCIDENTES	TOTAL DE LESIONADOS	TOTAL DE MUERTES
PAVIMENTADO (DOBLE CALZADA)	0.40	0.30	0.02
PAVIMENTADO (CALZADA SIMPLE)	0.90	1.05	0.06
NO PAVIMENTADO	1.40	1.50	0.14

MVK: Millón de Vehículos Kilómetro.
Fuente: Estimación en base a Jofré, 1981 e impactos considerados en estudios nacionales.

1.410.4 CLASIFICACION DE PROYECTOS SEGUN RIESGO

Si bien es deseable la no ocurrencia de accidentes, es reconocido el hecho de que las características socio-culturales de los conductores, las condiciones generales del medio en el cual circulan y la tipología del parque automotriz, lleva a que exista un rango normal de ocurrencias, dentro del cual el camino en estudio no debería ser tratado en forma especial respecto de este tema. Por otro lado, si se detectan índices superiores a los normales, debe efectuarse alguna acción tendiente a reducir el número de ocurrencias o su gravedad.

De esta manera, es necesario clasificar el camino de acuerdo al riesgo que presenta, dado éste por los niveles de accidentes y su gravedad, dentro de cierto lapso de tiempo.

Esta tarea de clasificación, será lo primero que se realizará en un estudio de seguridad, y deberá efectuarse preferentemente en la etapa de Perfil empleándose información agregada de accidentes. Ella, determinará el tipo de análisis que se deberá hacer en la etapa de Prefactibilidad.

Para esto, será necesario determinar dos parámetros: la tasa media anual de ocurrencias y la distribución espacial de los accidentes. De su comparación con los valores estimados como normales, se clasificará el camino en los niveles **normal**, de **riesgo** y de **alto riesgo**.

1.410.401 Tasa Media Anual de Accidentes

Las tasas medias anuales que representan el nivel "normal" de ocurrencias, están dadas por relaciones accidentes-flujo típicas para el caso nacional. Se considerarán como tales, los valores de la tabla 1.410.3(A) para vías interurbanas.

Superados éstos, el camino puede considerarse de riesgo o de alto riesgo, dependiendo del resultado del indicador de distribución espacial.

1.410.402 Distribución Espacial de Accidentes

El segundo parámetro que caracteriza el riesgo de un camino corresponde al grado de concentración que presentan los accidentes dentro de él. Está directamente asociado a la factibilidad de determinar acciones tendientes a la reducción de accidentes por una parte y por otra realizar la estimación de los impactos que determinado proyecto tendrá.

Se considerará que existe concentración espacial, cuando dentro de un tramo del camino, exista un número de ocurrencias superior a **4 accidentes por año**. Este número, permite efectuar algún tipo de análisis e intentar determinar patrones comunes entre accidentes.

1.410.403 Clasificación de Proyectos

De acuerdo a los parámetros anteriores de tasa media anual y distribución espacial, la clasificación de un camino, según el riesgo de ocurrencia de accidentes en él, corresponde a:

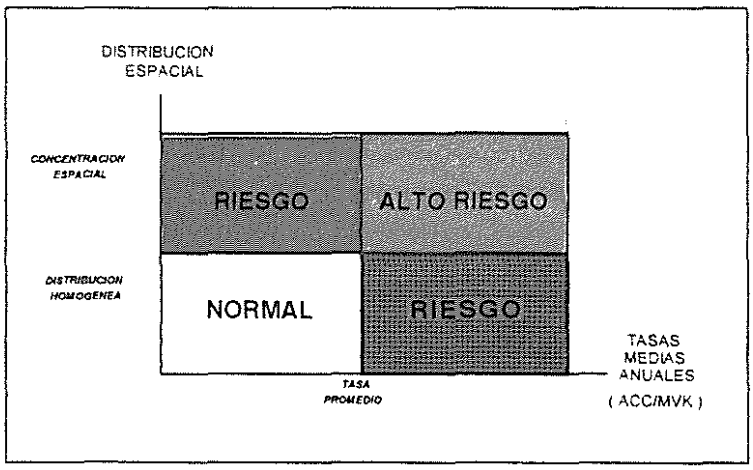
i) Normal: Tasas anuales inferiores a los valores medios presentados en la tabla 1.410.3(A) y no se considere que exista concentración espacial.

ii) Riesgo: Tasas anuales superiores a los valores de la tabla 1.410.3(A) y no se identifique concentración espacial. También, aquellos casos en que estando bajo las tasas medias, se verifique que existe concentración espacial.

iii) Alto Riesgo: Tasas anuales superiores a los valores medios de la tabla 1.410.3(A) y además se considere que existe concentración espacial.

En la Figura N°1.410.403 (A) se presenta en forma gráfica la clasificación.

FIGURA N°1.410.403 (A)
CLASIFICACION DE PROYECTOS SEGUN RIESGO



1.410.5 ANALISIS DETALLADO DE ACCIDENTES

Un accidente de tránsito es la confluencia, en forma única, de una serie de factores o elementos que llevan a que uno o más conductores no respondan en forma adecuada a las condiciones impuestas por el medio.

Estos factores no afectan por igual a todos los usuarios, lo que confirma el hecho de que no todos los que hacen uso de la vialidad protagonizan accidentes o fallan ante las condiciones que se les presentan.

Por otro lado, cualquier alteración o cambio de uno o varios de estos factores, puede conducir a que el usuario no tenga el accidente o bien la gravedad o consecuencias del mismo varíen.

El método detallado de análisis, se basa en la búsqueda de aquellos factores que, dentro de la unicidad de cada ocurrencia, presenten cierta frecuencia o sean comunes dentro de los accidentes. La existencia y detección de estos factores, conduce a que al actuar sobre ellos se incida sobre la totalidad de los accidentes que los presenten.

La búsqueda se realiza mediante el examen exhaustivo de la accidentabilidad histórica sobre un período mínimo de tres años. El análisis consiste en el desglose da cada ocurrencia en los factores que la caracterizan. Así, efectuando esta labor sobre la totalidad de los casos, es posible identificar los factores comunes que presenten.

La identificación de ellos permite saber sobre que elementos se debe actuar para reducir las tasas actuales de accidentes y/o la gravedad de los mismos, y por otra parte estimar ante un proyecto dado, que incidencia tendrá sobre la accidentabilidad.

El análisis detallado de accidentes se realizará sólo para aquel sector o camino clasificado como de riesgo o de alto riesgo.

Si este es clasificado como de **alto riesgo** el estudio de accidentes se deberá efectuar durante la etapa de diagnóstico y como parte de la etapa de diseño, de forma de aportar información al proyectista y éste pueda incorporar dentro de las alternativas de proyecto contramedidas que tiendan a reducir las ocurrencias y/o su gravedad. En este caso, el estudio efectuado en la etapa de diseño, servirá de entrada para el proceso de estimación de impactos.

Si es clasificado como de **riesgo**, el estudio se puede retrasar y estará dirigido al análisis de cuales serán los factores sobre los que incidirán las alternativas de proyecto y que impacto tendrán éstas sobre la accidentabilidad.

Para los dos casos anteriores, la metodología o secuencia de análisis será la misma en la búsqueda de los factores comunes.

1.410.501 Información Requerida

Para el desarrollo del estudio detallado, se deberán efectuar los estudios de base señalados en el tópico 1.307.4.

1.410.502 Análisis Preliminar

Se denomina análisis preliminar a la etapa de procesamiento de los antecedentes recopilados. Esto consiste en presentar y manejar la información de manera tal, que puede ser fácilmente analizada y sea posible generar estadísticas complementarias, para las etapas posteriores de estimación de impactos y de evaluación.

Esto, si bien depende del criterio del analista, se deben uniformar criterios de presentación, para el uso posterior de la información en otros estudios.

La presentación se realiza en dos modalidades complementarias y no excluyentes, que corresponden a:

(1) Diagrama de Accidentes

Corresponde a la representación gráfica de las tipologías de accidentes y sus frecuencias, mediante el dibujo de ellas sobre un diagrama o plano representativo del camino, tramo o punto de él. Esto permite caracterizar espacialmente los accidentes, detectándose tipologías comunes o puntos específicos de ocurrencia.

La Figura N°1.410.502 (A) presenta un diagrama de ocurrencias tipo.

(2) Matrices de Análisis

Corresponden a un resumen gráfico de los principales factores que caracterizan a los accidentes. En ellas, cada accidente es desglosado en sus componentes básicas y llevadas a un formato tipo matriz, en el cual cada columna corresponde a una ocurrencia y cada fila a un factor o elemento. El nivel de información que es posible representar con estas matrices dependerá de la calidad y detalle de la información recopilada.

Los principales elementos a considerar corresponden a:

- Gravedad
- Tipología detallada
- Causas reportadas
- Caracterización del medio, estado del tiempo, estado de la carpeta, iluminación, visibilidad, etc.
- Hora de ocurrencia
- Otros elementos de interés presentes

Estas matrices, se acompañan de cuadros estadísticos y/o resúmenes anexos, con información adicional sobre tipología de vehículos, detalle de lesiones, etc..

En la Figura N°1.410.502 (B) se ilustra una matriz de análisis tipo.

FIGURA N°1.410.502 (A)
DIAGRAMA TIPO DE OCURRENCIAS DE ACCIDENTES

LAMINA 1.411.502 (1) DIAGRAMA DE OCURRENCIA DE ACCIDENTES

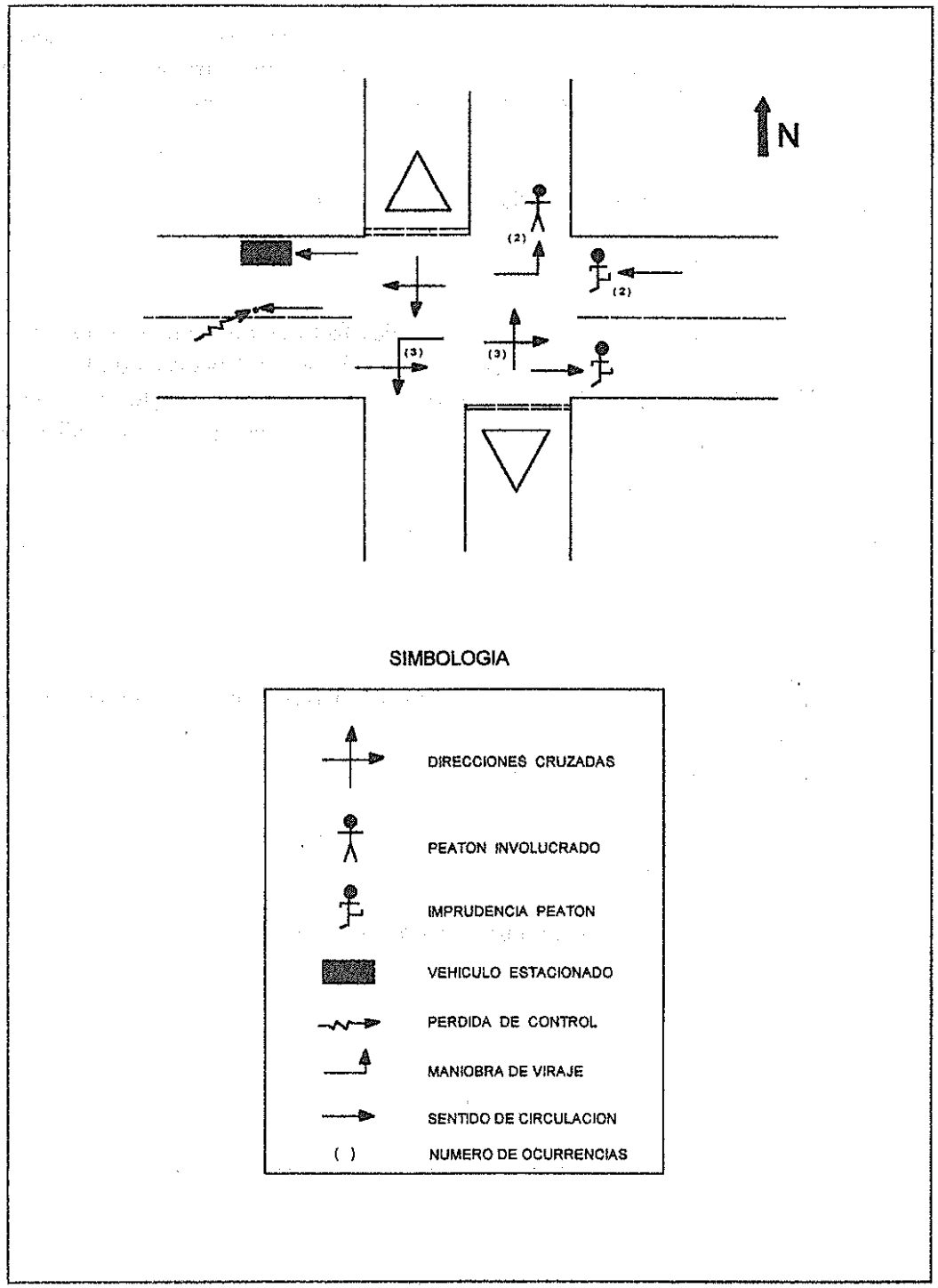


FIGURA N°1.410.502 (B)

MATRIZ TIPO DE ANALISIS DE ACCIDENTES

LAMINA 1.411.502 (2) MATRIZ DE ANALISIS DE ACCIDENTES

TRAMO : km 1.345 a km 1.405 (INTERSECCION 11)

PERIODO : 01/01/85 al 31/12/89

IDENT.ACCIDENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
GRAVEDAD	MG	M	M	G	SL	MG	M	M	G	MG	L	L	G	MG
PEATON INVOLUCRADO			✓				✓	✓	✓				✓	
ANGULO RECTO	✓			✓		✓						✓		
VIRAJE IZQUIERDA					✓						✓			✓
FRONTAL		✓												
UN VEHIC.INVOLUC.			✓				✓	✓	✓	✓			✓	
VEHICULO ESTACIO.										■				
PERDIDA CONTROL		✓												
MANEJO DESCUIDADO		✓					✓	✓					✓	
MAN.BAJ.ALCOHOL	✓	✓					✓	✓						
IMPRUD.PEATON			✓				✓	✓						
PEATON EBRIO			✓											
SEÑALIZACION	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NEBLINA		✓								✓				
LLOVIENDO				✓				✓	✓					
OBSCURIDAD	✓					✓						✓		
VISUAL LIMITADA	✓			✓		✓						✓		
UB.ANTES INTERSEC.			✓					✓						
UB.DENTRO INTERSEC.	✓			✓	✓	✓					✓	✓		✓
UB.PASADO INTERSEC.		✓					✓		✓	✓			✓	
16:00 - 19:00			✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	
21:00 - 24:00		✓			✓						✓			✓
24:00 - 07:00	✓					✓						✓		

RESTO INFORMACION

IDENTIFIC. ACCIDENTE	NUMERO FORMUL.	FECHA ACC.	NUMERO VEHS	NUMERO LESION.	TIPO DE VEHICULO VEH. A	VEH.B	VEH.C
1	4	23/02/86	2	3	AUTO	AUTO	
2	8	12/07/86	2	4	AUTO	BUS	
3	7	25/08/86	1	1	CAMION		
4	12	01/03/87	2	1	AUTO	AUTO	
5	25	25/03/87	2	0	AUTO	AUTO	
6	32	12/05/87	1	2	AUTO		
7	24	15/06/87	1	1	BUS		
8	38	11/08/88	1	1	2 RUEDAS		
9	42	06/07/88	1	1	AUTO		
10	51	29/07/88	2	1	AUTO	AUTO	
11	63	30/12/88	2	2	AUTO	BUS	
12	65	25/06/89	2	3	AUTO	AUTO	
13	67	14/09/89	1	1	BUS		
14	72	01/12/89	2	1	CAMION	CAMION	

1.410.503 Determinación de Patrones o Elementos Comunes

Esta tarea se realiza mediante el análisis de los elementos de presentación señalados. Sobre ellos se efectúan trabajos de agregación, reducción o ampliación de los factores considerados, de forma de ir definiendo y seleccionando aquellos que se identifican como comunes a varios o a la mayoría de los accidentes.

Como este análisis, está destinado a la estimación de impactos sobre la accidentabilidad provocado por alternativas de proyecto específicas, bastará con agrupar los accidentes con características más o menos comunes de forma de simplificar la tarea de estimación.

Análisis más profundos, enfocados a determinar causalidades asociadas a aspectos físicos-operativos, permitirán afinar la estimación, al estudiar si las alternativas propuestas modifican estos aspectos deficitarios. Esto, puede requerir herramientas complementarias como estudios de conflictos, entrevistas a lugareños, etc..

Conviene señalar que este proceso no posee, en general, pautas rígidas en cuanto a su realización, dependiendo fuertemente su éxito, de la capacidad y experiencia del analista.

1.410.504 Métodos complementarios de Análisis

En casos especiales, en que el camino posea tasas elevadas de accidentes o índices de gravedad muy serios, y no sea clara la determinación de causalidades con la información disponible, se puede recurrir a antecedentes complementarios que aumenten los elementos de análisis. Análisis de conflictos, entrevistas a lugareños y estudios técnicos de Carabineros, son algunas de las fuentes a considerar para ello.

(1) Análisis de conflictos

Corresponde a la observación en terreno por parte del especialista, de maniobras, velocidades, posición, etc., de vehículos y objetos en el camino, a partir de los cuales se generan situaciones de conflicto que presentan diferentes grados de riesgo. De ellas, surgen maniobras evasivas cuya consecuencia es finalmente la ocurrencia o no de un accidente.

Esto permite determinar acciones o elementos no reportados en los partes policiales y que pueden dar claridad sobre la causalidad de la ocurrencia de accidentes.

(2) Entrevista a Lugareños

Se entrevista a los usuarios y/o personas que habitan o trabajan en el área, en términos de inferir elementos o detalles que no reporten los partes policiales o los propios involucrados en accidentes no detectan.

Por ejemplo, preguntas del tipo: velocidades de circulación, problemas de bloqueo, iluminación, claridad de las señales, operación de locales comerciales, etc., pueden dar mayores luces al estudio.

Esta tarea debe ser efectuada o dirigida por el analista, de forma de encauzar las entrevistas hacia los objetivos deseados en forma eficiente.

(3) Estudios Técnicos de Carabineros

Una buena fuente de antecedentes, aún cuando de baja cobertura, corresponde a los estudios realizados por Carabineros de Chile, a través de la 33a. Comisaría de Investigación de Accidentes en el Tránsito (CIAT) y la Subcomisaría de Investigación de Accidentes en el Tránsito de Valparaíso (SIAT). Ellas elaboran informes técnicos correspondientes a los accidentes con lesionados graves o muertos a los que le ha tocado concurrir.

La información contenida en estos informes técnicos puede ser de utilidad para aportar nuevos antecedentes al análisis.

1.410.505 Determinación de Impactos

Esta tarea esta dirigida a identificar qué tipo de accidente, cuántos y en qué forma, se verán afectados con las alternativas de proyecto planteadas y/o contramedidas incorporadas en él.

Para caminos clasificados como normal o de riesgo, el esfuerzo estará dirigido, por una parte a verificar que el diseño no vaya a contener elementos que atenten contra la seguridad y por otra determinar a qué accidentes de los actualmente presentes afectará.

Para el primer tipo (normal), se emplearán cifras agregadas, adoptándose los mismos criterios señalados para la etapa de perfil en el tópico 1.410.2. En el segundo (de riesgo), se basará en el análisis detallado de accidentes efectuado.

En caminos de alto riesgo, parte de esta labor, específicamente la concerniente al impacto de las contramedidas surgirá directamente del análisis que condujo a su proposición en la etapa de diseño, complementándose con el estudio de impacto del resto del proyecto similar al del caso de un camino sólo de riesgo.

Para desarrollar esta tarea, se requiere conocer como varían las tasas de accidentes, para distintos proyectos o contramedidas en forma específica. La falta de estudios a nivel nacional a este respecto, lleva a que sea el analista quién deba efectuar estimaciones de estos impactos, basado en el estudio realizado o bien, adaptando criteriosamente información sobre el tema reportada en estudios anteriores.

Así, a modo de ejemplo, en la habilitación de una doble calzada con bandejón puede considerarse que los accidentes frontales se reducen en un 100%, pero si es sin bandejón, la tasa de reducción no resulta tan clara y deberá ser propuesta por el analista. De la misma manera, la habilitación de una ciclovía permite estimar una reducción de un 100% de los accidentes con ciclistas involucrados en un tramo de vía, pero si ésta no es segregada, la reducción aparece más incierta, volviendo su estimación al criterio del analista.

SECCION 1.411 HERRAMIENTAS METODOLOGICAS GENERALES

1.411.1 ASPECTOS GENERALES

Esta sección ha sido incorporada como ayuda a los lectores no familiarizados con ciertos aspectos teóricos utilizados en otras secciones del Manual.

La sección ha sido dividida en ocho tópicos. El tópico 1.411.2 presenta la teoría de la utilidad aleatoria, la cual es la base de la formulación de modelos desagregados de demanda, los cuales son empleados en la estimación de modelos de partición modal y de elección de ruta. El tópico 1.411.3 presenta la técnica de máxima verosimilitud, la cual es la técnica usual para la estimación de modelos desagregados de demanda; adicionalmente, presenta los indicadores de bondad de ajuste de los modelos así estimados. El tópico 1.411.4 versa sobre el diseño y la validación interna de los experimentos de preferencias declaradas, mediante los cuales es posible estimar modelos desagregados de elección, tales como modelos de partición modal y de elección de ruta, entre otros. En el tópico 1.411.5 se presentan aspectos teóricos relacionados con la propagación de errores en la estimación de parámetros. El tópico 1.411.6 ilustra los fundamentos del muestreo, los cuales permiten determinar los tamaños de muestra mínimos para encuestas origen-destino, de preferencias reveladas y declaradas. Por último en los tópicos 1.411.7 y 1.411.8, se presentan las técnicas de ajuste de curvas de series de tiempo y regresión múltiple.

1.411.2 TEORIA DE LA UTILIDAD ALEATORIA

Uno de los principales problemas que surgen cuando se quiere analizar alternativas de proyecto dirigidas a modificar el sistema de transporte, corresponde a la predicción del comportamiento de los usuarios. Este acápite esta orientado a establecer los aspectos teóricos y prácticos que deben ser considerados para poder abordar este problema mediante la modelación de la demanda con modelos de elección discreta.

El éxito de la modelación del comportamiento de los usuarios de transporte mediante modelos de elección discreta, se sustenta en una adecuada representación de sus criterios de elección. Tomando en consideración que la elección es el resultado de una comparación entre alternativas discretas, los modelos desagregados basados en la teoría de la utilidad aleatoria postulan que "la probabilidad de que un usuario escoja una opción, es función de sus propias características y de lo atractivo que resulte dicha alternativa en comparación con las restantes".

Para representar la atractividad de las alternativas, se suele utilizar el concepto de **utilidad** (que se define en forma tautológica como lo que el individuo desea maximizar), cuya componente **observable** y modelable generalmente se define como una combinación lineal de variables asociadas a los gustos y preferencias. Estos modelos, se calibran usando observaciones de la conducta de los usuarios como datos de entrada. Esta característica tiene las siguientes implicancias:

- Los modelos de elección discreta pueden ser más eficientes en el uso de información que los modelos convencionales; al ocupar a cada individuo como una observación, requieren menor cantidad de datos. En modelos agregados, una observación es un promedio de muchos datos individuales.

- Al utilizar datos individuales, se ocupa toda la variabilidad inherente a la información.

- Estos modelos tienen menor probabilidad de sesgos debido a las correlaciones entre unidades agregadas. Un grave peligro de agregar información, es que la conducta individual puede ser ocultada por características no identificadas. Por ejemplo, aquella asociada a la zona; conocida como "falacia ecológica".

Debido a que los modelos de elección discreta son probabilísticos, en otras palabras, entregan la probabilidad de escoger cada alternativa y no indican cual es elegida, se debe hacer uso de conceptos probabilísticos básicos, tales como la media y la probabilidad conjunta, para realizar las predicciones.

Por otra parte, a las variables explicativas de los modelos, se les calibran coeficientes en forma explícita y, en principio, las funciones de utilidad permiten cualquier número y formulación de las variables explicativas, a diferencia de la función de costo generalizado que es limitada y posee parámetros prefijados (asociados al consumo de recursos). Debido a esta característica, los modelos permiten una representación más flexible de las variables que sean consideradas relevantes para cada estudio. Además, los parámetros tienen una interpretación directa en términos de determinar la importancia relativa de cada atributo en la elección.

Las alternativas que tiene cada individuo pueden ser definidas como un conjunto discreto de posibilidades de elección. De esta forma, su comportamiento puede ser descrito mediante un modelo de elección discreta basado en la teoría de la utilidad aleatoria, que considera los siguientes supuestos:

- Los usuarios eligen la alternativa en forma racional, es decir, siempre escogen aquella que maximice su utilidad individual, bajo ciertas restricciones ambientales que pueden ser de tipo legal, social, físicas o presupuestarias (en tiempo o dinero).

- Existe un conjunto de vectores de características o atributos medibles (**X**), tanto de los usuarios como para las alternativas. Por lo tanto, un usuario se verá enfrentado a un conjunto de alternativas disponibles $\mathbf{A} = \{A_1,...,A_i,...,A_N\}$, cada una de las cuales puede ser representada mediante un vector $x_i \varepsilon \mathbf{X}$.

- Cada alternativa $A_i \varepsilon \mathbf{A}$ tiene asociada una utilidad para los usuarios, que se puede descomponer en dos partes: Una componente denominada observable o representativa,

- V_i, medible en función de los atributos considerados x. La otra componente, denominada error aleatorio, ε_i, refleja la variabilidad aleatoria involucrada en la elección de los usuarios, además de asumir los errores de medición, de observación por parte del modelador y los errores de especificación.

En base a estos supuestos, la función de utilidad queda representada por la siguiente expresión:

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \qquad 1.411.2\ (A)$$

El usuario escogerá aquella alternativa que maximice su utilidad, es decir, escogerá A_i si se cumple que

$$U_i \geq U_j \, , \, \forall \, A_j \, \varepsilon \, A \qquad 1.411.2 \text{ (B)}$$

o equivalentemente,

$$V_i - V_j \geq \varepsilon_j - \varepsilon_i \qquad 1.411.2 \text{ (C)}$$

donde $(\varepsilon_j - \varepsilon_i)$ corresponde a una variable aleatoria y por lo tanto desconocida, por lo cual, no se puede asegurar con certeza si la desigualdad anterior es verdadera, debiendo tratarse en términos probabilísticos. En este sentido, la probabilidad de escoger la alternativa A_i está dada por:

$$P_i = \text{Prob} \, \{(\varepsilon_j - \varepsilon_i) \leq (V_i - V_j) \, , \, \forall \, A_j \, \varepsilon \, A\} \qquad 1.411.2 \text{ (D)}$$

La forma funcional que adquiere la expresión anterior depende exclusivamente de la distribución del término aleatorio ε. El modelo más simple y a la vez el más utilizado considera que las variables aleatorias ε son independientes e idénticamente distribuidas, con igual varianza, de tal forma que:

$$Prob(\varepsilon \leq x) = e^{-e^{x}} \qquad 1.411.2 \text{ (E)}$$

A partir de esta distribución de los errores, se deduce el conocido Modelo Logit Multinomial, donde la probabilidad P_{ik} de que el individuo **k** escoja la alternativa A_i, dentro de su conjunto de alternativas disponibles **A(k)**, queda dada por la siguiente expresión:

$$P_{ik} = \frac{e^{\lambda \times V_{ik}}}{\sum_{A_j \, \varepsilon A(k)} e^{\lambda \times V_{jk}}} \qquad 1.411.2 \text{ (F)}$$

Donde el coeficiente λ es conocido como el factor de escala.

1.411.201 El Modelo Logit Simple

Este modelo supone que los errores estocásticos son independientes e idénticamente distribuidos (IID) Gumbel, con media cero y varianza σ^2. Además, el modelo asume total independencia entre las alternativas disponibles, esto es, no hay correlación entre las alternativas que los usuarios pueden escoger.

La forma recomendada para la utilidad representativa V_{ik}, es la expresión lineal,

$$V_{ik} = \sum_q \theta_{iqk} \times x_{iq} + x_{i0} \qquad 1.411.2 \text{ (G)}$$

donde θ_{iq} son parámetros obtenidos de un proceso de calibración consistente en ajustar los resultados del modelo a un conjunto de observaciones de una muestra de usuarios representativos de un segmento de la población de interés. A su vez, x_{iqk} representa el valor del atributo **q** de la alternativa **i** para el

usuario **k**. x_{i0} es una constante específica que representa la influencia neta de todas aquellas características no observadas o no incluidas en forma explícita en la utilidad de cada alternativa.

Los parámetros θ_{iq} se estiman mediante el método de máxima verosimilitud, descrito en acápite 1.411.3.

1.411.202 El Modelo Logit Jerárquico

Tal como se describió anteriormente, el modelo logit simple considera que todas las alternativas son independientes, lo cual en casos prácticos puede ser bastante poco común puesto que típicamente habrá grupos de alternativas que están muy correlacionadas entre sí, en cuyo caso debe utilizarse un modelo matemático que sea capaz de considerar estos efectos.

Uno de los modelos más populares que se han utilizado para abordar este tipo de situación es el modelo logit jerárquico, el cual se describe a continuación para una elección simultánea de modo y destino de viaje.

