

58



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO
POR LA CONSTRUCCION Y OPERACION
DE CARRETERAS"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A :

DAVID HERNANDEZ SANTOYO



CIUDAD UNIVERSITARIA,

2002

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/160/98

Señor

DAVID HERNANDEZ SANTOYO

Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. MIGUEL ANGEL GONZALEZ LOPEZ, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"ANALISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA CONSTRUCCION
Y OPERACION DE CARRETERAS"**

- INTRODUCCION**
- I. INFRAESTRUCTURA PARA EL TRANSPORTE**
 - II. ANALISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL**
 - III. METODOS DE PREDICION, IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES**
 - IV. MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION**
 - V. CASO ESTUDIO**
 - VI. CONCLUSIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universidad a 27 de octubre de 1998

EL DIRECTOR


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP/mstg.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/160/98

Señor
DAVID HERNANDEZ SANTOYO
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. MIGUEL ANGEL GONZALEZ LOPEZ, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

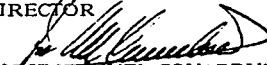
**"ANALISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA CONSTRUCCION
Y OPERACION DE CARRETERAS"**

- I. INTRODUCCION
- II. INFRAESTRUCTURA PARA EL TRANSPORTE
- III. ANALISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL
- III. METODOS DE PREDICCION, IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES
- IV. MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION
- V. CASO ESTUDIO
- VI. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 27 de octubre de 1998
EL DIRECTOR


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS
JMCS/GMP/mstg.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El presente trabajo se lo dedico:

*A mi padre Margarito Hernández Santoyo
Por apoyarme en todo lo que hago
Por impulsarme a realizar lo que he pretendido
y por darme lo mejor y más importante: educación y su comprensión*

*Los hijos son la fuerza
y fortaleza de los padres.*

*A María del Pilar Cabrales Romero
Por estar conmigo en todo momento,
Por llegar a mi vida para enseñarme a querer y a amar,
Por darle mayor vigor a todo lo que pretendo,
Pero principalmente por brindarme todo el amor y cariño que necesitaba.
"Gracias por impulsarme a lograr esta meta".*

**"Nada que valga la pena ha sido logrado
si el deseo de empezar,
el entusiasmo de continuar
y la persistencia para terminar"**

Waite Phillips.

*A mi abuelita Ma. Asunción Jiménez (q.e.p.d.)
Porque siempre te he tenido presente en todos mis logros
Por haberme ayudado y cuidado en mi crecimiento
y porque siempre viste por todos nosotros.*

*No podemos controlar el paso del tiempo,
ni tampoco controlar nuestros propios destinos
ni los destinos de los que amamos.
Pero podemos encontrar consuelo al saber
que los que han vivido en nuestros corazones
en realidad nunca se van,
porque mientras los conservemos dentro,
en nuestros corazones y pensamientos,
siempre estarán con nosotros,
porque el amor, que es eterno,
nunca deja de existir.*

S.E. Macnaughton.

*A mis tías Ma. del Refugio, Ma. del Socorro Hdez. S.
y a mi tío Daniel Fuentes
Por estar cerca de mí en todo momento,
Por apoyarme en lo que hago
Y por brindarme su cariño.*

*Un ejemplo de nobleza
o una enseñanza vale
más que cualquier obsequio.*

*A mis primos Jorge Edgar, Mayra, Alejandra, Ricardo y Eduardo
Porque de una forma u otra han hecho que logre muchas cosas,
Y porque quiero que tengan la fuerza y empuje para lograr lo que desean.*

*A todos aquellos profesores, amigos y familiares
De quienes recibí valiosa ayuda*

*Un especial agradecimiento a la Facultad de Ingeniería
de la Universidad Nacional Autónoma de México
Por acogerme y brindarme la enseñanza necesaria
Para un buen desempeño de la profesión.*

***ANALISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL
GENERADO POR LA CONSTRUCCION
Y
OPERACION DE CARRETERAS***

INDICE**ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE CARRETERAS**

INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO I. INFRAESTRUCTURA PARA EL TRANSPORTE	4
I.A. Situación nacional actual de la red carretera	4
I.A.1 Clasificación y tipos de caminos en México	4
I.A.2 Análisis de las estadísticas del desarrollo y construcción de carreteras en México	5
I.B. Diseño de una carretera	6
I.B.1. Características técnicas de las carreteras	6
I.B.2. Tipos de materiales que integran las carreteras	8
I.B.3. Maquinaria utilizada en la fase de construcción	9
I.B.4. Niveles de servicio y de seguridad	9
CAPITULO II. ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL	11
II.A. Factores que intervienen en el deterioro del medio	11
II.B. Impacto en el medio urbano	12
II.B.1. Afectaciones de las propiedades	12
II.B.2. Afectación en la integración de la comunidad	13
II.B.3. Contaminación atmosférica por gases y polvo	13
II.B.4. Degradación de la vegetación	15
II.B.5. El ruido	15
II.B.6. Vibraciones y choques	16
II.B.7. Residuos sólidos	17
II.B.8. Deterioro del paisaje	17
II.B.9. Perturbaciones climáticas	17
II.C. Impacto en el medio rural	19
II.C.1. Alteraciones geomorfológicas	19
II.C.2. Fenómenos de erosión, arrastre y sedimentación de materiales	19
II.C.3. Perturbaciones de los ecosistemas	21
II.C.4. Deterioro de los recursos naturales	22
II.C.5. Modificaciones substanciales al drenaje natural	23
II.C.6. Reducción de la producción agrícola	24
II.C.7. Afectaciones en la fauna silvestre	24
II.C.8. Perturbación del paisaje	25
II.C.9. Deterioro de los sitios de interés histórico	25
CAPITULO III. MÉTODOS DE PREDICCIÓN, IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	29
III.A. Integración del camino al medio	29
III.B. Investigaciones y estudios para alojar el camino	29
III.B.1. Estudios geomorfológicos	30
III.B.2. Capacidad de uso del terreno	31
III.B.3. Uso actual del terreno	31
III.B.4. Uso potencial del terreno	32
III.B.5. Tenencia de la tierra	32

<u>Análisis del Impacto Ambiental Generado por la Construcción y Operación de Carreteras</u>	<u>Índice</u>
III.B.6. Estudios ecológicos	33
III.C. Métodos de evaluación del impacto ambiental	35
III.C.1. Método gráfico	35
III.C.2. Método de mapas digitales	36
III.C.3. Método de modelos de uso del terreno	37
III.C.4. Método matricial	37
III.C.4.a. Método de identificación	37
III.C.4.b. Métodos de predicción	40
III.C.4.c. Método de evaluación	41
III.C.4.d. Método de contabilidad social	42
III.C.5. Método de modelos	42
III.C.5.a. Modelo de predicción para la dispersión en la atmósfera de las emisiones	42
III.C.5.b. Modelo de predicción para la predicción de ruido del tráfico vehicular	44
CAPITULO IV. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	52
IV.A. Actividades adicionales en la ruta seleccionada	52
IV.A.1. Terrapienes	52
IV.A.2. Cortes	53
IV.A.3. Sistemas de drenaje	54
IV.A.4. Bancos de materiales y zonas de préstamo	55
IV.A.5. Integración del camino al paisaje	55
IV.A.6. Recomendaciones adicionales	56
IV.B. Actividades complementarias en el derecho de vía	56
IV.B.1. Forestación y reforestación	56
IV.B.2. Pastos y otras clases de cubierta vegetal	58
IV.B.3. Conservación de suelos	58
IV.C. Aprovechamiento de las obras en beneficio de la población afectada	59
CAPITULO V. CASO ESTUDIO	61
CONCLUSIONES	78
BIBLIOGRAFÍA	79

INTRODUCCIÓN

El análisis del impacto ambiental generado por la construcción y operación de carreteras es una necesidad que parte de buscar el equilibrio de una actividad con el medio que la rodea, en este caso la construcción y operación de carreteras. Si bien este tipo de análisis que no sólo son absolutamente necesarios, sino que a medida que crece la infraestructura carretera y se cuenta con mayores y mejores herramientas para realizar el análisis, se hace indispensable una mayor profundidad y exactitud en los análisis.

El tema del impacto ambiental generado por la construcción y operación de carreteras se encuentra muy disperso en la literatura existente y la información constantemente está cambiando, tal es el caso de la normatividad en materia ambiental, ya que hace algunos años la normatividad en esta área estaba en sus inicios y se disponía de poca información sobre el tema, esto aunado al mínimo o en muchos casos nulo interés de las autoridades sobre este rubro, hoy en día al medio ambiente se le está dando la importancia que merece, a tal punto que del análisis de impacto ambiental que se exige, dependen las decisiones sobre el diseño, la construcción y la operación de las obras, y en algunos casos es tal la influencia del estudio que de este depende la decisión de llevarse a cabo o no el proyecto.

Desde luego que no nos encontramos ante la disyuntiva de construir o no construir caminos, sino ante la realidad de construirlos en armonía con el medio ambiente y dada la importancia que tiene la infraestructura carretera y la necesidad de relacionar el medio ambiente y las obras de infraestructura, se desarrolló la presente tesis.

En esta tesis se muestran los diferentes aspectos que deben de ser considerados e intervienen en la construcción y operación de las carreteras, así como los diferentes métodos para el análisis del impacto ambiental ocasionado por estas obras de infraestructura y las respectivas medidas de prevención y mitigación.

CAPÍTULO I

I. INFRAESTRUCTURA PARA EL TRANSPORTE.

I.A. Situación nacional actual de la red carretera.

El sistema nacional de carreteras constituye el principal medio de desplazamiento de personas y es, al mismo tiempo, un instrumento primordial para la integración social, económica y cultural de la nación.

Actualmente en el sistema carretero se sustentan, en gran medida, las cadenas de producción y distribución de mercancías en todo el territorio, así como los sectores generadores de divisas (como el exportador y el de turismo) y por tanto representan también, un significativo instrumento de desarrollo social, pues comunica a poblaciones aisladas y dispersas y facilita el acceso de sus habitantes a los servicios básicos. Ahí radica la importancia del sector carretero, pues este atiende al 98.5% del movimiento doméstico de pasajeros y más del 85 % del de carga terrestre¹.

I.A.1 Clasificación y tipos de caminos en México.

En la práctica mexicana se pueden distinguir varias clasificaciones del tipo de camino, algunas de las cuales coinciden con la clasificación usada en otros países.

En el Cuadro I.1 se presentan las clasificaciones de caminos en México.

Cuadro I.1. Clasificación de caminos en México.

Clasificación	Tipo
I.A.1.a Clasificación por su transitabilidad: En general corresponden a etapas de construcción	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Camino de tierra o en terracerías: transitable en tiempos de secas. ➢ Camino revestido: transitable en todo tiempo. ➢ Camino pavimentado: tratamiento superficial, asfalto o concreto.
I.A.1.b Clasificación administrativa: Por lo general, la clasificación administrativa es independiente de las características técnicas del camino. Hay una división según la dependencia del gobierno que tiene a su cargo la construcción, conservación u operación.	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Camino federal: cuando son costeadas íntegramente por la federación y por lo tanto se encuentran directamente a cargo de la federación. ➢ Camino estatal: a cargo de las juntas Locales de Caminos. ➢ Camino vecinal: cuando son construidos con la cooperación de los particulares beneficiados, la federación y el estado. ➢ Camino de cuota: a cargo de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos. La inversión es recuperable a través del pago de cuotas de paso.
I.A.1.c Clasificación técnica oficial: Esta clasificación permite distinguir en forma precisa la categoría física del camino, ya que toma en cuenta los volúmenes de tránsito sobre el camino al final del período económico del mismo (15 años) y las especificaciones geométricas aplicadas. Las carreteras se clasificarán, de acuerdo con su Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA).	<ol style="list-style-type: none"> 1.- TIPO "A" Tipo "A2" para un TDPA de tres mil (3000) a cinco mil (5000) vehículos. Tipo "A4" para un TDPA de cinco mil (5000) a veinte mil (20000) vehículos. 2.- TIPO "B" para un TDPA de mil quinientos (1500) a tres mil (3000) vehículos. 3.- TIPO "C" para un TDPA de quinientos (500) a mil quinientos (1500) vehículos. 4.- TIPO "D" para un TDPA de cien (100) a quinientos (500) vehículos. 5.- TIPO "E" para un TDPA de hasta cien (100) vehículos.

¹ Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes 1995-2000.

I.A.2 Análisis de las estadísticas del desarrollo y construcción de carreteras en México.

La aparición del automóvil provocó algunas obras de adaptación de caminos. En 1905 se estableció una junta directiva encargada de construir y reparar las carreteras troncales. Los trabajos se iniciaron en los tramos que unían a la ciudad de México con Toluca y Puebla, y se empezó la carretera a Acapulco, inaugurándose los primeros 52 Km del tramo Iguala – Chilpancingo en 1910.

En 1925, poco después de haber iniciado su gestión, el presidente Plutarco Elías Calles, dispuso la creación de la Comisión Nacional de Caminos, lo que representó el punto de partida de la gran obra caminera con la que contamos actualmente.

Entre 1925 y 1930 se construyeron los primeros 1420 Km de carreteras, con esto se había integrado al tráfico automovilístico el 1% del territorio nacional. En la década siguiente se agregaron a la red 8,500 Km con lo cual quedó comunicado el 9% del área de la República.

En la década de los 50's, se construyeron 22,440 Km de carreteras con lo que se duplicó la red carretera que existía hasta ese momento, alcanzando una longitud de 44,890 Km, con lo que queda comunicado el 27% del territorio nacional.

En la década de los 60's, destaca el esfuerzo de la Secretaría de Obras Públicas, por continuar con la construcción de caminos a ritmo sin precedente, sumando a la red nacional 26,630 Km de los cuales 42,754 Km estaban pavimentadas. De esa manera quedó comunicado el 31% del país.

En 1971 se inició el programa de caminos de mano de obra en las regiones inaccesibles y marginadas del país, programa que, para 1975 representó 60,000 Km de caminos transitables en cualquier época del año.

Para 1988 había aproximadamente 1000 Km de carreteras de altas especificaciones y se cambió la estrategia de financiamiento para su construcción. Se otorgó alta prioridad al programa nacional de modernización del transporte 1989-1994. En este sentido, son importantes los avances logrados hasta 1991 en materia de construcción de obras de infraestructura carretera.

De 1989 a 1992, en su mayoría mediante concesión, se construyeron y pusieron en servicio 1834 Km de autopistas de cuatro carriles, casi el doble de los que se operaron en el país por más de 20 años.

Para 1994 y 1995 ya se contaban con 303,262 Km gracias al programa que tenía como objetivo concesionar las obras al sector privado, de aquí que la longitud fuera cada vez mayor.

I.B. Diseño de una carretera.

I.B.1. Características técnicas de las carreteras.

La estructuración de las secciones transversales de las vías terrestres debe hacerse de manera que los esfuerzos que lleguen a los materiales con que están construidas sean menores que los que pueden resistir, sin fallas ni deformaciones apreciables.

Las secciones transversales típicas de una vía terrestre son tres: en terraplén, en cajón y en balcón o mixta.

En la Figura I.1 se presenta una sección mixta para ejemplificar las partes que la integran

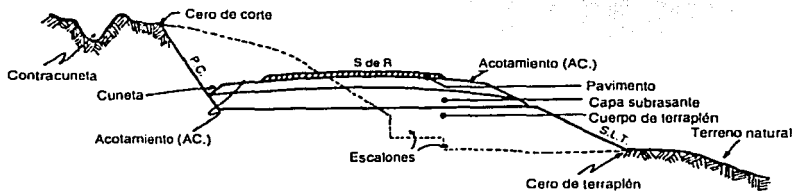


Figura I.1. Sección transversal típica mixta o en balcón.

A continuación se presenta una breve descripción de las partes que constituyen una carretera.

Terracerías.

Una terracería es el volumen de materiales que es necesario excavar y que sirve como relleno para formar la obra.

Las terracerías tienen dos partes: la inferior o cuerpo del terraplén y la superior o capa subrasante, con un espesor mínimo de 30 cm y que se coloca independientemente de la sección tipo que se tenga. El material de esta capa debe cumplir con normas de resistencia mínima, expansión máxima y otras características acordes con las funciones que tendrá la estructura.

Cuando los caminos tienen un volumen de tránsito mayor que 5000 vehículos diarios, los 50 cm superiores del cuerpo del terraplén forman la capa subyacente.

Pavimentos.

Se define como pavimento al conjunto de capas de materiales seleccionados que reciben en forma directa las cargas de tránsito y las transmiten a las capas inferiores, distribuyéndolas con uniformidad. Este conjunto de capas proporciona también la superficie de rodamiento, en donde se debe tener una operación rápida y cómoda.

De acuerdo con las teorías de esfuerzos y las medidas de campo que se realizan, los materiales con que se construyen los pavimentos deben tener la calidad suficiente para resistir. Por lo mismo, las capas localizadas a mayor profundidad pueden ser de menor calidad, en relación con el nivel de esfuerzos que recibirán, aunque el pavimento también transmite los esfuerzos a las capas inferiores y los distribuye de manera conveniente, con el fin de que estas lo resistan.

Tipos de pavimentos.

Pavimentos flexibles.

Existen dos tipos principales de pavimentos: los flexibles y los rígidos. En los primeros, una carpeta asfáltica proporciona la superficie de rodamiento; las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores se distribuyen por medio de las características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales; y la carpeta asfáltica se pliega a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa. Las capas que forman un pavimento flexible son: carpeta asfáltica, base y sub-base, las cuales se construyen sobre la capa subrasante como se observa en la figura I.2.

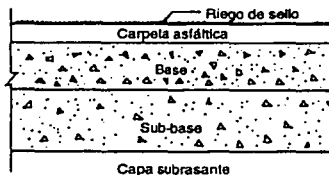


Figura I.2. Capas que forman en general un pavimento flexible.

Pavimentos rígidos.

La superficie de rodamiento de un pavimento rígido es proporcionada por losas de concreto hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes, que trabajan en conjunto con las que recibe directamente las cargas. Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores sin que se presente la falla estructural. Aunque en teoría las losas de concreto hidráulico pueden colocarse en forma directa sobre la subrasante, es necesario construir una capa de sub-base para evitar que los finos sean bombeados hacia la superficie de rodamiento al pasar los vehículos, lo cual puede provocar fallas de esquina o de orilla en la losa. La sección transversal de un pavimento rígido está constituida por la losa de concreto hidráulico y la sub-base, que se construyen sobre la capa subrasante, figura I.3.

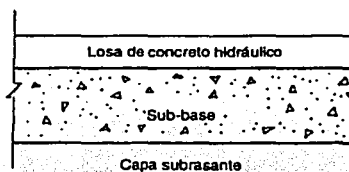


Figura I.3. Capas que forman un pavimento rígido.

I.B.2. Tipos de materiales que integran las carreteras.

En la estructuración de la sección transversal de una vía terrestre se utilizan materiales pétreos, térreos, asfálticos e industriales, los cuales se aprovechan cuando cumplen los requisitos marcados por las normas de calidad.

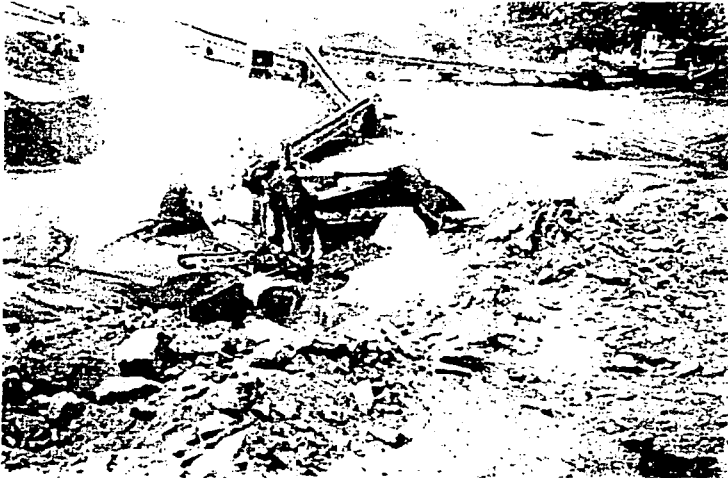


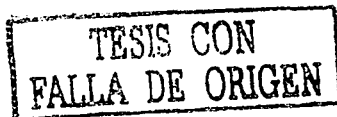
Figura I.4. Banco para la obtención de materiales.

Cuerpo de Terraplén.

Para construir el cuerpo del terraplén de una obra vial se utilizan materiales provenientes de los cortes o préstamos, conforme el tipo de terreno en que se construya. Cuando el terreno es plano, casi siempre se emplean materiales de préstamos. Si éstos se localizan dentro de una distancia máxima de 100 m desde el centro de línea, se denominan préstamos laterales y cuando la distancia es mayor se consideran préstamos de banco. Si el terreno es de lomerío, los terraplenes se construyen con materiales provenientes de los cortes para fijar los movimientos de terracerías; en este último caso se hace un estudio detallado de la curva-masa, para lo cual es fundamental proyectar la rasante económica. Por último, si el terreno es montañoso; por lo general, no se construyen terraplenes porque el exceso de cortes causa un volumen fuerte de desperdicio. No obstante, si se presentan algunos terraplenes, éstos se proyectan como en el caso de los lomeríos.

Capa subrasante.

Para construir la capa subrasante se utilizan comúnmente materiales de banco con las características adecuadas para cumplir las funciones que tendrán en la estructura vial. Si el material que se extrae de los cortes tiene estas características, puede emplearse en ellos y en los terraplenes contiguos para construir esta capa subrasante.



Capas de Pavimento.

Los materiales para construir las capas de pavimento provienen siempre de bancos de materiales suaves o duros, y rocas fisuradas o sanas, (figura I.4) pero que requieren, casi siempre, uno o más tratamientos (cribado, triturado, etc.).

Los materiales industriales como cemento Portland, cal, acero y asfalto se adquieren en las empresas estatales o particulares que los producen y deben cumplir los requisitos necesarios para el uso que tendrán.

I.B.3. Maquinaria utilizada en la fase de construcción.

Casi la totalidad de las obras de Ingeniería Civil, ya sea en el campo de las carreteras, aeropuertos, presas, etc., utilizan como materiales básicos los diferentes tipos de suelos encontrados en la naturaleza, empleándolos en forma de rocas, gravas, arenas, arcillas, etc., materiales que se agrupan bajo el nombre genérico de agregados. Algunas veces se tiene la suerte de encontrar materiales finos y gruesos casi en toda la superficie y en grandes cantidades; sin embargo, lo más común es que suceda todo lo contrario, y que encontrar materiales que cumplan con las especificaciones sea un verdadero problema, sin contar que, una vez localizados, todavía existe la preocupación adicional de la manipulación de los mismos. Así pues, es necesario estudiar los diferentes tipos de maquinarias para la producción, movimiento y compactación de los materiales.

Producción de materiales. Las trituradoras.

Las trituradoras se emplean para reducir las rocas a tamaños menores y uniformes. Esta reducción puede producirse por presión, por impacto, corte o mediante una combinación. Las trituradoras deben ser construidas sólidamente y las superficies de contacto con la piedra deben ser de planchas reemplazables de manganeso u otra aleación especial.

Carga de materiales. Palas, Grúas y Dragas de arrastre.

Estas máquinas sirven para ejecutar una serie de trabajos tan variados como numerosos en condiciones que cambian continuamente. Todas estas máquinas han sido ideadas para utilizar una variedad de accesorios de tal manera que puedan hacerle frente a las exigencias del movimiento y las diferentes condiciones del suelo.

Camiones para el transporte.

Para el transporte de los materiales se utilizan los camiones, para su óptimo rendimiento, las vías que conducen hasta la superficie de trabajo deben estar en muy buenas condiciones y tener doble vía de circulación para que puedan transitar con facilidad los vehículos en una y otra dirección, y para que los mismos se acerquen y alejen del sitio de carga o descarga del mejor modo.

I.B.4. Niveles de servicio y de seguridad.

El nivel de servicio es una medida cualitativa que describe las condiciones de circulación en que una corriente vehicular, caracterizada generalmente por ciertos parámetros tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad para maniobrar, interrupciones de la circulación, comodidad y seguridad.

Nivel de servicio A.

Representa una circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación al usuario es excelente.

Capas de Pavimento.

Los materiales para construir las capas de pavimento provienen siempre de bancos de materiales suaves o duros, y rocas fisuradas o sanas; (figura I.4) pero que requieren, casi siempre, uno o más tratamientos (cribado, triturado, etc.).

Los materiales industriales como cemento Portland, cal, acero y asfalto se adquieren en las empresas estatales o particulares que los producen y deben cumplir los requisitos necesarios para el uso que tendrán.

I.B.3. Maquinaria utilizada en la fase de construcción.

Casi la totalidad de las obras de Ingeniería Civil, ya sea en el campo de las carreteras, aeropuertos, presas, etc., utilizan como materiales básicos los diferentes tipos de suelos encontrados en la naturaleza, empleándolos en forma de rocas, gravas, arenas, arcillas, etc., materiales que se agrupan bajo el nombre genérico de agregados. Algunas veces se tiene la suerte de encontrar materiales finos y gruesos casi en toda la superficie y en grandes cantidades; sin embargo, lo más común es que suceda todo lo contrario, y que encontrar materiales que cumplan con las especificaciones sea un verdadero problema, sin contar que, una vez localizados, todavía existe la preocupación adicional de la manipulación de los mismos. Así pues, es necesario estudiar los diferentes tipos de maquinarias para la producción, movimiento y compactación de los materiales.

Producción de materiales. Las trituradoras.

Las trituradoras se emplean para reducir las rocas a tamaños menores y uniformes. Esta reducción puede producirse por presión, por impacto, corte o mediante una combinación. Las trituradoras deben ser construidas sólidamente y las superficies de contacto con la piedra deben ser de planchas reemplazables de manganeso u otra aleación especial.

Carga de materiales. Palas, Grúas y Dragas de arrastre.

Estas máquinas sirven para ejecutar una serie de trabajos tan variados como numerosos en condiciones que cambian continuamente. Todas estas máquinas han sido ideadas para utilizar una variedad de accesorios de tal manera que puedan hacerle frente a las exigencias del movimiento y las diferentes condiciones del suelo.

Camiones para el transporte.

Para el transporte de los materiales se utilizan los camiones, para su óptimo rendimiento, las vías que conducen hasta la superficie de trabajo deben estar en muy buenas condiciones y tener doble vía de circulación para que puedan transitar con facilidad los vehículos en una y otra dirección, y para que los mismos se acerquen y alejen del sitio de carga o descarga del mejor modo.

I.B.4. Niveles de servicio y de seguridad.

El nivel de servicio es una medida cualitativa que describe las condiciones de circulación en que una corriente vehicular, caracterizada generalmente por ciertos parámetros tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad para maniobrar, interrupciones de la circulación, comodidad y seguridad.

Nivel de servicio A.

Representa una circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación al usuario es excelente.

Nivel de servicio B.

Está dentro del rango del flujo estable, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra en relación con la del nivel de servicio A, ya que la presencia de otros comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.

Nivel de servicio C.

Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios.

Nivel de servicio D.

Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable.

Nivel de servicio E.

El funcionamiento está en él o cerca del límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme.

Nivel de servicio F.

Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables.

La capacidad es también una función de las condiciones imperantes de anchura de carriles y acotamiento, de la incidencia de vehículos comerciales, de la pendiente, de la visibilidad y de otros factores propios del tipo de carretera que se considere. Cierta tramo de vía puede contener lugares que ofrezcan condiciones diferentes y por tanto niveles de servicio y capacidades también distintos.

Seguridad.

Los accidentes son de vital importancia, ya que significa grandes bajas entre la población, por el resultado en muertos y heridos, además de la pérdida económica, por lo que se debe contar con la infraestructura del transporte cuyas características favorezcan la integridad física tanto de las personas como de los bienes y vehículos.

Para lograr la infraestructura requerida, se deben mejorar las condiciones de seguridad de los servicios de transporte, para la prevención de accidentes. Desarrollar una cultura de seguridad para operadores y usuarios del sistema del transporte. Reducir la incidencia de hechos ilícitos en las vías generales de comunicación, en coordinación con las instituciones competentes del Gobierno Federal y los Gobiernos Estatales y Municipales. Actualizar el marco regulatorio y las normas técnicas con el fin de que la infraestructura y los servicios de transporte brinden mayores niveles de seguridad.

CAPÍTULO II

II. ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL.

Cuando no se elimina, o por lo menos se minimiza el efecto adverso que producen los caminos en el medio ambiente, pueden llegar a agredirlo de dos maneras: directamente, al deteriorarlo en forma drástica y progresiva, e indirectamente, al degradarlo a través del tránsito de vehículos con todas sus consecuencias secundarias, afectando en ambos casos la calidad de la vida; a su vez, el medio puede reaccionar afectando a los caminos para dar lugar a cuantiosos gastos de conservación, que se acentuarían en los periodos críticos y en los lugares donde la agresión hubiera sido más intensa, dependiendo también de la ubicación, así como de las condiciones físicas, bióticas y humanas que prevalecen en el lugar.

