



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE ARQUITECTURA DE PAISAJE**

**“La importancia del manejo del Paisaje en Carreteras de México”**  
**Caso de estudio: Autopista Cuacnopalan- Tehuacán – Oaxaca**  
**Subtramo km 0+000 – km 52+000**

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**ARQUITECTO PAISAJISTA**  
PRESENTA  
**ERIKA MIRANDA LINARES**

**SINODALES:**

**Arq. Marcos Mazari Hiriart**  
**M. en C. Maricarmen Meza Aguilar**  
**M en A. Amaya Larrucea Garritz**

**México, D.F.**

**2006**



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.

## **AGRADECIMIENTOS.**

**A mi madre, por estar siempre ahí para mí, gracias, te quiero mucho.**

**A mi padre, por su ejemplo y dedicación al trabajo, gracias, te quiero mucho.**

**A mis hermanas, por su apoyo y cariño.**

**A Leo por su infinita paciencia y amor, por incondicional apoyo y a sus acertadas observaciones y contribuciones a este trabajo, gracias, te quiero mucho.**

**A la UNAM, por permitirme estudiar en sus aulas.**

**A David Reyes, por que sin su guía este trabajo no se hubiese podido realizar.**

**A la M. en C. Maricarmen Meza, por acompañarme en este camino hasta el final, gracias.**

**Al Arq. Marcos Mazari, por su crítica constructiva, gracias.**

**A la M. en A. Amaya Larrucea, por brindarme su apoyo en este último jalón, gracias.**

**Al Dr. Ortiz Perez, por su valiosa ayuda y abrir nuevas perspectivas en el estudio del paisaje, gracias.**

**A mis compañeros de generación, Marquitos, Carolina, Mayda, Jorge E., Ileana, Juan Carlos, Laura, Julio Carmona, Mariana, Mónica, Maritza, Mario, Jorge A., Jorge R., Raymundo, Pedro, por todos aquellos buenos momentos, gracias.**

**A Julio Granados, por su amistad, gracias.**

**A Magnolia Nava, por ser mi amiga, enseñarme nuevos caminos y estar siempre conmigo aunque sea a la distancia.**

**A la Maestra Gloria García Miranda, por sus consejos, enseñanzas y su amistad.**

**A la familia García Miranda, por su apoyo y cariño, gracias.**

**A Pilar García Miranda, por que sin su ayuda no hubiese podido concluir este trabajo, gracias.**

**A Laura García y David Velázquez, por su amistad y apoyo en la realización de este trabajo.**

**A Elena Novelo, por su amistad y apoyo, gracias.**

**A la Arq. Ma. Teresa Macías, por su amistad y apoyo, gracias.**

**A José Manuel Figueroa, por ser mi interprete personal en asuntos de geomorfología, gracias.**

**A Lolita Palma, por su amistad y apoyo, gracias.**

**A la Arq. Ma. de la Paz Becerril, por brindarme la oportunidad de conocer el mundo de las carreteras y el impacto ambiental, gracias.**

**A Jorge Escalera y Virginia Sierra por su amistad e invaluable apoyo para realizar este trabajo.**

**A Verónica Soria por su paciencia y apoyo para la realización de este trabajo.**

## **Dedicatorias**

**A mi madre, Pita Linares.**

**A mi padre, Demetrio Miranda.**

**A mi esposo, Leonardo García.**

**A todos aquellos que creen que vale la pena estudiar el paisaje.**

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

## La importancia del manejo del paisaje en carreteras de México Caso de Estudio: Autopista Cuacnopalan – Tehuacan –Oaxaca Subtramo km 0+000 – km 52+000

### INDICE DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>pg I</b>
<b>FUNDAMENTACIÓN</b>	<b>V</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>VI</b>
<b>OBJETIVOS PARTICULARES</b>	<b>VI</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>pg</b>
<b>Capítulo I. Las necesidades sociales de comunicación y la contribución de la red carretera en México.</b>	<b>1</b>
1.1. Necesidades sociales de comunicación carretera.	1
1.2. Necesidades y avances de comunicación carretera.	3
1.3. Características de la Red Carretera.	15
<b>Capítulo II. Los aspectos político-económicos y jurídicos de la carreteras en México</b>	<b>19</b>
2.1. Aspectos político-económicos	19
2.1.1. Plan Nacional de Desarrollo	19
2.1.2. Programa Nacional de Carreteras	20
2.1.2.1. Programa de Modernización Carretera 1989-1994	20
2.1.2.2. Programa Nacional de Autopistas 1989-1994	21
2.1.2.3. Programa Sectorial de Carreteras 2001-2006	22
2.1.3. Programa Nacional de Medio Ambiente	23
2.1.3.1. Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006	23
2.1.4. Tránsito de Mercancías y Pasajeros por la Red Carretera	25
2.2. Aspectos Jurídicos	30
2.2.1. Constitución de México	30
2.2.2. Participación de la Administración Pública Federal	31
2.2.2.1. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.	31
2.2.3. Legislación Federal	36
2.2.4. La Gestión Ambiental del Sector Carreteras Federales	42
<b>Capítulo III. Los aspectos Técnicos de la Construcción de las carreteras en México</b>	<b>47</b>
3.1. Características de las carreteras	47
3.1.1. Partes de una carretera	47
3.1.2. Tipos de Carreteras	48

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

<b>Capítulo IV. La Arquitectura de Paisaje y su importancia en el diseño y construcción de carreteras en el contexto internacional y nacional.</b>	<b>55</b>
4.1. La arquitectura de paisaje en nuestros días. Esbozo histórico y teórico de la arquitectura de paisaje como disciplina dedicada al diseño y construcción de espacios abiertos.	55
4.2. La contribución de la arquitectura de paisaje en el diseño y construcción de carreteras.	63
4.2.1. Desarrollo histórico en el contexto internacional.	63
4.2.2. Propuesta de integración del ambiente y el paisaje como variables en la planeación, diseño y construcción de carreteras en México.	70

## MARCO DE REFERENCIA

<b>Capítulo V. Los Aspectos político-económicos y jurídicos aplicados a la Autopista Cuacnopalan – Tehuacán - Oaxaca.</b>	<b>77</b>
5.1. Aspectos político-económicos.	77
5.1.1. Necesidades de comunicación carretera entre el Centro y Sureste de México.	77
5.1.2. Las características de la red Carretera entre el Centro y Sureste.	
5.1.3. La Construcción de la Autopista y su contribución a la comunicación entre el Centro y el Sureste.	78
5.2. Aspectos Jurídicos.	79
5.2.1. Plan Nacional de Desarrollo.	79
5.2.2. Plan de desarrollo Estatal	
a. Puebla.	79
b. Oaxaca.	81
5.2.3. Ley de Desarrollo Urbano y Obras Públicas	
a. Puebla.	83
b. Oaxaca.	83
5.2.4. Ley de Equilibrio Ecológico	
a. Puebla.	83
b. Oaxaca.	84
5.2.5. Leyes, Reglamentos y Manuales	
a. En el manejo y aprovechamiento del derecho de vía y zonas aledañas.	86
b. En el manejo del paisaje en Carreteras.	87
c. En la reforestación y forestación del derecho del vía.	97
d. En el emplazamiento y diseño de paradores e instalaciones complementarias.	100
<b>Capítulo VI. Los Aspectos Técnicos de la construcción de la Autopista Cuacnopalan – Tehuacán - Oaxaca.</b>	<b>103</b>
6.1. Características y Especificaciones Técnicas de la Autopista Cuacnopalan - Tehuacán – Oaxaca.	103
6.2. Cronología de la Gestión Ambiental de la Autopista Cuacnopalan - Tehuacán – Oaxaca	105

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

<b>Capítulo VII. Plan Conceptual de Manejo Paisajístico de la Autopista</b>	
<b>Cuacnopalan -Tehuacán - Oaxaca, Puebla, Oaxaca,</b>	
<b>Subtramo km 0+000 - km 52+000</b>	<b>109</b>
7.1. Metodología.	109
7.2. Delimitación del Área de Estudio.	115
7.3. Análisis del sitio.	119
7.4. Unidades Ambientales.	145
7.5. Diagnóstico. Situación Ambiental de la Autopista.	151
7.6. Plan Conceptual de Manejo Paisajístico de la Autopista	
Cuacnopalan -Tehuacán -Oaxaca, Subtramo km 0+000 - 52+000.	181
7.6.1. Estrategias y acciones.	184
7.6.2. Criterios para la Estabilización de Taludes.	227
7.6.3. Criterios para la Recuperación Ambiental de Bancos de Material	243
7.6.4. Criterios para la forestación y reforestación del derecho de vía	
y Entronques	246
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>257</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>265</b>
<b>ANEXO FOTOGRÁFICO</b>	<b>A -1</b>

**La importancia del manejo el paisaje en carreteras en México**  
**Caso de estudio: Autopista Cuacnopalan –Tehuacán –Oaxaca**  
**Subtramo km 0+000 – km 52+000**

## **INTRODUCCIÓN**

Las vías de comunicación como parte del sistema de infraestructura y bajo un esquema de planeación integral desempeñan un papel estratégico en el desarrollo y crecimiento económico, político y social de una nación.

En el caso de países en vías de desarrollo como México, la construcción y ubicación de la infraestructura inscrita dentro de un plan de desarrollo regional, tal como lo son las comunicaciones y el transporte se convierte en condición indispensable para poder alcanzar mejores niveles de vida, superar la pobreza heredada y acelerar el proceso de desarrollo (Griffin, K. B., et. al., 1975). Sin embargo, es importante mencionar que las vías de comunicación no son la única condición para que un país se desarrolle.

Las circunstancias sociales, políticas y económicas tanto a nivel nacional como internacional han favorecido el desarrollo de las carreteras en nuestro país consolidando al automóvil como el medio de transporte terrestre que ofrecía más ventajas ante el alto costo de bienes y pasajeros por FFCC, promoviendo una mayor rapidez en la construcción y operación de tramos carreteros, una oferta diversificada que abarca a amplios sectores de la sociedad y sus necesidades y al desarrollo y acceso a los avances tecnológicos en materia de transporte.

De este modo, para comprender las necesidades y avances de comunicación carretera en nuestro país es importante, por un lado hacer una breve reseña histórica a través de la cual se pueda apreciar como la red carretera ha crecido y qué circunstancias histórico – sociales y político - económicas han influido en este proceso. Y por otro, evaluar conforme a los datos estadísticos disponibles en el sector, la situación actual de la Red Carretera Nacional tanto en cobertura como en la calidad de los distintos tipos de caminos.

Así para el año 2000 la Red Carretera Nacional cuenta con una longitud de 333 840 km, de los cuales el 16% corresponden a caminos Troncales; 18% a caminos estatales; 65% a caminos rurales y brechas mejoradas, facilitando el aprovechamiento de los recursos naturales y humanos existentes en el territorio nacional. Sin embargo, y conforme a los Planes de Desarrollo Nacional, Estatal y Municipal actualmente el sistema carretero aún acusa grandes deficiencias, razón por la cual se reconoce la necesidad de consolidar este sistema de comunicación mediante la construcción, ampliación y mejoramiento de nuevos tramos carreteros y de los ya existentes para asegurar el tránsito eficiente y seguro y en muchos casos permanente de la población a lo largo del todo el país durante todo el año.

De manera paralela a esta situación y sobretodo en las últimas tres décadas en México al igual que en el resto del mundo ha surgido un gran interés y preocupación por la conservación del ambiente, los recursos naturales, culturales y paisajísticos así como por las causas que generan su deterioro y su trascendencia en la calidad de vida y la supervivencia de la especie humana. Esta circunstancia ha promovido que el hombre y la sociedad se cuestionen sobre su actitud y la magnitud e índole de sus intervenciones en el entorno incluyendo sus posibles consecuencias. Como resultado de este reflexión, el hombre se ha visto en la necesidad de replantear las formas de aprovechamiento de los recursos naturales, sus patrones de desarrollo y sus propios valores para garantizar el mantenimiento y calidad del ambiente, el bienestar social individual y colectivo y el desarrollo económico de las generaciones actuales y futuras.

Esta relativamente nueva inquietud hacia el ambiente y el reconocimiento de su importancia en la vida del hombre ha trascendido a todos los ámbitos de la vida cotidiana despertando la preocupación mundial, principalmente y en primera instancia, de los países denominados como del primer mundo. Dicho países en respuesta a estas circunstancias iniciaron una serie de acciones para modificar e incluir al ambiente como una variable adicional de gran importancia en todas las esferas del quehacer humano comenzando en los distintos campos de la ciencia, la legislación y en el proceso mismo de toma de decisiones.

La creación y seguimiento de un marco e instrumentos legales que regulen y controlen toda actividad humana en las cuales el ambiente y sus recursos se vieran involucrados fue y sigue siendo una necesidad primaria.

En el caso de México, la revisión de la legislación vigente así como de los Planes y Programas de Desarrollo permiten enfatizar la importancia de contemplar los aspectos ambientales en el proceso de planeación, diseño, ejecución y mantenimiento de un tramo carretero; y al mismo tiempo identifican las atribuciones, obligaciones y funciones de cada una de las dependencias gubernamentales, organismos y empresas involucradas así como el alcance y definición de sus responsabilidades en dicho proceso.

Así en las carreteras, al igual que en el resto de las obras de infraestructura dadas sus características, dimensiones y escala, su emplazamiento en el marco físico - geográfico y natural de una región, genera una modificación significativa y permanente en el ambiente y el paisaje. Razón por la cual, se ha identificado como una necesidad la búsqueda de formas para integrar, compaginar y adecuar la construcción de este tipo de obras con los valores ambientales, sociales, culturales y paisajísticos del sitio donde se emplazan promoviendo y otorgando una nueva dimensión a las carreteras en su concepción propia e inclusive dentro de los planes de desarrollo y ordenamiento territorial.

Es decir, la conformación de un modo responsable ambiental y socialmente de construir caminos en nuestro país, el cual por un lado revalore y redefine la función del ambiente y el paisaje en las carreteras y de las carreteras en el ambiente y en el paisaje ; y por otro, que el paisaje se conceptualice como sistema ecológico, es decir, como "... indicador y síntesis de las interrelaciones entre los elementos inertes y vivos de todo ecosistema y al mismo tiempo como una expresión de los valores estéticos, plásticos y emocionales del ambiente en su totalidad" (Conesa Fdez.-Vitora, V., 1993) incluyendo al hombre como parte integral de este sistema.

En esta coyuntura la Arquitectura de Paisaje como disciplina puede jugar un papel estratégico en la formulación de nuevas formas de construir carreteras en nuestro país, ya que la esencia primaria de esta disciplina es establecer una relación armoniosa entre el hombre, sus obras y la naturaleza a través del diseño y manejo de los espacios abiertos bajo un esquema que integre el conocimiento científico y técnico estableciendo la cualidad funcional a un espacio, la integración del proyecto al ambiente y buscando al mismo tiempo su más alta calidad paisajística.

Es importante mencionar que existen antecedentes importantes sobre la participación y contribución de los arquitectos paisajistas en el diseño integral de carreteras sobretodo en E.U.A. y Europa. Dichos caminos tiene como cualidad principal la integración de éstos con su entorno, el disfrute del paisaje y la realización de actividades a lo largo del recorrido además de cumplir con su función básica de comunicar dos o más sitios.

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

La elección de la Autopista Cuacnopalan - Tehuacán -Oaxaca como caso de estudio en primera instancia nos permite examinar y reflexionar sobre las posibles causas que provocan el estado actual ambiental y paisajístico de las carreteras y su entorno en nuestro país. Asimismo pone de manifiesto la urgente necesidad de abordar esta problemática ambiental desde una perspectiva integral y multidisciplinaria donde se replantee la utilidad social de la actual y futura ingeniería y la contribución de la Arquitectura de paisaje en esta nueva visión global y de largo plazo del ambiente y el paisaje en los procesos de diseño y ejecución de este tipo de proyectos.

Este trabajo académico tiene como propósito iniciar una discusión sobre la importancia y necesidad de identificar la trascendencia del estudio y manejo del paisaje en la concepción, y ejecución de la infraestructura carretera ante el paradigma del desarrollo sustentable en nuestro país desde la perspectiva de la arquitectura del paisaje. Identificar cual es la contribución de la arquitectura de paisaje para abordar la situación ambiental que enfrentan actualmente las carreteras de nuestro país, tanto las ya construidas como los proyectos carreteros.

También se desarrolla una propuesta preliminar de una metodología que permita un primer acercamiento al diseño integral de carreteras desde un punto de vista preventivo y bajo una perspectiva donde las obras de ingeniería, el paisaje y el ambiente se conjuntan en la búsqueda de un objetivo común: la construcción de carreteras y la conservación de los recursos naturales y culturales. Y en segunda instancia y como propuesta alternativa ante la situación ambiental de las carreteras en México y las distintas formas en las que se aborda, se propone el diseño y aplicación de una metodología encaminada a conservar, mejorar y recuperar las condiciones ambientales y paisajísticas de las distintas regiones por las que atraviesa una carretera. Es decir, la elaboración de un Plan de Manejo Paisajístico con un enfoque de tipo correctivo y de mitigación ante los daños ocasionados por el diseño, construcción y mantenimiento de un tramo carretero específico en el cual se busca como resultado una integración armónica de la carretera a su entorno obteniendo una alta calidad paisajística y ambiental de este tipo de intervención con el potencial de incrementar, reforzar e incluso crear valores paisajísticos y ambientales de la región donde se emplaza dicha obra.

El documento se divide en siete capítulos: en el primero se hace una reflexión de la importancia de la red carretera nacional en el desarrollo de nuestro país a través de un breve análisis histórico del desarrollo, crecimiento y cobertura de los caminos a lo largo del territorio nacional. En dicho análisis también se hace referencia a las condiciones sociales, políticas y económicas que se presentan a lo largo de la historia de nuestro país y como influyen en la construcción y consolidación del sistema carretero nacional y viceversa. Asimismo se expone la situación actual de la red carretera nacional en términos de cobertura, tipo de jurisdicción de los caminos e importancia dentro de la misma red.

El segundo capítulo se enfoca al análisis de los aspectos políticos, económicos y jurídicos que se ven involucrados en la planeación, diseño y construcción de las carreteras en México y en la protección del ambiente en dicho proceso durante el periodo 1988 – 1994 y que fueron el marco que permitió la construcción de la Autopista Cuacnopalan – Tehuacán- Oaxaca. En la primera parte de este apartado se revisa desde el Plan de Desarrollo Nacional hasta los Programas Nacionales de Comunicaciones y Transportes y Medio Ambiente y los programas sectoriales relativos al sector carretero vigentes a nivel federal en el momento del diseño y construcción de la Autopista Cuacnopalan –Tehuacán- Oaxaca. De igual modo se revisaron los planes sectoriales vigentes en este momento tanto en materia de carreteras como ambiental para generar un marco legal que sustente las propuestas realizadas en el Plan Conceptual de Manejo Paisajístico de la mencionada autopista y que corresponderían a las acciones de mantenimiento y operación de dicha infraestructura carretera. Asimismo se hace un balance del

tránsito de mercancías y pasajeros por la red carretera en comparación con la red ferroviaria lo que funciona como un indicador sencillo de la importancia económica con la que actualmente cuenta la red carretera nacional.

En un segundo término se realiza un análisis general del margo legal federal que regula la protección del ambiente en la planeación, construcción y mantenimiento de carreteras en nuestro país partiendo de la Carta Magna y al mismo permite identificar las distintas dependencias gubernamentales que intervienen en dicho proceso. Para la revisión de la legislación federal se realizó una descripción simplificada de las distintas fases del proyecto carretero con el fin de detectar que leyes se deben observar en dichas etapas y que dependencia debe intervenir.

El capítulo III trata de los aspectos técnicos de las carreteras, es decir, que partes conforman una carretera así como los diferentes clasificaciones de las carreteras que se han realizado bajo distintos criterios: económicos; desde la planeación; funcionamiento; especificaciones técnicas de proyecto y construcción; en sistemas (cobertura); y jurisdicción.

En el cuarto capítulo se aborda la importancia, los orígenes y la evolución de la Arquitectura de Paisaje como disciplina dedicada al diseño y construcción de espacios abiertos ante las nuevas necesidades y retos de una sociedad cambiante y su relación con el ambiente. Y a partir de esta constante redefinición se revisa cuál ha sido la contribución de la arquitectura de paisaje en el diseño y construcción de carreteras en el contexto internacional. Y por último y en base a esta última reflexión, se hace una propuesta para integrar al ambiente y al paisaje como variables dentro del proceso de diseño y construcción de carreteras en nuestro país partiendo del método elaborado por el Ing. Benassini en 1984. Asimismo se señalan algunos principios que deben regir el manejo paisajístico de una carretera.

En el último tercio de este trabajo, es decir, en los capítulos quinto, sexto y séptimo se desarrolla un caso de estudio: la Autopista Cuacnopalan – Tehuacan – Oaxaca, subtramo km 0+000 – km 52+000, con el cual se pretende ejemplificar la complejidad de tratar de integrar una carretera ya construida a su entorno y pone de manifiesto que la ausencia de criterios ambientales y paisajísticos durante su planeación y construcción causaron grandes daños al entorno del proyecto. Pero al mismo tiempo ofrece una serie de oportunidades en las que el enfoque de la arquitectura de paisaje contribuye significativamente en la mitigación e incluso compensación de dichos daños mediante la revalorización de estas áreas afectadas y donde se desarrolla la misma autopista como espacios abiertos con el potencial de proporcionar seguridad al usuario así como mejorar la calidad paisajística y ambiental de la carretera y su área de influencia bajo la directriz de un Plan de Manejo Paisajístico.

Así, el quinto capítulo se enfoca a los aspectos políticos, económicos y jurídicos que se ven involucrados en el diseño, construcción y mantenimiento de la Autopista Cuacnopalan – Tehuacán –Oaxaca a nivel estatal, siendo en esta última donde se fundamentan las acciones específicas del Plan de Manejo Paisajístico. En el capítulo sexto se señalan los aspectos técnicos de la Autopista y la cronología de la gestión ambiental de la misma. En el séptimo capítulo se inicia con la definición de una metodología para este tipo de proyectos desde la perspectiva de la arquitectura de paisaje lo que representa un reto de gran complejidad debido a los diversos enfoques que existen sobre el estudio del paisaje. Razón por la cual se realiza un breve análisis de la metodología a emplear para abordar la problemática que presenta la Autopista Cuacnopalan –Tehuacan – Oaxaca en el subtramo comprendido entre los kilómetros 0+000 al 52+000. Una vez establecida la metodología, se delimita el área de estudio; se realiza el análisis y diagnóstico de la misma y de cuyas conclusiones se derivan la elaboración de

# **LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO**

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

critérios, estrategias y acciones que en conjunto conforman el Plan de Manejo Paisajístico de la autopista, el cual abarca más allá del derecho de vía y zonas aledañas.

## **FUNDAMENTACIÓN**

La arquitectura de paisaje tradicionalmente se ha vinculado con el diseño de áreas verdes urbanas. Sin embargo, la nueva relación que la sociedad está estableciendo con su entorno, como respuesta a la inminente crisis ambiental y al franco y rápido deterioro de los recursos naturales, ha propiciado e impulsado una evolución de los conceptos, objetivos y alcances del diseño en la arquitectura de paisaje al replantear por un lado, el concepto y valor del espacio abierto en la conformación y construcción del entorno, y por otro el vínculo con el ambiente como valor y parámetro adicional a los valores sociales y estéticos que se deben involucrar en el diseño de espacios abiertos.

En algunos países, principalmente los denominados desarrollados, el manejo del paisaje se ha extendido a ámbitos en los que se busca armonizar y equilibrar el desarrollo del hombre con el medio a través de la conservación, construcción y diseño de ambientes y paisajes basados en la comprensión, transformación y aprovechamiento ordenado de los recursos naturales y humanos.

La modificación del entorno por la construcción de obras de infraestructura necesarias para elevar la calidad de vida humana son elementos de cambio significativo y permanente a los que se debe prestar atención por la escala de la obra en si y de la incidencia que tiene sobre el medio físico y su percepción. La carreteras, presas, aeropuertos, oleductos, líneas de alta tensión, etc son algunas obras de infraestructura en cuya localización, proyecto y construcción participan arquitectos paisajistas, sobretodo en países como Francia, Japón, E.U.A. o Inglaterra estableciendo un vínculo estrecho entre ingeniería, paisaje y ambiente.

No obstante, en México el valor del paisaje y su diseño se han subestimado e incluso ignorado en el ámbito regional, particularmente en las carreteras, ya que el espacio abierto a esa escala y vinculado a obras de infraestructura no se reconoce y por lo tanto, no se le otorga la importancia y valor real como recurso natural, cultural y paisajístico con un gran potencial ambiental y recreativo de estancia temporal. Más aún no existe un interés para mejorar las condiciones ambientales y visuales de dichos espacios incluidos la gran mayoría de los tramos carreteros a lo largo del país.

La construcción de carreteras es una tarea necesaria e ineludible pero la falta de una conciencia y sensibilidad paisajístico-ambiental provoca daños irreversibles en el medio donde se emplaza dicha infraestructura. Las autopistas son uno de los mejores ejemplos que pone en evidencia esta problemática y a la cual no se le ha dado el valor y la dimensión real en nuestro país, razón por la cual, se aborda de manera aislada y no como un problema global.

El caso de la Autopista Cuacnopalan – Tehuacán – Oaxaca representa, por sus características de diseño e importancia ambiental y ecológica de los distintos ecosistemas por donde atraviesa, una oportunidad para tratar de conciliar en un primer acercamiento los aspectos técnicos de ingeniería, ambientales y de paisaje a través del manejo de los espacios abiertos, otorgándoles a éstos últimos nuevas funciones compatibles con las necesidades del usuario así como de la población local aledaña a la carretera.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Determinar cuál es el papel y la trascendencia del estudio y manejo del paisaje en la planeación, diseño y construcción de una carretera ante la creciente necesidad y compromiso con la conservación de los recursos naturales y sus procesos; y la trascendencia de consolidar una red nacional de vías de comunicación terrestre en nuestro país desde la perspectiva de la arquitectura de paisaje.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Comprender la importancia de la red carretera nacional en el desarrollo social, político y económico del país.
- Identificar cuáles son las dependencias e instituciones gubernamentales que se ven involucradas en la planeación, construcción y mantenimiento de carreteras federales.
- Identificar el marco jurídico que protege el ambiente en la planeación, construcción y mantenimiento de carreteras.
- Describir los diferentes tipos de carretera.
- Identificar cuál es la contribución de la arquitectura de paisaje como disciplina complementaria en la diferentes etapas del proceso de diseño y construcción de carreteras y en la recuperación paisajística y ambiental de carreteras construidas.
- Elaborar un Plan Conceptual de Manejo Paisajístico para la autopista Cuacnopalan – Tehuacan –Oaxaca que ejemplifique los retos y alcances que representa la búsqueda de integración de una carretera construida y de estas especificaciones al ambiente y al paisaje desde el enfoque de la arquitectura de paisaje.

## **MARCO TEÓRICO**

### **I .Las necesidades sociales de comunicación y la contribución de la red carretera en México.**

#### **1.1 Necesidades sociales de comunicación carretera.**

A lo largo de la historia de la humanidad, el hombre ha buscado la manera de mejorar su calidad de vida y así obtener un bienestar tanto individual como colectivo. Sin embargo, la disponibilidad, distribución y acceso a los recursos naturales y humanos no siempre es homogénea entre las diferentes regiones del mundo. Así del adecuado aprovechamiento de los recursos de un territorio depende, en gran medida, el desarrollo de una nación, el cual se traduce en crecimiento y bienestar económico, salud, educación, vivienda, paz social, infraestructura (Subsecretaria de Infraestructura, SCT, 1989) y en una justa distribución de la riqueza entre los diversos sectores de la sociedad que la conforman. De este modo, la evolución y el progreso de un país requiere de la infraestructura que le permita el intercambio y movilización de bienes, “ ... personas, objetos y expresiones del pensamiento para que la sociedad subsista, funcione y evolucione” (Calderón, s/f).

El concepto de Infraestructura es en primera instancia la base material sobre la que se asienta algo, y al trasladarlo al ámbito económico se refiere al conjunto de equipamientos colectivos básicos necesarios para la vida económica de una nación (Larousse, 1993). Sobre la infraestructura es posible desarrollar otro tipo de servicios e inversiones que procuran ventajas tanto directas como indirectas a toda la sociedad (SXXI, 1990). La infraestructura comprende todas aquellas obras, construcciones y servicios básicos que un país requiere para fundamentar e impulsar su desarrollo en todos los aspectos. La infraestructura desde este punto de vista incluye: carreteras, vías férreas, puertos, aeropuertos, puentes, canales, diques, presas, sistemas de comunicaciones, instalaciones para la producción de energía, vivienda, educación, servicios sanitarios y de salud, dotación de redes de agua, telecomunicaciones, etc.

Los altos costos que implican la construcción de infraestructura y la creciente concientización sobre el uso racionalizado de los recursos naturales demandan la aplicación de instrumentos legales y administrativos como la planeación, a partir de la cual se dictan las políticas de los diferentes sectores que estructuran una nación para dirigir el crecimiento organizado integral y sostenido de ésta (AMC, 1974).

En el caso de las naciones clasificadas como de primer mundo, las comunicaciones y, en especial los ferrocarriles, fueron un factor coadyuvante fundamental para el “despegue” de su industrialización y por lo tanto de su economía (Cushman, D., 1963). Para los países en vías de desarrollo la construcción y ubicación de la infraestructura carretera inscrita dentro de los planes sectoriales y de desarrollo regional de comunicaciones y el transporte, se han convertido en condición indispensable para que éstos puedan alcanzar mejores niveles de vida, superar la pobreza heredada y acelerar el proceso de desarrollo (Griffin, K.B. et al,1975). De hecho, la evolución de las comunicaciones ha sido paralela al crecimiento y progreso de un país contribuyendo en un gran porcentaje al mismo (Cárdenas, E., 1976). Sin embargo, es importante mencionar que las vías de comunicación no son la única condición para que un país se desarrolle.

Uno de los elementos más relevantes para la conformación de un sistema de infraestructura es un eficiente sistema de comunicaciones y transportes (AMC,1974), el cual, de acuerdo

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

con Calderón (op. cit. s/f), comunique en primera instancia al país internamente, es decir, enlace la capital de la nación con la capital de sus estados y/o territorios, con los puertos y fronteras, con las zonas en desarrollo y al mismo tiempo permita la intercomunicación entre regiones; y en segundo lugar establezca la relación del territorio con el resto del mundo. Este mismo autor enfatiza que la comunicación interna de un país, y más aún en el caso de México, es requisito indispensable para que el concepto de nacionalidad con todas sus implicaciones socioeconómicas y políticas exista y subsista.

Circunstancias de diversa índole tanto a nivel nacional como internacional propiciaron que los caminos se perfilaran como el medio de comunicación que ofrecía más ventajas ante el alto costo del traslado de bienes y pasaje por ferrocarril, permitiendo que aún al lugar más apartado del territorio nacional se tuviera acceso a bajo costo y que cualquier persona pudiera desplazarse por dichos caminos. A diferencia del ferrocarril, los caminos pueden empezar a dar servicio conforme se van terminando los tramos; esto es, no es necesario esperar que la obra se concluya en su totalidad (Olivera, 1991). En el contexto de la revolución mexicana, los caminos fueron tomados como estandarte y parte de la ideología del momento, como el ferrocarril en tiempos de Porfirio Díaz; otorgándoseles un mayor impulso a la construcción de nuevas rutas, al mejoramiento y mantenimiento de equipo y maquinaria, así como a los tramos ya en funcionamiento (Calderón, H. , Vid, Idib, passim, pp. 1-60). La capacidad y versatilidad de las carreteras para proporcionar un servicio diversificado, hasta transformarse en la calle del campo, le confirieron un carácter único y una fuerza impulsora para el desarrollo e integración del país. Aunado a estas características, otro factor que coadyuvó a la construcción y auge de las carreteras en México y el mundo fue el gran entusiasmo que se otorgó a la industria automotriz cuyo crecimiento estuvo protegido y alentado por los gobiernos y empresarios de cada país.

En México, es hasta el período presidencial de Adolfo Ruiz Cortinez (1952-1958) y por iniciativa del Arq. Carlos Lazo, Secretario de Comunicaciones y Obras Públicas, que se emprendió la planeación de las vías de comunicación del país, estableciéndose por primera vez una política de comunicaciones para México en los aspectos internacionales, nacional, regionales y urbanos. Asimismo en materia de caminos se comprendió la necesidad de integrar grandes ejes y circuitos nacionales cuya construcción estuviera subordinada a la planificación integral del país, basada en la conjugación de los factores físicos, humanos, económicos y político-administrativos (Calderón, H., s/f, op. cit.).

A partir de que se formulara y reconociera formalmente en los planes de desarrollo nacional, estatal y municipal el papel que el sector comunicaciones y transportes juega en el crecimiento y desarrollo del país, las políticas determinadas para esa materia han coincidido en que las vías de comunicación fomentan y fortalecen la integración del territorio nacional y en la medida en que este sector crezca coadyuvará al crecimiento del país. De hecho, uno de los beneficios no cuantificables de la construcción de caminos y de la expansión de la red carretera es aquél que permite establecer las bases físicas para el ordenamiento territorial nacional (SAHOP,1981) y su contribución al desarrollo económico equilibrado del país (AMC, 1974).

En nuestro país impera una doble economía: una sustentada por las grandes empresas de cuantioso capital, y la segunda, conformada por pequeñas compañías de menor capital; esto provoca una demanda de medios de transportes que permita a las grandes corporaciones la movilización de importantes volúmenes de carga a larga distancia, por otro lado, los medianos, pequeños y micro productores agrícolas y ganaderos requieren de una distribución de bienes de forma sencilla y rápida. Por tanto, los ferrocarriles como las

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

carreteras desempeñan una función vital para el país. Sin embargo, debido a los altos costos que la modernización y construcción de nuevas vías férreas implican para el país en este momento, el sistema carretero y el autotransporte han pasado a primer término en el desplazamiento de bienes y personas. De hecho, algunos autores como Carlos Yarza (AMC, 1974) reconocen que la operación de la red carretera ha sido probablemente en los últimos 50 años el factor individual más importante de aceleración del proceso de desarrollo económico nacional. Los caminos, en general, permiten que la población más alejada tenga acceso a la educación, salud, intercambio comercial, participación ciudadana en la toma de decisiones y a la impartición de justicia (AMC, op. cit., 1974), permitiendo el funcionamiento eficiente de las zonas geográficas en donde se genera la producción de bienes y servicios, así como su distribución en los mercados.

Cabe resaltar que Calderón (op. cit. s/f) prevé que el mantenimiento y conservación de la red carretera en el siglo XXI implicará altos costos y ésta aún será insuficiente, por lo que recomienda replantear la política de comunicaciones y transportes dándole un mayor impulso al ferrocarril como medio de transporte de carga y pasajeros de gran escala y bajo costo.

De este modo el desarrollo del sector carretero ha sido favorecido por las circunstancias sociales, políticas y económicas imperantes en el país, no obstante hay que estudiar con detenimiento y precaución la política a seguir en ese rubro, ya que no es la única modalidad para el transporte de bienes y mercancías.

## 1.2. Necesidades y Avances de Comunicación Carretera.

El crecimiento de la red Carretera de 1930 a la fecha es muy significativo ya que no sólo se ha ampliado en longitud, ha incrementado el número de ciudades, localidades y sitios comunicados y al mismo tiempo ha fomentado la diversificación de los caminos para proporcionar diferentes niveles de servicios de acuerdo a la demanda, la necesidad y utilidad de los mismos. Asimismo la construcción, operación y mantenimiento de carreteras se ha formulado bajo las directrices de un proceso de planeación que ha permitido jerarquizar la ejecución de las obras conforme a las potencialidades de un sitio, las demandas de la población y las condiciones político-económicas imperantes en el país, constituyéndose así como un verdadero sistema de comunicación interno y externo.

Para comprender las necesidades y avances de comunicación carretera en nuestro país es importante hacer una breve reseña histórica, a través de la cual se pueda apreciar como la red ha crecido y qué circunstancias histórico – sociales y político - económicas han influido en este proceso.

La siguiente revisión del desarrollo de la red carretera se hará de forma paralela a las condiciones socio-políticas y económicas que imperaban en el país. Asimismo la extensión y la cobertura del sistema carretero se podrán apreciar en planos simplificados, los cuales muestran los diferentes tipos de caminos en periodos de 10 años desde 1930 hasta nuestros días.

La construcción de caminos en el país se remonta desde los tiempos prehispánicos, cuando el tránsito de bienes y mercancías se realizaba por calzadas y brechas - en la zona maya se denominaban sacbé o camino blanco-, a través de los cuales se llevaba a cabo el

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

intercambio comercial y permitían establecer áreas de control militar en los imperios de Mesoamérica.

Sólo algunos de los caminos pertenecientes al sistema prehispánico de caminos se mantuvieron durante el Virreinato, porque su ruta convenía a la política de explotación y exportación de la riqueza minera del país y posibilitaba el control político y militar sobre todo el territorio nacional.

La atención de los gobiernos virreinales se centró en cuatro caminos principales orientados vagamente a los puntos cardinales. Dichos caminos eran muy sinuosos, largos, con fuertes pendientes e incluso se mantenían en condiciones mínimas de transitabilidad para el desplazamiento de soldados y armamentos en caso de revueltas e insurrecciones. A principios del Siglo XIX existía una red de 2,300 km. de longitud de brechas denominadas “caminos reales” sobresaliendo las siguientes rutas:

- \* México - Veracruz,
- \* México - Acapulco,
- \* México - Oaxaca,
- \* México - Santa Fe,
- \* México - Toluca,

así como 18 mil km de caminos de Herradura. Pero el trazo inadecuado aunado a las malas condiciones en los que se encontraban los caminos, el acoso de asaltantes y los excesivos obstáculos económicos para el tránsito de bienes no permitió que estas rutas tuvieran un papel más trascendente en el desarrollo económico del país.

Durante el movimiento de Independencia e incluso hasta la promulgación de las Leyes de Reforma, el crecimiento de la red de caminos fue prácticamente nulo. Una vez constituida e instalada la República en el periodo comprendido entre 1866 y 1876, el gobierno federal construyó 9 500 km. adicionales de caminos. El entonces Presidente Benito Juárez reconocía la importancia de los caminos para impulsar el desarrollo del campo, la industria, el intercambio de ideas y por supuesto la distribución equitativa de la riqueza nacional. Juárez también vislumbró la trascendencia de incorporar los adelantos tecnológicos al crecimiento del país por lo que fomentó la construcción de la primera línea férrea en el territorio nacional.

A partir de la llegada de Porfirio Díaz al poder se depositó por completo en los ferrocarriles. el transporte de carga y pasajeros. Esto provocó que en tan sólo cuatro décadas la longitud de las vías férreas alcanzara 20 000 kilómetros, es decir, 75% de lo que actualmente mide la red ferroviaria del país.

Debido a que el gobierno mexicano no contaba con los recursos necesarios para la construcción de líneas férreas, se recurrió a la inversión con capital extranjero, cuyo mayor interés era la explotación de la minería y no la movilización de los recursos nacionales, lo que hubiese coadyuvado de manera importante al desarrollo de la nación. Bajo estas condiciones se realizó la construcción de las vías de ferrocarril, las cuales comunicaban la ciudad de México con los puertos y ciudades más importantes del país, paralelamente también se realizó el tendido de alumbrado público y servicio telegráfico. Por otro lado, se intentó desintegrar los ejes troncales camineros mediante el cese de construcción de tramos y el traspaso a los gobiernos de cada estado las labores de su conservación y mantenimiento, intentando reducir con esta acción cualquier posibilidad de competencia con el ferrocarril.

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

A pesar del estallido de la revolución mexicana continuó la construcción de vías férreas, convirtiendo al ferrocarril en un factor estratégico en el desarrollo de los enfrentamientos y del movimiento en si mismo. Ya finalizada la contienda y como resultado de los avances tecnológicos mundiales, el automóvil hace acto de presencia en nuestro país modificando y transformando las comunicaciones terrestres.

Las carreteras, a partir de esa época, se perfilaron como “el medio de comunicación más acorde con los anhelos revolucionarios de justicia social” (Calderón, op. cit., s/f) porque aún cuando el ferrocarril era accesible a todo tipo de persona sin importar clase social y cubría múltiples destinos, característica en común con los caminos, seguía siendo un icono de la época porfirista. Razón por la cual, era necesario sustituir esa imagen con un nuevo símbolo. Así, las carreteras permitieron y permiten el tránsito desde una bicicleta hasta pesados remolques ligando la capital del país y los estados con todos los rincones del territorio nacional

Los gobiernos que asumieron el mando del país los años posteriores al movimiento revolucionario no establecieron una política y mucho menos un plan integral para el crecimiento y fortalecimiento de las comunicaciones nacionales. A pesar de esta situación, la construcción y reconstrucción de líneas férreas continuó de manera importante, aunque los tramos construidos no tuvieron relevancia para el desarrollo del país evidenciando la ausencia de visión de los gobiernos posteriores.

Es durante el mandato del Gral. Plutarco Elías Calles (1924-1928) cuando se empezaron a tomar acciones encaminadas a establecer un verdadero sistema de comunicaciones terrestres en el país. Primero se formularon y practicaron significativas medidas correctivas en el viciado y abandonado ramo ferrocarrilero. Se corrigieron parte de las irregularidades que se presentaban en el manejo y funcionamiento administrativo, de personal y maquinaria del ferrocarril logrando un mejoramiento notable de las condiciones de operación y trabajo, y del equipo, instalaciones y servicio.

Asimismo el presidente Calles promovió la creación de la Comisión Nacional de Caminos, que fue uno de los organismos más importantes para el financiamiento y construcción de carreteras pavimentadas, con el objetivo de construir no sólo caminos complementarios a la red ferroviaria existente sino como toda una red de comunicaciones independientes.

El ingreso de esta Comisión provenía de impuestos aplicados al consumo de gasolina y los relativos a tabacos labrados mediante la expedición de una ley para tal fin. Con dichos fondos se construyeron las tres primeras carreteras de trazo y especificaciones técnicas innovadoras en el país: México-Puebla, México-Pachuca y México-Cuernavaca. Los proyectos y ejecución se contrataron con la firma norteamericana Byrne Brothers Corp. debido a que en México no se contaba con personal capacitado ni con experiencia en el ramo. No obstante, en 1926 se le rescindió el contrato a dicha empresa encomendando a partir de este momento la construcción de caminos por completo a ingenieros y técnicos mexicanos.

Para 1930 sólo seis años después de la creación de la Comisión, la red de caminos era de 1 426 km, entre los cuales se puede mencionar las carreteras: México - Córdoba, México - Toluca, México - Pachuca, México - Acapulco; los tramos: Monterrey - Laredo, Mérida - Progreso y Mérida -Chichen Itza.

La extensión de la red carretera en 1930 se puede apreciar en el siguiente mapa:

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000



MAPA No. 1. Extensión de la Red Carretera Nacional hasta 1930

FUENTE: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaría de Infraestructura, Programa Nacional para la Modernización Carretera, SCT, México, DF, 1991.

Durante el régimen del Gral. Lázaro Cárdenas (1934-1940) se llevaron a cabo varias reformas para el financiamiento y manejo de fondos, lo que permitió un crecimiento acelerado en la construcción de carreteras alcanzando para 1934 una longitud de 4 260 km dando prioridad a la comunicación entre la ciudad capital, las ciudades, puertos y aduanas más importantes de la República Mexicana. En 1931 la Comisión de Caminos desapareció para conformarse como Dirección Nacional de Caminos integrándose a la entonces Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. Otra acción que tuvo gran impacto en la construcción de carreteras en el país fue el establecimiento de una política de cooperación con los estados, basada en la Ley de Construcción de Caminos en Cooperación (1934), para la complementación de la red de caminos federales mediante la construcción de caminos estatales y vecinales, alimentadores de los caminos troncales, aportando el 50% en su costo la Federación y el 50% los estados.

El presidente Cárdenas, entre algunas de sus aportaciones en la política nacional encaminadas al impulso del desarrollo del país, estableció una nueva tesis vial al afirmar que “las vías de comunicación son instrumentos para la realización de las metas de justicia social y no meramente cauces de intercambio comercial”.

A mediados de 1934, el país atravesó por una crisis de comunicaciones muy fuerte, ya que los ferrocarriles, aún cuando se le habían inyectado grandes sumas para su rehabilitación, no cumplían con su función y las carreteras no podían complementar las líneas férreas, ni cubrir sus deficiencias y mucho menos suplirlas. Por lo que Cárdenas implementó medidas radicales en la administración, manejo y control de los ferrocarriles creando una nueva

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

empresa descentralizada de participación estatal. También promovió la construcción de nuevas líneas de gran trascendencia para la integración del país principalmente de los territorios al sureste y noreste de la República Mexicana.

Como resultado de las reformas para el financiamiento económico de obras públicas que propuso el presidente Lázaro Cárdenas, la longitud de la red carretera en 1940 ascendía a casi 10 000km de los cuales la mitad estaban pavimentados y una tercera parte revestidos.



MAPA No. 2. Extensión de la Red Carretera Nacional hasta 1940

FUENTE: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaría de Infraestructura, Programa Nacional para la Modernización Carretera, SCT, México, DF, 1991.