La función de utilidad en este caso posee la siguiente estructura:

$$U_{dm} = V_d + V_m + V_{dm} + \varepsilon_d + \varepsilon_m + \varepsilon_{dm}, \quad \forall\, d,m \in C_n \qquad 1.411.202\ (A)$$

donde:

- V_m y V_d son componentes sistemáticas que dependen exclusivamente de las características de los modos (por ejemplo, disponibilidad de asiento, tiempo de espera) o de los destinos (por ejemplo, actividad en el destino),

- V_{dm} es una componente sistemática que contiene los atributos comunes a la elección modo-destino (por ejemplo, tiempo de viaje), recogiendo la correlación entre las alternativas,

- ε_m, ε_d son componentes estocásticas asociadas exclusivamente a destino y modo,

- ε_{dm} la componente aleatoria conjunta, y

- C_n, conjunto de alternativas disponibles.

Los supuestos necesarios para derivar un modelo logit jerárquico son los siguientes:

- $Var(\varepsilon_d)=0$ o bien $Var(\varepsilon_m)=0$, o que son despreciables. Si se asume la primera expresión se puede reescribir:

$$U_{dm} = V_d + V_m + V_{dm} + \varepsilon_m + \varepsilon_{dm}, \quad \forall\, d,m \in C_n \qquad 1.411.202\ (B)$$

A partir de esto se supone que:

- ε_m y ε_{dm} se distribuyen en forma independiente,

- ε_{dm} se distribuye IID Gumbel con factor de escala μ^d,

- ε_m se distribuye tal que el máximo es Gumbel con parámetro μ^m

En base a estos supuestos es posible derivar la siguiente expresión para la probabilidad marginal de elegir un modo m, si $Var(\varepsilon_d)=0$:

$$P_n(m) = \frac{e^{\mu^m(V_m+V_m^*)}}{\sum_{m' \in M_d} e^{\mu^m(V_{m'}+V_{m'}^*)}} \qquad 1.411.202\ (C)$$

Donde D_m es el conjunto de destinos disponibles para el modo m y V_m^* es la utilidad máxima esperada (EMU) entre los modos disponibles, cuya formulación es la siguiente:

$$V_m^* = \frac{1}{\mu_d} \ln \sum_{d \in D_m} e^{\mu^d(V_d+V_{dm})} \qquad 1.411.202\ (D)$$

De igual manera se puede obtener una expresión para la probabilidad condicional de elegir el destino d, dado que ya se escogió el modo m,

$$P_n(d/m) = \frac{e^{\mu^d(V_d+V_{dm})}}{\sum_{d' \in D_{nm}} e^{\mu^d(V_{d'}+V_{d'm})}} \qquad 1.411.202\ (E)$$

Donde D_{nm} es el conjunto de alternativas de destino disponibles para el individuo n, dado que escogió el modo m.

Luego, la probabilidad de que un individuo n escoja la alternativa (d,m) estará dada por el producto entre la probabilidad marginal de elegir el modo m ($P_n(m)$) y la probabilidad condicional de elegir el destino d, dado que ya escogió el modo m ($P_n(d/m)$).

La suposición que $Var(\varepsilon_d)=0$, implica suponer que m es el nodo superior en la estructura jerárquica y d es el nido inferior. En forma alternativa se puede derivar la estructura inversa suponiendo que $Var(\varepsilon_m)=0$. Sin embargo, el proceso de estimación indicará cual es la estructura de decisiones más adecuada o bien, si se debe optar por una estructura multinomial.

La calibración de un modelo logit jerárquico puede ser simultánea o secuencial, dependiendo de la disponibilidad de software de estimación especializado. En el caso secuencial inicialmente se estiman modelos simples para las alternativas incluidas en un nido, omitiendo todas aquellas variables (W) que tengan el mismo valor en el nido. Dichas variables deben ser introducidas o reintegradas posteriormente en la jerarquía superior.

La introducción del nido inferior en la jerarquía superior se hace a través de la alternativa compuesta, a la cual se asocia una utilidad representativa de todo el nido, que tiene dos componentes:

- El **EMU**, que considera como variable el valor esperado de la utilidad máxima entre las alternativas incluidas en el nido ($A^1(k)$), y

- otra que considera el vector **W** de los atributos comunes a todos los miembros del nido.

La utilidad compuesta del nido viene dada por:

$$\hat{U}_i = \phi \times EMU + \alpha \times W \qquad 1.411.202\ (F)$$

donde ϕ y α son parámetros a estimar. En este caso el valor de ϕ se estima y es equivalente en la formulación anterior a μ_m/μ_d.

Posteriormente, en el nivel jerárquico superior se debe estimar otro modelo logit simple que incluya la alternativa compuesta y al resto de las alternativas no contenidas en el nido inferior.

Finalmente, la probabilidad de que un individuo **k** escoja la alternativa $A_j \in A^1(k)$, viene dada por el producto de la probabilidad marginal de que éste elija la alternativa compuesta, en el nido superior, y la probabilidad condicional de que elija A_j, en la jerarquía inferior, dado que escogió la alternativa compuesta.

FIGURA N°1.411.202 (A)
EJEMPLO DE ESTRUCTURA JERARQUICA EN ELECCION DE RUTAS

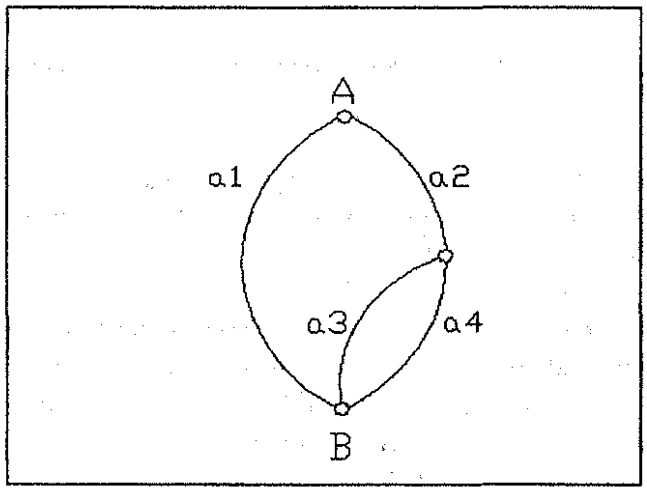
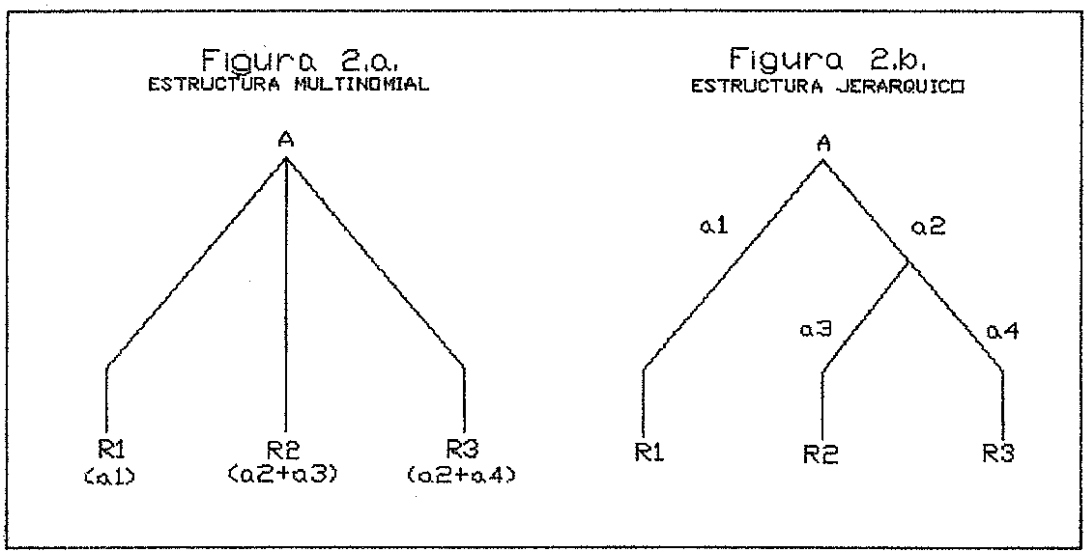


FIGURA N°1.411.202 (B
ESTRUCTURAS DE DECISION MULTINOMIAL Y JERARQUICA



Una de las aplicaciones más frecuentes del modelo jerárquico es en la elección de ruta. A modo de ejemplo se presenta la red de la Figura N°1.411.202 (A)

En esta red un usuario desea viajar entre A y B. Para esto dispone de tres rutas: la ruta R1 compuesta por el arco a1, la ruta R2 comprendida por los arcos a2 y a3, y la ruta R3, con los arcos a2 y a4. En base a estas alternativas es posible plantear dos estructuras de decisión: multinomial y jerárquica, como se ve en la Figura N°1.411.202 (B).

En el caso multinomial, la probabilidad de escoger la ruta R_i tiene la siguiente expresión:

$$P(Ri) = \frac{e^{\lambda U_{Ri}}}{\sum_{j=1}^{3} e^{\lambda U_{Rj}}} \qquad 1.411.202\ (G)$$

Donde λ es el factor de escala del modelo y las utilidades de cada ruta son: $U_{R1} = U_{a1}$; $U_{R2} = U_{a2}+U_{a3}$; $U_{R3} = U_{a2}+U_{a4}$.

Luego si se toma $U_{a1}=10$, $U_{a2}=U_{a3}=U_{a4}=5$ y $\lambda=1$, la probabilidad de elegir cada ruta será 1/3.

Sin embargo, en dicho enfoque no se ha tomado en cuenta que el arco a2 es común a las alternativas R2 y R3, es decir, existe correlación entre esas alternativas. Esto puede ser tratado mediante una estructura jerárquica de decisiones como la figura N°1.411.202. Para esto se debe estimar la probabilidad marginal de escoger entre los arcos a1 y a2 cuya formulación será en cada caso:

$$p(a1) = \frac{e^{\lambda U_{a1}}}{e^{\lambda U_{a1}} + e^{\lambda (U_{a2}+U_{a3}^{*})}}, \qquad p(a2) = \frac{e^{\lambda (U_{a2}+U_{a3}^{*})}}{e^{\lambda U_{a1}} + e^{\lambda (U_{a2}+U_{a3}^{*})}} \qquad 1.411.202\ (H)$$

Por otra parte, probabilidad condicional de escoger entre los arcos a3 y a4,dado que se escogió el arco a2 tiene la siguiente expresión:

$$p(a3 / a2) = \frac{e^{\mu U_{a3}}}{e^{\mu U_{a3}} + e^{\mu U_{a4}}} \quad ; \quad p(a4 / a2) = \frac{e^{\mu U_{a4}}}{e^{\mu U_{a3}} + e^{\mu U_{a4}}} \qquad 1.411.202\ (I)$$

Luego, los factores de escala λ=1 y μ=2, lo cual indica que existe un distinto nivel de jerarquía entre la ambas elecciones y los valores de las utilidades de los arcos antes mencionados, se tiene:

U^*_{a2}	=	5,4
p(a1)	=	41,4%
p(a2)	=	58,6%
P(a3/a2)	=	50,0%
P(a4/a2)	=	50,0%

Lo que implica:

p(r1)	=	p(a1)	=	41,4%
p(r2)	=	p(a2)·P(a3/a2)	=	29,3%
p(r3)	=	p(a2)·P(a4/a2)	=	29,3%

Es decir, al reconocer que existe una cierta correlación entre las alternativas r2 y r3, o bien, que en cierta medida ambas rutas son similares, la probabilidad de escogerlas disminuye.

1.411.3 TECNICA DE MAXIMA VEROSIMILITUD

La calibración de los modelos desagregados de demanda se realiza utilizando la técnica de máxima verosimilitud, la cual trabaja con la probabilidad de obtener **Q** elecciones independientes, $\mathbf{c_k}$, **k=1,...,Q**, dado un modelo de probabilidades individuales $\mathbf{P(c_k,\theta)}$, donde θ representa el vector de parámetros involucrados en el modelo. De esta forma, la probabilidad de obtener las observaciones $\mathbf{c_1}$, $\mathbf{c_2}$,..., $\mathbf{c_k}$, queda expresada como:

$$L(c_1, c_2, \ldots, c_q) = \prod_{q=1}^{Q} P(c_q, \theta) \qquad 1.411.3\ (A)$$

Esta función puede ser utilizada para calcular probabilidades de elección, dado el valor de los parámetros θ, o para estimar el vector de parámetros con datos individuales de elección. Cuando **L** es definida en términos de θ con datos observados $\mathbf{c_k}$, **k=1,...,Q**, se denomina "función de verosimilitud", abreviada $\mathbf{L(\theta)}$. Sin embargo, para efectos de la estimación de los parámetros se utiliza la función log-verosimilitud, $\mathbf{l(\theta)= Ln(L(\theta))}$, cuyo máximo es el mismo de la función original dado que **Ln(·)** es monótonamente creciente.

En el caso de modelos logit multinomial, la probabilidad de elegir la alternativa $\mathbf{A_i}$, entre el conjunto de alternativas disponibles **A(k)**, está dada por $\mathbf{P_i(A(k),\theta)}$. De esta forma, las funciones de verosimilitud y log-verosimilitud pueden ser escritas como:

$$L(\theta) = \prod_{k=1}^{Q} \left\{ \prod_{A_j \, \varepsilon A(k)} P_j\left(A(k),\theta\right)^{G_{jk}} \right\} \qquad 1.411.3\ (B)$$

$$l(\theta) = \sum_{k=1}^{Q} \sum_{A_j \, \varepsilon A(k)} \ln \; P_j\left(A(k),\theta\right) \times \; G_{jk} \qquad 1.411.3\ (C)$$

donde G_{jk} es igual a 1 si la alternativa A_j es elegida en la observación **q**, en otro caso su valor es 0.

A partir de $L(\theta)$ es posible encontrar un único vector θ_r, que maximiza $l(\theta_r)$ y, por lo tanto, también $L(\theta_r)$. Este vector es un estimador asintóticamente eficiente de θ y se distribuye asintóticamente Normal, $N(\theta,V)$, con **V** definido según la expresión siguiente:

$$V = -\left\{E\left(\frac{\partial^2 l(\theta)}{\partial\theta^2}\right)\right\}^{-1} \qquad 1.411.3\ (D)$$

donde $E(\cdot)$ corresponde al valor esperado del término entre paréntesis.

Por otro lado $-2 \cdot l(\theta)$ es asintóticamente distribuido χ^2 (Chi-Cuadrado), con **Q** grados de libertad. Esto significa que el vector θ_r, a pesar de ser un buen estimador, para muestras pequeñas (Q pequeño) puede ser estimado con sesgos.

A modo de ejemplo, se dispone de la siguiente muestra de tres observaciones de la elección entre dos alternativas, cada una compuesta por un sólo atributo,

CUADRO N°1.411.3 (A)
EJEMPLO DE MUESTRA DE ELECCIONES

Observación	Elección	x1	x2
1	1	5	3
2	1	1	2
3	2	3	4

El modelo a estimar presenta la siguiente expresión:

$$P(A_1) = \frac{e^{\theta x_1}}{e^{\theta x_1} + e^{\theta x_2}}, \quad P(A_2) = \frac{e^{\theta x_2}}{e^{\theta x_1} + e^{\theta x_2}} \qquad 1.411.3\ (E)$$

Luego la función de verosimilitud para un valor cualquiera de θ es:

$$L(\theta) = P_{11} \times P_{12} \times P_{23} \;=\; \frac{e^{5\theta}}{e^{5\theta} + e^{3\theta}} \times \frac{e^{\theta}}{e^{\theta} + e^{2\theta}} \times \frac{e^{4\theta}}{e^{4\theta} + e^{3\theta}} \qquad 1.411.3\ (F)$$

por lo tanto, el logaritmo de la función de verosimilitud $l(\theta)$ será:

$$l(\theta) = 5\theta - \ln(e^{5\theta} + e^{3\theta}) + \theta - \ln(e^{\theta} + e^{2\theta}) + 4\theta - \ln(e^{4\theta} + e^{3\theta}) \qquad 1.411.3\ (G)$$

Maximizando esta función se tiene como solución al problema $\hat{\theta}$ =0,756.

Gracias a las propiedades de la técnica de máxima verosimilitud se pueden realizar numerosos test que permiten verificar la bondad de ajuste de los modelos calibrados. Entre estos se destacan:

(1) Test t, para la significancia de la componente q-ésima del vector θ_r.

Para testear si la componente q-ésima del vector θ_r, es decir, θ_r^q es significativamente distinto de cero, se recurre a la matriz de varianza-covarianza de los parámetros calibrados en los modelos (V_{ij}, con **i=1,2,...,n**; **j=1,2,..,n** y **n**=número de parámetros calibrados), considerando que si $\theta^q=0$, se cumple que $t=\theta_r^q/v_{qq}$ se distribuye Normal Estándar **N(0,1)**. De esta forma, para un nivel de confianza del 95%, si el valor absoluto de **t** es mayor que 1.96, se puede rechazar la hipótesis $\theta^q=0$ y por lo tanto aceptar que el factor del atributo **q** es significativo en la elección modal.

Por ejemplo, suponiendo que se dispone de un modelo de elección para el cual se han estimado parámetros y test estadísticos para el tiempo, tarifa y una variable muda para diferenciar el comportamiento entre hombres y mujeres.

Variable	Parámetro	Test-est
Tiempo	-0,03887	- 8,1
Tarifa	-0,00689	-11,8

Se puede apreciar que tanto el tiempo como la tarifa son mayores que 1,96, por lo tanto se puede aceptar la hipótesis de que el parámetro es significativamente distinto de cero para un 95% de confianza estadística, lo cual implica que los parámetros poseen un efecto significativo en la elección.

(2) Test de razón de verosimilitud.

Para testear si **q** componentes del vector θ_r son iguales a cero, se utilizan los resultados del log-verosimilitud obtenidos en la convergencia ($l^*(\cdot)$), del vector con todas las componentes y del vector restringido θq_r, sabiendo que **LR** = $-2(l^*(\theta q_r)-l^*(\theta_r))$ se distribuye asintóticamente χ^2 con **n-k** grados de libertad (donde **n** es el número de parámetros de θ_r y **k** es el número de parámetros de θq_r). De tal forma que si **LR** resulta ser mayor que el valor χ^2 con **n-k g.l.** se rechaza la hipótesis nula y se acepta que el modelo no restringido tiene mejor poder de predicción que el modelo restringido.

Particularmente, este test se aplica para comparar el poder predictivo de las variables involucradas en un modelo, de otro con sólo constantes, para lo cual se requiere conocer el log-verosimilitud de la convergencia con constantes ($l^*(C)$) y con todos los parámetros del modelo ($l^*(\theta_r)$), determinándose así la razón de verosimilitud, **LR(C)**.

Suponiendo que en el ejemplo del punto anterior se desea chequear la hipótesis de que la introducción de una variable muda que recoge diferencias de conducta entre hombres y mujeres posee un efecto significativo, es útil emplear el test de razón de verosimilitud.

Sea $l(\theta_R)$=-859,0 el logaritmo de verosimilitud para el modelo restringido (sin incluir la nueva variable) y sea $l(\theta_I)$=-825,1 el modelo irrestricto (incluyendo la variable sexo). Luego LR=-2·(-859,0+825,1)=33,9. Por otra parte, el valor de $\chi^2(95\%)$ para un grado de libertad (se introduce un parámetro) es de 3,84 menor a LR, por tanto se acepta la hipótesis que el modelo irrestricto posee mejor poder predictivo.

(3) Indice Rho-Cuadrado.

El índice Rho-cuadrado (ρ^2) es un coeficiente útil para analizar la bondad de ajuste de un modelo; al igual que otros indicadores similares, como el R^2 utilizado en mínimos cuadrados ordinarios, debe estar comprendido entre el valor 0 (sin ajuste) y 1 (ajuste perfecto). El ρ^2 está definido en términos del log-verosimilitud con constantes y el final ($l^*(C)$ y $l^*(\theta_r)$).

$$\rho^2 = 1 - \frac{l^*(\theta_r)}{l^*(C)} \qquad \text{1.411.3 (H)}$$

Cabe destacar, que un ρ^2 entre 0,2 y 0,4 pueden indicar excelentes ajustes y un valor entre 0,1 y 0,2 un ajuste razonable. Sin embargo, si el indicador es menor a 0,1 resulta necesario desarrollar especificaciones alternativas para mejorar el poder predictivo del modelo.

1.411.4 DISEÑO Y VALIDACION MODELO DE PREFERENCIAS DECLARADAS

1.411.401 Presentación de Alternativas

Dentro de las técnicas de preferencias declaradas existen tres enfoques principales para la presentación del conjunto de alternativas a los encuestados:

(1) Jerarquización o Ranking. En este método se le presenta al encuestado un conjunto de alternativas de transporte, solicitándole que las ordene de acuerdo con sus preferencias. Este tipo de experimento requiere que los encuestados realicen gran cantidad de comparaciones, por lo cual resulta sumamente cansador. Por otro lado, este ejercicio no corresponde al tipo de elecciones que los encuestados enfrentan en la realidad. La técnica de estimación de este experimento lo convierte en el más ineficiente desde el punto de vista del tiempo de analista requerido.

(2) Escalamiento o Rating. Este tipo de experimento requiere que los encuestados expresen su grado de preferencia de acuerdo a una escala numérica o semántica (tradicionalmente los puntos de la escala son del tipo "definitivamente escoge la opción A", "probablemente escoge la opción B" o "Cualquiera de las dos"). Este es el método más empleado en estudios de transporte, usando generalmente una escala de cinco puntos, en que la respuesta indica la probabilidad de elegir cada opción. Presenta la ventaja de ser una elección entre dos alternativas, en la que el encuestado puede dudar en caso de no estar muy seguro de su decisión.

(3) Elección o Choice. En este experimento el encuestado selecciona la alternativa más atractiva de entre dos opciones, sin posibilidad de dudar entre éstas. Este tipo de experimento es el más realista y sencillo entre los presentados, dado que la situación a la que comúnmente se ven enfrentados los viajeros consiste en seleccionar entre dos o más alternativas.

Se recomienda utilizar el método de escalamiento. Sin embargo, el tipo de diseño a emplear depende de las características particulares del estudio y de la familiaridad del analista con estos tipos de experimentos.

1.411.402 Selección de Valores para los Atributos

Para el diseño de experimentos de preferencias declaradas en estudios de transporte, generalmente se recurre al uso de dos tipos de técnicas, aquellas denominadas de diseños ortogonales y aquellas de valores frontera. El método más difundido es el de diseños ortogonales o factoriales, el cual asegura que los atributos presentados en las opciones varíen independientemente unos de otros. La ventaja de esta técnica es la sólida base estadística que la respalda (**Guide to Forecasting Travel Demand with Direct Utility Assessment, Kocur et al., 1982.**). Sin embargo, en ciertas condiciones, por ejemplo cuando existe correlación inevitable entre atributos, los diseños factoriales pueden resultar irrealistas para los encuestados, lo cual podría perjudicar la estimación. En este tipo de situaciones es posible recurrir al uso de los diseños basados en valores frontera, los cuales permiten modificar los diseños para permitir mayor realismo en las elecciones.

En este último caso, si aceptamos el modelo lineal de comportamiento, una disyuntiva que envuelva los atributos r y s de dos alternativas a y b puede expresarse como una diferencia en utilidad:

$$U_{ia} - U_{ib} = \theta_{ir} Z_{ira} + \theta_{is} Z_{isa} - \theta_{ir} Z_{irb} - \theta_{is} Z_{isb} \qquad \text{1.411.402 (A)}$$

donde

$$\theta_{ir}(Z_{ira} - Z_{irb}) \times \theta_{is}(Z_{isa} - Z_{isb}) < 0 \qquad \text{1.411.402 (B)}$$

es la condición que debe cumplirse para que la disyuntiva exista. Ambas alternativas tendrán la misma utilidad para el usuario i si:

$$\theta_{ir}(Z_{ira} - Z_{irb}) = \theta_{is}(Z_{isa} - Z_{isb}) \qquad 1.411.402\ (C)$$

o equivalentemente,

$$\frac{\theta_{is}}{\theta_{ir}} = \frac{Z_{ira} - Z_{irb}}{Z_{isa} - Z_{isb}} = B \qquad 1.411.402\ (D)$$

donde B es el llamado valor frontera que depende sólo de los valores de los atributos.

De las respuestas entregadas por los encuestados sólo puede inferirse para cuántos de ellos el cuociente $\Gamma_i = \theta_{is}/\theta_{ir}$ es mayor, igual o menor que el valor frontera. Si el experimento se diseña en forma tal que existen varias disyuntivas que envuelven el mismo par de atributos pero cada una con un diferente valor frontera implícito, resultará posible determinar la distribución de valores de la variable Γ_i sobre la población de usuarios. Para ello, puede recurrirse a una muestra piloto a la cual se aplica un cuestionario con valores tentativos.

Supongamos que se desea realizar un diseño experimental para elección de ruta con sólo dos atributos: tiempo y peaje, en viajes de aproximadamente 2 horas. Además se conoce de experiencias previas que el valor subjetivo del tiempo de los usuarios es de aproximadamente 60 $/min. Luego, se podrían considerar las siguientes tres alternativas dentro del diseño experimental:

Opción	Ahorro de Tiempo [min]	Diferencia de Peaje [$]	VST Implicito [$/min]
1	30	1000	33,3
2	30	1800	60,0
3	30	2600	86,6

Cabría esperar que las respuestas a estas preguntas permitan captar las diferentes valoraciones de los usuarios. Aquellos con una disposición a pagar mayor a 60 $/min estarán dispuestos a pagar al menos en las dos primeras alternativas; en tanto que aquellos con una valoración menor es posible que sólo estén dispuestos a pagar por la primera opción. Sin duda esto debe ser chequeado en una encuesta piloto para evitar que exista una concentración excesiva de usuarios en una opción.

1.411.403 Validación Computacional

La forma en la que los niveles de los atributos son definidos en el experimento de Preferencias Declaradas influencia la exactitud con que el investigador puede modelar las preferencias de los

usuarios. Una forma de mejorar el diseño experimental consiste en simular un cierto número de usuarios hipóteticos a los que se les hace responder la encuesta.

El proceso de simulación es el siguiente:

- El primer paso consiste en escoger una función de utilidad que debe ser reproducida por la simulación. Esta función puede ser obtenida de las encuestas piloto o bien de un estudio anterior con un modelo asimilable a la situación en estudio.

- Para que un usuario en particular escoja la alternativa A sobre la B, se debe cumplir que el beneficio que éste perciba por utilizar esta alternativa sea mayor, es decir:

$$U_a + \varepsilon_a > U_b + \varepsilon_b \qquad 1.411.403\ (A)$$

  Los distintos individuos diferirán tan sólo en el término del error, luego generando en forma aleatoria errores con una distribución Gumbel puede obtenerse una muestra de usuarios que escojan entre las dos alternativas. La distribución Gumbel tiene la siguiente expresión:

$$F(x) = Prob[\varepsilon \leq x] = e\text{-}e[-(x-\xi)/\theta] \qquad 1.411.403\ (B)$$

  Donde ξ y θ son parámetros dependientes de la media y desviación estándar. Generando F(x) aleatoriamente es posible obtener el error ε y así realizar la elección.

- Obtenida la base de datos hipotéticos es factible estimar la función de utilidad mediante el algoritmo de Máxima Verosimilitud. Si ésta función es similar a la empleada para estimar preferencias el diseño es adecuado, en caso contrario éste debe ser modificado.

Aún cuando no existe un criterio formal para aceptar o rechazar una simulación, resultan aceptables ajustes del 10% en los parámetros.

1.411.5 TEORIA DE PROPAGACION DE ERRORES

En modelación (esto es, construcción y calibración de modelos), existen diversos tipos de error, siendo los principales:

- Errores de especificación, al no considerar una variable relevante, especificar una relación lineal para un fenómeno no-lineal o sustentarse en una teoría pobre.

- Errores de transferencia, al utilizar un modelo desarrollado para cierta área o época, en otra área o época, aún con los ajustes necesarios.

- Errores de Agregación, al estimar un modelo sencillo los errores asociados pueden ser mayores.

- Errores de calibración, al no tener una solución matemática exacta, el proceso de generación del modelo debe resolverse en forma iterativa.

Si por un momento olvidamos toda la fundamentación teórica que pueda existir detrás de un modelo, se puede argumentar que - en el fondo - lo único que éste hace es combinar mediante operaciones algebraicas, varios números obtenidos de mediciones en terreno, los que a su vez llevan asociado un error. El problema es que tradicionalmente sólo se considera el número y no su error asociado, quizás con la esperanza de que éstos se cancelen en el modelo. Desgraciadamente, esto no suele ocurrir.

Si $Z= f(x_1, x_2, \ldots x_n)$, entonces

$$e^2{}_Z = \sum_i \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 e^2{}_{x_i} + \sum_i \sum_{j \neq i} \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} e_{x_i} e_{x_j} r_{ij} \qquad 1.411.5\ (A)$$

donde:

e_Z : error de Z

e_{Xi} : error de medición de la variable x_i

r_{ij} : coeficiente de correlación entre x_i y x_j,

estima el error de salida derivado de la propagación de los errores de entrada, siendo exacta si la función f es lineal, y una buena aproximación en otro caso.

Considerando Z=f(x,y) y suponiendo $x=10 \pm 1$; $y= 6 \pm 1$ y además x e y son independientes, es posible estimar el error asociado a las operaciones básicas:

i) Suma.

$Z = x+y = 16$, entonces, $e^2{}_Z = e^2{}_X + e^2{}_Y = 2 \Rightarrow e_Z = 1{,}4$.

O sea que, en la adición, el error absoluto de la variable dependiente aumenta (es mayor que el de las variables independientes); sin embargo el error porcentual relativo disminuye (1,4/6 = 8,8% es menor que 10% y 16,7%) por lo tanto, la adición es relativamente benigna.

ii) Resta.

