

**XXIVth WORLD ROAD CONGRESS**

**MEXICO 2011**

**MÉXICO - NATIONAL REPORT**

**STRATEGIC DIRECTION SESSION STA**

**“MITIGANDO EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS  
CARRETERAS”**

**CASOS DE ÉXITO**

## 1. ANTECEDENTES DE LA GESTION AMBIENTAL DE CARRETERAS EN MEXICO

México es un país con gran riqueza natural, sustento de nuestro desarrollo como nación y bienestar como seres humanos. El aprovechamiento racional y sostenido de los recursos naturales, así como su conservación, ha sido una preocupación fundamental de diversas administraciones de nuestro país a lo largo de al menos 5 décadas. La agudización de los problemas ambientales derivados de la contaminación, indujo al Gobierno Federal en la década de los sesenta, a iniciar un proceso de administración que incidiera en el ambiente. Este esfuerzo se intensificó a partir de 1972, con la creación por el Ejecutivo Federal, de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, así como la participación de México en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano en Estocolmo, Suecia.

Los primeros antecedentes de estudios ambientales en México se remontan a 1977, cuando la entonces **Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH)** los aplicó para proyectos de infraestructura hidráulica. En paralelo, ese mismo año, la **Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP)** a nivel estatal y municipal, elaboró los llamados ECOPLANES; estudios de planificación territorial cuyo contenido se enfocaba hacia el aprovechamiento racional de los recursos naturales, como una forma de apoyo para el desarrollo de centros de población. Estos Ecoplanes fueron un preámbulo del actual procedimiento de gestión ambiental, ya que incluyeron criterios de análisis de impacto ambiental, además de una descripción del ambiente en sus componentes naturales y socioeconómicos, el estudio de las acciones de desarrollo y el planteamiento de una política para llevar a cabo las acciones analizadas con la intervención de diversas autoridades y la vigilancia de su cumplimiento.

Posteriormente, en 1982 se promulga la **Ley de Obras Públicas**, la que establece como requisito en la planeación de este tipo de obras, la previsión de sus efectos y consecuencias sobre las condiciones ambientales. Para dar seguimiento a este precepto de Ley, se creó la **Unidad de Obra Pública e Impacto Ambiental**, en el seno de la **Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente**, de 1981 a 1982. Esta subsecretaría tuvo bajo su responsabilidad el análisis, desde el punto de vista del impacto ambiental, de los proyectos de obra.

A partir de 1982, con la promulgación de la Ley Federal de Protección al Ambiente, la elaboración y presentación de la manifestación de impacto ambiental se hizo requisito para el inicio de obras que pudieran exceder los límites permisibles establecidos en los reglamentos y normas técnicas aplicables. Sin embargo, tales límites quedaron restringidos a aspectos de contaminación atmosférica por emisión de partículas, contaminación de aguas y emisión de ruidos, pues estos eran los únicos reglamentos vigentes y no existían normas publicadas. No obstante, al amparo de esta ley, se elaboraron casi 500 estudios de impacto ambiental para proyectos petroleros, carreteros, aeroportuarios, turísticos, mineros, industriales, agropecuarios y eléctricos. Adicional a ello, para algunos aspectos atmosféricos o hidrodinámicos, se realizaron modelos físicos y matemáticos específicos para simular las condiciones previas y posteriores a la ejecución del proyecto. A la par del surgimiento de nuevos instrumentos legales, fue

evolucionando el uso y desarrollo de nuevas metodologías de evaluación del impacto ambiental.

Aunque el contenido de los anteriores estudios era aceptable, su evaluación resultaba compleja, en virtud de que se carecía de elementos normativos para definir los posibles efectos de los impactos identificados. Ante tal limitante, se recurrió al empleo de normas y parámetros extranjeros, con las restricciones que implica para las diferentes condiciones que representa nuestro país. Ante ello, fue preciso definir aquéllos proyectos de obra cuya evaluación de impacto ambiental fuera obligatoria. Los lineamientos para subsanar estas deficiencias, se promulgaron en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LEGEEPA); publicada 28 de enero de 1988, reformada el 13 diciembre de 1996, y su reglamento en materia de impacto ambiental (RLGEEPA) publicado en 1988, modificado en 2000. En esta ley se indican los proyectos que requieren sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental a través de una manifestación de impacto ambiental, y se otorga validez a las normas técnicas que expide el gobierno federal bajo la denominación de Norma Técnica Ecológica.

En 1982, la SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología) fue la primera dependencia federal en tener a su cargo la política ambiental, bajo un marco legal ya establecido; atribuciones que fueron retomadas por SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social) en 1992, confiriéndole nuevas funciones de política ambiental, que dieron lugar a la creación de los órganos desconcentrados: el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente) (cuadro 1).

## Cuadro 1.- CRONOLOGIA DE DEPENDENCIAS A CARGO DE LA POLITICA AMBIENTAL DEL PAÍS

<b>SEDUE Dic./1982</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se crean las figuras de evaluación de impacto ambiental y de ordenamiento ecológico como instrumentos de política ambiental.</li> <li>• Se incluye a la obra pública federal en la evaluación de impacto ambiental.</li> <li>• Con la publicación de la LGEEPA en 1988 se fortalece la atribución de <b>inspección y vigilancia</b>, así como la imposición de sanciones.</li> <li>• Se distribuyen competencias entre la Federación y los Estados.</li> </ul>
<b>SEDESOL May./1992</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concertación para agilizar trámites con los sectores turismo, energía y comunicaciones.</li> <li>• Se separan las funciones normativas y de <b>inspección y vigilancia</b>, estas últimas quedan a resguardo de la PROFEPA.</li> <li>• Incremento del número de proyectos sometidos al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, derivado de las actuaciones de la PROFEPA.</li> </ul>
<b>SEMARNAP Dic./1994</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creación de la Subprocuraduría de Recursos Naturales con facultades para <b>inspeccionar, verificar y vigilar</b> el cumplimiento de la normatividad en materia de impacto ambiental.</li> </ul>
<b>SEMARNAT Dic./2000</b>	<p>Al retirarse PROFEPA del ámbito pesquero, se fortalecen las atribuciones restantes de <b>inspección y vigilancia</b>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortalecimiento en la atención de zonas o áreas consideradas como críticas o ambientalmente prioritarias.</li> </ul>

Ambas instituciones estuvieron a cargo de normalizar y dictaminar el impacto ambiental y ordenamiento ecológico del territorio, en el caso de la primera; y de la vigilancia y sanción por incumplimiento y daño ambiental, en la segunda. Hasta 1994 estos órganos desconcentrados continuaron funcionando bajo la SEMARNAP (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca).

Entre 1989 y 2000, el procedimiento de evaluación de impacto ambiental consideraba la elaboración de estudios de Manifestación de Impacto Ambiental bajo tres diferentes modalidades, en función de la complejidad del proyecto y en los términos que señalaba el RLGEEPA: Modalidad General, Intermedia y Avanzada. Las guías para elaborar dichos estudios se publicaron en la Gaceta Oficial de la SEDUE en septiembre de 1989 (vol. I No. 3). Con las modificaciones del RLGEEPA, entra en vigor en el 2000 la realización de las manifestaciones de impacto ambiental en dos modalidades: Regional y Particular.

Actualmente, la PROFEPA forma parte de SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). Su objetivo es vigilar y evaluar el cumplimiento de las disposiciones, la restauración, preservación y protección de los recursos forestales, de vida silvestre, de especies en riesgo, sus ecosistemas y recursos genéticos, playas y terrenos ganados al mar, áreas naturales protegidas, ordenamiento ecológico, descargas de aguas residuales, etc.

Por su parte, la SEMARNAT, a través de la Dirección General de Impacto Ambiental (DGIRA) es actualmente el órgano acreditador de proyectos en materia de impacto ambiental bajo dos modalidades de estudio: Modalidad Regional, donde se incluyen los proyectos que se señala en el artículo 8 de la LGEEPA y su Reglamento, y en el que se incluyen carreteras.

## **2. CONTEXTO ACTUAL DE LA GESTIÓN AMBIENTAL PARA CARRETERAS EN MÉXICO**

La protección del ambiente en México se ha convertido en una tarea diaria para los administradores de la carreteras, con mayor énfasis en la planeación del proyecto y durante la construcción del mismo; aunque en fechas recientes se ha incrementado el alcance de la gestión con el monitoreo ambiental durante la etapa de operación de las carreteras, careciendo aún de una estrategia para el monitoreo ambiental de redes carreteras, ya sea a nivel regional o nacional.

La gestión en el presente documento se abordará en tres aspectos fundamentales, la legislación ambiental, el procedimiento de evaluación del impacto ambiental y el procedimiento de la supervisión y el monitoreo ambiental.