El impacto que pueden producir los caminos en el medio ambiente depende directamente del tipo y de las características del propio camino, así como de los rasgos topográficos, geológicos y geomorfológicos, climatológicos e hidrográficos, bióticos y de uso actual del terreno, del medio donde están alojados, y de su zona de influencia.

II.A. Factores que intervienen en el deterioro del medio.

En primer lugar, las características del camino intervienen directamente en el impacto que éste puede llegar a producir en el medio ambiente; ya que del ancho del derecho de vía dependerá la magnitud del área afectada en forma directa, y de la altura de los terraplenes y de la profundidad de los cortes dependerá la extensión del área afectada en forma indirecta, además del efecto de la explotación de bancos de materiales, por la magnitud de las áreas que interesan directa o indirectamente.

A su vez, los rasgos topográficos del terreno condicionan el grado de deterioro ambiental que puede producir el camino, que en términos generales es susceptible de aumentar a medida que la conformación se vuelve más accidentada, debido a que crecen las áreas expuestas a la erosión en los cortes del terreno y se favorece el arrastre de los materiales.

Por otra parte, al estar los caminos alojados generalmente en un medio geomorfológico que se encuentra en proceso de evolución pueden modificar la geodinámica externa y crear un desequilibrio contra el que debe mantenerse una lucha difícil y costosa. Las características geológicas del terreno en donde se implantará el camino, son otro factor que puede llegar a contribuir al deterioro ambiental, ya que además de los materiales blandos o sueltos, como las arcillas, los limos y las arenas, otros materiales como las rocas muy alteradas, los conglomerados medianamente cementados, las areniscas blandas y los tepetates, son fácilmente erosionables en los taludes expuestos y propician los asentamientos y deslizamientos de masas de materiales que se depositan en el propio camino, con la siguiente interrupción del tránsito, o pueden deslizarse hacia abajo y afectar las áreas vecinas, y aún contaminar las aguas de las corrientes interceptadas, que conducirán los acarrees para sedimentarlos aguas abajo en los lugares menos propicios.

En cuanto a los factores climatológicos e hidrológicos, si no se consideran debidamente en el proyecto del camino, tienen también una influencia decisiva en la perturbación del medio ambiente en donde éste se aloja, tanto por lo que se refiere al efecto directo de los agentes erosivos (el viento y la lluvia) productores de los azolves que pueden sedimentarse en los sistemas de drenaje y obstruir el flujo del agua, y en las estructuras de cruce, que al reducir el área libre propician su flaqueo, como a la acción de las corrientes y al flujo de agua

en general que intercepta el camino, y puede dar lugar a inundaciones y a niveles freáticos elevados en el lado de aguas arriba, y al cambio de cursos, retención de escurrimientos y niveles freáticos abatidos de aguas abajo, con la consiguiente degradación de la vegetación, lo que favorecería el deslizamiento de tierras.

Asimismo, al eliminar la vegetación natural del derecho de vía del camino y de las zonas de bancos, pueden perturbarse en forma drástica los ecosistemas naturales de una superficie mayor que la afectada por el camino, extendiéndose el efecto a todo el sistema biótico. Este efecto negativo es generalmente más pronunciado en las zonas montañosas cubiertas de bosques y en las selvas tropicales húmedas, donde se acentúa también el deterioro del paisaje natural.

Finalmente, el impacto del camino en el medio ambiente puede variar en intensidad y características de acuerdo con el uso que se hace del terreno en el área que cubre el derecho de vía y las fajas laterales adyacentes, ya sea en el medio urbano, donde la contaminación atmosférica por gases y polvo, el ruido, las vibraciones y choques, la basura, la partición de propiedades, la interferencia de la comunicación, la degradación de la vegetación ornamental, las alteraciones climáticas, los efectos sobre la salud de la población y los conflictos sociales, pueden ser los principales factores de deterioro, o en el medio rural, donde la eliminación de áreas de cultivo, con la consiguiente reducción de la producción agropecuaria, la destrucción de la cubierta vegetal, la erosión, el fraccionamiento de las comunidades, las afectaciones a la tenencia de la tierra el deterioro de sitios de interés histórico y los bienes culturales, la perturbación del paisaje natural, los conflictos sociales y la contaminación atmosférica, serían los principales.

II.B. Impacto en el medio urbano.

El impacto de los caminos en el medio urbano puede presentarse en dos formas, la resultante del efecto directo de la propia obra y la que produce el tránsito de vehículos, sin perder de vista que son menos los casos en que el camino penetra al centro urbano para integrarse al sistema vial de éste, llegando a perturbar el medio ambiente creado por el hombre, que aquellos en que la concentración urbana se desarrolla a lo largo de un tramo de camino previamente construido, que ya puede estar afectando el ambiente natural.

II.B.1. Afectaciones de las propiedades.

En caso de no adoptarse medidas previas, cuando el camino penetra al centro urbano se crea un problema de cambio de uso del terreno con todas sus consecuencias. El derecho de vía debe alojarse en un corredor previamente aprovechado, afectando intereses de diversas clases que deben ser indemnizados, con la circunstancia de que generalmente no existen proyectos alternativos de significación para seleccionar la ruta óptima.

Para alojar el camino es preciso demoler construcciones parcial o totalmente y fraccionar propiedades, afectando en forma drástica tanto a la población asentada en el derecho de vía, que debe desplazarse hacia otras zonas de categoría inferior, que le son ajenas, o a la población que sufre la mutilación parcial de sus propiedades, que debe rehabilitar y acondicionar, como a la población radicada fuera de dicha zona federal, que permanece en el área y que también resiente el impacto del cambio de las características originales y del deterioro radical de la zona, con el consiguiente deterioro de la calidad de la vida. Cuando la construcción de caminos en el medio urbano requiere desplazar población social y económicamente débil o ancianos, la relocalización de sus viviendas origina serios problemas socioeconómicos. Las zonas residenciales ubicadas a lo largo de las nuevas rutas se van transformando paulatinamente en zonas industriales o comerciales y el tránsito urbano, generalmente no previsto, atraído por las instalaciones que inducen los caminos, produce frecuentes congestionamientos, así como un incremento en el número de accidentes, el aumento de los conflictos sociales y hasta cambios patológicos en la familia.

Surge en este caso un conflicto inevitable entre los intereses del usuario del camino, que disfruta de una vía rápida y directa, y la persona que reside cerca de la arteria, que resulta afectada radicalmente en sus condiciones de vida y que es testigo del deterioro progresivo del paisaje original.

Cuando el proceso de urbanización se desarrolla a lo largo de un camino ya existente, sin el apoyo de los estudios urbanísticos previos, la falta de control puede conducir a un crecimiento desordenado con todas sus consecuencias negativas.

Tabla II.1. Resumen de los posibles impactos ocasionados

Impactos posibles	Etapa		
	Planeación y diseño	Construcción	Operación
Expropiación		xx	
Relocalización de poblaciones		xx	
Fraccionamiento de propiedades		xx	xx
Cambio de uso del suelo	xx	xx	xx

II.B.2. Afectación en la integración de la comunidad.

Uno de los efectos negativos que pueden producir los caminos en el medio urbano es la interferencia de la comunicación, originada cuando la ruta fracciona un vecindario homogéneo, desarrollado armónicamente y que ha llegado a constituir una comunidad. Esta clase de particiones altera las características originales de la comunidad afectada, que perdería su unidad y se desorganizaría al tener que desarrollar sus funciones básicas en forma diferente. Así, el camino constituiría una barrera entre dos zonas, que perderían su unidad para ir adquiriendo características diferentes a través del tiempo, ya que cada una de las dos comunidades trataría de satisfacer sus necesidades sin cruzar la ruta. El comercio local también resultaría afectado en forma adversa por esta clase de particiones.

Tabla II.2. Resumen de los posibles impactos ocasionados

Impactos posibles	Etapa		
	Planeación y diseño	Construcción	Operación
Pérdida de la unidad y de su organización, ya que la partición de un vecindario homogéneo altera las características originales de la comunidad.		xx	xx
Afectación del comercio local		xx	xx

II.B.3. Contaminación atmosférica por gases y polvo.

No puede ignorarse la importante contribución que los vehículos automotores han hecho a la vida socioeconómica de las comunidades, al proporcionar a personas y mercancías un medio de desplazamiento rápido y autónomo, con el consiguiente aumento de las oportunidades de trabajo y más amplios períodos para actividades productivas y para esparcimiento; pero el precio que cobran es muy elevado, ya que contaminan el ambiente, afectan nuestros recursos esenciales, aumentan el número y la magnitud de los accidentes y al facilitar el desplazamiento, incrementan la separación entre el hogar y el sitio de trabajo, con los consecuentes problemas de saturación y congestión del tránsito.

Uno de los principales factores de contaminación ambiental en el medio urbano es sin duda la expulsión de gases por los escapes de los vehículos automotores, especialmente monóxido de carbono, plomo, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, compuestos de azufre, derivados del benceno y partículas. Contribuyen a la contaminación ambiental, el hule de las llantas y el asfalto de las calles, pulverizados por la abrasión que produce la fricción de las ruedas; así como las partículas de las cubiertas de los frenos.

En la tabla II.3. se muestran las emisiones promedio típicas en vehículos motorizados que funcionan a base de combustibles tipo gasolina o diesel; como se puede apreciar en esta tabla, las emisiones de los contaminantes principales, monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, son mayores en los motores a gasolina. La excepción principal es el nivel superior de emisiones en forma de partículas que emiten los motores diesel, aunque esto va en función de la carga sobre el motor. Los motores diesel también emiten

grandes cantidades de bióxido de azufre, pero hasta la fecha esa sustancia se ha considerado un componente menor de las emisiones de transporte.

Las emisiones de los automóviles contienen una cantidad y una variedad más grande de hidrocarburos en comparación con los que se encuentran en el combustible original, incluyendo aldehídos, ácidos orgánicos y benzopireno. Los aldehídos y los ácidos orgánicos son productos de oxidación debido a la combustión y en el caso de los aldehídos son en particular precursores activos del smog fotoquímico. El sospechoso carcinógeno benzopireno y la familia de hidrocarburos polinucleares que representa, son productos de pirosíntesis durante la combustión a partir de los constituyentes del combustible. En el diesel, los hidrocarburos polinucleares se asocian con las partículas y pueden ser mucho menores que las cifras que se presentan para el motor a gasolina si la distribución de encendido y el suministro de aire para las proporciones de combustible son correctas, y mucho más grandes que las cifras promedio que se indican si el motor no tiene el mantenimiento adecuado.

Tabla II.3. Emisiones gaseosas promedio típicas en escape de automóvil (las unidades que se indican son en gramos por kilómetro).

Año-Modelo del vehículo	Monóxido de Carbono (CO) (g/km)	Hidrocarburos (g/km)	Oxido de Nitrógeno (g/km)	Partículas (g/km)	Bióxido de Azufre SO ₂ (g/km)	Plomo (g/km)	Benzopireno (g/km)	
1986 y anteriores	Motor a gasolina	6 15 ^b	3 20 ^b	2 20 ^a	0 22 ^a	0 17 ^a	0 49 ^a	14X10 ^{a*}
	Motor a diesel	0 69 a 2 57 ^a	0 14 a 2 07 ^a	0 68 a 1 02 ^a	1 28 ^a	0 47 ^a	---	24X10 ^{a*b}
1987-1993	Motor a gasolina	4 56 ^b	2 56 ^b	1 51 ^b	---	---	---	---
	Motor a diesel	0 69 a 2 57 ^a	0 14 a 2 07 ^a	0 68 a 1 02 ^a	1 28 ^a	0 47 ^a	---	24X10 ^{a*b}
1994-1998	Motor a gasolina	3 04 ^b	1 28 ^b	1 51 ^b	---	---	---	---
	Motor a diesel	0 69 a 2 57 ^a	0 14 a 2 07 ^a	0 68 a 1 02 ^a	1 28 ^a	0 47 ^a	---	24X10 ^{a*b}
1999 y posterior	Motor a gasolina	2 11 ^c	0 25 ^c	0 62 ^c	---	---	---	---
	Motor a diesel	0 69 ^a	0 63 ^a	0 62 ^c	---	---	---	---

^a Contaminación del aire, Causas, efectos y soluciones, W. Strauss, S.J. Mainwaring, Ed. Trillas.

^b Norma Oficial Mexicana NOM-041-ECOL-1999, Publicada en el Diario Oficial de la Federación de fecha 6 de agosto de 1999.

^c Norma Oficial Mexicana NOM-042-ECOL-1999, Publicada en el Diario Oficial de la Federación de fecha 6 de Septiembre de 1999.

Nota: La tabla II.3 En el caso de motores a gasolina, se aplica únicamente para vehículos de pasajeros diseñados para el transporte de hasta 10 personas, excepto vehículos de uso múltiple o utilitario y remolque.

El ritmo y el volumen de las sustancias contaminantes que se lanzan a la atmósfera, como resultado de la concentración demográfica, del crecimiento industrial y del uso masivo de vehículos de motor, están determinando cambios nocivos para el hombre, no obstante la gran capacidad de autodepuración que tiene el aire, el cual, mediante la dilución y la dispersión del contaminante y su precipitación por la lluvia, evita mayores daños. Cada vez son más frecuentes en el medio urbano las enfermedades del sistema respiratorio y las del corazón, se extiende la irritación crónica de los ojos y aumentan en forma alarmante los enfisemas y el cáncer de los pulmones.

Por su parte los compuestos de azufre contribuyen al envejecimiento prematuro y al deterioro de una gran variedad de materiales, afectando particularmente a las construcciones de interés histórico y cultural, cuyas fachadas están sometidas a un proceso de intemperización aguda inducido por los agentes contaminantes. En la tabla II.4 se resumen algunos impactos en el hombre y en los materiales, estos últimos afectados por la lluvia ácida.

Tabla II.4. Resumen de los posibles impactos ocasionados

Impactos posibles	Etapa		
	Planeación y diseño	Construcción	Operación
Enfermedades del sistema respiratorio.		XX	XX
Enfermedades del corazón.		XX	XX
Enfisema pulmonar.		XX	XX
Cáncer de pulmón.		XX	XX
Lluvia ácida.		XX	XX

II.B.4. Degradación de la vegetación.

Los efectos de la contaminación ambiental se extienden también a los animales y degradan a los vegetales, especialmente a las plantas ornamentales, hasta llegar a destruir algunas especies que no logran adaptarse a las condiciones extremas que se registran en los lugares críticos de los centros urbanos. Los esfuerzos que se realizan para conservar en las áreas urbanas más densamente pobladas algunas especies arbóreas, que se desarrollaban tradicionalmente en esos lugares antes de sufrir el impacto de la contaminación atmosférica, generalmente no dan resultados satisfactorios y dichas especies se van degradando paulatinamente, además de sufrir un deterioro intensivo producido por plagas difíciles de controlar.

Tabla II.5. Resumen de los posibles impactos ocasionados

Impactos posibles	Etapa		
	Planeación y diseño	Construcción	Operación
Destrucción de especies vegetales		xx	xx
Deterioro de la vegetación		xx	xx

II.B.5. El ruido.

El ruido comúnmente definido como sonido no deseado, es un fenómeno ambiental al cual estamos expuestos desde antes de nacer y durante nuestra vida. El ruido puede ser considerado también como un contaminante ambiental, un producto de desperdicio generado por la realización de varias actividades antropogénicas. En la definición anterior, el ruido es cualquier sonido, el cual independientemente de su fuerza, puede producir un efecto psicológico o fisiológico no deseado en un individuo, y que probablemente puede interferir con los fines sociales de un individuo o de un grupo. Estos fines sociales incluyen todas nuestras actividades: comunicación, trabajo, descanso, recreación y sueño.

Como productos de desperdicio de nuestra forma de vida, producimos dos tipos generales de contaminantes. El público en general ha llegado a estar bien consciente del primer tipo, la masa de residuos asociada con la contaminación del aire o del agua, estos permanecen en el ambiente por periodos de tiempo extensos. Sin embargo, solo recientemente se ha dirigido la atención en el segundo tipo de contaminantes, los residuos de energía tales como el calor desperdiciado a partir de los procesos de manufactura, los cuales crean la contaminación térmica de nuestros ríos. La energía en forma de ondas de sonido constituye otro tipo de energía residual, pero afortunadamente ésta no permanece en el ambiente por periodos extensos de tiempo. La cantidad total de energía disipada como sonido en la tierra no es grande cuando se compara con otras fuentes de energía; siendo solo la extraordinaria sensibilidad del oído lo que permite que una cantidad tan relativamente pequeña de energía afecte adversamente a la especie humana y a otras especies biológicas.

Es bien sabido que un sonido de intensidad y duración suficiente puede inducir una pérdida de la audición temporal o permanente, la cual va de un impedimento ligero a casi una total sordera. En general, el patrón de exposición a cualquier fuente de sonido que produzca niveles lo suficientemente elevados puede resultar en una pérdida temporal de la audición. Si la exposición persiste durante un determinado periodo de tiempo, lo cual puede llevar a la pérdida permanente de la audición.

Efectos a corto plazo pero frecuentemente serios, incluyen interferencia con la comunicación oral y la percepción de otras señales de audición, alteración del sueño y la relajación, molestia, interferencia con la capacidad del individuo para llevar a cabo tareas complicadas, en general una disminución de la calidad de vida.

Comenzando con la expansión tecnológica de la revolución industrial y continuando con la aceleración posterior a la 2ª guerra mundial, el ruido ambiental en los EU y otras naciones industrializadas ha sido gradualmente incrementado. Mientras alguna vez niveles de sonido suficientes para inducir algún grado de pérdida de la audición fueron confinados a fábricas y situaciones ocupacionales, niveles de ruido que se

aproximan a tal intensidad y duración hoy en día son padecidos en las calles de la ciudad, en algunos casos en el hogar.

Hay razones válidas por las cuales, ha ido surgiendo lentamente un amplio reconocimiento del sonido como un contaminante significativo y un peligro potencial o mínimo como un detractor de la calidad de vida. En primer lugar, el ruido, al ser definido como un sonido no deseado es una experiencia subjetiva. Lo que es considerado por un oyente como ruido, puede ser considerado como deseable por otro.

Segundo, el ruido tiene un corto periodo de desaparición y por lo tanto no permanece en el ambiente por periodos extensos, como lo haría la contaminación del aire o del agua; con el tiempo el individuo promedio es incitado a actuar para abatir, controlar o al menos quejarse acerca de la contaminación ambiental por ruido, con lo que el ruido desaparecerá.

Tercero, los efectos fisiológicos y psicológicos del ruido en nosotros son frecuentemente sutiles e insidiosos apareciendo tan gradualmente que parece ser difícil asociar la causa con el efecto. De hecho, para aquellas personas cuya audición ha sido ya dañada por el ruido, probablemente esto no represente un problema para ellos.

Cuarto, un ciudadano típico esta orgulloso del progreso tecnológico de su nación y es generalmente feliz con las cosas que la tecnología le entrega, tal como una transportación rápida, implementos que ayuden en su labor y nuevos complementos recreacionales. Desafortunadamente, varios avances tecnológicos han sido asociados con un incremento en el ruido ambiental y grandes grupos de la población han tendido a aceptar el ruido adicional como parte del progreso. La comunidad de ingenieros y científicos ha acumulado un considerable conocimiento con respecto al ruido, sus efectos, su abatimiento y su control. En relación a ello, el ruido difiere de la mayoría de otros contaminantes ambientales. Generalmente, existe la tecnología para controlar la mayoría de ruido dentro y fuera de una habitación. De hecho, este es un punto en el cual el conocimiento de técnicas de control excede al conocimiento de los efectos físicos y biológicos provocados por el contaminante.

Tabla II.6. Resumen de los posibles impactos ocasionados

Impactos posibles	Etapa		
	Planeación y diseño	Construcción	Operación
Interferencia de la comunicación		xx	xx
Afectación del aprendizaje		xx	xx
Bajo desempeño en una actividad		xx	xx
Afectación del sistema nervioso		xx	xx
Perdida de la audición		xx	xx

II.B.6. Vibraciones y choques.

El tránsito vial transmite la vibración de los vehículos al pavimento, de donde pasa a las construcciones vecinas y a las personas, en función del tipo, la magnitud y la duración de la frecuencia, así como de las características del subsuelo. El tránsito normal induce vibraciones por el comportamiento de los motores, transmisiones y suspensiones de los vehículos, debido a las sobrecargas, la velocidad y los defectos de la superficie del camino. Es en los puentes, en particular, donde la frecuencia natural se transmite a través de los cimientos, a los edificios donde puede suscitar resonancias con riesgo de desperfectos o daños.

Por sus peculiaridades, los edificios históricos son especialmente susceptibles a estos efectos, que se acentúan en las fajas de terreno inmediato al camino.

Tabla II.7. Resumen de los posibles impactos ocasionados

Impactos posibles	Etapa		
	Planeación y diseño	Construcción	Operación
Afectación de construcciones		xx	xx

II.B.7. Residuos sólidos.

El incremento de los residuos sólidos que produce el tránsito de vehículos puede afectar directamente al camino y a las zonas urbanas adyacentes. Este material de desperdicio, que está relacionado en cierta forma con los niveles de vida y el poder adquisitivo local, consiste generalmente en papel, cartón, madera, trapo, latas, botellas y plásticos, que deben colectarse con mayor frecuencia.

Algunos productos de la tecnología moderna, como los plásticos y los materiales de larga y difícil descomposición llamados "no biodegradables", son causa de problemas especiales en el manejo de residuos. Otro tanto ocurre con los botes no retornables de cerveza y otras bebidas, que se arrojan en los caminos en cantidades sorprendentes y constituyen un serio problema de desechos.

Tabla II.8. Resumen de los posibles impactos ocasionados

Impactos posibles	Etapa		
	Planeación y diseño	Construcción	Operación
Afectación directa al camino		xx	xx
Afectación de las zonas urbanas adyacentes		xx	xx
Problemas en el manejo de los residuos		xx	xx

II.B.8. Deterioro del paisaje.

Por sus características y las limitaciones con que deben construirse, que impiden alojar la vía en el corredor óptimo desde todos los puntos de vista, los caminos del medio urbano pueden llegar a obstaculizar la visual y afectar el aspecto estético del conjunto, como resultado de la introducción de un elemento extraño que generalmente no se integra en forma armónica al paisaje. Esta perturbación se produce cuando el diseño es ajeno a los elementos estéticos del medio, tanto los naturales como los creados por el hombre, y se acentúa con el impacto que producen en forma aislada o combinada los diferentes factores de deterioro del paisaje que se han venido mencionando.

Pueden llegar a contribuir a la degradación del paisaje la propaganda comercial, los carteles y los innumerables rótulos y letreros comerciales que invaden ambos lados del derecho de vía.

Tabla II.9. Resumen de los posibles impactos ocasionados

Impactos posibles	Etapa		
	Planeación y diseño	Construcción	Operación
Obstaculización de la visual		xx	xx
Afectación del aspecto estético		xx	xx

II.B.9. Perturbaciones climáticas.

A medida que se expanden las áreas urbanas con la consiguiente multiplicación de la industria y el aumento de vehículos automotores, van ejerciendo una influencia creciente sobre su clima, que en ocasiones se extiende mucho más allá de los límites de la ciudad.

La contaminación del aire y las variadas características urbanas afectan en forma compleja al clima de las ciudades, que difiere substancialmente del que predomina en el medio rural inmediato. Por otra parte, cada ciudad tiene su propia química atmosférica y las diferencias urbanas que ocurren de un lugar a otro pueden causar variaciones climáticas de consideración.

El viento, que es el parámetro básico de los climas urbanos, resulta afectado por la rugosidad de la superficie de las ciudades. Los edificios altos reducen la velocidad de los vientos moderados o intensos y aumentan las turbulencias de los vientos ligeros. A su vez, diversos factores contribuyen a que la temperatura sea más elevada en las ciudades que en el medio circundante, especialmente los cambios en las características térmicas de la superficie, producidos por las construcciones y los pavimentos; los cambios en los patrones del

flujo del aire, debidos a la reducida difusión del calor; las menores tasas de evaporación y de pérdidas de calor; y el calor desarrollado por las actividades humanas, con todas sus implicaciones. Al ser más caliente el centro de las ciudades que sus alrededores, se forman las llamadas "islas de calor" (como se ilustra en la figura II.1), que tiene relación con el tamaño del centro urbano y dependen de la topografía del terreno. Por su parte, la precipitación en los centros urbanos es mayor que en el medio rural, debido a la presentación de contaminantes que actúan como núcleos de condensación, así como al incremento en las turbulencias del aire que producen los edificios y al flujo convectivo del aire debido a las temperaturas más elevadas.

Quando los contaminantes se retienen sobre una ciudad durante un periodo prolongado, ya sea como resultado de una inversión térmica o bien como consecuencia de la propia meteorología local de la ciudad, se puede desarrollar la condición conocida como "smog". Hay dos formas diferentes de smog: aquella típicamente asociada con Londres, la cual dio al fenómeno su nombre smoke plus fog (humo más bruma), y el tipo más reciente asociado con Los Angeles, el cual es totalmente diferente en origen y por lo general se distingue como smog fotoquímico.

La incidencia del smog clásico tipo Londres se ha asociado con condiciones de invierno, y se origina por la interacción entre partículas y bióxido de azufre en la atmósfera cuando la humedad es elevada, mientras que los tipos de smog fotoquímico más severos han estado asociados con las condiciones de verano y surgen de la interacción entre óxidos de nitrógeno e hidrocarburos en presencia de luz solar.

Otros factores climáticos, como la humedad atmosférica, la visibilidad y la radiación solar, también resultan afectados en los centros urbanos. La humedad relativa es menor en las ciudades que en las áreas rurales inmediatas, debido a que la evaporación es menor en aquéllas. La visibilidad en los centros urbanos se reduce notablemente debido al incremento de las concentraciones de contaminantes atmosféricos. En cuanto a la radiación, la cubierta de partículas que cubre a la mayoría de las grandes ciudades reduce la energía solar con relación a la que se observa en el medio rural.

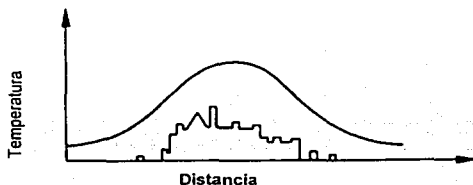


Figura II.1. Efecto de isla de calor donde se muestra la variación de temperatura sobre una ciudad.

Debe hacerse notar que la clasificación de las localidades en urbanas y rurales es arbitraria y sólo de grado y que en ocasiones resulta difícil definir los límites de las áreas que son claramente urbanas.

Tabla II.10. Resumen de los posibles impactos ocasionados

Impactos posibles	Etapa		
	Planeación y diseño	Construcción	Operación
Variación del clima		xx	xx
Cambio en las características térmicas de la superficie		xx	xx
Aumento de la precipitación debido al aumento de contaminantes		xx	xx

II.C. Impacto en el medio rural.

El impacto de los caminos en el medio ambiente rural puede traducirse en contaminación y deterioro de los recursos naturales renovables.

Por la interrelación que existe entre los factores de deterioro del medio y sus efectos, algunos fenómenos se mencionarán en cada uno de los apartados para dar mayor claridad al texto, y enfocando el efecto desde el punto de vista del factor respectivo.

II.C.1. Alteraciones geomorfológicas.

La construcción y conservación de caminos plantea importantes problemas geomorfológicos debido a que generalmente están alojados en un medio que se encuentra en proceso de evolución. Los problemas pueden acentuarse en los modernos caminos troncales, que se abren a través de grandes cortes en las laderas o de profundas trincheras en el relieve que se interpone y cruzan los valles sobre altos terrapienes, que podrían llegar a modificar la geodinámica externa para crear fuentes de desequilibrio, contra las cuales sería preciso mantener una lucha difícil, constante y costosa.

El carácter montañoso y accidentado del territorio mexicano contribuye a acentuar los efectos de las alteraciones geomorfológicas, dando lugar en ocasiones a daños crónicos, como asentamientos, deslizamientos y derrumbes, aludes de todo, que arrastran materiales gruesos en suspensión, y hundimientos de tramos de terracerías, que pueden afectar a diferentes zonas durante la temporada de lluvias y en particular cuando se presentan fenómenos ciclónicos.

Por otra parte, el emplazamiento y las características de algunos puentes pueden modificar las condiciones de escurrimiento en los cauces y cambiar su dinámica, para dar lugar a graves repercusiones que se iniciarían con la sedimentación en el área libre, hasta conducir a la destrucción o al flanqueo de la estructura. Conviene hacer notar que son raros los accidentes de este tipo que provienen de defectos internos, ya que en la mayor parte de los casos, los daños que llegan a experimentar las estructuras son el resultado de una mala ubicación.