$Z = x-y = 4$, entonces, $e^2{}_Z = e^2{}_X + e^2{}_Y = 2 \Rightarrow e_Z = 1{,}4$.

En el caso de la resta, el error absoluto es el mismo, sin embargo el error porcentual es explosivo (35%), especialmente si la diferencia es pequeña en relación a las variables independientes; por ejemplo, si $y=8 \pm 1 \Rightarrow Z = 2$ y el error porcentual es 1,4/2 = 70%.

iii) La multiplicación y división, procediendo de igual forma, no sólo aumentan el error absoluto, sino el porcentual.

iv) La elevación a potencia es también, en general, explosiva; pensar que elevar a potencia equivale a multiplicar dos variables perfectamente correlacionadas, es decir; $r_{ij} = 1$. El único caso

favorable, es x_ con $-1 < x < 1$, en cuyo caso, tanto el error absoluto como el porcentual decrecen.

Con esto, es posible enunciar algunas reglas prácticas para minimizar la propagación de errores.

Regla 1: Evitar variables correlacionadas, con lo cual desaparece el segundo término de error.

Regla 2: Sumar cuando sea posible.

Regla 3: Si no se puede sumar, multiplicar o dividir.

Regla 4: Evitar elevar a potencia o restar.

Regla 5: Evitar usar modelos que proceden en cadena (resultados de uno, son utilizados para evaluar el siguiente).

Si se toma la derivada parcial del error en Z, respecto del error en una de las variables independientes, x_i, se puede calcular la tasa de mejora a obtener de medir esa variable en forma más exacta. Al despreciar el término debido a correlación, esto queda:

$$\frac{\partial e_z}{\partial x_i} = \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \frac{e_{x_i}}{e_z} \qquad 1.411.5\ (B)$$

Ocupando estas tasas marginales de mejoramiento y una estimación del costo de mejorar los datos (tomar una muestra mayor, por ejemplo), es posible - en teoría - determinar el presupuesto óptimo para mejorar un conjunto de datos.

De lo anterior se deducen dos reglas importantes:

- Se deben concentrar los esfuerzos en las variables con mayor influencia en el modelo;
- Se deben concentrar los esfuerzos en las variables con un error e_{Xi} grande.

Por otro lado, un modelo es más complejo que otro, si tiene más operaciones o si tiene mayor número de variables. Se supone que un modelo se hace más complejo para reducir su error de especificación (e_S). Sin embargo, a medida que mejora la especificación, existe un mayor número de variables que medir y mayores problemas en cuanto a su facilidad de medición; por lo tanto, se puede esperar que el error de medición (e_M) aumente.

Si definimos el error predictivo total como:

$$E = (e^2{}_M + e^2{}_S)^{\frac{1}{2}} \qquad 1.411.5\ (C)$$

se observa que el mejor punto de predicción - el mínimo E - no corresponde al punto de máxima complejidad dado el e_M asociado. Vale decir, para predecir puede ser mejor un modelo sencillo y robusto si los datos son de mala calidad. Sin embargo, para aprender y para entender el fenómeno, siempre va a ser más adecuado el modelo con la especificación más correcta.

1.411.6 FUNDAMENTOS DEL MUESTREO

1.411.601 ASPECTOS GENERALES

La teoría de muestreo intenta desarrollar métodos de selección de muestras y métodos de estimación que proporcionen, al más bajo costo posible, estimadores que sean lo suficientemente precisos para el propósito deseado. El muestreo se utiliza con mucha frecuencia en los estudios de base de proyectos de transporte, ya que ofrece algunos beneficios importantes en comparación con la realización de un censo.

- Una muestra ahorra tiempo y dinero. Claramente se ahorran estos recursos al entrevistar una muestra y no a la población bajo estudio;

- Una muestra puede ser más precisa. Efectivamente, debido a los errores no muestrales (interpretación, escritura, digitación y supervisión, entre otros) el considerar a la población completa implica mayor número de encuestadores y supervisores, en cambio, mientras menor sea la muestra la probabilidad de contratar personas mejor calificadas será mayor.

- Si el estudio conlleva la contaminación del elemento muestreado, evite el censo ya que claramente al encuestar a las personas, éstas pueden volverse susceptibles al tema de la entrevista. Podemos afirmar que se han "contaminado" en relación con ese tema. Por lo tanto, si la encuesta considera varias visitas a terreno, es conveniente entrevistar a aquellos que no han sido contaminados. Si se hiciera un censo con anterioridad, todos los sujetos de interés se habrían contaminado.

Algunos conceptos necesarios en el muestreo son los siguientes:

- Elemento. Un elemento es la unidad acerca de la cual se solicita información. Este suministra la información básica del análisis que se llevará a cabo. El elemento más común es el individuo, aún cuando puede ser el grupo familiar u otro específico.

- Población. Una población o Universo es el agregado de todos los elementos definidos antes de la selección de la muestra. Una población adecuadamente designada se debe definir en términos de (1) elementos, (2) unidades de muestreo, (3) alcance, y (4) tiempo. Por ejemplo:

  (1) Elemento: Usuarios Ruta 5 Norte.
  (2) Unidades de Muestreo: Usuarios mayores a 18 años.
  (3) Alcance: IV Región.
  (4) Tiempo: Períodos de modelación.

Existen muchos procedimientos diferentes mediante los cuales el analista puede seleccionar la muestra, pero debe establecerse un concepto fundamental al principio: la distinción entre una muestra probabilística y una muestra no probabilística.

En el muestreo probabilístico, cada elemento de la población tiene una oportunidad conocida de ser seleccionado para la muestra. El muestreo se hace mediante reglas matemáticas de decisión que no permiten discreción al analista o al encuestador. Por ejemplo, entrevistar uno de cada cinco vehículos.

En el muestreo no probabilístico, la selección de un elemento de la población para que forme parte de la muestra se basa en parte en el juicio del analista o del encuestador de campo. No existe una oportunidad conocida de que cualquier elemento particular de la población sea seleccionado. Dentro de los muestreos no probabilísticos cabe destacar:

(1) Muestreo por Conveniencia. Las muestras por conveniencia se seleccionan, como su nombre lo indica, por conveniencia del analista. En estos casos, la unidad o elemento de muestreo se autoselecciona o se ha seleccionado con base en su fácil disponibilidad.

(2) Muestreo de Juicio. Las muestras de juicio o a propósito, se seleccionan con base en lo que algún experto piensa acerca de la contribución que estas unidades o elementos de muestreo en particular harán para responder la pregunta.

(3) Muestreo por Cuotas. Las muestras por cuotas son un tipo especial de muestras a propósito. En este caso, el analista da pasos concretos con el fin de obtener una muestra que es similar a la población en algunas características específicas de control.

El analista debe ser capaz de predecir, para cualquier procedimiento de muestreo que esté bajo consideración, la precisión y el costo que se espera. En lo relativo a la precisión, no se puede pronosticar exactamente qué tan grande será el error que se presente en un estimador en cualquier situación específica; para esto se requeriría un conocimiento del verdadero valor del parámetro en la población.

En su lugar, la precisión de un procedimiento de muestreo es juzgada examinando la distribución de frecuencias generada, para el estimador, en el caso en que el procedimiento fuese aplicado varias veces para la misma población. En lo relativo al costo asociado, se introduce una simplificación adicional; suponer que la distribución de los estimadores de la muestra es conocida. Con esto, si conocemos la media y la desviación estándar del parámetro, conocemos la distribución de frecuencias.

1.411.602 TAMAÑO MUESTRAL

En la planeación de mediciones por muestreo, siempre se llega al punto en el cual se debe tomar una decisión acerca del tamaño de la muestra. Una muestra demasiado grande implica un desperdicio de recursos y una muestra demasiado pequeña disminuye la utilidad de los resultados. La decisión no siempre puede ser satisfactoria ya que con frecuencia no se posee suficiente información que contribuya a tomarla. La teoría de muestreo proporciona un planteamiento general que ayuda a este problema..

Los principales pasos involucrados en la elección de un tamaño de muestra, **n**, son:

- Debe haber una indicación relativa a lo que es esperado de la muestra. Dicha indicación puede estar en términos de los límites de error deseados o en términos de alguna decisión que se va tomar con los resultados de la medición.

- Se debe encontrar alguna relación que ligue **n** con la precisión deseada. Tal relación variará de acuerdo a la indicación sobre la precisión y el método de muestreo. Una de las ventajas de los muestreos probabilísticos es la posibilidad de construir dicha relación.

- La relación debe contener como parámetros, ciertas propiedades desconocidas de la población. Estos deben ser estimados con el fin de dar resultados específicos.

- Finalmente, el valor elegido de **n** debe ser considerado para probar si es consistente con los recursos disponibles. Lo cual demanda una estimación del costo, trabajo, tiempo y materiales requeridos.

En general, el tamaño muestral depende principalmente de tres factores: la variabilidad en la población de la variable a medir, el grado de precisión deseado y el tamaño de la población. Entre estos, para el caso de estudios de transporte, los más importantes son los dos primeros, porque normalmente el tamaño de la población puede ser considerado infinito.

Independiente de la variable a medir, el tamaño muestral que deberá considerar el analista será el recomendado en los tópicos respectivos de la Sección 1.303. Sin embargo, en los proyectos que ameriten un análisis más exhaustivo, el analista deberá remitirse al acápite 1.411.603 (7).

1.411.603 PARAMETROS DE LA POBLACION

(1) Media. Para una población, la media es simplemente la suma de los valores divididos por el número de elementos en la población. Es decir:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N} \qquad 1.411.603\ (A)$$

(2) Varianza. La varianza de una medida de la población (por ejemplo, la media μ) es la suma del cuadrado de las desviaciones con respecto a la medida dividida por el número de la población. Por lo tanto:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i - \mu)^2}{N} \qquad 1.411.603\ (B)$$

(3) Desviación Estándar. La desviación estándar es la raíz de la varianza. Es decir:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \qquad 1.411.603\ (C)$$

(4) Parámetros para variables dicótomas. Las variables dicótomas son aquellas que pueden contestarse en forma afirmativa o negativa. La respuesta "sí", se codifica como un 1, la respuesta no se codifica como un 0 (cero). La media en este caso se calcula de igual forma, pero suele denotarse por π. En cambio, la varianza puede calcularse como:

$$\sigma^2 = \pi \times (1 - \pi) \qquad 1.411.603\ (D)$$

1.411.604 PARAMETROS DE LA MUESTRA

(1) Media. Para una muestra, la media es simplemente la suma de los valores divididos por el número de elementos en la muestra. Es decir:

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} \qquad 1.411.604\ (A)$$

(2) Varianza. La varianza muestral es la suma del cuadrado de las desviaciones con respecto a la media dividida por los grados de libertad disponibles.

Una muestra nos puede permitir el cálculo de varios estadísticos. El primer estadístico limita el valor que pueden tomar los otros estadísticos. Decimos que se utilizó un grado de libertad al calcular el primer estadístico. Generalizando, los grados de libertad equivalen al número de observaciones independientes sobre las variables de interés, menos el número de estadísticos calculados.

Al calcular la media de la muestra, utilizamos un grado de libertad, por lo tanto, los grados de libertad para calcular la varianza son n-1. Entonces:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^2}{n-1} \qquad 1.411.604\ (B)$$

(3) Desviación Estándar. La desviación estándar es la raíz de la varianza. Es decir:

$$s = \sqrt{s^2} \qquad 1.411.604\ (C)$$

(4) Parámetros para variables dicótomas. En este caso, la media equivale a:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} \qquad 1.411.604\ (D)$$

y la varianza a:

$$s^2 = p \times (1-p) \times \frac{n}{n-1} \qquad 1.411.604\ (E)$$

(5) Desviación Estándar de la Distribución Muestral. Al tomar una infinidad de muestras, notaríamos que algunos valores promedio se repiten. Es decir; que las medias muestrales que están más cerca del valor de la media de la población tienden a repetirse con mayor frecuencia que aquellas que están más lejos. Esta distribución de las medias muestrales recibe el nombre de distribución muestral de la media. Su importancia principal radica en que nos permite determinar qué tan cerca se distribuyen las estadísticas muestrales alrededor del parámetro de la población.

Según el teorema del límite central, la desviación estándar de la distribución muestral de la media es la desviación estándar de la población, dividida por la raíz cuadrada del tamaño de la muestra. Dado que en la práctica desconocemos el valor de μ ó σ, estos se aproximan por el valor de $\overline{X}$ y S. Por lo tanto:

$$S_{\overline{X}} = \frac{S}{\sqrt{n}} \qquad 1.411.604\ (F)$$

(6) Intervalo de Confianza de la media muestral. Como consecuencia del teorema del límite central, la distribución muestral es normal asintóticamente cuando la población de donde se sacan las muestras

es infinita o el muestreo es con reemplazo. En este caso, el 68% de los casos se encontrarán dentro de ± 1 desviación estándar con respecto a la media; el 95% de los casos se encontrarán dentro de ± 1.96 desviaciones estándar con respecto a la media y; el 99.7% (casi todos) los casos se encontrarán dentro de ± 3 desviaciones estándar con respecto a la media. Por lo tanto, podemos determinar intervalos de confianza estadística, de acuerdo al nivel de significancia deseado (68%, 95% ó 99.7%). Sin embargo, para fines prácticos, los intervalos de confianza se calculan sólo para un nivel de significancia estadística del 95%. En este caso:

$$IC = \overline{X} \pm 1.96 \times \frac{S_{\overline{X}}}{\sqrt{n}} \qquad 1.411.604\ (G)$$

es el intervalo de confianza de la media muestral para un 95% de confianza estadística.

(7) Efecto del tamaño muestral sobre la precisión. Considerando el segundo miembro del lado derecho de la definición del intervalo de confianza, como el error deseado, es posible estimar el tamaño muestral necesario para una desviación estándar dada. Es decir:

$$e = 1.96 \times \frac{S_{\overline{X}}}{\sqrt{n}} \qquad 1.411.604\ (H)$$

Por lo tanto, si fijamos el error deseado y conocemos la desviación estándar de una muestra pequeña, es posible estimar el tamaño muestral necesario para no sobrepasar dicho error.

Si se considera el error deseado y la desviación estándar en tanto por ciento, nos independizamos de la magnitud de la variable a medir. Entonces, se verifica lo siguiente:

- Si aumentamos el error deseado, manteniendo constante la desviación estándar, el tamaño muestral necesario disminuye;

- Si aumenta la desviación estándar, manteniendo constante el error deseado, el tamaño muestral aumenta.

Lo normal en estudios de transporte, es aceptar errores en la variable medida del orden del 5%. En este caso, si la variabilidad de la variable (desviación estándar) es del orden del 40%, el tamaño muestral es cercano a las 250 observaciones, y si ésta disminuye al 25%, el tamaño muestral disminuye a unas 100 observaciones.

Por lo tanto, para determinar el tamaño muestral óptimo, el analista deberá tener los elementos de juicio necesarios para estimar razonablemente el error deseado y la desviación estándar de la variable. Por el contrario, si el analista no posee los elementos de juicio adecuados, tendrá dos opciones: considerar a priori tamaños muestrales elevados, o realizar una medición piloto para estimar la desviación estándar de la variable y así, estimar el tamaño muestral óptimo.

(8) El papel del tamaño de la población. En el análisis anterior no se ha mencionado el tamaño de la población (N). La mayoría de las poblaciones relacionadas con los estudios de base de transporte, son lo suficientemente grandes como para que el tamaño de la población no sea un asunto de gran importancia. Sin embargo, en el caso de poblaciones finitas, es necesario corregir el error estándar (desviación estándar) de la distribución muestral por un "factor de corrección finito", de tal manera que:

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \times \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \qquad S_{\bar{X}} = \frac{S}{\sqrt{n}} \times \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

1.411.604 (I)

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\pi(1-\pi)}{n}} \times \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \qquad S_p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \times \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

El valor del factor de corrección siempre está entre 0 y 1. Es cero, cuando N=n. Es decir, que cuando hacemos un censo completo no podemos calcular el error estándar. Esto es de esperarse. El error estándar sólo tiene sentido para muestras, pero no en un censo. El valor del factor de corrección se acerca a 1 a medida que N se hace más grande relativa a n. Por lo tanto, vemos que al multiplicar por el factor de corrección, siempre disminuirá el tamaño del error estándar (excepto cuando es igual a 1). Entonces, si ignoramos el factor de corrección, exageramos el error estándar y aumentamos el tamaño del intervalo de confianza. Erramos al aplicar un criterio conservador.

1.411.7 SERIES DE TIEMPO

En el análisis de la demanda se pueden utilizar datos de corte transversal y datos de serie temporal.

Los datos de corte transversal se caracterizan porque van todos referidos a un mismo momento del tiempo. Su denominación procede precisamente de que se obtiene un *corte* en el eje del tiempo. Con los datos provenientes de una serie temporal el planteamiento es distinto. Una serie temporal está constituida por observaciones de una variable a intervalos regulares de tiempo. El caso más típico, y desgraciadamente menos útil en modelación de demanda, es cuando se recopila información sobre ciertas variables agregadas (población, ingreso, flujos vehiculares) en distintos instantes de tiempo. Esto tiene la ventaja de que suele estar institucionalizado por lo que los datos son ampliamente disponibles y las series históricas tienen una longitud interesante. Un requisito de importancia en este caso es que las series sean lo más completas posibles, por lo que previo a su utilización deben ser "llenadas" con métodos adecuados (ver Moser y Kalton, 1989).

Un caso más novedoso, difícil y caro, pero que posibilita modelar la demanda en forma mucho más afinada, es el de los paneles o conjuntos de datos en el tiempo sobre elecciones y características de un

grupo (panel) de individuos (ver Ortúzar y Willumsen, 1994). Este tipo de información demanda mayores recursos no sólo monetarios sino de análisis estadístico, por lo que este tipo de información no suele estar disponible y es atesorada por el grupo que esté llevando a cabo la investigación específica. En este caso, el análisis es sumamente especializado escapando a los requerimientos del presente manual.

Para analizar los datos de series en el tiempo hay una variedad de modelos, entre los que sobresalen los de Box-Jenkins, lo cuales se basan en observaciones discretas del sistema efectuadas a intervalos equidistantes de tiempo (por ejemplo, mes, año, etc.). Así, si se supone conocida la demanda de pasajeros en el mes actual t y en los anteriores t-1, t-2, t-3,... y se quiere conocer la demanda en el mes t+r (r=1,2,3,...), el objetivo es obtener una función de predicción tal que la media al cuadrado de las desviaciones entre la demanda en t+r y la predicción, sea tan pequeña como sea posible.

Los modelos en cuestión son estocásticos, puesto que el tipo de fenómenos que consideran involucran muchos factores desconocidos. Por este motivo, se pueden usar para calcular la probabilidad de que un valor futuro esté entre dos límites especificados. En este grupo, los más adecuados para modelar la demanda por transporte se encuentran dentro de la clase de modelos "no estacionarios", vale decir, que describen un proceso que no tiene un equilibrio en torno a un valor medio constante. Las series de tiempo que caracterizan la demanda por transporte tienen en general un comportamiento estacional, vale decir, existe correlación entre observaciones separadas por períodos regulares (típicamente el período sería en este caso de un año y habría correlación entre las observaciones en meses homólogos). El modelo recomendado para este tipo de serie es un modelo ARIMA estacional multiplicativo (ver Box y Jenkins, 1976 para una descripción detallada de este tipo de modelos y su aplicación en modalidad predictiva).

Cabe señalar que estos modelos no incluyen otras variables explicativas más que los valores históricos de la variable en estudio. Se recomienda un mínimo de 50 observaciones (ojalá se usaran 100, o más) para realizar el análisis de serie de tiempo. En aquellos casos en que no se encuentre disponible información histórica de esta longitud, se puede proceder utilizando la información existente para estimar un modelo preliminar que se deberá ir poniendo a día a medida que se recopile más información.

Otros modelos de series de tiempo, más interesantes que los de Box y Jenkins (1976) para el análisis de la demanda agregada por transporte han sido propuestos por Gaudry y Wills (1979) entre otros. Tienen la ventaja de incorporar variables explicativas a la predicción y tratar correctamente complejos problemas estadísticos de los datos de esta naturaleza como la autocorrelación. Desgraciadamente, estos modelos son sumamente complejos y requieren de gran experiencia estadística por parte del analista.

1.411.8 MODELOS DE REGRESION LINEAL

Este tipo de modelos intenta relacionar la variación en la demanda con variables socio-económicas y de nivel de servicio, explorando y analizando aquellas que han afectado los patrones históricos de la demanda de viajes, y aquellas que podrían influir la demanda futura. La calibración involucra la manipulación empírica de varias relaciones funcionales con el objeto de encontrar, dentro de las restricciones que impone la teoría, aquella que produce la menor desviación entre la demanda observada y la demanda modelada. La estimación de los coeficientes de un modelo de regresión lineal se efectúa mediante el método de mínimos cuadrados (ver Taneja, 1978). Sin embargo, existen otros procedimientos de estimación disponibles para modelos más complejos o cuando las hipótesis del procedimiento de mínimos cuadrados no son válidas (ver Kanafani, 1983).

Estas funciones tienen gran importancia en la modelación de la demanda global (generación de viajes) en base a, típicamente, variables socio-económicas como ingreso, población y empleo. Es importante señalar que normalmente en Chile se ha utilizado incorrectamente este tipo de modelos para modelar la demanda global en el tiempo, ya que:

- el enfoque ha sido utilizado para estimar los parámetros de una función entre, por ejemplo, demanda global y ciertas variables independientes sin tener una teoría que justifique el que la relación postulada sea lineal.

- se ha utilizado como datos de la regresión a variables provenientes de una serie temporal en que - con casi total seguridad - existe autocorrelación, lo que viola una de las hipótesis básicas del modelo.

Taneja (1978) presenta una detallada descripción del uso de modelos de regresión lineal para estimar la demanda por transporte, incluyendo ejemplos; también describe las técnicas de estimación, test estadísticos, especificación de los modelos, procedimientos para la selección de variables, análisis de sensibilidad, e incluso evaluación de la exactitud de las predicciones.

La base teórica, hipótesis y método de calibración de los modelos de regresión lineal se presenta en forma resumida a continuación.

Cuando se desea relacionar un conjunto de observaciones acerca del resultado de un experimento (Y), con la cantidad que se agregue de un cierto ingrediente (X), es natural utilizar técnicas de ajuste - como mínimos cuadrados ordinarios - que entreguen una función que permita interpolar resultados dentro del rango de los datos con el menor error posible. Si no sólo interesa un ajuste mecánico de una curva, sino que la capacidad de realizar inferencias acerca de la población de la cual proviene una muestra, se

pasa al área de modelación matemática e interesan conceptos intervalos de confianza y prueba de hipótesis. El modelo de regresión lineal, en base a una serie de hipótesis que se discuten a continuación, provee este tipo de herramienta y es consistente con la solución de mínimos cuadrados ordinarios por lo que posee enorme popularidad tanto en ciencias exactas como en ciencias sociales (Wonnacott y Wonnacott, 1979).

Considérese un experimento que se repite muchas veces para un valor de X fijo; si este no es determinístico, cada vez se observarán distintos resultados. Sea f(Y/X) la distribución de probabilidad de Y para un valor dado de X; en el modelo de regresión lineal se supone que:

- las distribuciones f/Y/X) tienen la misma varianza σ^2 para todos los niveles experimentales de X;

- las medias E(Y) se encuentran en una línea recta, que se conoce como "recta de regresión verdadera" (o de la población), dada por:

$$E(Y) = \alpha + \beta x X \qquad 1.411.8\ (A)$$

  Los parámetros poblacionales α y β, que definen una recta, se deben estimar a partir de la muestra.

- las variables aleatorias Y son estadísticamente independientes; esto es, un valor alto de Y_1 no afecta el valor de Y_2.

La desviación de Y de su valor esperado E(Y), se conoce como el error e; con esto el modelo anterior se escribe:

$$Y_i = \alpha + \beta x X_i + e_i \qquad 1.411.8\ (B)$$

y se supone que e tiene media cero y varianza σ^2. Se supone que este involucra tanto errores de medición en los datos como también errores estocásticos debidos a la intrínseca irreproducibilidad de los fenómenos sociales o biológicos.

Estas tres condiciones conocidas como el *conjunto débil de hipótesis* del modelo, permiten derivar la mayor parte de sus características y sólo se requiere la siguiente *hipótesis fuerte* cuando se desea hacer pruebas que involucren conocer la forma de la función de distribución del estimador de β.

- las variable aleatorias Y tienen distribución Normal.

No hay límite para la cantidad de variables que pueden aparecer en el modelo, sujeto a que éstas no estén relacionadas linealmente entre sí (multicolinealidad). El modelo dispone de abundante software computacional y una amplia batería de pruebas para detectar si se cumplen sus hipótesis y juzgar la calidad estadística tanto global como de cada uno de sus parámetros (ver Wonnacott y Wonnacott, 1979).

En desconocimiento de formas funcionales adecuadas para representar un fenómeno, pueden utilizarse formas funcionales flexibles, del tipo Box-Cox, que identifican especificaciones adecuadas en base al procedimiento que se detalla a continuación.

El método Box-Cox estima la forma funcional que mejor reproduce la base de datos que se utiliza para estimar. Para ello se especifica la siguiente forma funcional flexible:

$$P_i^{(\lambda_o)} = \beta_o + \sum_k \beta_k \times Z_{ki}^{(\lambda_k)} + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \times \left(Z_i \;\; Z_j \right)^{(\lambda_{ij})} \qquad 1.411.8\,(C)$$

descrita en Halvorsen y Pollakonski (1981) y extendida por Martínez (1991). La notación de exponentes entre paréntesis indica la transformación tipo Box-Cox siguiente:

$$X^* = X^{(\lambda)} = \begin{array}{l} \dfrac{X^{\lambda} - 1}{\lambda} \; si \; \lambda \neq 0 \\ \mathrm{Ln}(\lambda) \; si \; \lambda = 0 \end{array} \qquad 1.411.8\,(D)$$

que permite una variación continua de los exponentes pertenecientes al vector λ.

El objetivo de este método es identificar un vector λ^*, es decir un conjunto de valores $(\lambda_1,\ldots,\lambda_N)$ que permita el mejor ajuste del modelo. La ventaja de la transformación en este método es que las formas funcionales flexibles más conocidas (translog, Leontief, logarítimica, semilogarítmica, etc.), se obtienen para valores particulares de λ. En otras palabras el método permite buscar la "forma flexible óptima", sin necesidad de elegir a priori alguna de ellas.

Bajo consideraciones basadas en el método de máxima verosimilitud, se define que la "forma flexible óptima" es aquella definida por el vector λ tal que la siguiente función:

$$\mathcal{L}_{max}(\lambda) = -\frac{1}{2} n \ln(\sigma^2) + (\lambda_o - 1) \sum_{k=1}^{n} \ln(p_k) \qquad 1.411.8\ (E)$$

adquiere su valor máximo. Basta entonces evaluar esta función para diversos valores del vector λ y elegir aquel vector que la maximice. El valor de σ^2 se obtiene del resultado de la regresión lineal de las variables transformadas como:

$$\sigma^2 = \frac{SSR}{n} \qquad 1.411.8\ (F)$$

con n el número de observaciones de la regresión, el que corresponde al número de zonas definidas de la zonificación del área de estudio.

El procedimiento se puede entender intentando llenar el siguiente cuadro.

ITERACION	$\lambda_1\ \lambda_2 \ldots \lambda_N$	$\beta_1\ \beta_2 \ldots \beta_N$	SSR	σ^2	$\mathcal{L}_{max}$

En cada iteración:

1. Se elige un vector ($\lambda_1\ \lambda_2 \ldots \lambda_N$) y se calculan las variables transformadas.

$$P^* = P^{(\lambda_o)}$$

$$Z^*_k = Z_k^{(\lambda_k)} \qquad 1.411.8\ (G)$$

$$Z^*_{ij} = (Z_i \times Z_j)^{(\lambda_{ij})}$$

2. Regresar la ecuación lineal

$$P^* = \sum_k \beta_k \times Z^*_k + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \times Z^*_{ij} \qquad 1.411.8\ (H)$$

utilizando el método estándard OLS.

3. Leer del resultado de la regresión los parámetros estimados $\beta = (\beta_1, \beta_2, \ldots \beta_k)$. Estos parámetros obviamente dependerán del vector $(\lambda_1\ \lambda_2 \ldots\ \lambda_N)$ escogido.

4. Leer el resultado de la regresión el valor SSR y calcular σ^2.

5. Calcular $\mathcal{L}_{max}$.

Llenar los valores en la tabla anterior.

Para la iteración siguiente hay que elegir un nuevo vector λ. Para ello se define una reticulado de valores de λ a explorar y se van eligiendo uno a uno. Notar que ciertas variables son menos sensibles en el sentido de afectar $\mathcal{L}_{max}$ ante un cambio del respectivo exponente λ. Esas variables pueden identificarse en las primeras iteraciones y en las sucesivas mantenerlas con su valor de exponente fijo; este criterio reduce el procedimiento de búsqueda en la forma significativa. El procedimiento termina cuando todos los puntos del reticulado, es decir todos los valores de λ previamente definidos, han sido analizados. Luego se busca bajo la columna $\mathcal{L}_{max}$ la iteración de máximo valor; el valor de λ óptimo, λ^* es el que corresponde a tal iteración. Identificado λ^* se tiene definida la forma funcional. Notar que cualquier otro valor de λ que cumpla con:

$$\mathcal{L}(\lambda^*) - \mathcal{L}(\lambda) < \chi_N^2(\alpha) \qquad 1.411.8\ (I)$$

es estadísticamente aceptable dentro del nivel de confianza α (normalmente igual 0.9 a 0.95), lo que define la región de confianza del valor óptimo λ. El estadígrafo $\chi_N^2(\alpha)$ es el valor de la distribución χ_N^2 para un nivel de confianza α y N grados de libertad; en este caso N es el número de exponentes o elementos del vector λ.