Los principales caminos terminados hasta su pavimentación fueron:

- \* México - Laredo
- \* México - Veracruz (vía Jalapa)
- \* México - Guadalajara y
- \* Puebla - Oaxaca.

También quedaron terminados los caminos:

- \* Monterrey - Saltillo
- \* Ciudad Juárez - Chihuahua
- \* México - Veracruz (vía Tehuacan) hasta la ciudad de Córdoba.

Entre 1940 y 1946 en el periodo presidencial del Gral Manuel Avila Camacho, durante la Segunda Guerra Mundial, se construyeron 1 000 km de carreteras por año otorgando preferencia por las rutas que representaran un papel estratégico en el desarrollo del país y entre las cuales se puede mencionar las carreteras Oaxaca - Tuxtla Gutiérrez, México - Ciudad Juárez, Guaymas - Hermosillo - Nogales, Córdoba - Veracruz, Tepic - Mazatlán y Campeche – Mérida

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

También se consideraron las rutas troncales y se puso especial atención a los caminos vecinales por lo que en 1947 se creó el Departamento de Planeación y Fomento de Carreteras Vecinales, el cual en ese mismo año se transformó en el Comité Nacional de Caminos Vecinales, iniciando de esta forma la modalidad tripartita para el financiamiento de caminos rurales incluyendo estatales: Federación - estado - particulares, recibiendo subsidio federal a través de la SCOP, y el programa de acciones que se realizó se derivaron del Plan Nacional elaborado por esa Secretaría.

Es importante señalar que en 1942 se creó el Departamento de Investigaciones y Laboratorios, el que permitió la introducción de nuevos avances en el diseño y control de materiales favoreciendo de forma directa la calidad y economía de la construcción tanto de carreteras como de aeropuertos y ferrocarriles.

La segunda Guerra Mundial repercutió en una mayor demanda del ferrocarril posponiendo la modernización del equipo y las líneas. Debido a que Estados Unidos de Norteamérica participaba en el conflicto armado, requería de un rápido suministro de bienes e insumo, el cual se llevaba a cabo a través del ferrocarril, por lo que se estableció un convenio con el gobierno del país vecino mediante el cual se otorgó a México un préstamo para el reforzamiento de terraplenes y puentes, y la modernización de ciertos talleres a cambio de durmientes. Esto permitió que la Secretaría de Obras impulsara la construcción de nuevas líneas especialmente una en el sureste y otra en el norte del país, regiones del territorio nacional que desde entonces han sufrido un déficit en cuanto a vías de comunicación.

En el período comprendido entre 1947 y 1952 durante el gobierno del Lic. Miguel Alemán Valdez se concluyeron varias obras iniciadas en el sexenio anterior, incrementando la longitud del sistema carretero en 4 623 km más, sobresaliendo la carretera Transístmica - Alvarado a Acayucan, los caminos de la cuenca del Papaloapan, la pavimentación de la carretera Panamericana en el trayecto Oaxaca - Tuxtla Gutiérrez, la supercarretera México - Cuernavaca, tramos de la carretera México - Nogales y otro tramo que ligaba y acortaba la distancia entre Jalapa y Veracruz. Para inicios de la década de los años 50's, la red carretera alcanzaba una longitud total de 21 422 km.

Las participaciones para la construcción de más y mejores caminos se vieron incrementadas por el aumento en el precio por consumo de gasolina y por contribuciones realizadas por plantas armadoras de vehículos y fabricantes de llantas. Por otra parte, en 1950 se logró equilibrar las finanzas del sector ferroviario mejorando la eficiencia del equipo y el servicio.

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000



MAPA No. 3. Extensión de la Red Carretera Nacional hasta 1950.

FUENTE: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaría de Infraestructura, Programa Nacional para la Modernización Carretera, SCT, México, DF, 1991.

Durante el gobierno de Ruiz Cortinez (1952-1958) se inició una nueva forma de hacer política vial, ya que bajo el mando del arquitecto Carlos Lazo en la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas se emprendió la planeación de las vías de comunicación supeditada a las políticas de un Plan Nacional de Desarrollo Integral. Dicho plan establecía la importancia de consolidar ejes troncales y circuitos que coadyuvaran al crecimiento del país sumando esfuerzos con otros sectores.

Se conformaron el eje central troncal carretero construyéndose la Autopista a Querétaro, el eje Costero del Golfo y del Caribe, la autopista Cuernavaca - Iguala y reconstrucción del tramo Iguala – Acapulco así como la terminación del camino México - Tijuana.

Otra de las decisiones de gran trascendencia para el crecimiento y desarrollo de la red vial fue la creación de Caminos y Puentes Federales de Ingreso en 1958, el cual se conformó como un organismo descentralizado con el fin de administrar y operar los caminos de cuota. Gracias a la cooperación del gobierno federal con los gobiernos estatales y municipales se construyeron varios miles de kilómetros de terracería, caminos revestidos y pavimentados. El Comité Nacional de Caminos Vecinales se convirtió en Comité Nacional de Comunicaciones Vecinales permitiendo que el financiamiento para la construcción de caminos vecinales se ampliara y de esta forma incluyera el tendido de líneas telegráficas y telefónicas.

En el renglón de los ferrocarriles, sucedió que mientras en el resto del mundo se modernizaban y se transformaban las líneas, maquinaria y equipo para dar un rápido, eficiente y seguro servicio, el gobierno mexicano no quiso arriesgar sus fondos en una empresa que se vislumbraba peligrosa por las condiciones físicas y administrativas en las que se encontraba. Así pues la política implementada fue la de rehabilitar el equipo

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

existente; y la construcción de nuevas líneas, se restringió únicamente a aquellas que fuesen de impacto nacional: el ferrocarril Chihuahua - Pacífico, el tramo que reducía la distancia entre Yucatán y el sureste facilitando el tráfico con Guatemala, el tramo que logró incorporar algunas localidades del norte del territorio nacional al desarrollo económico del país.

El departamento de Investigaciones y Laboratorios se transformó en la Dirección General de Proyectos y Laboratorios quedando a cargo del diseño de obras viales de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP) la formulación de especificaciones técnicas modernas para la construcción y de la vigilancia del cumplimiento de las normas durante la construcción de carreteras, siendo éstas algunas de las acciones gubernamentales que impulsaron y favorecieron significativamente el desarrollo del sector carretero.

A partir de 1958 bajo el gobierno del Lic. Adolfo López Mateos se continuó la construcción de nuevos caminos bajo la convicción de que se requería mayor número de carreteras para seguir difundiendo los beneficios sociales y económicos de la revolución mexicana hasta los últimos rincones del país. La construcción de obra vial incluyendo líneas férreas y caminos fue amplia y se lograron avances importantes en la integración de ejes troncales especialmente los del Pacífico y del Golfo. En 1960, México contaba con 41 951 km de caminos federales, estatales y alimentadores.



MAPA No. 4. Extensión de la Red Carretera Nacional hasta 1960

FUENTE: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaría de Infraestructura, Programa Nacional para la Modernización Carretera, SCT, México, DF, 1991.

En el período sexenal a cargo del Lic. Gustavo Díaz Ordaz (1964-1970) se le dio un gran impulso a la extensión y ampliación de los caminos troncales de peaje (cuota) alcanzando la red de caminos en total una longitud de casi 72 mil km para 1969.

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000



MAPA No. 5. Extensión de la Red Carretera Nacional hasta 1970

FUENTE: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaría de Infraestructura, Programa Nacional para la Modernización Carretera, SCT, México, DF, 1991.

Para entonces, México contaba con un 20% de caminos vecinales y un 80% de caminos troncales, lo que se traduce en que las ciudades más importantes del país se encontraban bien comunicadas mientras que el resto del país no contaba con un acceso transitable todo el año hacia otras localidades, cabeceras municipales e incluso a la capital del estado al que pertenecían. Ante esta situación el gobierno echeverrista puso en marcha un programa de construcción de caminos de mano de obra cuya finalidad principal fue la de hacer transitables en todo tiempo al mayor número posible de brechas y caminos de tierra ya existentes en el país, los cuales servían para comunicar rancherías y pueblos. Esta acción permitió la ocupación de campesinos quienes sólo tenían trabajo 4 meses al año y la construcción de 30 mil km de este tipo de caminos construidos por dependencias públicas como Petróleos Mexicanos, C.F.E., ingenios, empresas mineras, etc., ascendiendo la longitud de la red de caminos alimentadores a 66 mil km transitables y 147 500 km de caminos de tierra y brechas.

Las demandas de diferentes sectores de la población del país fueron requiriendo de diversas vías de comunicación, lo que propició de más y mejores caminos, así como una especialización de los mismos, los cuales pudieran proporcionar en la medida y tipo de demanda una respuesta ante las nuevas necesidades de tránsito rápido y eficiente. La principal política vial gubernamental fue la de liberar ciertos tramos carreteros congestionados, principalmente en el paso por ciudades y zonas industriales, mediante libramientos en alrededor de 2 200 km de caminos troncales. Todo esto en consonancia de otras acciones tendientes a apoyar el campo mexicano; pequeñas empresas y microempresas de carácter familiar; remodelación de zonas urbanas incluyendo plazas

## **LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO**

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

cívicas; apoyo a la creación y establecimiento de ciudades industriales, estrategias para impulsar el desarrollo del país y de los sectores que lo conforman.

Sin embargo, los ferrocarriles se fueron rezagando aún más al suspender la construcción de tramos troncales que hacían falta para integrar la red nacional. En 1972, a consecuencia de la escasez y deterioro del equipo rodante y de tracción se paralizó parcialmente el transporte de carga a nivel nacional provocando grandes pérdidas económicas al país.

Con la expedición de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal en 1976, desapareció la Secretaría de Obras Públicas y se creó la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP), la cual tuvo a su cargo, entre otras de sus atribuciones, la construcción y conservación de caminos.

En ese mismo año el régimen de José López Portillo, que abarcó de 1976 a 1982, se vio afectado por la crisis económica que el país sufrió con motivo de la baja en los precios del petróleo a nivel mundial ocasionando que todos los proyectos federales se retrasaran y las inversiones se detuvieran. Ante esta situación en el sector carretero sólo se pudieron repavimentar algunos cientos de kilómetros de la red troncal y estatal.

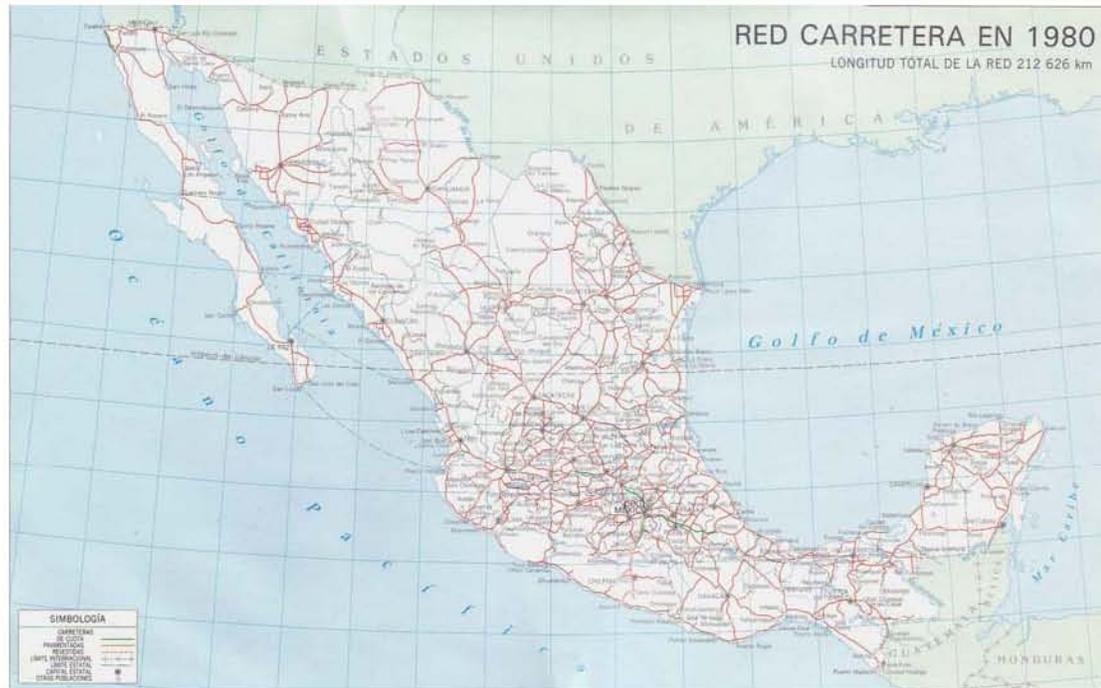
En materia de ferrocarriles se logró incrementar el número de carros lo que permitió movilizar hasta 12.8 millones de toneladas de productos agrícolas como resultado del impulso otorgado por el gobierno al campo mexicano. Pero por otro lado, el transporte de personas se redujo considerablemente debido a que en este aspecto, desde 1968 las políticas implementadas en este sector no concedieron ningún beneficio directo y perceptible al equipo y carros para pasajeros. Por lo que el servicio de pasajeros no representó un negocio y la demanda fue absorbida por el transporte carretero y aéreo.

La construcción de nuevas líneas carreteras y férreas se vio reducida a su mínima expresión, suspendiéndose la mayor parte de las obras viales en proceso y restringiéndose a unos cuantos tramos de ferrocarriles ligando importantes complejos siderúrgicos con puertos marítimos y agilizando el tránsito en ciertos subtramos. En el caso de tramos carreteros, el proyecto más sobresaliente fue el de atravesar la Sierra Madre Occidental y establecer un vínculo entre la región noroeste y norte-centro del país, lo que permitiría el aprovechamiento de los recursos mineros y forestales en las Sierras Madre Occidental y del Sur. Asimismo se construyeron algunos otros tramos con el fin de permitir el acceso a centros turísticos nacionales como el caso de Zihuatanejo.

En la década comprendida entre 1970 y 1980, el crecimiento de la red carretera nacional tuvo dos etapas. Una muy importante que permitió al país dotar de vías de comunicación a pequeñas localidades aisladas integrándose al desarrollo de la nación y de esta manera acceder a infinidad de servicios y recibir beneficios económicos y sociales al fomentar el intercambio de bienes y productos. Y la segunda mitad de la década fue marcada por la crisis del petróleo menguando la economía nacional y como consecuencia provocó una seria recesión en el ramo de la construcción. Aún así para 1980 el sistema carretero mexicano contaba con 212 626 km, es decir creció en un 300% más que la década anterior, principalmente por la construcción de caminos de mano de obra.

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000



MAPA No. 6. Extensión de la Red Carretera Nacional hasta 1980

FUENTE: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaría de Infraestructura, Programa Nacional de Autopistas. Propósitos y Logros, SCT, México, DF, 1994.

A partir de 1983 y bajo el mandato del Lic. Miguel de la Madrid desapareció la entonces SAHOP y se constituyeron dos nuevas dependencias, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). A esta última se le asignó la función de construir y operar la infraestructura del transporte, asimismo se creó dentro de la SCT, la Subsecretaría de Infraestructura, la cual se encargaría desde entonces de la planeación y construcción de infraestructura carretera, portuaria, aeroportuaria y ferroviaria del país.

El Gobierno del Lic. de la Madrid (1982-1988) se caracterizó por enfrentar una aguda crisis financiera que había comenzado el sexenio anterior, lo que mantuvo en recesión a toda la industria de la construcción, sobre todo la obra pública. Esta situación afectó severamente a la infraestructura carretera del país impidiendo su modernización y conservación, lo que a su vez repercutió en los niveles de servicio ya que el número de unidades de vehículos de carga y pasaje iban en aumento así como el peso de los vehículos. A pesar de las circunstancias se destaca la construcción de dos puentes de gran complejidad ingenieril: El Coatzacoalcos II y el Puente Tampico y la red carretera registró un crecimiento de 21 324 km.

A principios de 1989, la red nacional contaba con una longitud de 237 057 km de los cuales un 34.57% se encontraban totalmente pavimentados y de ese porcentaje más de la mitad corresponde a la red troncal -libre y de cuota-, es decir 47 504 km. La red troncal creció 6 788 km y en la red estatal se construyeron 8 683 km, aunque no todos fueron obra nueva sino que se revistieron algunos tramos de terracería.



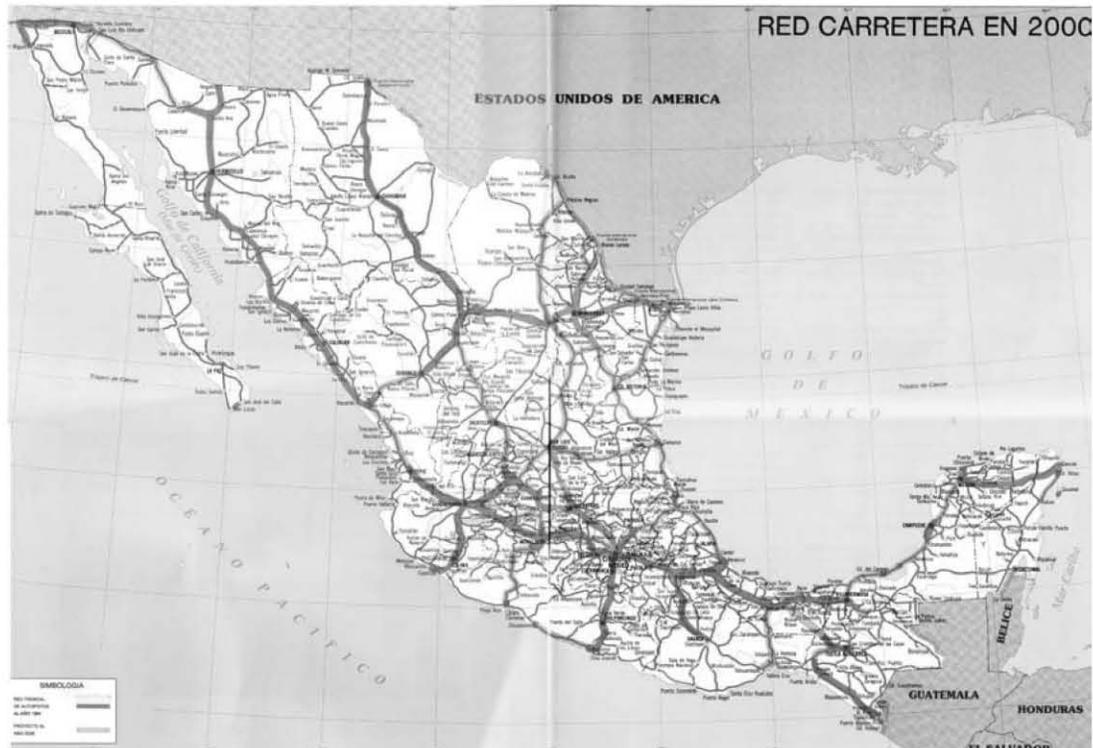
# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

## 1.3. Situación Actual de la Red Carretera Nacional.

Conforme a los datos y estadísticas disponibles en los anuarios estadísticos publicados por la SCT, para 2003 la red carretera nacional tenía una longitud de 333,840 km , distribuidos de la siguiente forma: caminos de cuota y libres para conformar la red troncal, caminos estatales para la red alimentadora y caminos rurales para formar la red de caminos vecinales, dejando en un apartado especial las brechas mejoradas, ya que estas últimas solo son transitables durante la época de estiaje.



MAPA No. 8. Extensión de la Red Carretera Nacional hasta 2000.

FUENTE: Pruneda Padilla, R., Programa Nacional de Autopistas 1989-1994, propósitos y logros, SCT, México, D.F., pp. 238-239

Estructura y Situación Actual de la Red Nacional Carretera (Año 2003)			
Red	Porcentaje con respecto a la Longitud Total de la Red Nacional (%)	Tipo de Camino	Porcentaje (%)
Carreteras Troncales de Cuota	2.08	2 carriles pavimentadas	0.31
		4 carriles pavimentadas	1.76

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

<b>Carreteras Troncales Libres</b>	14.15	Terracería	0.05
		Revestida	0.22
		2 carriles pavimentadas	12.94
		4 carriles pavimentadas	0.93
<b>Carreteras Alimentadoras - Estatales -</b>	18.50	Terracería	0.24
		Revestida	4.17
		2 carriles pavimentadas	13.79
		4 carriles pavimentadas	0.28
<b>Caminos Rurales - Vecinales -</b>	48.59	Terracería	4.08
		Revestida	43.35
		Pavimentadas	1.16
<b>Brecha Mejoradas</b>	16.65		16.65
<b>LONGITUD TOTAL</b>	<b>100</b>		<b>100</b>

Tabla No. 1. Estructura y situación actual de la Red Nacional Carretera

Fuente: Dirección General de Evaluación y Subsecretaría de Infraestructura, SCT, 2000

Como se puede observar el 16.23% de las carreteras son troncales, es decir comunican grandes regiones del país incluyendo la capital con las ciudades más importantes y puertos; un porcentaje similar, el 18.50% está constituido por caminos que unen a los diferentes estados con sus municipios y con otros estados complementando el sistema troncal nacional, el resto de los caminos son accesos a localidades (48.54%), comunidades rurales y rancherías (16.65).

El 31.18% de las carreteras se encuentran pavimentadas, el 47.74% se encuentran únicamente revestidas y el resto (21.08%) son de terracería y brechas mejoradas.

En conclusión, sobre un tercio de la infraestructura carretera se da la movilización de bienes y mercancías, así como el transporte de pasajeros, es decir, sobre un 30% de los caminos existentes se sostiene un alto porcentaje del intercambio comercial nacional y estatal, y por ende, sufren un mayor deterioro por tránsito constante. Esta situación que ya había sido detectada a mediados de la década de los ochenta se vio agudizada por el aumento de las cargas axiales en los vehículos lo cual ha obligado a la implementación de nueva tecnología y diseño en carreteras.

Los caminos revestidos y de terracería, en su mayor parte, corresponden a caminos vecinales o rurales, cuyo flujo vehicular es mucho menor que en los otros tipos de caminos. Sin embargo, sus modestas especificaciones técnicas en cuanto a pavimentos, trazo y la ausencia de obras de drenaje definitivas han provocado que el uso normal de estos caminos se deteriore de forma significativa, haciéndolas inseguras e incluso intransitables. El 16% restante corresponde a brechas mejoradas, que aun cuando, representan un acceso y un enlace de comunicación con el resto del país, a veces el único, no garantiza una transitabilidad permanente.

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

Así pues México cuenta con un sistema carretero nacional que le ha permitido el aprovechamiento de los recursos naturales y humanos pero éste aún acusa deficiencias, tal y como se diagnostica en el Plan de Desarrollo 2001-2006, es necesario la construcción de nuevos tramos carreteros que complementen los ejes troncales, y el mejoramiento de los ya existentes para soportar nuevas cargas y asegurar la transitabilidad permanente de todos los caminos que conforman la red.

Con base en las condiciones actuales y necesidades de crecimiento y desarrollo de nuestro país, la red carretera nacional debe seguir creciendo de forma continua y significativa. La construcción, ampliación y mejoramiento de las carreteras en el ámbito nacional, estatal y local implica modificaciones de diversa índole en el medio físico- geográfico y biótico, razón por la cual el nuevo Plan de Desarrollo y todas las disposiciones legales vigentes en este momento contemplan la existencia de una compatibilidad entre las acciones y obras realizadas con el ambiente en todos los sectores.

Todo esto trae como consecuencia que el Sector Comunicaciones y Transportes y la variable ambiental se compaginen para crear una nueva perspectiva donde el aspecto ambiental no sea sólo un requisito y pase a formar parte del proceso de decisiones en la concepción de los proyectos carreteros. **En esta coyuntura, la Arquitectura de Paisaje puede jugar un papel estratégico en la integración del ambiente a este tipo de proyectos y tratar de compaginar la construcción de carreteras con su entorno. Ya que esta disciplina tiene como objetivo fundamental establecer una relación armónica entre el hombre, sus obras y la naturaleza a través del diseño y manejo de los espacios abiertos bajo un esquema que compagina el conocimiento científico y técnico estableciendo la cualidad funcional de un espacio y la integración del proyecto al ambiente y al mismo tiempo buscando la más alta calidad visual del mismo;** esto es el mejoramiento ambiental y paisajístico del entorno tanto natural como construido que genere espacios funcionales, estéticos, seguros y agradables (Rogers, W., 1997).

En la actualidad y como respuesta ante la demanda mundial por la conservación del ambiente se ha generado una renovada conciencia respecto al papel de la naturaleza y sus recursos en el desarrollo del hombre. Razón por la cual, la comprensión de los sistemas naturales y su funcionamiento, el análisis de las necesidades sociales y de la conducta humana, así como la forma en que ambos factores interactúan entre sí conformando patrones de paisaje ( de Bolos, et. al., 1992) han retomado gran importancia convirtiéndose gradualmente en un factor determinante en los procesos de planeación, planificación y diseño de grandes regiones hasta la solución de proyectos específicos y en formas concretas de diseño. Esta nueva conceptualización de la problemática y conservación ambiental ha propiciado que los proyectos de esta índole se aborden a través de nuevas formas de trabajo, conformando grupos multi e interdisciplinarios para la formulación, diseño y ejecución de nuevas estrategias tendientes a reconciliar los intereses y requerimientos humanos con el equilibrio de los ecosistemas y donde ..."el arquitecto de paisaje puede considerarse como un puente entre el científico naturalista y el promotor y economista, como un defensor de la sociedad que intenta garantizar un uso inteligente de los recursos y evitar las consecuencias catastróficas de una intervención social desafortunada en el ecosistema" (Laurie, M., 1983)

Asimismo en el ejercicio de esta profesión se ha reconocido la necesidad de ampliar y diversificar su campo de acción, y a la vez clarificar sus actividades y alcances en respuesta a las exigencias de un mundo en constante cambio (Laurie, M., 1983 op. cit.) estableciendo tres escalas de desarrollo y participación:

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

- Planeación (escala regional),
- Planificación (escala urbana),
- Diseño detallado (escala arquitectónica), (Laurie, M., 1983; IFLA, 1981).

Siendo en el ámbito regional donde existe una especial preocupación por la construcción de obras de infraestructura de grandes dimensiones tales como las presas y los proyectos lineales: carreteras, ferrocarriles, gasoductos, etc. debido a las alteraciones e impactos de magnitud considerable que su ejecución conlleva de manera directa o indirecta sobre el ambiente.

Razón por la cual, organismos internacionales (Federación Internacional de Arquitectos Paisajistas IFLA, Sociedad Americana de Arquitectos Paisajistas ASLA) así como algunas publicaciones especializadas (Landscape Architecture, Garten und Landschaft) en arquitectura de paisaje reconocen la importancia del papel que juega el arquitecto paisajista en la integración de este tipo de obras considerando el perfil con el que cuenta dicho profesionalista.

Así pues y apoyado en la política ambiental y vial de nuestro país, dictadas en el Plan Nacional de Desarrollo 1994-2000, 2001-2006 y en el marco jurídico vigente; la participación del arquitecto paisajista en colaboración con otras disciplinas en los proyectos carreteros se convierten en una tarea relativamente nueva y de grandes retos, donde el término “paisaje” y “arquitectura de paisaje” amplían su definición para dar paso a un marco teórico-científico que sustenta cuantitativa y cualitativamente la elaboración de propuestas, en donde el efecto y la calidad visual del recorrido en carreteras no es tan sólo el “embellecimiento” del sitio sino el resultado de un análisis y propuestas más profundas e integrales, las cuales responden a una problemática ambiental y social.

## **II. Aspectos políticos – económicos y jurídicos de las carreteras en México.**

### **2.1 Aspectos político-económicos**

#### **2.1.1. Plan Nacional de Desarrollo**

Para que un gobierno sea capaz de alcanzar las metas que se propone en los diferentes sectores que lo conforman, la primera acción que debe llevar a cabo es el establecimiento de un plan de desarrollo, el cual recoge las demandas de la población y dicta las políticas específicas para cada uno de los sectores. En nuestro país, el plan de desarrollo se elabora conforme y en cumplimiento del art. 26 de la Constitución Mexicana y del art. 5 de la Ley de Planeación y en él se toman en cuenta las necesidades y las propuestas de los ciudadanos, las dependencias y entidades de la Administración Pública y de los gobiernos de los estados (SPP, 1989). De estas políticas se derivan planes y programas cuya finalidad es la de traducir los objetivos y planes en hechos.

Una vez comprendida la trascendencia del subsector carretero en el desarrollo de nuestro país y su reconocimiento y establecimiento formal dentro del Plan Nacional de Desarrollo se ha venido elaborando una política dirigida exclusivamente al rubro Comunicaciones y Transportes de la cual y como resultado de una necesidad real se desprende una política vial enfocada a la planeación y manejo de las vías de comunicación y transporte terrestre a corto, mediano y largo plazo. El objetivo fundamental de la política vial es lograr una alta eficiencia en el traslado de bienes y personas, es decir, máxima rapidez y seguridad al mínimo costo bajo una revisión constante de las directrices tanto en esta materia como en el Plan Nacional de Desarrollo así como los programas vigentes.

El proyecto, construcción y puesta en funcionamiento de la Autopista Cuacnopalan-Tehuacan-Oaxaca se realizó bajo la dirección del Plan Nacional de Desarrollo 1988 – 1994, el cual establece en materia de vías de comunicación los siguientes principios en política de comunicaciones y transportes:

- El Estado participará en la creación de infraestructura de comunicaciones y transportes constituyéndose como una función de rectoría e impulso al desarrollo nacional, la cual se complementa y fortalece con la participación de los recursos de los particulares en la construcción y operación de la Infraestructura, en la medida en que las diferentes acciones son realizadas dentro de un marco regulador claro y moderno.
- El desarrollo de las comunicaciones y transportes será promovido por el gobierno federal para apoyar las políticas de crecimiento y estabilidad económica, integración y desarrollo regional, promoción del empleo, impulso al comercio exterior, atención a las demandas sociales, así como al fomento industrial y turístico.
- La construcción y desarrollo de la infraestructura de comunicaciones y transportes tendrá particular importancia para asegurar el crecimiento sostenido de la economía.
- La construcción de la infraestructura que facilite la provisión de los servicios de comunicaciones y transportes indispensables para la población de bajos ingresos se atenderá de manera prioritaria.
- El Gobierno Federal fortalecerá sus acciones para conservar y mejorar la infraestructura carretera, Se dará prioridad a la terminación de obras en proceso y

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

a la construcción de los enlaces transversales de la red troncal de carreteras (ORVA, 1993).

Con estricto fundamento en la ley, se podrá concesionar a particulares la construcción y operación de autopistas y puentes. La participación privada en este renglón contribuirá al rápido desarrollo de la Infraestructura que se requiere, al tiempo que permitirá liberar recursos para atender otras obras y programas prioritarios de comunicaciones y transportes, cuya ejecución es exclusiva del sector público. En los títulos de concesión que se otorguen se señalarán las condiciones que se deberán cumplir a fin de que se garantice un servicio público eficiente (SPP, 1989 Apud ORVA, 1993).

A su vez el Programa Nacional de Comunicaciones y Transportes 1989-1994 (SCT, 1994) estableció, entre otras, las siguientes estrategias y prioridades:

- Contribuir en el proceso de descentralización.
- Proteger y mejorar el aprovechamiento de la capacidad instalada.
- Mantener la ocupación y generar empleos.
- Avanzar hacia la suficiencia financiera del sector.
- Aumentar la seguridad de los servicios de transporte.
- Fomentar el desarrollo tecnológico en el transporte.

### 2.1.2. Programa Nacional de Carreteras.

#### 2.1.2.1. Programa Nacional para la Modernización de la Infraestructura Carretera 1989 - 1994

La Secretaria de Comunicaciones y Transportes elaboró con fundamento en el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994 la política correspondiente al sector el **Plan Nacional para la Modernización de la infraestructura carretera** con el fin de establecer los lineamientos que orienten las tareas para mejorar la calidad y capacidad de las redes de Transporte de personas y bienes, y que le permitieran al país contar, en un periodo razonablemente corto, con redes de caminos que satisfagan el nivel de servicio requerido y deseado (SCT,1991). Esos lineamientos fueron los siguientes:

- ◆ Obtener el tipo de camino que satisfaga el nivel de servicio deseado.
- ◆ Corregir los puntos conflictivos que causen embotellamientos y accidentes.
- ◆ Poner en operación los caminos de cuota como vías alternas que ayuden a aliviar en forma sustancial el transporte en la red carretera nacional.
- ◆ Construir caminos de enlace que son indispensables para integrar al país.
- ◆ Conservar adecuada de la red de caminos.

Para definir y concretar las acciones a realizar, la SCT (1991) llevó a cabo un diagnóstico del sector carretero cuya finalidad era detectar el estado actual, la problemática y las deficiencias que la infraestructura carretera pudiese presentar y a partir de éste generar las propuestas y alternativas para mejorar la calidad y extensión del servicio. A continuación se presenta un cuadro, el cual expone por un lado las conclusiones del diagnóstico y por el otro las posibles soluciones:

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

<b>DIAGNOSTICO Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES DEL SECTOR CARRETERO</b>	
<b>DIAGNOSTICO</b>	<b>PROPUESTAS DE SOLUCIONES</b>
<p>Congestionamiento y puntos conflictivos en toda la red, sobre todo en los tramos cercanos a ciudades y los ubicados en terrenos accidentados a consecuencia del aumento de tránsito vehicular.</p>	<p style="text-align: center;"><b>SOLUCIÓN A PUNTOS CONFLICTIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modernización de tramos para eliminar los puntos conflictivos:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>* Ampliación a un tercer carril con acotamiento en el tramo ascendente en caminos de dos carriles con pendiente ascendente fuerte.</li> <li>* Ampliación de puentes angostos.</li> <li>* Construcción de puentes y/o alcantarillas para eliminar los vados.</li> <li>* Rectificación de trazo de curvas peligrosas.</li> <li>* Construcción de glorietas o pasos a desnivel para evitar cruces peligrosos.</li> <li>* Construcción de libramientos de zonas y/o centros urbanos.</li> </ul> </li> </ul>
<p>Deterioro en la red debido al tránsito creciente de vehículos con cargas axiales mayores a las autorizadas y la falta de recursos económicos para la aplicación de un programa de conservación adecuado a las nuevas necesidades.</p>	<p style="text-align: center;"><b>SOLUCIÓN A TRAVÉS DE CARRETERAS DE CUOTA.</b></p> <p>Construcción de carreteras de cuota para descongestionar algunos tramos de la red troncal y estatal, las cuales debido a que son caminos de altas especificaciones representarán substanciales ahorros en los costos de operación, rapidez y comodidad para los usuarios.</p>
<p>Identificación de cuellos de botellas e incremento en el número de accidentes automovilísticos como consecuencia de un diseño geométrico obsoleto y al volumen creciente de vehículos.</p> <p>Cobertura insuficiente de los enlaces transversales troncales y de caminos alimentadores vitales para el desarrollo regional y para la integración nacional.</p>	<p style="text-align: center;"><b>SOLUCIONES CON ENLACES CARRETEROS.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de caminos de enlace, los cuales unan dos rutas o caminos principales, y en general los necesarios para completar los tramos faltantes en la trama de las redes.</li> </ul> <p>Estos caminos traen siempre grandes beneficios al dar fluidez al tránsito, al resolver problemas de aislamiento de zona y poblaciones, y al mejorar la economía de la región</p>

Tabla No. 1. Diagnóstico y Propuestas de soluciones del sector carretero.

FUENTE: SCT, Subsecretaría de Infraestructura, PROGRAMA NACIONAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA, SCT, MÉXICO, DF, 1991

## 2.1.2.2. Programa Nacional de Autopistas 1989- 1994

El análisis y diagnóstico de la situación carretera nacional hasta 1989 arrojó como resultado la importancia de la creación de un Programa Nacional de Autopistas, el cual comprendió:

- Autopistas desarrolladas con fondos públicos, generalmente libres pero en algunos casos de cuota.
- Autopistas pertenecientes al sistema CAPUFE \*
- Autopistas de cuota concesionadas,

Siendo éstas últimas una nueva modalidad en el financiamiento para la construcción y operación de caminos implementada en nuestro país (SCT,s/f).

Conforme a estos lineamientos se elaboraron los siguientes objetivos particulares en relación a la red de carreteras troncales de cuota -autopistas- :

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

- \* Ampliación de la cobertura de la red de caminos y puentes de cuota para agilizar las vías congestionadas, reducir tiempos y costos del autotransporte y ofrecer una respuesta más eficaz a la creciente demanda de estos servicios.
  - \* Rehabilitación y conservación permanente la red de caminos y puentes de cuota.
  - \* Modernización de la infraestructura y los servicios que ofrecen, dentro de un proyecto integral de desarrollo.
  - \* Administración y operación eficiente del sistema de caminos y puentes de cuota, a fin de generar ingresos que garanticen su autosuficiencia
    - \* CAMINOS Y PUENTES FEDERALES Y SERVICIOS CONEXOS (**CAPUFE**).
- LA AUTOPISTA CUACNOPALAN - TEHUACAN - OAXACA SE ENCUENTRA DENTRO DE ESTA CATEGORÍA  
FUENTE: PRUNEDA PADILLA, R., COORD., PROGRAMA NACIONAL DE AUTOPISTAS 1989-1994. PROPÓSITOS Y LOGROS, SCT, SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, MÉXICO, DF, 1994.

El PRONAUTI (Programa Nacional de Autopistas) (SCT, 1994) plantea en su informe final que aquellas autopistas federales que por sus condiciones de costo o aforo, no ofrezcan suficientes beneficios para ser concesionadas, pero si una alta rentabilidad social, su construcción estará a cargo de la SCT como es el caso del tramo Ocozocoautla - Raudales, de la ruta Troncal México-Tuxtla Gutiérrez y la autopista **Cuacnopalan-Tehuacán-Oaxaca**.

### 2.1.2.3. Programa Sectorial de Carreteras 2000-2006

Este programa tiene una vinculación muy estrecha con los propósitos y estrategias del Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006. La estructura del mismo se basa en los objetivos estratégicos que tienen pleno sustento en dicho documento y que permiten la identificación de las metas establecidas en él. Una de ellas se basa en que el sector comunicaciones y transportes es de gran importancia dentro de la economía nacional, debido a que desempeña un papel crucial en el crecimiento económico y mejoramiento de la calidad de vida de la población, por lo que continua conformando el marco jurídico y regulatorio que habrá de consolidar el cambio estructural del sector, que contribuya a mitigar entre otros el inevitable impacto ambiental del cambio de uso de suelo y aprovechamiento de los recursos no renovables que genera la construcción y operación de la infraestructura carretera.

Con la convicción de que las comunicaciones y transportes constituyen un poderoso agente de cambio, progreso social, integración regional e impulso a la productividad y competitividad de la economía, en 1997 la acción pública continuó asignando una alta prioridad a la transformación estructural del sector. De esta manera, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes – SCT - persistió en las siguientes líneas estratégicas:

- Consolidar el nuevo marco jurídico y regulatorio que rige al sector, mediante su permanente actualización;
- Impulsar la participación privada en el desarrollo de la infraestructura y la prestación de servicios;
- Incrementar la inversión pública en los programas con mayor impacto social, apoyada en nuevos mecanismos de financiamiento;
- Avanzar en la descentralización de funciones, responsabilidades y recursos hacia los estados y municipios;
- Elevar la eficiencia operativa de las dependencias y entidades públicas que actúan en este ámbito.

### **2.1.3. Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales**

#### **2.1.3.1. Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006 (PNMARN)**

Este programa se presenta con el propósito principal de satisfacer las expectativas de cambio de la población, construyendo una nueva política ambiental consistente con los grandes lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 (PND) y en donde esta nueva política ambiental además se fundamenta en el Objetivo Rector de que el Estado debe crear las condiciones para un desarrollo sustentable que asegure la calidad del medio ambiente y la disponibilidad de los recursos naturales en el largo plazo.

El país enfrenta una severa degradación y sobreexplotación de los recursos naturales como herencia ambiental del Siglo XX. Esta situación demanda un cambio sustantivo de la política ambiental, el Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PNMARN), basa en seis pilares la nueva política ambiental de México:

1. **Integralidad.** La nueva política ambiental va más allá de un enfoque puramente ecológico y considera que los recursos naturales deben de ser manejados en forma conjunta y coordinada. Para lograr el manejo integral de los recursos naturales en el territorio se adoptará un enfoque integral de cuencas donde se tomarán en cuenta las interrelaciones que existen entre agua, aire, suelo, recursos forestales y los componentes de la diversidad biológica.
2. **Compromisos de los sectores del Gobierno Federal.** Bajo la nueva política ambiental, el compromiso con el desarrollo sustentable representa una tarea compartida por diversas secretarías e instituciones del gobierno federal que son responsables de los distintos sectores de la economía. Esto significa que el conjunto de estas dependencias será responsable de promover el desarrollo sustentable en sus actividades y programas, a través de acciones específicas y metas cuyo desempeño pueda medirse periódicamente. La variable ambiental estará presente en las decisiones económicas de importancia de este Gobierno.
3. **Nueva gestión.** La nueva política implica cambiar el enfoque estratégico de la gestión ambiental, impulsar un nuevo federalismo e inducir el buen comportamiento de los usuarios del medio ambiente con una normatividad clara, eficiente y de vanguardia y la formulación de incentivos para promover un desempeño ambiental eficiente.  
El nuevo enfoque estratégico de la gestión ambiental consiste en sustituir el énfasis inicial dado a la prevención y control por el de detener y revertir la degradación de los ecosistemas. La nueva gestión requiere de la aplicación efectiva de instrumentos de gestión y la reestructuración del sector ambiental federal. El nuevo federalismo ambiental consiste en buscar, a través de una relación y diálogo respetuoso entre las autoridades federales, las estatales y municipales, una acción conjunta y coordinada para que la gestión ambiental sea eficaz y eficiente. Quedan bajo competencia federal las implicaciones regionales del manejo de los recursos naturales. Los incentivos fomentarán la inversión ambiental y permitirán alcanzar nuestras metas con un menor costo para la sociedad.
4. **Valoración de los recursos naturales.** En la nueva política ambiental se promoverá que los usuarios de los recursos naturales y los servicios ambientales reconozcan su valor económico y social. Esto hará que, reconociendo su valor e importancia para la sociedad, sean usados en forma racional.

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

5. Apego a la legalidad y combate a la impunidad ambiental. Bajo la nueva política ambiental, la ley se aplicará sin excepciones y se dará un combate irrestricto frente al crimen ambiental y la impunidad.
6. Participación social y rendición de cuentas. El ciudadano común tendrá acceso a la información que le permita conocer el estado del medio ambiente en el que vive y cómo éste afecta su bienestar. La gestión federal del sector ambiental podrá ser evaluada por la ciudadanía mediante el uso de indicadores de desempeño ambiental. La Secretaría ha establecido índices y metas que permitirán una evaluación clara de su desempeño y faciliten la rendición de cuentas durante su gestión.

La principal innovación de la política ambiental consiste en haber logrado que catorce secretarías e instituciones del Gobierno Federal incorporen la sustentabilidad en sus respectivos programas sectoriales. Así, en lugar de que la SEMARNAT haya establecido unilateralmente criterios para determinar cómo avanzar hacia el desarrollo sustentable, cada secretaría o institución decidió, coordinadamente con SEMARNAT, sus objetivos, líneas estratégicas y metas de sustentabilidad.

El primer paso para impulsar la nueva política ambiental de México y en particular la nueva gestión ambiental, se dio con la reestructuración del Gobierno Federal y la inserción de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en las tres comisiones coordinadoras del Poder Ejecutivo Federal donde se atienden las prioridades nacionales. El medio ambiente dejó de ser un asunto sectorial, restringido a la política social y pasó a ser un tema transversal en las agendas de trabajo de las comisiones de Crecimiento con Calidad, Desarrollo Social y Humano y, Orden y Respeto.

La reestructuración de la SEMARNAT responde al compromiso con la sociedad para lograr una gestión ambiental en México más eficaz y eficiente. Conforme a la nueva estructura, la Secretaría ya no es responsable directa del desarrollo de actividades productivas. Las principales tareas de la Secretaría son ahora de carácter normativo, de fomento y de gestión. Sus objetivos están orientados a la conservación de la biodiversidad, la protección del ambiente y los recursos naturales y la promoción del desarrollo sustentable.

El Programa contempla medidas específicas para impulsar nuevas formas de participación que alienten al ciudadano de manera individual y en grupos organizados, a intervenir en la formulación y ejecución de la política ambiental y a mantener una actitud vigilante sobre los recursos y el medio ambiente. También se ha previsto dar atención prioritaria a los asuntos de las mujeres y los pueblos indígenas, grupos sociales de importancia fundamental para proteger el ambiente y conservar la biodiversidad, frecuentemente excluidos de la formulación y ejecución de políticas públicas.

Es necesario considerar que, en muchos casos, la falta de normatividad o de infraestructura ambiental se relaciona con un conocimiento insuficiente de la interacción hombre-naturaleza. Por ello, otro renglón fundamental de la gestión del sector estará orientado a la promoción y estimulación de la investigación científica y tecnológica, aplicada a la resolución de los problemas ambientales prioritarios que aquejan a nuestro país.

La educación juega un papel crucial en el cumplimiento de los objetivos y metas de este Programa. En este ámbito se plantea como prioridad el desarrollo de hábitos colectivos de cuidado y respeto de nuestro entorno, en donde el gobierno, predicando con el ejemplo,

marque la pauta en el comportamiento cotidiano de empresas, industrias, comunidades y personas.

El Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006 fue construido con y de cara a la sociedad. A través de consultas públicas se identificaron los objetivos estratégicos, las líneas de acción, proyectos y metas con las que el Gobierno de la República y la sociedad emprenderán el camino del cambio para detener y revertir las tendencias del deterioro ambiental.

En la revisión de los planes de desarrollo nacionales y los programas sectoriales en el rubro de infraestructura carretera en los últimos tres sexenios (1988-1994; 1994-2000 y 2000-2005) se ha reconocido y enfatizado la importancia de éstas vías de comunicación en el desarrollo del país. De igual modo, en lo que se refiere al aspecto ambiental, el Plan Nacional de Desarrollo 1988-1994 y con mayor énfasis en el plan 1995-2000 así como el 2001-2006 se reconoce la diversidad geográfica, biológica y cultural del territorio mexicano y su papel estratégico también en la búsqueda por mejores condiciones de vida de la sociedad en general. El gobierno federal asume que los recursos naturales sufren un gran riesgo como consecuencia del acelerado crecimiento demográfico; el acelerado cambio de una sociedad agrícola a una sociedad industrial; la descapitalización del campo; la carencia de instrumentos legales para frenar la degradación ambiental; la falta de una conciencia y educación ambiental; la excesiva centralización de las decisiones y la ausencia de una planificación adecuada (SPP, 1989).

De esta forma tanto las políticas del subsector carretero como aquéllas encaminadas a la protección ambiental quedan suscritas a los Planes Nacionales de Desarrollo de los sexenios 1988-1994, 1995-2000 y 2001-2006. De hecho, este énfasis en materia ambiental se extiende en todo el ámbito de la política nacional propiciando y fomentando la compatibilidad de los programas, las acciones y estrategias de todos los sectores con el adecuado aprovechamiento de los recursos naturales así como la conservación y preservación del medio físico-natural.

## **2.1.4. Tránsito de mercancías y pasajeros por la red carretera.**

El sistema de Transportes posibilita la instrumentación económica, social y cultural, permitiendo ejercer la soberanía sobre el territorio nacional, lo que le da también un carácter estratégico para el desarrollo social y económico del país (ORVA, 1994). El impacto del sector Transportes en la construcción, la fabricación de equipo, el consumo de energéticos y la generación de empleos, refuerza su carácter estratégico y su papel es sustancial en la estrategia para la reordenación económica (ORVA, 1994). En términos económicos, el transporte interviene en forma determinante en los costos de producción y distribución de los bienes y servicios, agregándoles valor al disponer de estas mercancías y prestaciones en el lugar y en el momento en que se necesitan. La infraestructura de transporte es un elemento esencial, para, en conjunto con otras inversiones:

- a) Impulsar y aprovechar el potencial de desarrollo de las distintas regiones.
- b) Contribuir en forma importante a la reordenación territorial de la actividad económica y los asentamientos humanos (ORVA, 1994).

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

Calderón en su publicación “La Obra Vial” realiza un análisis del crecimiento y desarrollo de la Infraestructura de Comunicaciones y Transportes, específicamente de la obra vial. Sin embargo, y retomando su obra para este trabajo, el autor apunta acertadamente que la interpretación de las gráficas y estadísticas sobre la construcción de vías de comunicación debe ser cautelosa; ya que si bien por un lado nos pueden auxiliar en la comprensión del crecimiento de la infraestructura también su lectura directa puede arrojar conclusiones erróneas pues estos índices “no reflejan nada respecto a los factores económicos y sociales que corresponden a cada etapa de la vida del país” (Calderón, H., s/f, op. cit.).

Este mismo autor también señala que “la construcción de vías de comunicación se ve influida por la subjetividad de la política vial de cada país y de cada gobierno, restringiéndose en unos a un plano secundario - social y económico - convirtiéndose en otros países en instrumento de propaganda política y ampliándose en otros más para cumplir funciones sociales que no se traducen en productos cuantificables”.

En el siguiente cuadro y gráfica comparativas se expone el crecimiento de la red carretera y férrea en México, en los cuales se puede apreciar que la construcción de caminos fue más vigorosa en los periodos 1958-1964, 1971-1978 y 1989-1994, mientras que en los Ferrocarriles se percibe un estancamiento a partir de 1930.

<b>Longitud de Caminos y Ferrocarriles en México de 1870 a 2000</b>			
<b>Carreteras</b>		<b>FF.CC.</b>	
<b>Año</b>	<b>km (miles)</b>	<b>Año</b>	<b>km (miles)</b>
		1870	500
		1875	900
		1880	1 100
		1885	6 000
		1890	9 700
		1895	10 900
		1900	11 340
		1905	16 840
		1910	19 900
		1915	20 500
		1920	20 900
		1925	23 300
1930	1 426	1930	23 800
		1935	23 300
1940	9 929	1940	22 800
		1945	23 300
1950	21 422	1950	23 400
		1955	23 400
1960	41 951	1960	23 290
		1965	24 000
1970	71 520	1970	24 468
		1975	24 670
1980	212 626	1980	25 483
1981	213 238	1981	25 456
1982	213 702	1982	25 543
1983	216 471	1983	25 800
1984	221 003	1984	25 840
1985	224 225	1985	25 908

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

1986	230 991	1986	26 183
1987	233 339	1987	26 287
1988	235 033	1988	26 399
1989	237 057	1989	26 361
1990	239 235	1990	26 361
1991	241 962	1991	26 334
1992	243 856	1992	26 445
1993	245 183	1993	26 445
1994	303 414	1994	26 447
1995	306 404	1995	26 612
1996	310 591	1996	26 622
1997	313 604	1997	26 622
1998	319 792	1998	26 622
1999	329 532	1999	26 622
2000	333 840	2000	26 655

Tabla No. 2. Longitud de caminos y ferrocarriles en México de 1870 a 2000.

FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE PLANEACIÓN, COMITÉ DE ESTADÍSTICA ANUARIO ESTADÍSTICO DEL SECTOR COMUNICACIONES Y TRANSPORTES MÉXICO, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994 y 2000.

Nuestro país no ha sido la excepción en cuanto a la toma de decisiones respecto a la construcción de la obra vial, ya que el ritmo con el que han crecido las redes carretera y férrea ha estado en función de las circunstancias económicas sin dejar a un lado las cuestiones políticas y sociales tanto nacionales como mundiales.

El momento histórico de la revolución mexicana provocó un cambio decisivo en la política vial del país, porque a partir del establecimiento de los gobiernos posrevolucionarios en 1929 se impulsó un programa de construcción de carreteras, que en términos cuantitativos fue 10 veces a más grande que el Producto Nacional Bruto para el periodo 1929-1958, es decir, 10 veces mayor que la producción total de los tres sectores que conforman la economía de un país. Para lograrlo se requirió de sacrificios en otros renglones de la vida nacional, siendo esta la prueba más contundente y clara de la fuerte convicción de los gobernantes y del pueblo de que “las vías de comunicación son un factor imprescindible en el desarrollo económico y social del país” (Calderón,s/f, op. cit.).

En cuanto a la situación de los ferrocarriles, como uno de los medios de transporte y comunicación vitales para el desarrollo del país, su construcción se llevó a cabo primero bajo el gobierno de Benito Juárez y después durante el gobierno de Porfirio Díaz significando la entrada de México a la nueva era industrial y tecnológica. Su papel en el crecimiento y desarrollo industrial y económico del país fue determinante debido a que el transporte de personas y bienes en su totalidad se realizaba mediante el FF.CC.

La construcción y extensión del ferrocarril facilitó el desarrollo de la minería, de la incipiente industria, la electrificación del país así como el tendido de la red telegráfica. Aún más, los ferrocarriles representaron en el movimiento revolucionario un factor estratégico en las operaciones militares. Sin embargo, y debido a los ideales revolucionarios, los ferrocarriles pasaron a segundo término impulsándose la construcción de caminos, agudizándose su situación en 1965 bajo el gobierno de G. Díaz Ordaz con la política de sustitución del transporte férreo por el carretero.

Para el periodo comprendido de 1984-1999, el ferrocarril manejó únicamente el 0.63% de pasajeros transportados por vía terrestre y un 14.91% de la carga de bienes y productos

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

(SCT, 1991-1999). Mientras que el sistema carretero para el mismo tiempo, movilizó el 99.37% de pasajeros y el 85.09% de carga, lo que significó atender una demanda de 3 398 millones de viajes de pasajeros en promedio y 629 millones de toneladas en promedio de diversos productos básicos y manufacturados (SCT, 1999).

<b>Tabla Comparativa de Pasajeros Transportados por Carretera y Ferrocarriles en México en el período 1984 - 2000</b>			
<b>Año</b>	<b>Carretera (miles de pasajeros)</b>	<b>FF.CC. (miles de pasajeros)</b>	<b>TOTAL</b>
1984	1 443 464	24 050	1 467 514
1985	1 536 841	23 311	1 560 152
1986	1 611 204	22 430	1 633 634
1987	1 683 409	22 109	1 705 518
1988	1 760 775	18 487	1 779 262
1989	1 850 993	15 898	1 866 891
1990	1 966 645	17 149	1 983 794
1991	2 071 587	14 901	2 086 488
1992	2 189 900	14 740	2 204 640
1993	2 319 378	10 878	2 330 256
1994	2 636 089	7 189	2 643 278
1995	2 691 200	6 678	2 697 878
1996	2 750 400	6 727	2 757 127
1997	2 257 00	5 092	2 262 592
1998	2 536 400	1 576	2 537 976
1999	2 677 000	801	2 677 801
2000	No disponible	334*	No disponible
<b>TOTAL</b>	<b>33 982 785</b>	<b>212 016</b>	<b>34 194 801</b>
<b>PORCENTAJE</b>	<b>99.37%</b>	<b>0.63%</b>	<b>100%</b>

<b>Tabla Comparativa de Carga Transportada por Carretera y Ferrocarriles en México en el período 1984 - 2000</b>			
<b>Año</b>	<b>Carretera (miles de toneladas)</b>	<b>FF.CC. (miles de toneladas)</b>	<b>TOTAL</b>
1984	282 183	73 428	355 611
1985	293 409	63 721	357 130
1986	290 559	57 216	347 775
1987	296 088	58 124	354 212
1988	298 870	57 354	356 224
1989	309 803	53 890	363 693
1990	314 675	50 960	365 635
1991	327 773	46 405	374 178
1992	341 070	48 705	389 775
1993	366 628	50 377	417 005
1994	356 487	52 052	408 539
1995	366 700	52 480	419 180

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

<b>1996</b>	383 300	58 831	442 131
<b>1997</b>	332 500	61 666	394 166
<b>1998</b>	380 800	75 914	456 714
<b>1999</b>	417 200	77 062	494 262
<b>2000</b>	No disponible	77 164*	No disponible

<b>TOTAL</b>	<b>5 358 045</b>	<b>938 185</b>	<b>6 296 230</b>
<b>PORCENTAJE</b>	<b>85.09%</b>	<b>14.91%</b>	<b>100%</b>

Tabla No. 3. Tabla comparativa de carga transportada por carretera y ferrocarriles en México en el período 1984-2000.

FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE PLANEACIÓN, COMITÉ DE ESTADÍSTICA, SCT, ANUARIO ESTADÍSTICO DEL SECTOR COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, MÉXICO, 1994

Estas cifras al igual que la extensión y longitud de ambos sistemas muestran en primera instancia la importancia y el impulso que el sector carretero desempeña en el desarrollo económico, político y social del país. Asimismo permiten observar la tendencia inversamente proporcional de ambos rubros, ya que por un lado se presenta el incremento constante en cuanto al número de pasajeros y toneladas transportadas por carreteras, mientras que el FF.CC. representa solo un tercio en el transporte de mercancías y pasajeros por vía terrestre en el mismo período.

De esta forma, se hace patente la franca crisis que acusa el ferrocarril, cuya situación se ve agravada por el deterioro y obsolescencia del equipo y maquinaria así como por los altos costos que implicarían la modernización de las líneas férreas generando su subutilización y parcial abandono.

Por otro lado, se ha otorgado un gran impulso a la construcción de carreteras; en los últimos años gracias a la implementación del Programa de Concesiones, el cual ha agilizado el crecimiento de la red troncal –principalmente de carreteras de altas especificaciones-. Sin embargo, es importante mencionar que las expectativas de recuperación económica por parte de algunos concesionarios no fueron las esperadas, razón por la cual algunos tramos debieron ser rescatados financieramente por el gobierno federal, quien absorbió la deuda adquirida por los particulares durante la construcción y operación de dichas rutas y hasta la fecha las tiene en sus manos, provocando una gran polémica sobretodo en el ámbito político nacional.

Aun bajo estas circunstancias la longitud y cobertura de la red carretera nacional no es comparable ni equiparable a las líneas del ferrocarril. Y aunque el transporte por carretera no cuenta con la misma capacidad de carga y movilización de bienes y personas que el ferrocarril tiene, los caminos son el medio más solicitado por los mexicanos para el traslado de mercancías y personas a distintos lugares de la república y fuera del país.

Y apoyados en los datos disponibles es posible establecer que el tránsito de mercancías y pasajeros a nivel nacional, estatal y local por vía terrestre es factible hasta la fecha por la existencia, características y ventajas que ofrece la red de carreteras, los cuales han ido modificando sus especificaciones de diseño en cuanto a métodos constructivos y de diseño para ser eficientes y para cubrir la creciente demanda.

### 2.2. Aspectos jurídicos

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

Las carreteras son proyectos lineales, los cuales debido a sus características de trazo, diseño y destino involucran muchos aspectos desde su planeación hasta su construcción y mantenimiento.

Para que cualquier proyecto carretero se lleve a cabo requiere en primera instancia ser resultado de una necesidad o demanda de la población. El proyecto debe pasar por una serie de evaluaciones técnicas para sopesar el impacto que su construcción traerá. Así pues existen criterios diversos para tal fin, esta evaluación contempla como punto principal la congruencia con el marco legal vigente, es decir, con todas las disposiciones jurídicas que la construcción del camino así como sus obras de apoyo implican.

La revisión del marco jurídico vigente representa en primer término la definición de las atribuciones y obligaciones de las diferentes dependencias así como la identificación, aplicación y observación de las leyes vigentes que en un momento dado se ven involucradas en el proceso de selección de la ruta y la ejecución de la misma con sus consecuentes obras de apoyo.

El proyecto debe desprenderse y ser coherente con los objetivos primarios del Plan de Desarrollo Nacional, Estatal y Municipal. Esto permite establecer la prioridad del proyecto para su realización así como los términos en que la carretera deberá ser manejada, incluyendo financiamiento, control y administración. Con fundamento en el plan de desarrollo se garantizan los beneficios económicos y sociales que la construcción de esa vía de comunicación derramará sobre las comunidades involucradas directa e indirectamente.

En el caso de la construcción de carreteras en México, actividad que conlleva la modificación y utilización de diversos recursos naturales, la Constitución establece en el art. 27 reglas para el aprovechamiento de dichos recursos en la totalidad del territorio nacional, dichos estatutos son tendientes a propiciar la justa y equitativa distribución de la riqueza nacional considerando la capacidad de los mismos así como su conservación para futuras generaciones.

## 2.2.1. Constitución Política de México

La carta Magna otorga mediante el art. 73 al H. Congreso de la Unión la facultad de dictar leyes sobre aprovechamiento de recursos mineros (Fracción X), **vías generales de comunicación (Fracción XVII)**, en materia de asentamientos humanos (Fracción XXIX-C) y **en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico (Fracción XXIX-G)**.

Esta capacidad del Congreso permitió que en 1976, durante el gobierno de José López Portillo se expidiera la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la cual establece las atribuciones y corresponsabilidades de todas y cada una de las dependencias gubernamentales (secretarías y organismos desconcentrados) que conforman la estructura política, económica y social del país.

Así pues este capítulo tiene como finalidad enmarcar todos los aspectos jurídicos que involucran la planeación, ejecución y mantenimiento de un nuevo tramo carretero, esto permite identificar las obligaciones y funciones de cada una de las dependencias, las acciones y cobertura de las mismas así como definir responsabilidades otorgadas por las

leyes vigentes en las distintas materias. Pero sobretodo, los ordenamientos legales están encaminados a establecer un marco adecuado y flexible que permita fundamentar, propiciar y realizar “obras esenciales para el desarrollo del país considerando las características del medio natural, sus potencialidades y su vocación” (ORVA, op. cit. 1993).

## **2.2.2. Participación de la Administración Pública.**

### **2.2.2.1. Atribuciones de la Administración Pública.**

En el caso del gobierno mexicano, la presidencia de la república, las secretarías de estado y los departamentos administrativos constituyen la administración pública centralizada y sus atribuciones, responsabilidades y disposiciones son de carácter federal, es decir, los gobiernos de los estados y de los municipios e incluso la iniciativa privada deberán cumplir y acatar los lineamientos y políticas emitidas por dichos organismos en los asuntos que las leyes correspondientes establezcan.

Para que la administración de los recursos nacionales, impartición de justicia, paz y bienestar social se lleve a cabo de manera adecuada, es necesario que se determine, en base a un marco legal, las funciones de cada una de las dependencias e instituciones gubernamentales para el correcto cumplimiento de los objetivos y metas trazadas en el Plan Nacional de Desarrollo. Por lo cual, en 1976 se aprobó y se expidió la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal definiéndose de esta forma, tal y como se ha mencionado con anterioridad, las funciones de todas y cada una de los organismos que constituyen la estructura administrativa Federal.

### **2.2.2.2. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.**

En el transcurso de los años desde que se expidió la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (LOAPF) publicada en el D.O.F. el 29 de diciembre de 1976 y en vigor a partir del 1o. de enero de 1977, ha sufrido una serie de modificaciones, las cuales han permitido un mejor funcionamiento administrativo y alcanzar las metas trazadas en el Plan Nacional de Desarrollo vigente en ese momento. De estas modificaciones cabe resaltar la publicada en el D.O.F. 28 Dic.1994, mediante la cual se crea la Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP, ahora SEMARNAT) otorgando un **gran valor al ambiente en el proceso de desarrollo del país.**

La última edición con las reformas, modificaciones o adiciones a las disposiciones de la LOAPF, estuvo al cuidado de la Unidad de Asuntos Jurídicos de la Secretaría de la Función Pública, publicadas en el D.O.F. 10 de abril de 2003, D.O.F. 21 de abril de 2003 y D.O.F. 21 de mayo de 2003.

En el caso de la Autopista Cuacnopalan - Tehuacán - Oaxaca, el proyecto y ejecución de la obra se llevaron a cabo bajo las directrices del Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994 y de las disposiciones legales vigentes en ese periodo. Sin embargo, al iniciar el nuevo periodo sexenal, se formula un nuevo Plan de Desarrollo y algunas leyes son modificadas entrando en vigor una vez que son aprobadas por el congreso. De esta forma, las labores de

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

mantenimiento y conservación de dicha Autopista deben inscribirse dentro del marco legal vigente del periodo sexenal 2001-2006.

Del mismo modo, para la definición y elaboración de objetivos y propuestas en este trabajo para el subtram km 0+000 - km 52+000 se consideraran los estatutos legales vigentes en este momento en carreteras y en materia ambiental relacionados con la construcción, operación y mantenimiento de obras públicas así como en el manejo, conservación y restauración de recursos naturales y repoblaciones forestales.

A continuación se enmarcan las atribuciones conferidas a las distintas Secretarías de Estado que integran la Administración Pública Federal involucradas en el desarrollo de un proyecto carretero:

<b>Atribuciones en materia de gestión ambiental conferidas a Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal</b>			
Dependencia o Entidad Administrativa	Disposicion es Jurídicas	Artículo	Funciones y Atribuciones
Secretaria de Desarrollo Social <b>SEDESOL</b>	LOAPF	Artículo 32	XV. <b>Promover la construcción de obras de infraestructura y equipamiento para el desarrollo regional y urbano</b> , y el bienestar social, en coordinación con los gobiernos estatales y municipales y con la participación de los sectores social y privado.
Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural <b>SAGARPA</b>	LOAPF	Artículo 35	VII. Organizar y fomentar las investigaciones agrícolas, ganaderas, avícolas, apícolas y silvícolas, estableciendo institutos experimentales, laboratorios, estableciendo estaciones de cría, <b>semilleros y viveros, vinculándose a las instituciones de educación superior de las localidades que correspondan</b> , en coordinación, en su caso, con la Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales. XII. Participar junto con la Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales en la <b>conservación de suelos agrícolas, pastizales y bosques</b> , y aplicar de las técnicas y procedimientos conducentes. XX. Participar junto con la Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales, en la <b>promoción de plantaciones forestales</b> , de acuerdo con los programas formulados y que compete realizar al Gobierno Federal, por si o en cooperación con los gobiernos de los estados, municipios o de particulares.
Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca <b>SEMARNAT</b>	LOAPF	Artículo 32 Bis	I. Fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales y bienes y servicios ambientales con el fin de propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable. II. Formular y conducir la política nacional en materia de recursos naturales, siempre que no estén encomendados expresamente a otra dependencia; así como en materia de ecología III. Administrar y regular el uso y promover el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que correspondan a la Federación, con excepción del petróleo y todos los carburos de hidrógenos líquidos, sólidos y gaseosos, así como minerales radioactivos.

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

			<p>IV. Establecer con la participación que corresponda a otras dependencias y a las autoridades estatales, municipales, normas oficiales sobre la preservación y restauración de la calidad del medio ambiente; sobre los ecosistemas naturales; sobre el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y de la flora y fauna silvestre, terrestre y acuática; sobre descargas de aguas residuales, y en materia minera; y sobre materiales peligrosos y residuos sólidos y peligrosos;</p> <p>V. Vigilar y estimular, en coordinación con las autoridades federales, estatales y municipales, el cumplimiento de las leyes, normas oficiales mexicanas y programas relacionados con recursos naturales, medio ambiente, aguas, bosques, flora y fauna silvestre, terrestre y acuática, y pesca; y demás materias competencia de la Secretaría, así como, en su caso, imponer las sanciones procedentes.</p> <p>X. Promover el ordenamiento ecológico del territorio nacional, en coordinación con las autoridades federales, estatales y municipales, y con la participación de los particulares;</p> <p><b>XI. Evaluar y dictaminar las manifestaciones de impacto ambiental de proyectos de desarrollo que le presenten los sectores público, social y privado; resolver sobre los estudios de riesgo ambiental, así como sobre los programas para la prevención de accidentes con incidencia ecológica;</b></p> <p>XII. Elaborar, promover y difundir las tecnologías y formas de uso requeridas para el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y sobre la calidad ambiental de los procesos productivos, de los servicios y del transporte;</p> <p><b>XIII. Fomentar y realizar programas de reforestación y restauración ecológica, con la cooperación de las autoridades federales, estatales y municipales, en coordinación, en su caso, con la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.</b></p> <p>*XIV.* Evaluar la calidad del ambiente y establecer y promover el sistema de información ambiental, que incluirá los sistemas de monitoreo atmosférico, de suelos y de cuerpos de agua de jurisdicción federal, y los inventarios de recursos naturales y de población de fauna silvestre, con la cooperación de las autoridades federales, estatales y municipales, las instituciones de investigación y educación superior, y las dependencias y entidades que correspondan;</p> <p>*XV.* Desarrollar y promover metodologías y procedimientos de valuación económica del capital natural y de los bienes y servicios ambientales que éste presta, y cooperar con dependencias y entidades para desarrollar un sistema integrado de contabilidad ambiental y económica;</p> <p>XVII. Promover la participación social y de la comunidad científica en la formulación, aplicación y vigilancia de la política ambiental, y concertar acciones e inversiones con los sectores social y privado para la protección y restauración del ambiente;</p> <p>*XXII.* * Coordinar, concertar y ejecutar proyectos de formación, capacitación y actualización para mejorar la capacidad de gestión ambiental y el uso sustentable de recursos naturales; estimular que las instituciones de educación superior y los centros de investigación realicen</p>
--	--	--	---

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

			<p>programas de formación de especialistas, proporcionen conocimientos ambientales e impulsen la investigación científica y tecnológica en la materia; promover que los organismos de promoción de la cultura y los medios de comunicación social contribuyan a la formación de actitudes y valores de protección ambiental y de conservación de nuestro patrimonio natural; y en coordinación con la Secretaría de Educación Pública, fortalecer los contenidos ambientales de planes y programas de estudios y los materiales de enseñanza de los diversos niveles y modalidades de educación;</p> <p><b>XL. Diseñar y operar, con la participación que corresponda a otras dependencias y entidades, la adopción de instrumentos económicos para la protección, restauración y conservación del medio ambiente.</b></p>
Secretaría de Comunicaciones y Transportes <b>SCT</b>	LOAPF	Artículo 36	<p>I. Formular y conducir las políticas y programas para el desarrollo del transporte y las comunicaciones del país.</p> <p>XXI. <b>Construir</b> y conservar los <b>caminos</b> y puentes <b>federales</b>, incluso los internacionales, así como las estaciones y centrales de autotransporte federal.</p> <p>XXII. Construir y conservar los caminos y puentes, en cooperación con los gobiernos de las entidades federativas, con los municipios y los particulares.</p> <p>XXV. <b>Cuidar los aspectos ecológicos y los relativos a la planeación de desarrollo en los derechos de vía, de las vías federales de comunicación.</b></p>
Secretaría de la Reforma Agraria <b>SRA</b>	LOAPF	Artículo 41	<p>I. Aplicar los preceptos agrarios del artículo 27 Constitucional, así como las leyes agrarias y sus reglamentos.</p> <p>II. Conceder o ampliar en términos de ley, las dotaciones o restituciones de tierra y aguas a los núcleos de población rural.</p> <p>*VI.* Conocer de las cuestiones relativas a límites y deslinde de tierras ejidales y comunales;</p> <p>*IX.* Cooperar con las autoridades competentes a la eficaz realización de los programas de conservación de tierras y aguas en los ejidos y comunidades;</p> <p><b>XI. Manejar los terrenos baldíos, nacionales y demás.</b></p>

Tabla No. 4. Atribuciones en materia de gestión ambiental conferidas a dependencias y entidades de la Administración Pública Federal.

FUENTE: LEY ORGÁNICA DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL, DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN DEL 29 DE DICIEMBRE DE 1976; DECRETO POR EL QUE SE REFORMA, ADICIONA Y DEROGA DIVERSAS DISPOSICIONES DE LA LOAPF, DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN DEL 25 DE MAYO DE 1992 Y DEL 28 DE DICIEMBRE DE 1994; REFORMAS, MODIFICACIONES O ADICIONES A LAS DISPOSICIONES DE LA LOAPF, D.O.F. 10 DE ABRIL DE 2003, D.O.F. 21 DE ABRIL DE 2003 Y D.O.F. 21 DE MAYO DE 2003.

En la planeación, construcción y operación de infraestructura carretera intervienen diversas dependencias federales y estatales conforme a las características, funciones y jurisdicción del camino en cuestión. En el caso de las carreteras federales, libres y de cuota, las cuales y debido a su gran magnitud y longitud así como a sus altas especificaciones de diseño y trazo, demandan numerosos y cuantiosos recursos que van desde la selección y diseño de la misma ruta, el estudio ambiental, la aprobación de fondos por parte del Gobierno Federal para la construcción de la obra, la compra y/o expropiación de terrenos, la construcción del tramo y por último la operación y mantenimiento de la obra.

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

La tarea de planear y construir caminos corresponde en primer término a la SCT apoyado de manera importante por la SEDESOL en el proceso de planeación y selección de la ruta. Otro de los aspectos que la SCT también debe observar es la conservación de los recursos naturales durante las etapas de construcción y operación de los tramos carreteros en los terrenos que pasen a ser propiedad federal a consecuencia del proyecto. A partir de este momento se involucran en el desarrollo del mismo, las dependencias que tienen a su cargo los asuntos relativos a la administración de los recursos naturales, en este caso la SEMARNAT, la cual y bajo su coordinación se atenderá, orientará y vigilará las acciones de la SCT para la protección y en su caso, recuperación y restauración del medio por donde pase el tramo carretero.

De igual forma, la SEMARNAT otorga a sus unidades y órganos administrativos desconcentrados atribuciones en materia de planeación ecológica, manejo de recursos naturales, recuperación de suelos, reforestaciones e impacto ambiental, las cuales coadyuvan al cumplimiento de la legislación, planes y programas vigentes y cuyo objetivo fundamental es la integración de todo proyecto carretero al ambiente de forma armoniosa y se eviten procesos de deterioro que pongan en riesgo los ecosistemas.

La cooperación intersectorial con la SAGARPA se realizará en lo referente a la obtención de material vegetal, plantaciones forestales así como la conservación de suelos, pastizales y bosques que se requiera para el mejoramiento ambiental y paisajístico de las carreteras.

En la construcción de una carretera además de recursos naturales también involucran recursos culturales. Debido a la presencia de una gran cantidad de vestigios arqueológicos e históricos que aún permanecen sin descubrirse a lo largo y ancho del territorio nacional, la construcción de una carretera debe contar con la participación de otras instancias gubernamentales. Tal es el caso del órgano desconcentrado del INAH cuya intervención está condicionada al inicio de las obras, a la existencia de antecedentes de las zonas por las que atraviesa el trazo carretero y a la notificación por parte de las empresas constructoras sobre posibles hallazgos. Una vez que se comprueba la presencia de vestigios se realizan las labores de salvamento arqueológico suspendiéndose temporalmente la obra civil. Dependiendo de la importancia, complejidad y dimensión del descubrimiento se procede a hacer un levantamiento, cartografiar, describir y rescatar el material encontrado en caso extremo se llega a la modificación del trazo carretero.

La LOAPF define las facultades de las dependencias públicas, las cuales se amplían y complementan con los ordenamientos legales vigentes y asignados para cada una de ellas señalando la participación directa de las instituciones así como las corresponsabilidades, convenios y/o acuerdos que se deben suscribir entre los distintos actores en los casos correspondientes.

Para la elaboración de este trabajo se consideró pertinente aclarar primero, la definición de las instancias gubernamentales que participan en la concepción y desarrollo de proyectos carreteros y sus funciones. Y como segunda precisión, delimitar las acciones de dichas dependencias en el marco de la legislación vigente y aplicable para el correcto cumplimiento y seguimiento de las políticas emitidas en el Plan Nacional de Desarrollo vigente. El siguiente inciso enfatiza y ahonda en las Leyes, artículos y reglamentos específicos que se deben observar para la planeación, construcción, operación y mantenimiento de un tramo carretero incluyendo los aspectos a considerar para lograr un adecuado manejo ambiental y paisajístico del mismo.

### **2.2.3. Legislación Federal.**

Para la observación de la Legislación Federal se deben hacer las siguientes reflexiones:

Hoy día el marco jurídico vigente sustenta el adecuado manejo de los recursos naturales en la planeación y construcción de obra nueva (pública y privada), por tanto el aspecto ambiental se considera un factor importante en el proceso y elaboración de todo tipo de proyecto y para tal efecto existen una serie de instrumentos que contemplan el desarrollo de los mismos buscando su integración al ambiente y el menor perjuicio a éste.

La segunda consideración es relativa a las obras cuya ejecución se inició en años anteriores a la entrada en vigor de las modificaciones a las leyes, las cuales en sus disposiciones originales, rigieron en un principio dichas obras. Las reformas de ley demandaron la creación de otras medidas y órganos especializados para la regularización y actualización de la condición legal de las construcciones que se encontraban y se encuentran en esa circunstancia.

Esto nos permite concluir que desde el proceso de planeación de la ruta, construcción e incluso los daños ambientales ocasionados por la obra de un tramo carretero están contemplados en las leyes así como los organismos gubernamentales que deben vigilar la aplicación y cumplimiento de las mismas.

Para comprender en que etapa del proyecto carretero se deben acatar los ordenamientos legales, a continuación se describirá de manera simplificada las fases que un proyecto debe cumplir para realizarse y alcanzar los objetivos para los que fue concebido. Estas etapas se pueden englobar en tres grandes apartados:

- A. Aspecto socioeconómico.**
- B. Aspecto Técnico-constructivo.**
- C. Aspecto legal**

**A. Aspecto socioeconómico.** La magnitud y las características de cada tramo carretero proyectado y construido responden a los requerimientos de cada grupo y/o sector social, los cuales en ocasiones se sobreponen entre sí permitiendo generar un solo proyecto principal del cual se desprenden otros de menor jerarquía pero que juegan un papel importante en la totalidad de la red carretera nacional.

El primer paso que se debe llevar a cabo para la construcción de un tramo carretero es:

1. El análisis y selección de los enlaces carreteros necesarios para el desarrollo de las actividades de los diversos centros de concentración del país.
2. La valoración de dichos enlaces ante las demandas de la población y los requerimientos del país, es decir, cuáles son los enlaces más deseables desde los puntos de vista político, social, administrativo y económico.

Este proceso de evaluación y valoración está supeditado a los planes y programas de desarrollo nacional y estatal, lo que permite definir las acciones a realizar en los caminos y rutas seleccionadas, las cuales y una vez en funcionamiento, coadyuvarán e impulsarán el desarrollo de una región con el apoyo y coordinación de proyectos asociados (p. ej. desarrollos turísticos, sistemas de riego, electrificación, etc.). La colaboración intersectorial con organismos como la SEDESOL y la SEMARNAT es un factor estratégico e indispensable para coordinar objetivos y actividades y lograr las metas delineadas en el Plan Nacional de

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

Desarrollo en lo referente a desarrollo regional y vías de comunicación. En este punto se definen los enlaces terrestres que se establecerán entre dos o más sitios.

**B. Aspecto Técnico-constructivo.** Este aspecto se refiere a todos los estudios técnicos que permiten evaluar y definir desde diversos puntos de vista la ruta más conveniente entre dos sitios así como la elaboración del anteproyecto y el proyecto mismo incluyendo el diseño geométrico, especificaciones técnicas y procedimientos constructivos. Los estudios deben llevarse a cabo en el siguiente orden:

**1. Estudio de Viabilidad.** Este estudio valora la utilidad así como los beneficios que la construcción de un camino traerá consigo. Asimismo permite establecer una jerarquía y programar las obras conforme a los planes y programas regentes. Los estudios de viabilidad comprenden la etapa de :

**1.1. Selección de Ruta,** que tiene como finalidad comparar todas las rutas posibles entre dos puntos y elegir la que ofrezca las mayores ventajas sociales y económicas. Para escoger la ruta más adecuada es indispensable recopilar la información necesaria así como el análisis de dichos datos mediante el empleo de diversas técnicas e instrumentos:

**1.1.1. Acopio de datos** el cual comprende información relativa a:

- Medio físico: topografía, hidrología, geología.
- Uso del Suelo
- Obras existentes y en proyecto dentro del área de influencia de la ruta en estudio.
- Aforos y estudios origen-destino para el cálculo del tránsito en rutas paralelas y para la estimación del tráfico en la ruta propuesta.

**2. Anteproyecto.** Una vez seleccionada la ruta, se elabora el Anteproyecto, el cual consiste en situar en planos, producto de los levantamientos, el eje que seguirá el camino incluyendo sus especificaciones técnicas. Durante esta etapa se estudian varias posibilidades de trazo conforme a los alineamientos vertical y horizontal buscando que éstos guarden una relación entre sí que permita la construcción con el menor movimiento de tierra posible y con el mejor balance entre los volúmenes que se produzcan de excavación y terraplenes.

**3. Proyecto.** Una vez definida la línea de trazo carretero, automáticamente se determinan las características geométricas del camino, las propiedades de los materiales que lo formarán y las condiciones de las corrientes que cruza. De esta forma y apoyado en estudios necesarios, se pueden definir:

3.1. Inclineración de los taludes de cortes y terraplenes.

3.2. Elevación de la subrasante.

3.3. Normas para la detección, explotación, manejo, tratamiento y compactación de los materiales que conformarán las distintas capas.

3.4. Definición de las obras de drenaje menores (alcantarillas, tubos, etc.) y mayores (puentes, viaductos) así como sus características, ubicación y diseño.

3.5. Cálculo de los movimientos de terracerías (curvamasa).

3.6. Definición de los procedimientos técnicos y constructivos a seguir en la obra.

La revisión del aspecto técnico constructivo involucra únicamente el seguimiento de las normas técnicas específicas y relativas al diseño de carreteras y pavimentos así como obras

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

propias de las mismas tales como puentes, túneles, obras de drenajes menor, etc. e incluso con respecto a la calidad, tamaño de los materiales.

La elaboración y, en el caso que se concursen, la supervisión de todos los estudios y proyectos se llevan a cabo por la Dirección General de Proyectos de la Dirección General de Carreteras Federales de la SCT.

**C. Aspecto Legal.** El proceso de planeación, diseño, construcción y mantenimiento de un tramo se inscribe dentro de un marco legal, el cual establece los lineamientos que se deben observar durante y de manera paralela a cada una de las etapas que comprende el proyecto carretero desde la selección de la ruta, la licitación por ejemplo de la manifestación de impacto ambiental, hasta la ejecución y construcción de dicho tramo carretero.

Las carreteras que atraviesan más de un estado federativo se consideran como **proyecto federal** implicando la observación de las leyes de carácter federal. Por lo que a continuación se enlistarán las leyes y artículos específicos relativos a los proyectos carreteros y la protección al ambiente que se deben observar durante las etapas antes mencionadas:

<b>Leyes relacionadas con la protección al ambiente en el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras</b>		
Ley	Artículos	Observaciones y comentarios
Ley de Vías Generales de Comunicación (LGVC)	15, 21, 45, 46, 149	La ley define por <b>VÍAS DE COMUNICACIÓN</b> a los mares territoriales, las corrientes flotables y navegables y sus afluentes, los lagos, lagunas y esteros flotables o navegables, los FF.CC., los <b>CAMINOS</b> , los puentes, etc. Además, son partes integrantes de dichas vías, “los servicios auxiliares, obras, construcciones y demás dependencias y accesorios de las mismas”. <b>La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) es el órgano federal encargado de aplicar y vigilar el cumplimiento de dicha Ley.</b> Tal y como se mencionó en la LOAPF, la SCT tiene a su cargo la construcción y conservación de los caminos federales. Por lo que la LVGC respalda y complementa las funciones de la Secretaria para que ésta lleve a cabo las actividades necesarias para alcanzar sus objetivos. Sin embargo, las consideraciones y observaciones relativas al ambiente se encuentran restringidas a acciones aisladas. Cabe mencionar que en los estudios técnicos- constructivos también se consideran algunos aspectos físicos, geográficos como clima, geología, hidrología subterránea y superficial así como a la cubierta vegetal. Pero éstos parámetros se analizan de forma aislada y enfocada a cuestiones muy específicas de carácter técnico del proyecto careciendo de una visión global del funcionamiento de los ecosistemas por los que atraviesan las diferentes rutas carreteras. Con respecto a la ubicación, instalación y diseño de servicios auxiliares como gasolineras, servicios de seguridad, casetas, bahías de emergencia, paradores, etc., la ley faculta a la SCT para expropiar y/o liberar los terrenos que se requieran para tal fin. Asimismo la SCT ha expedido los reglamentos correspondientes al <b>Aprovechamiento del Derecho de Vía así como los Manuales de Proyecto para Paradores y Reforestación del Derecho de Vía con el fin de orientar los programas y acciones relativos a dichos rubros cuando se requieran en la elaboración de proyectos de esa índole.</b> En el caso del “Paisaje”, la ley sólo establece algunas consideraciones referentes a la construcción y ubicación de anuncios dentro del derecho de vía pero no menciona nada al respecto de la calidad visual del recorrido o sobre el manejo de los recursos paisajísticos.

<b>Leyes federales relacionadas con la protección al ambiente en el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras</b>		
LEY	ARTÍCULOS	OBSERVACIONES Y COMENTARIOS
Ley General del Equilibrio	4-14, 5, 19, 21, 28, 78, 79-87, 88-105, 110, 150	En este apartado se refieren los artículos relativos a carreteras y la protección al ambiente, sin embargo, y debido a que la LGEEPA esta enfocada, en su totalidad, al aspecto ambiental sería inútil reescribir toda la ley en esta tabla. Por lo que brevemente se enunciará el contenido de los artículos que se deben observar en el proceso de planeación, construcción y

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)	105, 110-159, 171-175, 182-194	<p>mantenimiento de carreteras incluyendo las obras de restauración y recuperación que se requieren así como las sanciones y acciones previstas en caso de daños ambientales ocasionados por la obra. La observación de esta Ley es en primera instancia, de carácter preventivo, para lo cual establece la elaboración de un Estudio de Impacto ambiental (Manifestación de Impacto Ambiental, MIA por sus siglas) como instrumento para prever los posibles impactos - positivos y negativos- que la obra propuesta pudiese ocasionar en el ambiente de forma directa o indirecta. En base a este estudio, el INE (órgano desconcentrado de la SEMARNAT) determina la aprobación, condicionamiento o rechazo de la construcción del tramo carretero en evaluación. Una vez aprobado el proyecto, la misma ley prevé los casos en que se hayan ocasionado graves daños al ambiente durante la construcción y como consecuencia de la misma. Por lo que y conforme a la ley se pueden aplicar y elaborar diversas medidas para compatibilizar el proyecto al ambiente circundante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auditorías Ambientales, para supervisar y vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales aplicables relacionadas con la prevención y control de la contaminación ambiental y los recursos naturales. De dichas visitas se dictaminan a su vez una serie de medidas, que la SEMARNAT esta facultada mediante esta ley a través de la PROFEPA a exigir el cumplimiento de la recomendaciones emitidas al infractor en un determinado periodo de tiempo, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:</li> <li>• Programas de Reforestación y Forestación.</li> <li>• Programas de Recuperación y Restauración ecológica, incluyendo la facultad de declarar Zonas de Restauración.</li> </ul> <p>Asimismo la ley establece un sistema de sanciones para quien no acate los estatutos legales y ponga en riesgo la estabilidad de los ecosistemas por donde atraviese el tramo carretero en construcción.</p>
Ley de Adquisiciones y Obras Públicas (LOAP)	2, 12, 13, 16, 17	<p>Las carreteras al ser obras de utilidad pública y al atravesar por más de un estado federativo se consideran obras públicas federales. Este tipo de obras se encuentran sujetas a éste régimen jurídico especial que incluye disposiciones de carácter ambiental, específicamente aquellas relacionadas con la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental ante la SEMARNAT.</p> <p>Las disposiciones señaladas establecen que las dependencias Federales y estatales así como las entidades a las que se les asignen la realización y ejecución de los proyectos deberán considerar desde la etapa de planeación y, por ende en la presupuestación inicial de las obras, los daños ambientales y los costos de las obras de compensación y/o mitigación que se requieran para minimizar los perjuicios y el deterioro que la construcción del tramo carretero traerá consigo. Es decir, es obligación de la empresa constructora así como de la misma SCT vigilar que dentro del diseño y presupuesto de los proyectos se incluya la variable ambiental así como en todas y cada una de las etapas de la obra considerando una partida especial para las obras de restauración, recuperación, reforestación y forestación que se requieran para restablecer el equilibrio ecológico de los sitios por donde atraviesa el tramo carretero en cuestión.</p>
Ley de Aguas Nacionales (LAN)	36, 96	<p>Estas disposiciones son referentes <b>a la obtención de agua para las diferentes etapas de construcción y operación de la carretera así como al manejo y disposición de aguas residuales provenientes de campamentos y oficinas de campo</b>, los cuales se ubicaran a lo largo de los <b>tramos carreteros</b> que se estén construyendo, y se encuentran establecidas en el Título Séptimo de esta ley denominado: "Prevención y Control de la Contaminación de las Agua".</p> <p>La observación de esta ley en el desarrollo de un proyecto y construcción de un tramo carretero es vital ya que el agua al igual que los recursos mineros - materiales de construcción- son materia prima indispensable para ejecutar el proyecto. La extracción del agua de ríos y/o arroyos es una de las formas prácticas comunes por abastecimiento del vital líquido desde el inicio de la obra hasta el final de la misma así como para el mantenimiento y conservación de la misma.</p>

### Leyes Federales relacionadas con la protección al ambiente en el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras.