### **2.1. LEGISLACIÓN AMBIENTAL PARA CARRETERAS**

En México el gran paso en materia de legislación ambiental se da en Marzo de 1988, al aprobarse la primera Ley que versa sobre el tema, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la cual ha sido ajustada al paso de los años para mantener una vigencia acorde a la actualidad.

Dicha Ley faculta a la federación, para autorizar, en materia de impacto ambiental, la construcción de las vías generales de comunicación (carreteras); actividad que es desempeñada por la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) de la Secretaría Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) mediante la presentación de una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA).

Las MIA's atraviesan por un Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental (PEIA), de acuerdo a la Ley, donde en un plazo máximo de 60 días, la autoridad puede resolver autorizar el proyecto, condicionar la autorización conforme a los términos que determine o negar la autorización. El Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental detalla además, que se requiere autorización en materia ambiental si se desea mantener o rehabilitar un camino dentro de su derecho de vía, así como solicitar la autorización por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales o en áreas naturales protegidas.

De acuerdo al reglamento, la MIA puede ser presentada en dos modalidades: regional o particular. El primer caso aplica a las carreteras directamente, y el segundo es utilizado en obras conexas para la infraestructura del transporte.

El contenido mínimo que establece el Reglamento para las MÍA's es: datos generales del proyecto, promovente y responsable del estudio; descripción de las obras o actividades; vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables; descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región; identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas; e identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.

El cambio de uso del suelo para la construcción de una vía de comunicación, de acuerdo a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, deberá ser autorizado también por la SEMARNAT, basado en un Estudio Técnico Justificativo (ETJ), y previa opinión técnica del Consejo Nacional Forestal en la que se demuestre que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará erosión del suelo, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación con la afectación forestal contemplada por la obra.

Adicional a lo anterior, la evaluación ambiental en México se sujeta también a la Ley General de Vida Silvestre, así como a normas que protegen diversas especies de flora y fauna que se encuentran en peligro o amenaza de extinción, o bien son endémicas al país o región; disposiciones de aplicabilidad general, incluyendo los proyectos carreteros. Asimismo, para vías generales de comunicación cuyos tramos o puentes se ubiquen o crucen por terrenos decretados como Zona Federal Marítimo o Marítimo Terrestre, se debe contar con la autorización de la Dirección General de Zona Federal Marítima, Terrestre y Ambientes Costeros de la propia SEMARNAT.

Aunado a las anteriores, existen otras disposiciones adicionales en materia de emisiones, control del ruido ambiental, explotación de agua, residuos peligrosos, entre otras, que aplican en la evaluación del impacto ambiental de las carreteras, por lo que puede señalarse que se trata de obras cuya construcción esta claramente normada por diversos instrumentos legales en nuestro país.

## **2.2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL**

En México la evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la SEMARNAT establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente, preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente. Dicho mecanismo tiene un enfoque preventivo y es de carácter obligatorio.

El Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental (PEIA) para los proyectos carreteros se inicia después de la evaluación económica y técnica. La duración del proceso es de 60 días hábiles, en la cual se establecen tres etapas: la primera evaluación se refiere a la integración del expediente y a la revisión de la suficiencia administrativa; la segunda revisa la viabilidad jurídica para llevar a cabo el proyecto; la tercera evalúa la compatibilidad con el medio mediante un análisis ambiental. El proceso concluye con la emisión del resolutivo.

El PEIA se basa en la MIA que es entregada a la SEMARNAT, la cual, de acuerdo con la ley, evalúa los posibles efectos de las obras o actividades por desarrollar en el o los ecosistemas de que se trate. Este procedimiento toma en cuenta el conjunto de elementos que conforman el proyecto y el sistema, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación. Se busca que la utilización de los recursos naturales por periodos indefinidos, respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos.

### 3. POLITICAS PÚBLICAS (PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA Y PROGRAMA DE LIBRAMIENTOS)

#### 3.1. POLÍTICAS PÚBLICAS

Las políticas públicas integran la sustentabilidad ambiental como un eje rector de desarrollo de acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, el cual fue incluido en el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007-2012, y pretende: 1) reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); 2) impulsar medidas de adaptación a los efectos del cambio climático.

Para ello se establecieron diversas estrategias, tanto para el Subsector Infraestructura como para el Subsector Transportes. En el presente documento se hablará de dos de ellas, correspondientes al Subsector Infraestructura.

##### 3.1.1. Programa de conservación de carreteras

La estrategia sectorial sobre el mejoramiento del estado físico de las carreteras pretende alcanzar una meta para finales del año 2012, en la que un 90 por ciento de la red carretera se encuentre en buenas condiciones de operación y conforme a estándares internacionales (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Indicador de meta sectorial por el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012**

Nombre del Indicador	Unidad de Medida	Línea Base (2006)	Meta 2012
Red federal de carreteras y autopistas en buenas condiciones conforme a estándares internacionales	Porcentaje de kilómetros de carreteras y autopistas en condiciones buenas y aceptables conforme a los estándares internacionales	72%	90%

Este mejoramiento de las superficies de rodamiento conlleva importantes ventajas en términos de la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) ya que desde el punto de vista ambiental, el mejoramiento de las carreteras contribuye directamente a la reducción de emisiones de estos gases. Lo anterior se demuestra a través de modelos computacionales como el HDM-4 (Highway Development Management), el cual tiene integrado un submodelo ambiental que permite estimar la cantidad de emisiones que se generan por la operación vehicular en tramos carreteros, de acuerdo a las características geométricas, superficiales y a la caracterización de la flota vehicular que circula en la carretera.

A manera de ejemplo de lo anterior, en el cuadro 3 se muestra el nivel de emisiones que se generan por tipo de contaminante, clasificados en tres diferentes niveles de estado del camino. Asimismo, el cuadro 4 muestra la correlación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) con el nivel cualitativo del camino, de acuerdo a datos de la Dirección de Conservación de Carreteras.

**Cuadro 3. Emisiones por clasificación vehicular tipo A, B y C, en gramos por kilómetro emitido anualmente de acuerdo al estado superficial.**

VEHÍCULO		A				
ESTADO	HC	CO	NOx	PM	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
BUENO	2,408.47	19,303.15	3,065.66	5.46	203,781.97	15.54
SATISFACTORIO	2,445.77	19,571.18	3,129.16	5.50	206,376.28	15.74
NO SATISFACTORIO	2,457.17	19,657.18	3,146.45	5.52	207,243.27	15.81
VEHÍCULO		B				
ESTADO	HC	CO	NOx	PM	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
BUENO	898.29	2,329.22	5,188.01	245.57	416,446.22	82.11
SATISFACTORIO	898.01	2,354.22	5,262.72	250.24	423,125.75	83.43
NO SATISFACTORIO	905.72	2,362.36	5,272.09	250.16	423,563.56	83.51
VEHÍCULO		C2, 3, 4				
ESTADO	HC	CO	NOx	PM	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
BUENO	4,893.54	32,371.58	5,585.16	22.91	293,227.19	57.81
SATISFACTORIO	4,940.17	32,675.03	5,635.42	23.13	295,441.31	58.25
NO SATISFACTORIO	4,900.65	32,422.61	5,595.65	22.95	294,116.72	57.99

Nota: Emisiones anuales emitidas por kilómetro por cada 1000 vehículos, ya sea tipo A, B y C de acuerdo al estado superficial del camino. La clasificación vehicular tipo A se refiere a los automóviles, la tipo B a los autobuses, y la tipo C2, C3 y C4 a los vehículos de carga de 2, 3 y 4 ejes respectivamente.

**Cuadro 4. Clasificación de acuerdo a la DGCC sobre IRI y la clasificación de estado de las carreteras.**

Índice Internacional de Rugosidad (IRI)	Estado del camino
<2.80	<b>BUENO</b>
2.81 - 4.20	<b>SATISFACTORIO</b>
>=4.20	<b>NO SATISFACTORIO</b>

De acuerdo con los anteriores cuadros, por cada kilómetro mejorado, se reducirá el número de emisiones emitidas a la atmósfera conforme se muestra en el cuadro 5.

**Cuadro 5. Ahorro de emisiones por kilómetro mejorado por tipo de vehículo.**

VEHÍCULO	A					
Tipo de emisión	HC	CO	NOx	PM	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
Ahorro	48,7	354,03	80,79	0,06	3461,3	0,27
VEHÍCULO	B					
Tipo de emisión	HC	CO	NOx	PM	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
Ahorro	7,43	33,14	84,08	4,59	7117,34	1,4
VEHÍCULO	C2, 3, 4					
Tipo de emisión	HC	CO	NOx	PM	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
Ahorro	7,11	51,03	10,49	0,04	889,53	0,18

### 3.1.2. Programa de Infraestructura – Construcción de Libramientos

El programa de infraestructura ha contemplado la ejecución de programas de construcción, programas de modernización carretera, programa de corredores interestatales y el programa de accesos y libramientos; éste último tiene como objetivo llevar a cabo un amplio programa de construcción de libramientos y accesos carreteros a ciudades principales, con el fin de mejorar la conexión de la infraestructura carretera con

la infraestructura urbana, contribuyendo al reordenamiento urbano y a la disminución de emisiones contaminantes por la descongestión de vialidades urbanas.