REFERENCIAS

Box, G. y Jenkins, G. (1976). **Time Series Analysis, Forecasting and Control**. Holden-Day, San Francisco.

Gaudry,M.J.I. y Wills, M.I (1979) Testing de Dogit model with aggregate time-series and cross-sectional travel data. **Transportation Research 13B**, 155-166.

Halvorsen y Pollakowski (1981) Choice of Functional Form for Hedonic Price Equations. **Journal of Urban Economics 10, 37-49**.

Kanafani, A. (1983). **Transportation Demanda Analysis**. McGraw-Hill, Nueva York

Martínez, F.J. (1991). **The Impact of Urban Transport Investment on Land Development and Land Values**. Ph.D. Thesis, University of Leeds.

Ortuzar, J de D. y Willumsen, L.G. (1994) **Modelling Transport.** Segunda Edición, John Wiley & Sons, Chichester.

Taneja, N. (1978). **Airline Traffic Forecasting**. Lexintong Books, Lexintong.

Wonnacott, D.J. y Wonnacott, T.H. (1979). **Econometrics**. John Wiley & Sons, Nueva York.

MANUAL DE CARRETERAS
VOLUMEN 1 TOMO II
EVALUACION DE PROYECTOS VIALES INTERURBANOS

CAPITULO 1.500
EVALUACION SOCIAL

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE VIALIDAD

CAPITULO 1.500 EVALUACION SOCIAL

SECCION 1.501 ASPECTOS GENERALES

1.501.1 OBJETIVO Y ALCANCE

El presente Capítulo define, en sus diversas secciones, los procedimientos que deberán ser utilizados en la evaluación social de un proyecto vial.

Las normas y recomendaciones contenidas en este capítulo se aplicarán a todos los estudios realizados para la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, salvo aquellas partes que sean modificadas por los Términos de Referencia Especiales.

1.501.2 RELACIONES CON OTRAS NORMATIVAS

Las normas y recomendaciones contenidas en este capítulo han sido elaboradas de modo que sean compatibles con la normativa general sobre evaluación social de proyectos establecida en el Sistema Nacional de Inversión Pública, administrado por el Ministerio de Planificación y Cooperación.

Los eventuales conflictos que se produzcan entre ambas normativas, derivadas de modificaciones en la normativa general o causados por otras razones, serán resueltos por la Dirección de Vialidad mediante Instructivos de alcance general o a través de los Términos de Referencia Especiales, según proceda.

1.501.3 ORGANIZACION DEL CAPITULO

Las diversas secciones que contituyen el capítulo han sido organizadas según tareas a realizar, en un orden aproximadamente secuencial. A lo anterior se ha agregado una sección inicial, orientada a presentar los objetivos y fundamentos de la evaluación social de proyectos.

Las tareas tratadas en este capítulo son las siguientes:

- Diagnóstico
- Definición de alternativas
- Costos sociales
- Beneficios directos
- Indicadores de rentabilidad
- Confiabilidad
- Impactos ambientales
- Seguridad
- Impactos sociales
- Análisis global
- Presentación de resultados
- Evaluación Ex-post

SECCION 1.502 OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DE LA EVALUACION SOCIAL

1.502.1 ALCANCE GENERAL

Esta sección presenta los objetivos y fundamentos de la evaluación social de proyectos de inversión, con especial referencia a los proyectos de vialidad interurbana.

El contenido de la sección se ha organizado en 4 tópicos. El 1.502.2 se orienta a establecer y definir los objetivos de la evaluación social, de modo que se facilita la presentación de los elementos que mas adelante se desarrollan. En el tópico 1.502.3 se discute el rol de las políticas de transporte en la evaluación social de proyectos; de este modo se genera un marco amplio de análisis donde se integran elementos de eficiencia económica con aquellos de políticas sectoriales. Finalmente, en el tópico 1.502.4 se entregan los fundamentos de la evaluación económica, donde se presentan los elementos básicos necesarios para la presentación de las secciones siguientes de este manual.

1.502.2 OBJETIVOS DE LA EVALUACION SOCIAL

Los objetivos de la evaluación social de proyectos pueden ser descritos con mayor nitidez al compararlos con la evaluación privada. En esta última, se consideran como beneficios y costos los cobros y pagos que se espera sean efectivamente realizados por el agente que realiza la evaluación, incluyendo entre los pagos los eventuales impuestos que corresponda pagar. Estos flujos de caja, debidamente actualizados utilizando una tasa de interés definida por el mismo agente, permiten calcular los indicadores de rentabilidad, tales como el VAN o la TIR.

En cambio, en la evaluación social de proyectos se contabilizan todos los beneficios percibidos, quienquiera sea el que los recibe, y se computan todos los costos, quienquiera sea el que los soporte. Por otra parte, los costos se cuantifican utilizando, en lugar de los precios de mercado, precios sociales que reflejan el costo de oportunidad de los recursos físicos ocupados en la materialización del proyecto; estos precios, así definidos, excluyen por lo tanto los impuestos y, en general, todo pago que implique una mera transferencia de dinero entre un agente y otro. Finalmente, los flujos de costos y beneficios se actualizan utilizando una tasa social de actualización, que refleja una preferencia social por el presente, la cual puede o no coincidir con la tasa de interés del mercado financiero.

Estas profundas diferencias hacen que en muchos casos la rentabilidad privada de un proyecto dado difiera de su rentabilidad social. La magnitud de las diferencias depende de diversos factores, entre los cuales puede señalarse:

- La existencia de externalidades, esto es, costos de un proyecto que deben ser soportados por un agente diferente al que realiza el mismo.

- La magnitud de la diferencia entre los precios de mercado y los precios sociales o costos de oportunidad de los recursos.

- La existencia de bienes públicos, por cuyo uso no es posible o no es sensato cobrar una tarifa.

- La eventual diferencia entre la tasa social de actualización y la tasa de interés privada.

En resumen, en la evaluación social se intenta asignar recursos en forma tal que se maximice el bienestar del conjunto de la población, en tanto que en la evaluación privada se maximiza el bienestar del agente que realiza el proyecto. Cabe destacar que se usa la palabra neutra "agente" para indicar que el enfoque privado puede ser adoptado por todo tipo de personas, empresas, instituciones u organismos, los cuales pueden pertener ya sea al sector privado o al estatal.

El presente manual se refiere sin embargo a un tipo particular de proyecto, esto es, proyectos de inversión en infraestructura vial. Este tipo de proyectos presenta en la mayor parte de los casos las siguientes características:

- Requiere inversiones cuantiosas previas a la puesta en operación del proyecto.

- Los costos de mantención y operación de la infraestructura son relativamente pequeños, en comparación a la inversión.

- La vida útil de las obras es en general larga.

- La inversión no es recuperable o redestinable: un camino que deja de ser útil o requerido no puede ser trasladado a otro lugar.

- La principal fuente de beneficios es el ahorro de recursos que se produce durante la vida útil del proyecto, pricipalmente por concepto de reducción en costos de operación de los vehículos que utilizan el proyecto.

Estas características, en especial el carácter irreversible de las obras y la magnitud de las inversiones, exigen que la evaluación sea especialmente cuidadosa.

Otro factor que debe ser tenido en cuenta es que, en el caso de inversiones en infraestructura vial ejecutadas por el Estado, los fondos necesarios provienen de la recaudación tributaria, esto es, se trata de dinero de los contribuyentes que el Estado tiene la obligación ética de utilizar en forma eficiente. Ello es así incluso en el caso de que los fondos provengan total o parcialmente de préstamos, pues en algún momento dichos préstamos y sus intereses deberán ser pagados con el dinero de los contribuyentes. Desde este punto de vista, un objetivo de la evaluación social de proyectos es garantizar que el perjuicio ocasionado a los contribuyentes por el pago de impuestos sea menor que los beneficios derivados de la operación del proyecto.

De lo anterior se desprende que no necesariamente aquellos agentes que sufren los costos de un proyecto son los mismos que perciben los beneficios: hay, o puede haber, ganadores y perdedores. Ello hace recomendable en algunos casos definir mecanismos de compensación para cumplir criterios de equidad.

Una manera de mitigar los efectos mencionados es establecer un sistema de tarificación del uso de la infraestructura vial, el cual puede o no estar asociado a un sistema de concesiones. Mediante este mecanismo, se logra que sean los usuarios directos de la obra quienes financien su costo. Sin embargo, este procedimiento puede conducir a una reducción en la rentabilidad social del proyecto, como queda claro en el ejemplo que se describe a continuación.

Supongamos un proyecto vial cuyo objetivo es proveer una conexión más directa entre dos puntos dados. Es el caso, por ejemplo, de un nuevo puente que evita un largo rodeo, o un nuevo túnel que evita una cuesta. Supongamos además, para simplificar, que los flujos son tales que no existe congestión, y que los costos de conservación y operación de las obras son aproximadamente independientes del flujo. Si el uso de la nueva obra es gratuito, existirá cierto volumen de tránsito que la utilizará, y ello producirá ahorro de recursos por las menores distancias de viaje con respecto a la situación base. Este ahorro de recursos será naturalmente proporcional al flujo que utiliza el proyecto. Esto es, a mayor flujo, mayor rentabilidad social del proyecto.

Supongamos ahora que la nueva obra se tarifica de modo de recuperar el dinero utilizado en su construcción. En este caso, es probable que algunos usuarios decidirán no pagar y utilizar la ruta antigua, con lo cual no percibirán beneficio alguno como consecuencia del proyecto. Ello significa que la rentabilidad social del proyecto disminuye. En otras palabras, la sociedad en su conjunto gasta más recursos físicos reales en el caso tarificado que en el caso gratuito. Por lo tanto, si se utilizara la metodología estándar de evaluación social para evaluar el proyecto de tarificar la obra, en el caso planteado el resultado sería una rentabilidad negativa.

En casos en que existe congestión, y/o los costos de conservación varían con el flujo, el análisis se hace más complejo pero puede demostrarse que la conclusión anterior sigue siendo válida, al menos para ciertos rangos de tarifa.

Existe sin embargo un caso en el cual la tarificación no merma la rentabilidad social del proyecto: si se tarifica también la o las rutas alternativas. Este sería el caso si la situación base fuera por ejemplo que la totalidad de la red vial del país estuviera tarificada.

Incluso si se considera las diversas fuentes de financiamiento señaladas anteriormente, probablemente los fondos disponibles serán insuficientes para ejecutar todos los proyectos identificados en cierto momento. Por lo tanto, uno de los objetivos de la administración de los fondos será identificar aquellos proyectos que conviene ejecutar de aquellos que no resultan convenientes, estableciendo un criterio de priorización de los mismos.

Ello hace necesario contar con una metodología estandarizada de evaluación, que permita comparar efectivamente la rentabilidad de cada proyecto, evitando que ésta dependa del criterio o supuestos realizados por el analista. Este es precisamente uno de los objetivos centrales del presente manual. Sin embargo, la comparación entre proyectos no sólo se da al interior del sector de infraestructura vial: también compiten por financiamiento público proyectos de áreas tan diversas como salud y educación, de manera que las metodologías de evaluación de proyectos de diversos sectores han de ser necesariamente comparables. El presente manual intenta cumplir este objetivo en la medida de lo posible, dentro de las limitaciones derivadas de nuestro grado de conocimiento en estas materias. En todo caso, puede señalarse que la meta es, naturalmente, lograr una distribución de las inversiones tal que la rentabilidad marginal sea la misma en todos los sectores.

La administración de la cartera de proyectos de inversión recae sobre el Ministerio de Planificación y Cooperación -MIDEPLAN-, el cual ha realizado importantes esfuerzos orientados a garantizar la compatibilidad en la evaluación de proyectos de diversos sectores (MIDEPLAN, 1991). Por lo tanto, los criterios y métodos de evaluación que se proponen en el presente manual han tomado en cuenta las pautas generales que entrega dicho organismo.

1.502.3 ROL DE LAS POLITICAS DE TRANSPORTE

Las políticas de transporte establecen el marco general de análisis que guía la identificación y formulación de proyectos, de manera que éstos sean coherentes con los lineamientos y objetivos determinados en estas políticas.

En este contexto es que las políticas sectoriales juegan un rol de definición de los planes de desarrollo y priorización de proyectos, conformando la base sobre la cual se estudia la rentabilidad social de la inversión. Existe una variada gama de instrumentos de política de transporte, entre los cuales puede señalarse: el marco regulatorio y reglamentario del sector; las políticas tarifarias;

las políticas sobre equidad competitiva entre modos de transporte; las políticas en relación a la estructura industrial; las políticas de prevención de prácticas monopólicas.

Por otra parte, en general la rentabilidad de los proyectos está condicionada por las políticas sectoriales definidas; por ejemplo, una política tarifaria dada influirá sobre la rentabilidad esperada de los proyectos. Por esta razón, en la evaluación de largo plazo deberá considerarse escenarios alternativos de política, estudiando el impacto de éstas en la rentabilidad de los proyectos.

1.502.4 FUNDAMENTOS DE LA EVALUACION SOCIAL

En este acápite se desarrollan las bases conceptuales de los enfoques alternativos para medir los beneficios sociales de un proyecto, haciendo énfasis en los elementos que los diferencian, los supuestos subyacentes y los alcances de cada planteamiento.

El primer enfoque corresponde a la medición de beneficios vía la valoración social de los recursos, y postula que los beneficios de un proyecto provienen de los ahorros de recursos, valorados a su costo de oportunidad para la sociedad, entre la situación base y la con proyecto. Un importante corolario es que si la situación con proyecto consume más recursos que la situación base, el proyecto jamás podría ser rentable. Sin embargo, surge la interrogante de qué hacer si la alternativa que consume más recursos es de mejor calidad. Es sencillo hallar múltiples ejemplos en que esto último sucede en la evaluación de proyectos de transporte. Por ejemplo, el caso de construir una autopista que hace la conducción más agradable, cómoda y segura.

Ante estas limitaciones, ha sido desarrollado un enfoque alternativo, que postula que los beneficios de un proyecto se obtienen de la variación de los excedentes de los consumidores y los productores, a partir del criterio originalmente planteado por Marshall (1920) y generalizado por Hotelling (1938), para el caso en que varios precios varíen simultáneamente. Quizás la diferencia más significativa entre este enfoque y el de valoración de recursos, se obtiene al aplicar este concepto en funciones de demanda que incorporan además del precio, atributos de calidad (Lancaster, 1966). En este caso, y a partir de la teoría de la utilidad aleatoria, se ha desarrollado un marco consistente con los planteamientos del excedente del consumidor, reconociendo que este excedente se puede producir también como consecuencia de un mejor servicio (Williams, 1976, 1977; Small y Rosen, 1981).

El excedente de los usuarios mide la valoración monetaria que éstos otorgan al cambio de bienestar producido por la realización del proyecto, el cual puede provenir de dos fuentes: reducción en los costos monetarios de viaje; y mejoramiento en la calidad del servicio, en aspectos como la confiabilidad, la comodidad o el tiempo de viaje. El excedente de los productores, por otra parte, puede medirse por la variación en la utilidades monetarias de las empresas que proveen servicios de transporte. La principal crítica a este enfoque deriva del hecho que ambas medidas de excedente son obtenidas a partir de los precios privados, los cuales en el caso general difieren de los precios sociales que se recomienda utilizar en la evaluación social. Ello conduce a que este enfoque presenta un importante sesgo regresivo, derivado de que los estratos de alto ingreso tienen en general una mayor disposición a pagar por mejoramientos de calidad, con lo cual sus excedentes resultan mayores, tendiendo a hacer que la rentabilidad de un proyecto quede explicada en gran medida por el grado en que beneficia a los estratos de más alto ingreso.

Un enfoque intermedio, que ha sido ampliamente utilizado, consiste en corregir el primer enfoque, considerando el tiempo de viaje como un recurso. Este criterio presenta el problema de definir una valoración social a las reducciones en tiempo de viaje que se obtengan como consecuencia de la ejecución de un proyecto. De acuerdo al principio general, estas reducciones debieran ser valorizadas de acuerdo a la productividad alternativa del tiempo de viaje evitado, lo cual obliga a realizar supuestos acerca del uso que eventualmente se daría a este tiempo. Si este tiempo pudiera ser utilizado en trabajo adicional, podría ser valorizado por la tasa salarial correspondiente, bajo el supuesto que ésta mide adecuadamente la productividad del recurso tiempo. Pero, si el uso alternativo es una actividad no laboral, dicha productividad sería nula. Lo anteriormente enunciado es una posición extrema, habiendo quienes sostienen que el tiempo redestinado a actividades no laborales también tiene un valor social, que puede ser eventualmente inferior al valor del tiempo redestinado al trabajo productivo. También se ha sostenido la procedencia de aplicar un precio social único al tiempo redestinado, independientemente de la actividad a la cual se redestine. Otro factor que complica la cuantificación es que en algunos casos el tiempo de viaje puede ser también productivo, si es posible realizar actividades laborales durante el viaje, como puede ocurrir en el caso de pasajeros de buses o automóviles. El panorama descrito lleva a una situación en la cual no existe una solución comúnmente aceptada al problema de la valoración social de los tiempos de viaje evitados. Por otra parte, el enfoque tampoco permite valorar socialmente los cambios en la calidad del viaje, en aspectos distintos al tiempo de viaje.

Frente a estas dificultades de los métodos tradicionales, el presente manual propone un cuarto enfoque, que se desarrolla en detalle en el tópico 1.506.6. En resumen, este enfoque propone valorar los ahorros de recursos en la misma forma planteada por el primer enfoque, pero agregando al resultado obtenido una valoración social de los mejoramientos de calidad de los viajes. Para lograr esto último, se desarrolla un método que permite valorar socialmente los excedentes privados de consumidores y productores.

Cabe destacar, finalmente, que de acuerdo a la caracterización de la evaluación social de proyectos de transporte presentada en 1.502.2, corresponde considerar en la evaluación todos los agentes que obtengan beneficios o soporten costos como consecuencia de la ejecución de un proyecto. Ello significa que, por ejemplo, los impactos ambientales de un proyecto deben ser incluidos en la evaluación, en la medida que favorezcan o perjudiquen a algún agente. El enfoque propuesto se adapta bien a este propósito, dado que permite, en una forma genérica, dar una valoración social a aspectos tales como cambios en la calidad de vida de los residentes del entorno de un proyecto, derivados de su ejecución.

REFERENCIAS

Hotelling, H. (1938) **The General Welfare in Relation to Problems of Taxation of Railway and Utility Rates.** Econometrica 6.

Lancaster, K.J (1966) **A new Approach to Consumer theory.** Journal of Political Economy 14, pp.132-157.

Marshall, A. (1920) **Priciples of Economics**, 8ª Edición. Macmillan, Londres.

MIDEPLAN (1991) **Inversión Pública Eficiente, un continuo desafío**. Ministerio de Planificación y Cooperación, Santiago.

Small, K.A. y Rosen H.S. (1981) **Applied welfare economics with discrete choice models.** Econometrica 49, pp.105-129.

Williams, H.C.W.L. (1976) **Travel Demand Models, Duality Relations and User benefit Analysis.** Journal of Regional Science 16.

Williams, H.C.W.L. (1977) **On the Formation of Travel Demand Models and Economic Evaluation Measures of User Benefits**. Environment and Planing A9.

SECCION 1.503 DIAGNOSTICO

1.503.1 ASPECTOS GENERALES

El objetivo de la presente sección es entregar normas generales a utilizar en el diagnóstico de la situación actual, en el marco del enfoque metodológico presentado en la sección 1.104.

La presentación del contenido de esta sección sigue un orden temático. Se presenta en primer lugar los conceptos básicos aplicables al proceso de diagnóstico, para parar luego a diagnósticos específicos de la oferta de transporte, la demanda de transporte, la operación de los flujos vehiculares, la seguridad y el medio ambiente.

1.503.2 CONCEPTOS BASICOS

Con el fin de contar con antecedentes necesarios para el planteamiento de alternativas de mejoramiento de la infraestructura vial, es necesario efectuar un diagnóstico de la situación existente. Este diagnóstico permitirá identificar y precisar los problemas que se presentan en ella, sus principales causas y sus posibles soluciones.

El nivel de detalle de este análisis esta íntimamente relacionado con la calidad y las características físicas y operacionales de la infraestructura que se pretende intervenir, y de las características del espacio y sistema de actividades que se pretende intervenir. Por este motivo la profundidad del diagnóstico será función de la etapa en que se encuentra el proyecto dentro de su ciclo de vida.

Si bien, en general, el procedimiento de análisis para la realización de esta actividad no se repite mecánicamente ni posee una estructura rígida, se puede esquematizar como sigue:

- **Detección del problema:**

  Donde se trata de identificar los problemas existentes en el sistema de transporte bajo análisis, centrándose en aquéllos relacionados con los objetivos del proyecto.

- **Pronóstico:**

  La idea es identificar los grados en que estos problemas se agudizarán en el mediano plazo.

- **Identificación de causas:**

  La cuestión central es determinar si los problemas detectados se deben a que la capacidad de la infraestructura es insuficiente, a un inadecuado diseño físico y operativo o bien a que no está siendo correctamente utilizada. En general estas causas se presentan como combinaciones en diversos grados.

- **Priorización de problemas:**

  Los análisis detallados previamente, conducen a una lista de elementos conflictivos. Se estudian sus interrelaciones y en función de ellas y de la magnitud de los problemas detectados, se definen prioridades.

El fundamento de estos análisis estará constituido por datos provenientes de antecedentes existentes y/o de los estudios de base desarrollados en terreno, por un conjunto de indicadores elaborados a partir de ellos y, en caso de ser posible, por los resultados obtenidos de la modelación de la situación base para el corto y mediano plazo.

A continuación se describen los principales aspectos que se tendrán en cuenta en el proceso de diagnóstico de la infraestructura bajo análisis.

1.503.3 DIAGNOSTICO DE LA OFERTA DE TRANSPORTE

Este consitirá en una descripción de las características de la oferta vial existente, desde el punto de vista de la composición geométrica de la plataforma vial, con sus concomitancias en la operación de los distintos elementos constitutivos de la misma; desde el punto de vista del drenaje de ella, describiendo el tipo y estado de las obras de arte, y desde el punto de vista del estado de los firmes. Estos análisis deberán realizarse teniendo en consideración los requerimientos planteados en el Volumen 3 del Manual de Carreteras.

En términos geométricos, para el caso de la infraestructura existente, este diagnóstico ha de ser un análisis crítico de sus características geométricas (planta y elevación) y su grado de coherencia con el estándar de ella, identificando los puntos o sectores singulares en los cuales existen restricciones al respecto que impiden alcanzar el estándar requerido. En el caso que el proyecto consista en proveer una nueva infraestructura, esto deberá ser complementado con un análisis de las características del espacio disponible para su emplazamiento, las posibles restricciones que él impone y la factibilidad de que la infraestructura alcance las caracteríticas geométricas que se requieren dentro de dicho espacio.

En cuanto a la capacidad de los distintos elementos que componen la infraestructura, el diagnóstico consistirá en verificar el grado de satisfacción de los requerimientos que plantea la demanda y el nivel de servicio en que se encuentran operando los flujos vehiculares. En el caso de la sección transversal se deberá realizar un análisis de las caracteríticas de los distintos elementos que la componen.

A su vez será necesario verificar la homogeneidad del diseño de la infraestructura en función de las variaciones que experimenta la demanda a lo largo de su desarrollo y de las distintas situaciones y restricciones que impone el espacio disponible y las actividades localizadas en su entorno (plataforma pública disponible, número de pistas de circulación, ancho de calzada, ancho de mediana, etc.).

En términos de drenaje de la plataforma vial, este diagnóstico ha de ser un análisis crítico del tipo y estado de las distintas obras de drenaje, así como de las obras de arte que existen a lo largo de su desarrollo. En el caso de nueva infraestructura esto deberá ser complementado con un análisis de la factibilidad de otorgar un adecuado drenaje a la plataforma vial y de materializar las obras de arte que se requieran dentro de estándares razonables de costo y diseño.

En cuanto a los firmes, para el caso de la infraestructura existente, este diagnóstico ha de ser un análisis crítico del tipo y estado de la carpeta de rodado, de sus características de diseño y de su capacidad estructural para satisfacer los requerimientos que plantea la demanda. En el caso de nueva infraestructura esto deberá ser complementado con un análisis de las características de los suelos en que se emplazará la infraestructura y del diseño estructural de los distintos elementos que componen la carpeta de rodado.

En efecto, sobre la base de las monografías de pavimentos y de la información geotécnica que ha sido relevada, se sectorizará el eje en tramos homogéneos, considerando su estado actual, tipo de carpeta e índice de serviciabilidad.

El análisis global de esta información permitirá definir con certeza, basándose principalmente en un valor umbral del índice de serviciabilidad, los tramos que serán descartados en el análisis de rehabilitación de pavimentos y, a la vez, los que deberán ser sometidos a un tratamiento de análisis de diferentes estrategias alternativas de rehabilitación de la carpeta.

1.503.4 DIAGNOSTICO DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE

Este consistirá en una descripción de las características de la demanda en términos de su volumen, y de la estructura espacial y
temporal de ella. Para ello, se analizará en primer término la información de flujos vehiculares proveniente de los estudios de base correspondientes y/o de los antecedentes que existan al respecto. En segundo término, para aquellos proyectos en que se ha calibrado modelos de demanda es posible realizar un análisis detallado de los resultados obtenidos en sus distintas etapas, como por ejemplo tasa de generación/atracción de viajes, distribución, partición modal y asignación de viajes.

Un aspecto relevante para establecer las condiciones de diseño de la infraestructura, en términos de su capacidad y del diseño estructural de los firmes, es la estimación de los flujos de diseño, para lo cual deberán seguirse los requerimientos establecidos en el Volumen 3 del Manual de Carreteras.

Para efectos de pronóstico será importante efectuar una estimación de la demanda y una adecuada caracterización de ella para un corte temporal futuro.

1.503.5 DIAGNOSTICO DE LA OPERACION DE LOS FLUJOS VEHICULARES

Este consistirá en un análisis exahustivo de las actuales características de operación de los flujos vehiculares en la infraestructura existente, con el fin de identificar los problemas de gestión que en ella se producen, así como los conflictos e interferencias que se generan entre los distintos agentes usuarios de ella. Este diagnóstico se basará, fundamentalmente, en la información recogida en la etapa de estudios de base anteriormente descrita, en los resultados de la modelación de la situación actual e incluirá, a lo menos, los aspectos que se indican a continuación.

En las intersecciones, nudos y puntos singulares de la infraestructura se hará un análisis de todos los elementos que inciden en su operación, tales como identificación de movimientos conflictivos, capacidad de los distintos elementos que conforman el dispositivo vial, tipo de regulación, señalización y demarcación, presencia de peatones o ciclistas, etc.

Por otra parte es necesario identificar los conflictos en la vía, derivados de una inadecuada ordenación del flujo vehicular y/o de una inadecuada señalización estática existente en el área. A su vez se identificarán los problemas de virajes a la izquierda y problemas de capacidad de la vía, tales com las restricciones al adelantamiento.

1.503.6 DIAGNOSTICO DE SEGURIDAD

La ocurrencia de accidentes debe ser considerada en la detección de problemas y en la definición del tipo de solución que se adoptará. Por ello a partir de la información que se recoja al respecto, se establecerán los lugares de mayor ocurrencia de accidentes (focos) y se analizará la tipología de los accidentes mas recurrentes. Se identificará además puntos singulares en los cuales existan situaciones de riesgo, aunque no hayan producido accidentes en el pasado reciente.

1.503.7 DIAGNOSTICO AMBIENTAL

En este caso el diagnóstico establecerá los factores de carácter ambiental que deberán considerarse, de manera que las alternativas que se propongan, constituyan no sólo un mejoramiento de la infraestructura vial sino, además, contribuyan al mejoramiento de la imagen ambiental del sector, y consideren tanto durante la fase de construcción como en sus fases futuras de operación, la minimización de los efectos negativos sobre el medio.

SECCION 1.504 DEFINICION DE ALTERNATIVAS PARA EVALUACION

1.504.1 Aspectos Generales

En esta sección se describe los principales aspectos y procedimientos que deberán tenerse en cuenta para la definición de alternativas a evaluar en las etapas de perfil, prefactibilidad y factibilidad. Para ello en primer lugar se conceptualiza, desde el punto de vista de la evaluación, los distintos tipos de proyectos y las relaciones existentes entre ellos para la conformación de planes y programas de inversión. Además se exponen los criterios básicos para la definición de la situación base.

1.504.2 Definiciones básicas

A continuación se presenta la definición de ciertos conceptos básicos para el planteamiento de alternativas en la evaluación social de proyectos viales.

a) Proyecto.

En el contexto del presente Manual se entenderá por proyecto toda intervención sobre la red vial que implique un conjunto coherente e indivisible de inversiones, tendiente a mejorar las características físicas y operacionales de ella. Desde el punto de vista de la evaluación, dos o más proyectos pueden ser:

- **Complementarios**, si y solo si los beneficios netos derivados de su ejecución conjunta son mayores que la suma de los beneficios netos de los mismos considerados individualmente.

- **Alternativos**, si los beneficios netos derivados de su ejecución conjunta son menores que la suma de los beneficios netos de los mismos considerados individualmente, o bien si por restriciones físicas no es posible ejecutarlos en conjunto.

- **Independientes**, si ambos beneficios netos son iguales.

b) Alternativa.