Tabla II.11. Resumen de los posibles impactos ocasionados

Impactos posibles	Etapa		
	Planeación y diseño	Construcción	Operación
Asentamientos		xx	xx
Deslizamientos		xx	xx
Derrumbes		xx	xx
Hundimientos de tramos de terracerías		xx	xx

II.C.2. Fenómenos de erosión, arrastre y sedimentación de materiales.

La mayor parte de los suelos de México está sometida a un proceso más o menos intenso de erosión que tiene dos orígenes: el natural, provocado por el viento, la lluvia, las corrientes naturales y otros agentes erosivos, que intemperizan y desmoronan las rocas, originan asentamientos y deslizamientos y producen limos, arenas, gravas y aún grandes masas de roca; y el inducido, que se debe al mal uso del suelo y es el resultado, entre otros factores menos significativos, de la deforestación irracional de las laderas, ya sea para fines de explotación forestal fuera de control o de prácticas agrícolas nómadas, precedidas casi siempre, en este último caso, de incendios forestales; al cultivo de tierras en laderas con fuertes pendientes, sin trabajos previos de conservación; al sobrepastoreo, a las prácticas de riego deficientes y a la construcción de obras de infraestructura, sin proteger los taludes, los cortes, los encauzamientos y los bancos de materiales, especialmente cuando las obras se alojan en terreno accidentado, debido a que es en los cortes donde aumentan las áreas expuestas a la erosión.

El proceso de erosión es, en ambos casos, creciente y en ocasiones irreversible, con el consiguiente arrastre de materiales, que se van sedimentando en los cambios de pendiente y en las llanuras, azolvando causes,

vegas, lagos y vasos de almacenamiento, cegando las zonas estuarinas de los litorales, que tienen una gran potencialidad pesquera, y que forman barras en la desembocadura de los ríos.

En los caminos construidos en laderas con taludes muy pronunciados, pueden llegar a presentarse problemas de desprendimiento de materiales, especialmente cuando los cortes están excavados en roca empacada con arcilla o arena, debido a los cambios de humedad que sufren estos elementos, o cuando se cortan series de estratos que se comportan en forma distinta y favorecen los deslizamientos y la formación de cavernas, que a su vez pueden dar lugar al asentamiento y deslizamiento de los estratos superiores, arrastrando parte de la cubierta vegetal no perturbada.

Es durante la etapa de construcción cuando los caminos pueden causar los más graves daños al medio ambiente, ya sea dejando que los suelos descubiertos permanezcan expuestos a la erosión durante largos periodos; o buscando en forma empírica el talud de equilibrio natural del terreno y arrojando a fondo perdido los materiales producto de las excavaciones, que al deslizarse pueden arrasar vastas extensiones cubiertas de vegetación y propiciar derrumbes y degradación del paisaje; o aún más, si se arrojan los materiales de desperdicio en los cauces de las corrientes que se interceptan, pueden provocar problemas hidráulicos y de sedimentación de tierras bajas.

Otro importante factor para la producción de azolves en los caminos, pueden ser las zonas de préstamos de materiales, ya sean laterales o de banco, si se sobreexplotan tomando en cuenta solamente el punto de vista constructivo, dejando expuestas a la erosión extensas áreas.

A su vez, los arroyos que intercepta el camino y que no son encauzados debidamente después de cruzar el derecho de vía, pueden llegar a producir grandes volúmenes de acarreo al socavar el terreno en forma progresiva hacia aguas arriba, hasta poner en peligro las terracerías.

Los fenómenos de erosión adquieren importancia durante los periodos de lluvias y se acentúan hasta adquirir características graves al ocurrir perturbaciones atmosféricas, que se presentan acompañadas de fuertes lluvias e intensos vientos de gran poder destructivo. Es entonces cuando sobrevienen asentamientos y derrumbes de los taludes, aludes de lodo con materiales en suspensión y otros desprendimientos, que se precipitan sobre el camino y además de interrumpir la comunicación y originar gastos de conservación, llegan a convertirse en azolves.

Desde luego que el área afectada por estos fenómenos puede ser más amplia que la cubierta por el derecho de vía, y sus efectos pueden dejarse sentir a grandes distancias debido a los azolves que transportan las corrientes para sedimentarlos en lugares lejanos.

Debe insistirse en que la erosión, arrastre y sedimentación de los suelos es sin duda uno de los más graves y complejos problemas de México, tanto por la destrucción acelerada de este recurso básico, como por las costosas complicaciones que produce la sedimentación y los caminos que se construyen sin adoptar las medidas protectoras correspondientes pueden contribuir a intensificarlo, muy especialmente en las zonas montañosas y durante la etapa de construcción.

Tabla II.12. Resumen de los posibles impactos ocasionados

Impactos posibles	Etapa		
	Planeación y diseño	Construcción	Operación
Erosión		xx	xx
Degradación del paisaje		xx	xx
Problemas hidráulicos y de sedimentación de tierras bajas.		xx	xx

II.C.3. Perturbaciones de los ecosistemas.

Si no se adoptan las medidas previas del caso, los caminos en general pueden llegar a perturbar directa e indirectamente el equilibrio ecológico de una faja de terreno que se extiende mucho más allá del derecho de vía, incluyendo los ríos y arroyos, con una intensidad variable de acuerdo con las características del camino y las condiciones físicas, bióticas y socioeconómicas del medio en que se aloja.

Al eliminar la vegetación existente en el derecho de vía del camino y en las áreas destinadas a bancos de materiales, suelen fraccionarse los ecosistemas naturales, perdiendo su unidad, para deteriorarse progresivamente y desequilibrar también el funcionamiento de los ecosistemas vecinos al recibir la inmigración de las especies animales expulsadas, que pasan a ejercer presiones sobre las cadenas alimenticias, dando lugar a desajustes y a la degradación del medio.

En los ecosistemas forestales, al desaparecer la vegetación del derecho de vía se afecta la unidad del bosque y disminuye la resistencia de los árboles, que se vuelven más vulnerables a los vientos intensos y a las plagas, iniciándose un proceso gradual de destrucción de las fajas más cercanas al camino. Este proceso de deterioro tiene consecuencias muy graves en las selvas de las zonas tropicales húmedas, que están constituidas por varios estratos de vegetación, muy resistentes cuando conservan su unidad y fácilmente degradables cuando ésta se pierde. Estas selvas se caracterizan por su enorme riqueza y diversidad biológica y por comprender una gran variedad de ecosistemas que sufren una intensa degradación. Ningún tipo de comunidad reúne la riqueza y la variedad de especies animales y vegetales que tiene la selva tropical. En las áreas forestales de las zonas templadas, que tienen también una gran diversidad de ecosistemas, el camino afecta la unidad del bosque y modifica radicalmente el paisaje. Por otra parte, la existencia del camino puede facilitar la explotación selectiva y fuera de control de las áreas forestales, contribuyendo al deterioro de las comunidades bióticas de una amplia faja de terreno.

En cuanto a las tierras de pastoreo, las praderas y las sabanas tropicales, que comprenden una gran multiplicidad de ecosistemas y constituyen un vasto potencial para diversos fines, pueden llegar a plantear difíciles problemas de deterioro de los biomas, que han sido alterados por la construcción de los caminos que no se alojan en armonía con el medio ambiente.

En el caso de la dinámica de los sistemas ecológicos de las zonas árida y semiárida, los biomas desérticos y semidesérticos son muy vulnerables a los desequilibrios que pueden producir los caminos, hasta intensificarse para llegar a formar desiertos.

Por lo que se refiere a los ecosistemas de las áreas montañosas, que según se ha señalado son de importancia primordial para la biosfera en general, son muy sensibles a las perturbaciones producidas por las actividades humanas y los caminos pueden también llegar a afectarlos en forma substancial.

Por otra parte, los caminos interceptan el drenaje natural, que durante los períodos de construcción pueden sufrir cambios radicales si se desvían los cursos de algunas corrientes para reducir el número de estructuras, suspendiendo los escurrimientos por unos cauces para incrementarlos por otros, con la consiguiente alteración o destrucción de los ecosistemas respectivos. Asimismo, si se altera el flujo pueden ocurrir retenciones de escurrimientos e inundaciones, así como niveles freáticos elevados en el lado de aguas arriba y niveles freáticos abatidos en el lado de aguas abajo, que degradarían la vegetación con todas sus consecuencias secundarias.

También debe señalarse aquí la degradación que produce en los ecosistemas la contaminación ambiental resultante de los gases que expulsan los escapes de los vehículos automotores, que en algunos casos reviste efectos trascendentales.

Ya que los diversos agentes erosivos fragmentan y desmoronan las rocas, dan lugar a deslizamientos del terreno y producen acarreo que son conducidos hacia abajo para sedimentarse en las zonas planas. Este proceso, afecta fundamentalmente tanto a los ecosistemas de las partes altas que son atacadas, como a los de las partes bajas que reciben la sedimentación, originando cambios drásticos en su estructura.

Tabla II.13. Resumen de los posibles impactos ocasionados

Impactos posibles	Etapa		
	Planeación y diseño	Construcción	Operación
Fraccionamiento de los ecosistemas al perder su unidad.		xx	xx
Desequilibrio en el funcionamiento de los ecosistemas vecinos al recibir la inmigración de las especies animales expulsadas.		xx	xx
Afectación en la unidad del bosque y por lo tanto disminución de la resistencia de los arboles.		xx	xx
Modificación radical del paisaje.		xx	xx
Formación de desiertos por los desequilibrios ocasionados por los caminos.		xx	xx
Intercepción del drenaje natural.		xx	xx
Retención de escurrimientos.		xx	xx
Inundaciones.		xx	xx

II.C.4. Deterioro de los recursos naturales.

Los caminos pueden contribuir directamente a la destrucción o al deterioro de los recursos naturales renovables en dos formas: directamente, en la faja del derecho de vía, e indirectamente, en el medio circundante, que recibe el impacto de los efectos secundarios.

El efecto directo es el que se refiere al cambio de uso del terreno en la faja que comprende el derecho de vía, que reduce la superficie de suelos agrícolas y elimina las diferentes clases de cubierta vegetal o de aprovechamiento del suelo que se genera en esa área. A su vez, el indirecto se refiere al deterioro que pueden sufrir los recursos naturales en el medio circundante, como resultado de la construcción del camino.

Además del efecto directo de la pérdida de suelos que ocurre al construir el camino, los suelos del medio circundante pueden sufrir un gran deterioro como resultado de los fenómenos de erosión y arrastre que llegan a producirse en las áreas expuestas de los taludes, en los cortes, en los encauzamientos deficientes y en las zonas de préstamos y bancos, así como de la sedimentación que ocurre en las partes bajas, que pueden traducirse en deterioro de los suelos o pérdida de este recurso básico. Contribuye a la degradación de los suelos, la contaminación que produce la expulsión de gases de los escapes de los vehículos automotores.

Los caminos de penetración, que se construyen en las zonas tropicales húmedas como estímulo para el desarrollo de nuevas tierras, pueden favorecer la destrucción indiscriminada de los recursos naturales, incluyendo desde la explotación exhaustiva de la cubierta forestal, hasta el deterioro de los suelos debido a las prácticas agrícolas inadecuadas.

A su vez, los recursos hidráulicos de los ríos y arroyos que intercepta el camino pueden contaminarse con los azolves resultantes de la erosión que reciben las corrientes para transportarlos hacia aguas abajo. En ciertas regiones es muy importante también la contaminación del agua con los residuos de los gases que expulsan los automotores.

En cuanto a la flora, ya se han señalado antes los efectos destructivos que en ocasiones pueden producir los caminos, que por una parte requieren eliminar la vegetación del derecho de vía, reduciendo las existencias de diversas especies, y por otra parte, contribuyen a la degradación de la vegetación existente en el medio circundante y a la explotación selectiva, que puede conducir al deterioro progresivo de los recursos.

La fauna silvestre, por su parte, puede resultar directamente afectada por los caminos, tanto por la alteración del medio en que se desenvuelve y en el que hace su vida, como porque sufren una implacable persecución por parte de campesinos y cazadores furtivos. La fauna que logra sobrevivir se refugia en sitios transitoriamente inaccesibles, donde llega a presionar sobre los recursos creando desequilibrios peligrosos.

Este tipo de caza, excepcionalmente destructivo, ha conducido a la extinción de numerosas especies y otras muchas están en peligro de desaparecer.

Tabla II.14. Resumen de los posibles impactos ocasionados

Impactos posibles	Etapa		
	Planeación y diseño	Construcción	Operación
Cambio del uso del terreno en la faja que comprende el derecho de vía.		xx	xx
Reducción de la superficie de suelos agrícolas.		xx	xx
Eliminación de las diferentes clases de cubierta vegetal existentes en el derecho de vía.		xx	xx
Deterioro de los suelos del medio circundante como resultado de la erosión y arrastre que llegan a producirse en las áreas expuestas de los taludes, cortes, encauzamientos deficientes y en las zonas de préstamos y bancos.		xx	xx
Contaminación de los ríos y arroyos por azolves resultantes de la erosión.		xx	xx
Contaminación del agua por los residuos de los gases que expulsan los automotores.		xx	xx

II.C.5. Modificaciones substanciales al drenaje natural.

Los caminos se alojan en el terreno interceptando el sistema de drenaje natural, tomando las precauciones necesarias para minimizar los efectos del agua en el derecho de vía, aún en el caso de tormentas de gran intensidad, permitiendo el libre escurrimiento de este elemento.

Sin embargo, pueden presentarse casos en que el sistema de obras de protección de los caminos, constituido por contracunetas, cunetas, cauces artificiales, rectificaciones de cauces naturales y alcantarillas, no tenga las características ni la ubicación requeridas para eliminar con la eficiencia necesaria las aguas que llegan al derecho de vía, produciéndose modificaciones substanciales en los escurrimientos, que alteran el medio circundante y pueden llegar a afectar al propio camino.

Si no se dispone de suficientes estructuras de cruce ubicadas en los lugares adecuados, ya sea en planta o en elevación, se producen en el lado de aguas arriba represamientos, pantanos y niveles freáticos elevados, mientras que en el lado de aguas abajo se originan cambios de cursos y niveles freáticos abatidos, con perjuicio del medio circundante del camino, que se sufre en grave deterioro. Por otra parte, si los encauzamientos donde se concentran los escurrimientos de algunas corrientes, se abandonan al salir del derecho de vía del camino, el caudal incrementado forma torrentes y cañadas profundas que se ramifican con rapidez al encontrar un medio favorable, devastando las tierras vecinas y llegando en ocasiones a retroceder para poner en peligro al camino.

A su vez, el incremento del área impermeabilizada y los cambios que se producen en los taludes como resultado de la construcción del camino, acortan los períodos de concentración de las tormentas e incrementan los gastos de escurrimientos de las corrientes en relación con los correspondientes a las condiciones previas a la construcción. Así, el sistema de drenaje, que era adecuado para las condiciones originales de escurrimiento, resulta impropio después de terminado el camino, especialmente si se toma en cuenta también el efecto de la urbanización y del desarrollo general inducido por la obra en las tierras adyacentes.

Cuando las características de los materiales lo permiten, los caminos alojados en excavación pueden funcionar como drenes y abatir los niveles freáticos de una faja de terreno más o menos amplia, donde la vegetación natural o las explotaciones agrícolas podrían degradarse hasta llegar estas últimas a abandonarse por incosteabilidad.

Finalmente, la explotación de préstamos laterales es otro factor que puede alterar el drenaje natural del área del camino e incrementar la pérdida de humedad que favorece la degradación de la cubierta vegetal.

Tabla II.15. Resumen de los posibles impactos ocasionados

Impactos posibles	Etapa		
	Planeación y diseño	Construcción	Operación
Represamientos aguas arriba.		xx	xx
Pantanos aguas arriba.		xx	xx
Niveles freáticos elevados aguas arriba.		xx	xx
Cambios de cursos aguas abajo.		xx	xx
Niveles freáticos abatidos aguas abajo.		xx	xx
Acortamiento de los periodos de concentración de la lluvia e incremento de los gastos de escurrimiento de las corrientes, por el incremento del área impermeabilizada y los cambios en los taludes.		xx	xx
Abatimiento del nivel freático, ocasionado por los caminos alojados en excavación.		xx	xx

II.C.6. Reducción de la producción agrícola.

Es importante mencionar que en muchos casos los caminos reducen la producción agrícola directamente, al ocupar terrenos de cultivo con el derecho de vía, e indirectamente, al disminuir la productividad de las áreas circundantes a la vía, debido a la incidencia de los diferentes factores que se han descrito. Por otra parte, el efecto puede extenderse a los terrenos potencialmente agrícolas, que al quedar cruzados por un camino estarán afectados por los factores antes mencionados.

Es indudable que una parte del área ocupada por la actual infraestructura del transporte corresponde a terrenos agrícolas. Al extenderse el sistema en la forma prevista, deben tomarse las precauciones necesarias para que los caminos se alojen de acuerdo con la capacidad de uso del terreno.

Tabla II.16. Resumen de los posibles impactos ocasionados

Impactos posibles	Etapa		
	Planeación y diseño	Construcción	Operación
Disminución de la productividad agrícola de las áreas circundantes al derecho de vía.		xx	xx
Ocupación de terrenos de cultivo con el derecho de vía.		xx	xx

II.C.7. Afectaciones en la fauna silvestre.

Aunque la fauna silvestre de México ha venido siendo diezmada desde tiempo inmemorial, hasta llegar a exterminar algunas especies y poner en peligro de desaparición otras muchas, la construcción de caminos que permiten penetrar a lugares antes inaccesibles ha intensificado esta persecución. Al carecer de refugios, la fauna que sobrevive se remonta a los sitios inaccesibles, principalmente a las partes más abruptas de las sierras.

Ciertas especies en particular son perseguidas implacablemente por los campesinos radicados en su hábitat y por cazadores furtivos, sin respetar estaciones, sexo ni edades de las presas, lo que hace excepcionalmente destructivo este tipo de caza, que llega hasta el punto de exterminar la fauna local, con perjuicio directo del propio campesino. Por otra parte, la fauna silvestre constituye un elemento importante en la ecología regional, que se desequilibra al faltar alguna o la totalidad de las especies que la componían.

El motivo que tenga el campesino para matar un animal silvestre, ya sea alimentarse con su carne o dar algún uso a sus despojos, puede considerarse justificado, pero la forma como lo lleva a cabo es inaceptable y está conduciendo a la extinción de numerosas especies.

Sería injusto atribuir la totalidad del problema de destrucción de la fauna silvestre a los caminos, pero sí puede afirmarse que contribuyen a intensificarlo, al facilitar el acceso a lugares antes incomunicados.

Tabla II.17. Resumen de los posibles impactos ocasionados

Impactos posibles	Etapa		
	Planeación y diseño	Construcción	Operación
Alteraciones del hábitat natural de las especies.		xx	xx

II.C.8. Perturbación del paisaje.

La perturbación que los caminos pueden producir en el paisaje es de dos tipos; una que se debe a la implantación del camino en el medio, sin procurar incorporarlo al paisaje y rompiendo en ocasiones la armonía del conjunto, y otra que obedece a los numerosos elementos que van en detrimento del aspecto estético del camino y contribuyen a deteriorar el paisaje. Los más notables son: la eliminación que se hace de la vegetación existente en el derecho de vía, el corte más o menos amplio y profundo que en ocasiones se hace en el terreno natural para alojar el camino, las excavaciones laterales que se usan como bancos de préstamo, los bancos de materiales que se sobre explotan afectando grandes áreas que quedan expuestas, los montículos de terreno natural que algunas veces se conservan por considerar que no interfieren con el camino y que obstaculizan la visual, las obras de los sistemas de protección y drenaje que no reúnen las características y la ubicación requeridas, la erosión que puede producirse en los taludes y la degradación de la vegetación del medio circundante, que en ocasiones ocurre.

El paisaje del medio rural puede resultar también afectado en forma muy intensa por los carteles de propaganda comercial que se van extendiendo a partir de los centros urbanos y que amenazan con obstruir la visual.

El deterioro del paisaje limita la complacencia estética que proporciona el disfrute de la naturaleza en combinación con el transporte autónomo a lo largo del camino.

Tabla II.18. Resumen de los posibles impactos ocasionados

Impactos posibles	Etapa		
	Planeación y diseño	Construcción	Operación
Rompimiento de la armonía del conjunto.		xx	xx
Detrimento del aspecto estético del camino.		xx	xx

II.C.9. Deterioro de los sitios de interés histórico.

México cuenta con un grande y variado patrimonio histórico constituido por los restos materiales de las antiguas culturas que poblaron el país y que se encuentran diseminados por todo el territorio nacional, ya sea a lo largo de las rutas que siguieron las inmigraciones o en sus asentamientos. Estos antecedentes de gran valor histórico y cultural, descubiertos sólo en parte, están expuestos al deterioro originado por los elementos naturales y a la destrucción, demolición, alteraciones y saqueos que produce el hombre. Se advierten estos daños, por ejemplo, en las facciones de algunas figuras humanas que conservaron sus rasgos durante milenios y se vuelven borrosas en unos cuantos años de estar expuestas al rigor de los elementos y a la incultura popular.

Los caminos pueden contribuir a afectar directamente este patrimonio cultural al destruir algunos elementos que se encontraban cubiertos y ocultos en la vegetación, en la faja del derecho de vía, e indirectamente, al

facilitar el acceso a los sitios y propiciar el saqueo, además de acelerar el deterioro de los restos por los efectos de la contaminación producida por los gases que expulsan los vehículos y las vibraciones originadas por el paso de los mismos.

La interrelación de los diferentes factores de deterioro del medio que se han mencionado, estimula el efecto particular de cada componente y puede producir efectos negativos crecientes y difícilmente contrarrestables.

Tabla II.19. Resumen de los posibles impactos ocasionados

Impactos posibles	Etapa		
	Planeación y diseño	Construcción	Operación
Aceleración del deterioro de los restos por los efectos de la contaminación producida por los gases que expulsan los vehículos y las vibraciones originados por el paso de los mismos.		xx	xx
Deterioro del patrimonio histórico indirectamente al facilitar su acceso.		xx	xx

En la tabla II.20, se presenta un listado en el que se presentan, a manera de resumen, los impactos ocasionados por cada categoría que se presentó.

Tabla II.20. Listado general de los impactos por categoría.

Categoría	Impacto posible	Etapa		
		Planeación y diseño	Construcción	Operación
Afectaciones de las propiedades	Expropiación		xx	
	Relocalización de poblaciones		xx	
	Fraccionamiento de propiedades		xx	xx
	Cambio de uso del suelo	xx	xx	xx
Afectación en la integración de la comunidad	Pérdida de la unidad y de su organización, ya que la partición de un vecindario homogéneo altera las características originales de la comunidad.		xx	xx
	Afectación del comercio local		xx	xx
Contaminación atmosférica por gases y polvo	Enfermedades del sistema respiratorio.		xx	xx
	Enfermedades del corazón.		xx	xx
	Enfisema pulmonar.		xx	xx
	Cáncer de pulmón.		xx	xx
	Lluvia ácida.		xx	xx
Degradación de la vegetación	Destrucción de especies vegetales		xx	xx
	Deterioro de la vegetación		xx	xx

Categoría	Impacto posible	Etapa		
		Planeación y diseño	Construcción	Operación
El ruido	Interferencia de la comunicación		xx	xx
	Afectación del aprendizaje		xx	xx
	Bajo desempeño en una actividad		xx	xx
	Afectación del sistema nervioso		xx	xx
	Perdida de la audición		xx	xx
Vibraciones y choques	Afectación de construcciones		xx	xx
Residuos sólidos	Afectación directa al camino		xx	xx
	Afectación de las zonas urbanas adyacentes		xx	xx
	Problemas en el manejo de los residuos		xx	xx
Deterioro del paisaje	Obstaculización de la visual		xx	xx
	Afectación del aspecto estético		xx	xx
Perturbación es climáticas	Variación del clima		xx	xx
	Cambio en las características térmicas de la superficie		xx	xx
	Aumento de la precipitación debido al aumento de contaminantes		xx	xx
Alteraciones geomorfológicas	Asentamientos		xx	xx
	Deslizamientos		xx	xx
	Derrumbes		xx	xx
	Hundimientos de tramos de terracerías		xx	xx
Fenómenos de erosión, arrasre y sedimentación de materiales	Erosión		xx	xx
	Degradación del paisaje		xx	xx
	Problemas hidráulicos y de sedimentación de tierras bajas.		xx	xx
Perturbaciones de los ecosistemas	Fraccionamiento de los ecosistemas al perder su unidad.		xx	xx
	Desequilibrio en el funcionamiento de los ecosistemas vecinos al recibir la inmigración de las especies animales expulsadas.		xx	xx
	Afectación en la unidad del bosque y por lo tanto disminución de la resistencia de los árboles.		xx	xx
	Modificación radical del paisaje.		xx	xx
	Formación de desiertos por los desequilibrios ocasionados por los caminos.		xx	xx
	Intercepción del drenaje natural.		xx	xx
	Retención de escurrimientos.		xx	xx
Inundaciones.		xx	xx	

Categoría	Impacto posible	Etapa		
		Planeación y diseño	Construcción	Operación
Deterioro de los recursos naturales	Cambio del uso del terreno en la faja que comprende el derecho de vía.		xx	xx
	Reducción de la superficie de suelos agrícolas.		xx	xx
	Eliminación de las diferentes clases de cubierta vegetal existentes en el derecho de vía.		xx	xx
	Deterioro de los suelos del medio circundante como resultado de la erosión y arrastre que llegan a producirse en las áreas expuestas de los taludes, cortes, encauzamientos deficientes y en las zonas de préstamos y bancos.		xx	xx
	Contaminación de los ríos y arroyos por azolves resultantes de la erosión.		xx	xx
	Contaminación del agua por los residuos de los gases que expulsan los automotores.		xx	xx
Modificaciones substanciales al drenaje natural	Represamientos aguas arriba.		xx	xx
	Pantanos aguas arriba.		xx	xx
	Niveles freáticos elevados aguas arriba.		xx	xx
	Cambios de cursos aguas abajo.		xx	xx
	Niveles freáticos abatidos aguas abajo.		xx	xx
	Acortamiento de los periodos de concentración de la lluvia e incremento de los gastos de escurrimiento de las corrientes, por el incremento del área impermeabilizada y los cambios en los taludes.		xx	xx
Reducción de la producción agrícola	Abatimiento del nivel freático, ocasionado por los caminos alojados en excavación.		xx	xx
	Disminución de la productividad agrícola de las áreas circundantes al derecho de vía.		xx	xx
Alteraciones en la fauna silvestre	Ocupación de terrenos de cultivo con el derecho de vía.		xx	xx
	Alteraciones del hábitat natural de las especies.		xx	xx
Perturbación del paisaje	Rompimiento de la armonía del conjunto.		xx	xx
	Detrimento del aspecto estético del camino.		xx	xx
Deterioro de los sitios de interés histórico	Aceleración del deterioro de los restos por los efectos de la contaminación producida por los gases que expulsan los vehículos y las vibraciones originados por el paso de los mismos.		xx	xx
	Deterioro del patrimonio histórico indirectamente al facilitar su acceso.		xx	xx

CAPÍTULO III

III. MÉTODOS DE PREDICCIÓN, IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.**III.A. Integración del camino al medio.**

Debe hacerse hincapié en que no nos encontramos ante la disyuntiva de construir o no construir caminos, sino ante la realidad de construir en armonía con el camino.

No solamente es posible minimizar o neutralizar el impacto que producen los caminos, sino que en ocasiones, además de cumplir con sus funciones básicas, pueden contribuir directamente al mejoramiento general del medio circundante y a la conservación y aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables, en beneficio de la población local, y al desarrollo del potencial recreativo del área, en provecho de los usuarios.

Para conseguir que el camino se integre en forma armónica al medio y contribuya a mejorarlo y a desarrollarlo, es preciso que el provecho se base en un medio y contribuya a mejorarlo y a desarrollarlo, es preciso que el proyecto se base en un estudio interdisciplinario que cubra los múltiples aspectos del problema y sus interrelaciones, variables según el caso de que se trate, y permita identificar los impactos directos e indirectos de cada componente, complementado de una gama tan amplia como sea necesaria de alternativas de localización, así como de opciones de las características de los diferentes elementos básicos del propio camino y de la ubicación y la naturaleza de las zonas adyacentes que se integran al mismo. Un estudio de esta clase aporta elementos de juicio para adoptar la solución óptima de emplazamiento del camino y de las características de las obras básicas (cortes, terracerías, sistemas de drenaje, etc.), de ubicación y aprovechamiento posterior de las zonas de préstamos y bancos de materiales, de identificación de las actividades complementarias en el derecho de vía (conservación de los suelos y el agua, forestación y reforestación, siembra de pastos, etc.) y de localización de las zonas adyacentes que se integran al camino (parques nacionales, albergues para la fauna local y refugios para la fauna migratoria, zonas silvestres inafectadas lagos artificiales, áreas de protección de antecedentes históricos y culturales, explotaciones agropecuarias, áreas de recreo y albergues turísticos, etc.); todo esto basado en la racionalización del uso del terreno y en la conservación y mejoramiento del paisaje, tanto el interior, desde el camino, como el exterior, incluyendo al camino.