De esta manera se pretende llevar a cabo la construcción de 31 libramientos, complementados por entronques, distribuidores y accesos, de tal manera que se dé continuidad al tránsito de largo itinerario.

El cuadro 6 muestra la relación de proyectos, con lo que México pretende reducir las emisiones de contaminantes de efecto invernadero.

**Cuadro 6. Proyectos considerados para reducir las emisiones de contaminantes de efecto invernadero**

<b>PROGRAMA DE LIBRAMIENTOS Y ACCESOS</b>			
<b>PROYECTO</b>	<b>ENTIDAD FEDERATIVA</b>	<b>TIPO DE OBRA</b>	<b>ESQUEMA DE FINANCIAMIENTO</b>
<b>Libramiento de Ciudad Obregón</b>	Sonora	Construcción 2 carriles	Aprovechamiento de activos
<b>Guanajuato – Dolores Hidalgo – San Miguel de Allende</b>			
Libramiento de Guanajuato	Guanajuato	Construcción 2 carriles	PEF
Libramiento de Hermosillo	Sonora	Construcción 2 carriles	Aprovechamiento de Activos
<b>Pachuca - Tampico</b>			
Libramiento de Huejutla	Hidalgo	Construcción 2 carriles	PEF
Pachuca – Portezuelo – Palmillas	Hidalgo	Construcción 2 carriles	PEF
<b>Irapuato – Guadalajara</b>			
Libramiento de la Piedad	Guanajuato	Construcción de 4 carriles	Concesión
Libramiento de Irapuato	Guanajuato	Construcción 2 carriles	Concesión
Acceso a Autopista México – Guadalajara	Michoacán	Ampliación a 12 metros	Concesión
<b>Mazatlán – Culiacán</b>			
Libramiento de Mazatlán	Sinaloa	Construcción 2 carriles	Aprovechamiento de Activos
Libramiento de Culiacán	Sinaloa	Construcción 2 carriles	Aprovechamiento de Activos
<b>Guadalajara – Puerto Vallarta</b>			
Compostela – Puerto Vallarta	Nayarit	Construcción 2 carriles	Concesión
Libramiento de Puerto Vallarta	Jalisco	Construcción 2 carriles	Concesión
Puerto Vallarta – El Tuito	Jalisco	Ampliación a 12 metros	PEF
Libramiento de Reynosa	Tamaulipas	Construcción 2 carriles	Aprovechamiento de Activos
<b>Acapulco – Zihuatanejo</b>			
Libramiento de Tecpan	Guerrero	Construcción 2	Concesión

		carriles	
<b>Puebla – Tlaxcala</b>			
Libramiento de Tlaxcala	Tlaxcala	Construcción 4 carriles	Aprovechamiento de Activos
Xoxtla – Tlaxcala	Tlaxcala	Construcción 4 carriles	Aprovechamiento de Activos
<b>Pátzcuaro – Uruapan – Zamora</b>			
Libramiento de Uruapan	Michoacán	Construcción 2 carriles	Aprovechamiento de activos
<b>Veracruz – Tampico</b>			
Libramiento de Veracruz	Veracruz	Ampliación a 4 carriles	Concesión Estatal
<b>Villahermosa – Mérida</b>			
Libramiento de Villahermosa	Tabasco	Construcción 2/4 carriles	Aprovechamiento de activos
Libramiento de Champotón	Campeche	Construcción 2 carriles	Aprovechamiento de activos
<b>Libramiento de Morelia</b>	Michoacán	Construcción 2 carriles	Aprovechamiento de activos
<b>Libramiento Sur de Guadalajara</b>	Jalisco	Construcción 2 carriles	Aprovechamiento de activos
<b>Libramiento de Cuernavaca</b>	Morelos	Construcción 2 carriles	Aprovechamiento de activos
<b>Libramiento de Tepic</b>	Nayarit	Construcción 2 carriles	Aprovechamiento de activos
<b>Libramiento de Acapulco</b>	Guerrero	Construcción 2 carriles	Aprovechamiento de activos
<b>Libramiento de Chilpancingo</b>	Guerrero	Construcción 2 carriles	Aprovechamiento de activos
<b>Libramiento Surponiente de la Ciudad de México</b>			
Chamapa – Lechería	Distrito Federal	Ampliación a 6 carriles	Aprovechamiento de activos
La Venta – Colegio Militar	Distrito Federal	Construcción 4 carriles	Concesión
Colegio Militar – Chalco	Distrito Federal/México	Construcción 4 carriles	Concesión
<b>Libramiento de Chihuahua</b>	Chihuahua	Construcción 2 carriles	Concesión
<b>Libramiento de Ciudad Juárez</b>	Chihuahua	Construcción 2 carriles	Concesión
<b>Libramiento Sur de Puebla</b>	Puebla	Construcción 2 carriles	Concesión
<b>Libramiento Poniente de San Luis Potosí</b>	San Luis Potosí	Construcción 2 carriles	Concesiones vigentes
<b>Libramiento de La Laguna</b>	Durango/Coahuila	Construcción 2 carriles	Concesiones vigentes
<b>Amazoc – Perote – Xalapa</b>			
Perote – Xalapa y Lib. de Xalapa	Veracruz	Construcción 2 carriles	Concesión
<b>Libramiento Allende -</b>	Nuevo León	Construcción 2	Aprovechamiento de

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Subsecretaría de Infraestructura.

## **4. SUPERVISION AMBIENTAL**

### **4.1. SUPERVISIÓN Y MONITOREO AMBIENTAL**

Los proyectos carreteros, previo a la construcción, deberán contar con el resolutivo donde se autoriza la ejecución de la obra, condicionada al cumplimiento de las medidas de mitigación propuestas por el estudio, así como aquellos términos y condicionantes que para tales efectos ha determinado la autoridad competente.

Para ello se debe realizar un Plan de Manejo Ambiental (PMA), donde se establecen las actividades para llevar a cabo las medidas de mitigación de forma sincronizada a las actividades propias de la construcción de la carretera. Adicionalmente, y como parte de las actividades organizadas por el PMA, se realizan y ejecutan los programas de rescate y reubicación de especies de flora y fauna, así como el programa de reforestación y de restauración del suelo.

La supervisión ambiental es llevada a cabo a la par de la ejecución de la obra, donde se realizan las actividades de monitoreo para la protección del suelo, del agua, del aire, de la flora, de la fauna y otros aspectos que deseen especificarse en el proyecto, así como el estado que guarda el cumplimiento de ésta con respecto a las medidas de mitigación y condicionantes a que ha quedado sujeto el proyecto. Asimismo, se debe monitorear el resultado de la aplicación de las diversas medidas de mitigación para corroborar la reducción o anulación del impacto ambiental, o en su caso, tomar medidas extraordinarias de protección ambiental.

La información recabada, de la supervisión, del monitoreo y del avance de los programas es reportada periódicamente a la SEMARNAT para su seguimiento. Dicha dependencia cuenta además con auditores provenientes de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), quienes periódicamente verifican el cumplimiento del resolutivo en materia de impacto ambiental, y cuentan con la facultad de aplicar sanciones administrativas, e incluso, suspender la obra, en caso de que se rebasen las condiciones de protección ambiental señaladas por la legislación.

Con la aplicación de esta serie de acciones de dictaminación, supervisión, monitoreo, y en última instancia, vigilancia por parte de la autoridad competente, la construcción de obras carreteras actualmente se realiza dentro de condiciones de cuidado y protección ambiental, que hacen que obras de infraestructura como éstas no resulten ser promotoras del deterioro ambiental.

## **5. CASOS DE ÉXITO AMBIENTAL EN CARRETERAS:**

El vertiginoso crecimiento demográfico e industrial, la falta de estrategias de planeación y manejo, así como el desconocimiento del valor ecológico y socioeconómico de los ecosistemas, han generado graves problemas de

contaminación y la pérdida de valiosos recursos naturales y económicos en todo el mundo. Ante este deterioro, el desarrollo sustentable surge como una alternativa que incorpora la variable ambiental, tratando de hacer compatibles la conservación y el aprovechamiento de los recursos naturales con el desarrollo social y económico. La construcción de carreteras no resulta ajena a esta situación, por lo que en la medida en que ésta opte por la consideración de acciones y medidas de protección y recuperación ambiental, el desarrollo de infraestructura en nuestro país se enfilará a la promoción del desarrollo sustentable en México. Como muestra de algunos ejemplos de ello, a continuación se hace referencia a tres casos de éxito ambiental en el diseño (inciso 5.1), construcción (inciso 5.2) y operación de carreteras (inciso 5.3).