LEY	ARTÍCULOS	OBSERVACIONES Y COMENTARIOS
Ley de Aguas Nacionales	36, 96	Durante esta etapa de construcción se generan desechos de variada procedencia: campamentos y oficinas de campo, de patios de trabajo, patios de maquinarias así como de las plantas de asfalto y concreto hidráulico. Muchos de estos residuos se vierten a los suelos,

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

(LAN)		barrancas y/o lechos de arroyos debido a los altos costos que generaría el traslado a sitios más lejanos y adecuados para tal fin y en algunos casos se producen derrames accidentales. Por lo que es necesario el control y vigilancia en la disposición y en la calidad de los residuos tanto líquidos como sólidos para evitar la obstrucción y/o contaminación de mantos freáticos, cuerpos de agua y arroyos
Ley de Minas (LM)	5,7,27,39	<p><b>La vigilancia en la aplicación y cumplimiento de esta ley, hoy día esta a cargo de la SE.</b></p> <p>La explotación de bancos de material es una de las actividades más importantes dentro del proceso de construcción de carreteras. Asimismo provocan un gran impacto al ambiente debido a que el aprovechamiento es básicamente a cielo abierto, por lo que la observación de la ley minera en conjunto con la LGEEPA en materia de protección ambiental es de gran relevancia para minimizar los efectos negativos que esta actividad produce y/o pudiese provocar en el medio físico- natural. Y de la misma forma la ley define las responsabilidades de los concesionarios que hacen uso de estos recursos en los rubros antes mencionados y quienes en el caso de las carreteras resultan ser las constructoras.</p> <p>Por lo que estas empresas deben asumir los costos tanto de los estudios ambientales previos a la explotación así como las obras de recuperación ambiental de los sitios de extracción.</p>
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)	1,2,3,4,7,12,1516,33,34,35,4055,58,107,108,117,118,127,131,142,143	<p>La ley Forestal tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos,</p> <p>Para efectos de esta Ley se entenderá por:</p> <p>V. Cambio de uso del suelo en terreno forestal: La remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales;</p> <p>X. Conservación forestal: El mantenimiento de las condiciones que propician la persistencia y evolución de un ecosistema forestal natural o inducido, sin degradación del mismo ni pérdida de sus funciones;</p> <p>XV. Forestación: El establecimiento y desarrollo de vegetación forestal en terrenos preferentemente forestales o temporalmente forestales con propósitos de conservación, restauración o producción comercial;</p> <p>XXIX. Reforestación: Establecimiento inducido de vegetación forestal en terrenos forestales;</p> <p>XXXIII. Restauración forestal: El conjunto de actividades tendentes a la rehabilitación de un ecosistema forestal degradado, para recuperar parcial o totalmente las funciones originales del mismo y mantener las condiciones que propicien su persistencia y evolución;</p> <p>XXXVII. Servicios ambientales: Los que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo sustentable de los recursos forestales, tales como: la provisión del agua en calidad y cantidad; la captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales; la generación de oxígeno; el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales; la modulación o regulación climática; la protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida; la protección y recuperación de suelos; el paisaje y la recreación, entre otros;</p> <p>XLV. Vegetación forestal: El conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales;</p> <p>XLVI. Vegetación exótica: Conjunto de plantas arbóreas, arbustivas o crasas ajenas a los ecosistemas naturales;</p> <p>Corresponden a los Gobiernos de los Municipios, de conformidad con esta Ley y las Leyes locales en la materia desarrollar y apoyar viveros y programas de producción de plantas.</p> <p>La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en materia forestal tiene entre otras atribuciones definir mecanismos de compensación por los bienes y servicios ambientales que prestan los ecosistemas forestales. Asimismo define como uno de los criterios obligatorios en la elaboración de una política forestal nacional, el mejoramiento ambiental del territorio nacional a través de la gestión de las actividades forestales, para que contribuyan a la manutención del capital genético y la biodiversidad, <b>la calidad del entorno</b> de los centros de población y <b>vías de comunicación</b> y que, del mismo modo, conlleve la defensa de los suelos y cursos de agua, la disminución de la contaminación y la provisión de espacios suficientes para la recreación. Otros de los criterios que se involucren en el manejo paisajístico de las carreteras es la conservación prioritaria de las especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial; el uso de especies compatibles con las nativas y con la persistencia de los ecosistemas forestales.</p> <p>Los conceptos de Recursos Forestales y los relativos al manejo y conservación de los mismos han sido ampliados para integrar a todos los tipos de vegetación que existen en el territorio nacional, permitiendo que la Ley, ahora tenga un radio de influencia mayor en el manejo de todas las comunidades vegetales y en la toma de decisiones que las involucre de alguna</p>

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

	<p>forma.</p> <p>La observación de esta Ley en el desarrollo de Proyectos Carreteros es: Como parte del proceso para evaluar y aprobar el proyecto en cuestión:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• La solicitud y permiso para el desmonte de vegetación</li><li>• Los permisos de cambio de uso de suelo, por los que atravesará el tramo carretero así como los sitios que se aprovecharan como bancos de material. Es importante mencionar que la ley considera que todo el territorio nacional esta cubierto por vegetación forestal y su remoción requerirá la aprobación por parte de las delegaciones estatales en materia forestal mediante la presentación de un estudio técnico justificativo.</li><li>• Los Programas de Reforestación y Forestación son parte de las principales actividades propuestas en las medidas de mitigación postuladas en los Estudios de Impacto Ambiental.</li></ul> <p>De hecho, y en la mayoría de los dictámenes emitidos por la SEMARNAT a través de la DGIRA (Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental) las labores de reforestación y forestación así como los programas de recuperación y restauración ecológica de los sitios potencialmente afectados son “condicionantes” para la aprobación del mismo. Es importante mencionar que a la fecha (2006) y como resultado de la creación del Fondo Forestal Nacional y la Comisión Nacional Forestal es posible efectuar un pago a modo de compensación por el desmonte de vegetación natural y de este modo no realizar labores de reforestación en las áreas afectadas. El monto de este pago lo define la CONAFOR de acuerdo al tipo de vegetación afectada y se asigna a la recuperación de zonas prioritarias definidas en programa nacional forestal.</p> <p>En la Etapa de Construcción y Operación:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• La Ley Forestal y su respectivo reglamento en conjunto con la LGEEPA faculta a la SEMARNAT y demás órganos desconcentrados y Unidades Administrativas para decretar, formular, ejecutar y vigilar el cumplimiento de programas de forestación, reforestación, recuperación y restauración ambiental de sitios fuertemente modificados por la construcción de un tramo carretero. Asimismo la Ley permite establecer convenios y/o acuerdos interinstitucionales o con el sector privado para el desarrollo de los mismos incluyendo la obtención, propagación, cultivo, manejo del material vegetal así como la creación de viveros.</li></ul> <p>La Ley Forestal también contempla en su reglamento las Zonas de Restauración así como las condiciones en las que se deben llevar a cabo las plantaciones forestales para los casos de conservación y recuperación.</p> <p>Con la publicación de esta ley se busca garantizar que a través de la autorización de cambio de uso de suelo, se controle el desmonte indiscriminado de cualquier tipo de vegetación y la obligación de la persona, empresa o institución de reponer, compensar las modificaciones hechas específicamente a la cubierta vegetal y el suelo donde se desarrolla un proyecto o actividad.</p>
--	---

Tabla No. 5. Leyes federales relacionadas con la protección al ambiente en el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras.

FUENTE: ORVA INGENIERÍA, ESTUDIO DE NORMAS ECOLÓGICAS PARA EL PROYECTO DE LA CARRETERA COSOLEACAQUE-TUXTLA GUTIÉRREZ, VERACRUZ, TABASCO Y OAXACA, MÉXICO, 1994; DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, MÉXICO, 28 DICIEMBRE 1994, 8 JULIO 1996, 20 MAYO 1997, 20 SEPTIEMBRE 1997; INE, GACETA ECOLÓGICA No.40, MÉXICO, 1996

La Legislación Federal contempla la variable ambiental dentro de todos sus estatutos otorgándole un peso importante dentro de la toma de decisiones en la elaboración de un proyecto de competencia federal.

Hoy día, es requisito indispensable la presentación de un Informe Ambiental -en cualquiera de sus modalidades- del sitio en el que se va a desarrollar el proyecto. De igual modo, con la publicación de la Ley General para el Desarrollo Forestal Sustentable se exige de manera paralela e independiente de la MIA, la presentación de un estudio técnico justificativo para el cambio de uso de suelo que represente la remoción de cualquier tipo de vegetación. El carácter de estas medidas es de tipo preventivo. Sin embargo, esta acción no es suficiente, por lo que las mismas leyes prevén una serie de medidas en caso de que se hayan ocasionado daños a los ecosistemas donde se ubica el proyecto en cuestión, incluyendo una

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

partida económica del presupuesto para llevar a cabo los programas y obras que se requieran para restablecer el equilibrio ecológico del sitio considerando al paisaje uno de sus componentes principales. Es importante mencionar que es sólo hasta el año 2005 y 2006 cuando se aprobó la Ley de Responsabilidad Ambiental y su reglamento lo que permitirá con un mayor rigor castigar a aquellas personas físicas, morales, empresas, etc. que incurran en delitos ambientales.

**En nuestro país existe un Marco Jurídico que permite y fomenta el adecuado uso de los Recursos Naturales así como la conservación de los mismos, y también establece los lineamientos para lograr y dar cabida a propuestas que tengan el mismo objetivo. Sin embargo, la legislación no define ni contempla al paisaje como recurso natural y cultural que se debe proteger, conservar y mejorar, razón por la cual, la consideración de este valor dentro de cualquier proyecto es poco significativo, traduciéndose en daños no cuantificables cuya recuperación y/o restauración se dificulta por no existir parámetros que evalúen su calidad.**

A través del estudio de la carretera Cuacnopalan – Tehuacan - Oaxaca ha sido posible revisar la legislación vigente en el ámbito federal que aplica por un lado en la construcción de las carreteras en nuestro país, y por otro, la protección al ambiente en dicho proceso. Este breve análisis de las leyes permite establecer la factibilidad de las propuestas elaboradas para la carretera objeto de este trabajo.

## 2.2.4. La Gestión Ambiental en el Sector Carreteras Federales

Es importante mencionar que el proceso que ha dado lugar a esta nueva conceptualización del ambiente en la legislación y en los organismos involucrados en la toma de decisiones referentes a la planificación y administración de los recursos naturales no ha sido fácil. Esta búsqueda por compatibilizar las actividades de todos los sectores con el ambiente se inició con la modificación y expedición de nuevas leyes, así como la creación de dependencias así como nuevas direcciones en las instituciones ya existentes para vigilar el cumplimiento de los estatutos legales. De la misma forma, la inclusión de un apartado exclusivo al manejo y conservación del ambiente en los dos últimos Planes de Desarrollo Nacional ha demandado que los ordenamientos legales dejen de ser únicamente pronunciamientos y trasciendan al ámbito real estrechando la brecha entre “teoría” y “práctica”.

A partir de la expedición de la primer ley enfocada al ambiente en 1982 (Ley Federal de Protección al Ambiente) hasta la ley vigente 1999 (Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente), los estatutos jurídicos se han ido modificando y adaptado a las circunstancias ambientales, políticas, económicas y sociales del país. Pero es sólo hasta 1990 cuando apoyado por un marco jurídico más sólido y conformado y a través de la Dirección General de Normatividad y Regulación Ecológica (SEDESOL) se puso en marcha el Programa de Ordenamiento Ecológico de las Actividades Prioritarias de Productividad Económica Regional en el país. El objetivo principal de dicho programa era el de incorporar la variable ambiental en todos los programas y proyectos sectoriales y reducir de manera significativa el impacto que la aplicación de éstos traería consigo al entorno, ya sea de manera directa y/o indirecta. El programa regulaba las actividades de las siguientes dependencias: Secretaria de Agricultura de Recursos Hidráulicos (SARH), Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT), Secretaria de Energía, Minas e Industria Paraestatal (SEMIP), Secretaria de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) y Secretaria de Turismo

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

(SECTUR); incluyendo dentro del sector Comunicaciones y Transportes a los aeropuertos y servicios auxiliares, Ferrocarriles Nacionales de México, **CARRETERAS** y puertos.

La gestión ambiental en carreteras inició en septiembre de 1989 al establecerse una relación entre la entonces Dirección General de Normatividad Ambiental (DGNA, SEDUE) y de la Dirección General de Carreteras Federales (DGCF, SCT) con el fin de evaluar en materia de impacto ambiental los proyectos carreteros. La DGCF envió a la DGNA una cartera de 17 proyectos que sumaban 1842 Km a realizarse ese mismo año. Sin embargo, de los proyectos que requirieron Manifestación de Impacto Ambiental (MIA, por sus siglas) sólo se recibieron 5 estudios, los cuales fueron rechazados al presentar grandes deficiencias tanto en el formato como en el contenido mismo de los documentos, incluso la información en algunos casos era la misma para diferentes proyectos.

En noviembre del mismo año, la SEDUE solicita de manera oficial a la SCT, las 12 Manifestaciones (MIA) restantes de los proyectos incluidos en la cartera dos meses antes. En abril de 1990, la SEDUE detecta la construcción de varias obras (con un avance de obras entre un 70 y 80%) sin contar con la autorización en materia ambiental por parte de la Secretaría, aunada a esta situación la SCT presenta los estudios ambientales de dichos proyectos aún con grandes deficiencias. En el mes de mayo de 1990 se realiza una reunión con el Director de Carreteras Federales, a quien se le presenta información detallada de las deficiencias en los documentos entregados y la problemática específica de cada proyecto en el aspecto ambiental. El 19 de Junio de 1990 se realiza nuevamente una reunión con el fin de que la SCT presente la cartera de Proyectos 1990-1994; el listado contiene 62 proyectos con una longitud total de 4 989 km., asimismo presentan los proyectos que han iniciado obra y el programa de medidas de mitigación y compensación por los daños ocasionados en los tramos en construcción. Además se acuerda atender los proyectos en fase de concurso y en estudio, y la contratación de personal para la revisión y evaluación de las Manifestaciones de Impacto Ambiental. En agosto del mismo año se lleva a cabo un encuentro donde se menciona la posibilidad de diseñar y ejecutar un proyecto de regularización de todos los proyectos que hayan incidido e obras que están en fase de terminación; respecto a las obras suspendidas se les indica los estudios a realizar así como las medidas de mitigación y compensación que se debían realizar.

Es hasta Febrero de 1991 cuando la SCT nombró un representante ante la SEDUE para manejar los asuntos ambientales de los proyectos carreteros de jurisdicción federal. Sin embargo, la DGCF no había cumplido en los términos de la ley, ya que hasta esa fecha no se habían presentado ninguna Manifestación (MIA) que cumpliera con el formato y el contenido apropiado y más aún insistía en iniciar obras de diferentes proyectos sin la autorización correspondiente.

En marzo de 1992 se acordó entre ambas secretarías la presentación de “estudios ambientales” que permitieran evaluar los daños e impactos en el medio de los proyectos en obra y el avance de las mismas para proceder a su regularización. Como parte de este programa de regularización se enviaron los oficios a las delegaciones estatales para realizar visitas de inspección y verificar el cumplimiento de las medidas de mitigación propuestas por los estudios y/o por la misma delegación. Cabe mencionar que se tuvo que adoptar el término de “estudio ambiental” en el lugar de “Manifestación de Impacto Ambiental” debido a consideraciones jurídicas, ya que este último es el único documento reconocido por la LGEEPA para la evaluación de un proyecto en el aspecto ambiental y su posterior aprobación y ejecución.

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

En el transcurso de 1992, la SCT solicita nuevamente la incorporación de otros proyectos con avance de obra al programa de regularización, la cual es aceptada por la DGNA, sin la aplicación de ningún tipo de sanción o clausura aún cuando éstas ya estaban previstas por las leyes vigentes en ese momento.

En 1993 la Dirección General de Normatividad Ambiental (DGNA) realiza un análisis del manejo en materia de impacto ambiental de los proyectos carreteros (Subsecretaría de Infraestructura, 1993) donde detecta diversas irregularidades: deficiencia en los documentos entregados como Manifestaciones de Impacto Ambiental así como el inicio e incluso la terminación de obras sin la autorización previa por parte del INE infringiendo la ley ocasionando daños y modificaciones significativas en el ambiente. En este análisis se describe detalladamente las reuniones y acuerdos establecidos entre la SEDUE y la SCT. Asimismo la DGNA elaboró una serie de propuestas para que la SCT contribuya al proceso de evaluación y aprobación de los proyectos carreteros entre las que podemos mencionar:

- Creación de una guía específica para la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental y cuyo financiamiento se realizaría bajo el esquema de contratación de empresas particulares supervisadas por la DGNA (SEDUE) con el fin de elevar la calidad, veracidad y seriedad de la información proporcionada en esos documentos.
- Realización de Visitas Técnicas así como Contratación de Personal y Equipo para apoyar y agilizar el proceso de evaluación y resolución de los proyectos carreteros.

Adjunto a éste análisis, la DGNA integró un índice de la información adicional que la DGCF deberá presentar junto con la Manifestación de Impacto Ambiental requerida, entre los que sobresalen:

8. Programa específico de Reforestación de cortes, derecho de vía y demás áreas dañadas, indicando las especies y densidades por unidad de área, así como las técnicas de cultivo y mantenimiento propuesto
14. Programa de rescate y medidas de mitigación particularmente consideradas para mitigar los impactos sobre las especies de flora y fauna con estatus de conservación.

El proceso de gestión ambiental realizado en el sector Carretero por las autoridades correspondientes muestra una falta de interés y corresponsabilidad de dicha dependencia (SCT) por cumplir con los ordenamientos legales relativos a la protección y conservación de los recursos naturales que específicamente debía observar. A partir de 1994, la situación de todos los proyectos carreteros se regularizó concluyendo el programa aprobado para tal fin y sólo hasta ese momento, las manifestaciones de impacto ambiental correspondientes a cada proyecto han estado ingresando en el momento adecuado para su evaluación y resolución para posteriormente proceder a su construcción o no.

Con base en el análisis realizado por la entonces Dirección General de Normatividad y Regulación Ecológica (ahora Dirección General de Regulación Ambiental) y considerando la situación ambiental en la que se encuentran gran parte de las autopistas del país incluyendo la autopista Cuacnopalan-Tehuacan-Oaxaca nos permite hacer el siguiente planteamiento:

Si existen todos los instrumentos legales para evitar, prevenir y/o reducir significativamente los daños ambientales ocasionados por la ejecución de una obra y/o programa - en este caso **las carreteras** - , ¿Por qué se aprecian tramos carreteros con impactos de magnitud considerable, incluso irreversibles, en los ecosistemas donde se emplazan y/o aplican dichos proyectos?

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

Las causas que generan esta situación de divergencia entre lo que se debería hacer y lo que se hace con respecto a la protección y conservación de los recursos naturales en los proyectos carreteros son de diversa índole, muy complejas y más aún no son nuevas. Desde hace más de tres décadas se ha generado una creciente concientización sobre la importancia del ambiente y sus recursos en el desarrollo del hombre, inclusive ya se manejaba el concepto de desarrollo sustentable como una forma alternativa de desarrollo integral del hombre en equilibrio con la naturaleza. Sin embargo, también desde ese momento se asumía que esa nueva forma de desarrollo implica una serie de cambios radicales tanto en los aspectos político, económico, cultural y social a nivel mundial y de los cuales aún todavía no hay indicios claros de presentarse. Asimismo se reconoce que es básico "...la creación de una conciencia ambiental en individuos, empresarios y funcionarios públicos, pero no es suficiente ya que también se requiere modificar los criterios de racionalidad empresarial y pública, los sistemas valorativos, las estructuras económicas y sociales, las orientaciones de la tecnología, la organización institucional y la normatividad jurídica" (Sunkel, O., Gligo, N., et. al. ,1986), es decir, un cambio estructural en los valores y comportamiento tanto individual como colectivo ante el ambiente, el bienestar social y el desarrollo económico.

**La valoración del proceso de gestión ambiental realizado hasta este momento en el sector carretero nacional nos permite constatar que efectivamente las causas que provocan el deterioro ambiental y paisajístico de los ecosistemas por donde atraviesan las carreteras, sobre todo en las autopistas, son producto de: - una falta de conciencia y educación ambiental en los centros de generación, adopción y ejecución de decisiones; - la consideración de la variable ambiental en el diseño y construcción de proyectos carreteros únicamente como un requisito para la aprobación de los mismos; - la no consideración del paisaje como un recurso natural y cultural; -el no reconocimiento legal del paisaje como recurso lo que dificulta su protección; - la falta de una visión global, integradora y a largo plazo del ambiente en los procesos de planificación y ejecución de los proyectos y el nulo valor económico que se le otorga al ambiente y al manejo del paisaje a lo largo de una carretera.**

Si bien hoy día en nuestro país en el campo de la ingeniería (como en el de otras disciplinas) existe una preocupación por el ambiente, ésta aún es incipiente y por el momento está enfocada al tratamiento y manejo de residuos y emisiones así como al control de los procesos industriales. Con esto no se pretende desconocer los esfuerzos realizados por los ingenieros mexicanos, ya que su labor es vital e indispensable para la construcción y operación de la infraestructura que sustenta el desarrollo de nuestro país. Pero la falta de una verdadera integración, coordinación y actuación de grupos multi e interdisciplinarios a lo largo de todo el proceso incide de manera negativa sobre el ambiente y el paisaje, afectando a todos los sectores de la sociedad. Y esta situación se ve agravada porque la inserción de la variable ambiental en los procesos de toma de decisión y la educación ambiental en todos los niveles del organigrama de las empresas, instituciones gubernamentales, escuelas y la sociedad en general se ha relegado a un segundo y tercer plano por no considerarse como un factor significativo.

**Así, la participación de la arquitectura de paisaje en este proceso, dentro de un grupo multi e interdisciplinario contribuye y enriquece a la conformación de un nuevo enfoque en la planeación, diseño y construcción de una carretera al introducir al paisaje como una variable estratégica que nos permita tener una lectura y evaluar el estado y calidad del ambiente en un momento dado, otorgando una cualidad espacial y estética al entorno geográfico. Esto es, el manejo del paisaje a nivel regional se**

## **LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO**

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

**traduce en un manejo de espacios abiertos partiendo de la comprensión de los procesos que se presentan en una región o sitio, promoviendo y conservando cierta calidad estética como resultado de un equilibrio y armonía entre la parte ambiental y paisajística.**

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

## III. Los aspectos técnicos de la construcción de carreteras en México

### 3.1. Características de las carreteras

#### 3.1.1. Partes de una carretera

Al analizar una carretera por medio de un corte transversal, se puede apreciar que ésta consta de diferentes capas, las cuales se describirán a continuación:

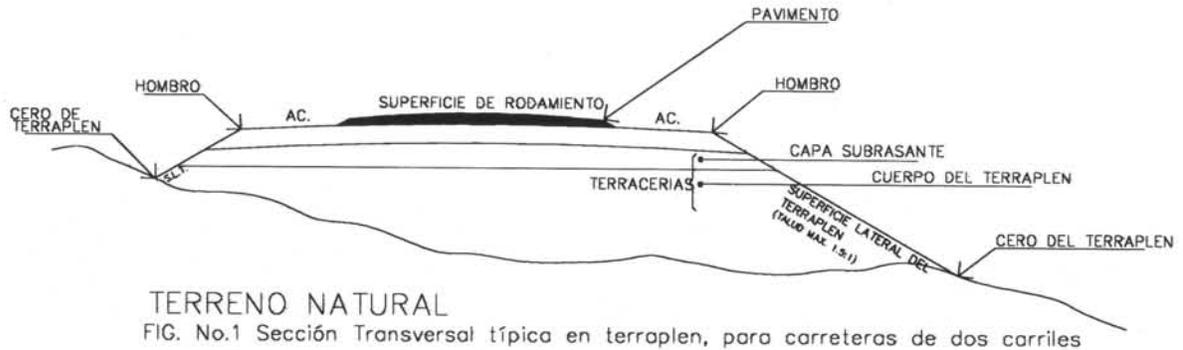


FIG. No.1 Sección Transversal típica en terraplén, para carreteras de dos carriles

FIGURA No.1. Sección Transversal típica en terraplén para carreteras de dos carriles.

FUENTE: Dirección General de Proyecto, servicios técnicos, Subsecretaría de Infraestructura, NORMAS TÉCNICAS DE PROYECTO DE CARRETERAS 2.01.01, SCT, MÉXICO, DF, 1994

Partes que conforman una carretera		
Parte de la carretera	Nombre de la capa	Función
<b>PAVIMENTOS</b> Es el conjunto de capas de material seleccionados que reciben de forma directa las cargas de tránsito y las transmiten adecuadamente distribuidas a las capas inferiores y proporcionan la superficie de rodamiento	Carpeta	Es la parte protectora de los pavimentos que constituye la superficie de rodamiento.
	Base	Ambas cumplen los mismos objetivos y presentan características similares, sin embargo, las <b>subbases</b> pueden ser de menor calidad:
	Sub-base	a. Recibir y resistir las cargas del tránsito a través de la capa que constituye la superficie de rodamiento. b. Transmitir, adecuadamente distribuidas, estas cargas a la terracerías c. Impedir que la humedad de las terracerías asciendan por capilaridad En caso de que haya alguna introducción de agua por la parte superior, permitir que esta descienda hasta la capa subrasante, en la que por efecto del bombeo, o sobreelevación, sea desalojada hacia el exterior.
<b>TERRACERIAS</b> Es el volumen de materiales que es necesario excavar y los que sirven como relleno para formar la obra.	Subrasante	Es la parte superior de las terracerías y es el nivel de apoyo de la sub-base que cuenta con un espesor mínimo de 30 cm y cuyas funciones principales son: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir y resistir las cargas del tránsito, que les son transmitidas por el pavimento</li> <li>• Transmitir y distribuir adecuadamente las cargas del tránsito al cuerpo del terraplén.</li> </ul>

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

Partes que conforman una carretera		
Parte de la carretera	Nombre de la capa	Función
TERRACERIAS	Cuerpo del Terraplén	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dar la altura necesaria para satisfacer principalmente las especificaciones geométricas, sobretodo lo relativo a pendiente longitudinal.</li> <li>• Resistir las cargas de tránsito transferidas por las capas superiores,</li> <li>• Distribuir los esfuerzos a través de su espesor, para transmitirlos, en forma adecuada, al terreno natural de acuerdo a su resistencia</li> </ul>

Tabla No. 1. Partes que conforman una carretera.

FUENTE: OLIVERA, ESTRUCTURACIÓN DE VÍAS TERRESTRES, ED. LIMUSA, MÉXICO, DF, 1991

### 3.1.2. Clasificación y Tipo de Carreteras

La construcción de carreteras requiere de grandes presupuestos por lo que es necesario establecer criterios para evaluar y definir con precisión las obras que representen un mayor beneficio a la población y al país en general, asegurando el éxito de la inversión supeditada a un plan (SCT, 1977).

Para determinar los enlaces carreteros que permitirán y apoyarán el desarrollo de las diferentes regiones y poblaciones del país, el primer paso es el análisis de los posibles caminos entre dos puntos determinados. A continuación se establecen, por un lado, los beneficios y ventajas políticas, sociales y administrativas de este enlace, y por otro, se estudian las repercusiones económicas que su construcción traería consigo, siendo éstas últimas, uno de los factores más importantes que determinan el proyecto y ejecución de dichos tramos carreteros. En el ámbito nacional se pueden distinguir distintos ambientes económicos que permiten definir en un porcentaje significativo el impacto y los beneficios que la construcción de un camino conllevaría a cierta región.

Estos ambientes también determinan el criterio de evaluación para medir la efectividad en el cumplimiento de los objetivos para los cuales dichas carreteras serán concebidas (AMC, 1974) y definir la jerarquización con la se ejecutaran. Asimismo determinan el tipo de camino conforme a su utilidad socioeconómica (Olivera, op. cit.).

A continuación se enlistan los tipos de caminos conforme al **Impacto** que su construcción implicará y el criterio de evaluación que se aplicará conforme a lo antes mencionado, incorporando la construcción y mantenimiento de la infraestructura carretera a un proceso de planeación física y económica:

CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS DE ACUERDO AL IMPACTO QUE PUEDEN GENERAR (DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA PLANEACIÓN)		
Tipo de Carretera	Impacto	Criterio de Evaluación
<b>C. De Función Social</b>	Estos caminos son los que permiten el acceso a las poblaciones con baja potencialidad económica pero con gran concentración de población. El objetivo de estas carreteras es la de incorporar al progreso del país a amplios grupos de población que han permanecido marginados por generaciones por falta de acceso carretero.	El criterio de evaluación se basa en la relación entre el monto de las inversiones y el número de habitantes por servir.

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

<b>CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS DE ACUERDO AL IMPACTO QUE PUEDEN GENERAR (DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA PLANEACIÓN)</b>		
Tipo de Carretera	Impacto	Criterio de Evaluación
<b>C. De Penetración Económica</b>	El impacto principal es la incorporación al proceso de desarrollo general de zonas potencialmente productivas. Las obras carreteras propician la realización de inversiones en otros sectores y el rápido crecimiento de las actividades económicas.	El método de evaluación se basa en el cálculo de la producción que será agregada a la economía nacional, si se lleva a cabo la construcción de la obra considerada.
<b>C. Para Zonas en pleno desarrollo</b>	Estas carreteras son aquellas ubicadas en una zona en la que ya existen las vías necesarias para prestar el servicio de transporte y las cuales se desea mejorar o sustituir, y cuya consecuencia principal será la disminución en los costos de transporte, tracción, tiempos de recorrido y la supresión de pérdidas motivadas por posibles congestionamientos.	El criterio de evaluación es el de establecer un índice de rentabilidad o una tasa anual de retorno el cual permita cuantificar los ahorros en tiempo, tracción y compararlos con los gastos que habrá de afrontar durante el lapso de funcionamiento de la obra.

Tabla No. 2. Clasificación de carreteras de acuerdo al impacto que puedan generar (desde el punto de vista de la planeación.

FUENTE: SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS, MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS, SOP, MEXICO, DF, 1977; DÍAZ, DÍAZ, D., PLANEACIÓN, CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA RED CARRETERA EN CARRETERAS Y TRANSPORTES DE MÉXICO, IMPRESORA Y EDITORA MEXICANA, MÉXICO, DF, 1974

Una vez que se define a que categoría pertenece el camino propuesto, este es reclasificado conforme diversos parámetros de índole técnico donde se contemple su funcionamiento, tránsito y especificaciones de proyecto y construcción:

- ♦ **FUNCIÓN.** La SCT ha clasificado a los caminos de acuerdo a su función, es decir la forma en que funciona cada uno de éstos. Pero para entender mejor las características de cada uno de ellos es necesario definir ciertos términos con la finalidad de hacer más claros los conceptos que más adelante se expondrán:
  - **CONTROL TOTAL DE ACCESOS.** Significa que se le da preferencia al tránsito de paso y que sólo existen conexiones con otros caminos en puntos seleccionados de la autopista, prohibiéndose además, las intersecciones a nivel y los accesos directos a propiedades privadas.
  - **CONTROL PARCIAL DE ACCESOS.** Significa que se le da preferencia al tránsito de paso y que además de las conexiones con otros caminos en puntos específicos, pueden existir algunas intersecciones a nivel y accesos directos a propiedades privadas.
  - **CAMINO DIVIDIDO.** Camino con circulación en dos sentidos, con el cual el tránsito que circula es separado por medio de una franja central. Tales caminos pueden estar constituidos por dos o más carriles en cada sentido.
  - **CAMINO NO DIVIDIDO.** Camino sin franja divisoria central, que separa los movimientos en sentido opuesto.

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

Así los caminos se dividen de acuerdo a su función en las siguientes categorías:

<b>CLASIFICACIÓN DE LOS CAMINOS DE ACUERDO A SU FUNCIÓN</b>	
Nombre del camino	Definición
<b>Arteria Urbana</b>	Camino principal en zona urbana para el tránsito de paso, generalmente sobre una ruta continua.
<b>Camino de 2 carriles</b>	Camino no dividido con circulación en ambos sentidos que tiene un carril destinado a cada sentido de circulación
<b>Camino de 3 carriles</b>	Camino no dividido con circulación en ambos sentidos, que tiene un carril central destinado para maniobras de rebase, en el cual se puede circular en los dos sentidos y los otros 2 carriles están destinados, cada uno, para el uso exclusivo del tránsito que circula en sentidos opuestos.
<b>Camino de Carriles Múltiples</b>	Camino no dividido con circulación en ambos sentidos, que tiene 4 ó más carriles para el tránsito.
<b>Vía Rápida</b>	Camino dividido destinado al tránsito de paso, con control total de accesos y generalmente con pasos a desnivel e intersecciones importantes.
<b>Autopista</b>	Vía rápida con control total de accesos.

Tabla No.3. Clasificación de los caminos de acuerdo a su función.

FUENTE: SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA, PROGRAMA NACIONAL PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA, SCT , 1991

- ◆ TRANSITO, ESPECIFICACIONES DE PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN. La clasificación de los caminos se establece en base al tránsito que deben soportar, (TPDA , Tráfico Promedio Diario Anual) las especificaciones técnicas en cuanto a diseño y trazo de las carreteras, velocidad del proyecto, sistemas constructivos, materiales, entre otras.

<b>CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS DE ACUERDO AL TRÁNSITO, ESPECIFICACIONES DE PROYECTO Y DE CONSTRUCCIÓN</b>				
Tipo de Carretera		Características	T.D.P.A. (Vehículos)	Función
Brechas	Tipo E	Vías de comunicación improvisadas que carecen de especificaciones técnicas Sólo son transitables en algunas épocas del año.	Hasta 100	
Caminos revestidos	Tipo D	Este tipo de comunicación tiene terracerías reducidas y obras de drenaje elementales, generalmente permanentes. Se distinguen 2 tipos: Camino rural: consta de 20 cm. de material de granulometría gruesa. Sección 4 m. Terracerías revestidas: Esta conformada por una capa de revestimiento de material compactado de 20 a 30 cm. de espesor. Sección 6 a 7.30 m.	100 - 500	Su función es la de vincular pequeñas localidades a la red de carreteras el país. Debido a sus características modestas son obras de longitud considerable y que permiten el acceso a zonas de producción potencial.

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS DE ACUERDO AL TRÁNSITO, ESPECIFICACIONES DE PROYECTO Y DE CONSTRUCCIÓN				
Tipo de Carretera		Características	T.D.P.A. (Vehículos)	Función
Caminos Pavimentados	Tipo C	Camino pavimentado con 2 carriles de circulación. Carpeta de 6 a 7.30m. de ancho sin acotamientos	500 - 1500	La función de estos caminos es la de ser alimentadores y complementarios a la red troncal y están bajo jurisdicción de la administración estatal para su mantenimiento y construcción
	Tipo B	Camino pavimentado con 2 carriles de circulación. Cuenta con control parcial de accesos y entronques a nivel. Carpeta de 7.30m de ancho. Acotamientos revestidos menores de 2m de ancho a ambos lados del camino.	1500 - 3000	Estos caminos son el prototipo de las carreteras troncales cuya función es vincular la economía nacional a los principales centros urbanos del país, incluyendo los capitales de los estados, las poblaciones fronterizas y los puertos marítimos
	Tipo A	Camino pavimentado con 2 carriles, cuenta con control parcial de accesos y entronques a nivel y esta diseñado para recibir mayor tránsito pesado. Carpeta de 7.30m. de ancho Acotamientos revestidos de 2.00m. ancho o mayores en ambos lados del camino.	Superior a 3000	
	Tipo A-2	Camino pavimentado con 2 carriles, cuenta con control parcial de accesos y entronques a nivel. Cuando es de cuota requiere de protección en el derecho de vía, pasos a desnivel y especificaciones más rígidas de proyecto y construcción. Sección igual al camino Tipo-A, con la diferencia de que los acotamientos están pavimentados.	Superior a 3000	
	Tipo A-4	Camino pavimentado de 4 carriles considerado como autopista con cruces a desnivel y accesos controlados. Consta de 2 cuerpos de 2 carriles tipo A-2. Carpeta de 7.30m. Acotamientos mayores a 2.00m.	Superior a 3000	

Tabla No.4. Clasificación de las carreteras de acuerdo al tránsito, especificaciones de proyecto y de construcción.

FUENTE: Subsecretaria de Infraestructura, Programa Nacional para la modernización de la Infraestructura carretera, SCT, México, 1991.

Para la determinación de las características de la carretera, dentro de los tipos definidos en el cuadro superior se observará lo siguiente:

A. En lo que se refiere a la configuración del terreno para la correcta interpretación de especificaciones se conviene en clasificarlo como sigue:

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

- \* Terreno Plano. Aquel cuyo perfil acusa pendientes longitudinales uniformes y generalmente de corta magnitud, con pendiente transversal escasa o nula.
- \* Terreno Lomerío. Aquel cuyo perfil longitudinal presenta sucesión de cimas y depresiones de cierta magnitud, con pendiente transversal no mayor al 45%
- \* Terreno Montañoso. Aquel que tiene pendientes transversales mayores al 45%, caracterizado por accidentes topográficos.

Las secciones transversales típicas para estos tipos de terreno son las siguientes:

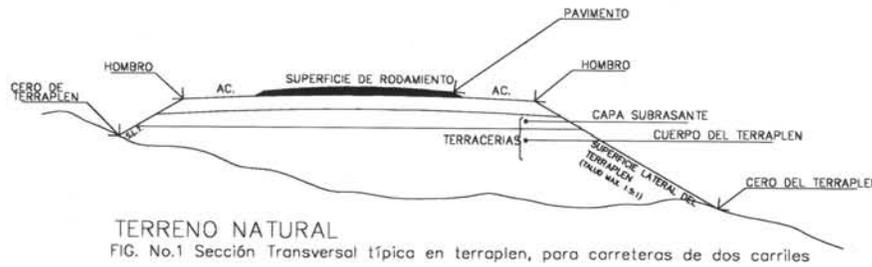


Fig. No. 2. Sección tipo en terreno plano.

Fig. No. 3. Sección tipo en lomerío

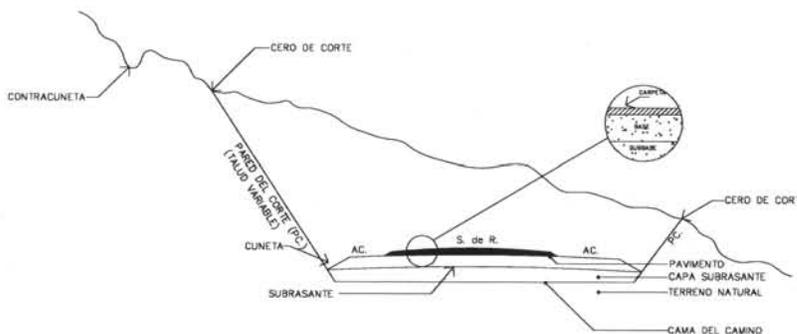
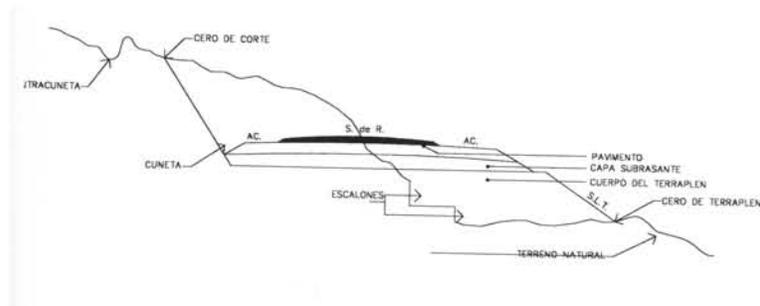


Fig. No. 4. Sección tipo en terreno montañoso

FUENTE: NORMAS TÉCNICAS DE PROYECTO DE CARRETERAS 2.01.01, SCT, 1994

A. La clasificación del terreno se definirá no solamente por la configuración topográfica general, sino por las características que el terreno imprime en la carretera, por su geometría y los movimientos de tierra.

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

- B. La velocidad del proyecto se seleccionará de acuerdo a la severidad de las condiciones topográficas y a la función de la carretera cuando la magnitud de los volúmenes de tránsito lo amerite.
- C. La velocidad de proyecto máxima especificada para el tipo de carretera que se trate, podrá emplearse siempre que el terreno lo permita, y no se incrementen significativamente los costos de construcción.
- D. Cuando en el proyecto, por razones topográficas se pase de un tramo de alta velocidad a otra de baja se procurará intercalar un tramo de transición con velocidades intermedias para que el cambio sea gradual.

FUENTE: NORMAS TÉCNICAS DE PROYECTO DE CARRETERAS 2.01.01, SCT, 1994

Definidos el origen y destino de los tramos carreteros y sus especificaciones técnicas, los caminos van estructurando redes cuya cobertura esta en función de la importancia de los sitios que enlaza y las regiones que atraviesa. Por lo que es necesario:

- a. Agrupar los diferentes tipos de caminos en **Sistemas** que permitan definir claramente el papel que juegan en el ámbito nacional.

CLASIFICACIÓN DE LA RED CARRETERA EN SISTEMAS	
Tipo de Carreteras	Características
<b>Sistema troncal o nacional</b>	Fomenta los enlaces carreteros de interés nacional y permite el desarrollo de actividades entre los diferentes centros concentradores del país. El sistema troncal establece la comunicación de la capital federal con : <ul style="list-style-type: none"><li>• La capital de los estados</li><li>• Los puertos marítimos y fronteras</li><li>• Otras ciudades importantes del país;</li></ul> también permite la comunicación de las capitales de los estados entre sí y con los puertos y fronteras.
<b>Sistema secundario o estatal</b>	Este sistema permite el desarrollo de actividades en cada una de las entidades. Establecen los enlaces la capital del estado con los principales polos de desarrollo dentro de sus límites y las cabeceras municipales. Facilita la comunicación con el resto del país al ligarse con el sistema troncal.
<b>Sistema alimentador</b>	Este sistema esta compuesto por los caminos vecinales y los accesos a las comunidades rurales.

Tabla No. 5. Clasificación de la Red Carretera en Sistemas.

FUENTE: Félix Valdés, R., Red Nacional de Carreteras en Carreteras y transportes de México, MÉXICO, 1974, PP. 19-21.

En el anuario estadístico publicado por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, la información relativa a la longitud de la red carretera nacional esta dividida a su vez en redes, de forma muy similar a la clasificación en sistemas. Así pues, la red carretera nacional esta conformada por:

- la red de carreteras troncales de cuota,
- la red de carreteras troncales libres, éstas constituirían al sistema troncal, y
- la red de carreteras alimentadoras.

- b. Establecer quien financia y administra los distintos tipos de carreteras, es decir, la jurisdicción bajo la que quedan a cargo. Así los caminos se agrupan en relación a las instituciones que aportan los recursos monetarios tanto para su construcción como para su mantenimiento y conservación:

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

<b>CLASIFICACIÓN DE LA RED CARRETERA DE ACUERDO A LA JURISDICCIÓN BAJO LA QUE SE ENCUENTRA</b>	
<b>Tipo de Carretera</b>	<b>Jurisdicción</b>
<b>Federales</b>	Carreteras, también denominadas rutas troncales, son costeadas en su totalidad por el Gobierno Federal y cuyo mantenimiento y conservación esta a cargo de una institución dependiente del Gobierno Central.
<b>De Cuota y Autopistas</b>	Carreteras costeadas en su totalidad por el Gobierno Federal y se paga al transitar por ellas; éstas pueden ser concesionadas para su construcción y operación. CAPUFE, organismo descentralizado esta a cargo del mantenimiento y conservación de estas carreteras y, en el caso de estar concesionado el camino vigila y supervisa las acciones.
<b>Estatales</b>	Carreteras financiadas por partes iguales entre el Gobierno Federal y los Gobiernos Estatales involucrados. Y son estos últimos los que están a cargo del manejo de los caminos que atraviesan sus territorios. Así mismo la planeación y futura programación de estas carreteras depende de la capacidad financiera de los gobiernos locales, los cuales remiten al Gobierno Federal los programas y acciones a realizar en la Entidad.
<b>Rurales o Vecinales</b>	La participación es tripartita, a base de la Federación, el Estado y los particulares beneficiados con la obra.

Clasificación de la Red Carretera de acuerdo a la jurisdicción bajo la que se encuentran.

FUENTE: Cárdenas de la Peña, E. , Testimonio vivo de un camino, SOP,1976,pp .66.

Ejemplificando, un camino puede ser clasificado como un Camino de Penetración Económica de dos carriles, tipo B, bajo jurisdicción Federal y por lo tanto pertenecer al Sistema Troncal.

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

## IV. La Arquitectura de Paisaje y su importancia en el diseño y construcción de carreteras en el contexto internacional y nacional.

### 4.1. La Arquitectura de Paisaje en nuestros días. Esbozo histórico y teórico de la Arquitectura de Paisaje como disciplina dedicada al diseño y construcción de espacios abiertos

El hombre desde su aparición sobre la faz de la tierra ha entablado un dialogo con su entorno, el cual se ha traducido en una modificación al paisaje; esta intervención ha sido resultado de la necesidad del hombre por conocer al medio que lo rodea y en el que vive para poder subsistir; esta lectura y comprensión ha permitido que el hombre adapte y transforme al ambiente y sus procesos de manera consciente en la búsqueda por mejorar su calidad de vida. Así el ser humano como parte de una sociedad y una cultura ha fomentado dos tipos fundamentales de vínculo con el entorno natural: como fuente abastecedora de recursos para su subsistencia y como sitio de descanso y recreo con fuertes connotaciones filosóficas y religiosas (Laurie, M, 1983, op. cit.; Eckbo, G., 1950) ocasionando una evolución constante del ambiente y el paisaje a micro, meso y macro escala.

No obstante, las características del medio físico-geográfico y natural en el mundo entero no son homogéneas y la distribución de la población humana en las diferentes zonas geográficas del mundo ha propiciado diversas y múltiples adaptaciones culturales en el manejo del ambiente. Estos patrones contemplan todos los aspectos de la vida individual y comunitaria conformando un ciclo con la naturaleza, donde ambos interactúan entre si estableciendo una relación proporcional efecto- causa, es decir, un ciclo donde a cada acción corresponde una reacción que altera, influye y condiciona los procesos y el desarrollo de ambas partes.

Las capacidades y rasgos físicos e intelectuales del ser humano, y el conocimiento del entorno, sus componentes y procesos le han permitido desarrollar una de sus mejores herramientas en su adaptación al mismo: la tecnología, la cual se ha constituido como un factor primario en la configuración de su propio entorno tanto de forma positiva como negativa (Laurie, M., op. cit.; Bessanini, O., 1984; Weilacher, U., 1996).