Debe advertirse que generalmente existe una amplia brecha entre los objetivos teóricos de esta clase de proyectos y la factibilidad práctica de realizarlos, en otras palabras entre lo ideal y lo imposible, cuya magnitud depende de múltiples factores, como la localización y el tipo de camino, así como de las condiciones físicas, bióticas y socioeconómicas del medio en que se alojará. Por otra parte, la identificación de los impactos que producen los caminos, permite en ocasiones solamente disponer de elementos para minimizar su efecto y en otras, cuando menos, conocer por adelantado sus consecuencias.

III.B. Investigaciones y estudios para alojar el camino.

Como complemento indispensable de los estudios de factibilidad técnica y socioeconómica que tradicionalmente se llevan a cabo para seleccionar la ruta y las características de los caminos, debe hacerse un estudio de factibilidad ambiental que permita identificar los impactos directos e indirectos que producirán estas obras de infraestructura en la faja afectada directamente y en el medio circundante, a fin de proponer medidas para contrarrestarlos o minimizarlos.

En esta forma, los estudios técnicos, socioeconómicos y ambientales del camino y de las zonas adyacentes deben comprender los aspectos físicos (topografía, geología, geomorfología, geotecnia, climatología, hidrología, etc.), bióticos (agrorología, ecología, cubierta vegetal, fauna silvestre, etc.) y socioeconómicos (población, ocupación, tenencia de la tierra, uso actual, potencial y propuesto del terreno, así como el valor del mismo, paisaje actual y potencial, etc.), dependiendo en cada caso particular de la importancia que se asigne a cada uno de estos factores y de la selección que se haga de los elementos que deben atenderse con mayor detalle.

A fin de que estos estudios tengan la consistencia requerida para tomar decisiones, deben ser realizados con la contribución de equipos interdisciplinarios de especialidades en cada una de las áreas de actividad antes mencionadas (ingeniero civil, geólogo, hidrólogo, agrónomo, ecólogo, biólogo, economista, sociólogo, arquitecto, etc.), dirigidos preferentemente por un ingeniero civil, por ser su especialidad la que predomina en el conjunto, que tenga conocimientos generales sobre las diferentes actividades que intervienen en cada caso particular. Estos esfuerzos interdisciplinarios deben basarse, invariablemente, en una preparación común a todas las carreras en el área de investigación del impacto que produce la acción humana en el medio ambiente.

Desde el punto de vista científico, la investigación interdisciplinaria ofrece múltiples oportunidades de control mutuo de los procedimientos para obtener la información básica, con posibilidades de utilizarla desde diferentes marcos de referencia profesionales. El procedimiento, además, atenúa el etnocentrismo tan frecuente entre los diferentes especialistas, haciendo caer en la cuenta de que ninguna de las áreas de especialidad, por sí sola, puede resolver todos los problemas y que es indispensable considerar un mecanismo que recoja los esfuerzos dispersos.

El enfoque interdisciplinario evita el desarrollo de compartimentos cerrados, que generalmente se ignoran unos a otros con inculcables pérdidas de esfuerzo, recursos humanos, tiempo y dinero, en detrimento del bien común y del progreso de la ciencia. Por otra parte, la interrelación que existe entre las diversas áreas de actividad que participan en el estudio, prácticamente impide tratarlas en forma aislada.

Los estudios se llevan a cabo con uso intensivo de la fotogrametría y la fotointerpretación, y deben cubrir una faja de terreno tan amplia como se requiera para abarcar el área de influencia de las diferentes rutas analizadas.

Además de los estudios topográficos, geológicos, hidrológicos y de geotecnia que se llevan a cabo tradicionalmente en los proyectos de caminos, debe realizarse el conjunto de estudios básicos adicionales, entre los que son especialmente importantes los siguientes:

III.B.1. Estudios geomorfológicos.

En los estudios geomorfológicos deben distinguirse las formas que se encuentran todavía en proceso de evolución, de las formas antiguas, prácticamente estables; a fin de que las rutas queden alojadas en estas últimas, sin perder de vista que la eliminación de un prisma más o menos grande de materiales puede ser una fuente de desequilibrio y desencadenar una evolución acelerada, aún en este medio. El estudio geomorfológico debe definir las características propias y la extensión de cada unidad, así como la naturaleza de las formaciones superficiales asociadas a ellas.

Estas características se descubren mediante una investigación geológica y geomorfológica detallada, realizada por medio de fotointerpretación y complementada con trabajos de campo.

Por otra parte, es difícil que un camino pueda ser alojado totalmente en un medio estable sin afectar su estabilidad. Según la ubicación geográfica y las condiciones físicas de la región, varía la longitud y la peligrosidad de los tramos de camino que deben construirse a través de un medio en evolución, susceptible de sufrir reacciones que ponen en movimiento enormes masas de materiales. En algunos casos el riesgo puede ser demasiado grande y llega a representar un papel decisivo en la elección de la ruta, como es el caso de los caminos alojados a lo largo de las laderas de las sierras, donde son frecuentes las zonas de desprendimientos crónicos que, además de originar interrupciones en el tránsito, demandan cuantiosos gastos de conservación.

Es semejante el caso de los caminos que se desarrollan en la zona de transición de laderas inestables en franco proceso de desintegración, con planicies que sufren el impacto de los acarrees y la consiguiente sedimentación de los materiales. Las condiciones topográficas y geológicas, favorecidas por los fenómenos meteorológicos, dan lugar a asentamientos, deslizamientos y aludes a lo largo de los flancos de las sierras, así como a acarrees y arrastres ocasionados por las corrientes, que se sedimentan en las llanuras azolvando los cauces y reduciendo las áreas libres de las estructuras para propiciar su flaqueo o destrucción al paso de las avenidas.

Un estudio geomorfológico completo, debe también aportar información sobre el drenaje natural de la zona donde se alojan las rutas consideradas, incluyendo hasta el micro-drenaje, y determinar el emplazamiento y las características de los sistemas de drenaje propuestos para el camino, en forma de que no interfieran con aquél, así como la ubicación de los puentes.

Debido a una localización deficiente, algunos tramos de camino pueden exponerse a daños constantes y a frecuentes trabajos de conservación. Así, siempre que se pueda, resultará muy ventajoso elegir la mejor ruta, no sólo desde el punto de vista topográfico y geológico, sino también geomorfológico.

III.B.2. Capacidad de uso del terreno.

Para analizar las diferentes alternativas de localización de un camino y conocer el efecto directo que producirá en el medio, es preciso realizar estudios detallados del uso actual y potencial del terreno donde se alojará, que permitan adoptar medidas para atenuar los impactos.

En los estudios e investigaciones de la capacidad de uso del terreno se toman en cuenta gran número de factores físicos, bióticos y humanos que se conjugan en cada porción del territorio para determinar los diferentes tipos y clases de aprovechamiento racional de este recurso básico.

Los estudios de la capacidad del uso del terreno comprenden investigaciones del uso actual y del uso potencial de este recurso, estos últimos basados en la investigación de las condiciones naturales, físicas y humanas que predominan en cada fracción del territorio, y que permiten establecer un sistema de clases de uso.

A partir de estos estudios es posible analizar la forma en que el uso propuesto del terreno por las necesidades del camino, coincide con la capacidad de uso y prever los efectos que resultarían en caso contrario.

III.B.3. Uso actual del terreno.

El uso actual se refiere al aprovechamiento presente del terreno, que no siempre coincide con su capacidad de uso. Los estudios del uso actual tienen el propósito de integrar los inventarios de recursos naturales y completar la información catastral, además de valorar los precios y sus mejoras.

Las principales clases de uso actual del terreno son, en el medio urbano: residencial, comercial, industrial, vial, gobierno, salud y recreo; y en el medio rural: cultivos anuales o perennes (de temporal, de humedad o de riego), praderas naturales o implantadas, pastizales y sabanas; áreas forestales de diversos tipos, chaparrales y matorrales; centros de población, zonas de vivienda, de servicios, de recreo o industriales, explotaciones mineras; derechos de vía o zonas de protección de obras de infraestructura (caminos, vías de ferrocarril, aeropuertos, presas, canales, plantas y líneas de transmisión de energía, teléfonos y telégrafos, oleoductos, acueductos, puertos y otros), antecedentes arqueológicos históricos y culturales; lagos, lagunas y depósitos de agua en general, etc.

Algunos terrenos, especialmente incapaces de producir bienes o servicios de valor, se clasifican como "terrenos baldíos", en tanto que otros, capaces de producirlos, pero que aún no se usan, se denominan "terrenos ociosos".

En las investigaciones del uso actual del terreno deben tomarse en cuenta también las áreas de suelos erosionados y la magnitud e importancia de la degradación.

En el área cubierta por las diferentes alternativas de ruta consideradas para estudiar un camino, debe realizarse una investigación detallada del uso actual del terreno, con todas sus implicaciones, que permitirá seleccionar la alternativa óptima desde este punto de vista, o sea la que minimice el impacto en el medio, y al mismo tiempo conocer las afectaciones que producirá el derecho de vía y el monto de las indemnizaciones respectivas.

Mediante técnicas de fotointerpretación es posible individualizar directamente en las fotografías aéreas las diversas clases de usos del terreno que antes se han mencionado. Varias ventajas se derivan del empleo de esas técnicas: a) generalmente existe un levantamiento fotográfico actualizado y a una escala conveniente del área en estudio; b) éste es el método más rápido para inventariar el uso del terreno y por consiguiente el más económico; c) los resultados son más objetivos que los obtenidos mediante apreciaciones individuales de campo; d) los resultados son de mejor calidad, si la fotointerpretación queda a cargo de personal capacitado; y e) la fotografía permite una más rápida y precisa investigación de las áreas de difícil acceso. Desde luego que este procedimiento no excluye los muestreos de campo y requiere la combinación de los procedimientos de fotointerpretación con los conocimientos generales y específicos de las diversas áreas de especialidad que intervienen en esta actividad.

Debido a la inadecuada distribución de la población en el territorio y la presión que ejerce sobre los recursos, han venido alterando drásticamente las condiciones originales establecidas por la naturaleza. La agricultura se expandió a costa de las praderas y los bosques, y la ganadería creció con perjuicio de las áreas forestales, dando lugar a los problemas de baja productividad resultantes del uso inapropiado del terreno. Por otra parte, la presión demográfica de los grandes centros urbanos los ha hecho crecer en detrimento de los terrenos de labor o laborales, de las praderas o de las áreas forestales, creando complejos problemas de tenencia de la tierra, de desocupación y de uso inadecuado del terreno.

III.B.4. Uso potencial del terreno.

Las investigaciones y estudios del uso potencial del terreno, por su parte, toman en cuenta los factores físicos, bióticos y humanos que se interrelacionan en cada fracción del territorio para determinar la clase de uso al que debe destinarse, a fin de aprovecharlo en forma racional y obtener el mayor rendimiento económico.

Los estudios del uso potencial del terreno son complementarios de las investigaciones del uso actual y además de permitir seleccionar la alternativa que produzca menor impacto en el medio, proporcionan la información requerida para ubicar las zonas de préstamos y de bancos de materiales y para planear su aprovechamiento posterior; para identificar las actividades complementarias en el derecho de vía (conservación de los suelos y el agua, forestación y reforestación, siembra de pastos, etc.) y para localizar las zonas adyacentes al camino (parques nacionales que se integran al camino, albergues para la fauna y refugios para la fauna migratoria, zonas silvestres inafectadas, lagos artificiales, áreas de protección de antecedentes históricos y culturales, explotaciones agropecuarias, áreas de recreo, albergues turísticos, etc.).

III.B.5. Tenencia de la tierra.

A fin de examinar el efecto directo que producirán en el sistema de tenencia de la tierra las diferentes alternativas de localización de un camino, para estar en aptitud de seleccionar la que permita minimizar su impacto, es indispensable llevar a cabo un levantamiento catastral detallado de una faja tan amplia como se requiera para abarcar el área de influencia de dichas rutas.

El estudio de la tenencia de la tierra, que está íntimamente relacionado con el correspondiente a la capacidad de uso del terreno, se inicia identificando y levantando los linderos principales, o sea los que delimitan las tres formas de tenencia existentes en nuestro país (la propiedad privada; el ejido, y la propiedad comunal) o los

terrenos nacionales, para levantar a continuación los linderos secundarios, que demarcan los predios individuales de propiedad privada y ejidales.

Una vez delimitado y levantado el terreno e identificado el sistema de tenencia de cada predio, se determina el área respectiva y se investiga el nombre del propietario o ejidatario. Los planos de conjunto así formados se relacionan con los correspondientes a los estudios de uso actual y uso potencial del terreno, tanto para definir la clase de aprovechamiento que se hace, como el que podría hacerse y en el caso de que estén dedicados a actividades agropecuarias o forestales, los rendimientos unitarios, los volúmenes de producción, el costo y el valor de la misma, para definir finalmente el valor intrínseco de la propiedad o el ejido.

El método más rápido, preciso y económico para obtener la información catastral es el de interpretación de fotografías aéreas, complementada con comprobaciones de campo, así como con los planos de tenencia de la tierra que puedan obtenerse en las fuentes especializadas y con entrevistas directas a los propietarios o ejidatarios.

Por lo que se refiere a las tierras de propiedad comunal, basta con delimitar la comunidad en conjunto, obtener en forma global los datos que antes se han mencionado e investigar el número de comuneros que se encuentran en posesión de la tierra. En cuanto a los terrenos nacionales, sólo es preciso delimitar el predio y obtener el área respectiva.

Las investigaciones de la tenencia de la tierra son complementarias de los estudios de capacidad de uso del terreno y permiten seleccionar la alternativa de ruta que produzca menor impacto en el medio, en términos de dividir las parcelas, reducir la producción, crear desocupación, incrementar las indemnizaciones humanas y aumentar los accidentes y conflictos sociales. Por otra parte, estas investigaciones son determinantes para conocer la factibilidad de llevar a la práctica el desarrollo de las zonas adyacentes al camino.

Es muy importante alojar los caminos en el medio tratando de reducir al mínimo su efecto negativo y aprovechar al máximo conveniente la mano de obra local, así como crear ocupaciones permanentes para los campesinos afectados, ya sea aprovechando las fajas de terreno que se extienden a lo largo del derecho de vía o en las zonas de desarrollo adyacentes.

III.B.6. Estudios ecológicos.

Al modificar el medio con obras de infraestructura se debe recurrir a una tecnología adecuada que permita lograr un mejor desarrollo económico, sin menoscabo de la calidad ambiental. El deterioro que ha venido sufriendo el medio, fue al principio de escasas proporciones debido a la magnitud y características de las obras y a su limitación geográfica, pero a medida que surgen nuevas técnicas y se perfeccionan las existentes, se usan equipos más grandes y eficientes y la infraestructura se extiende por todo el territorio cubriendo en particular las zonas húmedas tropicales, la afectación al medio es más intensa, cubren mayor superficie y modifican en forma drástica los ecosistemas antes poco alterados.

Al extenderse la infraestructura para el transporte en la forma prevista para cubrir todo el territorio nacional, comprendiendo zonas de las más variadas condiciones, se requerirá llevar a cabo importantes programas de investigación ecológica que permitan analizar la situación actual y pronosticar las consecuencias de las obras.

Los estudios sistemáticos y comparados del impacto ambiental deben abarcar una zona tan amplia como se requiera para contener las diferentes alternativas de ruta considerada y sus zonas de influencia, a fin de seleccionar la que produzca menor efecto negativo, y al realizar los trabajos de ingeniería de la ruta elegida, tratar de minimizar los factores de deterioro del medio.

Según el caso de que se trate y la fase en que se encuentre el proyecto, los estudios deben abarcar los siguientes puntos:

- a) Antes de emprender las obras, la distribución, el número, el estado de salud y la estructura socioeconómica de la población humana de la zona que resultará afectada por las diferentes alternativas de localización; las

características generales y la estructura del medio, y en particular, la composición de la flora, así como las características de los suelos.

- b) Durante la construcción de las obras, evaluar la adaptación de la población humana y las modificaciones de su hábitat.
- c) Después de terminadas las obras, evaluar las consecuencias que han tenido sobre el hombre y su hábitat.

De acuerdo con las variadas condiciones del territorio mexicano y del carácter diferente del medio donde queda alojado el camino, pueden requerirse en cada caso algunos de los siguientes estudios:

<i>Ecosistemas</i>	<i>Campo de acción</i>
III.B.6.a. Bosques tropicales y subtropicales	<ol style="list-style-type: none"> a) Consecuencias de la tala diferencial de especies forestales. b) Zonas donde alternan los periodos de humedad y sequía, exponiendo el suelo a la erosión y al agotamiento de la materia orgánica. c) Flujo de agua con sustancias minerales nutritivas desde los bosques de las zonas montañosas a las tierras bajas, y análisis de los cambios de ambos ecosistemas.
III.B.6.b. Bosques de zonas templadas	<ol style="list-style-type: none"> a) Efectos de especies exóticas de crecimiento rápido y diferentes métodos de ordenación de los ecosistemas forestales. b) Balance hidráulico de los bosques y de la función que desempeñan en la conservación del agua y en la regulación del caudal de las cuencas. c) Efectos de la contaminación del aire sobre la composición y el funcionamiento de los ecosistemas forestales. d) Efectos de las actividades de recreo y turismo. e) Efectos de los incendios en los ecosistemas forestales.
III.B.6.c. Sabanas y praderas.	
1. Zonas tropicales:	<ol style="list-style-type: none"> a) Efectos de la utilización del terreno sobre la transformación de los ecosistemas. b) Existencias de animales domésticos y salvajes, como especies particulares y como grupos naturales dentro de los ecosistemas, tanto para identificar los productos más eficaces de proteínas y reserva natural de genes; así como los factores que influyen en la integridad de los ecosistemas.
2. Zonas áridas:	<ol style="list-style-type: none"> a) Efectos del establecimiento de plantas forrajeras y herbáceas, mezclas de gramíneas y otras hierbas y arbustos, para fines diversos. b) Zonas de diversos usos del suelo, de los fenómenos de distribución del agua y aprovechamiento de los escurrimientos, en función de los rasgos topográficos y de las obras de ingeniería. c) Erosión eólica, que junto con el sobrepastoreo constituye uno de los principales factores de la desertificación.
3. Zonas templadas:	<ol style="list-style-type: none"> a) Cambios de los componentes y de los procesos de los ecosistemas debidos a las diferentes intensidades de pastoreo y a los métodos de explotación. b) Cambios que se producen en la reserva de fertilidad y sus efectos sobre la estructura del suelo y el balance hidráulico.
III.B.6.d. Corrientes, lagos, zonas estuarinas, etc.:	<ol style="list-style-type: none"> a) Relaciones entre las actividades humanas, el régimen de las corrientes, la sedimentación y los mecanismos que actúan en la variación estacional de los fenómenos físicos y químicos en las zonas estuarinas. b) Relación entre estos fenómenos y los mecanismos de la producción biológica en las zonas estuarinas.
III.B.6.e. Zonas montañosas:	<ol style="list-style-type: none"> a) Pérdidas y ganancias de las zonas montañosas en relación con los problemas de erosión e inestabilidad. b) Reacción de los ecosistemas a las perturbaciones provocadas por el hombre, tanto por lo que se refiere a los métodos tradicionales de uso del suelo, como a los efectos de las actividades relacionadas con el recreo y la explotación de otros recursos.
III.B.6.f. Conservación de las regiones naturales y de su material genético:	<ol style="list-style-type: none"> a) Ecosistemas poco afectados por el hombre y establecimiento de una protección y una ordenación adecuadas para estas zonas.
III.B.6.g. Conservación de la flora y fauna:	<ol style="list-style-type: none"> a) Bancos de genes existentes. b) Medidas especiales de protección y ordenación para garantizar la perpetuación en la naturaleza de las especies y variedades salvajes y domésticas. c) Medidas a corto plazo para proteger las especies y las variedades que se encuentran en peligro o para salvar y conservar las que están gravemente amenazadas por las actividades humanas.

Existe además un intenso campo de acción para estudiar las condiciones ecológicas y las medidas que deben adoptarse a fin de reducir el deterioro de los ecosistemas, que varían prácticamente en cada caso particular.

III.C. Métodos de evaluación del impacto ambiental.

Además de incorporar a las normas tradicionales de diseño e implementación de los caminos una serie de parámetros ecológicos, económicos y sociales que antes se ignoraban, los estudios interdisciplinarios antes mencionados aportan suficiente información para evaluar el impacto de estas obras en el medio ambiente.

Entre las diversas metodologías de evaluación del impacto ambiental desarrolladas en los últimos años, se distinguen las siguientes 5 que se aplican de acuerdo con la información disponible y las necesidades de cada caso: 1) gráfico, 2) mapas digitales, 3) modelos de uso del terreno, 4) matricial y 5) modelos.

Debe aclararse que cualquiera de estas metodologías solamente ayuda a tomar decisiones planteando, jerarquizando y estructurando las opciones disponibles y las consecuencias de cada acción, y que la solución depende en gran medida de la sensibilidad, la intuición y el criterio de los evaluadores.

III.C.1. Método gráfico.

Uno de los métodos usuales es el gráfico, que permite introducir nuevos elementos en el proceso de selección de la ruta, como son: la conservación de los recursos naturales, la preservación del paisaje, la protección de las diversas clases de uso del suelo, la cohesión de las comunidades, la prevención contra diversas formas de contaminación, etc.

El método es simple, directo, totalmente gráfico y requiere solamente análisis visual. Se basa en el manejo de la información que aparece en el cuadro siguiente, distribuida en dos columnas; en la izquierda se consignan las diversas clases de beneficio y ahorros derivados del proyecto, tanto monetarios como no monetarios, mientras que en la derecha, coincidiendo con cada una de dichas clases, se encuentran los costos, que complementan la estructura de la relación beneficio-costo.

Beneficios y ahorros	Costos
<i>Beneficios monetarios</i>	<i>Costos monetarios</i>
Acortamiento de la distancia	Investigaciones y estudios
Reducción de los consumos de:	
Gasolina	Diseño
Lubricantes	Indemnizaciones
Llantas	Construcción
Reducción de la depreciación del vehículo	Financiamiento
Incremento del volumen de tránsito	Operación y conservación
Incremento del valor de la tierra y las edificaciones:	Reducción del valor de la tierra y las edificaciones:
Residencial	Residencial
Comercial	Comercial
Recreativo	Recreativo
Institucional	Institucional
Agropecuario	Agropecuario
<i>Beneficios no monetarios</i>	<i>Costos no monetarios</i>
Aumento de:	Reducción de:
Facilidades	Facilidades a las tierras adyacentes
Seguridad	Seguridad a la población adyacente
Satisfacciones	Satisfacciones a la población adyacente
	Peligros contra la salud y la contaminación por gases tóxicos, polvo, ruido, deslumbramientos y basura

Beneficios y ahorros	Costos
Ahorros monetarios	Costos monetarios
Topografía favorable	Topografía desfavorable
Geología favorable	Geología desfavorable
Condiciones de drenaje natural favorables	Condiciones de drenaje natural desfavorables
Disponibilidad de materiales de construcción	Falta de materiales de construcción
Se requiere un mínimo de puentes, alcantarillas y otras estructuras	Se requiere un gran número de puentes, alcantarillas y otras estructuras
Ahorros no monetarios	Costos no monetarios
Se conservan:	Se deterioran:
La cohesión de la comunidad	La cohesión de la comunidad
Los valores institucionales	Los valores institucionales
La calidad residencial	La calidad residencial
La calidad del paisaje	La calidad del paisaje
Los sitios de interés histórico	Los sitios de interés histórico
Los sitios de recreo	Los sitios de recreo
Los sistemas de riego con aguas superficiales	Los sistemas de riego con aguas superficiales
Los sistemas de riego con aguas subterráneas	Los sistemas de riego con aguas subterráneas
Las áreas forestales	Las áreas forestales
La fauna silvestre	La fauna silvestre

Cada variable afectada por la construcción del camino, como la adhesión de la comunidad o la calidad del paisaje, y cada variable que afecta la construcción del camino, como la topografía desfavorable o la falta de materiales de construcción, se representa por separado en un mapa básico, dibujado en color gris y con el tono más oscuro, las áreas donde se registran los valores más altos o los costos más elevados, reduciendo progresivamente el tono, conforme los valores o los costos decrecen, hasta llegar al color blanco en las áreas donde los valores son mínimos o se incurre en los menores costos. La graduación y los sistemas de medida cambian de una variable a otra, a juicio del evaluador. Desde luego que el sistema de medida de cada variable debe determinarse con toda claridad para que sea significativa para otras personas que consulten los mapas.

En general, el análisis debe realizarse considerando sólo tres categorías: alta, intermedia y baja. Por ejemplo, en el mapa de áreas dependientes del terreno, las categorías pueden ser: 1) mayores de 10 por ciento, 2) entre 10 y 2.5 por ciento y 3) menores de 2.5 por ciento. En el caso del drenaje natural, las categorías de las áreas pueden ser: 1) ríos, arroyos, lagos, lagunas, charcos, etc., 2) cauces y zonas de drenaje natural, y 3) libre de aguas superficiales y rasgos pronunciados de drenaje.

En cuanto al mapa de valores catastrales de la tierra en zonas residenciales, podrían representarse las áreas con precios. A su vez, en el mapa de calidad del paisaje podrían mostrarse las zonas: 1) elementos escénicos, 2) gran valor escénico, y 3) urbanización con reducido escénico.

Después de preparados, los mapas se pasan a un material transparente para superponerlos formando un mapa compuesto que tiene áreas sombreadas en diferentes tonos, dependiendo de los tonos de todos los componentes, correspondiendo las áreas con tonos más claros a las de menor costo social.

En este mapa compuesto permite analizar las diferentes alternativas de ruta previamente consideradas o generar una nueva ruta a través de las áreas más claras del mapa.

Las ventajas del método radican en su simplicidad innata, que facilita el análisis preliminar del problema y permite comparar alternativas en forma cualitativa y aproximada.

III.C.2 Método de mapas digitales.

Este método, que también es de aplicación corriente en problemas de evaluación ambiental, no es más que una versión del método gráfico, destinada a superar algunas de las limitaciones de éste por medio del cómputo.

Los mapas digitales permiten introducir en el estudio de los problemas ambientales una gran variedad de técnicas de computación auxiliares que amplían su valor básico. Las técnicas de simulación, la implementación de modelos, el análisis estadístico y los sistemas de información, se convierten en poderosos instrumentos de diseño y planeación cuando se acoplan con las técnicas de mapas digitales.

III.C.3. Método de modelos de uso del terreno.

Una de las respuestas a las limitaciones que presentan las técnicas de investigación del impacto ambiental por medio de mapas, es el avance que se ha logrado aplicando el método de modelos de uso del terreno.

En los modelos de evaluación de uso del terreno se investigan y estructuran las interacciones entre los propios usos del terreno, los aspectos bióticos, las actividades económicas, la infraestructura existente, las políticas de desarrollo y los proyectos, para tratar de reproducir las condiciones reales. En un modelo correctamente implementado pueden hacerse simulaciones para probar los cambios que ocurren en el sistema y detectar los impactos que producirán las alternativas en estudio. Si se introduce en el modelo el factor tiempo, es posible observar la dinámica de los cambios.

Un modelo de este tipo se convierte en un laboratorio para la investigación de proyectos alternativos de infraestructura y sus correspondientes impactos en el medio ambiente.

III.C.4. Método matricial.

Este método se aplica comúnmente para identificar los impactos que producirán el camino y sus obras complementarias en el medio ambiente y para evaluar su intensidad, a fin de seleccionar la alternativa más adecuada en cada caso. Se distinguen en general tres funciones que están asociadas con las actividades que se indican en cada caso.

Identificación:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Descripción del sistema ambiental existente. 2. Definición de los componentes del proyecto. 3. Determinación del ambiente modificado por el proyecto, incluyendo todos sus componentes.
Predicción:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de los impactos ambientales que pueden ser significativos. 2. Predicción de la magnitud y/o las dimensiones espaciales de los impactos ambientales identificados. 3. Estimación de las probabilidades de ocurrencia del impacto en un periodo de tiempo.
Evaluación:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinación de la incidencia de costos y beneficios ecológicos. 2. Especificaciones y comparación de los costos y los efectos entre varias alternativas.

III.C.4.a. Método de identificación.

El procedimiento más simple para identificar los impactos directos o indirectos de los caminos en el medio ambiente es el de las listas de confrontación, que tienen tres formas básicas:

- 1) Listas de factores de deterioro del medio, que sirven de base para recopilar la información del proyecto;
- 2) Listas de obras básicas y actividades complementarias en el derecho de vía y en las zonas adyacentes de desarrollo, que puedan producir un efecto significativo en el medio;
- 3) Listas de factores que definen el alcance de las interacciones ambientales y de las interrelaciones que deben tomarse en consideración.