**5.1. PROYECTO CARRETERO: JALA – PUERTO VALLARTA, TRAMO: COMPOSTELA II – LAS VARAS – BUCERÍAS – E.C. LIBRAMIENTO PUERTO VALLARTA, EN UNA LONGITUD DE 109.4575 KM, EN LOS ESTADOS DE NAYARIT Y JALISCO. (DISEÑO AMBIENTAL Y MITIGACIÓN PARA LA CONSERVACION DEL HABITAT E INCREMENTO EN LA CONECTIVIDAD DE ECOSISTEMAS )**

El proyecto Jala – Puerto Vallarta, en su tramo Compostela II – Las Varas – Bucerías – Entronque Libramiento Puerto Vallarta cuenta con autorización en materia de Impacto Ambiental. Será una carretera con una longitud aproximada de 108.241 km que correrá de forma paralela a la actual carretera federal 200.

Este proyecto cruza por los municipios de Compostela y Bahía de Banderas, en el Estado de Nayarit y por el municipio de Puerto Vallarta, en el Estado de Jalisco. El trazo proyectado será de una carretera con características Tipo A4, con 2 carriles en cada sentido, de 3.5 m de ancho cada uno, una barrera central de 2 m y acotamientos laterales de 2.5 m, formando un ancho de corona de 21 m para una velocidad de proyecto de 110 km/h, dentro de un derecho de vía de 60 m.

**5.1.1. Beneficios**

Constituye una alternativa en la concepción de los sistemas carreteros, toda vez que pretende no solo la construcción de una vía de comunicación para el transporte de personas y carga, sino también fomentar la creación de vínculos entre los diversos fragmentos de comunidades ambientales, que el desarrollo de las actividades antropogénicas, como la ganadería y la agricultura entre otras, han dejado aisladas entre sí y es precisamente a través de acciones directas como la restauración ecológica y la construcción de pasos para fauna que se contemplan en esta obra carretera, con las que este proyecto pretende conectar estos fragmentos.

**5.1.2. Características ambientales**

El proyecto carretero cruza por el área que originalmente fue asignada como Área Natural Protegida (ANP) de la Sierra de Vallejo, bajo la categoría de Reserva de la Biosfera Estatal. Sin embargo, los ejidos por donde cruza el trazo corresponden a

terrenos que ganaron juicio de amparo contra el decreto como ANP, y por consiguiente, no corresponden a terrenos propios de la Reserva de la Biosfera señalada. No obstante, la zona es de gran importancia ambiental, por lo que el proyecto se enfocó a buscar medidas de mitigación que contrarrestaran el efecto de fragmentación de ecosistemas, efecto barrera (conectividad) y la pérdida de hábitats.

En el área de esta carretera se presentan diferentes comunidades vegetales: Selva mediana caducifolia y subcaducifolia, Bosque de encino, Selva baja caducifolia y subcaducifolia, Palmar, Vegetación de galería; así como varios aprovechamientos del terreno: Agricultura de temporal, Agricultura de riego (incluye riego eventual), Pastizal inducido y Pastizal cultivado.

Se presenta además una gran riqueza de especies de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 por ser endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o de protección especial; de particular importancia resulta que toda la región constituye una zona muy importante para la conservación del jaguar del occidente de México.

### **5.1.3. Principales Impactos ambientales por la construcción de la carretera y su mitigación**

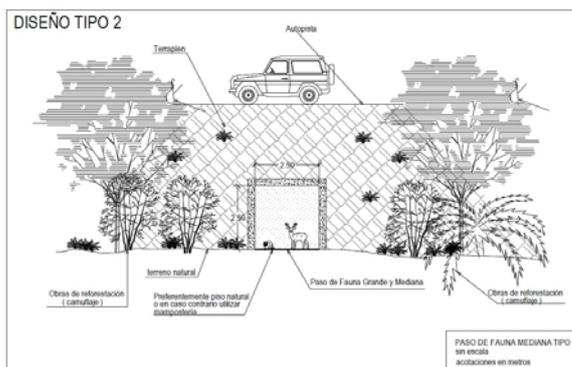
La construcción de una obra carretera de tal magnitud, en un ambiente bien conservado y de importancia para el país por su alta biodiversidad de flora y fauna, conlleva impactos ambientales de cuya mitigación depende la factibilidad de la carretera y la persistencia de estos ecosistemas. En el siguiente cuadro se resumen algunos de dichos impactos y las medidas de mitigación propuestas.

**Cuadro 7. Impactos ambientales por la construcción de la carretera y medidas de mitigación propuestas**

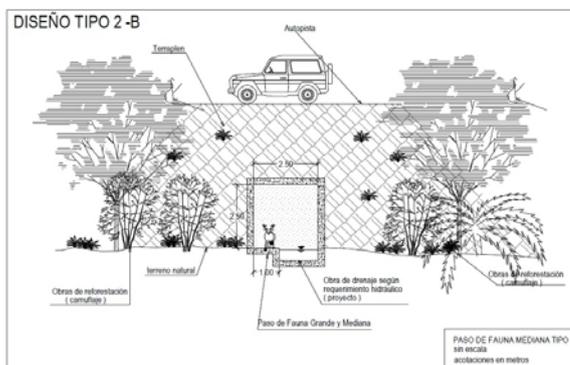
Posibles Impactos	Medidas de mitigación y acciones
Mayor fragmentación de ecosistemas que aún tienen alto grado de conservación	Evaluación previa de varias alternativas de ruta y selección de la ruta ambiental, vial y económicamente más adecuada; que implicará los menores daños ambientales posibles.
Pérdida de hábitat y Fragmentación de la vegetación. Efecto de borde. Pérdida de cobertura vegetal y capacidad de absorción de GEI.	Programa de rescate de flora a lo largo del trazo de la autopista. Programa de restauración ecológica del derecho de vía y demás zonas afectadas. Establecimiento de señalamientos en los que se promueva la protección de la flora.
Efecto de barrera para el desplazamiento de la fauna  Atropellamientos de Fauna y Ahuyentado por Ruido	Inclusión de 32 puentes y 7 túneles para permitir la continuidad de corredores biológicos, incluyendo los de jaguares.  Construcción de pasos de fauna (superiores e inferiores) asociados a un programa de restauración ecológica del derecho de vía y demás zonas afectadas, así como de predios aledaños estratégicos.
La carretera como medio para detonar la presencia de asentamientos humanos irregulares sobre terrenos con vocación para la conservación natural	Confinamiento de la carretera por tratarse de una autopista cerrada con acceso solamente en entronques principales. Delimitación física y vigilancia de derecho de vía.

De los anteriores, la fragmentación de hábitat y el efecto barrera constituyen los impactos de mayor relevancia, por lo que este proyecto, en el afán de conservar la conectividad entre sistemas ambientales, propone la construcción de un corredor biológico a lo largo de todo el derecho de vía, reforestando y restaurando toda la zona con especies silvestres de la región, para con ello incrementar la superficie de captación de carbono (gases efecto invernadero) y recuperar la fisonomía de las comunidades vegetales aledañas en el menor tiempo posible; aunado a la instalación de estructuras especiales y modificación de obras de drenaje para funcionar como pasos de fauna, mimetizados con el ambiente y con dispositivos de malla, para inducir el paso de animales por éstos.

Para tales efectos se proponen varios diseños tipo de estos pasos, mismos que se ilustran en las siguientes figuras:



Diseño tipo de paso de fauna en zonas identificadas como corredores biológicos para restaurar la conectividad



Diseño tipo de paso de fauna aprovechando la instalación de una obra de drenaje del proyecto para conformar alcantarillas con función MIXTA que contemplan un diseño que permite la circulación de fauna y el flujo de agua.