Uno de las posturas teóricas que engloba y explica las diferentes formas en las que el hombre se ha relacionado con la naturaleza a lo largo de la historia es la que elabora E.D. Gutkind (Gutkind, E. D., Apud, Laurie, M., "Introducción a la arquitectura del Paisaje", 1983, pp. 13-17), la cual identifica 4 fases en las cuales se registra un cambio de actitud del hombre respecto a su entorno considerando los aspectos antes mencionados. A continuación se presentan en forma de cuadro:

FASE	DENOMINACIÓN	ACTITUD	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLO
1	Relación Yo-Tú	Temor ante las fuerzas ocultas de la naturaleza	<ul style="list-style-type: none"><li>• El hombre reconoce la necesidad de otros individuos para cooperar en su supervivencia.</li><li>• Relación directa con el paisaje donde viven y trabajan.</li><li>• Fuerte simbolismo asociado a la naturaleza y sus fenómenos</li><li>• Interdependencia orgánica entre los asentamientos y su entorno</li></ul>	Modelo generalizado en las sociedades primitivas, el cual por sus características y rasgos abarca los siguientes periodos históricos: Edad del Hielo, Surgimiento de la Agricultura y las culturas pertenecientes al Mundo Antiguo.

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

FASE	DENOMINACIÓN	ACTITUD	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLO
2	Yo-Tú	Respeto y Colaboración con el ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor confianza del hombre en si mismo lo que le permite:</li> <li>Adaptación más racional del entorno para satisfacer nuevas demandas</li> </ul>	Modelo asociado principalmente con las culturas antiguas del Oriente tales como China y Japón, y el cual también comprende todas las expresiones culturales emergidas durante los periodos históricos denominados: Mundo Antiguo, Edad Clásica, Edad Media y Principios del Renacimiento en todos los continentes del Mundo incluyendo América y las culturas prehispánicas.
3	Yo-ello	Agresión, conquista y despersonalización de la naturaleza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Debilitación del conocimiento del vínculo entre el hombre y naturaleza en toda su integridad como una consecuencia de la especialización científica</li> <li>Explotación y consumo de los recursos naturales</li> <li>Expansión Urbana</li> </ul>	Modelo coincidente con los movimientos y periodos históricos que se caracterizan por el gran impulso e interés en la exploración y conocimiento del entorno y el hombre mismo. Dichos patrones culturales son aquéllos desarrollados durante el Renacimiento, la Era de los Descubrimientos, la Revolución Industrial hasta nuestros días.
4*	Yo-Tú**	Responsabilidad y unidad con la naturaleza	<ul style="list-style-type: none"> <li>Renovada comprensión y percepción del funcionamiento de la naturaleza, que desemboca en una conciencia y adaptación sensible a las condiciones ambientales</li> <li>La ecología se perfila como una de las disciplinas que ejerce gran influencia sobre esta renovada actitud.</li> </ul>	Modelo bajo proceso de estructuración y en paulatina y muy restringida aplicación que han promovido todas las sociedades del mundo sobretodo en sitios, los cuales han sido reconocidos internacionalmente y que representan un alto valor ambiental y social para la humanidad.

Tabla No. 1. Actitud del hombre con respecto a su entorno a lo largo de la historia de la humanidad según Gutkind., A.

FUENTE: Gutkind, A. Apud, Laurie, M., en "Introducción a la arquitectura de paisaje", 1983)

**NOTA:** \*Gutkind plantea que esta fase se desarrollará en un mediano y largo plazo y que en ese momento (1956) se estaban presentando indicios importantes que le permitían vislumbrar esta nueva actitud hacia la naturaleza.

**\*\*La denominación de este fase la establece Gutkind, sin embargo, la relación debería definirse como "nosotros", ya que es eso implicaría que el hombre este consciente de que es parte integral de la naturaleza y colabore en comunión con ésta para la supervivencia de ambos.**

De esta forma, es posible esbozar un perfil común a todas las culturas del mundo sobre el vínculo que el hombre ha establecido con la naturaleza y nos permite hacer las siguientes consideraciones:

1. El vínculo entre el hombre y la naturaleza es indisoluble.
2. La relación hombre-naturaleza ha evolucionado de forma paralela al desarrollo del hombre y del mismo modo, el entorno se ha configurado como resultado directo de este vínculo.
3. La globalización económica y política han modificado la relación hombre-naturaleza provocando un cambio estructural en el sistema de valores de casi todas las culturas del mundo y en otras ejerciendo una gran presión para que modifiquen patrones ancestrales.
4. El Estudio del Paisaje se perfila como una herramienta que nos permitiría conocer, comprender e interpretar como ha evolucionado y desarrollado el vínculo hombre-naturaleza a través del análisis de la configuración del entorno y las formas en las que éste ha sido modificado. Es decir, una revisión de los patrones ambientales y paisajísticos a lo largo de la historia de la humanidad e identificar y estudiar cuales son los elementos que hemos heredado hasta nuestros días, por un lado; y nos permitiría diagnosticar y examinar los patrones que hoy día se presentan en un lugar y tiempo específico con una problemática puntual, por otro. (De Bolos, M., M de Tura Bovet, M., Ribas, J., et. al., 1992).

Ambos enfoques pueden proporcionar elementos y conclusiones de relevancia, los cuales permitirán generar junto con otros factores, una serie de propuestas y alternativas de diseño que compagine los requerimientos de espacio y recursos con el ambiente, de manera armónica y que permitan restablecer el vínculo con la naturaleza.

En el siglo XX, se reconoce que la relación hombre-naturaleza registra un desarrollo extremadamente complejo. Más aún, en las últimas décadas el deterioro del ambiente está generado una preocupación a nivel mundial como consecuencia de la acción y actitud del hombre hacia el medio natural y sus recursos; siendo las crisis ambientales y energéticas algunas de las repercusiones palpables de esta relación discordante y desequilibrada entre ambas partes.

El conjunto de estas circunstancias ha incitado una paulatina concientización sobre la apremiante situación que el hombre enfrenta ante su supervivencia y ha llevado a la sociedad a cuestionar y replantear su actitud y vínculo con la naturaleza, trascendiendo en la concepción y construcción de espacios habitables para la sociedad.

El diseño del entorno en todas sus escalas involucra la satisfacción de las necesidades físico-espaciales para la realización y desarrollo de toda actividad humana así como una forma de expresión - concreta, palpable y sujeta de ser experimentada- de las relaciones sociales, políticas, económicas así como de los aspectos culturales y filosóficos de un sociedad en un momento y espacio determinado.

En consecuencia y considerando al planteamiento de Gutkind (1956) como uno de los más sencillos para explicar y ejemplificar de manera breve como los conceptos, expresiones y obras de ingeniería, urbanismo, arquitectura y arquitectura del paisaje se desarrollan y, evolucionan a la par y como respuesta a la actitud del hombre hacia la naturaleza tomando en cuenta los factores y condicionantes en un principio mencionados. Partiendo de esta base

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

y como complemento se enuncian algunos aspectos más sobresalientes que se reflejan en la concepción, diseño y construcción del entorno:

FASE	CONCEPTOS, ELEMENTOS Y CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL ENTORNO
1	<p>La interdependencia orgánica entre los asentamientos y su entorno se presenta bajo dos esquemas principales como resultado de las actividades desarrolladas por los grupos humanos para su sobrevivencia: nomadismo y agricultura.</p> <p>Los grupos nómadas se adaptaron completamente al ambiente, estableciéndose en los sitios más aptos y que le garantizaran su protección ante los fenómenos de la naturaleza y los animales, tales como cuevas o grutas, que aún cuando no son espacios construidos por el hombre, se apropia de ellos mediante una definición de espacios para diversos usos y materializando sus propias manifestaciones artísticas en las paredes y pisos de los mismos. También llegaron a fabricarse sitios de resguardo con materiales obtenidos de su entorno pero debido a su corta vida útil eran de carácter temporal.</p> <p>El surgimiento de la agricultura, la domesticación de los animales y el establecimiento del hombre en un sólo sitio, dieron lugar a los primeros asentamientos y a los primeros intentos de urbanización.</p> <p>La formas y tramas de los asentamientos son una prolongación de los modelos y geometría de los campos de cultivos, de los corrales de ganado, etc., así se pueden observar tramas rectilíneas, entramado, trazas circulares. Dichos modelos pueden considerarse como rústicos o primitivos y tuvieron presencia en los inicios de todas la culturas del mundo evolucionando más tarde en formas más complejas.</p> <p>La cantidad y disponibilidad de recursos en la zona donde se asientan es la condicionante principal para el desarrollo y crecimiento de los asentamientos.</p> <p>Las modificaciones realizadas por el hombre en el ambiente y el paisaje son fácilmente absorbidas por éstos, haciéndolas casi imperceptibles.</p> <p>Las primeras expresiones formales arquitectónicas y paisajísticas se asocian con motivos religiosos y de culto, por ejemplo, la erección de megalitos, la construcción de dolmenes, etc.,: como Stonehenge, Inglaterra.</p>
2	<p>El hombre aún mantiene un lazo muy estrecho con la naturaleza, la cual es identificada muy fuertemente con el aspecto religioso en un plano más abstracto y complejo, razón por la cual se erigen templos y sectores específicos de asentamientos e incluso ciudades enteras dedicadas al culto.</p> <p>La comprensión y adaptación más racional al ambiente se refleja en el manejo y control de los recursos naturales así como una manipulación y modificación consciente del paisaje en su beneficio, por ejemplo: el encauzamiento de ríos, la creación de canales y sistemas de riego, terrazas, etc.</p> <p>La producción excedente permite que el hombre pueda dedicarse a otras actividades. Del mismo modo, los adelantos técnicos y el avance en el conocimiento del entorno se aplican en el trazado y configuración del mismo.</p> <p>La ciudad surge como respuesta ante la complejidad de la organización social de los grupos humanos.</p> <p>La arquitectura surge y se consolida como una disciplina integral en la cual se conjugan los elementos del ambiente y el paisaje, las necesidades de la sociedad, los avances científicos y tecnológicos para configurar y diseñar de manera integral los espacios que el hombre requiere para realizar todas sus actividades así como una expresión muy propia de cada cultura.</p> <p>Las obras arquitectónicas, paisajísticas, urbanísticas y de ingeniería presentan un alto grado de desarrollo, complejidad y evolución, y sientan los fundamentos y elementos de una teoría de diseño - en todas sus escalas- que involucra todos los aspectos antes mencionados así como una filosofía ante si mismo, ante la vida, ante la naturaleza y ante el universo.</p> <p>La ciudad, la infraestructura, la arquitectura y el diseño del paisaje se conciben como un todo integral entablando un diálogo y estrecha colaboración con el ambiente y los recursos naturales.</p>
3	La revolución industrial cambió radicalmente las formas y tiempos de extraer, transformar y

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

	<p>aprovechar los recursos naturales. Del mismo modo modificó substancialmente la forma de vida del hombre y tuvo repercusiones a todos los niveles y ámbitos de la vida comunitaria mundial.</p> <p>Las relaciones sociales, económicas y políticas cada día son más complejas y el vínculo entre el hombre y la naturaleza se reduce a la utilización del ambiente como fuente inagotable de recursos. Aunada a esta postura, la sociedad no es consciente de las posibles e inminentes consecuencias de sus actividades y acciones sobre los recursos naturales a largo plazo.</p> <p>El surgimiento de la “industria” demandó espacios para alojar a esta nueva actividad, a la nueva clase social que de ella emerge con sus propias necesidades y a la mayor cantidad de tiempo libre que la sociedad dispuso a partir de ese momento.</p> <p>Las formas, expresiones y los modelos con los que se aborda y resuelve el diseño del entorno en todas sus escalas responde con gran complejidad ante las nuevas circunstancias y necesidades, y es condicionada por múltiples intereses y demandas de la sociedad así como a los nuevos avances tecnológicos en materia de construcción, dotación de servicios, etc.</p> <p>La ciudad consolida su imagen como el mejor lugar para vivir y trabajar y se registra una tendencia muy fuerte de crecimiento urbano y altos índices de migración hacia las mismas.</p> <p>Hay una búsqueda constante por mejorar las condiciones de vida en las ciudades y que respondan a las expectativas de todos los sectores de la sociedad.</p> <p>Introducción, desarrollo y evolución de nuevos conceptos y teoría de diseño en todas sus escalas; surge el concepto de planeación regional ante la necesidad de una visión más amplia y global para resolver los problemas de una región.</p>
4	<p>Tal y como se mencionó a lo largo de la 3a. Fase, la cual abarca varios periodos históricos hasta nuestros días, se han sentado las bases para el establecimiento de una nueva actitud de la sociedad hacia la naturaleza, Incluso podría considerarse que en este momento el mundo se encuentra en un periodo de transición hacia una reconciliación consigo mismo y su entorno (Boulding, K., Apud, Laurie, M., “Introducción a la Arquitectura del Paisaje, 1983, pp. 15-16).</p> <p>Todas las disciplinas y campos de estudios, incluyendo al diseño, tienden cada día más a volver sus ojos hacia el ambiente, uniendo sus esfuerzos a las materias que siempre se habían dedicado al mismo. Hoy esta tendencias se reflejan en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificación y ampliación de la definición y estudio del ambiente para incluir al hombre y la sociedad como parte del ecosistema global mundial, los cuales en conjunto con los factores físico-naturales y la consecuente interacción de ambos son los elementos que determinan la configuración del entorno vital.</li> <li>• La creciente relevancia que se le esta otorgando al impacto psicológico y de bienestar a la percepción del ambiente y los cambios registrados en éste; es decir una valoración de los paisajes resultado de la interacción hombre-naturaleza y su trascendencia e influencia en el desarrollo y bienestar de la sociedad.</li> <li>• La inminente conformación e integración de grupos multi e interdisciplinarios en los equipos de planeación y diseño regional, urbano y a detalle.</li> <li>• La relación proporcional causa-efecto entre el hombre y la naturaleza, la cual hoy es ampliamente reconocida, demanda la consideración de la variable ambiental en la toma de decisiones en asuntos de prácticamente toda índole sobretodo en aquéllos relativos a la modificación del entorno.</li> <li>• La otorgación de un gran valor al ambiente al incluirse dentro de las legislaciones de cada país así como la elaboración de leyes específicas dedicadas a su conservación y protección, condicionando significativamente las formas concretas de diseño y en las intervenciones en el entorno.</li> <li>• Hay una constante búsqueda para revertir los procesos de deterioro ambiental mediante la generación y aplicación de conocimientos científicos en la recuperación, diseño y construcción de nuevos espacios.</li> <li>• Los conceptos: paisaje, calidad visual y ambiental se suman a los de impacto ambiental, ordenamiento ecológico y desarrollo sustentable para contribuir a la conformación de un nuevo vocabulario de diseño del entorno.</li> </ul>

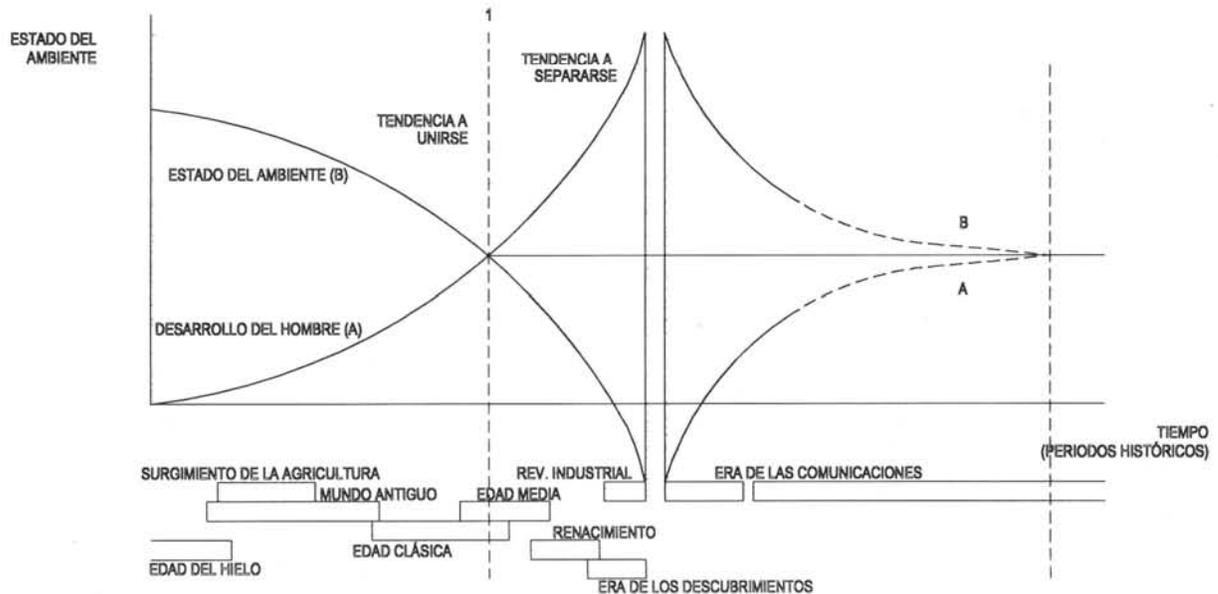
Tabla No. 2. Conceptos, elementos y características de diseño y construcción del entorno basados en las fases propuestas por Gutkind, A.

ELABORACIÓN: Erika Miranda Linares

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

Así, es posible constatar la presencia de la naturaleza y del vínculo entre el ambiente y el hombre en la concepción y construcción del hábitat humano a lo largo de los períodos históricos de la humanidad. Más aún si expresáramos esta relación en una gráfica podremos observar con mayor claridad como ha evolucionado este vínculo y nos permitiría vislumbrar el papel que juega el diseño de Paisaje en este proceso:



**GRÁFICA No. 1 .REPRESENTACIÓN RELACIÓN DESARROLLO DEL HOMBRE – ESTADO DEL AMBIENTE A TRAVÉS DEL TIEMPO.**

Análisis comparativo del estado del ambiente y de la acción del hombre sobre el medio como resultado de su desarrollo y evolución. La Línea A representa el incremento de la intervención del hombre en el ambiente como resultado, entre otros factores, del avance tecnológico. La línea B describe los cambios que se han registrado en el ambiente como producto de la actividad humana. En la parte baja de la gráfica aparecen de manera paralela y complementaria los periodos históricos más significativos desde la aparición del hombre. En una primera fase, el medio era capaz de absorber el impacto de las actividades humanas sin alterar sus características significativamente. En un momento histórico ambos procesos logran conjuntarse estableciendo entre sí un equilibrio. Más adelante estos procesos presentan tendencias opuestas observándose en la gráfica una fuerte separación de las líneas entre sí, lo cual indica que la actividad del hombre rebasa la capacidad de recuperación del medio. Sin embargo, en la fase final se registra cómo estas tendencias parecen empezar a revertirse, vislumbrándose la conformación una nueva corriente, la cual se caracteriza por una conciencia colectiva en favor del ambiente y aspira a reconciliar el desarrollo del hombre y la tecnología con la vocación y características de la naturaleza.

**ELABORACIÓN: Erika Miranda Linares**

El análisis y comprensión de los argumentos expuestos en los cuadros y gráfica nos permiten concluir que:

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

- Las disciplinas enfocadas al diseño del hábitat se han ido consolidando como instrumentos de gestión ejerciendo presión e influyendo en los procesos y decisiones que definen y estructuran el entorno vital.
- El diseño y las obras de arquitectura del paisaje siempre han estado presentes en el desarrollo de la humanidad y son reflejo de su relación con la naturaleza, es decir, de la forma en la que el hombre y la sociedad se relacionen con el ambiente, será la manera en que se expresen en el paisaje, definiendo conceptos, espacios y formas concretas de diseño, reafirmando el ineludible lazo hombre-naturaleza-paisaje.

La arquitectura de paisaje como disciplina universitaria tiene su origen en la misma arquitectura pero sólo es hasta finales del siglo XIX (1863) cuando emerge de manera independiente al reconocer de manera formal al diseño de espacios abiertos y de paisaje como una necesidad social a la que todo ser humano tiene derecho, razón por la cual se deben administrar, conservar, diseñar y construir.

La sociedad actual, cada día es más consciente del papel que juega el ambiente en todas las esferas de la vida humana; a la par ha iniciado un proceso paralelo, en el cual por un lado reconoce al paisaje como un recurso natural y humano, y por otro, valora a ambos como factores de bienestar físico y emocional del ser humano. Como resultado de esta postura y ante las nuevas necesidades de la población, la misma sociedad ha impulsado una evolución de los conceptos, objetivos y alcances del diseño en la arquitectura de paisaje consolidándola como la disciplina cuyo objetivo principal es la materialización de dichas ideas e inquietudes en la proyección y construcción de espacios abiertos a todas las escalas y de diversa índole. De tal forma, que la arquitectura de paisaje se ha desarrollado como una expresión de las formas de adaptación al ambiente y como una manifestación del pensamiento y espíritu del hombre en el contexto físico-natural donde ha habitado hasta nuestros días (Jellicoe, J. & S., 1995).

El ejercicio de la arquitectura de paisaje durante un tiempo se confinó exclusivamente al diseño de jardines y parques. Pero, su obligada dependencia, interrelación y colaboración con el medio y sus recursos para el diseño y conformación de espacios abiertos ha permitido y ampliado las perspectivas de desarrollo hacia ámbitos y escalas inimaginadas (Rogers, W., et. al., 1997; Winthysen Coffin, B., et. al., 1995). Hoy día el arquitecto paisajista participa de manera individual y/o colaborando en equipos de trabajo junto con diversos profesionales (arquitectos, urbanistas, biólogos, ecólogos e ingenieros, entre otros) en proyectos de gran envergadura tanto en el sector privado como en organismos de carácter gubernamental (UAAP, 1997).

Estos proyectos se agrupan en tres esferas de trabajo en función de la escala que se trate, abarcando con ello el diseño de todo tipo de espacio abierto. En la actualidad y como consecuencia de la evolución y cambios registrados en la organización social de los grupos humanos, la demanda, el concepto y funciones del espacio abierto se replantean constantemente reconociendo su valor como instrumento de planeación regional y urbana por lo que además de actividades recreativas los espacios abiertos puedan cumplir y/o albergar satisfactoriamente otras funciones y objetivos (Clawson, M., 19--).

Así los diseñadores y arquitectos de paisaje han incursionado en campos que podrían calificarse como inusuales para el ejercicio de dicha profesión y que es producto de una búsqueda por armonizar y equilibrar el desarrollo del hombre con el ecosistema global mundial a través de la comprensión, transformación y aprovechamiento de los recursos naturales y humanos en la conservación, diseño y construcción de ambientes y paisajes. En

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

consecuencia y sobretodo en aquellos países con una larga trayectoria en la enseñanza y diseño de paisaje, el arquitecto paisajista aplica sus capacidades y conocimientos, entre otras actividades en:

- La revalorización, rescate y restauración histórica y ambiental de jardines, parques y paisajes tanto en el ámbito urbano, rural como natural.
- En la investigación, planeación, administración y diseño de Paisaje en amplias regiones del territorio que coadyuven y fomenten :
  - \* El aprovechamiento racional de los recursos naturales y humanos.
  - \* El desarrollo urbano y regional sustentable.
  - \* El ordenamiento territorial en armonía con el ambiente.
  - \* La conservación y protección de sitios de valor e interés social y ambiental.
  - \* La Integración, Mitigación, Mejoramiento y Restauración de la calidad ambiental-paisajística de las actividades productivas y de las acciones humanas en el medio físico-natural.

FUENTE: Ecology redux, LANDSCAPE ARCHITECTURE, No. 2, Vol79, Marzo 1989, pp 38-42  
Reclaiming the land, LANDSCAPE ARCHITECTURE, No. 5, Vol. 79, JUNIO 1989, pp 37,54-57,120

El ineludible y estrecho vínculo existente entre la arquitectura de paisaje y el ambiente a través del diseño de espacios abiertos aunado a la relativa juventud de esta disciplina, entre otros factores, han promovido e impulsado:

1. La necesidad del desarrollo de una base teórica más sólida que le permita generar nuevas metodologías, técnicas y modelos ampliamente fundamentados para abordar de manera más eficaz el estudio, planeación y administración del Paisaje y los espacios abiertos en todas sus escalas.
2. La ampliación y diversificación del campo de trabajo, en el cual actualmente sólo intervienen disciplinas cuyo enfoque carece de una visión integral que contemple el aspecto paisajístico como un factor importante en el estudio del medio.
3. La conceptualización y valoración científica del paisaje como sistema ecológico (Kipar, A., 1995), es decir, la definición de paisaje como " ...indicador y síntesis de las interrelaciones entre los elementos inertes y vivos de todo ecosistema y al mismo tiempo como una expresión de los valores estéticos, plásticos y emocionales del ambiente en su totalidad. " (Conesa Fdez.-Vitora, V., 1993) y en el cual se considera al hombre como parte integral de este sistema.
4. La necesidad de incorporar avances tecnológicos a los procesos de estudio, diseño y construcción de Paisaje y espacios abiertos, los cuales faciliten la labor del arquitecto paisajista manteniendo como objetivo principal el respeto por el medio e impulsando el desarrollo de la misma arquitectura de paisaje sin olvidar que son una herramienta y no un fin en si mismos.

Así el arquitecto paisajista establece como parte estructural de su perfil profesional los siguientes rasgos, los cuales le permiten caracterizar y definir su labor dentro de la sociedad:

- El reconocimiento de los valores ambientales, sociales, estéticos que deben involucrar el diseño de los espacios abiertos.
- La estrecha vinculación de su trabajo con el medio ambiente.
- El conocimiento, comprensión y análisis de los sistemas ecológicos y su funcionamiento para el beneficio del hombre a través el diseño de espacios abiertos.
- La capacidad de diálogo y colaboración con profesionales de distintos campos de estudio.
- La habilidad de condensar e interpretar una gran cantidad de información de diversa índole.
- La cualidad de interpretar y trasladar los distintos conocimientos y propuestas prácticas al plano gráfico, creativo y constructivo en el diseño y ejecución de espacios abiertos.

Esta búsqueda por mantener una relación equilibrada entre su actividad creativa y su compromiso con las cuestiones ambientales es uno de los retos más importantes que enfrenta hoy día la arquitectura de paisaje ante las nuevas necesidades de la sociedad en los espacios abiertos logrando que sean funcionales, sustentables y además estéticos.

## **4.2. La contribución de la arquitectura de paisaje en la construcción de carreteras.**

### **4.2.1. Desarrollo histórico en el contexto internacional.**

La construcción y operación de Infraestructura regional traen consigo impactos de diversa índole en los diferentes ámbitos de la sociedad y su entorno. En el caso de las carreteras, los impactos se pueden agrupar en dos categorías; la primera comprende las contribuciones directas e indirectas en el desarrollo de una nación, y la segunda abarca las modificaciones positivas y negativas que la presencia de dichas obras conllevan en el ambiente y el paisaje.

Debido a la importancia de las carreteras en el desarrollo del país por un lado, y por otro a las repercusiones ambientales negativas que conlleva la construcción y operación de la infraestructura carretera aunado al creciente reconocimiento de los valores paisajísticos-ambientales y la trascendencia de ambos en la calidad de vida de un país, la sociedad se ha planteado la necesidad y el reto de continuar construyendo carreteras y al mismo tiempo conservar el ambiente. Esta situación ha impulsado una búsqueda por conciliar dichas actividades en un proceso paralelo y complementario, otorgándole de este modo una renovada dimensión a las carreteras en su propia concepción e inclusive dentro de los planes de desarrollo, ordenamiento territorial y en la conservación del ambiente.

La construcción de caminos tiene una larga tradición que data de tiempos inmemorables en la cual su emplazamiento y trazo siempre han estado condicionados por las necesidades y circunstancias socioeconómicas y políticas así como por el marco físico-geográfico del país o estado donde se desarrollan. Aunada a estas condiciones y conforme el surgimiento de los adelantos tecnológicos, las formas de construir las carreteras se han ido modificando significativamente reproduciendo a una menor escala y magnitud las distintas maneras en las que el hombre se ha relacionado con el ambiente y el paisaje a lo largo de la historia (Ver Gráfica No.1.). Así y con mayor énfasis en este último siglo, los caminos han pasado vertiginosamente de veredas a paseos arbolados hasta convertirse en autopistas de altas especificaciones con túneles y puentes de gran complejidad y belleza con el fin principal de acortar distancias y tiempos de recorrido entre dos ó más sitios.

Hoy día, la sociedad en general, ha hecho del automóvil un objeto indispensable de uso cotidiano. Del mismo modo, el tránsito por calles y carreteras de un creciente número de personas ya sea por motivos de trabajo, ocio u otros se han transformado en una de las principales formas de conocimiento y disfrute del territorio, es decir, "...la contemplación del paisaje se produce cada vez más desde el automóvil, desde la carretera. La carretera se ha convertido así en el itinerario, el lugar, el recorrido, desde el que se contempla y disfruta el paisaje." (Herrero, A., op. cit. 1994).

No obstante, la ausencia de sensibilidad y una cultura paisajístico-ambiental y "... el progresivo predominio de los criterios funcionales en el diseño de las vías, el desarrollo de las máquinas automóbiles, y la tecnología de las carreteras, han hecho que éstas se

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

conviertan cada vez más en elementos más abstractos y autónomos, con respecto a las referencias territoriales.” (Zarza, D., 1994) ocasionando, en la mayoría de los casos, grandes estragos en el ambiente y el paisaje de las regiones por donde atraviesan.

Razón por la cual, la conformación de una relativamente nueva directriz en el desarrollo de la infraestructura carretera es una tarea ineludible e inminente cuyo sustento principal es la revalorización y redefinición de la función del ambiente y el paisaje en las carreteras y de las carreteras en el ambiente y el paisaje, partiendo del concepto dual del paisaje, como ente funcional, es decir, como un indicador del estado del ambiente, por un lado. Y por otro, como un aspecto formal del mismo, esto es, como la expresión visual y espacial de la interrelación de los diferentes componentes ambientales en una región en un tiempo determinado.

De este principio se desprenden una serie de conceptos que en conjunto delinear una perspectiva más amplia e integral donde las carreteras se identifican y valoran como:

1. Componente del paisaje, y
2. Vía de contemplación y conocimiento del mismo.

La primera consideración deriva de las características intrínsecas de la misma carretera: su gran dimensión, su fuerte incidencia sobre el paisaje así como su indisoluble vínculo con los sistemas de espacios libres y grandes equipamientos de una región. La suma de estos factores otorga a las carreteras su distinción y reconocimiento como elementos de ordenamiento del territorio y el paisaje contribuyendo en muchos casos al enriquecimiento, recuperación y recualificación de ambos. La segunda reflexión se refiere a que las carreteras superan su función básica y adquieren la cualidad de espacio público de encuentro y relación colectivos, desde los cuales se percibe y contempla el paisaje. Es decir, la carretera tiene una mayor importancia y valor para la sociedad ya que a través de ésta se conoce e inclusive se puede reconocer una región, lo que a su vez podría tener repercusiones en el ámbito social y económico de esos territorios (Herrero, A., op. cit., 1994).

Este enfoque promueve la indispensable necesidad de planear, diseñar y construir las carreteras con una visión y trabajo multidisciplinario donde se conjuguen los aspectos funcionales, ambientales y paisajísticos dando como resultado una obra de infraestructura de alta calidad técnica y visual en equilibrio con el medio. Y en el cual, la Arquitectura de Paisaje desempeña un papel estratégico debido a las contribuciones que ha hecho en este ámbito a lo largo de la historia de este tipo de infraestructura así como por el enfoque integral que ofrece esta disciplina en diseño y manejo de espacios abiertos a gran escala y su entorno.

En la evolución de las carreteras en occidente, previo al surgimiento de las autopistas y de la aparición del automóvil tuvieron su origen un tipo de caminos cuya característica principal era la de considerar al trayecto como un paseo a lo largo de una serie de parques ya sea uniéndolos o transcurriendo a través de ellos. Dicha cualidad, la cual les valió a estos caminos su denominación como “parkway” ó “vía-parque” ya que permitía la integración de éstos a su entorno, el disfrute del paisaje y la realización de actividades recreativas a lo largo del recorrido.

La creación del término y concepto “Parkway” fue producto del arquitecto paisajista Frederick Law Olmsted al proponer “...conectar dos ó más parques amplios de tal manera que la gente pudiera pasar de uno a otro en agradables condiciones sin apreciar ninguna interrupción en el entorno de parque” (F. Olmstead en J. Pozuela, 1994), inspirado en las avenidas y paseos arbolados de la época barroca en París y Berlín, entre otras ciudades europeas. La primera

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

vía-parque concebida fue la *Eastern Parkway* en Brooklin en 1868, y se trataba de una vía para peatones y carruajes. Solo hasta 1906 se inició la construcción de la que se considera la primera *Parkway* motorizada, la *Bronx River Parkway* aplicando los principios que más adelante se consolidarían como las bases del diseño de carreteras que rigieron los años 20's y 30's en los E.U.A., y años después darían origen a las modernas autopistas. Las carreteras más representativas de este movimiento se construyeron principalmente en los E.U.A. ejerciendo una gran influencia en Europa. Sin embargo, el auge sólo duró una década teniendo un breve resurgimiento en los años 60's; a partir de entonces, la atención hacia el diseño paisajístico de las carreteras se desvió en favor de los temas ambientales sobretodo de la planeación y contaminación de los recursos naturales y el medio en general.

La participación de Arquitectos Paisajistas en la construcción de "vía-parques" en E.U.A. fue crucial ya que aportaron sus conocimientos y sensibilidad en la generación de un nuevo tipo de caminos los cuales no sólo cubrían la necesidad de comunicación y transporte sino que se transformaron en instrumentos de mejoramiento y recuperación ambiental así como lugares de paseo y disfrute del entorno resultado del manejo del paisaje. Algunas de las aportaciones más importantes que han influenciado el diseño actual de carreteras en el mundo y se han mantenido vigentes a través del diseño de Vías-parque en Parques Nacionales (*National Parkways*) y carreteras escénicas (*Scenic Parkway*) son :

- \* Alineamiento independiente de carriles, en el cual cada cuerpo se desarrolla siguiendo la topografía del terreno, es decir, la colocación a distinto nivel de carriles de tráfico opuesto.
  - \* Faja separadora central de dimensiones variables y zona de dominio (derecho de vía) lo que permite un manejo de paisaje a todo lo largo del trayecto.
  - \* Alineamiento curvilíneo tanto horizontal como vertical para crear una sensación de avance y la creación de vistas sobre amplios escenarios naturales y culturales.
  - \* Mantenimiento de rasgos propios del paisaje.
  - \* El control de accesos y las intersecciones a distintos niveles.
  - \* La limitación del tipo de vehículos a transitar en las carreteras.
- (Herrero , A, Zarza, D., et. al., 1994 ; Rogers, W., 1997).

La Arquitectura de Paisaje contribuye sustancial y significativamente en el desarrollo de las carreteras modernas, sobretodo en sus inicios. La colaboración del arquitecto paisajista junto con otros profesionistas durante la fase inicial del proyecto era y sigue siendo un factor clave para el éxito del mismo, ya que la carretera se constituye como un elemento del paisaje, el cual puede aportar importantes valores a los paisajes naturales y culturales donde se establezca, además del cumplimiento de las demandas sociales y económicas que dan origen a esta rutas.

No obstante, en las últimas tres décadas sobretodo en E.U.A. ha decrecido considerablemente el interés por parte de los arquitectos paisajistas de laborar en el campo de la infraestructura carretera. En el mejor de los casos, su participación se ha reducido al análisis visual y a los estudios de impacto ambiental dejando todo el proyecto en manos de los ingenieros viales. Algunas otras intervenciones han sido una vez que la obra ha concluido trabajando en la reforestación del derecho de vía y zonas aledañas, razón por la cual su trabajo se ha calificado de "embellecimiento" o simplemente de "maquillaje" ( Ridey, W., Schreffler, R., et. al., 1989).

A finales de los 90's y como consecuencia del alarmante deterioro ambiental resurge el interés por el diseño paisajístico de la carreteras. Actualmente en E.U.A. y en Europa principalmente en este campo se están realizando importantes, pero aún aislados esfuerzos, por recuperar la calidad ambiental, paisajística, arquitectónica e histórica de las carreteras ya

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

existentes y de nuevos proyectos. Así, en Europa y Norteamérica es posible observar algunos ejemplos sobresalientes en esta materia realizados por renombrados arquitectos y arquitectos paisajistas. Sin embargo, estas propuestas no tienen gran eco entre los ingenieros viales y en algunos casos ni siquiera entre los diseñadores de paisaje, aún cuando éstos últimos fueron los que impusieron un nuevo modelo en el diseño integral de carreteras en los años 20's.

En la década de los 60's, el incremento de la población, el rápido crecimiento de las ciudades y el perceptible deterioro del ambiente despertaron la preocupación mundial principalmente de los países del primer mundo, los cuales en respuesta a estas circunstancias, iniciaron una serie acciones por modificar e incluir la variable ambiental en todos los ámbitos del quehacer humano comenzado en los distintos campos de la ciencia, la legislación y en el proceso mismo de toma de decisiones.

A partir de entonces se valoró la labor de otras profesiones como biólogos, geógrafos entre otros profesionistas a favor del estudio del ambiente y de los impactos que las actividades humanas podrían ocasionar en éste. Esta situación propició la apertura de las disciplinas dedicadas a la planeación y diseño del entorno hacia el estudio de las posibles causas y consecuencias de las acciones del hombre en el ambiente en el corto, mediano y largo plazo, siendo la Arquitectura de Paisaje una de las disciplinas pioneras que ha contribuido en gran medida a este enfoque integral del diseño y el ambiente. Destacan de manera importante el reencuentro de las ciencias naturales con las ciencias sociales al reconocer científicamente, por un lado al hombre como parte del ecosistema mundial y su gran incidencia sobre éste, y por otro al ambiente como un factor decisivo en la organización social, el bienestar psicológico y emocional del hombre.

Así, la ecología, la geografía, la psicología, entre otras, son algunas de estas disciplinas emergidas de la retroalimentación de las ciencias naturales y sociales y que han ejercido un gran impacto en las disciplinas de diseño al proporcionar datos y conocimientos relativos a la calidad y características de los espacios habitables en todas sus escalas así como su fuerte influencia sobre el comportamiento humano. La comprensión e integración de estas variables en el contexto de la Arquitectura de Paisaje ha abierto y abre una nueva perspectiva en el manejo y diseño de espacios que permitan prever, propiciar o modificar en cierta medida el diseño de los patrones de desarrollo de los asentamientos humanos, el estado de ánimo, conducta, actividad o sentimiento de las personas que habitan permanente o temporalmente en dichos sitios y, el diseño de carreteras no ha sido la excepción.

En los países desarrollados, los arquitectos paisajistas nuevamente jugaron un papel estratégico al desarrollar metodologías innovadoras para la selección, diseño y trazo geométrico de una carretera sustentadas en el estudio, análisis y síntesis de los aspectos técnicos, ambientales y estéticos que se involucran en dicho proceso. Apoyados en las nuevas tecnologías, la mayor disponibilidad y confiabilidad de la información y con el auxilio de otras disciplinas, les fue posible desarrollar un concepto más avanzado de las primeras vías-parque de los años 20's al considerar e integrar valores culturales, ambientales, históricos y sociales al esquema de diseño y construcción.

Una de las metodologías que mayor impacto ha tenido en la planeación y diseño de carreteras es la elaborada por el arquitecto paisajista Ian L. McHarg en 1969 en E.U.A. (McHarg, I., 1969), la cual es una variación del modelo que el mismo creó para abordar la planeación regional en función de las condiciones y los recursos naturales y humanos

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

disponibles y sus procesos así como la capacidad de éstos para asegurar el desarrollo y la calidad de vida de la población actual y generaciones futuras.

El método tiene como objetivo principal identificar e incorporar los procesos naturales y sociales presentes en la región donde se emplazará la carretera considerándolos como valores sociales cuantificables cualitativamente dentro del esquema tradicional de evaluación-costo empleado en la planeación de caminos (McHarg, I., 1969), ya que dichos procesos pueden ser calificados de acuerdo a las ventajas o desventajas que ofrezcan a la construcción y mantenimiento de estas obras de infraestructura.

La asignación de un peso específico a estos factores, análogo al de los criterios “normales” de ingeniería y diseño vial permite una evaluación y definición integral del trazo carretero que represente el mayor beneficio social. Es decir, que la carretera propuesta atravesase por las zonas donde se genere un menor número y magnitud de afectaciones e impactos negativos en el medio natural y sus recursos así como en el medio social circundante y en el área comprendida dentro de su radio de influencia.

McHarg argumenta que existe una relación directamente proporcional entre el valor y el costo social de la obra; esto es, entre más valores ambientales, paisajísticos, culturales, históricos, sociales, etc. se afecten por la presencia de una carretera mayor será el costo económico, ambiental y social de dicho proyecto a corto, mediano y largo plazo.

Así “...dentro de los límites establecidos por los puntos de origen y destino, las restricciones fisiográficas y topográficas y la presión de los valores sociales, la carretera puede ser utilizada como una política pública responsable para la creación de nuevos y productivos usos del suelo al emplazarse en los sitios adecuados...”(McHarg, I., op. cit.), es decir, generar nuevos valores en el entorno y en la percepción de éste. La aplicación del método permite vislumbrar la solución de “menor costo social con el máximo beneficio social”, establece un sistema de valores, el cual considera un gran número de beneficios, ahorros y costos no cuantificables económicamente incluyendo la medición de la experiencia escénica como un valor potencial especialmente relevante.

Durante esos mismos años, se inició una preocupación por las consecuencias negativas que ciertas actividades y obras ocasionaban sobre el ambiente, por lo que los proyectos carreteros fueron sujetos a revisiones severas por parte de las autoridades debido a los impactos que ocasionaban en el ámbito urbano y natural. Eventualmente la evaluación del impacto ambiental surgió y empezó a considerarse como una herramienta y un requisito indispensable para realizar cualquier actividad u obra.

La metodología de MchHarg se sumó al desarrollo de una serie de métodos tendientes a estimar y valorar las posibles consecuencias positivas y negativas que toda actividad humana podría causar en el medio. La aplicación fiel del método MchHarg a proyectos carreteros en general se redujo a contados ejemplos y los esfuerzos por respetar y mantener los rasgos del paisaje y del ambiente se concentraron en los denominados *Scenic Parkways* (caminos escénicos) y las *National Parkway* ( vías-parque en Parques Nacionales ).

En Europa con una fuerte influencia de las aportaciones norteamericanas se estructuran esquemas y métodos más complejos para la planeación, evaluación de impacto ambiental y diseño de carreteras, en los cuales la participación comunitaria es requisito indispensable y una de las maneras integrar los valores sociales, ambientales y paisajísticos a dichos procesos en sus distintas etapas (Spake, A., en Herrero, A., et. al., op. cit, 1994).

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

La conformación de la Comunidad Europea obligó a todos los países organizadores y aspirantes a pertenecer a este bloque comercial, a la observación estricta de una legislación y parámetros mínimos ambientales en todas sus actividades y obras, dando como resultado que países como Francia haya desarrollado el siguiente proceso para la planeación y diseño de carreteras:

## Esquema simplificado del Proceso

### 0. Esquema director

- Debate sobre los objetivos de ordenación y de protección  
⇒ Pliego de condiciones del proyecto (Riesgos potenciales, cumplimiento de objetivos de desarrollo y protección de los recursos naturales).

### 1. Estudio previo (Comparación de alternativas, selección de un corredor de 1km de ancho)

- Técnico-Económico-Ambiental

Concertación Conciliación con el Ministro de Transportes)

- Decisión + Pliego de condiciones y orden de estudio

### 2. Anteproyecto

- Técnico-Económico-Ambiental (Corredor de 300 m)

Concertación (Consulta Pública)

- Decisión + Proyecto de compromiso

### 3. Declaración de interés público

- Información pública + Instrucción mixta + Eventual opinión del Consejo de Estado

### 4. Publicación de compromisos de Estado (Compromisos establecidos por el Estado en materia de protección al ambiente)

### 5. Estudios de ejecución

(Proyecto o A.P.A)

### 6. Obras

- Proyecto de aseguramiento de calidad

### 7. Puesta en servicio.

- Control de conformidad

### 8. GESTIÓN - EXPLOTACIÓN

- BALANCE

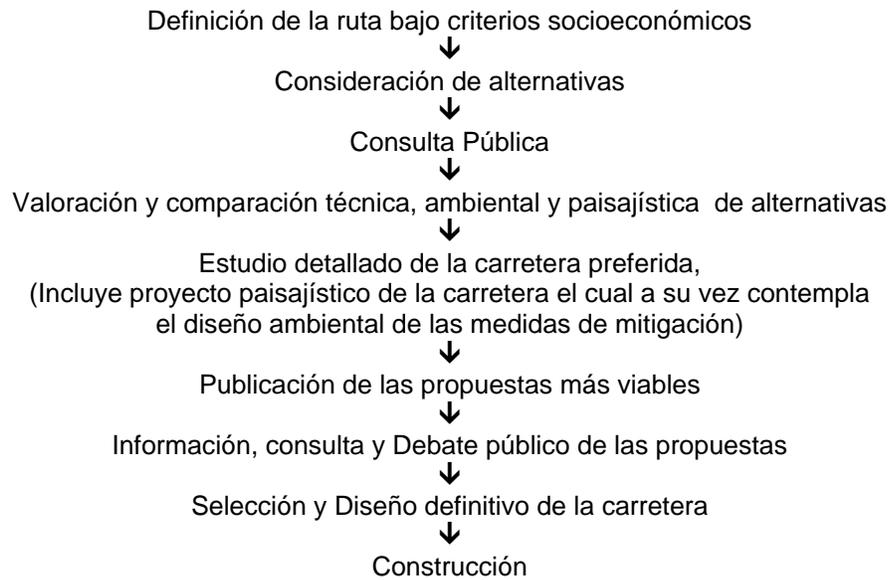
FUENTE: SPAKE, A., EN HERRERO, et. al., op. cit.,1994

En Inglaterra se da un proceso similar, documentado ampliamente por Barry Moore (Moore, B., 1994) y en el cual se le otorga a la opinión pública una gran importancia y peso para la toma de decisiones. A la par de dicha consulta abierta, se integran la evaluación de impacto ambiental y el diseño de paisaje en todas las etapas y con una mayor profundidad conforme se define el proyecto final. Con base a estas consideraciones se busca perfeccionar el proyecto, es decir, la traza que mejor se ajuste al paisaje y minimice el impacto ambiental. Moore ejemplifica el proceso utilizado en un caso de estudio: la Autopista de Oxford a Birmingham.