Las listas de confrontación sirven como recordatorio para repasar y seleccionar los factores más significativos que deben tomarse en cuenta en cada caso particular y resultan muy convenientes por su flexibilidad para

representar en forma ordenada, en un simple sumario, una amplia gama de factores ambientales acomodados en orden.

A continuación se incluyen las listas de 50 factores de deterioro del medio, distribuidos a razón de 9 bióticos, 21 físicos, 11 humanos y 9 estéticos, que pueden intervenir en el estudio de los caminos y su medio circundante y que en ocasiones son irrelevantes.

III.C.4.a.1) Factores bióticos.

1. Perturbación de los ecosistemas naturales.
2. Eliminación de la cubierta vegetal en el derecho de vía.
3. Afectación de especies vegetales raras.
4. Degradación de la vegetación en el medio circundante.
5. Modificación del hábitat.
6. Exterminio de la fauna silvestre.
7. Reducción de las áreas de cultivo.
8. Afectación de las especies acuáticas.
9. Desarrollo de vegetación parásita.

III.C.4.a.2) Factores físicos.

1. Erosión.
2. Arrastre.
3. Sedimentación.
4. Excavaciones y terraplenes.
5. Excavación de bancos de materiales y zonas de préstamo.
6. Emplazamiento deficiente de obras.
7. Fallas geológicas activas.
8. Alteración del drenaje natural.
9. Modificación del flujo de las aguas superficiales.
10. Modificación del flujo subterráneo.
11. Ascenso de los niveles freáticos.
12. Descenso de los niveles freáticos.
13. Uso equivocado del terreno.
14. Contaminación del aire con gases y polvo.
15. Contaminación de las corrientes con acarreos, gases y polvo.
16. Contaminación del suelo con gases.
17. Deterioro general de los recursos naturales.
18. Aumento de áreas pavimentadas.
19. Expansión indeseable de áreas pavimentadas.
20. Vibraciones y choques.
21. Modificaciones climáticas.

III.C.4.a.3) Factores humanos.

1. Modificación del hábitat.
2. Interferencia de la comunicación.
3. Expropiaciones.
4. División de parcelas.
5. Fraccionamiento de las comunidades.
6. Afectación de las construcciones.
7. Cambio de ocupaciones.
8. Movimientos indeseables de población.
9. Conflictos sociales.
10. Accidentes.
11. Trastornos fisiológicos y psíquicos de la población.

III.C.4.a.4) Factores estéticos.

1. Perturbación del paisaje natural.
2. Obstrucción de la visual.
3. Deterioro de los sitios de interés histórico o cultural.
4. Olores desagradables.
5. Erección de construcciones ajenas al medio.
6. Basura.
7. Ruido.
8. Propaganda comercial y anuncios.
9. Deterioro de la vegetación ornamental.

Enseguida se presentan las listas de 25 obras básicas y actividades complementarias en el derecho de vía y en las zonas adyacentes que se integran al camino, que pueden producir impactos directos o indirectos, mas o menos intensos en el medio ambiente.

III.C.4.a.5) Obras básicas.

1. Cortes.
2. Terracerías.
3. Pavimentos.
4. Sistemas de drenaje.
5. Encauzamientos.
6. Puentes.
7. Zonas de préstamo y bancos de materiales.

III.C.4.a.6) Actividades complementarias.

1. Conservación de los suelos y el agua.
2. Estabilidad de taludes.
3. Banquetas o bermas.
4. Muros de retención de tierras.
5. Revestimientos.
6. Forestación o reforestación.
7. Siembra de pastos.

III.C.4.a.7) Zonas adyacentes de desarrollo.

1. Parques nacionales.
2. Albergues para la fauna local y refugios para la fauna migratoria.
3. Lagos artificiales.
4. Areas de habitación.
5. Zonas de antecedentes históricos y culturales.
6. Explotaciones agropecuarias.
7. Areas de recreo.
8. Albergues turísticos.
9. Explotaciones forestales.
10. Zonas industriales.
11. Explotaciones de materiales.

Debe aclararse que estas listas, especialmente la de factores de deterioro del medio, pueden incrementarse casi indefinidamente, de acuerdo con las necesidades particulares de un caso, o reducirse, eliminando los elementos que no intervienen en un proyecto.

III.C.4.a.8) Uso de matrices.

Las listas de factores de deterioro del medio, en combinación con las listas de obras básicas y actividades complementarias en el derecho de vía y en las zonas adyacentes, se manejan por medio de matrices, que en realidad son listas de confrontación de dos dimensiones y constituyen el primer paso para definir en forma sistemática las interrelaciones entre ambos elementos.

Una matriz generalizada se forma listando horizontalmente (columnas) el mayor número de factores de deterioro del medio y verticalmente (hileras) las acciones que producen el impacto ambiental, o sea que cada celda de la cuadrícula resultante es la intersección de una acción (por ejemplo: cortes) y un factor que esa acción podría afectar (por ejemplo: erosión).

Las interrelaciones entre ambos elementos, que pueden no ser obvias en los procesos iniciales de valuación del camino o del medio ambiente en que éste se alojará, comprenden relaciones de causa-efecto (cortes-erosión, sistemas de drenaje-modificación del hábitat, zonas de préstamo-perturbación del paisaje natural, etc.) o relaciones entre los factores de deterioro del medio (modificación del flujo de agua-degradación de la vegetación en el medio circundante, erosión-sedimentación, movimientos indeseables de población-erección de construcciones ajenas al medio, etc.), o bien, relaciones entre los componentes del proyecto (terraceras-zonas de préstamo, sistemas de drenaje-encauzamientos, cortes-conservación de suelos, etc.).

El uso de matrices permite identificar el rango probable de los resultados de cualquier acción específica y hacer pronósticos con un mejor conocimiento del medio, aún si ninguna acción se lleva a cabo.

Para determinar la importancia relativa de cada uno de los impactos ambientales, se usa un método de comparación, asignándole valores con una graduación de 1 a 10 en términos de magnitud (escala de efecto ambiental) e importancia (estimada a juicio del evaluador). Aunque este procedimiento presenta problemas de medida y las estimaciones tienen cierto carácter subjetivo, permite por lo menos identificar los factores de deterioro más significativos, que corresponden a los valores más altos en la escala.

Considerando que el uso de matrices simples de dos dimensiones ofrece algunos inconvenientes, especialmente que el formato no permite representar las interacciones sinérgicas que ocurren en el medio ambiente, ni tomar en cuenta los efectos indirectos o secundarios que se presentan con frecuencia en los proyectos de caminos, se puede introducir una modificación consistente en usar matrices escalonadas, que resuelven por lo menos el problema de mostrar las diferentes clases de información, combinando varios elementos en un solo formato, por ejemplo: uso de recursos (camino), acción generada (corte), cambios inicial y subsiguientes en las condiciones del medio (erosión, incremento de la carga de sólidos en las corrientes) y efectos (reducción de la fauna acuática).

III.C.4.b. Métodos de predicción.

La función de la predicción define la intensidad de los impactos en el medio ambiente, resultantes de la gama de alternativas que se considere en el estudio (de localización, de opciones de las características de las obras, etc.), facilita el análisis de los proyectos alternativos en términos de la magnitud y la localización de los lugares donde pueden ocurrir los impactos.

Considerando que para predecir la intensidad de los impactos de la infraestructura en el medio se requiere recurrir inicialmente a la experiencia, al criterio profesional o al razonamiento intuitivo, complementados con la información adicional que se logre obtener sobre la materia, que en la actualidad es escasa.

La aplicación de las relaciones estructurales, especialmente de causa-efecto, que se establecen entre los factores ambientales suponiendo la existencia de situaciones análogas, debe basarse invariablemente en una similitud de condiciones, con la circunstancia de que, complementada con suposiciones adecuadas e investigaciones suplementarias en el terreno, éste puede ser el mejor medio de pronosticar el impacto en muchas zonas del país.

Medir y poner a escala los impactos ambientales, son las funciones más importantes de la valoración de estos elementos. Las listas de confrontación de los factores ambientales que antes se mencionan, solamente sirven de ayuda para definir el alcance de las consideraciones que se hacen para evaluar los impactos. El problema fundamental de medir y poner a escala los impactos ambientales, es la definición del origen de las medidas que se realizan para comparar el medio ambiente con y sin las obras, sin perder de vista que las condiciones del medio son eminentemente dinámicas. Del examen de pares estereoscópicos de fotografías aéreas o del análisis de series históricas de datos, se deduce que las condiciones ambientales están cambiando continuamente y que el medio seguirá sufriendo modificaciones aún sin el proyecto.

La precisión y la confiabilidad de la respuesta del impacto ambiental pronosticado, son problemas que deben recibir especial atención, particularmente lo relativo a los análisis estadísticos que se realizan para confirmar los valores pronosticados y la estimación de la probabilidad de que el impacto ocurra.

III.C.4.c. Método de evaluación.

Con diversas variaciones de forma, se ha venido generalizando el uso sistemático de este método, que tiene como principal pronóstico producir un índice agregado de impacto ambiental para cada alternativa que se analiza, a fin de disponer de elementos para compararlas.

Los efectos de cada acción se definen mediante dos medidas convencionales del impacto ambiental, denominadas: magnitud e importancia. El término magnitud se usa en el sentido de tamaño, extensión, cantidad, grado o escala; por ejemplo, un camino puede producir un impacto de gran magnitud en el drenaje natural y afectar sólo en pequeña magnitud al paisaje. A su vez, la importancia de una interacción está en el alcance de sus consecuencias, esto es, en el resultado de cambiar dicha condición particular y otros factores en el medio ambiente. En esta forma, el camino antes mencionado, que afectaba al paisaje en pequeña magnitud, puede tener un efecto de gran importancia si ese paisaje incluye un antecedente histórico de interés nacional. Es importante mantener claros y separados estos conceptos durante el proceso de valuación de las interacciones.

Generalmente es más fácil valuar la magnitud que la importancia, ya que mientras en la valuación de la magnitud se aplican medidas cuantitativas, en la correspondiente a la importancia intervienen juicios subjetivos basados casi siempre en valores, preferencias e intereses creados.

Para asignar valores numéricos a la magnitud de los efectos del impacto y a su importancia relativa, se usa una escala de valores de 1 a 10 para cada interacción y la puntuación que se obtiene permite cuantificar ambos conceptos. Los efectos positivos o benéficos se marcan con un signo (+) más, mientras los efectos negativos o perjudiciales se marcan con un signo (-) menos, significa que cada interacción se cuantifica con dos números variables entre -10 y +10.

La matriz se integra identificando y marcando cada acción propuesta y su correspondiente efecto. El procedimiento consiste en recorrer la hilera correspondiente a cada acción, a fin de marcar con una diagonal (de la esquina superior derecha a la esquina inferior izquierda) cada una de las celdas de intersección con los elementos de deterioro del medio que recibirán el impacto de esas acciones.

Para facilitar el manejo de la información, es conveniente reducir las dimensiones de la matriz a fin de que incluya únicamente las celdas seleccionadas.

A continuación, en cada una de las celdas marcadas con diagonal se anota el valor de la magnitud en la mitad superior izquierda y el valor de la importancia en la mitad inferior derecha, pasando a analizar y discutir cada impacto para ajustar los valores preliminares asignados a las interacciones o para modificar el diseño de las obras propuestas.

El peso relativo que se asigna a cada variable y los ajustes que se hacen a los valores, se determinan mediante debates entre el grupo interdisciplinario encargado del estudio, y los valores finalmente aceptados deben ser el resultado de un consenso de los propios grupos de estudio.

En caso de que se analicen simultáneamente dos alternativas, cada acción puede disponer de dos hileras consecutivas para anotar los valores respectivos y facilitar su comparación.

De acuerdo con la metodología, finalmente se suman por separado los valores de la magnitud y la importancia correspondientes a cada alternativa para comparar los resultados.

III.C.4.d. Método de contabilidad social.

Este método, que puede aplicarse con éxito en el medio urbano, consiste esencialmente en medir el impacto que producirán las diferentes alternativas de un camino sobre los grupos de población previamente formados (productores y consumidores) que resultarán afectados por las acciones. Las medidas pueden ser monetarias, no monetarias aunque cuantitativas o permanecer intangibles.

III.C.5. Método de modelos.

Este método se basa en métodos analíticos para la predicción del comportamiento, las características y la influencia de los diferentes contaminantes que se generan por la construcción y operación de una carretera.

Los modelos que se presentan son los referentes a la dispersión de los contaminantes en la atmósfera como son los gases producidos por los vehículos automotores y el ruido generado por los mismos.

III.C.5.a. Modelo de predicción para la dispersión en la atmósfera de las emisiones.

La dispersión en la atmósfera de las emisiones depende de muchos factores correlacionados: por ejemplo, la naturaleza física y química de los efluentes, las características meteorológicas del ambiente, la ubicación del emisor en relación con las obstrucciones al movimiento del aire y la naturaleza del terreno que se encuentra en la dirección del viento que viene del emisor. Se han descubierto varios métodos analíticos para relacionar la dispersión de los efluentes con un número escogido de los factores anteriormente mencionados; no obstante, ninguno los considera a todos.

La capacidad de pronosticar concentraciones ambientales de contaminantes en áreas urbanas, sobre la base de la dispersión procedente de fuentes dentro de la región es esencial si se han de alcanzar y mantener las normas de la calidad del aire ambiental, a pesar de un futuro crecimiento industrial y residencial. Por tanto, es necesario desarrollar modelos matemáticos para estimar la dispersión de los contaminantes emitidos, a fin de simular el proceso atmosférico.

La ecuación III.1 es un modelo que se desarrolló en base a la distribución gaussiana para estimar la concentración de los contaminantes gaseosos desde una fuente y en la dirección a la que sopla el viento. A pesar de que son posibles varios enfoques básicos del problema, por lo general se necesita cierto número de suposiciones simplificadoras en cualquier caso a fin de obtener una solución manejable. De esto resulta que todas estas teorías tienden a llegar a la misma función de distribución para la concentración del contaminante esto es una función de distribución gaussiana².

Para la determinación de la concentración, el problema de la contaminación se puede modelar como una fuente lineal, continua de emisión infinita. Cuando la dirección del viento es normal a la línea de emisión, como se muestra en la fig. III. 1, la concentración a nivel del suelo en la dirección del viento está dada por

$$C(x) = \frac{2q}{(2\pi)^{1/2} \sigma_x u} \quad (\text{III.1})$$

² Wark Kenneth, Contaminación del aire: origen y control, México: LIMUSA 1990.

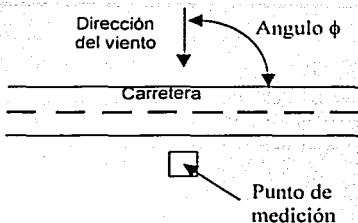


Fig. III.1.

donde q es el gasto de la línea por distancia unitaria. Por ejemplo, se podría expresar q en términos de $g/s \cdot m$. La desviación normal vertical, σ_z , está dada en la figura III.2 en donde las claves de las categorías de estabilidad (A, B, C, D, E y F) están dadas en la tabla III.1.

Cuando la dirección del viento no sea perpendicular a la fuente lineal, Turner³ sugiere que la ecuación III.1 se divida por $(\sin \phi)$, donde ϕ es el ángulo entre la fuente lineal y la dirección del viento (ver fig. III.1). Esta corrección no se debe usar cuando ϕ sea menor de 45 grados.

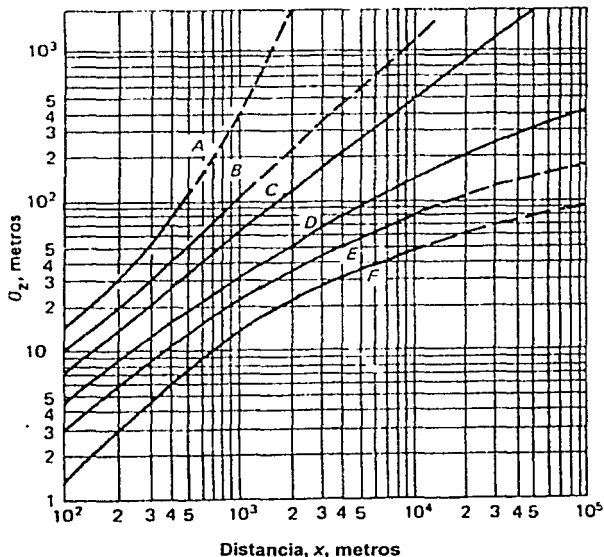


Figura III.2 Desviación normal, σ_z en la dirección vertical, como una función de la distancia en la dirección del viento. (FUENTE: D. B. Turner. Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. Washington, D.C.: HEW, 1969.)

³ D. B. Turner, Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. Washington, D.C.: HEW, 1969.

Tabla III.1 Clave de las categorías de estabilidad

Velocidad del viento superficial 10m (m/s)	Día			Noche	
	Radiación solar entrante			Cubierta de nubes	
	Fuerte	Moderada	Ligera	En su mayoría nublado	En su mayoría despejado
Clase ^a	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

FUENTE: D. B. Turner, Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. Washington, D.C.: HEW, 1969.

^a La clase neutral, D, se debe suponer para condiciones de nublados durante el día o la noche. La clase A es la más inestable y la clase F la más estable, con la clase B moderadamente inestable y la clase E ligeramente estable.

III.C.5.b. Modelo de predicción para la predicción de ruido del tráfico vehicular.

El Programa de Investigación de la Cooperativa Nacional de Autopistas ha desarrollado una serie de documentos (NCHRP 117, NCHRP 144 y NCHRP 174) que provee un diseño para la predicción y control del ruido generado por autopistas. Estos documentos han sido ampliamente utilizados debido a su simplicidad y a su éxito relativamente elevado en la elaboración de predicciones de ruido exactas. El procedimiento NCHRP 174 es la última revisión en las series. Este contiene un procedimiento de 4 pasos para la predicción y control del ruido generado en las autopistas. Para este caso tomamos únicamente el primer paso de predicción, es decir, el método corto. La administración Federal de Autopistas produjo una versión más detallada y empíricamente corregida de este modelo en 1978.

El objetivo del método corto es obtener una predicción rápida y somera de los niveles de ruido esperados. Esto es necesario porque la predicción de los niveles de ruido reales generados en una autopista es un elemento bastante complicado. En varios casos es deseable obtener una idea general de las áreas potenciales de problema antes del completo conocimiento de los parámetros de diseño horizontales y verticales del camino. Tal es el caso, por ejemplo, de un estudio de localización, donde un gran número de variables deben ser consideradas. También este primer paso ayuda a eliminar áreas que no representan un problema en términos de niveles de ruido, simplificando así evaluaciones posteriores.

El método corto de predicción puede llevarse a cabo rápidamente mediante el empleo de nomogramas y el conocimiento de algunos parámetros de tráfico y del camino. Por su diseño, el método corto requiere varias suposiciones y aproximaciones y no debe ser empleado como herramienta final.

El segundo paso (el método completo) utiliza un programa informático bastante amplio para refinar las predicciones del primer paso.

El tercer paso es la selección de un diseño de control del ruido.

El cuarto paso es revisar el segundo paso y checar la solución del diseño.

A continuación se describe el método corto.

Metodología:

El diagrama de flujo que ilustra la metodología del método corto se muestra en la figura III.3.

El método asume que el camino puede ser aproximado por un elemento infinito con parámetros de tráfico constante y características del camino. El paso inicial en el empleo del método corto consiste en definir una aproximación de línea recta infinita a la configuración real del camino (figura III.4). Rampas de entrada, rampas de salida y rampas de intercambio son omitidas en el método corto de análisis.

Una vez que el camino aproximado ha sido elegido, los siguientes parámetros deben ser calculados o estimados:

- Parámetros de tráfico, deben incluir la velocidad y volumen de cada clase de vehículo.
- Características de propagación, las cuales describen la localización del receptor en relación al camino.
- Parámetros de barrera del camino, los cuales describen la barrera provista por el camino, si es que existe alguna (sólo las barreras localizadas dentro del derecho de vía deben de ser consideradas).

Estos parámetros son empleados en dos operaciones; primero, los parámetros de tráfico y propagación son combinados en el nomograma L_{10} para determinar, para cada tipo de fuente, el nivel L_{10} de observador sin barrera al observador

El resultado final es comparado con el nivel crítico, L_c , definiendo si no existe o no problema para el observador, en caso de que existe problema con el nivel de ruido calculado, se debe volver a evaluar utilizando el método completo.

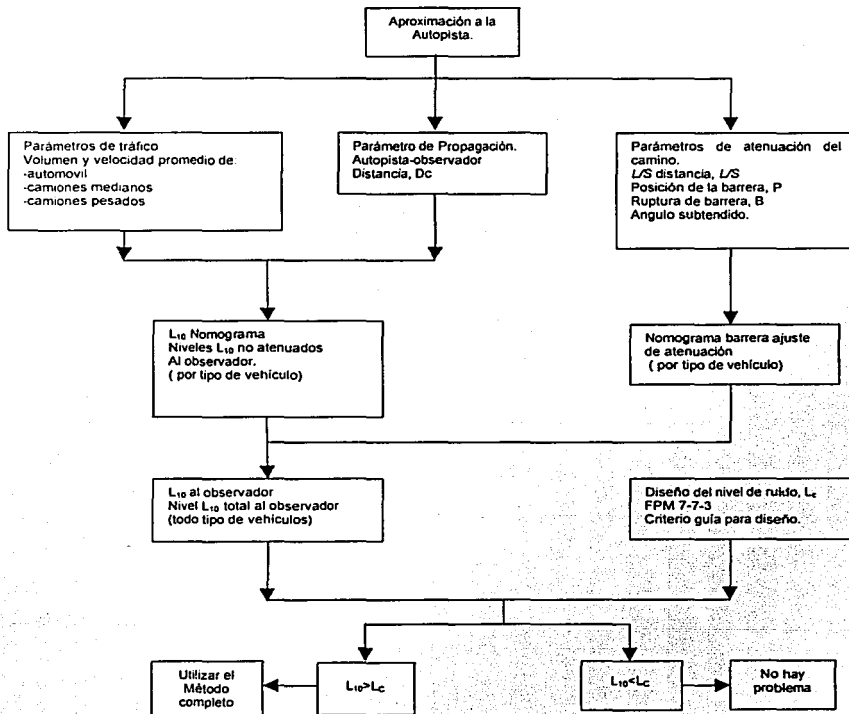
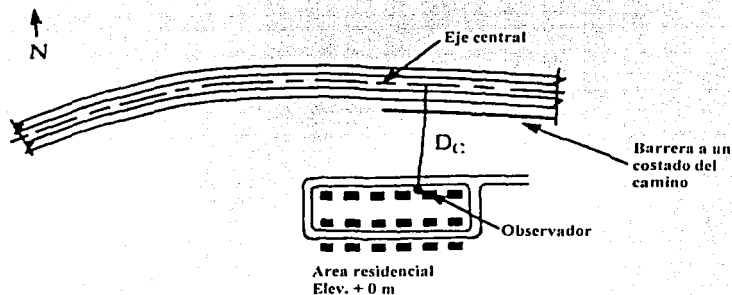
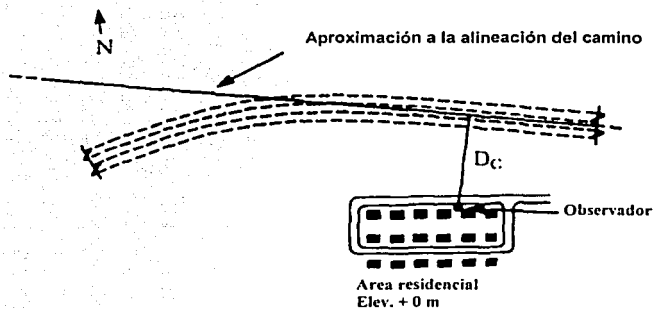


Figura III.3. Diagrama de flujo para la estimación de L_{10} por el método corto.



(a) Identificación del observador al eje central en el mapa de ruta y la distancia D_C



(b) Modelo de aproximación a la alineación del camino.

Figura III.4. (a) Camino y (b) aproximación del camino. (Tomado de NCHRP 174, 1976.)

Procedimiento.

El procedimiento paso a paso necesario para calcular los niveles de ruido por el método corto se presenta a continuación. Además de los nomogramas, el método emplea una hoja de trabajo de predicción de ruido para auxiliarnos en los pasos secuenciales.

1. Identificación del observador: en un mapa de ruta a una escala conveniente, se identifican todas las posiciones del observador en los que se desea el análisis.

2. Aproximación al camino: aproximación a la alineación del camino por una línea recta infinita. Determinar y medir la distancia perpendicular más cercana (D_c), entre la línea central del camino y el observador como se muestra en la fig III.4a. Ingrese a la línea 4 en la hoja de trabajo de predicción del ruido (fig III.5). Note que la aproximación infinita del camino automáticamente asume una línea perpendicular a la distancia de la línea central, D_c . No existe la necesidad de dibujar esta línea en el mapa de ruta por razones de cálculo. Una ilustración de lo que se asume, se muestra en la figura III.4b. Note que por cada localización del observador resulta una diferente aproximación al camino. Nótese también que las hojas de trabajo de predicción de ruido, permiten capturar 6 diferentes localizaciones del observador al ingresar una nueva localización en la parte superior de cada columna. De manera semejante, las hojas de trabajo de predicción de ruido, pueden calcular 6 diferentes condiciones de tráfico para la misma localización de un observador.

Paso			Estudio 1			Estudio 2			Estudio 3			Estudio 4			Estudio 5			Estudio 6		
			A	C _M	C _P	A	C _M	C _P	A	C _M	C _P	A	C _M	C _P	A	C _M	C _P	A	C _M	C _P
1	Tráfico	Volumen vehicular (Vph)																		
2		S (Km/h)																		
3		V _c (Vph)																		
4	Prop	D _c (m)																		
5		L/S (m)																		
6		P (m)																		
7		B (m)																		
8		θ (m)																		
9	Predicción	L ₁₀ sin barrera (dBA)																		
10		Ajuste por la barrera (dBA)																		
11		L ₁₀ al observ (por tipo vehiculo)																		
12		L ₁₀ total (dBA)																		

Donde:

A = automóviles.

C_M = camiones medianos.

C_P = camiones pesados.

S = velocidad promedio.

V_c = velocidad combinada.

D_c = distancia del observador al centro del camino.

L/S = Distancia entre el observador y el eje central de carretera.

P = Distancia de la barrera.

B = Distancia entre la barrera y la línea L/S.

θ = Angulo subtendido.

L₁₀ = Nivel de ruido en dBA.

Figura III.5. Hoja de trabajo para la predicción del ruido.

3. Parámetro de tráfico. Determinar las condiciones de operación de vehículos empleando los parámetros de tráfico en el punto del camino más cercano al observador (si estos parámetros varían a lo largo del camino), el procedimiento es el siguiente:

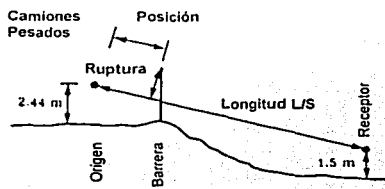
- Determinar el volumen de automóvil (vph) y la velocidad promedio (km/h) e ingréselos en los renglones 1 y 2 bajo automóviles (A).
- Determine el volumen de camiones medianos (vph) y la velocidad promedio (km/h) e ingréselo en los renglones 1 y 2 bajo camiones medianos (C_M).
- Determine el volumen de camiones pesados (vph) y la velocidad promedio (km/h) e ingréselo en los renglones 1 y 2 bajo camiones pesados (C_P).
- Si las velocidades del automóvil y de los camiones pesados son las mismas, multiplique el volumen del camión mediano por 10 y sume el volumen del automóvil. Ingrese el volumen combinado V_c, en el renglón 3 de la hoja. Si el volumen del automóvil y camión es combinado, en operaciones subsecuentes considere las dos clases de vehículos como una sola fuente.

4. Parámetros de protección del camino: si la intersección del camino al punto más cercano no es horizontal (ya sea que se encuentre elevado o deprimido), o si una barrera lateral al camino (en el derecho de vía del

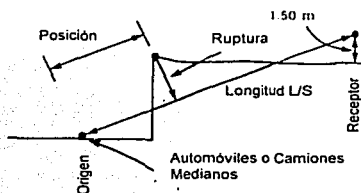
camino) está presente, determine los parámetros de protección del camino. Si la elevación, depresión o barrera lateral del camino es menor a 1.5 m de altura (comparado con el terreno circundante) se descartaría. El procedimiento es el siguiente:

Determine los parámetros de la barrera e ingrese en las líneas 5 a 8 de la hoja de trabajo de predicción del ruido. Emplee la fig. III.6 para definir los parámetros. Los parámetros que deben ser medidos son:

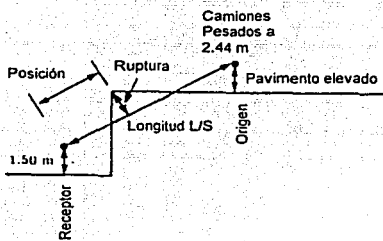
- Línea de observación de distancia L/S.
- Ruptura en la línea de observación.
- Distancia de posición de la barrera.
- Angulo subtendido, θ (grados).