**Figura 2. Diseños tipo de pasos de fauna contemplados en esta carretera**

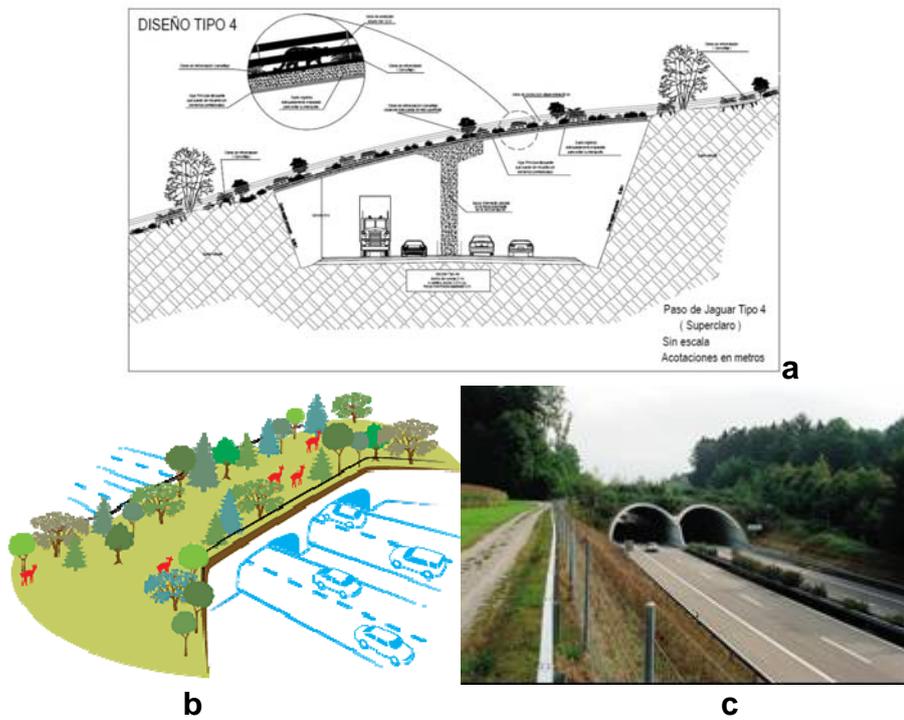
Adicional a los anteriores, en zonas de cruce crítico para jaguares y otros mamíferos de mayor tamaño, identificados mediante la modelación de corredores de desplazamiento (figura 3), se construirán pasos elevados para fauna en sitios estratégicos, similares a los que se presentan en la figura 4.



Corredores de Jaguar

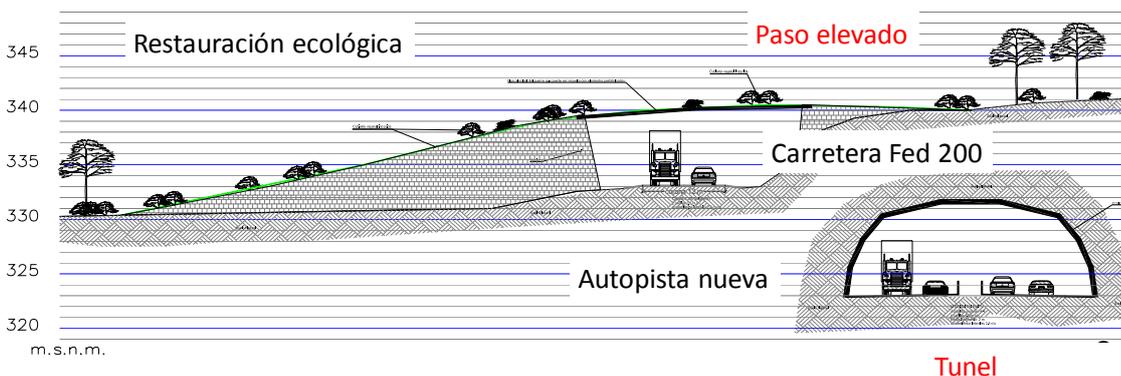
Detalle de corredores en zona crítica norte identificados

**Figura 3. Detalle del tramo crítico norte. Se muestra el paso elevado para fauna propuesto (PIJ) y las obras de drenaje (recuadros verdes) que funcionarán como pasos Mixtos, facilitando el flujo de animales en los corredores de jaguar (polígono rojo). Los polígonos amarillos delimitan las zonas en las que se pretende aplicar medidas de restauración ecológica para incrementar la conectividad y permeabilidad de la región en su conjunto.**



**Figura 4.- a) Diseño de un Paso Elevado de Fauna para protección de corredores de Jaguar (PIJ), b) Esquema general de planta de un paso elevado para fauna, c) Paso elevado para fauna construidos en carreteras de países desarrollados.**

Adicional a las obras proyectadas en la nueva carretera, el proyecto contempla la inclusión de un paso elevado sobre la carretera existente, que funcionará en combinación con un túnel por donde irá la nueva autopista, para reanudar la conectividad de un corredor de jaguar de gran importancia (figura 5).



**Figura 5.- Construcción de un paso elevado para fauna en la carretera federal 200 existente, como compensación ambiental para recuperar un corredor de desplazamiento de jaguar, interrumpido al momento de construcción de dicha carretera. La autopista nueva en este tramo contempla un túnel, por lo que la acción combinada de ambas estructuras permitirá la recuperación del corredor.**

Con las anteriores acciones esta carretera busca una mayor integración al sistema ambiental, facilitando la conectividad y recuperando los hábitats afectados por la obra, con lo que al mediano plazo, una vez que los árboles reforestados adquieran una talla adulta, se espera poder restituir e incluso incrementar la captación de gases de efecto invernadero que se pudiera haber perdido por la construcción de la infraestructura, además de reactivar los corredores biológicos a través de ambas carreteras.

#### **5.1.4. Resultado General de Caso:**

La realización de esta carretera conllevará impactos ambientales importantes debido a que se trata de una carretera amplia y rectilínea en una zona de alta calidad ambiental. No obstante, es un proyecto de gran prioridad nacional por el desarrollo y crecimiento económico que implica, y la necesidad existente de mejorar las condiciones de eficiencia y seguridad del servicio que brinda la actual carretera federal 200. Motivo de ello se considera que con la aplicación de las medidas de prevención, mitigación, restauración, compensación y control propuestas, este proyecto resulta viable en términos ambientales, e incluso resulta de importancia para revertir el daño sobre la conectividad de corredores de jaguar que actualmente existe en la región, facilitando la conservación de la Sierra Vallejo, Nayarit; tan importante por sus condiciones ambientales.

#### **5.2. AUTOPISTA MÉXICO-TUXPAN: TRAMO: TEJOCOTAL-NUEVO NECAXA**

(EJEMPLO DE ÉXITO EN LA CONSTRUCCIÓN POR LA APLICACIÓN DE UN PROGRAMA DE RESTAURACIÓN ECOLOGICA)

La construcción de la autopista México-Tuxpan es un ejemplo de cómo el desarrollo económico es compatible con el cuidado del ambiente. El tramo Tejocotal-Nuevo Necaxa tiene una longitud de 17.5 km y atraviesa por los municipios de Acaxochitlán (Hidalgo) y Huauchinango (Puebla). En varios puntos del recorrido, el trazo cruza por zonas de Bosque Mesófilo de Montaña, el cual corresponde a un tipo de vegetación fuertemente afectado y reducido en nuestro país, que alberga varias especies sujetas a protección por la normatividad correspondiente, como es el caso de los helechos arborescentes (*Cyathea mexicana*) y el maple (*Acer negundo*). Los bosques mesófilos de montaña se caracterizan por una alta biodiversidad ya que en ellos se combinan especies de plantas originarias de norteamérica y sudamérica; además de que brindan grandes servicios ambientales. El estudio de impacto ambiental de esta carretera resulto ser una herramienta esencial para prevenir, mitigar y restaurar los daños al ambiente que pudiera

haber ocasionado la obra; particularmente debido a que ésta se encuentra dentro de una Área Natural Protegida y una Región Terrestre Prioritaria.

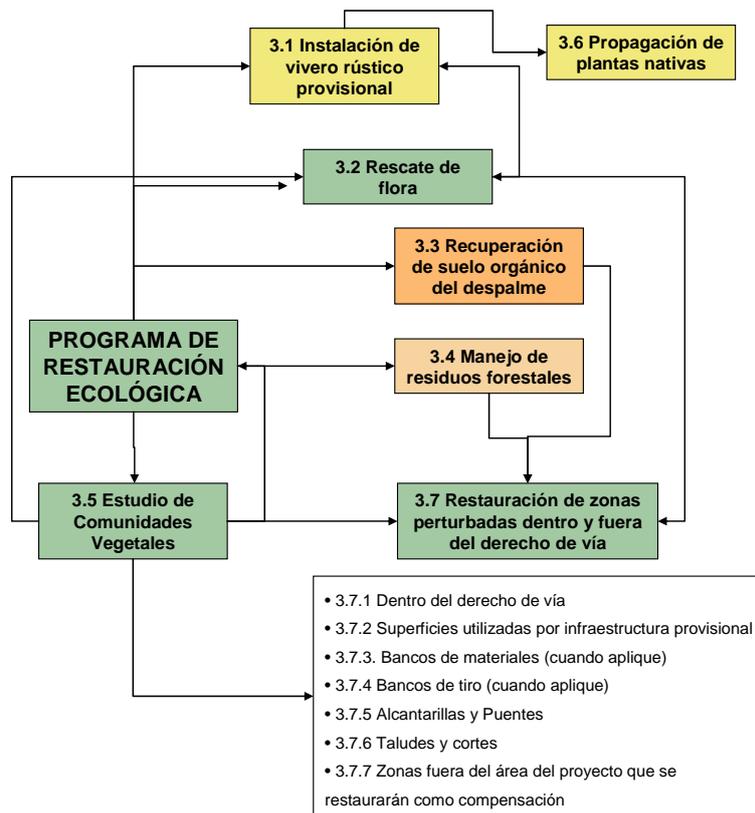
La DGIRA, mediante su resolutive correspondiente, autorizó la construcción de esta autopista, estableciendo entre otras, tres condicionantes de relevancia para la restauración y conservación de los servicios ambientales que pudieran perderse:

- a) La ejecución de un Programa de Rescate de Especies en Estatus de Protección, el cual debió incluir a la especie *Carpinus caroliniana*, catalogada como “amenazada” por la NOM -059-SEMARNAT-2001.
- b) La realización de un Programa de Restauración del Derecho de Vía y Áreas Dañadas por las obras.
- c) Acciones de compensación para la cubierta forestal del río Necaxa.