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---



FUENTE: MOORE, B., 1994

Kipar (op. cit., 1994) realiza un análisis de las distintas metodologías aplicadas a la planeación de carreteras, en el cual encontró varios puntos de coincidencia, entre los más sobresalientes se pueden mencionar los siguientes objetivos y niveles de intervención en el proceso de diseño; los objetivos son:

- a. La búsqueda del trazado contemplando la factibilidad de la obra misma.
- b. La propuesta de soluciones de proyecto en condiciones de mitigar la magnitud de los impactos ambientales.
- c. La declaración de los impactos no mitigables, y por consecuencia la definición de las medidas de compensación.

Los niveles de intervención los identifica como los siguientes:

1. Intervenciones sobre el trazado.
2. Intervenciones sobre la ejecución de la obras de carretera
3. Intervenciones sobre la morfología del terreno.
4. Intervenciones sobre la estructura del paisaje circundante.
5. Intervenciones sobre los elementos vegetales del paisaje circundante.

Este mismo autor hace hincapié en la necesidad de "...abordar el proyecto carretero desde una óptica multidisciplinar que incluya especialistas en paisaje y ambiente y en coordinar los proyectos de carreteras con el control de los usos del suelo y la edificación en sus bordes" (Herrero, A., 1994, op. cit.).

Estos ejemplos de integración del ambiente y el paisaje en el proceso de planeación, diseño y construcción de carreteras obliga a replantear, de acuerdo con Herrero (op.cit, 1994), la utilidad social de la actual y futura ingeniería para recuperar la tradición paisajística e integral del diseño carretero. Más aún, se debe replantear el papel estratégico que en este proceso juega la Arquitectura de Paisaje en la conciliación de la necesidad de construir vías de comunicación terrestres, en este caso carreteras y la ineludible conservación del medio natural con el valor agregado que el manejo integral de los espacios abiertos a lo largo de

una carretera pueda aportar en la experiencia de transitar por ellas y los proyectos asociados que pueden desencadenar en el mejoramiento de la calidad de vida de la población aledaña.

Así, la participación del arquitecto paisajista como parte de un equipo multi e interdisciplinario durante todo el proceso de planeación, diseño y construcción de un proyecto carretero es un factor estratégico para lograr la integración ambiental y paisajística de la infraestructura en el ambiente sin dejar de cumplir su función de comunicación.

De este modo, la nueva forma de construir carreteras adquiere una dimensión social al reconocer las funciones ambientales y paisajísticas de las mismas así como la consideración de estas funciones como objetivos de proyecto a cumplir y no como un obstáculo para el desarrollo del mismo.

#### **4.2.2. Propuesta de integración del ambiente y el paisaje como variables en la planeación, diseño y construcción de carreteras en México.**

Establecida la necesidad de formular nuevas metodologías que permitan integrar el proyecto carretero al ambiente, con base en los argumentos expuestos y mi experiencia personal en el manejo de las cuestiones ambientales aplicados a proyectos carreteros dentro de la SCT, este trabajo académico presenta a continuación una propuesta para el diseño integral de carreteras en México. Dicha propuesta se genera a partir de la metodología elaborada por el Ingeniero Oscar Bennassini para la SCT (1984) para el mismo fin y pretende ser el inicio de una discusión constructiva que más adelante permitan conformar un modo responsable ambiental y socialmente de construir caminos e infraestructura en general en nuestro país.

Esta metodología debe formularse considerando los siguientes puntos como parte importante del proceso:

1. La indiscutible conformación de un equipo de trabajo multi e interdisciplinario durante todo el proceso de diseño y construcción, la cual incluya ingenieros, arquitectos, arquitectos paisajistas, urbanistas, geógrafos, biólogos, etc., (Ellis, C., 1994).
2. La elaboración conjunta de los estudios técnicos, socioeconómicos y ambientales, los cuales abarquen los múltiples aspectos involucrados desde la planeación hasta la operación de una carretera (Benassini, O. , 1984).
3. La vinculación y coordinación estrecha entre las autoridades regionales y locales cuyos recursos se vean involucrados en el trazo de una nueva carretera. Esta comunicación permitirá establecer en un alto grado la compatibilidad entre el tramo carretero y los usos del suelo adyacentes e incluso asociar a éste, proyectos de carácter local para evitar especulaciones de terrenos, el deterioro de la imagen y calidad paisajística de dicha región e incrementar los beneficios a la población local y de paso.
4. El diseño integral de una carretera implicará una inversión inicial más alta pero repercutirá positivamente en un mediano y largo plazo en los bajos costos de mantenimiento.
5. La incorporación de la Evaluación de Impacto Ambiental como un verdadero mecanismo de factibilidad ambiental del proyecto carretero durante todas las etapas del proceso.
6. La elaboración y ejecución paralela y complementaria del proyecto paisajístico al anteproyecto y proyecto ejecutivo de la carretera garantizara en un alto porcentaje

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

la integración de ésta al entorno con los menores costos ambientales y sociales y cumpliendo con su función estética y recreativa.

7. "...La construcción de autopistas no resuelve, por si mismo, los problemas de la congestión de tráfico urbano y regional..."La mejor estrategia para prever dicha situación consiste en elaborar un plan maestro integral de transporte, el cual contemple las distintas modalidades de transporte, incluyendo el público, ciclistas y peatones. (Ellis, C., 1994).

El análisis y comprensión del actual esquema que rige la planeación de carreteras en nuestro país es esencial para establecer una serie de propuestas en materia de impacto ambiental y diseño de paisaje encaminadas a desarrollar un modelo de diseño integral de carreteras adecuado a las condiciones socioeconómicas, políticas, geográficas, tecnológicas, ambientales del territorio nacional:

## Proceso esquemático para la Planeación de Carreteras en México

### A. Aspecto socioeconómico y político

### B. Aspecto Técnico Constructivo

#### Proyecto preliminar

#### 1a. Etapa: Selección de la Ruta:

- Estudios técnicos y socioeconómicos
- Evaluación técnica y elección de ruta

#### 2a. Etapa: Anteproyecto.

- Elaboración y evaluación de anteproyectos (alternativas de trazo).
- Comparación técnica y valoración económica de anteproyectos.
- Elección de Anteproyecto.

#### Proyecto Definitivo

#### 3a. Etapa: Proyecto:

- Cálculo y Elaboración de Planos Definitivos.
- Elaboración de Estudios Técnicos para el diseño de obras y estructuras complementarias.
- Concurso

### C. Aspecto Legal

- Estudio de Impacto Ambiental
- Evaluación y Aprobación del proyecto para iniciar su construcción.

FUENTE: MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS, SCT, 1974

En este proceso (como se describió ampliamente en el Capítulo No. 2 incisos 2.2.3 y 2.2.4.) actualmente el Estudio de Impacto Ambiental se realiza una vez que se ha elegido y elaborado la ruta y el proyecto definitivo reduciéndose con ello a un mero trámite administrativo. Por otro lado, el método empleado para cumplir y ejecutar cada una de las etapas que implican el aspecto técnico-constructivo de un proyecto carretero (Método Fotogramétrico) especifica que en la 1a. y 2a. Etapa deben realizarse un estudio preliminar y anteproyecto de paisaje respectivamente aún cuando en ningún capítulo del Manual de Proyecto Geométrico se encuentre descripción alguna de cómo, cuándo y quién deba llevar a cabo estos estudios quedando de igual modo como una simple mención.

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

El esquema propuesto surge del método existente y toma como base principal el método elaborado por el Ing. Benassini (1984, op. cit.), incorporando la variable ambiental a todas las etapas preestablecidas en ambos a través del estudio y evaluación de los recursos naturales y culturales, el diseño de paisaje así como de medidas de prevención y mitigación tendientes a reducir de manera significativa el impacto ambiental de las carreteras en su entorno inmediato y dentro de su radio de influencia.

Así bajo la estructura original y de manera paralela y adicional a los estudios establecidos en los esquemas anteriores se propone la realización de las siguientes investigaciones y proyectos específicos en cada etapa:

## **A. Aspecto socioeconómico y político**

- Estudios de prefactibilidad ambiental, el cual permita conocer de manera global las características de la región donde se podría emplazar el proyecto carretero, estos estudios deben incluir: estudios geomorfológicos; capacidad de uso del suelo actual y potencial; tenencia de la tierra; estudios ecológicos.
- Estudios de factibilidad socioeconómica
- Estudios de factibilidad técnica

## **B. Aspecto Técnico Constructivo**

### **Proyecto preliminar 1a. Etapa: Selección de la Ruta:**

- Inventario y estudio de los recursos naturales y los ecosistemas que puedan ser afectados por las distintas alternativas, los cuales estén enfocados a determinar el grado de viabilidad ambiental de cada una de ellas.
- Evaluación conjunta de las opciones que cumpla con las especificaciones técnicas y provoquen el menor impacto ambiental.

### **2a. Etapa: Anteproyecto.**

- Inventario y estudio más profundos de los recursos naturales y los ecosistemas por los cuales atraviese el proyecto seleccionado incluyendo un área de influencia lo que permitirá determinar los posibles impactos en ambos escenarios. En este inventario se debe considerar al paisaje como un recurso natural y cultural; y por tanto inventariarse con métodos y parámetros específicos para tal fin.
- Evaluación y factibilidad del anteproyecto seleccionado en función de los impactos positivos y negativos que traería consigo en el ambiente y el paisaje.
- Elaboración del anteproyecto paisajístico de los trazos preliminares para evaluar el grado de integración de cada uno al entorno así como las oportunidades que cada uno ofrece en cuanto a la apertura de nuevas visuales y usos recreativos, es decir, evaluar su potencial paisajístico.
- Información y concertación con las administraciones públicas locales para la creación de proyectos asociados y la vinculación con los planes de desarrollo y los proyectos en marcha.

- Información y Consulta Pública.
- Elección de la alternativa que cumpla con las necesidades y requerimientos técnicos e implique menores consecuencias y costos en el entorno en el que se inscriba.

**Proyecto Definitivo**

**3a. Etapa: Proyecto:**

- Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental correspondiente al trazo definitivo y a la complejidad de las zonas por las que atraviesa la carretera (ORVA, 1994; Bennassini, O., 1984; Conesa Fdez, V, 1994).
- Elaboración del Plan de Manejo Paisajístico de la carretera, el cual incluya el análisis y diseño de las medidas preventivas y de mitigación que resuelva la problemática ambiental detectada en el estudio de Impacto Ambiental. El Plan debe contemplar en una primera etapa la elaboración del proyecto paisajístico del trazo definitivo, el cual tenga como objetivo la integración de la carretera al entorno y al paisaje mediante la creación de un recorrido atractivo y seguro con respeto de los procesos naturales de la región donde se desarrolla. Y por otro lado, y de manera paralela el Plan de Manejo debe contemplar los requerimientos de manejo del paisaje y espacios abiertos que demande el proyecto carretero para la elaboración de proyectos específicos, tales como áreas de servicio, programas de reforestación, proyectos de recuperación y restauración ambiental y paisajística, etc. incorporando las necesidades y características de los usuarios y la población local.
  - Participación Pública para definir los usos y destinos de los sitios que resulten afectados y/o modificados por la construcción de la carretera.
  - Asignación de recursos económicos dentro de la planeación y evaluación financiera del anteproyecto seleccionado como definitivo, para la realización de estudios y obras específicas en materia ambiental y de paisaje que se deriven de los proyectos, programas y recomendaciones elaboradas en ambas materias a lo largo de este proceso (ORVA, 1994; Kipar, A.; Soler, C.; Berreuzo, P., 1994).
  - "...Los gastos de supervisión ambiental, elaboración de los programas ecológicos y de ejecución de las medidas de restauración, mitigación y compensación ambientales, serán incluidos en los términos de referencia de los concursos de obra, con el propósito de que sean estimados los montos requeridos para su ejecución, al ser considerados dentro del catálogo de cantidades de la propia obra." (ORVA, 1994).

ELABORACIÓN: Erika Miranda Linares

Las fases de construcción, operación y mantenimiento son parte muy importante del proceso de planeación y diseño de las carreteras, razón por la cual se ha creado un rubro específico para abordar esos aspectos dada su gran complejidad. Así, en el esquema vigente y en el propuesto debe enfatizarse que estas etapas son parte integral del proceso para que en ellas puedan diseñarse y observarse las medidas relativas a la conservación y manejo del entorno y el paisaje de manera adecuada, ya que la ejecución de las obras representa un momento crucial para conciliar los objetivos técnicos, ambientales y paisajísticos en la realidad. Para lograr este reto se integran las figuras de La Supervisión y la Auditoría Ambiental a estas dos últimas etapas (ORVA, 1994):

## **Construcción**

### **Construcción de la obra.**

- Supervisión, vigilancia y seguimiento de la ejecución adecuada de las obras y medidas propuestas para reducir y compensar los impactos negativos así como impulsar aquellos impactos tendientes a incrementar la calidad ambiental y paisajística de la carretera.
- Identificación de los impactos negativos y positivos no previstos en el Estudio de Impacto Ambiental para proponer y ejecutar medidas alternativas de mitigación y compensación que se mantengan dentro de los objetivos del Plan de Manejo Paisajístico establecido.

## **Operación y Mantenimiento Conservación.**

- Seguimiento y verificación del buen funcionamiento y desarrollo de las obras y acciones realizadas en la etapa de construcción en materia ambiental y de paisaje a mediano plazo, así como de las medidas de mitigación y los proyectos específicos derivados del Plan de Manejo Paisajístico.
- Balance de los alcances logrados en las cuestiones ambientales y de paisaje a corto, mediano y largo plazo.

La incorporación de los valores paisajísticos, ambientales y sociales al proceso mismo de planeación y diseño de las carreteras daría como resultado la creación de un nuevo tipo de caminos en nuestro país que se caracterizarían por, además de cumplir su función de comunicar dos o más sitios, mejorar la calidad ambiental y paisajística de las regiones por donde atravesaría ese proyecto carretero repercutiendo de manera positiva en la calidad de vida de la población.

Así, la contribución de la Arquitectura de Paisaje a esta nueva forma responsable de diseñar y construir carreteras sería a través de la elaboración de un Plan de Manejo Paisajístico, el cual buscaría la conciliación de los aspectos técnicos con las características del medio donde se emplaza el proyecto carretero, lo que garantizaría la integración de éste último de manera armónica al ambiente y al paisaje, proporcionando valores y beneficios adicionales tanto al usuario como a la población local y manteniendo en equilibrio los procesos naturales de la región en cuestión e incluso su restauración. La carretera, bajo este enfoque, se convierte entonces en un instrumento de desarrollo regional integral, es decir, además de cumplir con su función de comunicar, involucra e impulsa la conservación y aprovechamiento

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALÁN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

de los recursos naturales y culturales a través de proyectos asociados, que respondan a los requerimientos de la carretera y las necesidades de la población afectada.

El Plan de Manejo Paisajístico sería el eje rector bajo el cual, por un lado se integraría el procedimiento de la evaluación del impacto ambiental en el proceso de diseño de la carretera, y como resultado de esta evaluación e identificación de los impactos ambientales se inscribirían los criterios, estrategias y acciones de restauración, recuperación y conservación ambiental a lo largo de una carretera y su área de influencia. Y por otro, los aspectos relativos a la calidad visual de la carretera en el paisaje y viceversa dando como resultado la elaboración de proyectos específicos para el mejoramiento de la calidad ambiental y paisajística de la carretera y área de influencia y para el disfrute del usuario externo (automovilista) y local (habitantes de la zona) con el consiguiente beneficio en la calidad de vida de ambos tipos de usuarios.

El Plan de Manejo paisajístico y el proyecto paisajístico del trazo definitivo, en el contexto de nuestro país y su legislación, deben partir de cuatro principios:

1. El ambiente es el conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados.
2. El paisaje, que aún no cuenta con una definición legal que regule su aprovechamiento y promueva su conservación, es la expresión visual y espacial del medio, de los valores estéticos, plásticos y emocionales del medio natural. Y desde el enfoque geográfico de los estudios integrales del territorio, el paisaje es un indicador y síntesis del estado del ambiente, es decir, una forma de estudio y reconocimiento del ambiente en un tiempo y espacio determinado.
3. La lectura del ambiente mediante el estudio del paisaje tiene dos aspectos: uno funcional (principio No. 1) y uno formal (Principio No. 2), y ambos son interdependientes entre sí, es decir, las relaciones e interrelaciones que se establezcan entre los diferentes componentes ambientales de manera funcional tendrán una expresión formal en términos de composición escénica.
4. La comprensión del ambiente y sus procesos desde el punto de vista funcional permitirán definir los lineamientos y parámetros de actuación a nivel formal.

En lo que se refiere al aspecto formal del Plan de Manejo paisajístico, el proyecto deberá regirse por el siguiente principio: "...el aspecto paisajístico involucra dos puntos de vistas: del que recorre la carretera y ve el paisaje como viajero y del que observa la carretera en su contexto territorial. Ambas categorías expresan exigencias diferentes en términos de seguridad vial, velocidad de recorrido, contaminación acústica y atmosférica y obstrucción vial." El manejo y diseño del paisaje se debe convertir en promotor de una mayor calidad arquitectónica y paisajística de los elementos constructivos de la misma carretera buscando establecer una relación armoniosa con el paisaje y sus componentes así como con el medio natural y sus procesos en general.

En condiciones ideales, el arquitecto paisajista debe participar durante todo el proceso de diseño y construcción de un tramo carretero proyectando y supervisando las medidas y obras relativas a la conservación, protección y mejoramiento del ambiente y el paisaje. Desafortunadamente en nuestro país en la mayoría de los casos dichas acciones no se contemplan como parte del proyecto carretero. Incluso ni siquiera se ejecutan las medidas de mitigación propuestas en los estudios de impacto ambiental ocasionándose impactos negativos de magnitud considerable en el entorno donde se emplaza dicha carretera.

## **LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO**

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

Así, una vez concluida la obra, se deben desarrollar los proyectos de recuperación, restauración y mejoramiento ambiental y paisajístico para restablecer el equilibrio ecológico de las zonas donde se desarrolla el tramo carretero y sus obras de apoyo con las complejidades que de esta situación derivan.

El persistente deterioro ambiental y paisajístico que se aprecia a lo largo de las carreteras existentes y las nuevas en el territorio nacional, pone de manifiesto la necesidad y urgencia de incorporar el ambiente y el paisaje en el proceso de diseño de carreteras desde su planeación. Esta integración de valores ambientales y paisajísticos requiere la participación de diferentes especialistas, entre los que el Arquitecto paisajista puede jugar un papel estratégico en la comprensión de los aspectos funcionales y formales del ambiente, cuya adecuada lectura dé como resultado la integración de la carretera a su entorno mediante el diseño de espacios abiertos a escala regional con impactos positivos sobre la población directa e indirectamente afectada por la presencia misma de la carretera. Razón por la cual, la formación y especialización de Arquitectos paisajistas en el ámbito regional permitirá formar líderes e integrantes de equipos multi e interdisciplinarios complementando y enriqueciendo la labor de los ingenieros civiles en el diseño de carreteras en nuestro país de acuerdo con las nuevas necesidades y retos de la sociedad y su compromiso con la conservación de los recursos naturales y culturales.

## **MARCO DE REFERENCIA**

### **V. Los aspectos políticos, económicos y jurídicos aplicados a la Autopista Cuacnopalan - Tehuacán-Oaxaca**

#### **5.1. Aspectos políticos-económicos**

##### **5.1.1. Necesidades de comunicación carretera entre el centro y sureste de México.**

La construcción y operación de la infraestructura carretera en nuestro país es vital para el crecimiento y desarrollo de la nación tal y como se ha expuesto en el capítulo I de este trabajo. Del mismo modo, se menciona que durante el periodo presidencial de Adolfo Ruiz Cortínez se estructuró de manera formal una política nacional de comunicaciones, en la cual se establecía la necesidad de concebir un sistema de ejes carreteros que ligaran las principales ciudades y regiones del país. Esta política aunada al resto de la política nacional buscaba la descentralización de la actividad política y económica de la capital otorgando un mayor peso a los estados en la toma de decisiones. A partir de entonces, la red carretera se desarrolló atendiendo a este principio y a las condiciones imperantes en ese momento.

Así, en 1992 se formula el Programa Maestro Nacional Carretero cuyo objetivo general es la integración de "...todo el territorio nacional en sus zonas económicas, centros productivos, así como en el terreno agroindustrial y turístico, todo ello por medio del sistema nacional carretero" (Silva Escamilla, J.,1994). Para alcanzar este objetivo el Programa divide el sistema nacional urbano en 9 sistemas regionales cuya vinculación impulsa y desencadena el desarrollo de la región completa. La conformación de ejes carreteros que enlacen a estos sistemas regionales al interior y entre sí responden directamente a la demanda de distribuir equitativamente los recursos que se generan en todo el país para dotar y mantener una calidad de vida digna a toda la población.

Una de las prioridades de este programa es el desarrollo de ejes longitudinales que ligen los estados del norte, centro y sur del país, y de entre los cuales podemos destacar el eje que partirá de Ciudad Juárez hacia la Cd. de Oaxaca pasando por la Cd. de México y a la cual pertenece el tramo Cuacnopalan - Tehuacán- Oaxaca.

Oaxaca, como el resto de los estados del país es un sitio de fuertes contrastes ya que cuenta por un lado, con numerosos y ricos recursos naturales y culturales de gran potencial productivo tanto agrícola, industrial como de servicios; y por otro, presenta agudos problemas ambientales, económicos y sociales.

La accidentada orografía, entre otras circunstancias, ha provocado que sea uno de los estados que presenta los más altos índices de pobreza y marginación de toda la República Mexicana. Esta misma condición físico-geográfica ha dificultado y condicionado de manera determinante la construcción de caminos, los cuales son muy sinuosos e incluso peligrosos para el tránsito vehicular.

Razón por la cual, la creación de una red de caminos eficiente y segura, paralela y complementaria a un Plan de Desarrollo integral son una prioridad para mejorar la calidad de vida de los oaxaqueños y de los mexicanos en general a través del impulso de la afluencia turística, servicios e inversionistas en esa región otorgando facilidades de acceso terrestre.

### **5.1.2. Las características de la red carretera entre el centro y el sureste**

El estado de Puebla por su ubicación estratégica se ha consolidado como la vía más importante de comunicación entre el Golfo y la capital del país coadyuvando al desarrollo del comercio entre ambas regiones, por lo que cuenta con una infraestructura que se ha ido modernizando conforme las demandas del país. Sin embargo, la red de caminos que van de Puebla a Oaxaca acusa grandes deficiencias y se encuentra en mal estado por la falta de un adecuado mantenimiento. Muchos de estos caminos se construyeron sobre los que alguna vez fueron veredas y caminos de herradura, razón por la cual su trazo y sus especificaciones técnicas no responden a los vehículos, cargas y velocidades actuales.

El tránsito por dichos caminos es intenso, sobretodo en las rutas más cortas entre la ciudad de México, Tehuacán y Oaxaca, pero la complejidad topográfica de los lugares por donde atraviesan provoca que se circule a velocidades muy bajas repercutiendo en altos costos de transporte por los largos tiempos de recorrido y la complejidad geométrica de los caminos, los cuales incluso ponen en riesgo al mismo usuario.

Hasta antes de la construcción de la Carretera Cuacnopalan - Tehuacán - Oaxaca el tránsito de la ciudad de México a Oaxaca se realizaba a través de las carreteras Tehuacán-Huajuapán-Huitzo-Oaxaca y Tehuacán-Coxcatla-Huitzo-Oaxaca. Dichas carreteras cuentan tan solo con dos carriles sin acotamiento (Carretera Tipo C) con una carpeta de 6.30 a 7.00 m. de ancho, el trazo es muy sinuoso y el pavimento se encuentra muy deteriorado por el tráfico, en fin son caminos obsoletos para las necesidades actuales de comunicación y transporte del país.

### **5.1.3. La Construcción de la Autopista Cuacnopalan - Tehuacán - Oaxaca y su contribución a la comunicación entre el Centro y Sureste del País.**

La construcción de una autopista entre Puebla y Oaxaca representó un ahorro de 53 km. en distancia y un tiempo de recorrido de tres horas y media con respecto de las actuales rutas como resultado del trazo y características técnicas de la nueva carretera.

“...La carretera se constituye como un detonador del desarrollo del estado de Oaxaca, representa eficiencia en el traslado de personas y bienes, en su comunicación con el centro del país, estimula el desarrollo del turismo, la agricultura, el comercio y la industria regional; en suma, significa la incorporación de una zona al proceso de modernización y progreso general del país”(SCT, 1994).

Del mismo modo, la carretera trae consigo beneficios en el ámbito social pues una vez construida facilita el acceso a servicios básicos de abasto, salud, educación, vivienda y recreación de la población aledaña al trazo de la carretera.

Cabe destacar que actualmente existe y se está llevando a cabo un plan muy ambicioso de Promoción y Desarrollo Turístico en el estado de Oaxaca, en el cual se considera a los recursos naturales, culturales y sociales como parte esencial de los atractivos turísticos y recreativos. Este plan se apoya en la carretera Tehuacán-Oaxaca como el medio principal de acceso a todos estos destinos, ya que a través de esta vía de comunicación se pretende captar un gran porcentaje del turismo nacional y local, así como facilitar el suministro e intercambio de bienes, servicios y personas (Nicholson, M., 1997).

## **5.2. Aspectos Jurídicos**

### **5.2.1. Planes Estatales de Desarrollo.**

La revisión y análisis de los Planes de Desarrollo de los estados de Puebla y Oaxaca vigentes en el momento de la construcción de la Autopista Cuacnopalan - Tehuacán - Oaxaca y en la elaboración de este trabajo es importante ya que en ambos casos se busca establecer la compatibilidad de la carretera y sus obras con los objetivos de desarrollo de cada uno de estos estados.

En el caso de Puebla se revisaron los Planes Estatales de 1993-1999 y de 2000-2005, para Oaxaca se consideraron el 1992-1998 y el 1998-2004 y en ambos se analizaron los rubros de Desarrollo Regional, Comunicaciones y Transportes, y Ambiente.

#### **a. Puebla**

Para promover el desarrollo integral del Estado, el Plan de desarrollo 1993-1999 divide al territorio poblano en 7 regiones económicas, las cuales facilitan el análisis y diagnóstico de la problemática que aqueja a cada una de ellas. De la misma forma, permite el diseño de políticas y estrategias específicas que den respuesta a las necesidades identificadas puntualmente.

Como resultado del diagnóstico global del estado y con base en el Plan Nacional de Desarrollo vigente en ese momento se consideró al Municipio y Ciudad de Tehuacán como ciudad estratégica en el “sistema urbano regional estatal y nacional”, razón por la cual se estableció la necesidad de consolidarla como ciudad media e incluirla en el programa de las 100 ciudades (Plan Nacional de Desarrollo 1989 -1994 y 1995-2000).

En materia de Comunicaciones y Transportes, el Plan 93-99 establece la necesidad de realizar una modernización integral de la Infraestructura en dicho rubro para que ésta se constituyera en un instrumento promotor del desarrollo social y económico del Estado.

En Puebla, la infraestructura carretera juega un papel muy importante en la movilización de bienes y personas ya que través de ésta se desplaza el 99% del transporte de carga que se genera en la Entidad.

En el Plan de Desarrollo se elaboró un diagnóstico del sistema estatal de carreteras en el cual se detectó la cobertura y la situación de los caminos y la urgencia de vincular las zonas norte, centro y sur del Estado y el resto del país mediante la construcción y mejoramiento de ejes intra e interestatales carreteros para coadyuvar a la integración territorial de las zonas productivas con las marginadas.

En materia ambiental, el gobierno del estado formuló una política enfocada a la administración del ambiente y los recursos naturales. En ésta se resalta la necesidad de fortalecer el marco legal para impedir por un lado, acciones que dañen el medio y por otro, convertir al ordenamiento ecológico territorial en un instrumento para la planeación armónica del desarrollo en su conjunto acorde con la vocación natural del suelo.

## **LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO**

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

Como parte de estas estrategias se busca la consolidación de un sistema estatal de áreas naturales protegidas mediante la identificación de sitios con alto valor ambiental y ecológico para su estudio y posterior decreto como zonas de conservación.

A consecuencia de la construcción de la Autopista Cuacnopalan - Tehuacán - Oaxaca las autoridades estatales se percataron de la existencia e importancia ecológica de algunas zonas que no se habían contemplado en el Programa Ambiental. Razón por la cual se promovió la declaratoria de las regiones “Filo de Tierra Colorada” y “Valle de Zapotitlán” como Zonas Sujetas a Conservación Ecológica e integrarse de ese modo al sistema estatal de Áreas Naturales Protegidas..

Así, el trazo de la Autopista y su paso por el estado de Puebla y la ciudad de Tehuacán es una acción que responde a un interés de índole económico y social de carácter local, estatal y nacional. Sin embargo, y aún cuando la autopista es compatible con el Plan de Desarrollo Estatal, el aspecto ambiental no se consideró como un factor importante en la definición del trazo final.

El Plan de Desarrollo 1999 - 2005 reconoce la trascendencia de las cuestiones ambientales en el desarrollo integral del estado, por lo que el plan se ha diseñado encaminado a lograr un desarrollo sustentable, equilibrado e integral basado en las limitaciones y potencialidades de los recursos naturales, patrimoniales y humanos del estado.

El Plan define estrategias y líneas de acciones específicas para cada una de las 7 regiones económicas del estado. Y en el caso de la región de Tehuacán, la operación de la Autopista es un factor estratégico en el crecimiento económico de la misma. Aunado a esta circunstancia y a la importancia de Tehuacán como parte del sistema urbano regional, se pretende impulsar este centro como polo de desarrollo regional mediante la inversión en infraestructura básica, fomento industrial y comercial así como el diseño de políticas de ordenamiento urbano. En materia de infraestructura básica establece la necesidad de elaborar un plan de ordenamiento urbano y reservas territoriales, y en el aspecto ambiental se promueve la utilización, preservación y control de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

En el Sector Comunicaciones y Transportes se determinó en el ámbito de la infraestructura carretera la concertación con las instancias federales para la elaboración y ejecución de los programas de construcción, conservación y mantenimiento de la red carretera.

El Programa del Medio Ambiente propone combinar la satisfacción de necesidades y aspiraciones sociales con el mantenimiento del equilibrio biofísico y social del territorio estatal. Uno de los objetivos principales de dicho programa es la conservación, manejo y recuperación de la biodiversidad y los ecosistemas estatales, desprendiéndose una serie de programas específicos. Algunas de las estrategias en esta materia son: la formulación del programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán y la promoción de las áreas naturales protegidas

## b. Oaxaca

El Plan Estatal de Desarrollo 1992-1998 establece como una de sus prioridades la articulación de las distintas regiones que conforman el estado entre sí y en segunda instancia con las áreas que históricamente y geográficamente le son naturales y afines de los estados circunvecinos (SELOME, 1996) para que con ello se permita y promueva un mayor dinamismo económico y un desarrollo regional equilibrado e integral. En el plan se expresa un especial interés en la región de la Mixteca, razón por la cual se establece la trascendencia de elaborar un plan de desarrollo regional enfocada exclusivamente a esta zona dadas sus características ambientales y culturales.

En materia de Comunicaciones y Transportes, el Plan Estatal reconoce, en primer término las grandes deficiencias que acusa dicha infraestructura y en segundo, el papel estratégico que juega ésta en la integración territorial, el crecimiento económico y el bienestar de los oaxaqueños en general. Por este motivo, el gobierno del estado a través del Plan propone la consolidación de la infraestructura de comunicaciones y transportes como pilar fundamental para el desarrollo estatal. Para alcanzar este objetivo se establece como prioridad la modernización y el desarrollo de vías de comunicación adecuadas que permitan vincular las zonas con potencialidades productivas de las distintas regiones del estado con los principales centros de consumo.

Así, bajo estos preceptos, la Autopista Cuacnopalan - Tehuacán - Oaxaca se plantea como una de las principales rutas de comunicación del estado a nivel interestatal y como parte fundamental del eje carretero México - Oaxaca. Del mismo modo, la autopista tiene el potencial de constituirse como una importante vía de interrelación económica y cultural de las mixtecas poblana y oaxaqueña impulsando así el desarrollo regional de dicha zona con repercusiones considerables en el ámbito estatal y nacional

Para la elaboración y aplicación del Plan Estatal de Desarrollo 1998-2004, el gobierno del estado identifica en el territorio oaxaqueño 8 regiones, las cuales a su vez se subdivide en 75 microregiones y a las que se les asigna una localidad eje para que funjan como puntos estratégicos de desarrollo regional.

Es importante mencionar que una premisa básica en la que se sustentan las acciones establecidas en el Plan de Desarrollo Estatal es la consideración de las condiciones sociales, culturales y ecológicas propias de los distintos agentes sociales (Grupos y comunidades sociales) que conforman la sociedad oaxaqueña.

En materia de medio ambiente, el plan reconoce el deterioro de los recursos naturales, sus causas y consecuencias en los ecosistemas, la biodiversidad y el paisaje el territorio oaxaqueño. Del mismo modo, identifica todos estos factores en conjunto con las características geográficas e históricas así como su gran riqueza cultural como base para un desarrollo sustentable.

El Programa Estatal del Medio Ambiente establece entre sus objetivos el fortalecimiento de la participación conjunta de los tres niveles de gobierno y la sociedad, en la elaboración y observación del ordenamiento ecológico, el control de la contaminación, la protección de la biodiversidad y la definición y administración adecuada de las áreas naturales protegidas.

Algunas de las estrategias son la promoción y establecimiento de viveros comunitarios con el respaldo adecuado en el manejo de la flora silvestre y el impulso a programas de

reforestación en el territorio estatal con plantas nativas. En cuanto a la Reserva de la Biosfera Tehuacán -Cuicatlan se propone la participación social con los distintos niveles de gobierno en la elaboración del Programa de Manejo de la Reserva y la vigilancia los proyectos que se desarrollan en esa área, los cuales deberán de ser acorde con los objetivos del programa del Medio Ambiente y el Sistema Estatal de Conservación de Áreas Protegidas.

En materia de Turismo, se propone al ecoturismo como una opción con gran potencial de desarrollo para ciertas comunidades y el estado en general, razón por la cual se contempla el impulso al Turismo alternativo supervisado en la Reserva de la Biosfera así como la promoción ante CAPUFE y la iniciativa privada para la construcción de paradores turísticos en la supercarretera Cuacnopalan - Oaxaca para impulsar el desarrollo turístico en la región de la mixteca.

En este marco se inscriben las propuestas de este trabajo académico encontrando un alto grado de coincidencia y compatibilidad con los planes estatales de desarrollo.

### **5.2.2. Ley Estatales de Desarrollo Urbano**

Las leyes de Desarrollo Urbano del Estado de Puebla y Oaxaca tienen amplias coincidencias en sus conceptos generales ya que ambos ordenamientos tienen por objetivo la regulación y ordenación de los asentamientos humanos en el territorio estatal. Dichas leyes también contemplan la planificación del desarrollo urbano de la entidad y la creación de zonas de reserva ecológica como una prioridad política y social.

El aprovechamiento racional de los recursos naturales; la preservación y conservación del equilibrio ecológico; la congruencia de la política ambiental estatal con la federal son algunos de los principios sobre los que se sustentan estos estatutos legales en la búsqueda por mejorar las condiciones de vida de la población urbana y rural en armonía con su entorno.

Para integrar la variable ambiental al proceso de desarrollo urbano de ambas entidades federativas, las leyes estatales consideran de gran relevancia la definición y manejo de zonas para la conservación del medio natural y el equilibrio ecológico dentro de los planes y/o programas de desarrollo urbano y regional estatal. De este modo, el establecimiento de zonas de vida silvestre, zonas de veda, parques naturales y jardines así como una serie de medidas para evitar y controlar la erosión y la contaminación son algunas de las estrategias que se incluyen en dichos programas.

Ambas leyes también establecen la importancia y los términos en los que se debe llevar a cabo la coordinación y colaboración del estado con los municipios, otros estados y la Federación en el diseño y ejecución de una planeación regional congruente y compatible.

Asimismo definen las atribuciones de cada uno de los niveles de gobierno en la elaboración de los Planes y Programas de Desarrollo Urbano.

**a. Puebla**

En el caso de Puebla, la ley de desarrollo urbano, en su art. 3 pone especial énfasis en la preservación y conservación no sólo del medio ecológico y la vida silvestre sino también de la característica arquitectónica de las zonas urbanas con estilo definido; los monumentos, zonas históricas y artísticas; el derecho a disfrutar el paisaje que tiene la comunidad y los habitantes de construcciones cuya ubicación les proporcione ese derecho; y las áreas verdes como parte de las condiciones que se deben cumplir para lograr un desarrollo urbano sustentable en el estado.

**b. Oaxaca**

En el caso de Oaxaca, la ley de Desarrollo Urbano hace referencia especial a la protección, vigilancia y conservación de las zonas, sitios y edificaciones que signifiquen para la comunidad un testimonio valioso para su historia y su cultura definiendo estas acciones como una obligación del Poder Ejecutivo Estatal en coordinación con las autoridades municipales y federales (Art. 23, Fracc.V).

Es importante destacar que esta ley establece formalmente la necesidad de observar la Ley del Equilibrio Ecológico del Estado así como los programas de ordenamiento territorial, reservas naturales, etc. en la elaboración de los planes y programas de desarrollo urbano.

**5.2.3. Leyes Estatales del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente**

Las leyes del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente de los estados de Puebla y Oaxaca se generan a partir de la necesidad de reorientar las relaciones entre la sociedad y la naturaleza a través de la conciliación de las actividades humanas con las características del entorno, es decir, la conformación de un modelo de desarrollo sustentable.

Estos ordenamientos legales reconocen la trascendencia de los ecosistemas y los recursos naturales en general en la calidad de vida de la población. Así, estas leyes definen como su objetivo principal: preservar, conservar y restaurar el equilibrio ecológico y el mejoramiento del ambiente en el territorio del estado.

Para el cumplimiento de estos objetivos, ambos estatutos establecen la competencia de los distintos niveles de gobierno; las formas en las que se realizará la participación pública; los diversos instrumentos que regulen y acoten toda actividad u obra en el ámbito urbano y rural; establecen de igual modo las estrategias legales para la protección de los recursos naturales, la prevención y control de la contaminación así como la tipificación de delitos y sanciones que se acreditaran en caso de incumplimiento.

**a. Puebla.**

La Ley de Protección al Ambiente y al Equilibrio Ecológico del Estado de Puebla en su Art.1 Fracc. V define como uno de sus objetivos: establecer las bases para la protección de las áreas naturales, la flora, fauna silvestre y acuática de jurisdicción local de manera que sea

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

compatible la obtención de beneficios económicos y sociales con el equilibrio de los ecosistemas.

Esta ley enfatiza la importancia y la necesidad de establecer parques estatales, parques urbanos, zonas sujetas a conservación ecológica así como zonas de demostración, zoológicos, jardines botánicos, etc. con el fin de fomentar, promover y consolidar una cultura ambiental entre la población. Al mismo tiempo, la creación de estos espacios en conjunto con otras acciones busca coadyuvar al mantenimiento e incremento de los recursos genéticos de la flora y fauna (silvestre y acuática) frente al deterioro grave o incluso ante la extinción. (Art. 3 Fracc. II, IV)

Cabe destacar que en esta legislación estatal se puede apreciar un especial interés por el paisaje como un recurso natural y cultural que es necesario preservar y conservar, estableciendo de este modo una serie de medidas encaminadas a proteger las zonas y bellezas naturales, conjuntos y monumentos arquitectónicos, arqueológicos e históricos que tengan un valor escénico, de paisaje y cultural para la población. (Art. 18, Fracc I, inciso A; Art 46, Fracc. VI, VII; Art 59, Fracc. IV; Art. 126).

### **b. Oaxaca**

En el caso de Oaxaca, la Ley del Equilibrio Ecológico marca una prioridad la creación de Regidurías de Protección Ecológica con el fin de cumplir y aplicar de manera más eficiente las acciones y programas ambientales en el marco de la jurisdicción municipal ( Art. 6).

La ley estatal en lo referente a la riqueza natural establece que se considerarán áreas naturales protegidas: parques municipales; parques estatales; zonas de restauración ecológica; zonas restringidas; árboles históricos y zonas sujetas a conservación ecológica. Dichas áreas persiguen entre otros objetivos, preservar los ambientes naturales representativos de los diferentes ecosistemas que se encuentren en el territorio estatal; asegurar el aprovechamiento racional de los ecosistemas y sus elementos; proteger los entornos naturales de zonas, monumentos y vestigios históricos, arquitectónicos y artísticos de importancia para la cultura e identidad del estado; y regenerar los recursos naturales.

Así, aquellos ecosistemas o sitios que se distingan por su importancia en el equilibrio natural regional; belleza escénica, valor científico, educativo y de recreo; su valor histórico; por la existencia de flora y fauna de importancia estatal; por su aptitud para el desarrollo del turismo o bien, por razones de interés social se constituirán en parques estatales y/o municipales, zonas de restauración ecológica o sujetas a conservación ecológica según su ubicación, características, estado y radio de influencia.

De manera adicional a estos ordenamientos legales, se consideró necesario hacer mención de una ley que rige al Estado de Puebla en materia de preservación y manejo del patrimonio natural y cultural del territorio estatal. Dicha ley se denomina “Ley sobre Protección y Conservación de Poblaciones Típicas y Bellezas Naturales” y surge como respuesta, por un lado a la necesidad de fortalecer y complementar la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas en el ámbito estatal, y por otro, a la importancia y calidad de los sitios y monumentos con los que cuenta el estado de Puebla.

En este ordenamiento se reconoce el valor e importancia de los ecosistemas, los paisajes, los sitios de belleza natural así como los conjuntos urbano-arquitectónicos, monumentos y

edificios que presentan y mantienen rasgos peculiares en la vida espiritual de los habitantes del estado. Asimismo, la ley reconoce en estos recursos naturales y culturales una serie de elementos primordiales para el desarrollo económico, social y turístico de la entidad, la nación y del mundo, razón por la cual es necesario protegerlos, conservarlos y restaurarlos.

#### **5.2.4. Atribuciones de los Gobiernos Estatales.**

La Autopista Cuacnopalan - Tehuacán - Oaxaca es una obra de carácter federal que responde a los lineamientos y programas dictados por el Gobierno Federal y sus instituciones dejando en manos de la competencia estatal y municipal aquellas acciones y facultades no especificadas en el rubro federal. De este modo, el diseño, construcción, operación y mantenimiento de esta Autopista se rige por la legislación federal, la cual define las obligaciones y las formas de participación del gobierno central en dicho proceso. En estas mismas se reconoce que es necesaria la vinculación entre los distintos niveles de gobierno en este tipo de proyectos. En consecuencia, las leyes federales y estatales se complementan y retroalimentan para conformar un marco legal sólido que promuevan un desarrollo equitativo, sustentable y responsable.

El análisis y la observación de los planes y leyes estatales en la elaboración de este proyecto académico permiten establecer una compatibilidad más estrecha entre este trabajo con la realidad de cada estado y el país al definir las atribuciones de los gobiernos estatales. Y de este modo, conciliar y responder a las necesidades de la población directamente afectada, a las políticas de los gobiernos estatales y municipales y a las necesidades propias de la Autopista.

Así, en el proceso de selección de la ruta los gobiernos estatales jugaron un papel crucial al promover ante el gobierno federal el paso de la Autopista por ciertos puntos estratégicos, razón por la cual, en los planes de desarrollo de los Estados de Puebla y Oaxaca se señala la importancia de la construcción de la Autopista como un factor desencadenador de beneficios directos e indirectos a nivel local y regional. También como parte de las estrategias planteadas en dichos planes se establecen una serie de proyectos asociados a la Autopista; en el caso de Puebla se impulsa la consolidación de la Ciudad de Tehuacán como polo de desarrollo en el oriente del estado con todas sus implicaciones. Con respecto a Oaxaca, la Autopista juega un papel más significativo aún, ya que repercute en todo al estado al promover y facilitar el acceso de un mayor número de turistas al territorio estatal a través de la carretera. Incluso cabe señalar que se reconoce en la autopista un vehículo promotor del turismo y un destino en si mismo. Como consecuencia, el Plan de Desarrollo Estatal establece la necesidad de construir paradores turísticos como parte de las estrategias para alcanzar este objetivo.