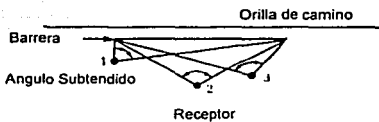
(a) Parámetros para una barrera simple



(b) Parámetros para una depresión



(c) Parámetros para una elevación

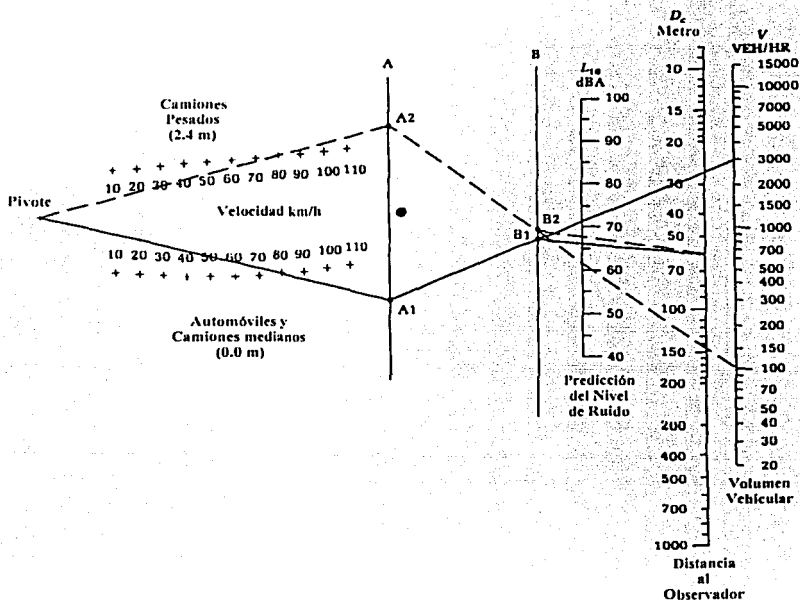


(d) Parámetros de barrera

Figura III.6. Definición de los Parámetros de Barrera.

- Nivel L_{10} de no protección al sitio del observador: Determine el nivel L_{10} de no protección al sitio del observador para las 3 fuentes de tráfico (automóviles, camiones medios y camiones pesados) empleando el nomograma L_{10} (figura III.7). Nótese que si la velocidad de los automóviles y de los camiones medianos son iguales, ambas fuentes pueden ser evaluadas juntas empleando el volumen combinado, V_c , una velocidad promedio, S_A o S_M en las líneas 3 y 2 de la hoja de trabajo de predicción de ruido. El procedimiento es el siguiente:
 - Automóviles (y camiones medianos): Empleando el volumen de vehículos, V_A (esto corresponde al V_C , los volúmenes combinados de los autos y de los camiones medianos, cuando las velocidades de los dos tipos de vehículos son iguales), y la velocidad promedio, S_A (o S_M), ingrese en el nomograma L_{10} y determine el nivel de ruido sin barrera L_{10} al observador. Este dato se ingresa en la línea 9 de la hoja de trabajo de predicción de ruido.

- b) Camiones medianos: Empleando el volumen de vehículos, V_M , multiplicado pro 10 y la velocidad promedio S_M , ingrese en el nomograma L_{10} y determine el nivel de ruido L_{10} sin barrera al observador. Ingrese en el renglón 9 de la hoja de trabajo de predicción de ruido. Si los automóviles y camiones medianos se combinan en el paso a), este paso debe omitirse.
- c) Camiones pesado: Empleando el volumen del vehículo, V_T , y la velocidad promedio, S_T , ingrese en el nomograma L_{10} y determine el nivel de ruido L_{10} sin barrera al observador. Ingrese este dato en el renglón 9 de la hoja de trabajo de predicción de ruido.

Figura III.7. Nomograma L_{10}

6. Ajuste de la barrera. Determine la reducción del ruido por la geometría del camino empleando el nomograma de barrera (figura III.8) y los parámetros de ruido listados en la NPWS. Este procedimiento debe realizarse 2 veces: una para la fuente de elevación a 0m (automóviles y camiones medianos) y una para la elevación a 2.44 m (camiones pesados).
- a) Fuentes bajas (0.00 m): Empleando la línea de distancia de observación, L/S , la distancia de la barrera, P , la ruptura en la distancia L/S , B (para fuentes a nivel del suelo), y el ángulo subtendido, T , ingrese al nomograma de barrera y calcule el ajuste de protección. Ingrese en el renglón 10 de la NPWS bajo automóvil y camiones medianos.
- b) Fuentes elevadas (2.44 m): Empleando la línea de distancia de observación, L/S , distancia a la posición de la barrera, P , ruptura en la distancia L/S , B (para fuentes de 2.44 m), y el ángulo subtendido, T , ingrese al nomograma de barrera y calcule el ajuste de protección. Ingrese en el renglón 10 de la NPWS bajo camiones pesados.

7. L_{10} al observador, por tipo de vehículo: calcule el nivel de ruido L_{10} al observador para cada fuente individual sustrayendo el ajuste de protección (línea 10) del nivel L_{10} de no protección al observador (renglón 9), e ingrese el resultado en el renglón 11. Nótese que el ajuste de protección es siempre negativo y puede ser sustraído algebraicamente a partir del renglón 9.

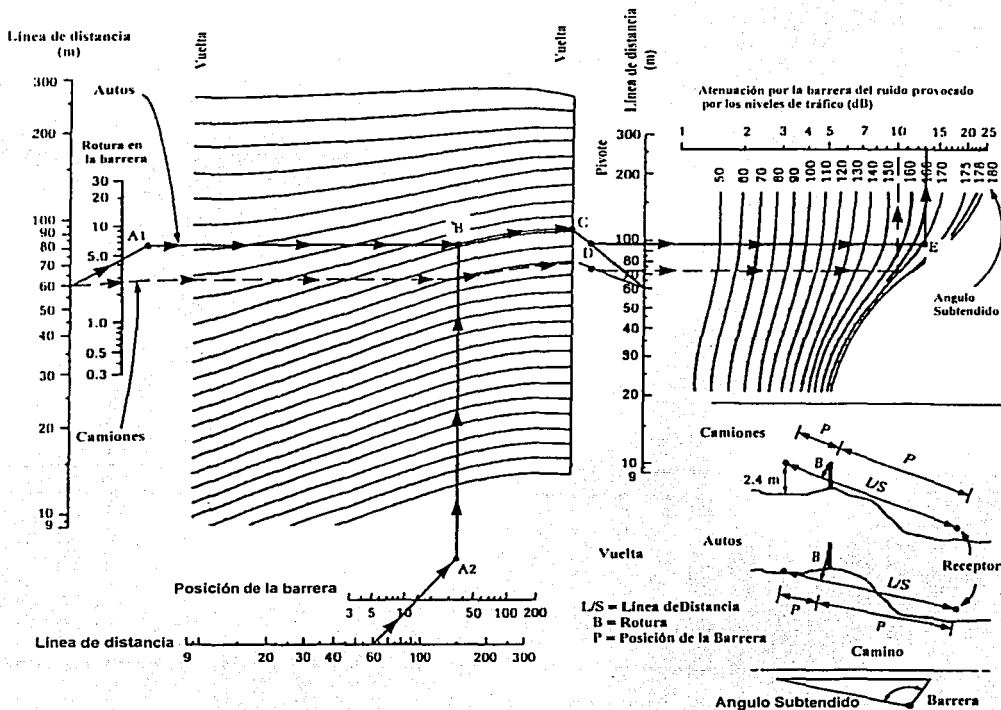


Figura III.8. Nomograma de Barrera.

8. Nivel L_{10} total al observador: Determine el nivel total de ruido L_{10} al observador, e ingréselo en el renglón 12. Esto es hecho por una suma logarítmica (suma de decibeles) de las contribuciones de automóviles, camiones medianos y camiones pesados computados en el renglón 11. Tomando 2 niveles L_{10} a la vez, encuentre la diferencia entre ellos e ingrese la escala de suma provista en la fig. III.9 para encontrar el ajuste. El ajuste debe sumarse al mayor de los dos niveles L_{10} . La operación es luego repetida, dos niveles a la vez, hasta que solo permanezca un nivel. Los niveles más bajos deben ser sumados primero para una máxima exactitud.

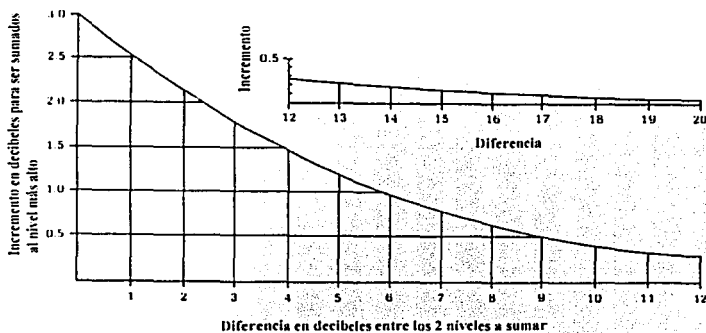


Figura III.9. Gráfica para suma de decibeles.

CAPÍTULO IV

IV. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.

IV.A. Actividades adicionales en la ruta seleccionada.

Una vez seleccionada la alternativa óptima de localización de un camino, la que permite alojarlo en el medio minimizando su impacto, en función de los elementos físicos, bióticos y humanos que se han venido mencionando, es preciso aplicar ciertas medidas constructivas adicionales, encaminadas a reducir y aún a neutralizar los efectos del deterioro ambiental, variables según el caso.

En primer lugar, es de la mayor importancia diseñar el camino en forma de que los diferentes elementos que lo componen se integren al medio circundante.

El derecho de vía debe seleccionarse tratando de conservar los recursos naturales y preservar los valores escénicos, procurando no entrar en conflicto con el ambiente en general, incluyendo el paisaje. Cuando sea posible, deben evitarse los tramos largos rectos, porque son monótonos y producen trastornos físicos y síquicos al conductor, prefiriendo los alineamientos curvilíneos. Asimismo, las rutas deben alojarse preferentemente a lo largo de los linderos entre diferentes usos del terreno, por ejemplo, en el límite entre áreas forestales y praderas o entre zonas urbanas y tierras de cultivo.

Mientras más tendidos queden los taludes de los terraplenes y los cortes, menor será el impacto general en el medio, se propiciará el desarrollo de una cubierta vegetal protectora y mejorará la apariencia del conjunto, con la circunstancia de que el incremento de los costos de construcción pueden contrarrestarse con la reducción de los costos de conservación.

Esta medida está íntimamente relacionada con el aprovechamiento de los suelos procedentes de los despalmes del terreno en las áreas de desplante y en los préstamos laterales, para cubrir los taludes y otras áreas expuestas, a fin de propiciar el desarrollo de una cubierta vegetal que contribuya a la conservación del camino.

Estos suelos, que sustentan una cubierta vegetal adaptada a las condiciones de cada lugar y son el asiento de muy diversas formas de vida animal, conservan su capacidad biológica al ser cambiados de lugar.

IV.A.1. Terraplenes.

El diseño de los terraplenes y el tratamiento que se dé a la sección transversal, tiene gran importancia en lo que se refiere al impacto en el medio, a los costos de conservación y a la integración del camino en el paisaje.

Cuando se trata de terraplenes formados con materiales procedentes de bancos, el aprovechamiento de los suelos que provienen de los despalmes del área de cimentación se hace almacenando el producto fuera del desplante, para que una vez construido el terraplén con los materiales extraídos de los bancos y perfilada la sección, se extiendan dichos suelos sobre los taludes, recubriendo una faja de terreno que queda con una pendiente más tendida que los propios taludes. En caso de que el volumen del material de despalme sea insuficiente para recubrir los taludes en la forma señalada, el faltante puede obtenerse de las áreas vecinas

comprendidas en el derecho de vía, evitando desde luego hacer agujeros que deformen el terreno y afecten la capa de suelo más allá de lo conveniente.

En los terraplenes formados con préstamos laterales contiguos al desplante, el aprovechamiento de los suelos provenientes del despalme del área de cimentación y de las zonas de préstamo se lleva a cabo almacenando el producto fuera de dichas zonas. Al aplicar este procedimiento, es preciso que se extraigan de los préstamos solamente los volúmenes de materiales requeridos para formar el terraplén, procurando terminar la explotación en forma de que la sección quede ligada con el talud del propio terraplén, dando asimismo al extremo del préstamo un talud adecuado hacia el límite del derecho de vía. Una vez perfilada la sección y preparado el terreno en la forma señalada, se extiende el material resultante del despalme sobre los taludes del terraplén y de ambos lados de los préstamos, que quedan cubiertos por una capa de suelo. Como en el caso anterior, si los volúmenes de suelo son insuficientes para hacer los recubrimientos previstos, se recurre a obtener los materiales faltantes en el derecho de vía, con las precauciones que se han indicado.

Cuando los terraplenes se forman con préstamos laterales inmediatos al límite del derecho de vía, los suelos provenientes del área de cimentación y de las zonas de préstamos se aprovechan almacenando el producto entre ambas superficies. Una vez construido el terraplén, perfilada la sección y terminada la explotación de los préstamos cuidando de formar los taludes tanto hacia el terraplén como hacia las líneas que limitan el derecho de vía, se extiende el material resultante del despalme sobre el talud del terraplén sobre la faja de terreno natural en una suave pendiente que se prolongue hasta los préstamos, que se cubrirán también con una capa de este material hasta alcanzar el límite del mencionado derecho de vía.

Mediante este procedimiento se obtienen importantes ventajas resultantes de los amplios taludes con suaves pendientes que tiene la sección, que permiten desalojar el agua lejos del terraplén, y en el caso de que llegara a depositarse dentro del derecho de vía, sería a una distancia que no afecte el camino.

Una medida conveniente para favorecer el desarrollo de una cubierta vegetal protectora, consiste en dejar bermas en los taludes de los terraplenes muy altos. Por otra parte, cuando se trata de rutas alojadas en zonas planas libres de inundaciones y con niveles freáticos muy elevados, es conveniente substituir los terraplenes altos que se construyen tradicionalmente, los cuales no mejoran la estabilidad del camino, sino que lo encarecen y requieren préstamos más profundos, por terraplenes más bajos, formados con materiales de mejor calidad, que requieren préstamos menos profundos.

La aplicación de cualquiera de estas recomendaciones depende no solamente de la ubicación de los bancos de materiales o de los préstamos, sino también de las condiciones físicas y bióticas de cada una de las zonas que cruza el camino y en general, mediante un aumento razonable de los costos de construcción, se logra, en algunos casos, reducir sustancialmente los costos de conservación.

IV.A.2. Cortes.

Considerando que la erosión de los taludes, en los cortes más o menos profundos que se hacen en el terreno para alojar los caminos, es el elemento más importante en la producción de azolves, deben adoptarse medidas extremas para reducir este efecto, que contribuye directamente al deterioro del medio y al incremento de los costos de conservación.

Aunque el diseño de los cortes y el tratamiento de los taludes se hacen de acuerdo con las normas de la mecánica de suelos, el factor económico es determinante para introducir modificaciones que generalmente se traducen en erosión de los taludes, producción de azolves y sedimentación.

Cuando por razones económicas no sea posible tender los taludes en la forma recomendable, deben construirse bermas o banquetas intermedias para establecer una cubierta vegetal que sirva de protección al terreno y además mejore el aspecto general del corte. En el caso de cortes en roca alterada, es conveniente construir cajetes a lo largo del talud para plantar cualquier clase de vegetación protectora.

Si las condiciones del perfil geológico lo permiten, deben aprovecharse los suelos provenientes del despalme para distribuirlos en los taludes previamente preparados y propiciar el desarrollo de vegetación. El procedimiento consiste en almacenar dichos suelos en ambos lados del corte, debidamente protegidos de la contaminación de otros materiales, mientras se realizan las excavaciones, dejando pequeñas bermas o escalones en los taludes para depositar los suelos antes almacenados, que se arrojan desde la parte superior del corte. Al cubrir los materiales de los taludes, estos suelos favorecen el rápido desarrollo de las especies propias de cada región.

Debe aclararse que para llevar a cabo esta clase de trabajos, es preciso hacer un análisis previo de la estabilidad de los taludes, así como del drenaje y subdrenaje requeridos en cada caso.

En general, es recomendable redondear y suavizar la forma del remate y el pie de los terraplenes y los cortes, plantando vegetación local.

IV.A.3. Sistemas de drenaje.

Es frecuente que los sistemas de obras de protección de los caminos, constituidos por contracunetas, cunetas, cauces artificiales, rectificaciones de cauces naturales y alcantarillas, no tengan las características ni la ubicación requeridas para eliminar con la eficiencia necesaria y sin detrimento del medio, las aguas que llegan al derecho de vía, dando lugar a modificaciones sustanciales en los escurrimientos, que alteran el medio circundante y llegar a afectar el propio camino.

El sistema de drenaje del camino debe eliminar las aguas que lleguen al derecho de vía, en la forma más rápida, directa y segura, en armonía con el sistema de drenaje natural de la zona, a menos que el proyecto incluya algunos trabajos de conservación de recursos naturales, comprendiendo el agua. Para cumplir con estos objetivos, los sistemas de drenaje de los caminos deben basarse en un estudio exhaustivo del sistema de drenaje natural de toda el área, que podría realizarse por cuencas de captación y atendiendo a todos los factores que se interrelacionan para dar complejidad al problema. En esta forma se lograría minimizar los efectos de interceptación del flujo del agua y de desviación de las corrientes hacia unos cuantos cauces, que actualmente propician el deterioro de la vegetación de una amplia zona a lo largo de los caminos, con todas sus consecuencias secundarias.

Por lo que se refiere a las cunetas, es muy conveniente recubrirlas de concreto de baja resistencia y de espesores adecuados, para reducir sustancialmente los costos de conservación, proporcionar un funcionamiento hidráulico más eficiente, evitar erosiones perjudiciales y favorecer la autolimpieza y el rápido desalojo de los escurrimientos, reduciendo la incidencia de la pérdida de estabilidad de los pavimentos debida a la presencia de agua. Asimismo, estos revestimientos resisten las cargas que producen los vehículos, que en casos de emergencia se estacionan fuera de los carriles de circulación.

En cuanto a las contracunetas, su localización y características deben basarse en el estudio que antes se menciona del drenaje natural de la zona, adaptando preferentemente secciones triangulares con taludes muy tendidos, de área equivalente a la que tienen las secciones trapezoidales tradicionales y recubiertas con una capa de concreto de baja resistencia o, en su defecto, con zampeados. Esta forma de la sección favorece la incorporación de la contracuneta a la conformación del terreno, además de que puede representar una importante reducción de los costos de construcción; por su parte, el revestimiento disminuye la erosión, que generalmente alcanza importantes valores por este concepto y llega en ocasiones a borrar la sección y asimismo, reduce los costos de conservación.

El estudio del drenaje natural permite también identificar la localización de todas las estructuras de cruce, que deben construirse en el lugar adecuado y con la capacidad requerida, para evitar los represamientos, inundaciones y niveles freáticos elevados, que ocurren en el lado de aguas arriba, y los cambios de cursos y niveles freáticos abatidos que se presentan aguas abajo. En general, no es conveniente desviar los escurrimientos de corrientes pequeñas para concentrarlos en los cauces más importantes, a fin de reducir el número de alcantarillas, porque se modifican radicalmente las condiciones ecológicas de las áreas que pierden su humedad natural.

Los encauzamientos y rectificaciones de arroyos, que generalmente se abandonan al salir del derecho de vía, deben dotarse de obras de protección que restituyan su régimen de escurrimiento a estas corrientes.

IV.A.4. Bancos de materiales y zonas de préstamo.

Ya se han mencionado los efectos negativos que producen en el medio las explotaciones de materiales, ya sean de préstamos laterales o de bancos, que se hacen en el derecho de vía o en las zonas adyacentes, para la construcción de los caminos. Entre estos efectos destaca particularmente el deterioro que se hace del paisaje, al dejar a lo largo de las rutas extensas áreas expuestas a la erosión, que van degradando el medio circundante.

Como norma general, se deben evitar los préstamos laterales y en caso extremo, serán someros, para evitar el drenaje y desecación de las fajas de tierra adyacentes, que al perder su humedad son incapaces de sustentar una cubierta vegetal natural o artificial.

El criterio general, que necesariamente aumenta los costos de construcción y que resulta en ocasiones de difícil aplicación, debe ser el de ocultar los bancos de materiales de la vista del usuario del camino, evitando la exposición del terreno devastado.

Una vez localizados los sitios para extracción de materiales, debe planearse su explotación racional y el restablecimiento de condiciones semejantes a las originales, de manera que desaparezca el efecto de remoción y destrucción. Ya se ha señalado antes la forma de depositar fuera de las áreas de trabajo y protegidos de la contaminación de otros materiales, los suelos procedentes de los despalmes, a fin de colocarlos sobre el terreno explotando una vez que termine la extracción, para propiciar el desarrollo de una cubierta vegetal protectora. Desde luego que la explotación racional de los préstamos y los bancos incluye algunos trabajos de acabado de las excavaciones, en combinación con la extracción, para dar al terreno una conformación natural.

Cuando se trate de grandes excavaciones, es preciso prever con anticipación el aprovechamiento que se puede dar a las depresiones que se formen en el terreno, mediante ciertos trabajos complementarios. De acuerdo con las condiciones especiales de cada caso, las depresiones pueden aprovecharse como depósitos de agua, alimentándolos con alguna corriente cercana y proveyéndolos de dispositivos de control, para usarlos con fines de abrevadero, riego de auxilio, acuicultura o recreo. Estas excavaciones pueden aprovecharse también, cuando las condiciones geológicas del terreno lo permitan, para recargar los acuíferos subterráneos.

En resumen, de acuerdo con las condiciones de cada zona y según el caso de que se trate, debe preverse el uso del terreno en las áreas afectadas por las grandes excavaciones resultantes de las explotaciones de materiales.

IV.A.5. Integración del camino al paisaje.

Los caminos alteran el paisaje natural al introducir un elemento extraño, que generalmente no se integra en forma armónica con el medio circundante. Esta perturbación tiene su origen en un diseño ajeno a los elementos estéticos del medio, tanto los naturales como los creados por el hombre, y se acentúa con el impacto que producen en forma aislada o combinada.

En la actualidad se viene poniendo un gran énfasis en la integración del camino con el paisaje, combinando el paisaje interno, desde el camino, con el paisaje externo, desde fuera del camino.

El camino debe integrarse con el paisaje en forma natural, evitando discordancias, enlazando armónicamente las diversas unidades del panorama en forma de evitar efectos de ruptura y convirtiendo así al paisaje en justificante de la estética del propio camino. Al construir el camino en armonía con el medio y tomando en cuenta todos los factores físicos, bióticos y humanos que se han venido mencionando, es posible eliminar los

elementos de incertidumbre y minimizar los problemas de deterioro del paisaje, que con medidas adicionales puede mejorarse en forma insospechada.

El camino debe servir para relacionar los elementos más aislados del paisaje y dar armonía a las características naturales del medio, desempeñando al mismo tiempo un papel subordinado. La falta de armonía en el paisaje se debe en ocasiones a que sólo se ha considerado el punto de vista del conductor del vehículo, olvidando el plan integral de uso del terreno, que toma en cuenta también el punto de vista del habitante del medio circundante.

Para conseguir la integración del camino al paisaje, deben analizarse las características del panorama a lo largo de la ruta mediante un inventario de los elementos visibles, tanto desde el camino como desde fuera del mismo. Estos elementos pueden ser naturales, como las formaciones geológicas atractivas por su forma y dimensiones, lagos, ríos y arroyos, el mar, áreas boscosas, grupos armoniosos de árboles, objetos de interés científico, etc., o humanos, como antecedentes históricos o culturales, monumentos, pequeños asentamientos típicos de población, etc.

IV.A.6. Recomendaciones adicionales.

Es bien sabido que durante el proceso de construcción del camino (en la mayoría de las ocasiones) es cuando se afecta con mayor intensidad al medio ambiente y es precisamente en ese período cuando deben adoptarse medidas extremas de protección.

Al desmontar el derecho de vía deben respetarse los árboles, arbustos y especies raras de plantas que no interfieran con el camino. Es conveniente conservar los árboles pequeños y los arbustos que se encuentren a menos de 5 metros del coronamiento de los cortes y cortar solamente los árboles grandes, pero sin desarraigarlos, a fin de prevenir derrumbes.

En cuanto a los terraplenes solamente deben cortarse y despalmarse las áreas de desplante.

El manejo de los desperdicios de la construcción debe considerarse como parte integrante del proyecto y quedar bajo el control directo de la residencia, a fin de prohibir que se arrojen a fondo perdido sobre las laderas, arrasando la vegetación y propiciando deslizamientos y derrumbes de tierras. Es preciso, asimismo, evitar que se arrojen esos desperdicios en los cauces de los ríos y los arroyos, por los problemas que originan al reducir su capacidad o al sedimentarse en las zonas planas.

Es conveniente evitar toda excavación que no sea indispensable, construyendo los caminos de acceso, siempre que sea posible, dentro del derecho de vía.

IV.B. Actividades complementarias en el derecho de vía.

Como complemento indispensable del camino, deben realizarse en el derecho de vía algunas actividades que permitan integrarlo en forma armónica al medio, especialmente trabajos de conservación de los recursos naturales, que en ocasiones es conveniente prolongar fuera de la faja del citado derecho de vía.

IV.B.1. Forestación y reforestación.

Por lo que se refiere a la cubierta vegetal en el derecho de vía, tradicionalmente se ha venido dando preferencia a la visibilidad a lo largo de las rutas, sin prestar atención a la conservación del ambiente natural. Para construir, un camino se elimina la vegetación existente en el derecho de vía y en las áreas destinadas a bancos de materiales, mediante cualquiera de las operaciones de corte de árboles y arbustos; roza de maleza, hierba, zacate o residuos de siembras, desenraice, limpia del producto del desmonte y quema de lo no utilizable, que varía de acuerdo con las características bióticas de cada zona. Aunque se prevé la conservación de algunos árboles o arbustos, cortándoles solamente las ramas que obstruyan la visibilidad,

generalmente se hace desaparecer totalmente la cubierta vegetal, destruyendo en ocasiones valiosas especies difícilmente recuperables y propiciando la erosión del terreno.

En la actualidad, se deben desarrollar programas de forestación y reforestación a lo largo de caminos, con diversos objetivos, especialmente para control y protección del medio circundante, como elemento estético y aún para seguridad de tránsito.

En nuestro país se están llevando a cabo algunos de estos programas de reforestación del derecho de vía, pero sin disponer todavía de un plan basado en los estudios indispensables de capacidad de uso del terreno. Mientras es posible emprender el programa masivo de forestación y reforestación del derecho de vía y del medio circundante de los caminos que el país requiere, como medida inmediata y sin duda la más económica, es preciso conservar y aprovechar los árboles y arbustos y en general la cubierta vegetal que se encuentre a lo largo de los nuevos caminos que se construyan. Existen algunos ejemplos de pequeñas masas boscosas y de grupos de árboles que han sido conservados e integrados armoniosamente a los caminos en el medio rural, que pueden servir como modelo para esta clase de trabajos. En los sitios que lo requieran, es necesario llevar a cabo censos de especies, edades y estado de conservación de los árboles, para determinar la conveniencia de conservarlos y protegerlos una vez terminado el camino.

Conforme se vayan complementando estudios regionales y de acuerdo con la disponibilidad de recursos, debe hacerse la reforestación de las zonas boscosas degradadas por los caminos y de aquellas en las que se desmontó el área del derecho de vía, para tratar de restituirles las condiciones naturales que prevalecían originalmente, así como la forestación de las zonas capaces de sustentar esta clase de cubierta, con especies adaptables a las condiciones físicas y bióticas locales.

Los trabajos de forestación y reforestación del derecho de vía y algunas zonas aledañas al camino tienen los siguientes objetivos:

- 1 Control y protección del medio.
Control de la erosión de los taludes.
Control del medio circundante.
Protección contra desastres.
Protección contra la contaminación ambiental.
Protección contra el ruido.
Protección para el resto de la vegetación.
2. Elemento estético.
Control de paisaje.
Pantalla protectora.
Plantación armónica.
Enfatización de rasgos naturales.
Control de la visibilidad.
Delimitación de algunos linderos.
- 3 Seguridad de tránsito.
Prevención de accidentes.
Protección contra deslumbramientos.
Plantación para sombra.
Zonas de descanso y recreo.

Para los trabajos de forestación y reforestación deben seleccionarse las especies que se adapten a las diferentes condiciones locales y que sean resistentes al efecto contaminante de los gases que expulsan los vehículos automotores.