El Proyecto de Restauración Ecológica (PRE) que se llevó a cabo, es la síntesis del cumplimiento de dichas condicionantes, e incluyó el rescate de especies protegidas, ecológicamente importantes o útiles para la reforestación, a lo largo de todo el derecho de vía de la autopista. Éste contempló su propagación por diferentes métodos y su mantenimiento en vivero bajo condiciones controladas, hasta el momento de su reintroducción en el área, dentro del esquema de plantación y condiciones definidas para el control de erosión en el proyecto ejecutivo del PRE.

Se rescataron aproximadamente 50 mil plantas entre 10 y 150 cm, de diversas especies, entre ellas, cuatro sujetas a protección por la SEMARNAT. Éstas fueron depositadas en un vivero rústico para llevar a cabo su propagación por medio de semillas o partes vegetativas.

En la figura 6 se presenta un esquema general del desarrollo y contenido de un PRE para carreteras, similar al utilizado en la restauración de la autopista México-Tuxpan.



**Figura 6.- Diagrama general de acciones de un PRE de carreteras.**

La restauración ecológica ha propiciado una base científica para la reconstrucción de ecosistemas perturbados. La Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER) la define como “el proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido”; su objetivo es restablecer en un sistema afectado, dentro de lo posible, una similar composición de especies y características funcionales. Las plántulas rescatadas y propagadas en vivero, permanecieron en éste por 2 años para ser trasplantadas a las áreas por rehabilitar (este término denota proyectos enfocados a recuperar ciertas funciones del ecosistema empleando especies nativas).

Se propagaron más de 120,000 plantas de 31 especies nativas del bosque mesófilo de montaña, que fueron empleadas para reforestar el derecho de vía de la autopista México-Tuxpan, tramo: Tejocotal-Nuevo Necaxa, incluyendo las laderas dañadas por las obras de construcción de puentes.

### **5.2.1. Resultado General de Caso:**

En el Proyecto de Restauración Ecológica realizado en el derecho de vía de la autopista México-Tuxpan. Se emplearon especies nativas del bosque mesófilo de montaña y se recuperaron satisfactoriamente cortes, taludes y laderas afectadas.

La restauración ecológica busca restablecer en el mediano y largo plazo, las interacciones fundamentales entre el suelo, la vegetación y la fauna. Con ellas se recupera la capacidad de captación de gases efecto invernadero que pudieron perderse con la realización de la obra carretera. La restauración ecológica de la autopista México-Tuxpan, fue la primera experiencia en su tipo en México y seguramente será referente en proyectos futuros.

### **5.3. LIBRAMIENTOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO (ARCO NORTE)**

#### **(EJEMPLO DE ÉXITO EN LA OPERACIÓN POR LA REDUCCIÓN DE EMISIONES)**

El denominado Arco Norte de la Ciudad de México, es una carretera de cuota con una longitud de 223 kilómetros; el trazo cruza por los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla, con entronque en las carreteras de cuota México-Querétaro, México-Pachuca, México-Tuxpan (vía Tulancingo), México-Puebla y la México-Morelia-Guadalajara.

El Arco Norte es parte del programa de 14 corredores troncales que ofrecerán una conexión directa entre todas las regiones del país, y formarán una gran plataforma logística.

#### **5.3.1. Beneficios**

Algunos de los beneficios estimados para esta carretera son la disminución de los tiempos de viaje y los costos de operación para quienes viajan entre el norte y el sur de la República. Además, contribuirá a combatir el tránsito en la ciudad de México, ya que dejarán de circular un número importante de vehículos.

La SCT estima que una vez que la autopista esté en su máximo funcionamiento, dejarán de transitar anualmente por la Zona Metropolitana del Valle de México un millón de vehículos pesados y, por ende, la disminución de 108 mil toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al año.<sup>1</sup>

Este proyecto carretero, detonará la construcción de por lo menos tres parques industriales, un aeropuerto de carga y plataformas multimodales que, distribuidos en cuatro estados, formarán el primer centro de logística en su tipo de Latinoamérica.<sup>2</sup>

#### **5.3.2. Resultado General de Caso**

La implementación de obras carreteras que ayudan a evitar el paso de vehículos en zonas urbanas, que son de largo itinerario, coadyuven a la mejora de los tiempos de viaje de dichos vehículos, particularmente al transporte de carga, y el ahorro en los costos de

---

<sup>1</sup> Comunicado de Prensa No. 124.- Arco Norte, ejemplo de inversión en infraestructura: Molinar Horcasitas. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

<sup>2</sup> Nota de periódico. Grupo Reforma. "Genera Arco Norte un centro logístico". 28 agosto 2006.

operación vehicular, así como la disminución de consumo de combustibles y por lo tanto la reducción de GEI.

## **6. TENDENCIAS HACIA EL FUTURO**

### **6.1. INVESTIGACION**

La investigación en México sobre cambio climático, sus efectos y sus medidas de mitigación o adaptación han sido meramente de diagnóstico, poco referido al sector transporte y prácticamente nulo en las carreteras.

El Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007-2012 describe que el Instituto Mexicano del Transporte es el centro de investigación del gobierno federal, el cual debe apoyar, de manera coordinada con la SCT, el desarrollo integral del sector transporte; en sus ámbitos público y privado, realizando trabajos de investigación científica, de innovación tecnológica y de formulación de normas técnicas, que contribuyan a mejorar la seguridad, calidad, modernidad, confiabilidad y eficiencia de la infraestructura y de los servicios que preste, tomando en consideración los impactos en la sociedad y el medio ambiente. Asimismo, contribuir en la formación y actualización profesional de recursos humanos para el Sector.

#### **6.1.1. Productos**

El Instituto Mexicano del Transporte, IMT, ha desarrollado estudios de investigación enfocadas a la estimación de emisiones que genera el sector transporte en México, tales como:

##### **6.1.1.1. Análisis paramétrico del submodelo efectos ambientales del HDM-4**

Éste estudio fue desarrollado para estudiar el submodelo ambiental del HDM-4, con la intención de poder utilizar dicha herramienta en la estimación de emisiones carreteras, donde se involucran variables del tránsito, del camino y climáticas. Con el uso del modelo de efectos ambientales incluido en el HDM-4, se tiene la posibilidad de conocer la cantidad de emisiones generadas en la red o segmento de la misma, por la operación del transporte carretero en ésta.

Además de las emisiones anuales totales y por vehículo, se puede también analizar la variación anual neta de las emisiones, como consecuencia de las distintas obras y alternativas de construcción con un caso base (sin proyecto o mínimo), que normalmente representa el estándar mínimo de conservación rutinario.

El potencial de esta información es evidente al considerar que hoy en día es ampliamente reconocido que la eficiencia energética, y los efectos ambientales deben ser considerados en los análisis de políticas y proyectos, por lo que los tomadores de decisiones debieran ser capaces de entender las implicaciones energéticas e impactos negativos ambientales de dichas actividades.

Se concluye que la implementación del cálculo de emisiones con el submodelo “Efectos Ambientales” como parte integral del HDM-4, permitirá incluir esta variable ambiental en el proceso de toma de decisiones, pudiendo incluso convertirse en un instrumento estratégico para la gestión de la calidad del aire.

#### **6.1.1.2. Estudio Piloto de Emisiones Vehiculares en Carreteras Federales del Estado de Querétaro Basado en el Modelo HDM-4**

El propósito de esta investigación fue utilizar el submodelo de efectos ambientales del HDM 4 para realizar un cálculo de emisiones de: Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Óxido de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Hidrocarburos (HC), Plomo (Pb) y partículas suspendidas (también llamadas en la literatura especializada PM, por sus siglas en inglés Particulate Matter), en carreteras federales del estado de Querétaro.