Corresponde a las distintas formas de materialización de un proyecto, que difieren sensiblemente en sus características físicas y/u operacionales pero no en el tipo y ámbito de los impactos que producen.

c) Plan.

Es un conjunto cualquiera de proyectos. La comparación de los beneficios netos de un plan con los beneficios netos de los proyectos que lo constituyen considerados individualmente es la herramienta principal para discriminar entre proyectos complementarios, alternativos e independientes. En la formulación de un plan no es necesario suponer que todos los proyectos se realizan simultáneamente, pudiendo establecerse un calendario de puesta en servicio de los mismos.

d) **Programa.**

Es un conjunto de proyectos, con sus fechas de puesta en marcha, que ha resultado rentable o conveniente de ejecutar de acuerdo a la metodología definida en este Manual. Un **Programa Director** es un programa referido a la totalidad de la red vial nacional. Un **Programa Estratégico** es un programa que contempla proyectos en diversos modos de transporte interurbano.

1.504.3 Elaboración de Planes

Tal como se señaló anteriormente, un **Plan** está conformado por un conjunto de proyectos, en cuya formulación se deberá tener en cuenta los siguientes aspectos:

a) Incluso con un número moderado de proyectos, probar todas las combinaciones posibles puede implicar un consumo de recursos excesivo en la modelación, más aún si se considera como variable la fecha de ejecución de cada proyecto. Ello hace aconsejable emplear métodos heurísticos de búsqueda del mejor plan.

b) En muchos casos es posible establecer a priori cuáles proyectos son obviamente alternativos y cuáles complementarios. En principio, los planes deberán formarse con proyectos complementarios.

c) Un plan rentable puede contener proyectos no rentables. Para detectar estos casos, es recomendable modelar variantes de un plan dado en forma tal que se vaya excluyendo sucesivamente cada uno de los proyectos. Ello permite determinar el aporte incremental que cada proyecto hace al plan.

d) De igual modo, un plan no rentable puede contener proyectos rentables.

e) En algunos casos, proceder paso a paso conduce a resultados satisfactorios. Para ello se determina en primer lugar por separado la rentabilidad de cada proyecto incluido en el plan. Se construye luego una serie de planes que contienen los "n" proyectos más rentables, agregándolos uno a uno. Este procedimiento conduce normalmente a determinar un buen plan, aunque naturalmente no garantiza que éste sea el óptimo.

f) Las anteriores son recomendaciones de tipo general. Será responsabilidad del analista elegir el procedimiento de búsqueda más adecuado a cada caso, basándose en su experiencia y criterio.

1.504.4 Horizonte de Evaluación, Vida Util y Valor Residual

El horizonte de evaluación corresponde al período en el cual se cuantifican los beneficios y costos asociados a un determinado proyecto, definiéndose de esta manera la corriente de flujos económicos del mismo, base sobre la cual se determinan los indicadores de rentabilidad correspondientes.

Se recomienda adoptar como horizonte de evaluación la vida útil de las obras a realizar, con un máximo de 20 años, salvo excepciones debidamente justificadas. Ello significa que debe computarse como un beneficio el valor residual de estas obras al final del horizonte de evaluación.

El valor residual corresponde al costo de oportunidad o mejor uso alternativo del remanente de las obras atingentes al proyecto al final de su vida útil económica o al término del horizonte de evaluación. Los criterios para su determinación se presentan en el tópico 1.506.5.

1.504.5 Definición de la Situación Base

Para el proceso de evaluación de alternativas, se requiere definir una situación base que servirá de referencia para la estimación de los beneficios y costos incrementales asociados a dicha alternativa. Es decir, se realiza una comparación de las condiciones de operación entre ambas situaciones, motivo por el cual mientras mas deterioradas sean las de la situación base mayores beneficios serán atribuidos al proyecto.

Sin embargo, es posible que un conjunto de medidas que optimicen la operación de la infraestructura existente consigan producir beneficios que corresponden a una parte importante de los beneficios atribuídos al proyecto. Por ello, a fin de evitar la sobrevaloración de los beneficios es necesario prestarle especial importancia a la definición de la situación base. Para tal efecto deberá tenerse presente los siguientes aspectos:

- El alcance de las eventuales medidas a considerar en la situación base depende de las características de las alternativas de proyecto que se generen, especialmente en lo relativo al ámbito espacial de su aplicación y a la apreciación relativa de las inversiones involucradas.

- Es recomendable considerar medidas de gestión de tránsito, orientadas a abordar problemas de subutilización de capacidad detectados en la etapa de diagnóstico y medidas de mantenimiento de la infraestructura, orientadas a definir una política de conservación que permita ser incorporada en los modelos de deterioro correspondientes.

- En caso que ninguna de las alternativas evaluadas resulte rentable, se deberá materializar la situación base correspondiente. Por este motivo la situación base que se defina debe ser factible de implementar, para lo cual es necesario que ella cumpla con las condiciones mínimas de efectividad en su funcionamiento impuestas para el conjunto de alternativas, incluyendo el cumplimiento de las normas técnicas de diseño que correspondan.

- Si dentro del horizonte de evaluación la situación base adquiere un elevado nivel de saturación o de deterioro, es aconsejable plantear mejoramientos en ella en un determinado corte temporal. Por este motivo, es posible afirmar que en general la situación base no es estática sino dinámica, por lo que conviene preverla y proyectarla adecuadamente a los distintos cortes temporales previstos en el horizonte de evaluación del proyecto.

- También deberá incluirse en la situación base los proyectos de infraestructura vial localizados en el área de influencia del proyecto, cuya ejecución ya ha sido aprobada por la autoridad.

También deberá incluirse aquellos proyectos de infraestructura para otros modos de transporte o para sectores productivos que puedan tener alguna incidencia en la evolución de la demanda asociada al proyecto bajo análisis.

1.504.6 Planteamiento de Alternativas

Todo proyecto tiene efectos en cuatro aspectos principales: fluidez del tráfico, seguridad vial, accesibilidad al transporte y a la propiedad adyacente y calidad ambiental del área circundante. Generar alternativas supone conocer objetivos específicos en cada aspecto, ya sea para modificarlo o para mantenerlo inalterado, los que deberán ser explicitados con el mayor detalle posible. Las orientaciones provistas en los requerimientos del estudio, la información recolectada y su análisis en el diagnóstico y las opiniones e inquietudes de los usuarios y organismos locales involucrados, conforman los antecedentes en que ha de basarse esta actividad.

1.504.601 Definición de Alternativas

El estudio conjunto de los antecedentes permitirá identificar formas alternativas de alcanzar los objetivos planteados. Aunque ellas pueden ser muy distintas de un proyecto a otro es necesario, en primer lugar, que su concepción esté sujeta a estándares generales derivados de la jerarquía que ocupa en la red cada vía. Por otra parte, debe tenerse presente la flexibilidad de cada solución para admitir mejoras físicas u operacionales significativas en el futuro para enfrentar demandas mayores de ocurrencia incierta en el período de evaluación y, por tanto, no incorporables en los flujos de diseño.

De aquí resultará un número variable de alternativas, que deberá guardar cierta proporción con la magnitud del proyecto en cuanto a costos de inversión e impactos. Se recomienda realizar un análisis basado en indicadores muy simples en orden a detectar si alguna de la alternativas planteadas es dominada por otra o presenta debilidades serias. Tales alternativas pueden ser descartadas tempranamente. Las restantes serán sometidas a una elaboración mayor para realizar su evaluación completa en los términos previstos por el presente manual.

1.504.602 Diferenciación de Alternativas

Como resultado del proceso anterior es posible identificar en general numerosas soluciones para los requerimientos planteados en los objetivos del proyecto. Algunas de ellas serán profundamente diferentes entre sí en tanto otras podrán diferir sólo en ciertos detalles. Por lo tanto, se plantea el problema de decidir cuáles serán modeladas y evaluadas como soluciones distintas y cuáles son en realidad variantes de materialización de una misma solución.

La respuesta a esta interrogante depende de la etapa de evaluación de que se trate, y en especial de los distintos poderes de resolución que tienen los métodos de modelación que se utilizan en cada etapa de evaluación.

Ello significa que, por ejemplo, dos formas de materializar un proyecto que constituyen alternativas diferentes en etapa de prefactibilidad, pueden no ser distinguibles entre sí mediante las técnicas utilizadas en etapa de perfil, en el sentido que ambas aparecerán con los mismos costos y beneficios y no será posible elegir entre ellas.

A modo de ejemplo, puede considerarse un proyecto que consista en mejorar la conexión vial entre dos puntos A y B. En la etapa de perfil puede plantearse como alternativas un cambio de estándar de un trazado existente, o bien construir un trazado nuevo, ambas caracterizadas en forma muy sumaria. Supongamos que el trazado nuevo resultó claramente mejor, por lo cual en etapa de prefactibilidad corresponderá discriminar entre, digamos, tres alternativas de trazado nuevo, definidas a nivel de anteproyecto. Estas tres alternativas habrían sido probablemente indistinguibles con las técnicas usadas en la etapa de perfil. Supongamos ahora que una de estas alternativas fue seleccionada. El análisis en etapa de factibilidad podrá considerar variantes menores del trazado ya definido, solución de problemas puntuales, facilidades para peatones, variantes en diseño de enlaces, etc. Nuevamente, estas variantes de diseño habrían sido indistinguibles con las técnicas usadas en etapa de prefactibilidad.

El ejemplo anterior es solamente indicativo del criterio general a seguir. En cada caso concreto, discriminar qué es realmente una alternativa y qué no lo es corresponderá al juicio profesional del analista.

1.504.603 Diseño Físico y Operacional

El diseño físico y operacional de las alternativas deberá tomar en cuenta los criterios y requerimientos especificados en los Volúmenes 2 y 3 del Manual de Carreteras.

En evaluaciones en etapa de perfil, se recomienda que el diseño físico y operacional se realice a nivel de estudio preliminar, en el sentido definido en el Volumen 2 del Manual de Carreteras. En casos en que por la naturaleza del proyecto ello no resulte aconsejable, se podrá utilizar bosquejos o esquemas que resulten suficientes para generar evidencia razonable de que el proyecto satisface las necesidades o resuelve los problemas que se hayan diagnosticado. En todo caso, estos bosquejos o esquemas deberán ser suficientes para calcular presupuestos aproximados del costo de las obras.

En evaluaciones en etapa de prefactibilidad, se recomienda que el diseño físico y operacional se realice a nivel de anteproyecto, en el sentido definido en el Volumen 2 del Manual de Carreteras. En casos en que ello no se justifique por la naturaleza del proyecto, se podrá utilizar un diseño físico y operacional realizado a nivel de estudio preliminar.

En evaluaciones en etapa de factibilidad, se recomienda que el diseño físico y operacional se realice a nivel de estudio definitivo, en el sentido definido en el Volumen 2 del Manual de Carreteras. En casos en que ello no se justifique por la naturaleza del proyecto, se podrá utilizar un diseño físico y operacional realizado a nivel de anteproyecto.

SECCION 1.505 COSTOS SOCIALES

1.505.1 ASPECTOS GENERALES

El objetivo de la presente sección es indicar las normas a seguir para obtener precios sociales de recursos a partir de sus precios de mercado. Estas normas se basan en lo dispuesto en la normativa sobre el Sistema Nacional de Inversión Pública del Ministerio de Planificación y Cooperación.

1.505.2 CONCEPTOS BASICOS

Las inversiones en el sector público, específicamente aquellas relativas a la infraestructura vial, son evaluadas desde el punto de vista social, cuyo principal objetivo se expresa en la maximización de las utilidades medidas en precios sociales.

En el proceso de evaluación de las decisiones económicas, cuando los precios de mercado no representan el valor de los factores desde el punto de vista de la sociedad, es fundamental contar con los costos sociales. Por lo tanto su existencia se justifica debido a las distorsiones que presenta el mercado (impuestos, subsidios, aranceles, monopolios), los desequilibrios del mercado (desempleo, escasez de divisas, mal uso de recursos naturales) y la presencia de bienes no comerciales (tiempo, vida humana, áreas de uso público, etc.).

Uno de los elementos importantes en la evaluación social de proyectos viales interurbanos, dice relación con la uniformidad de los criterios con que deben ser calculados los costos sociales de Operación de vehículos, los de Inversión y los de Conservación.

Esta precisión es importante por cuanto es necesario que el organismo planificador que aprueba la ejecución de las obras, tenga la confianza que los distintos proyectos de inversión sobre los cuales debe tomar decisiones, hayan sido evaluados con criterios uniformes.

1.505.201 Definiciones

(1) Precio de Mercado

El Precio de Mercado de un cierto producto sería representativo del valor real de bienes y servicios si funcionaran libremente las leyes de la oferta y la demanda, en condiciones de competencia perfecta, ocupación plena de todos los recursos y completa movilidad de factores y distribución óptima del ingreso.

Si no se cumplen las condiciones anteriores, existirá una distorsión del sistema de precios, los que no representarán el valor de los factores desde el punto de vista de la comunidad en su conjunto. De ahí que se considere necesario corregir los precios de mercado para obtener el costo social de los factores.

(2) Precio Social

El Precio Social de un recurso, llamado también precio sombra o costo de oportunidad equivale al máximo beneficio derivado del uso alternativo de dicho recurso para el conjunto de la sociedad.

1.505.202 Desglose en componentes

Normalmente el procedimiento utilizado para determinar los Costos Sociales, es desglosar cada una de las partidas a precios de mercado, en las componentes de Mano de Obra Calificada (MOC), Mano de Obra Semicalificada (MOSC), Mano de Obra No Calificada (MONC), Moneda Nacional (MN), Moneda Extranjera (ME) e Impuestos o Transferencias (IMP), para aplicarle posteriormente a cada uno de estas componentes los factores de corrección vigentes, definidos por MIDEPLAN.

(1) Mano de Obra Calificada

Corresponde a aquellos trabajadores que desempeñan actividades cuya ejecución requiere estudios previos o vasta experiencia, por ejemplo: profesionales, técnicos, obreros especializados. Entre estos últimos se debe considerar maestros de primera en general, ya sean mecánicos, electricistas, albañiles, pintores, carpinteros u otros.

(2) Mano de Obra Semicalifacada

Son aquellos trabajadores que desempeñan actividades para las cuales no se requiere estudios previos y que, teniendo experiencia, está no es suficiente como para ser clasificados como maestros de primera. Está conformada también por albañiles, pintores, carpinteros u otros, y análogamente, se denominan maestros de segunda.

(3) Mano de Obra No Calificada

Corresponde a aquellos trabajadores que desempeñan actividades cuya ejecución no requiere de estudios ni experiencia previa, por ejemplo: jornaleros, cargadores, personas sin oficio definido.

(4) Moneda Nacional

Corresponde al Peso o moneda oficial del país.

(5) Moneda Extranjera

Corresponde a la divisa. La discrepancia entre el costo social de la divisa y el costo privado se origina si la economía valora una divisa adicional en más o menos de lo que efectivamente le cuesta en términos de recursos productivos.

(6) Impuestos o Transferencias

Corresponden a transferencias o pagos de dinero entre agentes económicos que no corresponden a un pago por un bien o servicio específico.

1.505.203 Factores Vigentes

Los factores de corrección para la valorización social de las inversiones, definidos y vigentes por MIDEPLAN desde 1993, que permiten castigar o premiar la utilización de cada una de las componentes, son los enunciados en el Cuadro N°1.505.203 (A).

CUADRO N°1.505.203 (A)
FACTORES DE CORRECCION PARA VALORIZACION SOCIAL
DE LAS DISTINTAS COMPONENTES

Mano de Obra No Calificada	(MONC)	0.66
Mano de Obra Semicalificada	(MOSC)	0.73
Mano de Obra Calificada	(MOC)	1.00
Moneda Nacional	(MN)	1.00
Moneda Extranjera	(ME)	1.06
Impuestos	(IMP)	0.00

Fuente : MIDEPLAN

1.505.204 Calculo del Precio Social

Conocidos los precios privados de un ítem, ya sea de inversión o conservación, el precio social se puede obtener en forma simplificada o en forma detallada.

(1) Forma Simplificada

La forma simplificada para obtener el Precio Social a partir de los Precios de Mercado, es adoptar la relación entre Precio Social y Precio de Mercado, la que ha sido recurrente en los diversos análisis de precios efectuados en los últimos años; este valor es: P.S./P.M. = 0.75.

(2) Forma Detallada

La forma detallada consiste en desagregar cada una de las partidas de costos de inversión en sus componentes, en que el Precio Social de la Partida "i" (PS_i) se obtiene como:

$$PS_i = \Sigma\, c_{ij} \times p_j \qquad 1.505.204\ (A)$$

donde

c_{ij} : valor de la componente **j** de la partida **i**

p_j : precio sombra o factor de ajuste de la componente **j**

Luego el precio social para el conjunto de partidas que componen la inversión, es :

$$PS = \Sigma\Sigma\, c_{ij} \times p_j \qquad 1.505.204\ (B)$$

Si el valor de cj se expresa como proporción del Precio de Mercado o Precio Privado (PM **i**), entonces:

$$PS_i = (\Sigma\, r_{ij} \times p_j) \times PM_i \qquad 1.505.204\ (C)$$

Por tanto el Precio Social Total de la Inversión es:

$$PS = \Sigma\Sigma\, (r_{ij} \times pj) \times PM_i \qquad 1.505.204\ (D)$$

1.505.3 PROCEDIMIENTOS

Los métodos a utilizar para el cálculo de precios sociales son independientes del tipo de proyecto de que se trate.

Los precios sociales correspondientes a costos de operación de vehículos se determinarán de acuerdo a las normas del tópico1.505.4, independientemente de la etapa de evaluación.

Los precios sociales correspondientes a los costos de inversión y conservación se calcularán según lo dispuesto en el tópico 1.505.5, en etapa de perfil. En etapa de prefactibilidad, se utilizarán las normas del tópico 1.505.6. En etapa de factibilidad, se utilizarán las normas del tópico 1.505.7.

1.505.4 COSTOS DE OPERACION DE VEHICULOS

Las componentes que se consideran en este tópico son sólo aquellas que pueden ser valorizados en el mercado a precios privados, por lo tanto queda excluido de este análisis el precio social de reducciones en el tiempo de viaje. Las componentes consideradas son por lo tanto las siguientes:

- Combustible
- Vehículo nuevo
- Neumáticos
- Repuestos
- Lubricantes
- Mano de Obra
- Depreciación

Esta lista es consistente con la metodología de cálculo de costos de operación de vehículos presentada en la sección 1.402.

La terminología a usar será la siguiente:

PM	:	Precio de mercado o precio de venta al público.
PM s/IVA	:	Precio de mercado sin IVA.
PP	:	Precio Privado, que en general es igual al precio de mercado, salvo excepciones en que se le descuenta el IVA.
PS	:	Precio Social.
PCIF	:	Precio CIF (Costo en el país de origen, Seguro y Flete).
CN	:	Componente Nacional o Moneda Nacional (MN).
CI	:	Componente Importada o Moneda Extranjera (ME).
F	:	Factor Social de la divisa.
Imp	:	Impuestos.

1.505.401 Combustibles

$$PS = 0.4\times(CD + CS) + F\times(PCIF + GVM + 0.6\times(CD + CS)) \qquad 1.505.401\ (A)$$

donde

CD	:	Costo del Distribuidor de combustible
CS	:	Costo de la Estación de Servicio
GVM	:	Gastos varios y Mermas en la importación de combustibles

1.505.402 Vehículo Nuevo

$$PS = (PCIF + 0.25\times MC)\times F + 0.75\times MC \qquad \text{(Vehículos Livianos)}\ 1.505.402\ (A)$$
$$PS = (PCIF + 0.28\times MC)\times F + 0.72\times MC \qquad \text{(Vehículos Pesados)}\ 1.505.402\ (B)$$

donde

MC	:	Margen de Comercialización

1.505.403 Neumáticos

$$PS = 0.426\times(PM\ s/IVA) + 0.574\times F\times(PM\ s/IVA) \qquad \text{(Nacionales)}\ 1.505.403\ (A)$$
$$PS = (PCIF + 0.25\times MC)\times F + 0.75\times MC \qquad \text{(Importados)}\ 1.505.403\ (B)$$
$$PS = 0.47\times(1.45\times(PM\ s/IVA)) + 0.53\times F\times(1.45\times(PM\ s/IVA)) \qquad \text{(Recauchados)}\ 1.505.403\ (C)$$

1.505.404 Repuestos

$$PS = (PCIF + 0.16\times MC)\times F + 0.84\times MC \qquad \text{(Vehículos Livianos)}\ 1.505.404\ (A)$$
$$PS = (PCIF + 0.18\times MC)\times F + 0.82\times MC \qquad \text{(Vehículos Pesados)}\ 1.505.404\ (B)$$

1.505.405 Lubricantes

$$PS = 0.416\times(PM\ s/IVA) + 0.584\times F\times(PM\ s/IVA) \qquad 1.505.405\ (A)$$

1.505.406 Mano de Obra de Mantención

$$PS = PM\ s/IVA \qquad 1.505.406\ (A)$$

1.505.407 Depreciación

$$DP = ADEP / (AKM_0) \qquad 1.505.407\ (A)$$

donde

DP : Depreciación expresada como fracción del precio del vehículo nuevo por cada 1.000 kilómetros.

ADEP : Promedio anual de depreciación del vehículo expresado como una fracción del costo promedio del vehículo nuevo.

AKM_0 : Kilometraje anual de recorrido.

1.505.408 Tabla Resumen

Los precios unitarios sociales para los cinco tipos de vehículos usados en evaluaciones económicas se presentan en el Cuadro N°1.505.408 (A)

CUADRO N°1.505.408 (A)
PRECIOS SOCIALES UNITARIOS DE LOS VEHICULOS

ITEM	UNIDAD	CATEGORIAS DE VEHICULOS				
		AUTOS	CTAS.	C.LIV.	C.PES.	BUSES
COMBUST.	$/lt	98	97	92	89	89
LUBRIC.	$/lt	1.483	1.483	934	934	934
NEUMAT.	$/neum	17.310	31.770	72.531	94.295	100.837
VEH.NUEV	miles$/un	4.772	5.233	14.108	35.761	53.043
M.OBRA	$/hr	2.826	2.826	2.826	2.826	2.826

Montos expresados en $ del 31 de Dic. de 1994 (UF = 11.533,17)
Fuente : Proceso presupuestario 1996; MIDEPLAN - Dir. de Vialidad siendo actualizada anualmente.

1.505.5 INVERSION Y CONSERVACION EN ETAPA DE PERFIL

En este caso el valor social de la inversión y de la conservación se calculará a partir del presupuesto global de las obras calculado a precios privados mediante la siguiente relación:

$$\text{Presupuesto Social} = 0.725 \cdot \text{Presupuesto Privado} \qquad 1.505.5\ (A)$$

1.505.6 INVERSION Y CONSERVACION EN ETAPA DE PREFACTIBILIDAD

1.505.601 Costos de Inversión

Los estudios de ingeniería de las obras viales contenidas en los proyectos en evaluación proporcionarán un presupuesto de inversión a precios privados, el cual deberá desagregarse según las partidas indicadas en el Cuadro N°1.505.601 (A). Para el cálculo del presupuesto valorizado a precios sociales, se asumirá que la distribución por componentes del presupuesto privado es la indicada en el Cuadro N°1.505.601(A). Utilizando este desglose, se aplicarán las fórmulas presentadas en el párrafo 1.505.203.

CUADRO N°1.505.601 (A)
DESGLOSE POR INSUMOS EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION
A NIVEL DE ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

ITEM	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	DESCOMPOSICION					
		MONC	MOSC	MOC	M.Nac.	M.Ext.	Impto.
5.100	EXPROPIACIONES	0.0000	0.0000	0.0000	0.9600	0.0000	0.0400
5.200	PREPARACION DE LA FAJA	0.0857	0.0821	0.0665	0.1000	0.3805	0.2852
5.300	MOVIMIENTO DE TIERRAS	0.0927	0.0438	0.0449	0.0725	0.4651	0.2811
5.400	SUB-BASES Y BASES	0.0429	0.0379	0.0272	0.2125	0.4099	0.2696
5.500	REVESTIMIENTOS Y PAVIMENTOS	0.0268	0.0180	0.0134	0.2489	0.4237	0.2693
5.600	ESTRUCTURAS Y OBRAS CONEXAS	0.0871	0.0588	0.0352	0.3389	0.2554	0.2245
5.700	DRENAJE Y PROTECCION DE PLATAFORMA	0.0988	0.0471	0.0550	0.3562	0.2296	0.2134
5.800	ELEMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD	0.0942	0.0370	0.0240	0.2416	0.3728	0.2303

1.505.602 Costos de Conservación

Los estudios de ingeniería de las obras viales contenidas en los proyectos en evaluación proporcionarán un presupuesto de conservación a precios privados, el cual deberá desagregarse según las partidas indicadas en el Cuadro N°1.505.602 (A). Para el cálculo del presupuesto valorizado a precios sociales, se asumirá que la distribución por componentes del presupuesto privado es la indicada en el Cuadro N°1.505.602 (A). Utilizando este desglose, se aplicarán las fórmulas presentadas en el párrafo 1.505.203.

CUADRO N°1.505.602 (A)
DESGLOSE POR INSUMOS EN ACTIVIDADES DE CONSERVACION
A NIVEL DE ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

ITEM	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	DESCOMPOSICION					
		MONC	MOSC	MOC	M.Nac.	M.Ext.	Impto.
	CAMINOS PAVIMENTADOS	0.1153	0.0535	0.0322	0.2373	0.3253	0.2364
	CAMINOS NO PAVIMENTADOS	0.0999	0.0512	0.0330	0.2425	0.3320	0.2415

1.505.7 INVERSION Y CONSERVACION EN ETAPA DE FACTIBILIDAD

1.505.701 Costos de Inversión

Los estudios de ingeniería de las obras viales contenidas en los proyectos en evaluación proporcionarán un presupuesto de inversión a precios privados, el cual deberá desagregarse según las partidas indicadas en los Cuadros N°1.505.701 (A) y N°1.505.701 (B).

Para el cálculo del presupuesto valorizado a precios sociales, se asumirá que la distribución por componentes del presupuesto privado es la indicada en los Cuadros N°1.505.701 (A) y N°1.505.701 (B).
El alcance de dichos cuadros no es exhaustivo, por lo que deberán adoptarse las medidas necesarias para extraer desde allí los elementos que permitan calcular los factores de desglose de partidas no consideradas en esta ocasión.

Utilizando este desglose, se aplicarán las fórmulas presentadas en el párrafo 1.505.204.