Esta actividad está íntimamente relacionada con la creación y restitución del paisaje.

IV.B.2. Pastos y otras clases de cubierta vegetal.

Cuando las condiciones físicas y bióticas de una zona no permitan el desarrollo de árboles o arbustos, debe inducirse otra clase de cubierta vegetal que permita proteger las áreas libres del derecho de vía, que además de estar expuestas a la erosión se encuentran desaprovechadas.

En las zonas áridas y semiáridas del territorio pueden desarrollarse con éxito diversas clases de pastos, zacates y plantas forrajeras de corte, que retienen los suelos y los protegen de la erosión, mejoran la apariencia de paisaje y permiten llevar a cabo desarrollos pecuarios con especies adaptadas a las condiciones locales.

Los taludes deben estabilizarse mediante la siembra de pastos de diferentes especies, adaptables a las condiciones de cada caso y que al mismo tiempo mejoren la apariencia de los cortes.

En la zona árida del noreste puede promoverse la regeneración natural, complementada con plantaciones de grandes cactáceas de tallos cilíndricos que constituyen la vegetación natural y que además de retener los suelos contribuirían a caracterizar el paisaje desértico.

En resumen, son grandes y variadas las posibilidades de aprovechar las áreas libres del derecho de vía en beneficio del camino en particular y del medio circundante en general.

IV.B.3. Conservación de suelos.

Como parte integrante de un camino, deben realizarse trabajos de conservación de suelos en las áreas libres del derecho de vía, en combinación con las obras básicas y con las actividades complementarias que se han descrito brevemente.

Según se ha indicado, los caminos pueden contribuir directamente a la destrucción o al deterioro de los suelos, tanto en la faja del derecho de vía como en el medio circundante; esto es que, además del efecto directo de la pérdida de este recurso, que puede ocurrir al construir el camino, los suelos del medio circundante están sujetos a sufrir un gran deterioro como resultado de los fenómenos de erosión y arrastre que se producen en las áreas expuestas de los terraplenes, en los cortes, en los encauzamientos deficientes y en las zonas de préstamos y de bancos, así como la sedimentación que ocurre en las partes bajas, que se pueden traducir en todos los casos en deterioro de los suelos o pérdida de este recurso básico.

En estas condiciones, es indispensable incorporar a la construcción de caminos, las técnicas de conservación de los suelos, que deben aplicarse en la faja del derecho de vía y en el medio circundante, por la estrecha relación que existe entre ambas zonas, con la circunstancia de que la conservación adecuada de los suelos conducirá al aprovechamiento racional de este recurso, basándose en los estudios de capacidad de uso del terreno antes mencionados.

Los trabajos de conservación de suelos deben basarse en los estudios interdisciplinarios previamente realizados para lograr que el camino se integre en forma armónica al medio y de preferencia deben llevarse a cabo simultáneamente con las actividades de construcción, en el caso de nuevos caminos y con las de conservación cuando se trate de caminos en operación.

Existen diversos métodos de conservación de suelos, con los que se pueden realizar múltiples combinaciones, aplicables de acuerdo con las condiciones físicas, bióticas y humanas que prevalecen en cada caso especial; y por otra parte, se han implementado algunos modelos matemáticos, eficientes en ocasiones, que permiten determinar el tipo y las características generales de las obras, en función de diferentes factores (topográficos, geológicos, agrológicos, climatológicos, cubierta vegetal, etc.).

Los diversos métodos de conservación de suelos, se distribuyen en los dos grupos que se enumeran a continuación:

Grupo	Método
1. Naturales	Forestación y reforestación. Siembra de pastos. Surcado en contorno. Cercas en contorno. Distribución racional de cultivos.
2. Mecánicos.	Terrazas de banco. Terrazas de camellón. Terrazas estabilizadoras. Terrazas de absorción. Terrazas individuales. Represas para control y corrección de torrentes. Presas derivadoras. Canales de desviación. Nivelación de tierras.

Con excepción de los métodos estrictamente agrícolas que serían aplicables sólo en casos especiales, estos métodos y prácticas diferentes para conservación de los suelos y sus múltiples combinaciones, se pueden adaptar a los diversos problemas de erosión que ocurren en el derecho de vía y en las fajas adyacentes de los caminos. El criterio que se siga en cada caso para adoptar el método de conservación más conveniente, dependerá de la magnitud y las características del problema, de la localización y la importancia del camino, del uso actual del terreno y del sistema de tenencia en el área afectada, así como del valor de la tierra.

Las obras para conservación de los suelos deben realizarse preferentemente a base de mano de obra, aprovechando la fuerza de trabajo local, con la circunstancia de que durante el proceso de construcción generan gran número de empleos transitorios que pueden convertirse en definitivos una vez que los suelos han sido rehabilitados y es posible asentar a los campesinos que usufructuarán la tierra y se encargarán de conservar los trabajos

IV.C. Aprovechamiento de las obras en beneficio de la población afectada.

El camino puede ser un elemento perturbador del medio que afecte a la población asentada a lo largo de la ruta; en forma directa, por el área que se expropia para alojar el derecho de vía y las zonas de bancos de materiales, que reduce la superficie de los predios, y en forma directa, por el daño que sufren los campesinos afectados por la partición de los predios, incluyendo la división de las comunidades, que pierden su unidad; la interferencia de la comunicación, la contaminación ambiental en diversas formas, el aumento de los conflictos sociales, el incremento de los accidentes y en la mayor parte de los casos, la imposibilidad de adquirir nuevas tierras en lugares cercanos para subsistir a las expropiadas.

Para compensar estos daños, el camino debe aportar beneficios tangibles a la población local que sufre el impacto de la obra, especialmente crear ocupaciones, que serán transitorias durante el periodo de construcción de las obras básicas y de los trabajos complementarios, así como los de implementación de los subproyectos antes mencionados, para transformarse en permanentes una vez terminadas estas actividades y asentados los campesinos en las áreas dotadas de obras de conservación de suelos o cubriendo las plazas necesarias para la administración, vigilancia y conservación de los subproyectos.

Al realizar los estudios de las diferentes alternativas de localización del camino y de integración al medio ambiente, es posible identificar y estudiar en forma interdisciplinaria las diversas zonas adyacentes, subproyectos del propio camino, localizadas en una faja más o menos amplia de terreno situada a lo largo de la ruta, que pueden ligarse por medio de caminos alimentadores de corto recorrido, que preferentemente no sean aptos para vehículos automotores. Es factible desarrollar estas zonas mediante pequeñas inversiones adicionales, en coordinación con los organismos que tienen funciones afines a los objetivos de cada subproyecto.

Estas zonas adyacentes al camino pueden ser:

1. Regiones silvestres inafectadas.
Especialmente áreas representativas de los distintos tipos de selvas, suficientemente extensas para que se asegure la conservación de toda la riqueza de su fauna y vegetación, antes que el proceso de degradación afecte estas áreas.
2. Parques naturales.
Sitios de belleza innata donde se mantienen las condiciones naturales de la vida silvestre, con las modificaciones indispensables para hacerlos accesibles y confortables a los visitantes.
3. Refugios para la fauna.
Lugares para desarrollo de la vida silvestre en toda su diversidad, que sirven como albergue de la fauna local y como refugio de la fauna migratoria y se destinan a fines científicos, económicos, culturales y recreativos
4. Lagos artificiales.
Aprovechamiento de depresiones que pueden cerrarse mediante pequeños diques para formar lagos artificiales dotados de obras de control, destinados a fines recreativos a desarrollos de acuicultura, a riego o como aguajes para el ganado.
5. Protección de antecedentes históricos y culturales.
Descubrimiento y limpia de antecedentes históricos que se encuentran encubiertos por la vegetación, con fines culturales y recreativos.
6. Explotaciones agropecuarias.
Desarrollo de pequeñas explotaciones agrícolas o pecuarias, en terrenos aptos para esta clase de aprovechamientos, que se encuentran comunicados.
7. Áreas de recreo.
Sitios que cuentan con los atractivos naturales necesarios para convertirse en áreas de recreo.
8. Albergues turísticos.
Construcción de albergues turísticos en lugares atractivos para pernoctar durante el viaje o para permanecer durante temporadas.

Esta clase de aprovechamientos debe basarse en estudios de la capacidad de uso del terreno y de la tenencia de la tierra, para resolver con anticipación los problemas que podrían poner en peligro el éxito del subproyecto.

CAPÍTULO V**V. CASO ESTUDIO.**

Como ejemplo para el cálculo de la dispersión de las emisiones en la atmósfera, se presenta el siguiente ejemplo.

Se desea estimar la concentración total de hidrocarburos en un punto a 300 m en la dirección del viento de una supercarretera, a las 5:30 p.m., en un día nublado. El viento es perpendicular a la carretera y tiene una velocidad de 4 m/s. El flujo del tráfico a lo largo de la supercarretera es de 8,000 vehículos por hora, y la velocidad promedio de los vehículos es de 64 km/h. La tasa promedio de emisión de hidrocarburos de los vehículos es de 2×10^{-2} g/s.

Resolución.

Suponiendo una sección de la carretera que sea razonablemente recta a ésta se considerará que los contaminantes emanan de una fuente lineal infinita y continua. La tasa de emisión q , por longitud unitaria, se determina del producto de la tasa de emisión por vehículo multiplicada por el número de vehículos por unidad de longitud. Esta última magnitud se encuentra dividiendo la tasa de recorrido del vehículo al pasar por un punto, entre la velocidad promedio del vehículo. Por tanto,

$$\frac{\text{vehículos}}{m} = \frac{8.000(\text{vehículos/h})}{64\text{km/h}} \frac{\text{km}}{1,000m} = 0.125 \text{ vehículos/m}$$

Entonces,

$$q = 0.125 \text{ vehículos/m} \times 2 \times 10^{-2} \text{ g/vehículo} = 2.5 \times 10^{-3} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ g/s}\cdot\text{m}$$

Para un día nublado, la estabilidad es clase D. De la figura III.2, a una distancia de 300 m en la dirección del viento, el valor de σ_z es de 12 m.

Sustituyendo estos valores en la ecuación III.1 se obtiene

$$c(300) = \frac{2(2.5)(10^{-3})}{(2\pi)^{1/2}(12)(4)} = 42(10^{-6})\text{g/m}^3 = 42\mu\text{g/m}^3$$

Esta es la estimación de concentración para un período de muestreo de 10 minutos. Los criterios de calidad del aire para hidrocarburos es de $160 \mu\text{g/m}^3$, promediada durante un intervalo de 3 horas de muestreo. Como la concentración en general disminuye cuando se le promedia durante un período más largo, el valor estimado de $42 \mu\text{g/m}^3$, está dentro de dichos criterios.

En el caso de la contaminación por ruido, a continuación se presenta un ejemplo donde se muestra el procedimiento para la predicción del nivel de ruido.

Ejemplo. Se ha solicitado una evaluación de ruido de una carretera propuesta cerca de Bristol. El camino propuesto será trazado de tal forma que la línea central del camino estará a 60 m de una escuela. Emplee los siguientes datos:

Velocidad promedio del vehículo = 80.5 km/h para todos los vehículos.

Automóviles = 2,000/h

Camiones medianos = 100/h

Camiones pesados = 100/h

El terreno está nivelado y no hay barreras presentes.

De acuerdo al paso 3d (detallado en el inciso III.C.5.b), los camiones medianos y automóviles pueden ser combinados multiplicando el volumen de camiones medianos por 10, y sumando este con el volumen de autos. El volumen combinado V_e para autos y camiones medianos es $2,000 + 10(100) = 3,000$ vph. Empleando el nomograma L_{10} mostrado en la figura V.1, se procede como sigue:

1. Dibuje una línea recta a partir del punto pivote izquierdo a través del punto de 80.5 km/hr a la escala de velocidad del automóvil, extienda la línea recta para virar a la línea A a la intersección se marca como A1.
2. Dibuje una segunda línea recta a partir del punto de intersección A1 al punto de 3,000 Vph en la escala de volumen en la parte derecha de la figura. La intersección de la línea B se marca como B1.
3. Dibuje una tercera línea recta a partir del punto B1 a el punto a la escala D_c (60 m). La intersección de esta tercera línea con la escala L_{10} al observador nos da la predicción del nivel L_{10} . Para este ejemplo la predicción del nivel L_{10} es de 66 dBA. Este valor se ingresa en el renglón 9 de la NPWS (Figura V.2).

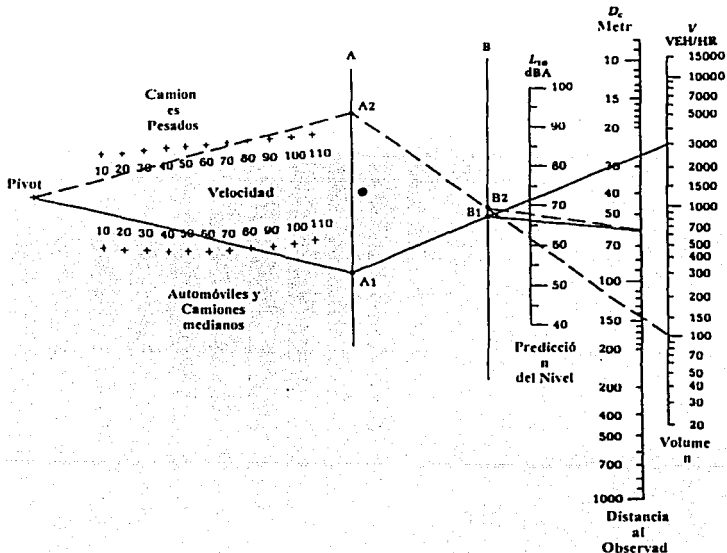


Figura V.1. Nomograma L_{10} .

Ahora se repite el procedimiento para camiones pesados, este se muestra con la línea punteada en la figura V.1, donde se obtiene que el L_{10} para camiones pesados es de 68 dBA.

No.		Estudio 1			Estudio 2			Estudio 3			Estudio 4		
		A	C_M	C_P	A	C_M	C_P	A	C_M	C_P	A	C_M	C_P
	Tráfico	Volumen vehicular (Vph)	2000	100	100								
		Vp (Km/h)	80.5	80.5	80.5								
		V_C (Vph)	3000										
	Prop	D_C (m)	60										
		L/S (m)	---										
		P (m)	---										
		B (m)	---										
		H (m)	---										
	Predicción	L_{10} (dBA)	66	---	68								
		Ajuste por la barrera (dBA)	0										
		L_{10} al observ. (por tipo de vehículo)	66	---	68								
		L_{10} total (dBA)	70 dBA										

Figura V.2. NPWS (Hoja de trabajo para predicción del ruido).

El nivel combinado de autos y camiones es calculado por la suma de decibeles (fig. V.3) y es de 70 dBA.

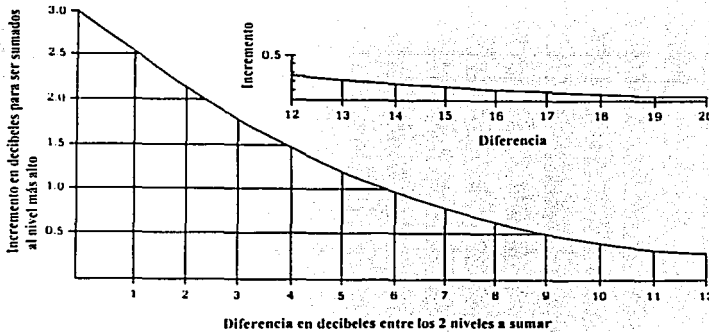


Figura V.3. Gráfica para suma de decibeles.

Un caso donde se engloban diversos aspectos de la evaluación del impacto ambiental es la carretera Morelia-Salamanca.

Carretera Morelia-Salamanca.

A. Descripción del proyecto.

La carretera Morelia-Salamanca, que une dos ciudades de relevancia socioeconómica, es un eje troncal de importancia para el desarrollo de la región, la cual cuenta con una intensiva actividad agrícola y ganadera así como un gran valor turístico e industrial. Para sostener el desarrollo socioeconómico de esa región, se requiere contar con la infraestructura adecuada a las necesidades actuales y futuras.

Para el proyecto se determinó una carretera de cuatro carriles de 109.3 km de longitud, para una velocidad máxima de 110 km/h. Se consideraron tres alternativas para el trazo.

La primera alternativa proponía aprovechar el trazo de la carretera No. 120 existente, ampliándola a cuatro carriles desde su origen en Morelia, hasta el km 20+000, de donde se continuaría con dos carriles de circulación hasta Salamanca.

La segunda alternativa consideró el aprovechamiento íntegro de la carretera No. 120 para la ampliación a cuatro carriles de circulación, con modificaciones en el cruce de la Laguna de Cuitzeo (km 25+500), y en el km 67+200, donde cruzaría la Laguna de Yuriría.

La tercera alternativa es una combinación de las dos anteriores y consideró el aprovechamiento del trazo existente desde el origen hasta el km 20+000, para la ampliación del cuerpo a cuatro carriles, a partir de donde se combinaría con el trazo de la alternativa dos para hacer el trazo lo más recto posible sin dejar de considerar la construcción de libramientos, así como la protección y conservación de las Lagunas de Yuriría y Cuitzeo, aprovechando para ello los trazos existentes.

B. Aspectos generales del medio natural y socioeconómico.

Medio físico.

La región pertenece a la subprovincia de Sierras y Bajíos Michoacanos y a la del Bajío Guanajuatense. La mayoría del área está conformada por rocas ígneas del terciario superior y en menor extensión existen sedimentarias del cuaternario.

En cuanto a la hidrografía se localizan dos lagunas: la de Yuriría, que pertenece al estado de Guanajuato, destinada para riego, y la de Cuitzeo en el Estado de Michoacán.

A lo largo del trazo de la carretera, se presentan dos tipos de clima: de Salamanca a Uriangato es semicálido, subhúmedo con lluvias en verano. En el resto del área el clima es templado, subhúmedo con lluvias en verano.

El tipo de suelo es vertisol y sólo en dos pequeñas zonas, al oeste del Valle de Santiago y Morelia, existe feozem.

Medio Biótico.

Flora

A lo largo del trazo se tienen diferentes tipos de vegetación: matorral xerófilo, pastizales halófilos y bosques de encino y de oyamel.

Fauna

La fauna es escasa debido a la caza excesiva y a la destrucción de su hábitat. No obstante, se han reportado las siguientes especies

Mamíferos: tlacuaches, armadillo, conejo, ardillas, mapaches y venados.
Aves: diversas especies de patos migratorios, garzas y cercetas.

Peces: charales, chegua, carpa y pez blanco.

Medio socioeconómico

El área de influencia del proyecto incluye parte de los estados de Guanajuato y Michoacán. EN Guanajuato, los municipios beneficiados son Salamanca y Yuriria, y en Michoacán son: Alvaro Obregón, Copándaro de Galeana y Cuitzeo. Estos municipios, a semejanza con los de la zona central del país, presentan una pirámide de edades engrosada en las edades juveniles, estando más representada en la etapa de los cinco a los nueve años

Con relación a los servicios, la mayoría de las viviendas de los municipios cuentan con energía eléctrica. En cuanto al alcantarillado, es muy deficiente y en el mejor de los casos, la mitad de las viviendas en el municipio de Salamanca cuenta con el servicio. Los municipios restantes presentan menos del 30% de cobertura del servicio, siendo el más bajo Copándaro de Galeana, con 4%.

La población económicamente activa en los cinco municipios está constituida aproximadamente por la mitad de los habitantes de doce años y más, siendo la principal rama de desarrollo la agricultura.

En el aspecto cultural, la zona es rica en monumentos históricos como por ejemplo la catedral de San Nicolás en Morelia; también, rumbo a Cuitzeo se cruza la Laguna del mismo nombre cuyos accesos están enmarcados por cuatro obeliscos coloniales. Además, se tiene conocimiento sobre restos fósiles de grandes mamíferos y reptiles sepultados en el caso de la Laguna de Cuitzeo y en sus márgenes.

C. Identificación de impactos ambientales.

Análisis de alternativas

Al aprovechar la primera alternativa, el trazo de la carretera No. 120 y su derecho de vía, los impactos adversos a los medios biótico y físico no serían significativos. En el medio humano, las condiciones socioeconómicas se verían mínimamente beneficiadas, pero el nivel de servicio de la carretera sólo se mejoraría parcialmente dentro de los primeros veinte kilómetros.

Con las modificaciones y rectificaciones propuestas en la segunda alternativa, los impactos que podrían darse al ambiente, serían adversos significativos, como por ejemplo: en el cruce de las Lagunas de Cuitzeo y Yuriria, cuya calidad del agua se vería alterada desfavorablemente; por consiguiente, la flora y fauna que en ellas se encuentran serían también impactadas adversamente.

En cuanto al medio socioeconómico, la calidad de vida en poblados como Moroleón, Cuitzeo y Valle de Santiago, se verá disminuida al ampliarse el cuerpo a cuatro carriles.

En el caso de la tercera alternativa, al aprovecharse el trazo de la carretera existente y su derecho de vía en la Laguna de Cuitzeo y al librarse con un nuevo trazo la de Yuriria, el impacto al medio biótico y físico que se generasen no serían significativos. De igual manera, al considerarse la construcción de libramientos en las poblaciones Moroleón, Cuitzeo, Uriangato, Magdalena de Arceo y Valle de Santiago, se evitaría su afectación, mejorándose su calidad de vida.

La conclusión a que se llegó en el análisis de las alternativas, basándose en la posibilidad de mitigar los impactos ambientales potenciales de cada una de ellas, dio como resultado la elección de la tercera alternativa, considerándose los siguientes aspectos:

- 1) Aprovecha el trazo del camino existente y su derecho de vía ampliando la capacidad de la carretera a cuatro carriles en setenta kilómetros.
- 2) Evita impactos adversos significativos a las Lagunas de Cuitzeo y Yuriria.
- 3) Se proporciona comunicación a las poblaciones de Puerto de Andaracua, Cuadrilla de Andaracua, Manga de Buenavista y Jerónimo de Arceo.
- 4) Mejora la calidad de vida en las poblaciones de Magdalena de Arceo, Cuitzeo, Moroleón, Uriangato y Valle de Santiago.
- 5) Se mejoran curvas no adecuadas para alta velocidad y por consiguiente, los tiempos de recorrido se disminuyen.

Identificación de impactos.

A continuación se describen los impactos que pueden presentarse en las actividades para la implantación del proyecto.

Disposición del derecho de vía.

Considerando el aprovechamiento de la mayor parte del trazo, así como su derecho de vía, y que para alojar los nuevos tramos se eligieron los terrenos menos productivos, los impactos que se producirán a la tenencia de la tierra y al uso del suelo, serían poco significativos y mitigables.

Desmante y despalme.

Los impactos derivados de esta actividad, serán poco significativos y mitigables, debido a que se efectuará dentro del derecho de vía de la carretera existente, en zonas reducidas.

Explotación de bancos de material.

Al uso potencial del suelo, a las características geomorfológicas y a la calidad del aire, se le producirán efectos adversos no significativos al no requerirse de la construcción de caminos de acceso, al tipo de material a extraer y a que la extracción se realizará por medios mecánicos.

Excavación y cortes.

Dado que esta actividad se realizará en gran parte dentro del derecho de vía, el impacto al uso potencial del suelo será adverso no significativo. En cuanto a las características geomorfológicas, los efectos, serán adversos no significativos, ya que las características del terreno no cambiarán de manera significativa.

Terraplenes y rellenos.

A los bordes de la Laguna de Cuitzeo, así como sus características de drenaje y flujo no se les ocasionarán efectos adversos significativos, ya que se aprovechará la carretera existente.

A la apariencia del agua en la laguna no se le producirán efectos adversos significativos, debido a que este cuerpo de agua se encuentra en proceso de eutroficación.

Al relieve y características topográficas se le producirán efectos adversos poco significativos, debido a que las ampliaciones se realizarán aprovechando el cuerpo de la carretera existente.

Alcantarillas y subdrenes.

Las alteraciones al fondo o bordes, las características del drenaje y las variaciones del flujo en la Laguna de Cuitzeo, tendrán un efecto benéfico significativo, debido a que las alcantarillas y subdrenes tendrán las características necesarias para no variar las condiciones de flujo y drenaje, con lo cual también se evitará la formación de zonas inundables a lo largo del trazo.

Colocación de la carpeta asfáltica.

A la calidad del aire se le ocasionará un efecto adverso no significativo y mitigable. La intensidad y duración del ruido producidos tendrán un efecto adverso no significativo y mitigable, debido al carácter temporal de esta actividad.

Tránsito normal y tránsito en horas y días pico.

La calidad del aire tendrá un efecto adverso no significativo y mitigable. En cuanto a la intensidad y duración del ruido, se tendrán efectos adversos poco significativos.

Conservación.

Esta actividad en cada una de sus modalidades producirá efectos benéficos significativos a la infraestructura, los servicios regionales, la salud pública y el estilo y calidad de vida. EN cuanto a la economía regional, el efecto de la generación de empleo será no significativo.

Generación de empleos.

En el empleo y mano de obra se producirán efectos benéficos significativos durante la primera parte del proyecto, para después disminuir dicho efecto a medida que avanza la construcción.

D. Medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales identificados.

1. Para minimizar los impactos potenciales del proyecto al ambiente, se manejó el criterio de aprovechar en lo posible el trazo y derecho de vía de la carretera existente.
2. Considerando las condiciones particulares de la Laguna de Cuitzeo y las informaciones sobre la existencia de fósiles en sus márgenes, se optó por cruzar por el mismo sitio en que lo hace la carretera existente mediante la construcción de una estructura paralela dentro del derecho de vía.
3. Para evitar alteraciones al flujo en la laguna se proyectaron las obras de drenaje adecuadas.
4. Para garantizar la protección al estilo y calidad de vida de aquellas poblaciones por las que cruza la carretera actual, se determinó la construcción de libramientos en: Cuitzeo, Cuitzeo del Porvenir, Magdalena de Arceo, Moroleón, Uriangato y Valle de Santiago.
5. Con objeto de evitar cruzar la Laguna de Yuriria, se optó por la ampliación de la carretera existente, en este tramo en donde con una curva de transición se seguirá por el trazo nuevo de la carretera.
6. Considerando la topografía como un factor determinante, se evita la desproporción de cortes y terraplenes, lo que se hace evidente al alejar deliberadamente el proyecto en el punto ubicado en el kilómetro 23+500, en las faldas del cerro El Aguaje.
7. Los bancos de material se seleccionaron en terrenos alejados de cualquier población, con acceso inmediato desde la carretera existente, desde la fuente de trabajo o aprovechando un camino de terracería en operación.

8 AL ampliar la carretera aprovechando el derecho de vía, se evita la afectación de terrenos agrícolas, y en los nuevos tramos, el proyecto se localiza estratégicamente bordeando dichos terrenos con objeto de afectarlos en mínima proporción

E Conclusiones

Como puede observarse en el proyecto de modernización de la carretera Morelia-Salamanca la importancia de los aspectos ambientales influyó directamente en las decisiones. De las tres alternativas propuestas se seleccionó la que corresponde ventajosamente al criterio de minimizar los efectos adversos al ambiente.

En la primera alternativa se aprovecha la carretera existente sin ninguna modificación, mientras que en la segunda se amplía la carretera a cuatro carriles de circulación aprovechando su trazo y derecho de vía, corrigiendo pendientes y curvas que deban ajustarse a las nuevas especificaciones del proyecto y alterando tramos de trazo nuevo, principalmente, debido a la creación de libramientos en algunas poblaciones.

La tercera es la alternativa relevante, en ella se procede en forma similar a la anterior ya que se amplía la carretera existente y se alteran tramos del trazo nuevo, pero profundizando en el análisis ambiental, principalmente en la zona de las lagunas de Cuitzeo y Yuriria, en que se determina la optimización del trazo.

Considerando los antecedentes ambientales, el deterioro y el interés paleontológico y arqueológico de la Laguna de Cuitzeo, se decidió cruzarla por el sitio donde los efectos resultarían mínimos, mediante una estructura paralela dentro del derecho de vía, respetando el valor arquitectónico de la carretera existente.

Dadas las características culturales e influencia regional de la población de Cuitzeo del Porvenir, se decidió preservar sus formas de vida tradicionales, creando un libramiento que evite el paso a través del poblado.

En el caso de la Laguna de Yuriria, se decidió que el trazo no cruzara por ella para evitar afectarla, decidiéndose pasar por la margen exterior mediante un trazo nuevo que la libraría.

A continuación se presenta el Estudio de Impacto Ambiental de la misma carretera, pero este corresponde únicamente al tramo Cuitzeo – Salamanca.

a) Declaración del avance que guarda el proyecto al momento de elaborar el estudio de Impacto ambiental.