A nivel municipal, la construcción de la carretera y su inserción en el entorno inmediato tuvieron otra connotación sobretodo en el ámbito social. La ausencia de mecanismos para la participación pública en el proceso de diseño generó descontento entre la población directamente afectada por el trazo de la autopista.

En el caso de los planes de desarrollo municipal, el paso de la carretera, en la mayoría de los municipios, condicionó las estrategias de crecimiento urbano y usos del suelo teniendo que adecuarse a la presencia de ese nuevo elemento.

**5.2.5. Leyes, Reglamentos y Manuales que se deben observar en :**

- a. El Manejo del Derecho de Vía y Zonas Aledañas.**
- b. El Manejo del Paisaje en Carreteras.**
- c. La Reforestación del Derecho de Vía.**
- d. El Emplazamiento y Diseño de Paradores e Instalaciones Complementarias.**

En este apartado se hará un análisis de las leyes, reglamentos y manuales específicos vigentes que se deben observar en el manejo de los espacios, obras e instalaciones complementarias de jurisdicción federal en una carretera y cuya competencia directa recaee sobre la Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Así y debido a las dimensiones del proyecto y la jurisdicción bajo la que se encuentra de la Autopista, todas las obras relativas al mantenimiento y operación se inscriben en el marco legal federal. Sin embargo, es importante no olvidar que las modificaciones al ambiente y el paisaje por la construcción de una autopista va más allá del derecho de vía e instalaciones propias de la misma sino también a los sitios y zonas que fueron afectadas de manera directa e indirecta por la construcción de la carreteras tales como bancos de material y tiro, derrames de material, patios de trabajo, caminos de acceso, etc.

**a. El Manejo del Derecho de Vía y Zonas Aledañas**

Para la ejecución de cualquier acción en el derecho de vía de una carretera, la SCT ha elaborado el Reglamento para el Aprovechamiento del Derecho de Vía de las Carreteras Federales y Zonas Aledañas. Dicho reglamento tiene por objetivo la regulación del uso de estas áreas.

Para la cual, el Reglamento en su Art. 2, Fracc. IV, VIII y XIII establece las definiciones de los siguientes conceptos, los cuales a su vez son parte estructural de la elaboración de este trabajo:

IV.Derecho de Vía: bien del dominio público de la Federación constituido por la franja de terreno de anchura variable cuyas dimensiones fija la Secretaría (SCT), que se requiere para la construcción, conservación, ampliación, protección y en general para el uso adecuado de una vía de comunicación y sus servicios auxiliares. Dicha faja no podrá ser inferior a 20 m. a cada lado del eje del camino y en el caso de una carretera de dos cuerpos se medirá a partir del eje de cada uno de ellos.

VIII.Parador: instalaciones y construcciones adyacentes al derecho de vía (D.V) de una carretera federal en las que se presten los siguientes servicios: Alojamiento, alimentación, servicios sanitarios, servicios a vehículos y comunicaciones.

XIII.Zona Aledaña: predio lindante con una carretera federal hasta una distancia de 100 m. contados a partir del límite del derecho de vía.

Del mismo modo, el reglamento determina que la SCT es la autoridad competente que vigilara el cumplimiento de las normas aquí establecidas y tendrá la capacidad de fijar aquellas que considere necesarias para el adecuado aprovechamiento del derecho de vía y zonas aledañas (Art. 3). El reglamento también hace una serie de consideraciones con

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

respecto a la instalación y diseño de paradores, anuncios, etc. para evitar que el paisaje y el valor escénico de algunos sitios se vea afectados por la presencia de estas construcciones e instalaciones complementarias. Cabe señalar que este documento no hace referencia o mención alguna de la vegetación y su manejo dentro del derecho de vía.

De manera complementaria a este Reglamento, la SCT elaboró un Manual de Procedimientos para el Aprovechamiento del Derecho de Vía en Caminos y Puentes de Cuota en 1997 como resultado de la transferencia de obligaciones y facultades de la Dirección General de Asuntos Jurídicos a la de Servicios Técnicos para la atención de los asuntos relacionados con el derecho de vía en autopistas de cuota.

El Manual establece el Marco Legal que rige el derecho de vía y a los trámites que se relacionan con él. Las leyes que conforman este marco son: la Constitución Política Mexicana; la Ley Orgánica de la Administración Pública; Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal; Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas; Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, las cuales ya han sido revisadas y analizadas en el Capítulo II de este trabajo.

El Manual también establece un marco Técnico, el cual sirve de guía y referencia para el diseño y ejecución de los diferentes aprovechamientos en el derecho de vía que se encuentra dentro de la normatividad vigente. Así, para el manejo del derecho de vía y cualquier actividad que en él se quiera realizar se deben observar: el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras; Manual para la Ubicación y Proyecto Geométrico de Paradores; Manual de Forestación; Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras; Normas de Calidad de los Materiales y Normas para Muestreo y Pruebas de Material, Equipo y Sistemas. Debido al enfoque de este trabajo académico y al nivel de intervención al cual un arquitecto paisajista puede contribuir a continuación se hará el análisis de los tres primeros manuales.

El **Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras** elaborado por la SCT es el documento oficial que norma la elaboración de los proyectos carreteros, y resulta de gran utilidad para el análisis de asuntos relacionados con la realización de obras dentro del derecho de vía tales como accesos, entronques, paradores, etc. (SCT, 1997).

El **Manual para la Ubicación y Proyecto Geométrico de Paradores** define las características arquitectónicas y de emplazamiento a las que se deben ajustarse este tipo de instalaciones y servicios complementarios.

Y por último, el **Manual de Forestación** cuyas disposiciones buscan garantizar la máxima seguridad para los usuarios y disminuir tanto las obras de reparación como los costos de conservación del camino a través de su protección contra procesos erosivos, derrumbes y azolves mediante el manejo de la vegetación en y a lo largo del derecho de vía.

## b. El Manejo del Paisaje en Carreteras.

En el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras (SCT, 1971) y en la versión actualizada para las autopistas existe un capítulo (Capítulo 13 en el Manual de P.G. y Capítulo VII en la versión de las autopistas) enfocado al manejo del paisaje en las carreteras en el cual se reconoce la importancia y la necesidad de proyectar los caminos de manera integral con su entorno. Asimismo señala que el proyecto paisajístico o de arquitectura de paisaje de la

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

carretera se debe realizar simultáneamente al proyecto geométrico, es decir, desde un inicio del proyecto, en la selección de la ruta, el trazo definitivo, la construcción, operación y mantenimiento de la obra. Es importante mencionar que el manual no emplea el término “manejo” de paisaje sino que utiliza el término “proyecto de paisaje” ó “proyecto paisajístico” para describir la serie de acciones en las distintas etapas del diseño y construcción de carreteras así como obras inherentes y complementarias de las mismas para integrar dichos caminos a su entorno con el valor agregado de la reducción de costos en el mantenimiento y el buen aspecto del recorrido reduciendo los impactos negativos tanto en el ambiente por la presencia de la carretera y del ambiente sobre el adecuado funcionamiento del camino.

El Manual de Proyecto Geométrico enumera los distintos beneficios a corto, mediano y largo plazo que la carretera obtendrá producto del proyecto paisajístico así como las estrategias y criterios para lograr conjuntar ambiente y carretera a lo largo de todo el proceso de diseño y construcción.

El Manual establece que el Proyecto de Paisaje debe cumplir con los siguientes objetivos:

1. Mejorar la apariencia del camino y sus alrededores.
2. Aumentar la seguridad para el usuario.
3. Proteger el camino contra erosiones, derrumbes y azolves, con los cuales se logra disminuir las obras de reparación y mantenimiento.
4. Proteger la naturaleza de la zona contra las perturbaciones ocasionadas por el camino.

Así, para las diferentes etapas del proyecto geométrico, el manual define criterios bajo tres grandes apartados:

- Criterios generales de proyecto.
- Criterios en estructuras y obras-accesorias
- Criterios para plantaciones.

- **Criterios generales de proyecto**

Los criterios generales de proyecto se refieren en primer término a las consideraciones que se deben observar durante la selección de la ruta ya sea para proteger o resaltar algunos rasgos sobresalientes del paisaje. El objetivo de “aplicar” un criterio paisajístico en esta fase del proyecto es para buscar una integración del camino con el ambiente y el paisaje circundante de manera armoniosa, es decir, que “...el desarrollo del camino se sienta lógico dentro de la topografía y el paisaje” (SCT, 1971).

Si bien es cierto que la construcción de este tipo de camino (carretera de altas especificaciones) implica la apertura de grandes cortes así como bancos de préstamo y la conformación de terraplenes, cuya magnitud e impacto ambiental y paisajístico dependerá principalmente de la morfología del relieve y la pendiente del terreno donde se emplazará dicho camino, a estas obras según el Manual de Proyecto Geométrico pueden dárseles un tratamiento de tal modo que se asemeje a las formaciones naturales tanto en su apariencia como en su comportamiento.

De este modo, y para lograr un mayor éxito en la integración de las carreteras al entorno los criterios generales deben definirse, desarrollarse y ejecutarse durante la etapa de selección de la ruta para que y de acuerdo con las características de cada camino y el marco físico-geográfico y paisajístico donde se va a desarrollar cada uno de éstos, el proyecto paisajístico responda a las cualidades y desventajas de su emplazamiento.

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

Para ello el manual divide estos criterios generales de proyecto en cuatro grupos, los cuales corresponden a las obras por cuyas características pueden ocasionar una mayor alteración tanto ambiental y paisajísticas en el entorno donde se desarrollará el camino:

1. Cortes.
2. Terracerías-(Terraplenes).
3. Isletas de entronques.
4. Faja separadora central.

## 1. Cortes

El manual señala que el tratamiento paisajístico de los mismos es muy relevante debido a que su estabilidad incide en la seguridad del usuario, la protección y conservación del mismo camino, la continuidad de los procesos naturales que se dan en esas áreas y al mismo tiempo imprimen carácter al camino al constituirse como primer plano en el desarrollo del mismo.

El manual establece una serie de recomendaciones sobre el tratamiento de los taludes de cortes cuyo principio fundamental es garantizar la estabilidad de los mismos manteniendo un buen aspecto. La primera de estas, la cual se menciona como la óptima, es el abatimiento de la pendiente de los taludes, lo que proporcionaría una reducción considerable en el riesgo de derrumbes o caída de rocas o material sobre el cuerpo de la carretera y a la vez facilitaría el establecimiento de una cubierta vegetal que protegería dicho talud de la erosión. Sin embargo, debido a los altos costos que esta acción implicaría el manual propone otras alternativas para el tratamiento paisajístico de los taludes.

También el manual señala que de acuerdo a las características, estabilidad y cualidades estéticas de los diferentes materiales presentes en cada talud y al trazo geométrico de la carretera se debe evaluar su potencial para modelar la superficie de dichos taludes y provocar un cierto efecto o sensación en el usuario.

Otra alternativa de tratamiento paisajístico, y que representa un bajo costo en su ejecución, consiste en suavizar únicamente la parte superior e inferior de los cortes para propiciar el desarrollo de una cubierta vegetal protectora imitando de este modo los procesos que se dan de forma natural para la estabilización de pendientes y la recolonización de especies vegetales en dichas superficies.

El manual hace un énfasis especial en los montículos residuales que se ubican ya sea en la faja separadora central o en uno de los costados del cuerpo de la carretera e incluso cuando quedan dentro de las isletas de un entronque. Y recomienda que dichos montículos sean eliminados para garantizar un mayor grado de seguridad al usuario al reducir al mínimo los puntos de posible impacto y mejora la visibilidad.

## 2. Terracerías (Terraplenes).

Para lograr la integración del camino al paisaje circundante, el manual propone que los terraplenes también se construyan con una pendiente más suave que permita el desarrollo de una cubierta vegetal protectora contra la erosión para lo cual se requerirá de una capa de suelo fértil. Y de acuerdo con el manual, ésta última puede ser obtenida mediante el adecuado almacenamiento del material producto del despalme que se efectúa durante la preparación del sitio. Este material se debe emplear para arropar los taludes de los terraplenes y facilitar de este modo el restablecimiento de la vegetación.

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

En estos dos apartados, la preocupación que expresa el manual es que las superficies de ambos queden sin protección alguna, expuestos a la erosión con sus consecuentes efectos sobre el funcionamiento y estabilidad de los mismos y por ende de la carretera misma así como en algunos otros componentes ambientales afectando una mayor área y por lo tanto provocando otros impactos ambientales negativos sobre el entorno. Razón por la cual, se propone como una acción fundamental la protección los taludes de cortes y terraplenes con vegetación, cuya presencia coadyuvaría a la estabilización de los mismos.

### 3. Isletas de entronques.

Para estos elementos de las carreteras, el manual propone que el terreno en el interior de dicha isletas se modele siguiendo la forma y el desarrollo del mismo entronque. Es decir, que se evite la presencia de montículos o material residual al interior de las isletas cuya presencia pueda obstruir la visibilidad y que se modelen siguiendo la forma de alguna parte del entronque, como una extensión del mismo. Y además se realicen plantaciones para evitar la erosión del suelo en esas áreas.

Sin embargo, no definen un tratamiento específico ni la ubicación recomendada para la distribución de la vegetación en el interior de las isletas.

### 4. Faja central.

Algunas carreteras cuentan con dos cuerpos separados por una faja central, para estos casos el manual recomienda que las fajas no sean muy profundas por razones de seguridad, más aún establece que la pendiente de éstas sea tan suave que sólo garantice el buen drenaje de la misma. El Manual de Proyecto Geométrico (SCT, 1971) no hace referencia alguna sobre el manejo de la vegetación en esta faja, sin embargo, la actualización del mismo en lo referente a autopistas (SCT, 1992) se definen las características del tipo de plantas que se deben colocar en dichas franjas de acuerdo al ancho de las mismas para evitar, de este modo, deslumbramientos y garantizar un cierto grado de seguridad en caso de accidente.

- Criterios en estructuras y obras-accesorias

El manual de Proyecto Geométrico (1971) y su actualización en lo referente a autopistas (1992) define a las estructuras como elementos aislados en el camino que por cuya ubicación, dimensiones y características tienen cierta importancia en la imagen y apariencia de todo el trayecto en sí. Razón por la cual, éstas deben tener cierta calidad arquitectónica, es decir, el manual señala que debido al papel estratégico que juegan en la imagen de una carretera las estructuras y obras accesorias deben ser concebidas bajo ciertos parámetros de diseño que eleven su calidad estética y respondan a su emplazamiento. Esto es, que las estructuras si bien es cierto que son proyectos tipo por su función deben presentar una serie de variantes de acuerdo al contexto donde se desarrollan.

El manual clasifica las estructuras y obras accesorias en seis grupos:

1. Estructuras sobre el camino.
2. Estructuras que se localizan lateralmente y a nivel del camino.
3. Estructuras que no son visibles desde el camino.
4. Obras Auxiliares
5. Criterios en préstamos de material (bancos de material)
6. Zona del derecho de vía.

## 1. Estructuras sobre el camino.

El Manual engloba dentro de este grupo a los pasos a desnivel (vehiculares, pasos para ganado, estaciones de cobro) así como a los parapetos (defensas que se ubican a lo largo de la carretera en los límites del acotamiento para proteger a los vehículos en caso de un percance de caer fuera del cuerpo de la carretera)

Debido a la importancia de estas estructuras en la imagen total de una carretera, el manual hace un análisis formal desde el punto de vista arquitectónico de dichas estructuras en el cual señala cuáles podrían ser las soluciones con un mayor valor estético y cuáles no y porqué así como los distintos casos en los que las diferentes soluciones analizadas pueden ser aplicadas.

## 2. Estructuras laterales al camino.

Dentro de este grupo el manual incluye a las estaciones de servicio (gasolineras), casetas de cobro, restaurantes, unidades de auxilio vial, servicios de emergencia, campamentos de conservación y demás instalaciones similares, las cuales debido a sus características también constituyen un elemento muy importante en la calidad y percepción de la imagen de la carretera.

El Manual de Proyecto Geométrico (SCT, 1971) establece como principio fundamental de diseño de este tipo de estructuras su ubicación, es decir, que éstas deben ubicarse de manera adecuada a lo largo del trayecto y que dicha localización y sus características debe definir el proyecto. Estas estructuras no solo deberán cumplir sus funciones sino también que la forma y apariencia en general conserven y reflejen el carácter del sitio donde se desarrollará. El manual recomienda el uso de materiales locales así como la plantación complementaria con especies nativas cuya presencia coadyuven a armonizar e integrar de este modo la presencia de estas estructuras con su entorno.

En el capítulo XII del Manual de Proyecto Geométrico y en el VI de la actualización del Manual en lo referente a autopistas y en el Manual de Proyecto Geométrico de Paradores se describe con un mayor detalle las características de las diferentes estructuras laterales que se podrían desarrollar a lo largo de una carretera así como los distintos requerimientos para el acceso y salida del mismo así como los requerimientos propios de espacios para las distintas actividades que se van a realizar en cada uno de ellos.

## 3. Estructuras no visibles desde la carretera.

El tratamiento paisajístico propuesto para estas estructuras se basa en que la carretera tiene usuarios que no necesariamente circulan a través de ella sino que ésta pasa a ser parte del paisaje cotidiano de un sector de la población que habita o trabaja en la zona donde se desarrolla la carretera. Razón por la cual, deben ser diseñadas para que ofrezcan una apariencia agradable a este tipo de usuarios, como por ejemplo puentes, pasos peatonales, etc. que tengan visibilidad desde las zonas con mayor afluencia de personas (trabajadores, habitantes locales, etc).

## 4. Obras Auxiliares

En este conjunto se encuentran las denominadas obras menores como son lavaderos, cunetas, bordillos, muros de alcantarillas y las cuales deben contar con una cierta calidad y

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

valor arquitectónicos. Ambas cualidades están fuertemente ligadas al adecuado funcionamiento de los mismos y a la correcta ubicación respecto a la forma del relieve y los taludes tanto de cortes y terraplenes donde se localicen.

## 5. Criterios en préstamos de material.

Los préstamos de material o también conocidos como bancos de material o bancos de préstamo son uno de los elementos cuya presencia incide significativamente en la calidad paisajística de las carreteras debido principalmente a sus dimensiones, su ubicación y por lo tanto su visibilidad desde y por fuera de la misma así como por los potenciales problemas ambientales que ocasionaría si no reciben un tratamiento.

El Manual de Proyecto Geométrico plantea que estos sitios cuentan con un potencial alto para su rehabilitación como espacios recreativos, cuerpos de agua con fines agrícolas, ganaderos, entre otros, evaluando las necesidades de la población local así como la disponibilidad de otro tipo de recursos para su nuevo uso.

Durante el proyecto, el manual recomienda la identificación de los bancos de material, su localización exacta, dimensiones y forma final para lograr una buena apariencia una vez terminada su vida útil. Entre las acciones propuestas las más sobresalientes son: suavizar la pendiente de los taludes y esparcir el material de despalme para propiciar el desarrollo de vegetación sobretodo en aquellos puntos desde los cuales el banco sea más visible.

La actualización del Manual de Proyecto Geométrico en lo referente a autopistas define que uno de los criterios para el manejo de la vegetación en este tipo de obras debe ser el apantallamiento, es decir, ocultar la presencia de dichas estructuras mediante una plantación profusa.

## 6. Zona del derecho de vía.

En términos generales, el manual propone que el derecho de vía se mantenga libre de material residual producto de la construcción de la carretera, conservando la vegetación existente.

- Criterios para plantaciones.

En lo referente al manejo de la vegetación dentro del derecho de vía y en las zonas adyacentes a la carretera, el Manual de Proyecto Geométrico (1971) y su actualización en lo referente a autopistas (1992) establecen los criterios generales que se deben observar en el proyecto y ejecución de las plantaciones a lo largo del trayecto incluyendo servicios complementarios, sitios afectados por la construcción de la carretera, etc.

Estos principios atienden a las características de los distintos tipos de plantas, a las condiciones ambientales predominantes en los sitios donde se emplazará la vegetación, las características y diseño geométrico de la propia carretera y a las necesidades de los usuarios. En este apartado dedicado a las plantaciones se resalta la trascendencia de observar, comprender y trabajar de acuerdo a los procesos naturales que se presentan en los diversos ecosistemas por los que atraviesa la carretera para garantizar el adecuado establecimiento y desarrollo de las plantaciones.

Las plantaciones a lo largo de una carretera tienen por objetivo ayudar a la solución de:

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

- a. Problemas de circulación. Aumentan la seguridad del usuario mediante el énfasis de los cambios de alineamiento; facilitan la captación del desarrollo de la carretera a gran distancia; disminuyen la fatiga del conductor; funcionan como cortina contra deslumbramiento; enfatizan cruces con otros caminos o infraestructura y protegen a los caminos de la acumulación de la nieve.
- b. Problemas de estabilidad. Consolidan los cortes y taludes y refuerzan las fajas centrales entre dos cuerpos
- c. Problemas de seguridad para las zonas habitacionales aledañas. Protegen a la población que habita en las cercanías de la carretera de la contaminación sonora, humos, olores y polvos resultados del tránsito vehicular en dicha infraestructura. Y ayudan a delimitar de manera muy clara el derecho de vía.
- d. Problemas de paisaje. Armonizan el camino y sus obras accesorias con los sitios por donde pasa. Reducen las perturbaciones causadas al paisaje por la construcción y operación de la carretera. Ocultan los resultados antiestéticos de la construcción de la carretera tales como bancos de préstamo, material residual y obras accesorias (campamentos de mantenimiento, etc.).
- e. Problemas ambientales y económicos. Contribuyen a mantener el equilibrio de la naturaleza en los lugares que atraviesa la autopista y permiten que la flora y fauna se desarrollen.

Ambos manuales apuntan que las plantaciones a lo largo de los caminos debe armonizar con las condiciones locales, el paisaje, el desarrollo de la carretera, la topografía y el hábitat natural de las plantas y recomiendan que las plantaciones alineadas o trazo regular se efectúen en casos excepcionales, específicamente cuando se trata de zonas urbanas lo que permitiría enfatizar y proporcionar carácter a dichos elementos paisajísticos.

De igual modo se propone que las plantaciones se hagan a partir de las especies vegetales existentes, es decir, primero con el empleo de vegetación nativa del área donde se desarrolla la carretera y segundo considerando la ubicación de éstas mismas a lo largo del trayecto, ya que el paisaje esta determinado en gran medida por este componente, por lo que el proyecto debe tender a complementar e incluso a enfatizar el carácter del sitio manteniendo en la medida de lo posible tanto los rasgos naturales como culturales, entre ellos la vegetación existente.

De acuerdo con el Manual de Proyecto Geométrico y su actualización en lo referente a autopistas, las plantaciones deben ser parte integrante del proyecto y construcción de las carreteras ya que representan un complemento necesario para lograr un mejor funcionamiento de éstas últimas en varios aspectos.

La disposición de las plantaciones a lo largo de las carreteras debe seguir los siguientes criterios, los cuales en conjunto tiene como objetivo cumplir con diversas funciones relativas a los aspectos de circulación, construcción y paisaje:

1. Conceptos generales. Las plantaciones complementarias son útiles para captar mejor el desarrollo del camino, disminuir la monotonía el mismo e integrar la carretera al paisaje pero la importancia de dichas intervenciones estará en función del tamaño y características espaciales de las distintas regiones por las que atraviesa el camino en cuestión. Así, en los espacios reducidos se recomienda disminuir la importancia de las plantaciones evitando confusiones en el desarrollo del camino por la presencia excesiva de vegetación. El diseño de las plantaciones debe apoyarse en las formas del terreno y el señalamiento para garantizar un desarrollo claro del camino. A lo largo de las tangentes y las curvas

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

suaves, es suficiente en general, plantar arbustos a distancias variables, formando grupos irregulares en ambos costados de la carretera, con el fin de mejorar la definición de la ruta y reducir la monotonía. En el caso de que ya exista vegetación, las plantaciones de limitarán a complementarla.

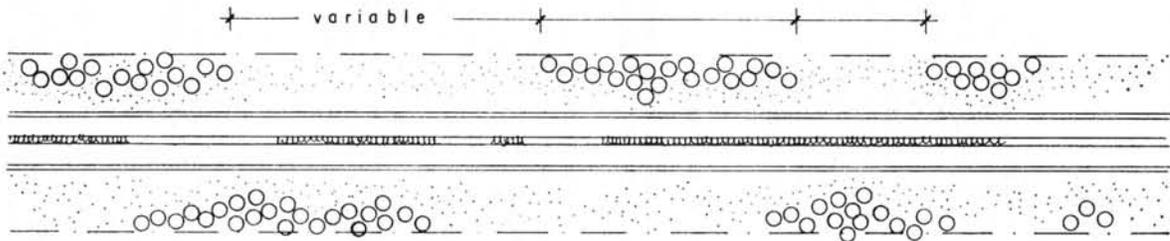


Figura No.1. Criterio de zonificación en plantaciones en tangente.

FUENTE: Secretaría de Obras Públicas, Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SOP, 1971, pp .

2. Curvas Horizontales. La parte exterior de las curvas deben ser marcadas por plantaciones. Los elementos demarcantes, complementados por elementos de menor tamaño deben guiar la vista del conductor que se dirige a la curva. La parte interior de las curvas debe quedar libre de toda plantación.

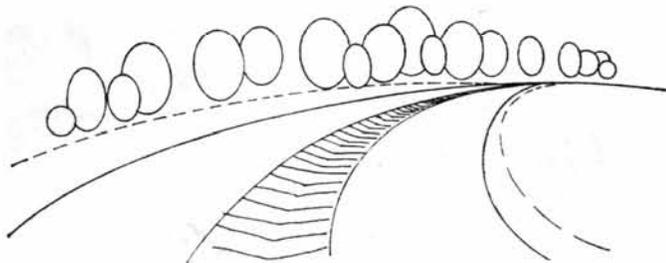


Fig. No.2a. Vista en Perspectiva.

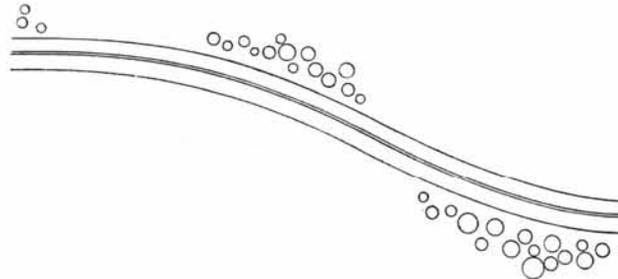


Fig. No. 2b Vista en planta.

Figura No.2a y 2b. Criterio de plantación en curva horizontal. Vista en perspectiva y en planta respectivamente.

FUENTE: Secretaría de Obras Públicas, Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SOP, 1971, pp .

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

3. Curvas verticales en cresta y columpio. Las curvas verticales son peligrosas, ya que en ocasiones no se percibe el cambio de nivel, por lo que estos cambios deben ser acentuados por las plantaciones, decreciendo en tamaño hasta desaparecer en el punto más bajo (Figura 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f). Si la curva vertical está en una tangente horizontal, las plantaciones tendrán igual altura en ambos costados del camino (Fig. 3a, 3b, 3c). Pero si la curva vertical se encuentra en una tangente horizontal, es necesario escoger plantaciones bajas para los extremos en su costado interior; mientras que en el costado exterior se plantarán árboles grandes en el punto culminante, debiendo haber árboles de tamaño regular en toda su longitud, a fin de marcar el desarrollo de la curva (Fig. 3g, 3h, 3i).

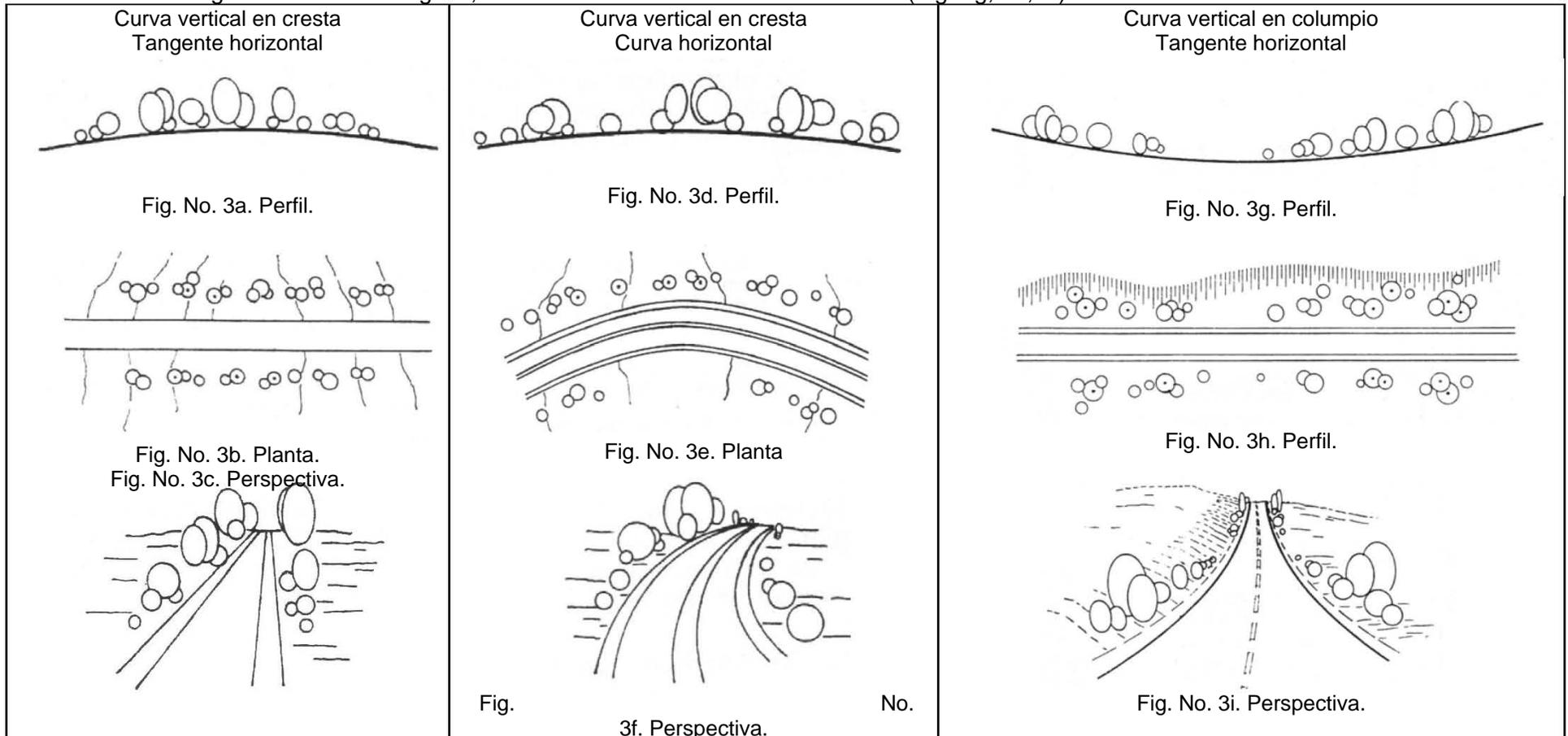


Figura No. 3a a 3i. Criterio de plantación en curvas verticales en cresta y en columpio.

FUENTE: Secretaría de Obras Públicas, Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SOP, 1971, pp 739 y 741.

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

4. Cortes y terraplenes. Las plantaciones en los taludes tienen especial interés desde el punto de vista de fijación de suelos, además de obtener efectos paisajistas. En cortes debe dejarse libre de arbolado la parte inferior de los taludes, por lo menos los dos primeros metros, con objeto de no obstaculizar el tránsito. En terraplenes conviene la plantación de grupos irregulares de arbustos en la parte superior del talud, pero sin que lleguen a obstaculizar la visibilidad (Fig. 4d, 4e, ef).

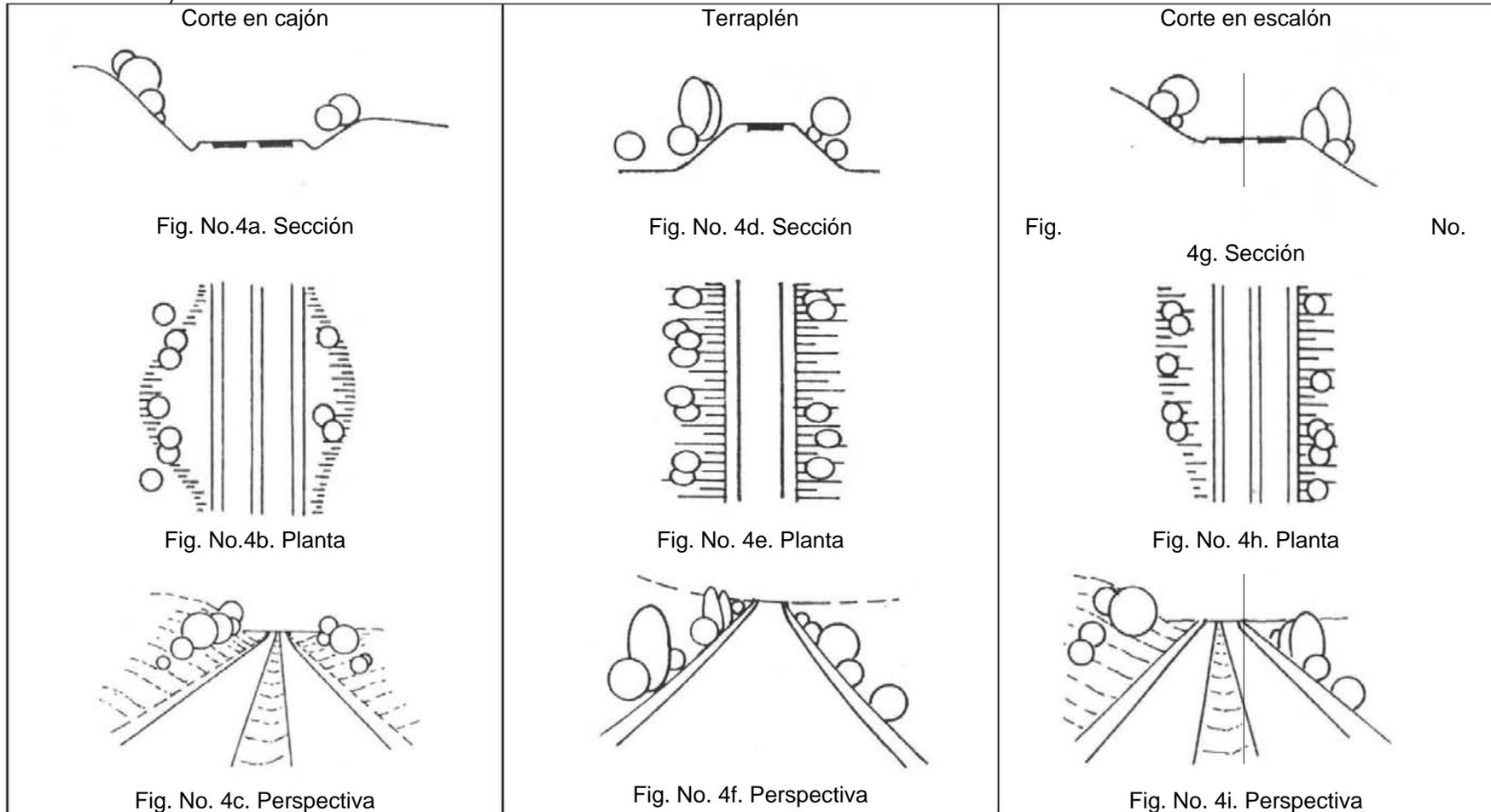


Figura No.4a a 4i. Criterio de plantación en cortes y terraplenes.

FUENTE: Secretaría de Obras Públicas, Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SOP, 1971, pp 742.

Según el Manual de Proyecto Geométrico la aplicación de las recomendaciones en él propuestas con respecto a las plantaciones es "...suficiente, en general, para limitar las perturbaciones causadas por la construcción de un camino y reconstituir en la medida de lo posible el paisaje natural." (SCT, pp.740, 1971). De manera adicional el manual propone otras medidas complementarias para el manejo de las plantaciones en las siguientes áreas:

- Las zonas de almacenamiento o descarga de materiales, así como los préstamos, deben ser, después de terminados los trabajos, debidamente recubiertos de vegetación, armonizando las plantaciones con el paisaje.
- La apariencia de ciertas obras, tales como muros, zampeados y similares, puede ser mejorada por medio de vegetación.
- Las plantaciones que enmarquen instalaciones, como zonas de estacionamiento, miradores, moteles, estaciones de combustibles, restaurantes y similares, deben ser realizadas con el mismo criterio que haya sido aplicado en el camino, armonizando con las instalaciones.
- En ciertas circunstancias es indicado hacer plantaciones en beneficio propietarios vecinos al camino para proteger contra deslumbramiento, polvo, ruido, humos, olores o bien para reemplazar barreras artificiales como bardas y similares.

El Manual también elabora un apartado especial para cuando las carreteras atraviesen zonas boscosas. Asimismo el manual establece una serie de recomendaciones y medidas para el adecuado mantenimiento de la vegetación en el derecho de vía, el control de plagas, enfermedades y/o malezas que permitan conservar, promover y asegurar el buen aspecto de las plantaciones y de este modo seguir cumpliendo con los objetivos para los que fueron propuestas.

El Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras en su versión actualizada en lo referente a las autopistas (SCT, 1991) sugiere una lista de especies vegetales que forman parte de la flora nativa de nuestro país y las cuales podrían ser utilizadas con un gran éxito en las labores de forestación y reforestación a lo largo del derecho de vía por sus características, requerimientos y distribución en el territorio nacional (SCT, 1991).

### **c. Forestación y Reforestación del Derecho de Vía.**

Dada la necesidad e importancia de la forestación del derecho de vía, la SCT de manera adicional al Manual de Proyecto Geométrico elaboró en 1993 un estudio denominado "Forestación del derecho de vía de las carreteras", el cual le permitiera establecer una serie de directrices y pautas en esta materia que no se habían contemplado hasta ese entonces. Este documento define los aspectos técnicos que se deben observar en el diseño de una plantación considerando como factor primordial la seguridad del usuario e involucrando de manera paralela objetivos funcionales, ambientales, paisajísticos y recreativos.

Es importante señalar que el contenido de este estudio es una copia del inciso 13.5. del Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras y del VII.7 de la actualización del manual en lo referente a autopistas y su aportación es el establecimiento de distancias de visibilidad y ángulo de visión clara. Estos factores están en función de la velocidad de cada proyecto carretero lo que permite en conjunto definir cómo se deben realizar las plantaciones en el derecho de vía y evitar de este modo obstrucciones al conductor, garantizar la seguridad del mismo en caso de un percance y al mismo tiempo crear efectos a lo largo del recorrido.

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

De este modo se tiene:

Desplazamiento del cono de visión y distancia de parada de acuerdo a la velocidad de proyecto con respecto al eje del camino			
Velocidad de proyecto	Desplazamiento del cono de visión con respecto al eje del camino		Distancia de parada (m)
	En tangente (m)	En curva (m)	En tangente
Caso 1: 70 km/h	6	11	90
Caso 2: 71 km/h y 90 km/h	8	13	135
Caso 3: 91 km/h y 110 km/h	10	16	175

Tabla No.1. Desplazamiento del cono de visión con respecto al eje del camino de acuerdo a la velocidad de proyecto.

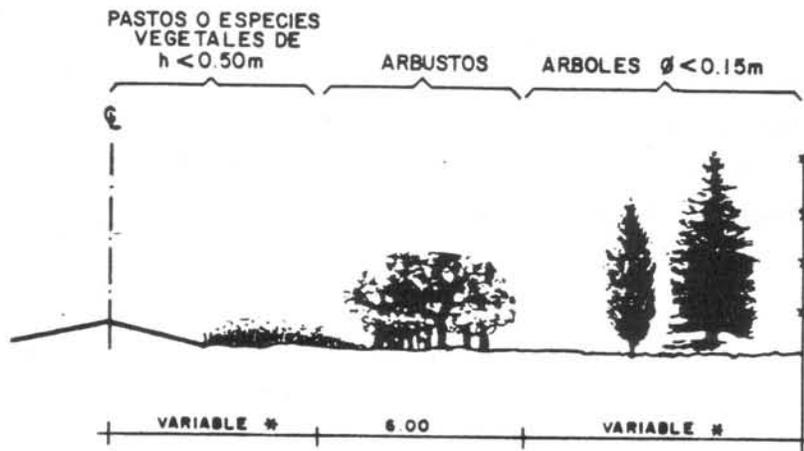
FUENTE: Dirección General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones, Subsecretaria de Infraestructura, "Forestación del Derecho de Vía de la Carreteras", SCT, 1993, pp. 7 y 12.

Esto significa que dentro de ese cono de visión el conductor posee una visión clara de cualquier objeto animado o inanimado y en el caso de presentarse un elemento en movimiento, el conductor posee la distancia necesaria para detenerse y evitar un accidente. Razón por la cual, no debe haber especies vegetales que obstaculicen la línea de visión en las franjas que se delimitan por el cono de visión arriba descritas. Esto aunado a los requerimientos de seguridad del usuario en caso de accidentes, define la posición que deben guardar las plantaciones en la sección transversal. De este modo, el estudio propone tres franjas:

Franja 1. Ubicada de manera inmediata al costado del cuerpo de la carretera donde se plantaran o se permitirá el desarrollo de pastos con una altura máxima de 50 cm. En esta franja también se podría considerar la plantación de herbáceas siempre y cuando no rebasen los 50 cm. de altura.

Franja 2. Plantación de arbustos. Sigue a la franja de pastos y su función es de amortiguamiento.

Franja 3. Plantación de árboles. Es la franja que se localiza en la parte externa del derecho de vía y el manual propone que el diámetro mayor del tronco no rebase los 15 cm. para que en caso de accidente y el vehículo salga proyectado por fuera de la carretera y la franja de arbustos no alcance a frenarlo, la colisión sea de menores proporciones.



## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

	En Tangentes	En Curvas
* para $V_p \leq 70$ km/h	6m	11m
para $70 < V_p \leq 90$ km/h	8m	13m
para $90 < V_p \leq 110$ km/h	10m	16m

Figura No.5. Plantación en el derecho de vía de una carretera por franjas.

FUENTE: Dirección General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones, Subsecretaría de Infraestructura, "Forestación del Derecho de Vía de la Carreteras", SCT, 1993, pp. 9.

El manual especifica que en el caso de las curvas la plantación por franjas se modificará del siguiente modo: la parte interior de las curvas debe quedar libre árboles que puedan limitar la visibilidad, pudiendo sembrarse únicamente pastos en la franja adyacente a la calzada, y en el complemento al derecho de vía, arbustos.

El Estudio de Forestación del derecho de vía de las carreteras (SCT, 1993) también hace las siguientes recomendaciones:

- Buscar la participación de expertos en material forestal para la elección de las especies vegetales a sembrar.
- Considerar los aspectos de forestación en los proyectos carreteros nuevos y se eviten, en lo posible, los daños a los ecosistemas y se analice la debida integración de la obra en el marco natural en que se desarrolla. De igual modo, propone la conveniencia de adicionar obras auxiliares para el paso de la fauna silvestre.
- Mejorar la apariencia de las estructuras y obras accesorias mediante la elaboración de proyectos especiales a cargo de profesionales con conocimientos en la materia. En el caso de préstamos laterales, se recomienda la forestación de la vista hacia la carretera. Los árboles que se empleen deben ser de tallo delgado para que sean flexibles, al tiempo que se eviten que el usuario se proyecte dentro del préstamo.
- Considerar los programas de modernización de carreteras para proponer la forestación o en su caso realizar el proyecto de paisaje e integración del camino al medio natural, con el objeto de que la siembra no sea infructuosa.
- Formular programas de conservación de las especies sembradas para garantizar el establecimiento de las mismas en las áreas forestadas.

La Forestación y Reforestación del derecho de vía de una carretera es una actividad de gran magnitud e impacto sobre el ambiente circundante dada la longitud de estas vías de comunicación y la diversidad de ecosistemas y paisajes por donde atraviesa. En el caso de carreteras federales cuyas dimensiones son considerables el impacto es aún mayor, razón por la cual también se deben observar los lineamientos establecidos en la Ley para el Desarrollo Forestal Sustentable y su reglamento relativos a la forestación y reforestación.

A continuación se hará referencia únicamente a los artículos del reglamento que inciden en este proyecto ya que la Ley para el Desarrollo Forestal Sustentable ha sido revisada con anterioridad en el Capítulo II de este trabajo. Así, dicho reglamento en su art. 3 establece que aquellos terrenos en los que se desarrollan los bosques, selvas o vegetación forestal de zonas áridas se seguirán considerando como tales, aunque su vegetación forestal desaparezca o sea afectada por causas naturales o la acción humana. Esos terrenos no se clasificaran como acahuales y mantendrán su uso de suelo para proteger los procesos naturales de regeneración natural con excepción de los casos en que se hubiera autorizado el cambio de uso del suelo.