Para ello se definió el estado físico de toda la red de carreteras federales, así como desarrollar su configuración geométrica y del tránsito.

Con ello se pudieron analizar los resultados provenientes de datos de los diferentes contaminantes para determinar cuál es el que presenta mayores índices de emisión y por lo tanto representa una mayor problemática, así como las emisiones de gases de efecto invernadero.

La información obtenida puede ser usada para el desarrollo de inventarios de emisiones en carreteras, y con ella poder definir puntos críticos de emisión de gases, y poder establecer medidas de mitigación, tales como: mejoras de las características geométricas o superficiales del camino, restricción de paso de ciertos vehículos con altos índices de emisión, establecer estrategias de conservación o desarrollar programas ambientales para proteger a la flora y la fauna.

Otro aspecto relevante es que se pueden estimar emisiones en corredores comerciales, y poder evaluar el uso de otras alternativas de transportes, donde la variable ambiental, específicamente las emisiones de gases, sea tomada en cuenta para la selección modal para el transporte de mercancías o pasajeros.

También daría pauta en contar con datos de emisiones en una escala microscópica, que permitirían estimar los costos de ésta externalidad del transporte, y poder establecer un esquema de impuestos a los vehículos que más contaminan o internalizar dichos costos, al costo global del transporte.

#### **6.1.1.3. Propuesta metodológica para estimar emisiones contaminantes generadas por la operación vehicular en ciudades en México**

Éste trabajo plantea una propuesta metodológica para estimar las emisiones generadas por el consumo de combustibles fósiles, durante los viajes urbanos en fuentes móviles, específicamente los vehículos. La operación del transporte automotor es en México, en las ciudades, la causa principal de contaminación atmosférica.

La propuesta está basada en los trabajos realizados en México de inventarios de emisiones para algunas ciudades de la República, utilizando como herramienta al

MOBILE versión 6. Para la utilización del software fue necesario obtener una serie de datos de entrada, basados en encuestas aplicadas a conductores en la Ciudad de Uruapan, obteniendo información del tipo de combustible, el uso de aire acondicionado, el monto de consumo de combustible, el kilometraje acumulado, etc.

La metodología incluye principalmente tres aspectos considerados como necesarios: 1.- Condiciones locales (altitud, temperatura, humedad relativa y características de los combustibles), 2.- Caracterización de la flota vehicular (edad, tipo de combustible y clasificación vehicular), 3.- Datos de la operación vehicular (obtenidos del análisis de las encuestas). Con la información recopilada se alimentó el modelo MOBILE6 para la obtención de factores de emisión, para 8 clases de vehículos, tales como: Motocicletas, Automóvil, Camionetas Pick up, Vehículos ligeros, Autobús, Vehículos pesados.

Los resultados muestran la cantidad de emisiones generadas por la operación vehicular, en la ciudad de Uruapan, de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos totales, material particulado, dióxido de azufre, dióxido de carbono, así como 6 contaminantes tóxicos (HAP's).

Se estima que los resultados del inventario de emisiones, permita a las autoridades ambientales municipales la toma de medidas para mitigar el impacto ambiental que estos contaminantes atmosféricos están generando para la ciudad, y que repercuten en la salud humana.

La metodología propuesta resultó muy útil para conocer de manera macroscópica el nivel de emisiones vehiculares que se están generando en las ciudades, tales como la del caso de estudio.

## **6.2. DOCENCIA**

Dentro de la investigación académica, las vías terrestres han tenido un amplio desarrollo en la creación de posgrados y especializaciones en diferentes partes del país, desde los creados en los años sesenta, hasta algunos otros de más reciente creación. La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en la ciudad de Morelia, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Universidad Autónoma de Querétaro, dentro de sus programas de maestría, incluyen materias o líneas referentes al impacto ambiental y su integración para obras y actividades relacionadas con carreteras. Como especialidad, la Universidad Autónoma de Campeche tiene dos líneas de formación postprofesional sobre carreteras y vialidades municipales donde integra de igual manera materias respecto al impacto con el entorno.

La Universidad Autónoma de Chihuahua y la Universidad Nacional Autónoma de México, cuentan con posgrados con objetivos en la creación de la estructura e infraestructura vial, sin embargo aún no existen cátedras sobre la evaluación de impacto ambiental y mitigación, como parte formal de los planes de estudio en estas universidades.

Dado que las vías terrestres dan un aporte significativo para el desarrollo del país, brindando elementos técnicos para el desarrollo equilibrado del territorio, y teniendo como objetivos la adecuada infraestructura para un mejor aprovechamiento de los recursos

naturales del territorio nacional, la docencia se fortalece con convenios con instituciones, tanto internacionales como nacionales, para la consolidación en la eficiencia del transporte. Algunas de ellas son: la Federal Highway Administration, Texas Department of Transportation, así como diversas Secretarías a nivel Estatal y Federal.

### 6.2.1. Maestrías

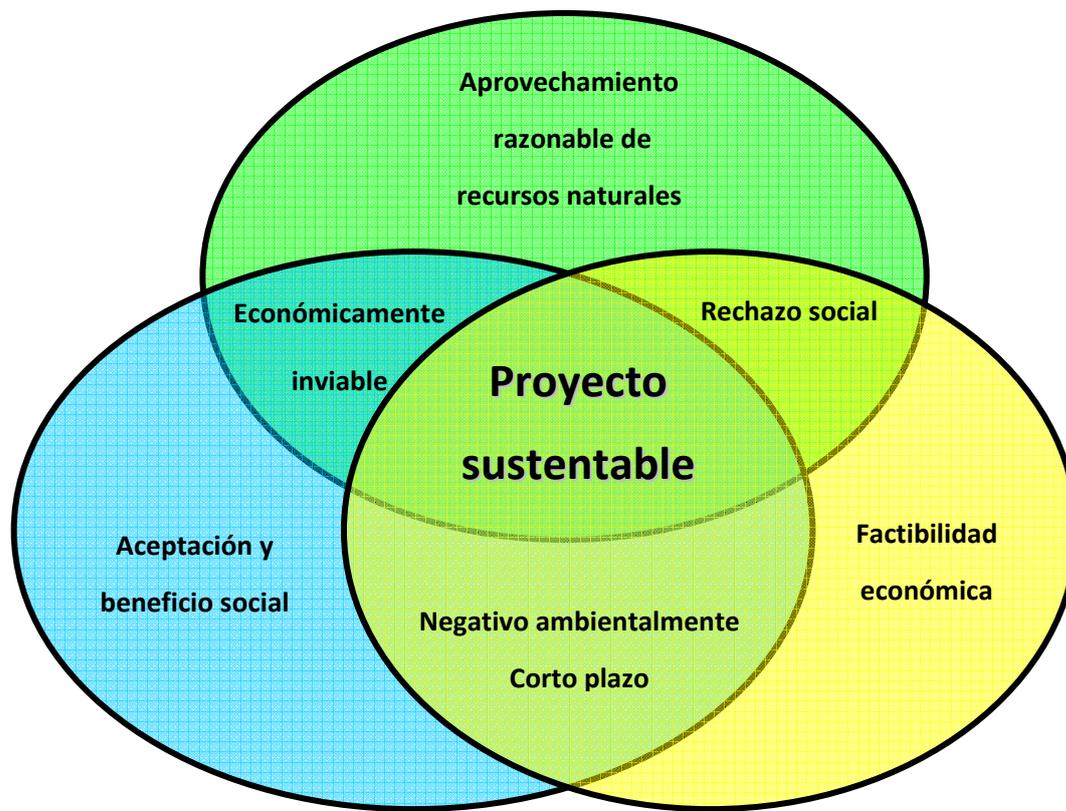
#### **RESUMEN DE UNIVERSIDADES DE LA REPUBLICA MEXICANA QUE IMPARTEN LA ESPECIALIZACIÓN O MAESTRÍA EN VÍAS TERRESTRES:**

INSTITUCIÓN	NIVEL	OBSERVACIONES
UNAM	ESPECIALIZACIÓN	NO TIENEN NINGUNA CATEDRA SOBRE MEDIO AMBIENTE, IMPACTOS O MITIGACIONES
		CONTACTO: Ing. ERNESTO MENDOZA SÁNCHEZ. 5622 8001
CAMPECHE	ESPECIALIZACIÓN	TIENEN DOS OPCIONES: CARRETERAS O VIALIDADES MUNICIPALES. AMBAS CONTEMPLAN EL IMPACTO AMBIENTAL AL ENTORNO. SE DA EN UN SEMESTRE.
		CONTACTO: M.I. JORGE ALEJANDRO BERZUNZA. 01 981 816 7878
QUERÉTARO	MAESTRÍA	CONTEMPLAN LA MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL.
		CONTACTO: M.I. ALDO ALFARO. 01 442 242 9059
PUEBLA	ESPECIALIZACIÓN	CONTEMPLA TRES OPCIONES: CONSERVACIÓN, CONSTRUCCIÓN Y ESTUDIOS Y PROYECTOS. EN NINGUNO SE CONTEMPLAN LOS IMPACTOS AMBIENTALES.
		CONTACTO:Ing. RAÚL CARRILLO VIZCAYA
MORELIA	MAESTRÍA	SE IMPARTE LA MATERIA DE IMPACTOS AMBIENTALES.
		CONTACTO: DR. JORGE ALARCÓN IBARRA. 01 443 322 3500 EXT. 4346.
CHIHUAHUA	MAESTRÍA	TIENEN NINGUNA CATEDRA RELATIVA AL MEDIO AMBIENTE, IMPACTOS O MITIGACIONES
		CONTACTO: DRA. CECILIA OLAGUE CABALLERO 01 614 411 1644.