UADRO N°1.505.701 (A)
DESGLOSE POR INSUMOS EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION

ITEM	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	UN	FACTORES DE DESGLOSE PARA PRECIOS SOCIALES					
			MONC	MOSC	MOC	M.Nac.	M.Ext.	Impto.
5.200	PREPARACION DE LA FAJA							
5.201.a	REMOCION DE ESTRUCTURAS	m3	0.1433	0.0463	0.0902	0.0829	0.3524	0.2849
5.201.b	REMOCION DE TUBERIAS	ml	0.1147	0.0371	0.0721	0.2290	0.3151	0.2320
5.201.c	RETIRO DE SEÑALES CAMINERAS	un	0.1382	0.1419	0.1017	0.0586	0.2999	0.2597
5.201.c	REMOCION DE PAVIMENTO ASFALTICO	m2	0.0736	0.0200	0.0429	0.0415	0.5625	0.2595
5.201.d	REMOCION DE PAVIMENTO DE HORMIGON	m2	0.0260	0.0270	0.0460	0.0990	0.4620	0.3400
5.202	ROCE DESPEJE Y LIMPIEZA DE FAJA	km	0.0560	0.0636	0.1327	0.0698	0.3892	0.2887
5.206	TRASLADO TUBERIAS A.P. O 4"	ml	0.0445	0.0220	0.0418	0.1257	0.4446	0.3214
5.208	TRASLADO DE POSTES	un	0.0893	0.2987	0.0043	0.0938	0.2182	0.2956
5.300	MOVIMIENTO DE TIERRAS							
5.301.a	EXCAVACION DE ESCARPES	m3	0.0798	0.0232	0.0325	0.0715	0.4835	0.3095
5.301.b	EXCAVACION TERRENO COMUN	m3	0.0735	0.0203	0.0354	0.0478	0.5549	0.2681
5.301.c	EXCAVACION DE MATERIAL INADECUADO	m3	0.1720	0.0334	0.0234	0.0674	0.3950	0.3089
5.301.d	EXCAVACION DE CORTES EN ROCA	m3	0.1542	0.0230	0.0156	0.1110	0.4510	0.2453
5.302.a	EXCAVACION PARA DRENAJE	m3	0.1441	0.0303	0.0391	0.0573	0.4449	0.2842
5.302.b	EXCAVACION PARA DRENAJE EN ROCA	m3	0.1374	0.0269	0.0246	0.0860	0.4535	0.2717
5.303	CONFECCION DE TERRAPLEN	m3	0.0507	0.0417	0.0508	0.0808	0.4626	0.3133
5.304	RELLENO ESTRUCTURAL	m3	0.0574	0.1702	0.0817	0.0995	0.3354	0.2557
5.305	COMPACTACION	m3	0.0112	0.0328	0.0735	0.0666	0.5556	0.2603
5.307	TERMINACION Y LIMPIEZA PLATAFORMA	km	0.0361	0.0221	0.0549	0.0340	0.5800	0.2728
5.308	PREPARACION SUBRASANTE	m2	0.1032	0.0577	0.0622	0.0752	0.3995	0.3022
5.400	SUB-BASES Y BASES							
5.401	SUB-BASE GRANULAR	m3	0.0637	0.0421	0.0438	0.1378	0.4310	0.2815
5.402.a	BASES Y BERMAS GRANULARES	m3	0.0201	0.0394	0.0398	0.1920	0.4210	0.2878
5.402.b	BASE Y SUB-BASE GRANULAR CHANCADA	m3	0.0595	0.0375	0.0352	0.1726	0.4286	0.2667
5.403	BASE GRAVA-CEMENTO	m3	0.0435	0.0426	0.0172	0.3700	0.2760	0.2507
5.404	BASE ASFALTICA	m3	0.0279	0.0279	0.0000	0.1900	0.4930	0.2612
5.500	REVESTIMIENTOS Y PAVIMENTOS							
5.501	IMPRIMACION BITUMINOSA	m2	0.0161	0.0141	0.0123	0.2709	0.4308	0.2558
5.502	RIEGO DE LIGA BITUMINOSA	m2	0.0082	0.0139	0.0016	0.0820	0.5370	0.3572
5.507.a	TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE	m2	0.0382	0.0324	0.0195	0.1279	0.5036	0.2784
5.507.b	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE	m2	0.0340	0.0264	0.0189	0.1275	0.5078	0.2854
5.508	MEZCLA ASFALTICA Y BINDER	m3	0.0148	0.0156	0.0029	0.2380	0.4450	0.2838
5.510	CONCRETO ASFALTICO	m3	0.0016	0.0033	0.0057	0.2860	0.3970	0.3063
5.511.a	PAVIMENTO DE HORMIGON e = 0,20 m.	m2	0.0391	0.0236	0.0172	0.4610	0.2495	0.2096
5.511.b	PAVIMENTO DE HORMIGON e = 0,24 m.	m2	0.0411	0.0205	0.0217	0.3972	0.3398	0.1796
5.513	PAVIMENTO DE ADOCRETOS	m2	0.0478	0.0118	0.0204	0.2496	0.4029	0.2674
5.600	ESTRUCTURAS Y OBRAS CONEXAS							
5.601.a	HORMIGON ESTRUCTURAL H-20	m3	0.0638	0.0341	0.0158	0.4890	0.1873	0.2100
5.601.b	HORMIGON ESTRUCTURAL H-30	m3	0.0611	0.0313	0.0130	0.5030	0.1839	0.2076
5.602.a	EXCAVACION A MANO	m3	0.1996	0.0738	0.0204	0.1886	0.2840	0.2336
5.602.b	EXCAVACION CON AGOTAMIENTO	m3	0.1685	0.0503	0.0225	0.1373	0.3687	0.2527
5.604.a	ACERO PARA ARMADURAS	kg	0.0956	0.0486	0.0368	0.3686	0.2527	0.1977
5.604.b	ELEMENTOS METALICOS	kg	0.1126	0.0747	0.1259	0.2237	0.2696	0.1934
5.606	RELLENO ESTRUCTURAL COMPACTADO	m3	0.0343	0.1015	0.0776	0.0830	0.4455	0.2580
5.608	EMPLANTILLADOS	m3	0.0545	0.0216	0.0167	0.3763	0.2934	0.2375
5.610	MOLDAJES	m3	0.0270	0.1680	0.0050	0.5340	0.0740	0.1920
5.611	CARPETA RODADO (SUPERESTRUCTURA)	m2	0.1056	0.0285	0.0203	0.2642	0.3223	0.2592
5.612	MAMPOSTERIA DE PIEDRAS	m2	0.0361	0.0144	0.0335	0.5605	0.1276	0.2279

CUADRO N°1.505.701 (A) Continuación
DESGLOSE POR INSUMOS EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION

ITEM	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	UN.	FACTORES DE DESGLOSE PARA PRECIOS SOCIALES					
			MONC	MOSC	MOC	M.Nac.	M.Ext.	Impto.
5.700	DRENAJE Y PROTECCION DE PLATAFORMA							
5.701.a	TUBOS DE METAL CORRUGADO 0.6 m.	ml	0.0693	0.0072	0.0208	0.5590	0.1327	0.2110
5.701.b	TUBOS DE METAL CORRUGADO 0.8 m.	ml	0.0312	0.0008	0.0008	0.6500	0.0650	0.2522
5.701.c	TUBOS DE METAL CORRUGADO 1.0 m.	ml	0.0312	0.0008	0.0008	0.6500	0.0650	0.2522
5.702.a	TUBOS DE HORM. BASE PLANA 0.8 m.	ml	0.0477	0.0075	0.0031	0.5839	0.1390	0.2189
5.702.b	TUBOS DE HORM. BASE PLANA 1.0 m.	ml	0.0435	0.0074	0.0028	0.5965	0.1322	0.2176
5.703.a	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	ml	0.1297	0.1009	0.2150	0.0788	0.2866	0.1891
5.703.b	LIMPIEZA DE CAUCES	ml	0.0673	0.0837	0.2131	0.2527	0.2046	0.1787
5.703.c	REHABILITACION DE FOSOS	ml	0.0673	0.0462	0.2507	0.1493	0.2972	0.1894
5.704	DRENES LONGITUDINALES	ml	0.1422	0.0854	0.0527	0.2900	0.2230	0.2067
5.705.a	EMBUDO DE HORM.BAJADA AGUAS	un	0.1947	0.0712	0.0266	0.3322	0.1867	0.1886
5.705.b	BAJADAS DE AGUA (1/2 TUBO CORR.)	ml	0.1278	0.0440	0.0159	0.3719	0.2362	0.2042
5.709	PROTECCION CON GAVIONES	m3	0.1592	0.0677	0.0264	0.3745	0.1620	0.2102
5.710.a	SUMIN. Y COLOC. SOLERAS TIPO A	ml	0.1084	0.0442	0.0207	0.4933	0.1628	0.1706
5.710.b	SUMIN. Y COLOC. SOLERAS TIPO B	ml	0.1027	0.0344	0.0225	0.5012	0.1659	0.1733
5.710.c	SOLERAS CON ZARPAS	ml	0.0806	0.0253	0.0236	0.4952	0.1793	0.1959
5.711.a	CUNETAS EN TIERRA	ml	0.0497	0.0895	0.1161	0.0398	0.4720	0.2329
5.711.b	CUNETAS REVESTIDAS NUEVAS	ml	0.0759	0.0337	0.0373	0.2447	0.3673	0.2410
5.711.c	FOSOS Y CONTRAFOSOS REVESTIDOS	ml	0.0794	0.0326	0.0224	0.3671	0.2722	0.2264
5.712	MEJORAMIENTO DE CAUCES	m3	0.0985	0.0294	0.0226	0.0687	0.4977	0.2832
5.713	MEJORAMIENTO DE CAUCES	UN	0.1128	0.0595	0.0594	0.0613	0.4517	0.2553
5.716	PROTECCION TALUDES C/HIDROSIEMBRA	m2	0.2550	0.1173	0.0016	0.3200	0.1230	0.1831
5.800	ELEMENTOS DE CONTROL Y SEGURIDAD							
5.801	CERCOS	ml	0.2254	0.0467	0.0432	0.2553	0.2382	0.1911
5.802	DEFENSAS CAMINERAS	ml	0.0875	0.0492	0.0310	0.2927	0.3558	0.1840
5.804.a	SEÑALES CAMINERAS NUEVAS	un	0.0232	0.0206	0.0147	0.3022	0.4414	0.1979
5.804.b	REMOCION Y RECOLOCACION SEÑALES	un	0.0886	0.0521	0.0380	0.1220	0.4185	0.2808
5.805.a	DEMARCACION LINEA CONTINUA	km	0.0885	0.0297	0.0170	0.1528	0.4400	0.2720
5.805.b	DEMARCACION SEGMENTADA	km	0.0972	0.0355	0.0176	0.1469	0.4325	0.2702
5.806	PARADEROS DE BUSES	un	0.0489	0.0252	0.0065	0.4196	0.2832	0.2165

CUADRO N°1.505.701 (B)
DESGLOSE POR INSUMOS EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION DE PUENTES

ITEM	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	UN	FACTORES DE DESGLOSE PARA PRECIOS SOCIALES					
			MONC	MOSC	MOC	M.Nac.	M.Ext.	Impto.
I.-	INFRAESTRUCTURA							
1.156	RELLENO ESTRUCTURAL	m3	0.0574	0.1702	0.0817	0.0995	0.3354	0.2557
1.201	EXCAVACION A MAQUINA	m3	0.0126	0.0306	0.0550	0.0500	0.5852	0.2666
1.202	EXCAVACION A MANO EN SECO	m3	0.6732	0.0862	0.0083	0.0900	0.0957	0.0466
1.204	EXCAVACION EN BOLONES ORILLA	m3	0.7405	0.0948	0.0057	0.0616	0.0655	0.0319
1.209	EXCAVACION EN PILA EN SECO TCN	m3	0.7775	0.0996	0.0042	0.0460	0.0489	0.0238
1.210	EXC.EN PILA CON AGOTAMIENTO TCN	m3	0.6363	0.0815	0.0035	0.1080	0.1148	0.0559
1.212	EXC.EN PILA EN BOLONES/AGOT.TCN	m3	0.6999	0.0896	0.0026	0.0805	0.0856	0.0417
1.251	MOLDAJE	m2	0.0270	0.1680	0.0050	0.5340	0.0740	0.1920
1.261	ACERO A63-42H	kg	0.0867	0.0346	0.0000	0.4305	0.2241	0.2241
1.271	HORMIGON GRADO 50 kg/cm2	m3	0.1543	0.0011	0.0049	0.4395	0.1995	0.2007
1.274	HORMIGON GRADO 180 kg/cm2	m3	0.0799	0.0612	0.0035	0.5218	0.1351	0.1985
1.275	HORMIGON GRADO 240 kg/cm2	m3	0.0799	0.0612	0.0035	0.5218	0.1351	0.1985
1.241	PILOTES IN SITU	m3	0.0507	0.0417	0.0508	0.0808	0.4626	0.3133
1.151	PROTECCION DE ISLAS PROVISORIAS	m3	0.0126	0.0306	0.0550	0.0500	0.5852	0.2666
II.-	SUPERESTRUCTURA							
2.251	MOLDAJE	m2	0.0054	0.0336	0.0010	0.6408	0.0888	0.2304
2.261	ACERO A63-42H	kg	0.0867	0.0346	0.0000	0.4305	0.2241	0.2241
2.262	ACERO A44-28H	kg	0.0867	0.0346	0.0000	0.4305	0.2241	0.2241
2.275	HORMIGON GRADO 240 kg/cm2	m3	0.0799	0.0612	0.0035	0.5218	0.1351	0.1985
2.276	HORMIGON GRADO 400 kg/cm2	m3	0.0799	0.0612	0.0035	0.5218	0.1351	0.1985
2.278	HORMIGON PARA PAVIMENTO	m3	0.0022	0.0040	0.0065	0.2861	0.3977	0.3035
2.279	LOSAS DE APROXIMACION	m3	0.0799	0.0612	0.0035	0.5218	0.1351	0.1985
2.341	SUMINISTRO EST.MET.C/CARRO AVANCE	ton	0.0867	0.0346	0.0000	0.4305	0.2241	0.2241
2.342	LANZ. Y COLOC. ESTR. METALICAS	Un	0.0180	0.0071	0.0400	0.5178	0.2060	0.2110
2.351	SUM. Y COLOCACION DE CANTONERAS	ml	0.0954	0.0381	0.0000	0.4246	0.2210	0.2210
2.353	SUM. Y COLOCACION DE BARBACANAS	ml	0.0954	0.0381	0.0000	0.4246	0.2210	0.2210
2.357	ELEM. DE APOYO, ANCLAJE Y BARBAC.	ml	0.0867	0.0346	0.0000	0.4305	0.2241	0.2241
III.-	OBRAS COMPLEMENTARIAS							
3.501	INSTALACION DE FAENAS	GL	0.2190	0.7200	0.0000	0.0110	0.0300	0.0200

1.505.702 Costos de Conservación

Los estudios de ingeniería de las obras viales contenidas en los proyectos en evaluación proporcionarán un presupuesto de conservación a precios privados, el cual deberá desagregarse según las partidas indicadas en el Cuadro N°1.505.702 (A).

Para el cálculo del presupuesto valorizado a precios sociales, se asumirá que la distribución por componentes del presupuesto privado es la indicada en el Cuadro N°1.505.702 (A).

El alcance de dicha tabla no es exhaustivo, por lo que deberán adoptarse las medidas necesarias para extraer desde allí los elementos que permitan calcular los factores de desglose de partidas no consideradas en esta ocasión.

Utilizando este desglose, se aplicarán las fórmulas presentadas en el párrafo 1.505.204. Alternativamente, los precios privados calculados pueden ser entregados como dato de entrada al modelo HDM III-CH.

CUADRO N°1.505.702 (A)
DESGLOSE POR INSUMOS EN ACTIVIDADES DE CONSERVACION

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	UN	FACTORES DE DESGLOSE PARA PRECIOS SOCIALES					
		MONC	MOSC	MOC	M.Nac.	M.Ext.	Impto.
CAMINOS PAVIMENTADOS							
BACHEO	m2	0.2130	0.0760	0.1202	0.1759	0.2398	0.1750
REPOSICION DE LOSAS (HORMIGON)	m2	0.2559	0.0289	0.0955	0.1845	0.2516	0.1836
BACHEO DE PAV.HORMIGON (CON ASF.)	m2	0.1733	0.0423	0.1106	0.2236	0.1832	0.2670
SLURRY SEAL	m2	0.0036	0.0050	0.0030	0.2943	0.4012	0.2928
FOG SEAL	m2	0.0727	0.0115	0.0049	0.2713	0.3698	0.2699
T.SUP. SIMPLE	m2	0.1250	0.0418	0.0328	0.2383	0.3249	0.2371
T.SUP. DOBLE	m2	0.0893	0.0299	0.0235	0.2553	0.3480	0.2540
REPARACION DE BERMAS	km	0.1418	0.0180	0.0067	0.2482	0.3384	0.2469
REPERFILADO DE BERMAS	km	0.0225	0.0454	0.0513	0.2623	0.3576	0.2610
RECAPADO DE 5 cm. a 3 IRI	m2	0.0079	0.0126	0.0105	0.2886	0.3934	0.2871
RECAPADO DE 8 cm. a 3 IRI	m2	0.0102	0.0450	0.0234	0.2744	0.3740	0.2730
RELLENO DE JUNTURAS Y GRIETAS	ml	0.1243	0.0382	0.0678	0.2292	0.3125	0.2280
LIMPIEZA DE CUNETAS	m2	0.1856	0.0849	0.0000	0.2172	0.2961	0.2161
ROCE DESPEJE Y LIMP. DE FAJA	ml	0.1155	0.0916	0.0000	0.2361	0.3219	0.2349
CONSERVACION RUTINARIA Z.NORTE	km*año	0.1079	0.0740	0.0171	0.2386	0.3252	0.2373
CONSERVACION RUTINARIA Z.CENTRO	km*año	0.1510	0.1036	0.0239	0.2149	0.2929	0.2138
CONSERVACION RUTINARIA Z.SUR	km*año	0.2190	0.1502	0.0347	0.1775	0.2420	0.1766
CAMINOS NO PAVIMENTADOS							
REPERFILADO SIMPLE	km	0.0225	0.0454	0.0513	0.2623	0.3576	0.2609
RECEBO	m3	0.0921	0.0337	0.0326	0.2506	0.3416	0.2493
BACEHEO GRANULAR	m3	0.1774	0.0470	0.0635	0.2121	0.2891	0.2110
REPERFILADO C/COMPACTACION NORTE	km	0.0966	0.0373	0.0341	0.2477	0.3377	0.2465
REPERFILADO C/COMPACTACION CENTRO	km	0.0821	0.0317	0.0290	0.2553	0.3480	0.2539
REPERFILADO C/COMPACTACION SUR	km	0.0936	0.0361	0.0331	0.2493	0.3398	0.2480
CONSERVACION RUTINARIA Z.NORTE	km*año	0.0755	0.0518	0.0120	0.2563	0.3494	0.2550
CONSERVACION RUTINARIA Z.CENTRO	km*año	0.1057	0.0725	0.0168	0.2397	0.3268	0.2385
CONSERVACION RUTINARIA Z.SUR	km*año	0.1533	0.1051	0.0243	0.2136	0.2912	0.2125

SECCION 1.506 BENEFICIOS DIRECTOS

1.506.1 ALCANCE GENERAL

El objetivo de la presente sección es presentar las normas mediante las cuales deben ser calculados los beneficios directos de un proyecto.

Para el cómputo de beneficios de un proyecto vial se utilizará los criterios presentados en la Sección 1.502. Estos beneficios han sido subdivididos en dos componentes: los beneficios directos, que se tratan en la presente sección, y los beneficios indirectos, que se tratan en las secciones 1.509, 1.510 y 1.511.

El tópico 1.506.2 define las componentes a considerar en la cuantificación de beneficios directos. Los tópicos restantes se refieren a estas diversas componentes.

1.506.2 FUENTES DE BENEFICIOS CONSIDERADOS EN LA EVALUACION

El presente manual reconoce las siguientes fuentes de beneficios directos en un proyecto vial:

a) Ahorro de recursos en la operación de vehículos, tratado en el tópico 1.506.3.

b) Ahorro de recursos en la conservación y explotación de la red vial, tratado en el tópico 1.506.4.

c) Valor residual de las obras, tratado en el tópico 1.506.5.

d) Beneficios de Usuarios, tratado en el tópico 1.506.6.

Todas estas fuentes deberán ser consideradas en cada una de las etapas de evaluación. La diferencia entre etapas provendrá sólo del grado de precisión con el cual habrán sido determinadas las variables necesarias para el cómputo de estos beneficios.

1.506.3 AHORRO DE RECURSOS EN LA OPERACION DE VEHICULOS

Como resultado de la modelación de la situación base y de las situaciones con proyecto o planes, realizada según las normas del Capítulo 1.400, se habrá obtenido para cada una de ellas el flujo en cada arco de la red vial definida, desagregado por tipo de vehículo, para cada período y corte temporal de modelación.

Aplicando las normas de la sección 1.402.2, se habrán obtenido costos privados unitarios de operación para cada tipo de vehículo, en cada arco, situación, período y corte temporal. Estos costos privados contienen todas las componentes de costo que tienen un precio de mercado y que se espera puedan cambiar entre la situación base y las situaciones con proyecto.

Mediante las normas contenidas en la sección 1.505, a partir de estos costos privados habrán sido obtenidos costos sociales unitarios de operación de vehículos, con la misma desagregación.

Con esta información resulta posible calcular el costo total anual de operación de vehículos, para una situación y corte temporal dado, mediante la siguiente ecuación:

$$C_{ts} = \Sigma_v \Sigma_a \Sigma_p \; H_{pt} \; F_{apvts} \; C_{apvts} \qquad 1.506.3\ (A)$$

donde

C_{ts} : Costo total de operación de vehículos en la red para el corte temporal t y situación s (base o con proyecto)

H_{pt} : Número de horas por año representadas por el período p en corte temporal t

F_{apvts} : Flujo, en veh/hora, en el arco a y período p del tipo de vehículo v, en corte temporal t y situación s

C_{apvts} : Costo social unitario de operación en el arco a y período p, para el tipo de vehículo v, en corte temporal t y situación s

El ahorro de recursos se calculará, para cada corte temporal, como la diferencia entre el costo total de operación en la situación base y el costo total de operación en las situaciones con proyecto.

Esta modalidad facilita además la comparación de planes, mediante el cálculo de la diferencia en costo total de operación entre ellos.

Para fines de presentación, se recomienda desagregar el ahorro de recursos correspondiente a un corte temporal y situación con proyecto dados, al menos por tipo de vehículo y por componente de costo. En casos en que ello se juzgue necesario, se recomienda desagregar además por arco y período de modelación, especialmente para fines de validar la consistencia de los resultados obtenidos.

1.506.4 AHORRO DE RECURSOS EN LA CONSERVACION Y EXPLOTACION DE LA RED VIAL

A partir de la aplicación de las normas contenidas en la sección 1.403, se habrá obtenido una estimación de los costos privados de conservación y explotación de la red vial para cada situación, en la

forma de un flujo anual de costos, para el horizonte de evaluación definido según la norma contenida en el tópico 1.504.4.

Mediante las normas contenidas en la sección 1.505, a partir de estos costos privados habrán sido obtenidos los costos sociales correspondientes.

El ahorro de recursos se calculará por diferencia entre los costos de la situación con proyecto y los de la situación base, en la forma de un flujo monetario anual. Eventualmente, este flujo podrá contener valores negativos, si los costos de la situación con proyecto resultan ser mayores que los de la situación base.

1.506.5 VALOR RESIDUAL

El valor residual corresponde al costo de oportunidad o mejor uso alternativo del remanente de las obras atingentes al proyecto al final de su vida útil económica o al término del horizonte de evaluación. Esto significa, en un plano teórico, estimar los beneficios futuros posteriores al último año de análisis, actuali
zados a dicho año, provenientes del mejor proyecto que utilice parcial o totalmente la infraestructura remanente. Ello plantea problemas de extrema complejidad. Sin embargo, puede estimarse una cota inferior para el valor residual, dada por la siguiente expresión:

$$VR_T = VAN_o + (I_o - I_T) \qquad 1.506.5\ (A)$$

donde

VR_T	:	valor residual a agregar a los beneficios en el año T (horizonte de evaluación)
VAN_o	:	valor actualizado neto del proyecto al año 0
I_o	:	inversión año 0
I_T	:	inversión marginal al año T, necesaria para repetir el mismo proyecto.

En general, una parte de I_o (expropiaciones, movimiento de tierras, etc.) se conserva al año definido como horizonte.

Como se mencionó anteriormente, el valor propuesto corresponde a una cota inferior de los beneficios derivados del valor residual de las obras. Si se supone crecimientos moderados de los flujos y de los beneficios ligados a éstos, el valor real del valor residual deberá ser superior a esta cota mínima. Para fines de evaluación, sin embargo, se deberá utilizar este valor mínimo, salvo que el analista justifique adecuadamente adoptar un valor superior.

1.506.6 BENEFICIOS DE USUARIOS

Para efectos del presente Manual, existirán dos alternativas para definir los beneficios de usuarios:

a) la modalidad tradicional, presentada en 1.506.601

b) la modalidad por excedente de usuarios corregido, presentada en 1.506.602.

En la evaluación de cada proyecto, deberá emplearse la modalidad tradicional, salvo que los TRE especifiquen el uso de ambas modalidades.

1.506.601 Modalidad tradicional

Se entenderá como beneficio de usuarios al valor de las reducciones de tiempo de viaje entre la situación base y la situación con proyecto, calculado según la expresión siguiente:

$$BU_t = \Sigma_v \Sigma_a \Sigma_p \; VT_v \; H_{pt} \; (F_{apvt0} \times TV_{apvt0} - F_{apvts} \times TV_{apvts}) \quad 1.506.601\ (A)$$

donde

BU_t : Beneficio de Usuario en la red para el corte temporal t

VT_v : Valor unitario del tiempo de viaje del tipo de vehículo v, fijado según la normativa de MIDEPLAN.

H_{pt} : Número de horas por año representadas por el período p en corte temporal t

F_{apvt0} : Flujo, en veh/hora, en el arco a y período p del tipo de vehículo v, en corte temporal t y situación base

F_{apvts} : Flujo, en veh/hora, en el arco a y período p del tipo de vehículo v, en corte temporal t y situación con proyecto

TV_{apvt0} : Tiempo de viaje, en horas, en el arco a y período p, para el tipo de vehículo v, en corte temporal t y situación base

TV_{apvts} : Tiempo de viaje, en horas, en el arco a y período p, para el tipo de vehículo v, en corte temporal t y situación con proyecto

1.506.602 Modalidad por excedente de usuarios corregido

En esta modalidad se entenderá como beneficio privado de usuarios a la suma de la variación de los excedentes de los usuarios del sistema de transporte más la variación de los excedentes de las empresas de transporte, entre la situación base y con proyecto, para cada tipo de usuario considerado.

Con esta definición, los beneficios privados de usuarios comprenden la valoración que éstos hagan de las reducciones en tiempo de viaje, condiciones de viaje más cómodas o seguras, y en general cualquier factor que signifique un cambio en el bienestar de los usuarios.

Para convertir estos beneficios privados en beneficios sociales es preciso solucionar en primer lugar los problemas de doble conteo que se producen con los ahorros de recursos con precio de mercado en la operación de vehículos definidos en 1.506.3. Ello puede lograrse de dos maneras:

i) asegurando que la función de utilidad a partir de la cual se calcula el excedente privado no contenga términos relacionados con el consumo de recursos, o utilizando sólo una parte de la misma; por ejemplo, en casos en que la utilidad sea un combinación de sólo tiempo de viaje y costo de operación, descartar este último antes de calcular la variación de utilidad entre situación base y con proyecto.

ii) aprovechando el hecho de que los beneficios de usuarios son siempre mayores que los ahorros de recursos, de modo que del beneficio de usuarios calculado se descuenta el beneficio por ahorro de recursos. Esto supone que el doble conteo es total.

En segundo lugar, es necesario convertir estos excedentes privados a valores sociales, lo cual se hará por separado para los usuarios laborales, definidos a continuación, y para el resto de los usuarios.

(1) Usuarios Laborales

Los usuarios laborales son viajeros a quienes una empresa o institución les paga los gastos de viaje. Por lo tanto, los costos monetarios del mismo son percibidos por la empresa o institución que origina el viaje. Entre estos costos monetarios puede estar incluido, dependiendo de las circunstancias, el pago del sueldo o salario del viajero durante el tiempo de viaje.

En términos generales, puede afirmarse que en este caso el viaje corresponde a un insumo intermedio del proceso productivo de la empresa, y que las decisiones relativas al mismo forman parte del proceso de optimización de costos y resultados que toda empresa realiza.

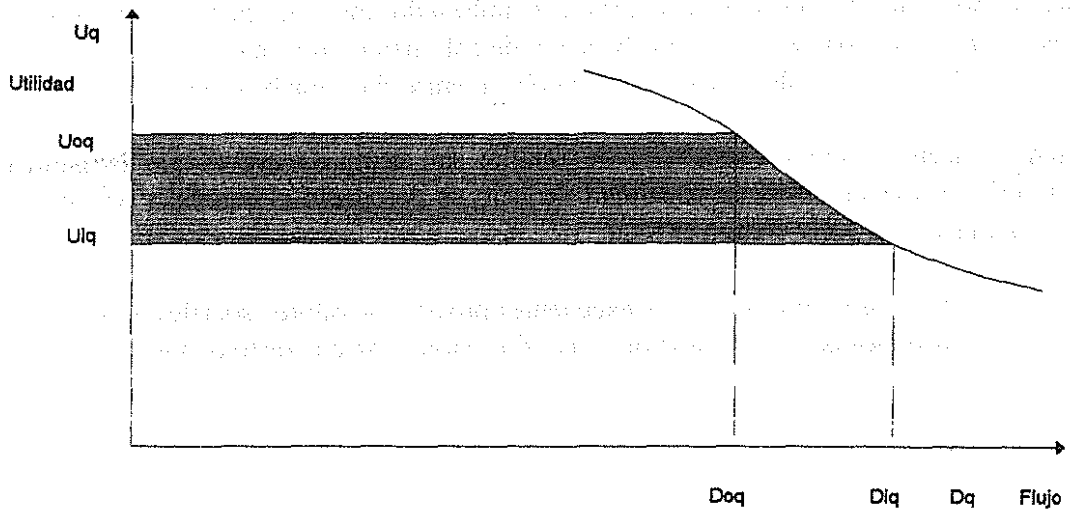
Al comparar las situaciones base y con proyecto, aparecerán beneficios en la forma de menores tiempos de viaje, menores costos, etc. La lista de beneficios incluirá las variaciones en todos los atributos considerados por la empresa al tomar las decisiones de viaje para su empleado, valoradas de acuerdo a las percepciones de la misma empresa. Sin embargo, en algunos casos también existirán beneficios percibidos directamente por el viajero, en especial aquellos relacionados con la comodidad y conveniencia del viaje.

Por otra parte, los beneficios obtenidos por la empresa podrían eventualmente ser traspasados a los precios de los bienes o servicios que produce o consume.

Resulta difícil por lo tanto determinar en estos casos cuál será la distribución final de estos beneficios.

En consecuencia, se considerará en este caso como beneficio el excedente marshalliano de las empresas, que se obtiene de la integración directa de la función de demanda entre la situación base y con proyecto, y corresponde al área bajo la curva de demanda, como muestra la Figura N°1.506.602 (A).

FIGURA N°1.506.602 (A)
BENEFICIOS DE LAS EMPRESAS



Analíticamente el excedente queda definido por la siguiente integral.

$$\frac{\int_{U_0}^{U_1} D(U)du}{\lambda_E} \qquad 1.506.602\ (A)$$

En la expresión anterior, válida bajo ciertas condiciones de independencia de la UMI, como se detalla en Small y Rosen (1981), se reconoce que la demanda depende de la utilidad percibida U, y la integral se desarrolló sobre los niveles de utilidad en la situación base y proyecto. λ_E representa la utilidad marginal del ingreso para las empresas.

La obtención del excedente del consumidor a través de la expresión anterior requiere conocer la curva de demanda y resolver la integral anterior. En condiciones que, o bien no se conozca la curva de demanda o la integral sea compleja de resolver, se podrá hacer uso de la regla de un medio. Esta aproximación sólo requiere conocer los niveles de demanda en la situación base y proyecto y el diferencial de utilidad, como se muestra en la siguiente expresión.

$$BU = \frac{\left(D(U_0) + D(U_1)\right) \times \left(U_1 - U_0\right)}{2 \times UMI} \qquad 1.506.602\ (B)$$

El caso más complejo de la integral anterior será cuando el impacto en la demanda ocurra a nivel de cambios en la partición modal y distribución de viajes. En estas condiciones, la forma que adopte la integral anterior dependerá del enfoque adoptado para modelar y estimar la demanda, donde como consecuencia se define la curva de demanda que será integrada.