Al momento de la elaboración de esta Manifestación de Impacto Ambiental, el tramo carretero Cuitzeo - Salamanca no presenta avance físico, ya que se encuentra en etapa de proyecto y aún no se ha determinado la fecha de inicio de las obras en dicho tramo.

b) Tipo de obra que se pretende llevar al cabo, especificando si el proyecto o actividad se desarrollará por etapas. Procesos involucrados

Es un proyecto carretero que iniciará en el km 30+300 de la carretera Federal N° 43 (Morelia - Salamanca) dentro de la parte desecada de la Laguna de Cuitzeo, que colinda con el poblado de Cuitzeo, municipio del mismo nombre, en el estado de Michoacán. El desarrollo de este proyecto cruzará parte del municipio mencionado y, en el estado de Guanajuato, cruzará los municipios de Moroleón, Uriangato, Yuriria y Valle de Santiago. Terminará en el km 105+000 de la misma carretera (entronque con el libramiento Salamanca) en la periferia sur de la ciudad de Salamanca, municipio del mismo nombre. La longitud total de dicho proyecto será de 74.591 km.

El proyecto consiste en la rehabilitación y ampliación de la corona del cuerpo carretero existente entre los km 38+000 - 39+400, 43+400 - 46+000, 53+374 - 57+000 y 57+000 - 72+000; la modificación al trazo actual y la construcción de un nuevo cuerpo carretero entre los km 30+300 - 38+000, 39+400 - 43+400, 46+000 - 53+374 y 72+000 - 91+927. Además, se efectuará la rehabilitación y ampliación del cuerpo carretero existente y la construcción de un nuevo cuerpo carretero, cuyo trazo correrá del lado derecho y paralelo al

cuerpo mencionado entre los km 91+927 - 105+000, por lo que, al término de la construcción de esta etapa del proyecto, este tramo contará con cuatro carriles de circulación, dos en cada sentido.

Las etapas de realización del proyecto Cuitzeo - Salamanca serán: la de preparación del sitio y construcción y la de operación y mantenimiento. Los procesos constructivos requeridos para efectuar esta obra son: formación de terracerías, explotación de bancos de material, pavimentación y construcción de estructuras mayores y menores.

c) Tipo y cantidad de los materiales y sustancias que serán utilizados en las diferentes etapas del proyecto (preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono).

La construcción de esta carretera requerirá de materiales de la región provenientes de bancos de préstamo, de agua que se obtendrá de fuentes regionales y de materiales industrializados que se suministrarán principalmente de las ciudades de México D.F., Querétaro Qro., Celaya Gto. y Morelia Mich.; su traslado a los diferentes almacenes de la obra se hará mediante transportación comercial. Entre estos materiales se encuentran:

<i>Tipo de material</i>	<i>Cantidad</i>
<i>Material de préstamo (de bancos de material):</i>	
Para terracerías	1,100,000 m ³
Para pavimentos	280,000 m ³
Material pétreo para carpetas de cemento asfáltico	35,800 m ³
Para estructuras	65,000 m ³
Piedra para mampostería	2,100 m ³
Arena	1,400,000 m ³
<i>Materiales industrializados:</i>	
Acero de refuerzo	292,000 kg.
Asfaltos	2,075 m ³
Cemento asfáltico N° 6	6 8,300,000 kg.
Aditivos	85,000 l.
Tubos de concreto	500 m.

d) Tipo y cantidad de los residuos que se generan en las diferentes etapas del proyecto y destino final de los mismos.

Los residuos generados durante la etapa de preparación del sitio y construcción son los siguientes:

- Emisiones a la atmósfera. Consiste en humos y gases producto de la operación de la maquinaria utilizada y el polvo del material suelto por la construcción de las obras.

- Descargas de aguas residuales. En los campamentos y oficinas propuestos en las poblaciones de Moroleón y Valle de Santiago se descargaran las aguas en la red de drenaje municipal; se estima que el volumen que se evacuará durante el tiempo que dure la construcción de la carretera será aproximadamente de 3,000 m³.

- Residuos sólidos. Son el producto de los desmontes, material de desperdicio en cortes, empaques de materiales industrializados (papel, metal, madera, plásticos, etc.) y desechos de alimentos. En el caso de desmontes, estos serán mínimos debido a la vegetación del lugar y se les proporcionarán a los pobladores del lugar; el material de desperdicio en cortes se empleará, al igual que el producto del despalle, para arropar los taludes del terraplén; los empaques de materiales y desechos de alimentos se depositarán donde lo ordene la supervisión de la obra.

Los residuos generados en la etapa de operación y mantenimiento son los siguientes:

- Emisiones a la atmósfera. Una vez que las obras estén terminadas y entren en operación, las emisiones a la atmósfera estarán conformadas por humos y gases provenientes de los escapes de los vehículos automotores, los cuales no deberán exceder los niveles máximos permitidos por las Normas Técnicas Ecológicas.

- Residuos sólidos. Son los desechos que arrojan los viajeros (latas, cartón, vidrio, plásticos, alimentos, etc.), además de desperdicios pétreos y de materiales industrializados utilizados en el mantenimiento de la carretera. Estos residuos se recolectarán en tambos metálicos y se llevarán finalmente a los tiraderos que indique la oficina de mantenimiento correspondiente.

e) Normas Oficiales Mexicanas que rigen el proceso.

Las normas oficiales mexicanas que rigen el proceso constructivo del proyecto Ciutzeo - Salamanca son las siguientes:

- Normas técnicas contenidas en los libros de normas para la construcción e instalación de carreteras y autopistas, editadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (estas normas no son oficiales).
- Normas técnicas con carácter jurídico obligatorio y general, contenidas en la ley Federal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Dentro de esta ley los artículos referidos a la protección atmosférica, protección a las aguas, protección a los suelos y protección al ambiente.
- Reglamento para la prevención y control de la contaminación ambiental originada por la emisión de humos y polvos.
- Reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas.
- Ley de conservación de suelo y agua.
- Normas Técnicas, Ecológicas emitidas por SEDESOL: NOM-CCAT-003 ECOL/1993; NOM-CCAT-008-ECOL/1993; NOM-CCAT-010-ECOL/1993; NOM-CCAT-014-ECOL/1993; NOM-059-ECOL/1994.

- Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.

f) Técnicas empleadas para la descripción del medio físico, biótico y socioeconómico, señalando expresamente si el proyecto afecta o no a especies únicas o ecosistemas frágiles.

- Recopilación y análisis de información.

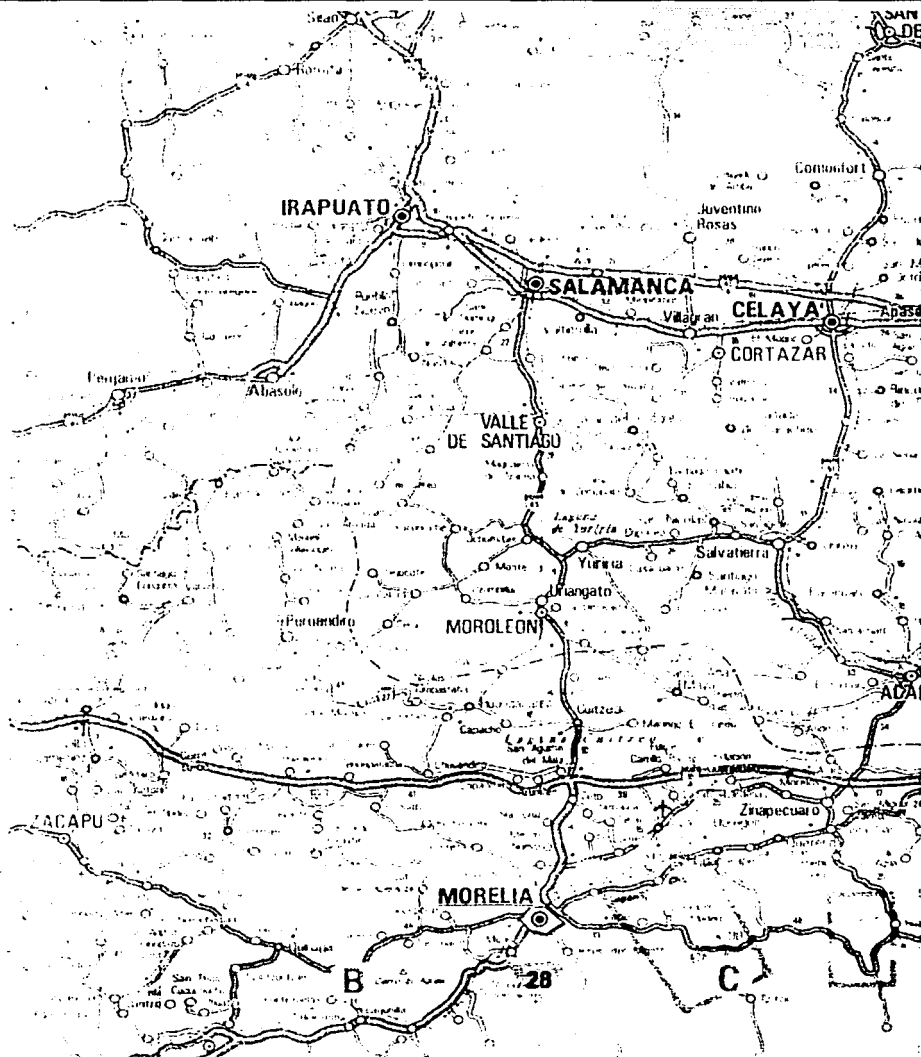
Dentro de las primeras actividades que se desarrollan está la recopilación y análisis de información disponible, lo que permite, por un lado, conocer en detalle las características de la obra que se va a realizar y, por otro, los diversos ambientes naturales a través de los cuales pasa el libramiento.

En esta etapa se contó con la información necesaria para la descripción de la obra; dicha información consiste en el larguillo del proyecto a la escala de 1:50,000, las secciones tipo, la planta 1:2,000 y el perfil correspondiente, así como las fotografías aéreas, cantidades de obra (desmonte, despalme, excavaciones y préstamos de banco), ubicación de bancos de material y la relación y tipo de obras de drenaje menor y entronques viales. Toda esta información la proporcionó la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Dirección de Proyecto de Carreteras.

Los datos ambientales sobre rasgos físicos, biológicos y socioeconómicos se obtuvieron de diversas fuentes de información; mismas que aparecen reportadas en las referencias de este estudio.

Finalmente, se trabajó con cartografía de INEGI, en escala 1:50,000, para todo lo referente a topografía, hidrología, edafología, uso de suelo y vegetación para así poder realizar planos y figuras de presentación.

Una vez recopilada la información necesaria en las diferentes fuentes oficiales, bibliotecas y centros de información se procedió a ordenarla, clasificarla y seleccionarla con el fin de tomar tan sólo en consideración aquellos datos útiles y necesarios para el estudio.



Plano 1. Localización del tramo carretero en estudio.

- Visita de campo.

La visita de campo tuvo como fin recorrer la totalidad del tramo carretero, objeto del presente estudio, y realizar un reconocimiento del área por verificar y actualizar los rasgos físicos, biológicos y socioeconómicos recopilados, así como la ubicación del proyecto, de esta forma se confirmó que la construcción de dicho proyecto no afecta especies únicas o ecosistemas frágiles.

- Descripción de la obra a realizar y de los componentes ambientales.

La descripción de la obra analizada en este estudio y de las características del ambiente en el área del proyecto y de posible influencia se realizó con la ayuda de la información recopilada y generada en campo, también se complementó e ilustró con planos, figuras, tablas, listas florísticas y de fauna silvestre y las fotografías que se tomaron en campo.

De esta manera se creó el diagnóstico del área en donde se ubicará el proyecto lo más apegado a la realidad, ya que sólo así se contará con los elementos necesarios para evaluar de forma eficaz los impactos que se producirán por el desarrollo de dicho proyecto carretero.

g) Ubicación física del proyecto en un plano en donde se especifique su localización.

La carretera Cuitzeo - Salamanca se ubica en los estados de Michoacán y Guanajuato al centro de la República Mexicana. Su trazo se localiza geográficamente entre las coordenadas 101° 05' y 101° 15' de longitud oeste y 19° 55' y 2° 35' de latitud norte. El plano 1, muestra el trazo mencionado sobre la topografía del terreno, así como los cuerpos de agua, caminos y poblaciones que se encuentran dentro de su área de influencia.

h) Características del sitio en que se desarrolla la obra, así como el área circundante a ésta, indicando explícitamente si se afectará o no alguna Área Natural Protegida, tipos de ecosistemas o zonas donde existan especies o subespecies de flora y fauna en peligro de extinción, amenazadas, raras, sujetas a protección especial o endémicas.

El área donde se localiza el proyecto carretero Cuitzeo - Salamanca se encuentra al norte del estado de Michoacán y al sur del estado de Guanajuato, por lo que se ubica dentro de la Provincia Fisiográfica del eje Neovolcánico que se caracteriza por presentar llanuras lacustres limitadas por sierras volcánicas. Los tipos de climas presentes a lo largo del trazo son: del km 30+300 al km 47+500 templado húmedo y del 47+500 al km 105+000 cálido húmedo, ambos con régimen con lluvias en verano.

El proyecto se inicia dentro de lo que antes era la laguna de Cuitzeo y que en la actualidad se encuentra seca. Se localiza al oeste y noroeste de la laguna, continúa por lomeríos distribuidos irregularmente con valles de dimensiones reducidas, pasando por una zona de piedemonte que bordea algunos cerros y que sirve de transición para llegar a las llanuras de Valle de Santiago y Salamanca, donde finaliza este proyecto carretero.

Hidrologicamente se encuentra dentro de la región N° 12 Lerma - Santiago, cuyo principal río es el Lerma que pasa a 3 km al este del km 102+500. Todas las otras corrientes cercanas son intermitentes y los cuerpos de agua que pueden verse afectados por la obra son el lago de Cuitzeo y la presa Yuriria.

El proyecto carretero contempla varios tramos que son libramientos de poblaciones y en los cuales se va a construir un nuevo cuerpo, es en estos lugares donde se observan los siguientes tipos de vegetación: terrenos de cultivo tanto de temporal como de riego en la mayor parte de la superficie y en pequeños manchones de vegetación primitiva de Bosque espinoso o Matorral Subinermes asociado con Mezquite, Cardonal y Nopalera en algunos casos y de Matorral Subtropical Caducifolio asociado con Matorral Xerófilo en otros.

A partir de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECO-1994 publicada en el Diario Oficial de la Federación de fecha 16 de mayo de 1994, se determinan las especies y subespecies de flora y fauna silvestre terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial. De acuerdo a las observaciones de campo, sólo se encontró una especie de la familia de las Leguminosas clasificada como

amenazada; algunos de sus especímenes se encuentran en la parte por donde pasará el libramiento de Valle de Santiago (entre el km 79 y el km 81).

Con respecto a la fauna, en la visita de campo sólo se observaron algunas aves y los habitantes de la región mencionaron la existencia de mamíferos como ardillas, conejos, hacuachas, tigrillos y zorras, además de reptiles como la víbora de cascabel.

La rehabilitación de la carretera Cuitzeo - Salamanca con su nuevo trazo, el cual libra poblaciones como Cuitzeo, La Cinta, Cuarcacurio, Magdalena de Arceo, San Jerónimo y Valle de Santiago comunica al Bajío Guanajuatense con el estado de Michoacán y atraviesa una región muy poblada y con una producción agropecuaria e industrial importante para el centro del país. Las seis cabeceras municipales a las que enlaza este tramo carretero cuentan con la infraestructura suficiente, por lo que se puede decir que son zonas urbanas; las demás poblaciones colindantes al trazo corresponden al medio rural, a todas ellas se les permitirá una movilización más rápida y segura a destinos regionales y con la ciudad de México.

i) Superficie requerida.

Esta comprende el ancho del derecho de vía de los diferentes subtramos por su longitud respectiva, de donde se obtiene una superficie total requerida de 3,630,690.00 m², la cual representa 363.069 ha. En la Tabla V-1 se indica el cálculo de dicha superficie.

Tabla V-1 Superficie requerida

Cadenamiento	Longitud (m)	Ancho D.D.V. (m)	Área (m ²)
30+300-38+000	7,700.00	60.00	462,000.00
38+000-39+400	1,400.00	40.00	56,000.00
39+400-43+400	4,000.00	60.00	240,000.00
43+400-46+000	2,600.00	40.00	104,000.00
46+000-52+038	6,038.00	60.00	362,280.00
53+374-57+000	3,626.00	45.00	163,170.00
57+000-61+000	4,000.00	40.00	160,000.00
61+000-72+000	11,021.00	40.00	440,840.00
72+000-84+506	13,708.00	60.00	822,480.00
84+506-91+927	7,421.00	40.00	296,840.00
91+927-105+000	13,073.00	40.00	522,920.00
Sumas	74,591.00		3,630,690.00

FUENTE : SCT

j) Identificación y evaluación de impactos ambientales y evaluación cuantitativa, señalando el total de impactos adversos, benéficos y su significancia, así como los impactos inevitables, irreversibles y acumulativos del proyecto.

ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO	EVALUACIÓN	
		GRADO	TIPO
Clima	Cambios en el microclima debido a la pérdida de vegetación en el desmonte, la pavimentación y la construcción de estructuras mayores.	A1	Inevitable Acumulativo
Aire	Deterioro de la calidad del aire a lo largo del tramo carretero ocasionado por emisiones contaminantes de los motores de combustión interna que operen durante la construcción y a los vehículos que transiten por la carretera en la etapa de operación.	A2	Acumulativo
Suelo	Incremento en la erosión debido a cortes en los tramos de libramientos. Contaminación del suelo ocasionada por derrames accidentales durante la operación de la maquinaria y equipo, así como con el tránsito de vehículos durante la operación de la carretera.	A2	Inevitable
		A2	Acumulativo Evitable
Agua superficial	Azolve de cuerpos de agua (Laguna de Cuitzeo y Presa Yuriria) por el incremento en la cantidad de sedimentos que llevan las corrientes intermitentes de la zona.	A3	Acumulativo
Agua subterránea	Disminución en la recarga vertical por la ampliación de la carretera, en algunos casos, y la construcción de nuevos cuerpos en los otros, provocando la alteración de las condiciones de permeabilidad de la zona en todo el tramo.	A1	Acumulativo
Vegetación	Desmonte de bosque tropical caducifolio del km 78+000 al 82+000, así como de matorral Xerófilo en todo el tramo de la carretera. Daño a los terrenos de cultivo aledaños al tramo carretero por caminos de acceso a la obra, disposición inadecuada de basura durante la etapa de operación y mantenimiento.	A3	Inevitable acumulativo
		A2	Acumulativo
Fauna	Desaparición de los habitats de fauna silvestre y ahuyentamiento por ruido posiblemente del km 78+000 al 82+000. Creación de barreras para el desplazamiento de animales silvestres y atropellamiento en los mismos kilómetros.	A3	Inevitable Acumulativo
		A2	Inevitable
Paisaje	Cambio en la geomorfología de la región por cortes en los tramos de libramientos (cuerpos nuevos). Impacto benéfico en la operación de la carretera por la reforestación del derecho de vía y su mantenimiento.	A2 B3	Inevitable Acumulativo
Medio Socioeconómico	Cambio en el uso y tenencia del suelo en zonas de libramientos. Subdivisión de predios, pérdida de la comunicación y disminución de la productividad del km 70+000 al 90+000. Daño en la salud de los pobladores por operación de maquinaria y equipo en la etapa de construcción y por tránsito vehicular en la etapa de operación al mismo tiempo que aumento de accidentes. Demanda temporal y permanente de mano de obra durante las etapas de construcción y mantenimiento. Incremento en la derrama económica en la población del área de influencia.	A3	Inevitable
		A3	Inevitable
		A2	Evitable
		B3 B3	

A - Adverso 1 - no significativo.
B - Benéfico 2 - medianamente significativo

3 - muy significativo

k) Medidas de mitigación y compensación que pretenden adoptar, las cuales deberán relacionarse con los impactos identificados.

Para los impactos ambientales anteriormente mencionados se proponen las siguientes medidas de mitigación:

IMPACTOS	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
<p><u>Clima</u></p> <p>Cambios en el microclima debido a la pérdida de vegetación por desmonte y colocación de pavimentos en zonas de libramientos.</p>	<p>Los efectos en el microclima pueden minimizarse estableciendo vegetación en camellones y en ambos lados de los cuerpos de la carretera, lo cual también sirve como medida contra el ruido y es paisajísticamente recomendable.</p>
<p><u>Aire</u></p> <p>Emisiones a la atmósfera ocasionadas por la operación de equipo y maquinaria con motores de combustión interna en la etapa de construcción y del tránsito vehicular en la etapa de operación.</p>	<p>Proporcionar mantenimiento al equipo, cuidando que esté en buenas condiciones.</p> <p>Realizar un programa de señalización adecuado que permita que el tránsito vehicular sea fluido y que la velocidad sea constante en zonas interurbanas.</p>
<p><u>Suelo</u></p> <p>Incremento en la erodabilidad de los suelos por cortes, excavaciones, nivelaciones y estructuras mayores y menores.</p> <p>Disminución de la calidad del suelo por derrames accidentales en la operación de maquinaria y equipo.</p>	<p>Suavizar las pendientes de los terraplenes y cortes (km 78 al 82). Posteriormente cubrir estas superficies con suelo fértil procurando aprovechar el que sea removido durante el despalme.</p> <p>Es recomendable que los combustibles se coloquen sobre superficies impermeables que cuenten, en su límite exterior, con una barrera de 10 a 15 cm de alto que permita, en caso de accidente, que el combustible se recupere en su totalidad.</p>
<p><u>Aguas superficiales</u></p> <p>Disminución de la calidad del agua por el incremento de sólidos en suspensión provenientes de lugares donde se ha intensificado la erosión debido a actividades de desmonte, despalme, cortes, excavaciones y nivelaciones.</p>	<p>En estos casos resulta conveniente establecer pequeñas presas de decantación, con el fin de que, al verter el agua al cauce (en caso de las lagunas de Cuitzeo y Yuriría), ésta contenga una menor cantidad de sedimentos.</p>
<p><u>Vegetación</u></p> <p>Desmonte y despalme de vegetación de bosque espinoso y de terrenos de cultivo en zonas de libramientos y áreas contiguas a las estructuras.</p>	<p>Estas labores deberán realizarse en las superficies estrictamente necesarias.</p> <p>El producto de despalme deberá protegerse adecuadamente.</p> <p>Capacitar al personal que trabaje en la obra para la protección al ambiente en zonas aledañas.</p> <p>Señalización adecuada para el paso de animales silvestres en zonas de nuevos cuerpos.</p>
<p><u>Fauna</u></p> <p>Desaparición de los habitats de la fauna silvestre en zonas de libramientos y efecto barrera en la etapa de operación de la carretera.</p>	<p>Señalización adecuada para evitar fogatas, incendios forestales y disposición inadecuada de basura.</p>
<p><u>Paisaje</u></p> <p>Integración de la obra en libramientos con el paisaje de la</p>	<p>Llevar a cabo la limpieza de acabado al finalizar la construcción de las obras e implementar el programa de</p>

IMPACTOS	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
región	reforestación del derecho de vía.
<p>Medio socioeconómico</p> <p>Disminución de la producción en el área agrícola colindante por el tránsito continuo de personas durante la etapa de construcción.</p> <p>Generación de empleos temporales en la etapa de construcción y permanentes en la etapa de mantenimiento.</p> <p>Incremento en el tránsito vehicular en la etapa de operación con el consecuente riesgo de accidentes.</p>	<p>Evitar el movimiento de equipo y maquinaria fuera del derecho de vía y la disposición inadecuada de materiales y desperdicios.</p> <p>Asignación de los empleos generados de preferencia a la población regional y reglamentación de dichas contrataciones.</p> <p>Programa de señalización que evite y prevenga accidentes.</p>

I) Conclusiones

Al hacer un balance de la información analizada en el presente estudio se ha llegado a las siguientes conclusiones.

- Los impactos adversos que generará la construcción de las obras afectarán principalmente los terrenos de cultivo, al suelo y a las lagunas de Cuitzeo y de Yuriria.
- Los impactos benéficos serán para la población de las localidades de Cuitzeo, Moroleón, Uriangato, Valle de Santiago y poblaciones circunvecinas debido a la demanda de mano de obra y a la derrama económica que provocará la construcción y operación del tramo carretero Cuitzeo - Salamanca en esta región.
- La mayor parte de los terrenos que atraviesa la carretera, en la zona donde se construirán cuerpos nuevos y en las áreas aledañas a las ampliaciones del cuerpo actual, están destinados a la agricultura de temporal o de riego, por lo cual este tipo de uso del suelo es el más afectado por la construcción de la obra.
- La vegetación natural de la región de Mezquital o Bosque Espinoso también se ve afectada por la ampliación y rehabilitación del tramo carretero, por lo cual es muy importante tomarla en cuenta cuando se realice el programa de reforestación del derecho de vía.
- La explotación de los bancos de material, que es la que generalmente causa los impactos más significativos sobre la vegetación, el suelo y el paisaje se minimiza en este caso al utilizar el material resultante de algunos cortes para rellenos en otras áreas y por la utilización de bancos privados en explotación, de los cuales se tienen varios en esta región, tanto para terracerías como para pavimentos. De esta forma los impactos serán menores en el área de influencia del proyecto.
- Las corrientes de agua en toda la región por la que atravesará este proyecto carretero son de tipo intermitente y en la etapa de preparación del sitio y construcción estarán expuestas a azolves, que se llevarán a los cuerpos de agua alimentados por dichas corrientes (Laguna de Cuitzeo, al sur del trazo, presa Yuriria en el centro y río Lerma al norte del mismo). Para evitar lo anterior se propone que existan presas de decantación cercanas a la obra, que detengan al material erosionado y desperdiciado en esta etapa.
- A los lados del cuerpo carretero deberán realizarse labores de almacenamiento adecuadas del producto de despalme para que éste se aproveche en el arripe de taludes y en la reforestación del derecho de vía. Es conveniente hacer hincapié en que estas medidas se programen debidamente en el calendario de obras, con el objeto de minimizar los problemas de erosión del suelo provocados por la ausencia de vegetación. Además, se podrá optimizar el empleo de la maquinaria existente en la zona pues también se usará para nivelar el terreno y colocar la capa de despalme.
- Finalmente, el efecto positivo más importante que logran las carreteras es la optimización de tiempos de recorrido y el aumento de la seguridad de los pasajeros, en este caso se incrementa por la construcción de

libramientos para varias poblaciones por las que actualmente atraviesa la Carretera Federal N° 43; de esta forma, se mejorará la calidad de aire en las zonas urbanas.

CONCLUSIÓN

La presente tesis trata los procedimientos para analizar el impacto ambiental producido en medios urbanos y rurales por infinidad de componentes que se generan por la construcción y operación de carreteras. Por su peculiaridades, los caminos en particular pueden agredir al medio ambiente en dos formas: directamente, al deteriorarlo en forma drástica y progresiva, e indirectamente al degradarlo a través del tránsito de vehículos con todas sus consecuencias secundarias, afectando en ambos casos la calidad de la vida; a su vez, el medio reacciona acentuando el impacto para dar lugar a cuantiosos gastos de conservación, que se incrementan en los periodos críticos y en los lugares donde la agresión ha sido más intensa dependiendo también de la ubicación y de las condiciones naturales que prevalecen en el lugar.

La infraestructura carretera con que cuenta México, así como la evolución que ha tenido a lo largo del tiempo, nos da una idea de la magnitud que han alcanzado las carreteras en comparación con otros medios de transporte en nuestro país, por ejemplo el ferrocarril.

En el presente trabajo se incluyen los principales factores ambientales que se deben considerar en un Estudio de Impacto Ambiental y los posibles impactos ambientales que se generarán con la implantación de los proyectos de vías carreteras.

Como una inclusión más de este trabajo, se tienen los modelos para la predicción de los niveles de ruido, así como para calcular las emisiones y su dispersión de los gases generados por los automóviles.

Esta tesis se utilizara como material de apoyo a la materia de Impacto Ambiental impartida en la Facultad de Ingeniería.

BIBLIOGRAFÍA

- Ing. Alba B. Vázquez G. e Ing. Enrique César Valdez, Impacto Ambiental, UNAM, 1993.
- Secretaría de Obras Públicas, El impacto de los caminos en el ambiente, Julio de 1976.
- W. Strauss y S. J. Mainwaring, Contaminación del Aire: causas, efectos y soluciones. México: Trillas, 1990.
- Mackenzie Leo Davis, Introduction to Environmental Engineering, Mc. Graw Hill, 1991.
- Wark Kenneth, Contaminación del aire: origen y control, México: LIMUSA 1990.
- D. B Turner, Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. Washington, D.C.: HEW, 1969.
- Ochoa Pérez Juan M., Medida y Control del Ruido, Marcombo, 1990.
- National Cooperative Highway Research Program (NCHRP 174).
- Chuvieco Emilio, Teledetección Espacial, Fundamentos de; Madrid: Rialp, c1990.

Direcciones de Internet:

<http://www.mader/ecotravel/mexico/ecologia>

<http://sima.com.mx/sima>

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**