### 6.3. CARRETERAS SUSTENTABLES

El término sustentabilidad en la actualidad es ampliamente utilizado y aceptado; su origen proviene de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre medio ambiente realizada en 1972, sin embargo fue hasta 1987 que el Informe Brundtland define el desarrollo sustentable como "*aquél que satisface las necesidades actuales, sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades*".

El ámbito del desarrollo sustentable puede dividirse conceptualmente en tres partes: ambiental, económica y social. La figura 8 muestra esquemáticamente los aspectos que debe cumplir todo proyecto para alcanzar la sustentabilidad.



**Figura 8. Factores que intervienen en la definición de un proyecto sustentable**

El objetivo del desarrollo sustentable es definir proyectos viables y reconciliar los aspectos económico, social, y ambiental de las actividades humanas; dichos ejes vertebrales deben ser tomados en cuenta por las organizaciones que administran la infraestructura, particularmente la referida al transporte.

La sustentabilidad aplicada a las carreteras no solo es referida al cuidado del componente ambiental; cualquier aspecto que pretenda ser sostenible debe garantizar, además del cuidado al medio ambiente, garantizar la seguridad y la calidad de los desplazamientos, así como la rentabilidad económica y social, y contribuir al desarrollo del país. El problema podría radicar en definir el camino a seguir para alcanzar la sustentabilidad en las carreteras federales, la cual está directamente relacionada con las circunstancias particulares del país. El análisis del entorno nacional juega una parte importante para el diseño de estrategias adecuadas al país, encaminadas a la sustentabilidad de las carreteras.

El panorama internacional muestra diversos programas referidos a la movilidad sustentable o al transporte carretero sustentable, pero sólo unos pocos se enfocan al aspecto de la infraestructura únicamente, por lo que habrá que abordar de una manera más integral tales aspectos de sustentabilidad.

La Federación Europea de Carreteras (ERF, por sus siglas en inglés) define a las carreteras sustentables como aquellas que son eficaces y eficientemente planeadas, diseñadas, construidas, modernizadas y conservadas, a través de políticas integradas con respecto al medio ambiente, y conservan el beneficio socio-económico esperado en términos de movilidad y seguridad.

Un programa de carreteras sustentables podría incorporar, por un lado, los impactos socio-económicos y ambientales que pudiera traer consigo la sustentabilidad, y por otro, los aspectos que puedan considerarse como las mejores prácticas sobre proyectos sustentables.

Los impactos sobre los tres pilares que conforman la sustentabilidad pueden ser tanto benéficos como adversos. Algunos de ellos pueden ser la contribución que genera la infraestructura carretera al desarrollo económico del país, en cuanto al crecimiento del producto interno bruto o a la generación de empleos; los aspectos sociales referidos a la movilidad, la seguridad y la accesibilidad que contribuyen en efectos benéficos a la sociedad. Los componentes negativos son identificados en el medio ambiente, como la generación de emisiones contaminantes, sobre todo aquéllos que producen el efecto invernadero y contribuyen al calentamiento global, entre otros impactos.

La identificación de impactos puede evaluarse en las diferentes etapas de los proyectos de infraestructura carretera, por lo que será conveniente identificar los criterios de sustentabilidad para la etapa de planeación y diseño, como se presentó en incisos anteriores. Una más será referida a la construcción y finalmente a la conservación y operación.

Los proyectos sustentables buscan diversos objetivos de manera particular; cada uno puede contar con prácticas diversas tales como, el reciclado de pavimentos, el manejo del agua pluvial, utilización de energía no fósil en los sistemas carreteros, entre otras.

Para ello se requiere un proyecto que atienda esta necesidad del sector comunicaciones y transportes, buscando conformar un Programa de Carreteras Sustentables. El soporte está basado en las directrices del Plan Nacional de Desarrollo, que tiene como objetivo primordial, en materia de telecomunicaciones y transportes, el “incrementar la cobertura, calidad y competitividad de la infraestructura”, y en el programa sectorial donde define el concepto calidad de la infraestructura como “promover altos niveles de confiabilidad, oportunidad, eficiencia y cuidado del medio ambiente en el desarrollo de la infraestructura y los servicios de comunicaciones y transportes, para contribuir a elevar la productividad del sector y el desarrollo. etc.

## **7. CONCLUSION**

El reporte muestra los esfuerzos realizados en México para mitigar los efectos del cambio climático, divididos principalmente en tres grandes vertientes, la primera de ellas la referida a la legislación ambiental, los procedimientos administrativos para la evaluación ambiental de los proyectos carreteros y la propia gestión ambiental; la segunda encaminada a la implementación de las medidas de mitigación para controlar el impacto ambiental y preservar los entornos naturales, y sus corredores biológicos, contribuyendo a mantener e incrementar áreas verdes que permitan transformar las emisiones de GEI; y la tercera referida a las políticas implementadas en los proyectos carreteros dirigidas a la reducción de emisiones de GEI, tales como la construcción de libramientos y el mejoramiento del estado superficial de las carreteras.

Existen en el país diversos programas y planes cuyos objetivos son también la reducción de las emisiones de GEI que contribuyen al calentamiento global, pero no están directamente relacionados a las carreteras, que sin duda son esfuerzos significativos que persiguen el mismo fin.

En el cuerpo del artículo se expuso la evolución del proceso de acompañamiento ambiental en la construcción de carreteras, y se presentaron los esfuerzos continuos que se han realizado en la republica mexicana para tratar de proteger a su medio ambiente y al mismo tiempo tratar de impulsar su infraestructura terrestre, pilar del desarrollo económico del país. La legislación, visión y acciones relacionadas con la construcción de carreteras, han evolucionado de acuerdo al cambio en el conocimiento y la experiencia, en términos del impacto ambiental y su mitigación, en el planeta; con beneficio en comunidades, ciudades y todo el territorio nacional. Se han expuesto algunos casos de éxito y los esfuerzos que se siguen haciendo al preparar nuevas generaciones para los retos del porvenir.

Lo que hace que un proyecto carretero sea sustentable es que cuente con una planeación, diseño, construcción y operación, ecológica y socialmente fundamentadas, a la par de permitir el desarrollo, tan necesario para nuestro país.

Se considera que en México se ha trabajado de manera adecuada, pero aún queda mucho por hacer para lograr una verdadera integración del desarrollo en el entorno ambiental; por lo que es importante continuar con las acciones que actualmente se realizan en país, con la finalidad de incrementar los beneficios y extender las acciones de preservación del medio ambiente, y continuar con los aspectos de capacitación y

formación de recursos humanos con conocimientos en impacto ambiental, así como en el desarrollo de investigación en temas afines a la mitigación del cambio climático.

Finalmente es importante resaltar el esfuerzo que la **Secretaría de Comunicaciones y Transportes**, organismo operador de las carreteras en México, el respeto a las regulaciones ambientales de aplicabilidad a los caminos, y las inversiones realizadas para la protección del medio ambiente y la implementación de medidas de mitigación.

El programa de carreteras sustentables es una tarea pendiente para la **SCT** que permitirá contar a nivel nacional, con objetivos y políticas encaminadas a contar con carreteras que sean eficaces y eficientemente planeadas, diseñadas, construidas, modernizadas y conservadas, a través de políticas integradas con respecto al medio ambiente, conservando el beneficio socio-económico esperado en términos de movilidad y seguridad.

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Programa Ambiental del Caribe (PAC). 1989. Desarrollo de metodologías específicas para la preparación de la evaluación del impacto ambiental del Gran Caribe. Informe General del Proyecto. Resultados del seminario-taller del 15 al 17 de noviembre de 1988 en la ciudad de México, México.