Al excedente anterior se adicionará, cuando exista, la variación en las utilidades de las empresas de transporte, entre la situación base y la con proyecto.

(2) Usuarios No Laborales

En este caso los beneficios también son estimados del excedente marshalliano del consumidor; sin embargo, al reconocer quien percibe los beneficios es posible considerar una corrección al excedente del usuario. Esta corrección supone que desde el punto de vista social son equivalentes los beneficios de dos individuos si lo son sus variaciones de bienestar.

Para obtener este beneficio se deberá obtener las variaciones de bienestar por estrato de ingreso, para lo cual se aplicará el procedimiento indicado en el acápite anterior; es decir, integración directa o regla de un medio.

La variación de bienestar de los usuarios W, medida en precios sociales, estará dada por la expresión:

$$W = \frac{\sum UMI_i \times B_i}{UMI_S} \qquad 1.506.602\ (C)$$

donde

B_i : Beneficios del estrato de ingreso medio Yi, expresados en dinero equivalente, obtenido de integración directa de la curva de demanda o regla de un medio.

UMI_i : Utilidad Marginal del Ingreso del estrato i

UMI_S : Utilidad Marginal del dinero social

La utilidad marginal del ingreso (UMI) asociada a cada estrato de ingreso, será determinada periódicamente por MIDEPLAN. A falta de ello, podrán usarse los valores por defecto señalados en el Cuadro N°1.406.802 (B). Dichos valores corresponden a la utilidad marginal del ingreso por quintil de la población nacional, indicando el ingreso medio en cada uno.

Para calcular la utilidad marginal del dinero social se debe determinar, desagregado por estratos de ingreso, la fuente de los fondos utilizados en el financiamiento del proyecto. El criterio básico es que la recaudación de estos fondos produce una pérdida de bienestar en aquellos que pagan.

En el caso de un proyecto financiado con fondos provenientes de la recaudación tributaria, se asumirá que éstos se distribuyen por estratos de ingreso en la misma forma que lo hace dicha recaudación.

En el caso de un proyecto financiado por peajes pagados por los usuarios, como es por ejemplo el caso de las concesiones de obras públicas, se utilizará la distribución por estrato de ingreso de los usuarios directos del proyecto.

El cálculo de la utilidad marginal del dinero se realizará mediante la siguiente expresión:

$$UMI_S = \sum_i \left(UMI_i \times r_i\right) \qquad 1.506.602\ (D)$$

donde r_i es la proporción del costo del proyecto financiado por el estrato de ingreso i. Dichos valores, son función del sistema de financiamiento que se aplique para el proyecto. En el caso que sea financiado mediante recaudación tributaria, un buen supuesto es que la tasa tributaria es pareja, en términos porcentuales, entre estratos de ingreso. Ello se debe a que la mayor parte de la recaudación tributaria es el IVA, el cual representa del orden de un 15% de los ingresos para el quintil más bajo, y cerca del 12% para el quintil más alto, según estudios realizados por el servicio de impuestos internos. Esta diferencia se explica por tener el quintil más alto una mayor proporción de su consumo en artículos no afectos a IVA, como servicio doméstico y viajes al extranjero. Los impuestos a la renta y otros sólo alcanzan a compensar esta diferencia, por lo cual suponer una carga tributaria pareja de un 15% del ingreso es razonable.

De acuerdo a estos supuestos, la composición de la recaudación tributaria por estratos de ingreso sería idéntica a la distribución del ingreso. Para proyectos financiados mediante fondos provenientes de la recaudación tributaria se usarán los valores por defecto contenidos en el Cuadro N°1.506.602(A) o aquellos que periódicamente señale MIDEPLAN.

CUADRO N°1.506.602 (A)
RECAUDACION TRIBUTARIA POR DEFECTO POR ESTRATO DE INGRESO

Quintil	Ingreso Medio (UF/mes)	ri (%)
1	4.5	4
2	8.6	8
3	12.3	13
4	18.2	19
5	50.0	56

1.506.7 BENEFICIOS DIRECTOS TOTALES

Para calcular los beneficios directos totales se debe en primer lugar interpolar para años intermedios los beneficios que son estimados sólo para los cortes temporales de modelación. Estos beneficios son: el ahorro de recursos en la operación de vehículos, tratado en el tópico 1.506.3; el beneficios de usuarios, tratado en el tópico 1.506.6; y el excedente de las empresas de transporte, tratado en el tópico 1.506.7.

A los flujos anuales obtenidos se agregará los beneficios por ahorro de recursos en la conservación y explotación de la red vial, tratado en el tópico 1.506.4, y por valor residual de las obras, tratado en el tópico 1.506.5.

El beneficio total se obtendrá sumando sobre las componentes anteriores para cada año de operación del proyecto.

SECCION 1.507 INDICADORES DE RENTABILIDAD

1.507.1 ASPECTOS GENERALES

El objetivo de la presente sección es normar acerca de la forma de calcular los indicadores de rentabilidad social de los proyectos viales sujetos a evaluación.

Las normas presentadas en esta sección corresponden a las establecidas por el Ministerio de Planificación y Cooperación en el Sistema Nacional de Inversión Pública.

1.507.2 CONCEPTOS BASICOS

Para decidir la conveniencia de realizar un proyecto de inversión se puede adoptar diversos criterios. En general, todos consisten en comparar de alguna forma los flujos de beneficios y costos de la situación con proyecto, con los correspondientes a la situación base o de referencia.

Los criterios de rentabilidad pueden clasificarse en criterios de corto plazo, presentados en el tópico 1.507.4, criterios de largo plazo, presentados en el tópico 1.507.5, y criterios complementarios, presentados en el tópico 1.507.6.

1.507.3 PROCEDIMIENTOS

Las modalidades de cálculo de indicadores no dependerá de la etapa de evaluación ni del tipo de proyecto. Las diferencias entre una etapa y otra estarán por lo tanto relacionadas principalmente con el grado de precisión con que han sido calculados los costos y beneficios.

Como norma general, para todos los proyectos o planes deberá calcularse al menos los indicadores de rentabilidad de largo plazo y el año óptimo de puesta en marcha. El uso de otros indicadores deberá ser establecido en los TRE.

Se recomienda el uso de indicadores de corto plazo cuando los beneficios del proyecto sean crecientes en el tiempo, para fines de realizar una preselección de alternativas cuando éstas son muy numerosas, especialmente en la etapa de perfil. La comparación entre alternativas preseleccionadas se hará mediante indicadores de largo plazo.

En el caso de alternativas que significan montos de inversión significativamente diferentes, o vidas útiles distintas, debe utilizarse indicadores de largo plazo.

1.507.4 CRITERIOS E INDICADORES DE RENTABILIDAD DE CORTO PLAZO

Los indicadores de rentabilidad de corto plazo a utilizar corresponden a la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) o Tasa de Retorno del Primer Año y al Valor Actualizado Neto del Primer Año (VAN_1).

Normalmente estos indicadores se utilizan sólo para determinar si se ha alcanzado la fecha óptima de ejecución de un proyecto. Un uso potencial adicional es jerarquizar proyectos de similar naturaleza en forma simplificada, en especial cuando éstos son numerosos y pequeños, de modo que no justifican el costo de un estudio de proyecciones.

1.507.401 Tasa de rentabilidad inmediata

Está dada por:

$$TRI = \frac{b_1}{I_0} \qquad 1.507.401\ (A)$$

donde

TRI : tasa de rentabilidad inmediata (o tasa de retorno del primer año) y corresponde al valor de la tasa de actualización social (a) que hace cero el valor actualizado neto del primer año;

b_1 : beneficios del primer año de funcionamiento del proyecto;

I_o : inversión actualizada al año anterior al primero de funcionamiento.

Si la TRI es mayor que la tasa de actualización social (a) vigente, el proyecto se considera rentable, a condición de que exista una razonable evidencia de que los beneficios son crecientes en el tiempo.

1.507.402 Valor actualizado neto

Para el primer año se calcula como:

$$VAN_1 = \frac{b_1 - I_0 a}{1+a} \qquad 1.507.402\ (A)$$

donde

VAN_1 : valor actualizado neto del primer año. Corresponde al costo de postergar un año el proyecto;

a : tasa de actualización social.

1.507.5 CRITERIOS E INDICADORES DE RENTABILIDAD DE LARGO PLAZO

Los indicadores principales de largo plazo corresponden al Valor Actualizado Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Existen además otros indicadores, tales como la razón Beneficio-Costo (B/C), el Valor Actualizado Neto por unidad de inversión (IVAN) y el período de recuperación del capital, los cuales pueden ser utilizados como complemento a los indicadores principales cuando ello se justifique.

Para su estimación se requiere contar con costos y beneficios anuales durante el horizonte de evaluación, tanto para la situación base como para la(s) alternativa(s) en estudio. Estos indicadores se calculan con el método descrito a continuación.

1.507.501 Tasa Interna de Retorno

Corresponde a aquel valor de la tasa de actualización social que hace cero el VAN. Analíticamente,

$$VAN = 0 = -I_0 + \sum_{i=1}^{n} \frac{b_i}{(1+TIR)^i} \qquad 1.507.501\ (A)$$

donde

I_o : valor social de la inversión actualizado al año anterior al de puesta en funcionamiento de la alternativa

b_i : beneficio social neto en el año i del proyecto. Si i=n (último año de vida útil económica) debe agregarse a bn el valor residual.

TIR : Tasa Interna de Retorno.

El criterio de decisión indica que si la TIR del proyecto es mayor que la tasa social de actualización, el proyecto es conveniente. En caso contrario, no es propicio ejecutarlo.

La TIR es útil para proyectos que se comportan normalmente, es decir, los que primero tienen costos y, después, generan beneficios. Si el signo de los flujos del proyecto cambia más de una vez, existe la posibilidad de obtener más de una TIR. Al tener soluciones múltiples, todas positivas, cualquiera de ellas puede inducir a adoptar una decisión errónea. Esto es así, por cuanto en el cálculo de la TIR se supone implícitamente que los flujos netos que se obtienen en cada período se reinvierten a esa misma tasa.

1..507.502 Valor Actualizado Neto

Está dado por:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^{n} \frac{b_i}{(1+a)^i} \qquad 1.507.502\ (A)$$

donde

a : tasa de actualización social

El VAN puede ser calculado en cualquier momento y la relación entre varios momentos será:

$$VAN_j = VAN_0 \times (1+a)^i \qquad 1.507.502\ (B)$$

en que VAN_j es el valor actual neto al año j, y VAN_0 es el valor actual neto del mismo flujo en el año cero.

Debe tenerse en cuenta que, para todas las alternativas de proyecto por comparar, el valor actual neto cabe calcularlo para un mismo momento; es decir, para un mismo año, no importando el que se elija.

Esto es muy importante, porque si se calculan los valores actuales netos de varias alternativas de proyectos para distintos momentos, esos valores no podrán ser comparados, pues no serán homogéneos. Por lo tanto, a pesar de que los proyectos por comparar tengan distintos períodos de construcción, o sea que comiencen en años diferentes, siempre se deberá actualizar el flujo de ingresos netos de esos proyectos referido a un año común.

Utilizando el criterio del VAN, un proyecto es rentable si el valor actual del flujo de ingresos es mayor que el valor actual del flujo de costos, cuando éstos se actualizan con la misma tasa de actualización.

Todo proyecto con VAN positivo es rentable desde el punto de vista económico. Al comparar proyectos, sin embargo, deberá incluirse además los restantes impactos.

1.507.6 CRITERIOS COMPLEMENTARIOS

1.507.601 Momento óptimo de inicio de un proyecto

El momento óptimo de inicio de un proyecto se determina utilizando el criterio del VAN. Podría ser conveniente iniciar un proyecto en el año en curso o en uno, dos o varios años más. En este sentido las alternativas de inicio de las obras constituyen proyectos mutuamente excluyentes.

Al comparar las diferentes alternativas de inicio de los proyectos se recomienda tener en cuenta dos aspectos básicos: que el VAN debe ser calculado a un mismo momento para todas las alternativas; y que la alternativa de inicio más conveniente es la que posee el VAN máximo.

Cuando los flujos de beneficios b_i son crecientes en el tiempo, el año óptimo puede determinarse como el primer año en el cual b_i supera al producto de la tasa de actualización por el valor actualizado de la inversión, esto es:

$$b_{k-1} < a \times I_0 < b_k \qquad 1.507.601\ (A)$$

si k = año óptimo

1.507.602 Comparación entre proyectos de distinta vida útil

En el caso de proyectos alternativos de distinta vida útil, se recomienda realizar el análisis y modelación para un período equivalente a la mayor de las vidas útiles, y elegir como horizonte de evaluación la menor de las vidas útiles. Ello significa que los beneficios del proyecto de mayor vida útil que se perciban más allá del horizonte de evaluación serán considerados como un valor residual de esta alternativa. Sin embargo, si la diferencia de vidas útiles fuera demasiado grande, se podrá considerar que el proyecto de menor vida útil se repite dos o más veces de modo de aproximar la duración total a la vida útil del otro proyecto.

SECCION 1.508 CONFIABILIDAD

1.508.1 ASPECTOS GENERALES

Esta sección describe los aspectos conceptuales relacionados con el análisis de incertidumbre y análisis de sensibilidad, relativos a los indicadores de rentabilidad del proyecto o plan calculados mediante los procedimientos expuestos en la sección 1.507.

1.508.2 CONCEPTOS BASICOS

La dificultad para predecir con certeza los acontecimientos futuros hace que los valores estimados para los beneficios y costos de un proyecto no sean exactos y estén sujetos a errores. Tal falta de certeza implica la presencia de riesgos, parte de los cuales pueden ser predecibles y, por lo tanto asegurables. Otros son impredecibles, siendo necesario efectuar un análisis de sensibilidad o un análisis de incertidumbre, dependiendo de los objetivos deseados.

Formalmente, la diferencia entre un análisis de sensibilidad y uno de incertidumbre viene dada por incorporación de la significancia estadística. Es decir; un análisis de sensibilidad indica un intervalo dentro del cual se encuentra cierta variable dependiente, de acuerdo a variaciones específicas a las variables independientes que rigen su comportamiento. En cambio, el análisis de incertidumbre, agrega a dicha estimación un nivel de significancia estadística, es decir; convierte el intervalo estimado por el análisis de sensibilidad en un intervalo de confianza, para un nivel de significancia estadística dado a priori.

A través de estos análisis se intenta medir el nivel de sensibilidad e incertidumbre en la estimación de los indicadores de rentabilidad frente al comportamiento de determinadas variables de relevancia.

En la selección de las variables a analizar, el analista debe considerar dos aspectos básicos:

- las variables deben tener un impacto significativo en la estimación de los costos de inversión o de beneficios económicos, y

- deben presentar un nivel de incertidumbre apreciable en su estimación actual o futura.

1.508.3 PROCEDIMIENTOS

El análisis de sensibilidad deberá ser realizado para todos los tipos de proyecto en todas las etapas de evaluación, siguiendo el método expuesto en el tópico 1.508.4.

El análisis de incertidumbre deberá ser realizado para todos los tipos de proyecto en las etapas de prefactibilidad y factibilidad, siguiendo el método expuesto en el tópico 1.508.5.

Los términos de referencia especiales podrán introducir cambios en las variables a considerar, si la naturaleza del proyecto lo aconseja.

1.508.4 ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Como requerimiento mínimo se exigirá calcular los indicadores de rentabilidad definidos en la sección 1.507 para los rangos de variación de las variables que se indican en el Cuadro N°1.508.4 (A), según etapa de evaluación.

El cálculo se realizará para cada variable por separado. Si el analista lo juzga conveniente, se podrá calcular además el efecto conjunto de dos o más variables.

CUADRO N°1.508.4 (A)
RANGO DE VARIACION DE LAS VARIABLES A SENSIBILIZAR

VARIABLE	RANGO		
	PERFIL	PREFACTIBILIDAD	FACTIBILIDAD
- Costo Global de Inversión	± 50%	± 30%	± 10%
- Costo Expropiaciones	± 50%	± 30%	± 20%
- Valor Residual	± 100%	± 50%	± 50%
- Beneficios de Usuarios o/de tiempo de viaje.	- 40%	- 30%	- 20%
- Beneficios por costos de operación.	± 40%	± 30%	± 20%
- Tasa Crecimiento Beneficios	± 40%	± 30%	± 20%

1.508.5 ANALISIS DE INCERTIDUMBRE

El primer paso en el análisis de incertidumbre será identificar las variables cuyos valores están sujetos a mayores variaciones y seleccionar entre ellas las más importantes o que, a juicio del analista, incidan mayormente en los resultados finales. Para ello se tomará como punto de partida las incluidas en el análisis de sensibilidad.

A continuación deberá asignarse una distribución de probabilidades a cada variable seleccionada como relevante. Ello equivale a considerarlas como variables aleatorias, cuyo valor esperado coincide con el valor estimado mediante la modelación. Si el analista no posee antecedentes que permitan determinar razonablemente la distribución de probabilidad de las variables seleccionadas como relevantes, se recomienda suponer una distribución triangular o normal.

Utilizando un generador de números aleatorios, se obtendrán valores modificados aleatoriamente de los diversos ítemes de costos y beneficios, a partir de lo cual se calculará el valor correspondiente del VAN. Este proceso se repetirá a lo menos 100 veces, generando una distribución de valores del VAN.

Usando esta última distribución, se estimará para la variable aleatoria VAN, la media (que deberá ser similar al valor central inicial), la desviación típica y el intervalo de confianza para un nivel de significancia estadística del 95%. Finalmente, se hará un test para determinar si el VAN es o no significativamente diferente de cero.

Los resultados obtenidos complementan los del análisis de sensibilidad y permiten una apreciación más clara de la robustez de las diferentes alternativas.

SECCION 1.509 EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

1.509.1 ASPECTOS GENERALES

El objetivo de la presente sección es indicar las normas según las cuales deberán ser evaluados los impactos ambientales de un proyecto vial, en el contexto del presente manual.

1.509.2 PROCEDIMIENTOS

La valoración de los efectos ambientales no tiene un esquema rígido y de hecho presenta graves dificultades metodológicas. Por esta razón, en general los efectos ambientales de un proyecto, mas que valorizarse, se califican en términos cualitativos, utilizando criterios predefinidos que describen su importancia.

A continuación se especifican los criterios que deberán tenerse presente en el proceso de evaluación de los impactos ambientales en las etapas de Perfil, Prefactibilidad y/o Factibilidad del proyecto bajo análisis.

Para la etapa de Perfil, se deberá efectuar una evaluación de impacto ambiental preliminar, que permitará clasificar ambientalmente el proyecto vial, y determinar si se requiere o no efectuar estudios ambientales más amplios y/o profundos en las etapas posteriores. Este proceso de clasificación se realizará de acuerdo a lo descrito en el tópico 1.509.3, utilizando para ello la información contenida en la Ficha Ambiental (FA) correspondiente.

Para las etapas de Prefactibilidad y/o Factibilidad, en el caso de proyectos que no requieren nuevos estudios ambientales y que sólo cuentan con su FA, la evaluación de los impactos ambientales se limitará a la presentación de los resultados de la calificación ambiental descrita en el Tópico 1.509.3, como un antecedente complementario a los resultados de la evaluación económica del proyecto. En cambio para aquellos proyectos que requieren desarrollar un estudio de impacto ambiental, la evaluación correspondiente surgirá de dicho estudio. Al respecto, en el tópico 1.509.4, se describen algunas técnicas que permiten realizar este proceso de evaluación.

1.509.3 EVALUACION PRELIMINAR.

1.509.301 Calificación Ambiental.

En base a la información contenida en la FA, se procede a calificar los impactos ambientales directos e indirectos sobre cada factor ambiental, que se encuentra asociado al proyecto vial.

La calificación es numérica, en un rango de variación de 1 a 10, siendo el 10 el valor que refleja la peor situación esperada producto de los impactos sobre un determinado factor ambiental.

A fin de apoyar este proceso de calificación, el MOP ha establecido una serie de criterios para la clasificación y calificación de impactos, los cuales se encuentran especificados en el Anexo VII de las "Pautas y Guías Metodológicas para la Evaluación Ambiental de Proyectos del MOP".

Este proceso arroja dos calificaciones por componente ambiental. Estos puntajes son únicos y reflejan la condición y significación de los impactos directos e indirectos, respectivamente, y servirán de base para determinar la clasificación ambiental del proyecto.

1.509.302 Clasificación Ambiental.

La clasificación ambiental determina la categoría a la cual pertenece el proyecto desde el punto de vista ambiental, definiéndose si el proyecto requiere o no estudios de evaluación de impacto ambiental en las etapas posteriores (Prefactibilidad y/o Factibilidad), y el grado de profundidad en el tratamiento de las distintas materias que dichos estudios involucran.

Al respecto se consideran las siguientes categorías ambientales:

Categoría Y : Proyectos que se conceptualizan y diseñan expresamente para mejorar la calidad ambiental. No requieren estudios ambientales.

Categoría II : Proyectos que no requieren análisis ambientales ulteriores a los ya elaborados por la Ficha Ambiental, es decir, no es necesario el desarrollo de estudios ambientales específicos.

Categoría III : Proyectos que requieren el desarrollo de Estudios de Impacto Ambiental Complementarios, tal que no ameritan el análisis exhaustivo que se deriva de la actividad o proyecto.

Categoría IV : Proyectos que requieren el desarrollo de Estudios de Impacto Ambiental Detallados, de carácter global, analizando además los impactos inducidos por la actividad social y económica del proyecto.

En el Cuadro N°1.509.302 (A), se muestra un resumen de la calificación y clasificación de un proyecto vial.

CUADRO N°1.509.302 (A)
CALIFICACION Y CLASIFICACION AMBIENTAL DE PROYECTOS VIALES

Calificación	Clasificación	Observación
< 3	II	No requiere estudios ambientales
	III	Los estudios ambientales requeridos son de carácter local.
> 4	IV	Los estudios ambientales requeridos son de carácter global

En el Cuadro N°1.509.302 (B) se presenta el nivel de detalle de los estudios ambientales requeridos según la categoría ambiental.

CUADRO N°1.509.302 (B)
TIPOS DE ESTUDIO AMBIENTAL REQUERIDO

Calificación	Tipo de estudio Ambiental	Observaciones
4 < N < 6	EIAC	Estudio de Impacto Ambiental Complementario
N > 7	EIAD	Estudio de Impacto Ambiental Detallado

1.509.4 TECNICAS DE EVALUACION

El alto grado de complejidad que presenta tanto la identificación y predicción de los impactos ambientales asociados a un proyecto, como la valorización de los efectos ambientales en términos monetarios, generalmente impide incluir este aspecto en la evaluación económica.

Una alternativa consiste en obtener indicadores cualitativos que reflejen la calidad ambiental del proyecto. La evaluación ambiental normalmente se efectúa en base al desarrollo de Estudios de Impacto Ambiental, cuyo alcance y profundidad varían de acuerdo con las características de cada proyecto y del entorno afectado por éste. En todo caso en Tópico 1.410.4. se especifica los contenidos mínimos que debe tener un estudio de esta naturaleza.

Los resultados obtenidos en un EIA, además de permitir la evalua-ción ambiental, pueden ayudar a identificar y valorizar efectos ambientales en términos monetarios. Cuando ello sea posible, estos efectos se podrán incluir en la evaluación económica, al igual que los costos asociados a las medidas mitigatorias, a los planes de prevención y de contingencias y a las medidas compensatorias determinadas en los estudios ambientales. En caso contrario, la evaluación de impacto ambiental deberá considerarse como un criterio complementario a la evaluación económica en la etapa de toma de decisión.

La etapa de valoración de los efectos ambientales no tiene un esquema rígido y de hecho presenta graves dificultades metodológicas. Por esta razón, en general los efectos ambientales de un proyecto, mas que cuantificarse, se califican en términos cualitativos, utilizando criterios predefinidos que describen su importancia. De cualquier forma, algunas aproximaciones que se pueden utilizar para valorar monetariamente los efectos ambientales de un proyecto son las siguientes:

- El enfoque de las preferencias reveladas, mediante el análisis de un mercado existente de bienes o servicios influenciado por los "bienes ambientales" (por ejemplo el cambio de valor en las propiedades afectadas por el ruido de un camino);

- El enfoque de las preferencias declaradas, donde se pregunta directamente a los afectados por su disposición a pagar o a cobrar en compensación por las pérdidas o ganancias derivadas del deterioro o mejoramiento ambiental;

- La valoración asociada a criterios "dosis-respuesta", estable-cidos a partir de información existente que permite identificar relaciones entre cambios ambientales y cambios físicos y biológicos observables en el medio ambiente (especialmente daños) y donde el valor del efecto ambiental se calcula en base a las pérdidas monetarias que ello implica (por ejemplo el valor de la cosecha perdida por cambios en la productividad de ciertos cultivos asociados a aumentos en el nivel de contaminación atmosférica), o en base al costo en que sería necesario incurrir para evitar el impacto que genera el cambio (costo de reducir las emisiones).

- Otras técnicas de valoración que se utilizan se basan en la identificación de las "preferencias públicas", asociadas a las normas y regulaciones existentes, que reflejan la valoración social de los impactos.

Estas técnicas aún no están bien desarrolladas, por lo que en general la valorización, en términos monetarios, de los efectos ambientales asociados a proyectos viales no resulta factible. Como alternativa, el problema se enfrenta sometiendo los proyectos a un proceso de evaluación ambiental, cuyo resultado se considera como una variable complementaria al obtenido en la evaluación económica al momento de decidir su ejecución.

De cualquier forma, la evaluación económica deberá considerar los costos asociados a los EIA que se deba desarrollar en cada caso, así como los costos resultantes de implementar las medidas mitigatorias, planes de monitoreo y estudios complementarios que surjan como resultado del EIA.

1.509.5 CALIFICACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Al considerar las consecuencias de una obra vial sobre el medio el medio ambiente es necesario distinguir los efectos directos de los indirectos. Los primeros son aquellos que la obra misma produce en el ambiente en el que se encuentra, en tanto que los segundos están formados por las consecuencias ambientales de las actividades económicas posibilitadas por la obra.

Para calificar los efectos directos, es conveniente utilizar criterios que permitan comprender mejor la dinámica del efecto en el tiempo y el espacio. A continuación se señalan algunos criterios aplicables:

1.509.501 Criterios referidos a las características de los efectos

a) **Carácter del efecto:** define el sentido del cambio producido por el efecto del proyecto sobre el ambiente, respecto al estado previo a la actuación. Puede ser positivo o negativo. Esta información corresponderá, por una parte, a la línea base o situación preexistente y por otra, a aspectos con potencialidad de ocurrencia.

b) **Reversibilidad:** considera la posibilidad, dificultad o imposibilidad de retornar a la situación anterior a la acción. Se trata de los que retornan en forma natural: reversibles, irreversibles o compatibles y los que requieren la acción del hombre (recuperables e irrecuperables).

c) **Temporalidad:** se considera si el impacto es temporal, continuo o periódico.

d) **Concentración:** se refiere si el efecto se presenta en forma concentrada, con intervalos espaciales o en forma difusa.

e) **Tipo de acción del proyecto:** establece el modo como se define el cambio en el medio. Así, el efecto puede ser directo, indirecto, sinérgico, simple o acumulado.

1.509.502 Criterios referidos a la probabilidad de ocurrencia del impacto

a) **Presencia del impacto:** define la probabilidad de que el impacto se presente como consecuencia del desarrollo del proyecto. Se puede calificar entre los siguientes rangos: cierto, muy probable, probable o poco probable.

1.509.503 Criterios que se refieren a las cualidades de los efectos

a) **Velocidad de desarrollo de los efectos:** define y califica el tiempo que el impacto tarda en desarrollarse completamente. Puede calificarse como muy rápido, rápido, medio, lento o muy lento.

b) **Magnitud del impacto:** califica la dimensión del cambio ambiental producido en el área de influencia o sobre un determinado recurso del ambiente, en relación con el valor total del recurso. Se expresa como alta, media o baja.

1.509.504 Criterios referentes a la sensibilidad local.

a) **Sensibilidad local:** define y califica el conocimiento, por parte de la comunidad local, de la magnitud del impacto sobre variables específicas asociado al desarrollo de un proyecto y el nivel de controversia que éste provoca. Puede calificarse entre muy sensible, sensible, poco sensible o neutro. Debe especificarse cuáles son las variables sensibles localmente e identificar los agentes o grupos en los cuales se concentra dicha sensibilidad.

SECCION 1.510 ESTIMACION DE BENEFICIOS DE SEGURIDAD

1.510.1. ASPECTOS GENERALES

En esta sección se establece la metodología y procedimientos para estimar los costos de ocurrencia de accidentes y los beneficios derivados de una reducción de éstos producto de la implementación de un proyecto vial.

1.510.2. PROCEDIMIENTOS

El proceso de estimación de beneficios es independiente de la etapa del estudio que se trate y del nivel de riesgo con que se ha caracterizado el sector de proyecto. Las diferencias se produce en las etapas anteriores del estudio de seguridad, importando a este nivel sólo la accidentabilidad esperada tanto para la situación base como para las alternativas de proyecto, independiente de los procedimientos para su estimación. Por lo tanto se ha definido un método único de evaluación, presentado en el tópico 1.510.3.

1.510.3 ESTIMACION DE BENEFICIOS

Lo primero será efectuar la valoración económica de los accidentes esperados, en función de sus costos asociados.

El costo de un accidente está compuesto de dos grandes ítemes, uno relacionado con los vehículos y el otro con sus ocupantes. Estos son los costos de daños materiales y/o pérdida de vehículo y los costos según nivel de gravedad de las lesiones.

Dado el estado del arte nacional respecto a la estimación de estos costos y el grado de incerteza en la estimaciones de reducción de accidentes ante la falta de información histórica, se ha considerado aquí un valor medio referencial de costos de accidentes.

El Cuadro N°1.510.3 (A) presenta, a nivel agregado, los costos medios para daños materiales, lesionados y muertos

Los precios presentados son referenciales, pudiéndose en cada caso particular, optarse por la realización de un estudio detallado de costos o adoptar los que pudiera exigir la Dirección de Vialidad mediante TRE.

La cuantificación económica entonces, corresponderá a la aplicación del vector de costos del Cuadro N°1.510.3 (A) para el total anual de accidentes en el caso de daños materiales y sobre el número esperado de lesionados y muertos, que se ha estimado para cada situación y corte temporal.

CUADRO N°1.510.3 (A)
COSTOS MEDIOS DE ACCIDENTES (U.F.)

DAÑOS MATERIALES	LESIONES	MUERTE
50.11	146.49	1.438.87

Los beneficios corresponderán a la diferencia entre situación con proyecto y situación base, y quedarán determinados para cada corte temporal de modelación. Los beneficios de años intermedios se obtendrán por interpolación.

Los TRE de cada proyecto especificarán si corresponde sumar estos beneficios a los beneficios directos calculados en el tópico 1.506.7. De no corresponder hacerlo, deberá calcularse el valor actual neto de los beneficios por reducción de accidentes utilizando lo dispuesto en el párrafo 1.507.502.

SECCION 1.511 IMPACTOS SOCIALES

1.511.1 ASPECTOS GENERALES

El objetivo de la presente sección es definir una metodología de identificación y cuantificación de los impactos sociales de un proyecto vial.

1.511.2 CONCEPTOS BASICOS

En general es prácticamente imposible traducir, en términos de recursos y/o dinero, los impactos sociales que genera un deter-minado proyecto vial. Estos impactos son más bien ciertas condicionantes que permiten valorar desde un punto de vista distinto un mismo proyecto, dependiendo de su ubicación espacial (geográfica) y de su inserción en un determinado contexto social y económico.

La consideración de este tipo de impactos tiene relevancia princi-palmente en el caso de proyectos que no superen los umbrales de rentabilidad establecidos por MIDEPLAN. Sin embargo, también pueden contribuir a la priorización de proyectos rentables en presencia de limitaciones financieras y/o a la priorización de proyectos cuyo objetivo es netamente social.

1.511.3 PROCEDIMIENTOS

La determinación de impactos sociales deberá hacerse para todos los tipos de proyecto en todas las etapas de evaluación. Los impactos sociales serán identificados y luego calificados mediante una escala de puntajes. Para cada aspecto a ser incluido en la evaluación se indica puntajes típicos para ciertas situaciones definidas, pero se aceptará calificarlos con puntajes intermedios, cuando a juicio del analista ello sea adecuado. De acuerdo a las escalas definidas, el puntaje máximo de un proyecto es de 100 puntos.

Los aspectos que deberán incluidos ser los siguientes:

- Soberanía e integración territorial, tratado en el tópico 1.511.4.
- Defensa Nacional, tratado en el tópico 1.511.5.
- Propósitos Sociales, tratado en el tópico 1.511.6.

1.511.4 Soberanía e Integración Territorial

1.511.401 Soberanía

Este aspecto tiene relevancia principalmente en el caso de caminos que otorgan acceso a áreas fronterizas y se refiere a factores geopolíticos que normalmente no son cuantificables o medibles. Por lo tanto, la comparación entre proyectos alternativos sólo es posible mediante calificaciones o puntajes basados en una escala semántica. Los factores en que se basará este puntaje son los siguientes:

Nivel 1: 20 puntos; corresponde a caminos que permiten accesar zonas o áreas litigosas.

Nivel 2: 10 puntos; corresponde a caminos que posibilitan el acceso o presencia soberana en una determinada zona, aunque no posea carácter de litigio.

Nivel 3: 0 puntos; asignable a caminos que no cumplen las condiciones anteriores.

1.511.402 Integración Territorial

Este aspecto tiene relevancia principalmente en el caso de caminos que permiten acceder a zonas relativamente aisladas del territorio nacional e integrarlas adecuadamente con los centros urbanos o rurales que representan hitos en la división político - administra-tiva del país (Capitales regionales o provinciales). Otro aspecto relevante a considerar corresponde a la importancia del camino en la conformación de una red vial que provea itinerarios alternativos para el desplazamiento entre dos zonas y/o áreas del país.

Al igual que en el caso anterior, la comparación entre proyectos alternativos sólo es posible mediante calificaciones o puntajes basados en una escala semántica. Los factores en que se basará este puntaje son los siguientes:

Nivel 1: 20 puntos; corresponde a caminos o proyectos viales imprescindibles para el apoyo a la colonización.

Nivel 2: 15 puntos; corresponde a caminos o proyectos viales que permiten otorgar acceso (o mejorar accesibilidad) a áreas económicas importantes, o que sirven de base para funciones de prospección de recursos.

Nivel 3: 10 puntos; corresponde a caminos o proyectos viales que permiten mejorar la accesibilidad de una determinada zona a las ciudades y/o asentamientos humanos que representan la capital regional o provincial correspondiente.

Nivel 4: 5 puntos; corresponde a caminos que permiten ir confor-mando una red vial, otorgando itinerarios alternativos entre dos zonas del país.

Nivel 5: 0 puntos; asignables a caminos o proyectos viales que no cumplen las condiciones anteriores.

1.511.5 Defensa Nacional.

Este aspecto tiene relevancia principalmente para el caso de caminos y/o proyectos viales que mejoran la accesibilidad a instalaciones de las Fuerzas Armadas y de Orden, que cumplan funciones de defensa del país frente a eventuales agresiones extranjeras y/o de resguardo de las fronteras de él.

Al igual que en el caso anterior, la comparación entre proyectos alternativos sólo es posible mediante calificaciones o puntajes basados en una escala semántica. Los factores en que se basará este puntaje son los siguientes:

Nivel 1: 20 puntos; corresponde a caminos o proyectos viales ten-dientes a mejorar la accesibilidad a las instalaciones de las Fuerzas Armadas, que directamente cumplen funciones de defensa del país ante eventuales agresiones externas y/o de resguardo de las fronteras de él.

Nivel 2: 15 puntos; corresponde a caminos o proyectos viales tendientes a mejorar la conexión entre zonas o áreas litigosas e instalaciones de la Fuerzas Armadas antes descritas.

Nivel 3: 10 puntos; corresponde a caminos o proyectos viales tendientes a mejorar la conexión de zonas o áreas fronterizas (no litigosas) con las instalaciones de las Fuerzas Armadas antes descritas.

Nivel 4: 0 puntos, asignable a caminos o proyectos viales que no cumplen las condiciones anteriores.

1.511.6 Propósitos Sociales

Este aspecto tiene relevancia principalmente en el caso de caminos y/o proyectos viales que mejoran la accesibilidad de zonas aisladas a ciertos servicios básicos que requieran sus habitantes (por ejemplo salud y educación) y que además otorgan a ellos la posibilidad de utilizar un nuevo modo de transporte.

Estos factores normalmente no son cuantificables o medibles, por lo cual también en este caso la comparación de proyectos alternativos se realizará mediante calificaciones o puntajes, basados en una escala semántica adecuada. Los factores en que se basarán estos puntajes son los indicados a continuación.

1.511.601 Población

Esta variable se refiere al número de habitantes del área a la cual se le pretenda dar o mejorar accesibilidad a ciertos servicios básicos. Los niveles para evaluar este aspecto son los siguientes:

Nivel 1: 10 puntos; para aquellos proyectos que servirán áreas con más de 2.000 habitantes.

Nivel 2: 7 puntos; para aquellos proyectos que servirán áreas con una población comprendida entre los 2.000 y 501 habitantes.

Nivel 3: 5 puntos; para aquellos proyectos que servirán áreas con una población comprendida entre los 100 y 500 habitantes.

Nivel 4: 0 puntos para aquellos proyectos que no cumplen las condiciones anteriores.

1.511.602 Equipamiento de Salud

Uno de los servicios básicos relevantes corresponden a los equipa-mientos de salud existentes en el área a la cual se le esta mejo-rando su accesibilidad, mediante un determinado proyecto vial. Los niveles para evaluar este aspecto son los siguientes:

Nivel 1: 10 puntos; para proyectos que permiten a los habitantes de áreas que carecen por completo de servicios de salud, una reducción sustancial en los tiempos de viaje requeridos para acceder a un servicio de salud de mejor nivel, o bien una mejora notable en la transitabilidad.

Nivel 2: 5 puntos; para proyectos que permiten a los habitantes de áreas que carecen por completo de servicios de salud o poseen servicios de salud muy precarios (postas rurales), una reducción en los tiempos de viaje requeridos para acceder a un servicio de salud de mejor nivel, o bien una mejora en la transitabilidad.

Nivel 3: 0 puntos; para proyectos que no cumplen las condiciones anteriores.

1.511.603 Equipamiento Educacional.

Uno de los servicios básicos relevantes corresponden al equipa-miento educacional existente en el área a la cual se le esta mejorando su accesibilidad, mediante un determinado proyecto vial. Los niveles para evaluar este aspecto son los siguientes:

Nivel 1: 10 puntos; para proyectos que permiten a los habitantes de áreas que carecen por completo de equipamiento educacional, una reducción sustancial en los tiempos de viaje requeridos para acceder a algún tipo de establecimiento educacional (básico y/o medio), o bien una mejora notable en la transitabilidad.

Nivel 2: 5 puntos; para proyectos que permiten a los habitantes de áreas que carecen por completo de equipamiento educacional o poseen algún tipo de equipamiento básico o medio, una reducción en los tiempos de viaje requeridos para acceder al equipamiento educacional que carecen o de mejor nivel, o bien una mejora en la transitabilidad.

Nivel 3: 0 puntos; para proyectos que no cumplen las condiciones anteriores.

1.511.604 Modos de Transporte Alternativos.

Esta variable se refiere al nivel de servicio de los modos de transporte alternativos existentes para acceder al área a la cual se le pretende mejorar su accesibilidad con un determinado proyecto vial. Los niveles para evaluar este aspecto son los siguientes:

Nivel 1: 10 puntos; para proyectos que mejoran la accesibilidad de áreas que en la actualidad sólo son atendidas mediante servicios aéreos, fluviales o marítimos, o mediante transporte alternativo que implica tiempos de viaje mayores a las 24 horas.

Nivel 2: 5 puntos; para proyectos que mejoran la accesibilidad de áreas que en la actualidad son atendidas por modos alternativos, cuyas condiciones de frecuencia y tiempos de viaje están lejos de representar una real alternativa.

Nivel 3: 0 puntos; para proyectos que atenderán áreas que son atendidas en la actualidad por modos alternativos adecuados para acceder a ellas.

SECCION 1.512 ANALISIS GLOBAL

1.512.1 ASPECTOS GENERALES

El objetivo de la presente sección es indicar las normas a seguir para la evaluación multiobjetivo de un proyecto vial, considerando aspectos económicos y extraeconómicos.

1.512.2 PROCEDIMIENTOS

Este análisis global deberá realizarse para todos los tipos de proyecto en todas las etapas de evaluación. El análisis global contiene dos elementos: un cuadro de impactos, tratado en el tópico 1.512.3 y una regla de decisión, tratada en el tópico 1.512.4.

1.512.3 CUADRO DE IMPACTOS

Los resultados de la evaluación económica, esto es, los indicadores de rentabilidad de cada alternativa serán incluidos en un cuadro de impactos en el que se indicará además los indicadores o puntajes de cada alternativa obtenidos en la evaluación de los impactos socia-les y ambientales. Este cuadro contendrá, por lo tanto, al menos lo siguiente para cada alternativa:

a) Costos de inversión, valorizados a precios privados y sociales.

b) Beneficios económicos actualizados por concepto de ahorro de recursos con precio de mercado valorados a precios sociales.

c) Desagregación de b) por estratos de ingreso de quienes perciben los beneficios.

d) Beneficios actualizados de usuarios, desagregados por estrato de ingreso.

e) Indicadores de rentabilidad, principalmente VAN y TIR.

f) Resultados de los análisis de sensibilidad e incertidumbre.

g) Resultados de la evaluación de impacto ambiental.

h) Resultados de la evaluación de seguridad.

i) Calificación o puntaje obtenido por consideraciones de interés social, defensa nacional y soberanía e integración territo-rial. Si el VAN es negativo, indicar además el cuociente entre este puntaje y el valor absoluto del VAN.

1.512.4 REGLA DE DECISION

Existen diversas técnicas que permiten lograr una decisión a partir de este tipo de información. El presente Manual recomienda que la decisión final sea adoptada por la autoridad política competente. Sin embargo, el analista deberá proponer al menos la eliminación de aquellas alternativas que no superen ciertos umbrales mínimos, o que tengan fuertes impactos negativos, recomendando que la elección se realice sólo entre las restantes.

Una vez eliminadas estas alternativas indeseables, corresponderá recomendar la ejecución del proyecto si se cumple cualquiera de las tres condiciones siguientes:

i) $R > UR$
ii) $P > UP$
iii) $R/UR + P/UP > F$

donde

R : Es la TIR del proyecto.

UR : Es el umbral de rentabilidad definido por MIDEPLAN (12%).

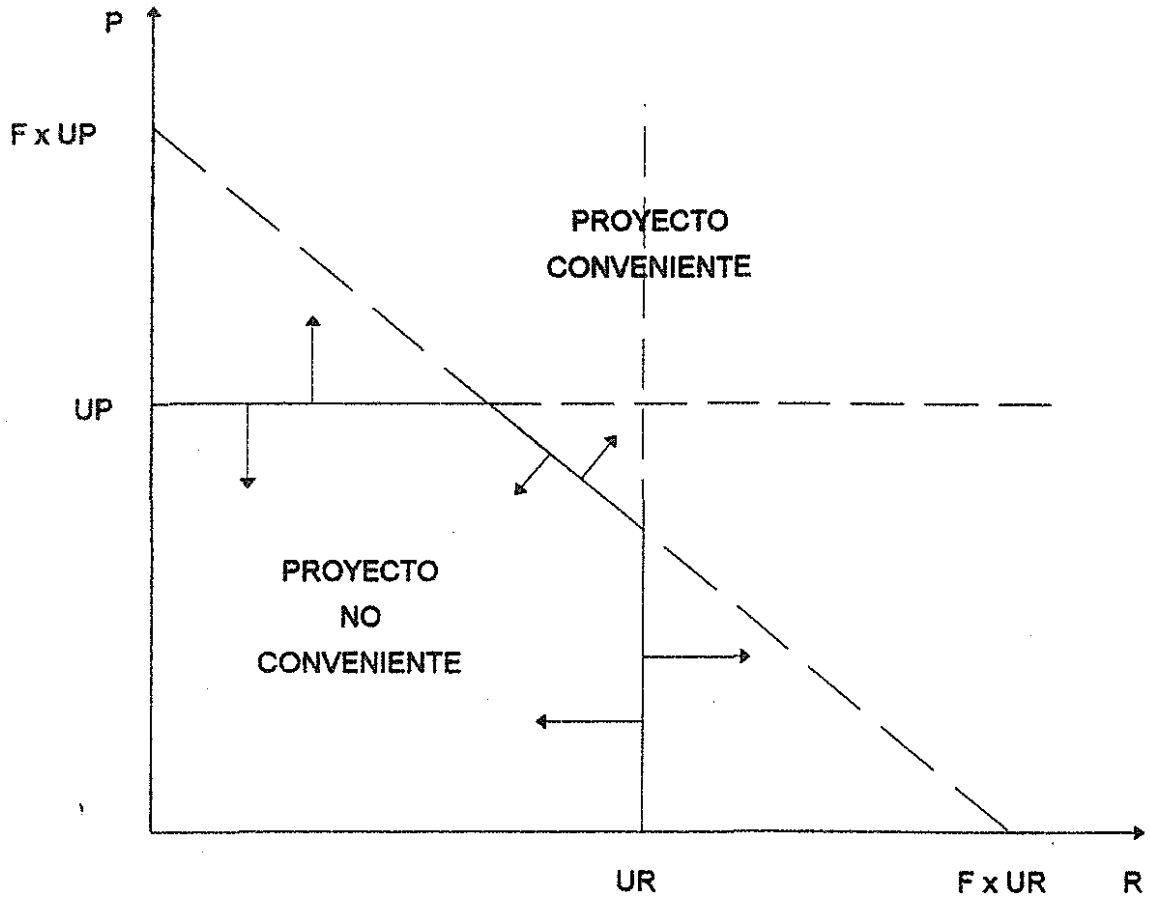
P : Es el puntaje obtenido por el proyecto (escala de 0 a 100).

UP : Es un umbral de puntaje a definir por MIDEPLAN (se recomienda 70).

F : Es un factor a definir por MIDEPLAN (se recomienda 1,5).

En la Figura N°1.512.4 (A) se ilustra esta regla de decisión. Se observa que son definidos dos espacios, uno en el cual el proyecto no resulta conveniente y otro en que si lo es.

FIGURA N°1.512.4 (A)
ILUSTRACION DEL CRITERIO DE DECISION



SECCION 1.513 PRESENTACION DE RESULTADOS

1.513.1 ASPECTOS GENERALES

La presente sección establece las normas, procedimientos y recomendaciones para la confección y presentación de los informes, planos, documentos y anexos requeridos en los diferentes niveles de un estudio de evaluación.

Un primer objetivo es que los informes, en cualquier etapa, sean suficientes, ordenados y comprensibles para revisores o lectores de un nivel técnico compatible con la complejidad del estudio.

El segundo objetivo es que el producto del trabajo contratado por el Estado a traves del MOP tenga la mayor utilización posterior posible. Esto significa que se vierta la información a Bases de Datos únicas o compatibles, con formatos comunes.

1.513.2 ESTRUCTURA DE LOS INFORMES

1.513.201 Informes parciales o de avance

Los informes parciales serán definidos, en términos de contenido y plazo, por los TRE.

1.513.202 Informe final

El informe final de un estudio contendrá una descripción de los traabajos realizados, con sus resultados y conclusiones. el informe final debe permitir la comprensión cabal del estudio, sin que sea necesario remitirse a las etapas anteriores.

La estructura del informe consistirá al menos en:

- Una Memoria explicativa, que describirá el desarrollo del estudio, las hipótesis que lo nmarcan, las metodologías y procedimientos utilizados, las conclusiones y su sustentación. La Memoria deberá entregarse en forma de texto impreso, en el número de ejemplares estipulado en los TRE. Se deberá entregar además un respaldo en medios magnéticos, en archivos escritos mediante cualquier procesador de texto de uso habitual compatible con los que establezcan los TRE. Las tablas y cálculos serán entregadas en planillas de cálculo de uso habitual.

En particular, la Memoria deberá describir los procedimientos que permiten obtener los resultados parciales y finales, de manera que la Inspección Fiscal pueda verificarlos o reproducirlos según corresponda.

- Documentos anexos que contendrán los resultados de los estudios de base, con el detalle exigido para cada nivel. Los TRE indicarán los formatos exigidos, de modo que la información sea compatible con las bases de datos que maneja el MOP.

- Planos elaborados en las escalas definidas en el Volumen 2 del M.C., con los contenidos que se definen en este Volumen para los distintos niveles de profundización.

1.513.203 Informe ejecutivo

Se deberá elaborar un Informe ejecutivo, que sintetice los elementos principales del estudio en términos comprensibles para autoridades o funcionarios no familiarizados con las metodologías utilizadas ni con la terminología técnica especializada.

El Informe ejecutivo contendrá, en la mínima extensión y máxima comprensión, los siguientes aspectos:

- Denominación e identificación del proyecto y las principales obras involucradas, Ej.: "Segundda calzada de la Ruta 5 Sur entre Coquimbo y la Herradura. Incluye la desnivelación de los cruces en Av. Alessandri y la Marina".

- Antecedentes que sustentan el proyecto: deficiencias actuales, contexto local, regional o nacional.

- Descripción de las alternativas analizadas y evaluación preliminar de ellas.

- Descripción de la o las alternativas seleccionadas, en términos de:

  . Concepción del proyecto
  . Diseño geométrico
  . Condiciones de gestión y regulación
  . Evaluación económica de la solución propuesta:
  . Inversiones, beneficios, indicadores
  . Externalidades: seguridad, impactos ambientales y sociales.

SECCION 1.514 EVALUACION EX-POST

1.514.1 ASPECTOS GENERALES

El objetivo de la presente sección es indicar las normas a seguir para la evaluación ex-post de proyectos viales.

1.514.2 CONCEPTOS BASICOS

La evaluación ex-post de proyectos es un procedimiento útil y nece-sario para la validación y mejoramiento de los criterios y metodo-logías de análisis y evaluación de proyectos generados en una situación ex-ante.

En efecto, mediante una comparación entre lo predicho y observado, es posible verificar el comportamiento de ciertas variables y de los impactos asociados al proyecto, identificando los aspectos que presentan variaciones relevantes, la magnitud de ellas y sus eventuales causas. Esto permitirá introducir las modificaciones y correcciones a los distintos procedimientos y herramientas que se utilizan en el desarrollo de un proyecto de inversión, de tal modo de reducir al mínimo posible las diferencias entre los estados de preinversión, inversión y operación.

En cuanto a la definición de la situación (base y/o con proyecto) para la cual se comparará lo predicho y lo observado, debe tenerse presente que la formulación, análisis y evaluación de un determinado proyecto vial se realiza mediante la confrontación de la evolución futura que tendrá la situación base y con proyecto, respecto de una situación existente en el momento de realizar los estudios pertinentes.

Al respecto es necesario precisar que una vez que el proyecto ha entrado en operación, se tiene una **situación con proyecto (futura) observada** la cual será pieza fundamental para el proceso de comparación. Por otra parte, es obvio que una **situación sin proyecto futura** no es posible observarla desde el momento en que se materializó un proyecto.

En este sentido es posible llevar a cabo dos comparaciones entre lo predicho y observado. Estas corresponden a las siguientes:

- Futuro con proyecto observado v/s Futuro con proyecto predicho, tratado en el tópico 1.514.4.

- Futuro con proyecto observado v/s Futuro sin proyecto predicho, tratado en el tópico 1.514.5.

Tales comparaciones permiten obtener una serie de antecedentes orientados a fines distintos. En los puntos siguientes se describe detalladamente los dos tipos de comparación que es posible realizar y los resultados que se obtendrá de cada una de ellas.

1.514.3 PROCEDIMIENTOS

La evaluación ex-post no forma parte directa del proceso de preinversión. La decisión acerca de cuáles proyectos, una vez ejecutados, serán sometidos a evaluación ex-post cae fuera del alcance del presente manual.

1.515.4 COMPARACION ENTRE FUTUROS CON PROYECTO OBSERVADO Y PREDICHO

La comparación futuro con proyecto observado v/s futuro con proyecto predicho, permite contrastar adecuadamente las distintas variables e impactos involucrados en el proyecto y alcanzar los objetivos antes descritos.

Respecto de las variables e impactos que es posible comparar, que son comunes a todos los estudios de preinversión de proyectos viales y relevantes en el proceso de evaluación que ello involucra (ex-ante), cabe mencionar las indicadas a continuación.

1.515.401 Estimación de la demanda y su evolución futura

Ello está sustentado en una serie de mediciones que caracterizan la demanda existente en la situación ex-ante, y de hipótesis de ciertas variables que alimentan los distintos modelos que permitieron estimar la demanda en la situación con proyecto, así como la evolución de ella. Por lo tanto como parte de la evaluación ex-post, deberá realizarse un análisis de todos los aspectos que ello involucra a partir de la medición (y observación) de las variables y parámetros relevantes. Entre ellos cabe destacar los flujos vehiculares cuyos volúmenes deberán ser medidos en condiciones de periodización y tipología de vehículos similares a las consideradas en el estudio ex-ante. En cuanto a las variables que explican la evolución del sistema de actividades y que fueron consideradas en la estimación futura de la demanda, deberá recurrirse a la información mas reciente que exista al respecto en los organismos oficiales y verificar las tendencias originalmente consideradas.

Para aquellos proyectos que por su naturaleza se esperaba que involucrarían cambios en la demanda del sistema de transporte en que se encuentran inmersos, será necesario realizar encuestas origen-destino para verificar el comportamiento de las matrices y de la asignación de flujos correspondiente. Por otra parte, en caso de ser necesaria una verificación de las tasas de generación (y atracción) de viajes deberá realizarse encuestas origen-destino a hogares localizados en las zonas relevantes del área de influencia del proyecto.

1.514.402 Nivel de deterioro de la carpeta de rodado

En el nivel de deterioro incide en forma importante el diseño estructural de la carpeta de rodado y los volúmenes y caracte-rísticas de la demanda que lo solicitan. Esta variable incide fuertemente en la magnitud de los costos de conservación de la infraestructura vial bajo análisis y de los otros costos de operación de los vehículos que circulan por ella.

Con el fin de comparar las características del estado del pavimento (rugosidad y agrietamiento) observadas con las predichas basta con recurrir a los resultados de las mediciones y campañas que periódicamente realiza el Laboratorio de la Dirección de Vialidad.

1.514.403 Demoras y tiempos de viajes

Estos son muy relevantes en la estimación de los costos de tiempo de los usuarios y de los costos de operación de los vehículos.

También en este caso son muy importantes los procedimientos de medición de tal manera de tener patrones y referencias de comparación que sean homogéneos entre las distintas situaciones, para lo cual deberán tenerse en cuenta las mismas consideraciones que han sido planteadas en el párrafo 1.514.401.

1.514.404 Montos de Inversión

Sin duda inciden de manera importante en el proceso de toma de decisión del proyecto, y en algunos casos pueden revertirla en forma negativa postergando la posible materialización de él. Del análisis de este aspecto debieran plantearse medidas que tiendan a mejorar el nivel de desarrollo y los procedimientos de estimación de los montos de inversión en los estudios ex-ante, y a conocer las características del comportamiento del mercado de la construcción a fin de efectuar las previsiones de rigor. A su vez, esto dejará en evidencia las eventuales modificaciones que sufren los diseños incorporando muchas veces elementos que no tienen relación con el proyecto originalmente planteado y evaluado.

1.514.405 Impactos

Dada la complejidad de los procedimientos y relaciones sobre los cuales se sustenta la cuantificación del consumo de recursos y la valoración de ellos por parte de los usuarios, no tiene sentido tratar de medir la magnitud de los impactos que generó el proyecto y que fueron valorizados en la evaluación ex-ante del proyecto. Sin embargo en el caso de la disposición a pagar es posible verificar si los valores estimados reflejan en definitiva lo observado, a través de encuestas de preferencias reveladas.

Por otra parte es posible verificar si los impactos sociales y ambientales estimados en la evaluación ex-ante se han dado en la realidad una vez materializado el proyecto. Para ello es posible realizar encuestas que permitan recoger la percepción del proyecto construido por parte de los grupos afectados e inspecciones visuales en el área de influencia del proyecto.

1.514.5 COMPARACION DE FUTURO CON PROYECTO OBSERVADO V/S FUTURO SIN PROYECTO PREDICHO

Esta comparación tiene sentido si el objetivo del proceso de evaluación ex-post, es la verificación de la rentabilidad del proyecto que en definitiva se construyó.

Desde el punto de vista metodológico, se debe tener en cuenta que esta comparación presenta la dificultad de que la situación sin proyecto ya no existe y, por lo tanto, no es posible observar lo que ocurre en el sistema en dicha situación.

Por lo tanto, será necesario, por una parte, establecer una refe-rencia común entre ambas situaciones y, por otra, modelarlas y predecirlas, con los nuevos antecedentes obtenidos para las distintas variables.

Sin embargo, para aquellos proyectos que por su naturaleza presen-tan variaciones significativas de los volúmenes vehiculares entre ambas situaciones producto de reasignaciones de viajes y/o de cam-bios en sus tasas de generación (atracción), esta comparación no es posible realizarla.

En aquellos casos en que ello no ocurre, el procedimiento que se aplicará corresponde al siguiente:

a) Se realizarán mediciones de flujos vehiculares en la situación con proyecto manteniendo las condiciones de periodización y tipología de vehículos consideradas en los estudio de preinversión correspondientes.

b) Comparando dichas mediciones con las medidas en el estudio de preinversión se determinarán las nuevas tasas de crecimiento de los flujos para cada una de las categorías consideradas.

c) Analizando las características físicas y operacionales del proyecto que en definitiva se materializó, deberá verificarse que las redes y condiciones de modelación que representan la situación con proyecto en el estudio de preinversión siguen vigentes; en caso contrario, deberán introducirse las modificaciones y correcciones de rigor.

d) Considerando la información básica del estudio de preinversión y la nueva información generada de acuerdo a los procedimien-tos antes descritos, se deberá modelar y simular las situacio-nes base y con proyecto a fin de obtener los consumos de recursos asociados a cada una de estas situaciones.

e) Los precios sociales de los recursos deberán ser actualizados a un nivel de precios similar al de las inversiones que en definitiva se concretaron. Con este vector se valorizarán los ahorros antes señalados, obteniéndose los beneficios correspondientes.

f) Por otra parte, a partir de los presupuestos de las obras asociadas al proyecto que efectivamente se realizaron, se determinará el monto de las inversiones involucradas valori-zadas a precios sociales.

g) En base a la información obtenida en e) y f) se deberán calcular los indicadores de rentabilidad correspondientes.