En lo referente a la administración y manejo de los recursos forestales, el reglamento en su Art. 7 establece que la SEMARNAT con base en el inventario forestal nacional y el ordenamiento ecológico del país llevará a cabo la zonificación de los terrenos forestales para lo cual define tres categorías: zonas de conservación, zonas de producción y zonas de restauración. En esta

última categoría se consideran **zonas de restauración** a aquellas superficies en las que se ha alterado de manera significativa la vegetación forestal y la productividad del suelo y que, por consiguiente, requiere de acciones encaminadas a su rehabilitación. En estas zonas se incluyen a todos los terrenos que presenten una degradación de media a baja con una cobertura de copa inferior al 20% y mostrar evidencia de erosión severa con presencia de canalillos o erosión laminar. Esta categoría también se refiere a aquellos terrenos que se encuentren sometidos a tratamientos de recuperación, tales como forestación, reforestación o regeneración natural.

En su Art. 11 el reglamento define los requisitos que se deben cumplir para diseñar y ejecutar un programa de manejo forestal para reforestación y forestación. Dicho programa debe contemplar las características físicas y biológicas generales del sitio donde se realizaran las mencionadas acciones incluyendo clima, suelo, topografía, hidrología y vegetación existente. Asimismo deberá describirse las actividades de preparación del sitio para establecer la plantación, las medidas para conservar y proteger el hábitat existente de las especies de flora y fauna silvestre y la lista de especies forestales a utilizar en las labores de forestación y reforestación.

#### **d. El emplazamiento y Diseño de Paradores e Instalaciones Complementarias.**

Para garantizar y coadyuvar al buen funcionamiento de una carretera, ésta debe ofrecer a lo largo del trayecto una serie de servicios complementarios, los cuales permitan satisfacer las necesidades básicas de los usuarios y sus vehículos, y al mismo tiempo promuevan el desarrollo de otro tipo de actividades de índole recreativo,, turístico, informativo, etc. El Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras establece en el capítulo XII los criterios técnicos que se deben seguir en el emplazamiento y diseño de servicios tales como gasolineras, hoteles, moteles, zonas de descanso, etc. así como de los elementos de apoyo que éstos requieran (accesos, estacionamiento, etc.)

En la edición actualizada del Manual en lo referente a Autopistas (SCT, 1992) se expresa un interés especial en la calidad de los servicios que se ofrecen a lo largo de este tipo de caminos ya que estos representan un factor de confort y bienestar en la elección de la ruta a transitar y los cuales podrían representar un promotor del turismo o un atractivo por si mismo. Por este motivo, la versión actualizada propone una serie de programas arquitectónicos básicos para cada uno de los servicios que se ofertan en las autopistas con el fin de servir como guías en el análisis y elaboración de este tipo de proyectos.

Ante el impulso y el crecimiento de la red nacional de autopistas de altas especificaciones y el proceso de concesión al que se sometió a dicha clase de caminos, la SCT promovió el Programa Nacional de Paradores Integrales de Servicios en Autopistas y Carreteras (P.N.P) (SCT, 1996). Asimismo, la Secretaría estableció la conveniencia de elaborar un Manual el cual definiera los criterios de ubicación; la distancia entre paradores; la oferta de servicios del parador; el proyecto geométrico básico; el proyecto de señalamiento y las características mínimas de los servicios considerados.

En el caso de la Autopista Cuacnopalan - Tehuacán - Oaxaca, se ha detectado la necesidad de construir un parador para regular el comercio espontáneo que se está desarrollando a lo largo de este camino, especialmente en el área de las casetas así como la creación de zonas de reposo - educación ambiental como condicionante establecida por la SCT para la elaboración de este proyecto, y la cual busca ser una medida de compensación por los daños ambientales

## **LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO**

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

ocasionados por la construcción de la autopista y su paso por zonas de gran importancia ecológica regional, nacional y mundial.

Así, el Manual para la Ubicación y Proyecto Geométrico de Paradores es el documento principal que rige la construcción de Paradores a lo largo de las carreteras y autopistas en nuestro país, establece los lineamientos generales y específicos que se deben observar desde la ubicación hasta el proyecto arquitectónico y constructivo de dichas instalaciones. El Manual detalla puntualmente: los aspectos técnicos que se deben considerar para el óptimo emplazamiento y funcionamiento del parador; los elementos que deben conformar un parador de acuerdo a la afluencia de la autopista donde se ubique; la definición y características de distintos tipos de paradores; la determinación de las características geométricas de los accesos al parador y de incorporación a la autopista; la definición de las características, dimensiones y arreglos tipo de varias clases de estacionamientos, áreas de abastecimiento de gasolina y diesel, señalamiento así como de cada uno de los elementos del parador de manera individual y en conjunto.

El Manual de Proyecto Geométrico, la actualización del mismo referente a autopistas y el Manual de Proyecto Geométrico para Paradores ofrecen ejemplos sobre las diferentes distribuciones espaciales bajo las cuales se pueden desarrollar el proyecto de este tipo de instalaciones de acuerdo al tipo de servicios ofertados, disponibilidad de espacio, ubicación con respecto a la carretera, entre otros aspectos.

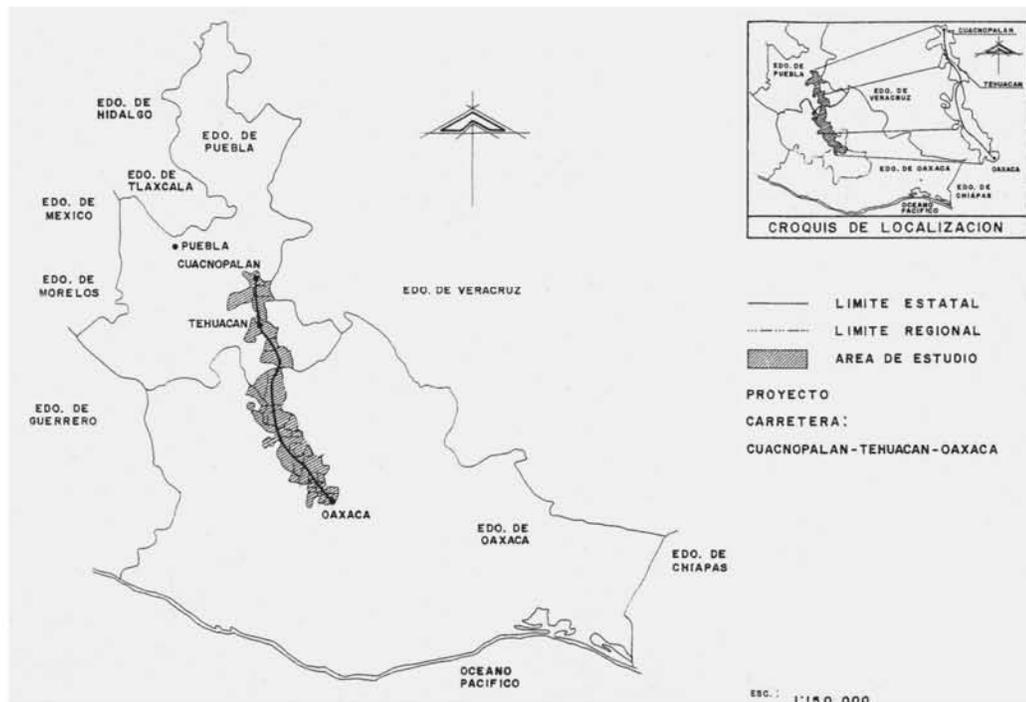
## MARCO DE REFERENCIA

### VI. Los aspectos Técnicos de la Construcción de la Autopista Cuacnopalan - Tehuacán - Oaxaca

#### 6.1. Características y Especificaciones Técnicas de la Autopista Cuacnopalan - Tehuacán .Oaxaca

La autopista Cuacnopalan - Tehuacán - Oaxaca forma parte de uno de los ejes principales de comunicación entre el centro y sur del territorio nacional ya que en conjunto con la vía México - Puebla - Veracruz permiten una comunicación expedita entre las regiones importantes de Puebla y Oaxaca con la capital del país y los estados de Veracruz, Guerrero y Chiapas.

Con una longitud total de 243 Km., el primer tramo de la autopista, el cual comprende del Km. 0+000 al Km. 84 + 000, se localiza en la zona sur del estado de Puebla cruzando en su trayecto 8 municipios de entre los que destaca el Municipio de Tehuacán. A partir del Km. 84 + 501 la autopista se emplaza en territorio oaxaqueño atravesando 22 municipios hasta llegar a la capital de dicho estado.



Mapa No. 1. Croquis de Localización de la autopista Cuacnopalan-Tehuacán-Oaxaca

El número de vehículos que circulan diario en una carretera es el que determina las características técnicas que debe cumplir para satisfacer la demanda del tránsito actual y el estimado a mediano y largo plazo (T.P.D.A.). En el caso de la Autopista Cuacnopalan - Tehuacán - Oaxaca el tráfico promedio diario estimado es de 4,648 vehículos, razón por la cual las especificaciones técnicas del proyecto corresponden a la de una carretera **A2** para el tramo Cuacnopalan - Huitzo ( km 0+000 - km 216+700) y **A4** para el tramo Huitzo - Cd. de Oaxaca (km 216+701 - km 240+000). La composición del tránsito es el siguiente: 54%

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNONAPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

corresponden a automóviles particulares, 12% autobuses de pasajeros y 34% camiones de carga, los cuales pueden viajar a una velocidad de operación de 80 a 110 k.p.h. cubriendo el recorrido en un tiempo estimado de 2 horas 33 min.

El primer tramo de la autopista es una vía rápida de dos carriles con control total de accesos, presenta una corona de 12 m de ancho de los cuales 7 m pertenecen al ancho de la calzada y los 5 m restantes se dividen en dos franjas de igual tamaño ubicadas a cada extremo de la calzada (acotamientos). El ancho del derecho de vía en este tramo es de 60 m.

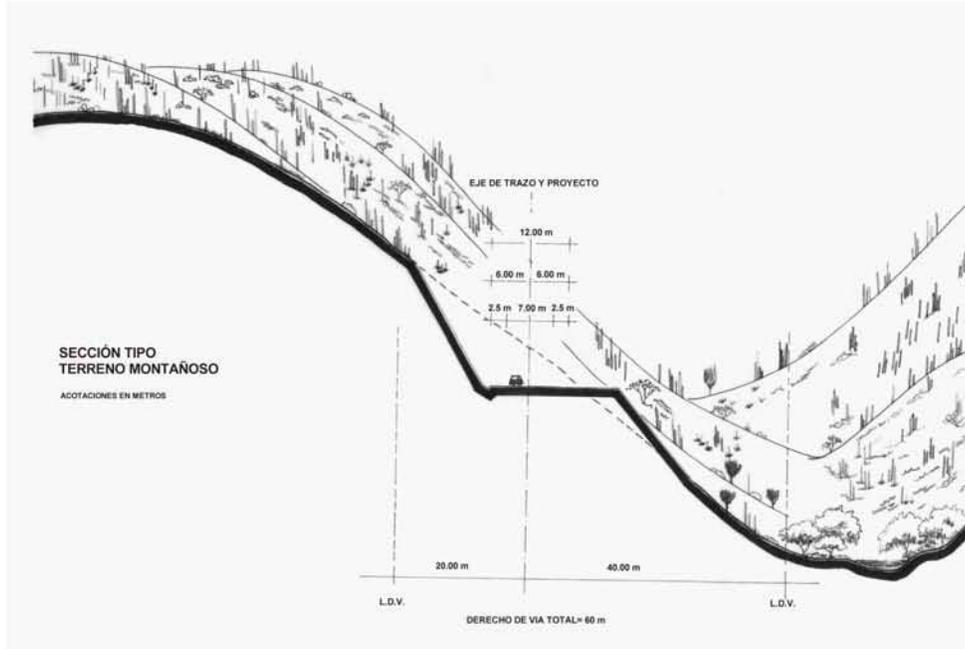


Fig. No.1. Sección tipo de la Autopista Cuacnopalan –Tehuacan – Oaxaca, zona montañosa.

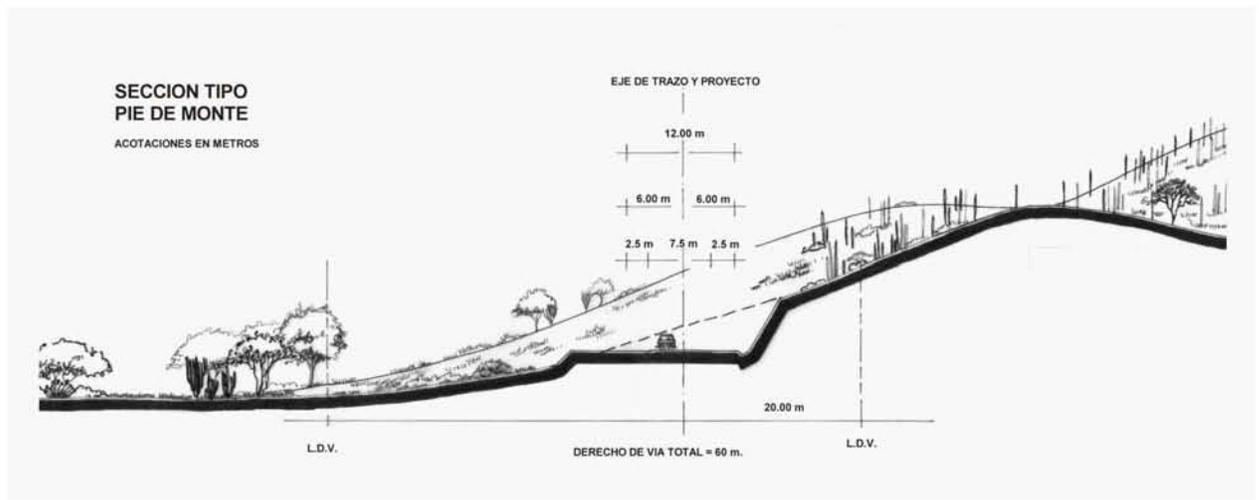


Fig. No.2. Sección tipo en pie de monte.

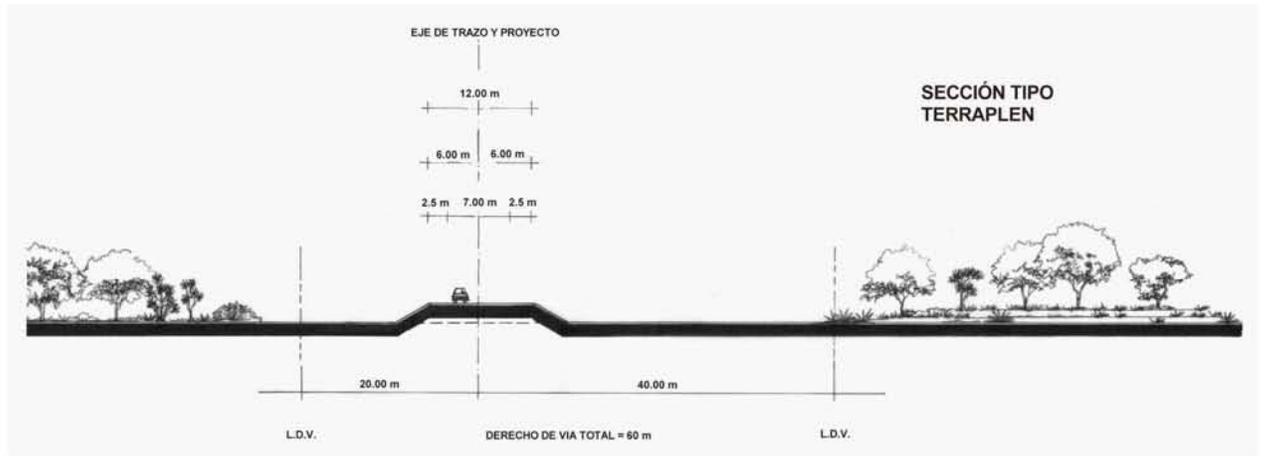


Fig. No.3. Sección tipo en terraplen

El segundo y último tramo modifica su sección para recibir dos carriles más convirtiéndose de este modo en una carretera de cuatro carriles de altas especificaciones con un ancho de corona de 21 m que se distribuyen de la siguiente forma: dos calzadas de 7.50 m cada una con acotamientos de 2.5 m en ambos costados y un derecho de vía 60 m. del km 216+701 al 235+000 y de 40 m del 235+001 al 240+000. Asimismo cuenta con una barrera central de 1.00 m de ancho que separa a ambas calzadas. Los tres kilómetros restantes corresponden al Bulevar Oaxaca y a la calle principal que conduce al centro de la ciudad de Oaxaca.

## 6.2. Cronología de la Gestión Ambiental de la Autopista Cuacnopalan - Tehuacán - Oaxaca

El proceso de diseño y construcción de esta autopista se inició en 1993 con la evaluación y selección de la ruta definitiva entre las ciudades de Tehuacán y Oaxaca. Dicho trazo tiene su origen en el km 204+203 de la Carretera de Cuota Puebla - Córdoba a 1.5 km del poblado de Cuacnopalan, el cual le da nombre al entronque donde comienza el tramo carretero.

Una vez elegida la ruta definitiva se procedió a la elaboración del proyecto ejecutivo sometiéndose subsecuentemente y en cumplimiento de la legislación vigente a un proceso de evaluación en materia ambiental por parte de las autoridades competentes (Instituto Nacional de Ecología) para su aprobación y posterior construcción. Así en septiembre de 1993 ingresó ante el INE la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) modalidad general de la autopista. En diciembre del mismo año, este instituto solicitó a la SCT la presentación de una MIA modalidad intermedia para poder emitir el dictamen correspondiente.

Ante el inicio de las obras de preparación del sitio y construcción de la autopista, y debido a la importancia ecológica del Valle de Tehuacán - Cuicatlán en Febrero de 1994 el INE requirió a la SCT la ejecución de un Programa encaminado al rescate de plantas en el tramo

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNONAPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

Puente Calapa - Cerro Pluma ( km 84+500 - km 106+140), el cual fue realizado de manera conjunta por el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIDIIR), del Instituto Politécnico Nacional (IPN), Unidad Oaxaca.

En noviembre del mismo año (1994), la SCT presentó ante la citada dependencia la MIA modalidad intermedia de la autopista como parte de la información complementaria solicitada para la evaluación de dicho proyecto carretero. Así para el día 28 de noviembre, el INE emitió la resolución No. 624 en la cual autorizaba en materia ambiental la construcción de la autopista bajo una serie de condicionantes a cumplir durante las obras. Cabe resaltar que cuando se inició la elaboración de este último estudio la ruta se encontraba totalmente definida y se reportaba un avance de obra del 30%. De entre los términos establecidos en la resolución sobresalen los referentes a la elaboración y seguimiento de programas de restauración y/o compensación ecológica de los bancos de material, caminos provisionales de acceso, cortes, taludes de terraplenes, zonas de derrumbe y bancos de tiro. Asimismo en dicho dictamen el INE solicita un reporte bimestral de avance de los programas arriba mencionados, de las acciones encaminadas al mejoramiento escénico de los derrames de material en taludes naturales de las áreas cerriles y lomeríos así como de las labores de reforestación y ornamentación de los sitios afectados por la construcción tanto dentro del derecho de vía como fuera de éste.

De igual modo, el Instituto solicitó a la SCT el establecimiento de convenios así como la instrumentación en conjunto con la SEDESOL y Gobiernos estatales de Puebla y Oaxaca de los mecanismos necesarios para otorgar las declaratorias de Áreas Naturales Protegidas a aquellas zonas que se identificaran como sitios excepcionales de gran valor ambiental y que se ubicaran dentro del área de influencia de la obra carretera. Como resultado de esta gestión el 12 de Diciembre de 1995 el gobierno del estado de Puebla declaró como área natural protegida sujetas a conservación ecológica las regiones conocidas como “Filo de Tierra Colorada” con superficie aproximada de 20,689-12-50 Has. y el “Valle de Zapotitlán” con superficie de 123,619-60-25 Has, aprox. Sin embargo, y dada la importancia ecológica del Valle de Tehuacán - Cuicatlán, el gobierno de Puebla decide emitir una nueva declaratoria que modifica los decretos anteriores con el fin de ampliar e incluir a otras regiones aledañas de igual valor y que no contaban con protección alguna. Así, el 28 de Mayo de 1997 se decreta como área natural protegida con carácter de zona sujeta a conservación ecológica la región denominada “Tehuacán - Zapotitlán”, la cual cuenta con una superficie de 193,913-97-02.7 Has. con lo que se pretende conservar y mantener la riqueza y el patrimonio natural de dicho estado. En el caso de Oaxaca, el ejecutivo del Estado emitió el 13 de Agosto de 1996 una declaratoria de igual carácter que la de Puebla en la región conocida como “Valle de Cuicatlán” con una superficie de 296,272-90-50 Has.

Dentro de las disposiciones generales establecidas en la resolución, el INE determina que deberán entregarse copias de los reportes solicitados a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y las Delegaciones estatales de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) Puebla y Oaxaca con el fin de que éstas puedan verificar el cumplimiento y avance de los programas y medidas de mitigación propuestas en la MIA modalidad intermedia y en la resolución.

En Julio de 1995 la PROFEPA en sus delegaciones de Puebla y Oaxaca realizan una visita de verificación a la autopista encontrando daños de magnitud considerable en los ecosistemas por donde atraviesan así como a la salud pública, razón por la cual el proyecto carretero infringe la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. En

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNONAPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

consecuencia, y con fundamento en dicha ley se le requiere a los Centros SCT Puebla y Oaxaca el cumplimiento de las medidas correctivas encaminadas a restituir y/o compensar los daños ocasionados por la construcción y operación de la carretera. Destacan para la fundamentación y elaboración de este trabajo, las siguientes medidas:

1. La elaboración de un proyecto de restauración ecológica en el Valle de Tehuacán - Cuicatlán encaminado al rescate de especies endémicas y/o en peligro de extinción.
2. Aplicación de las acciones correspondientes a la restauración y/o compensación de los daños ocasionados al ecosistema en los sitios que fueron ocupados por las distintas empresas contratadas por la SCT para la construcción del proyecto carretero y la ejecución del proyecto de restauración.
3. Aplicación de las medidas de mitigación de la flora en los sitios de bancos de material, de tiro, zonas de derrumbes y caminos de acceso en los términos en que se han descrito en la MIA modalidad intermedia.
4. Elaboración de un programa de reforestación a lo largo del derecho de vía y los sitios afectados por la construcción de la autopista.

Los requerimientos y especificaciones técnicas del proyecto geométrico de la autopista aunados a la evaluación financiera de las distintas alternativas de trazo y las obras que cada uno de éstas implicaba fueron los factores decisivos que definieron el emplazamiento final de la carretera en los territorios poblano y oaxaqueño.

En consecuencia, y aún cuando la autopista atraviesa por varias regiones con distintas características físico-geográficas y ambientales, éstas fueron consideradas únicamente como un obstáculo a librar. En otras palabras, la seguridad, la rapidez y el costo económico predominan sobre los valores y cualidades ambientales y paisajísticos del entorno donde se desarrolla la carretera trayendo como consecuencia daños de magnitud considerable e incluso irreversibles.

El proceso de gestión ambiental se consideró como un mero trámite que no se cumplió en tiempo y espacio ya que las obras se iniciaron sin la autorización en materia ambiental correspondiente, razón por la cual no se observaron ni previeron los riesgos, costos y daños ambientales que se suscitaron con la construcción de dicho tramo carretero.

Desafortunadamente, la ausencia de una conciencia y educación ambiental, de normas técnicas encaminadas a la protección del ambiente y el paisaje en y durante los procesos constructivos de una carretera, de un proyecto paisajístico integral y de una supervisión ambiental de las obras provocaron que las empresas constructoras no ejecutaran las medidas de mitigación propuestas en las MIA general e intermedia.

Aunada a esta situación, se han presentado desde la inauguración de la autopista una serie de derrumbes y deslizamientos de material en taludes de cortes y terraplenes ocasionando de manera conjunta impactos negativos muy severos en el ambiente y el paisaje circundante y reduciendo considerablemente el índice de seguridad y confort ofrecido por esta carretera al tránsito vehicular. Cabe señalar que las lluvias agravan la situación sobretodo la estabilización de taludes.

Para dar respuesta a estos acontecimientos y poder garantizar el buen funcionamiento de la autopista en 1996 Caminos y Puentes Federales (CAPUFE) como parte del Programa de Conservación Preventiva y Correctiva dio prioridad a la elaboración de los estudios geotécnicos correspondientes para la estabilización de cortes, reconstrucción de terraplenes,

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNONAPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

revisión de obras de drenaje, puentes y pasos inferiores así como para la modificación del trazo de un subtramo de la carretera, dejando en un segundo plano el diseño y ejecución de los programas y labores de restauración y recuperación ecológica de las distintas regiones que se vieron afectadas por el paso y construcción de la autopista.

A mediados de ese mismo año, como respuesta al dictámen emitido por la PROFEPA, se encarga al despacho Espacios Verdes S.A de C.V. la elaboración de un proyecto de restauración ecológica de las áreas afectadas por la construcción de la autopista. En este proyecto se identifican los sitios que requieren una atención prioritaria tales como zonas de cortes y terraplenes de gran altura y con problemas de estabilidad, bancos de material, bancos de tiro principalmente. Se elabora un proyecto de reforestación de dichos sitios así como del recorrido en su totalidad siguiendo los criterios del Manual de Proyecto Geométrico y de Reforestación de la SCT. Asimismo se elaboran recomendaciones para la estabilización de taludes.

Así, en Febrero de 1997 CAPUFE dio inicio a las obras de conservación encaminadas a rehabilitar de manera total la capacidad de la Autopista para la que fue proyectada. De ese modo se ejecutan una serie de modificaciones al trazo de la carretera así como en la pendiente de los cortes más conflictivos de la carretera específicamente del subtramo comprendido entre el km 80 + 000 al km 120 + 000. Es importante mencionar que para la ejecución de dichas acciones de índole correctivo, el proyecto tuvo que someterse a los procedimientos correspondientes en materia ambiental y así obtener la autorización.

En cuanto a la situación ambiental de las regiones donde se emplaza la carretera, el 18 de septiembre de 1998 el gobierno federal decretó como Área Natural Protegida con carácter de Reserva de la Biosfera el Valle de Tehuacán - Cuicatlán en los estados de Puebla y Oaxaca incorporando bajo una sola figura jurídica y administrativa las reservas naturales estatales ubicadas en esa zona con una área total de 490,186-87.5-54.7 Has.

Esta nueva circunstancia pone en evidencia la importancia y urgencia de elaborar, en cumplimiento con las disposiciones legales en materia ambiental y debido a la gran riqueza natural y cultural de la zona, un proyecto integral paisajístico - ambiental, en el cual la búsqueda por restablecer el equilibrio ecológico considere al paisaje como uno de los componentes fundamentales de dichos ecosistemas que se debe recuperar ya que a través de éste el hombre puede tener una lectura sobre el estado del ambiente. Esto es, el ambiente y el paisaje se debe conjugar en un mismo concepto y con un solo objetivo para dar como resultado una integración paulatina de la carretera a su contexto respetando y promoviendo la continuidad de los procesos naturales; recuperando y conservando los recursos naturales, culturales y paisajísticos; estableciendo un diálogo y armonía visual con el entorno tanto para el usuario directo como el observador externo y manteniendo como prioridad la seguridad del automovilista.

La elaboración de un Plan de Manejo Paisajístico promovería, desde una perspectiva global, la integración de los objetivos de la Restauración Ecológica con los valores, cualidades y potencialidades paisajísticas tanto del marco físico - natural como de la misma carretera que ayuden a minimizar y compensar los daños ambientales producto de la presencia de la autopista y que a su vez repercutan positivamente en la reducción de costos de mantenimiento de la obra carretera.

## **VII. Plan Conceptual de Manejo Paisajístico de la Autopista Cuacnopalan - Tehuacán – Oaxaca, subtramo Km 0+000 – km 52+000**

### **7.1. Metodología.**

El diseño de paisaje a escala regional plantea una gran complejidad en el momento de emplear una metodología de trabajo debido a los aspectos ambientales y de percepción que involucra dicho proceso. Así, mientras por un lado se deben revisar el paisaje y sus componentes como indicadores de la realidad geográfica de una región en estudio, de manera paralela se debe realizar una valoración del aspecto visual de los mismos.

Esta doble cualidad del paisaje como ente de estudio tiene varias implicaciones:

- a. Pone en evidencia la dificultad de abordar ambos aspectos desde una misma óptica, así como el reto de integrar la información generada de ambos enfoques.
- b. Como consecuencia de la diferencia entre estos dos se requiere el apoyo y la colaboración de distintas disciplinas relacionadas tanto con el ambiente como con el diseño de espacios.

Debido a la complejidad para evaluar la apreciación del observador de un paisaje, dado su carácter subjetivo; las distintas disciplinas se han enfocado a resolver la forma de abordar la problemática ambiental de una región dejando a un lado el aspecto perceptivo-sensorial, es decir las características y cualidades estéticas y el proceso de observación por parte de un público determinado.

Cabe señalar que algunos autores al reconocer esta doble característica del paisaje y estudiarlas de manera independiente han denominado a la parte ambiental como “contenidos del paisaje” o “criptosistema”, mientras que al aspecto visual se le define como “fenosistema”. Dentro de esta última conceptualización se propone la valoración objetiva y cuantificable de los aspectos subjetivos de la apreciación estética del paisaje en estudio considerando los factores ambientales que inciden directamente en el proceso de observación tales como visibilidad, iluminación, imagen, etc. (Español Echaniz, M., 1998; Martínez Martínez, J., 1994).

En el caso del Manejo del Paisaje en una carretera ya construida, la elección de una metodología específica se convierte en una tarea difícil. Para abordar esta problemática desde el punto de vista de la arquitectura de paisaje y debido a la escala, características de diseño y la situación ambiental de los distintos ecosistemas por donde atraviesa la Autopista Cuacnopalan – Tehuacán – Oaxaca se ha decidido revisar en primera instancia la metodología propuesta por Ian L. McHarg en su libro “Design with Nature”(1969), la cual establece como principio básico que los procesos naturales que se dan en una región determinada se deben reconocer como valores sociales sobre los cuales se sustentan el establecimiento y desarrollo de las actividades humanas. Sin embargo, aún cuando los ejemplos son claros sobre la aplicación de la metodología, no existe una definición concreta de cada una de las etapas como tal. Razón por la cual, y de manera complementaria se ha consultado la metodología formulada desde la ciencia del paisaje que si bien presenta un enfoque desde el punto de vista de la geografía establece de manera puntual los pasos a seguir durante todo el proceso incluyendo una explicación de cada fase.

En la búsqueda por conocer y comprender mejor el ambiente en el que vivimos, el estudio de los distintos factores bióticos-ambientales así como de las relaciones de éstos entre sí bajo el enfoque de las distintas disciplinas han generado varias formas de sintetizar e integrar los datos

ambientales de una región en particular, las cuales permiten proponer y establecer el adecuado aprovechamiento de los recursos, usos de suelo congruentes con las características del sitio y/o predecir los diferentes impactos que en esa región se pueda provocar a consecuencia de un uso o actividad específica (Boyas J.,1991; Ribas, J.,1992; McHarg, I., 1969).

Es importante mencionar que la intervención, modificación e incluso la creación de condiciones ambientales diferentes a las originales, así como de nuevos paisajes por parte del hombre y sus actividades, ha ocasionado que éstos últimos se consideren como parte integral de la estructura, composición y funcionamiento de los ecosistemas. Así pues la evaluación del ambiente debe englobar la valoración de los rasgos físicos naturales y la actuación del hombre sobre el medio incluyendo los aspectos socioeconómicos y culturales de la región en estudio.

La definición de paisaje que proponen Conesa Fernandez (op. cit. 1993) y María de Bolos (op. cit. 1992) desde el enfoque geográfico ofrece un punto de partida común a ambas disciplinas, sin ser por ello la única, sino una opción más para el estudio integral del territorio, la cual considera al paisaje como "...indicador y síntesis de las interrelaciones entre los elementos vivos de todo ecosistema y al mismo tiempo como una expresión de los valores estéticos, plásticos y emocionales del ambiente en su totalidad" (Conesa Fdez., 1993).

Basado en este principio el paisaje está conformado por tres elementos estructurales:

1. Abióticos.
2. Bióticos, y
3. Antrópicos,

los cuales se pueden combinar y dicha combinación dará carácter a cada paisaje dependiendo de la dominancia o ausencia de alguno de los elementos y se interrelacionan de la siguiente manera (Bovet P., M.; Ribas V., J., 1993):

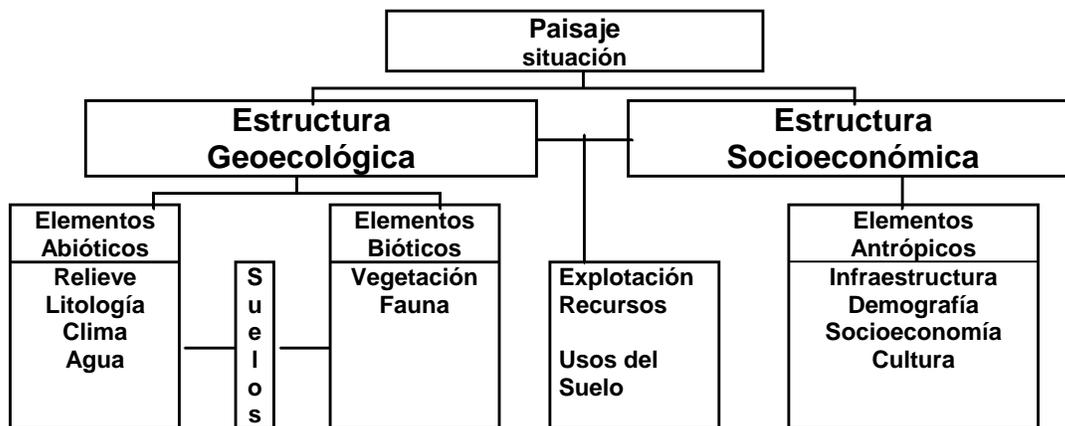


Figura No. 1. Diagrama de los elementos del paisaje según Ribas V., J.

FUENTE: Ribas V., J., Análisis y diagnóstico en "Manual de ciencia del paisaje", Ed. Masson, 1993, pp 135-154)

Los elementos abióticos y bióticos forman la estructura geoecológica, la cual también puede ser denominada como Natural, mientras que los antrópicos forman la estructura socioeconómica.

Así la metodología para el estudio de paisaje desde el punto de vista geográfico propuesta por Bovet Pla y Ribas Vilas (op. cit., 1992) establece 5 etapas mientras que Ian L. McHarg define sólo 4. No obstante, ambas presentan gran similitud y paralelismo ofreciendo de este modo un esquema de trabajo integral que permita abordar los proyectos de diseño paisajístico a escala regional:

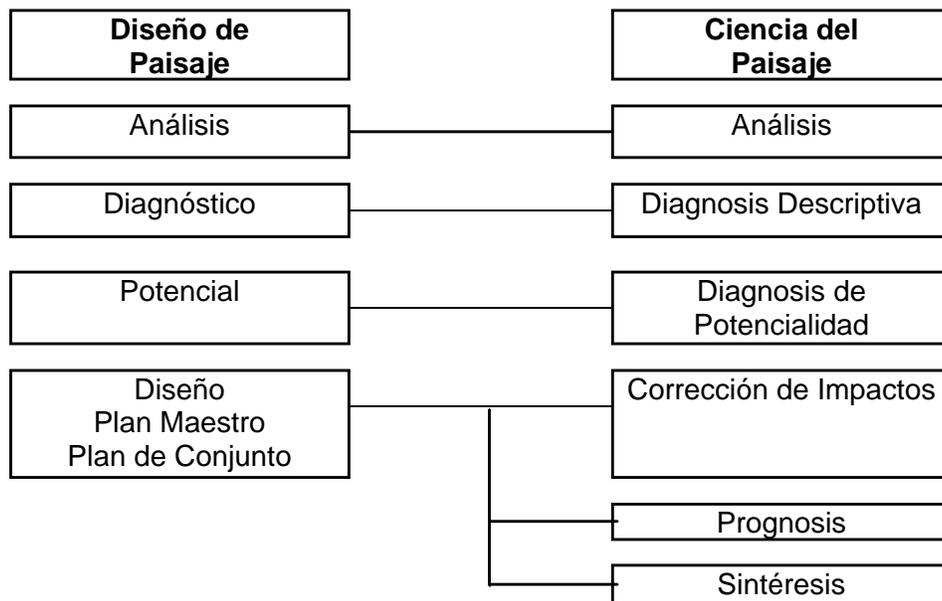


Figura No. 2. Diagrama comparativo de las etapas propuestas en las metodologías del diseño de paisaje y en la ciencia del paisaje.

ELABORACIÓN: Erika Miranda Linares.

**ANÁLISIS.** McHarg define esta etapa como el inventario ecológico con su expresión gráfica en mapas. Según Ribas V. (op. cit., 1992) consiste en la identificación y conocimiento de las características de los elementos más significativos en la conformación de ese paisaje. Es decir, el análisis de la estructura geoecológica y antrópica así como de las interrelaciones que se establecen al interior de cada una de ellas. En esta etapa el paisaje también se estudia como expresión visual y espacial del medio.

**DIAGNÓSTICO.** O también denominada diagnosis consiste básicamente en la evaluación del estado del paisaje en cuestión, partiendo de la identificación de patrones que permitan la clasificación del paisaje en unidades ambientales homogéneas cuya característica principal es que en toda su extensión cuenta con la misma capacidad de reacción o evolución ante un uso hipotético y/o alteración. Desde el punto de vista geográfico para Ribas V. puede ser de dos tipos

- a. Descriptivo, en el cual se definen los rasgos más sobresalientes del paisaje.
- b. De potencialidad, el cual es una evaluación de la capacidad y de la vulnerabilidad que presentan los elementos o unidades de paisaje para acoger actividades de desarrollo económico teniendo en cuenta las propiedades del paisaje.

Para McHarg, es una interpretación de los datos ambientales dentro de un sistema de valores, es decir, que evalúa los componentes ambientales para identificar los procesos naturales presentes en la zona, los cuales se traducen en una lista de recursos naturales y culturales disponibles en la región de estudio coincidiendo con el carácter descriptivo del primer tipo de diagnosis propuesto por Ribas. El establecimiento de idoneidades de uso y aprovechamiento así como el grado de compatibilidad conforme a las características ambientales es la etapa que en arquitectura de paisaje se conoce comúnmente como Potencial.

Para la identificación de las unidades ambientales existen diversas técnicas, siendo la superposición de los mapas temáticos una de las más empleadas. Este manejo de información permite la identificación de patrones, interrelaciones y los procesos que se presentan en la región entre los diferentes componentes ambientales así como con las actividades humanas de manera muy clara y con una expresión espacial de los mismos facilitando su localización geográfica y su comprensión. Incluso esta lectura integral de la información permite en muchos casos delinear y/o establecer algunas relaciones causa-efecto que se aprecian en la región de estudio. Es importante resaltar que en la literatura especializada en impacto ambiental es una de las técnicas más reconocidas para la identificación de impactos y su creación es atribuida a Ian McHarg.

También cabe destacar que de acuerdo al enfoque con que se aborde el estudio ambiental de una región, los objetivos del mismo y el panel de especialistas que lo realizarán, la definición de unidades ambientales homogéneas y el parámetro que se eligirá para definir las varían de disciplina a disciplina y estarán en función de los aspectos arriba mencionados.

**PLAN MAESTRO (P.M.).** Desde la perspectiva de la arquitectura de paisaje, la culminación del proceso de diseño a escala regional es la elaboración de un plan maestro, el cual consiste de un conjunto de lineamientos, estrategias y acciones encaminadas a conducir el desarrollo sustentable y armonioso de las actividades humanas en una región respondiendo a las características del lugar, a las necesidades y demandas de las poblaciones involucradas. Este plan se cristaliza con la propuesta de usos de suelo de la zona de estudio, así como en la elaboración de proyectos específicos de diseño.

Para que un “plan” pueda considerarse como tal, Ian McHarg puntualiza que los objetivos físicos, sociales y económicos que se ven representados en una propuesta de mapa de usos del suelo se deben combinar con los poderes públicos y privados necesarios para llevarlos a la práctica. Esta situación representa involucrar a los sectores sociales, económicos y políticos que se puedan ver beneficiados o afectados por un proyecto y/o propuesta de usos de suelo. Y esta participación debe estar inscrita y suscrita al marco legal vigente de acuerdo a la importancia del proyecto, su magnitud y su área de influencia.

En el caso de la ciencia del paisaje, la etapa de diseño equivaldría a tres etapas distintas. Sin embargo, los objetivos generales que se persiguen en éstas se pueden considerar como parte del esquema general de diseño del plan maestro. Estas etapas se denominan:

- a. Corrección de impactos, que en el P.M. equivaldrían a las políticas encaminadas a corregir o reducir los desequilibrios y/o deterioros detectados en el paisaje.
- b. Prognosis, es la identificación y proyección de distintos escenarios ambientales que se presentarían en el caso de que se lleven a cabo las medidas y acciones propuestas en el plan maestro. En los estudios de planeación y planificación urbana esta etapa tendría su equivalente en la denominada “Pronóstico”.
- c. Prevención de Impactos, es la fase en la cual se define la gestión del paisaje para evitar, reducir y prever los posibles impactos detectados en el pronóstico e incluso se establecen las medidas concretas en el caso de que alguna alteración prevista ocurra una vez aplicado al plan.

La consideración de estas tres etapas de manera independiente permite una forma más clara para organizar las acciones y/o criterios de diseño a aplicar.

En la elaboración de un plan se deben considerar los alcances del mismo y su factibilidad estará en función de que considere no sólo los aspectos ambientales sino también los sociales, políticos y económicos, siempre dentro de un marco legal que permita identificar, establecer e incluso la creación de instrumentos y mecanismos para su aplicación, y de este modo incrementar el nivel de éxito de las recomendaciones, lineamientos, estrategias y acciones propuestas. Y de acuerdo con McHarg, la comprensión del marco físico natural del sitio donde se pretende desarrollar un proyecto es uno de los aspectos cuya consideración garantizará una parte importante del éxito del mismo pero no es la única.

Esta búsqueda por conciliar ambas metodologías tiene como propósito final establecer con bases teóricas una manera más clara para abordar al manejo del paisaje y de los espacios abiertos a escala regional de una autopista ya construida en el contexto de nuestro país. Asimismo permite evaluar los alcances, oportunidades y restricciones que la combinación de ambas ofrecen para abordar la problemática detectada en el caso de estudio.

La construcción de una carretera es reconocida como una de las actividades humanas que genera grandes alteraciones al entorno donde se localiza, aún cuando las afectaciones aparentemente se restringen a una franja angosta de terreno, la carretera al ser un proyecto lineal, atraviesa diferentes ambientes y los modifica a lo largo de todo su trayecto. Entonces uno de los factores decisivos para que las autoridades en materia ambiental y los diferentes niveles de gobierno muestren una constante preocupación por regular y vigilar la construcción de este tipo de infraestructura es la longitud de la misma y la diversidad de ambientes que puede alterar a su paso.

Al ser identificadas las carreteras como grandes modificadores del ambiente, las autoridades correspondientes se han preocupado de la mano de los consultores ambientales, a lo largo de la gestión ambiental en nuestro país en los diferentes sexenios, por identificar y tipificar estas alteraciones tanto en el medio físico, como biótico y socioeconómico mediante la elaboración de estudios de impacto ambiental para garantizar por un lado la conservación de los recursos naturales de nuestro país y por otro reducir los daños ambientales y sociales que su construcción pueda provocar. De este modo, la construcción de la carretera se divide en diferentes etapas, a las cuales y cada una de ellas, le corresponden una serie de actividades. La ejecución de éstas últimas implican la alteración de distintos atributos de los componentes ambientales de la región donde se localizará la carretera.

La aplicación combinada de la metodología expuesta había sido hasta ahora una herramienta poco aprovechada en nuestro país en la identificación de impactos de un proyecto carretero. Sin embargo, debido a que permite la integración de información de distinta índole con una expresión espacial, es posible por un lado comprender los diferentes patrones ambientales que se presentan en la región como resultado de la interacción de los componentes ambientales. Y por otro, identificar los impactos ambientales y su ubicación espacial, razón por la cual es muy útil en el diseño de medidas de mitigación.

Pero, el alcance de esta técnica en los estudios de impacto ambiental así como en los estudios de planeación ambiental e incluso ordenamiento territorial tiene un carácter predominantemente preventivo. Es decir, que tienen como finalidad prever los impactos, las incompatibilidades y las compatibilidades de actividades y proyectos con las características ambientales de la región en estudio. Es o debería ser un instrumento auxiliar en la toma de decisiones sobre el manejo y administración de los recursos naturales en el desarrollo agrícola, urbano, industrial, etc. de la región, estado federativo y el país mismo, que garanticen un aprovechamiento adecuado y

racional de dichos recursos con una visión a largo plazo y de compromiso con las generaciones futuras, es decir, bajo el paradigma del desarrollo sustentable.

En el caso de una carretera ya construida, la aplicación de esta metodología debe ser más flexible ya que la presencia misma de la carretera en la región, si bien puede ser cuestionada, ya es un hecho. Las alteraciones al ambiente en sus diferentes componentes ya han sido provocadas: primero sobre la superficie directa donde se ha desplantado el cuerpo de la carretera donde la cubierta vegetal y el sustrato edáfico se han perdido, las geoformas o formas del relieve ya han sido modificadas de manera permanente para permitir la pendiente del camino mediante la construcción de cortes y terraplenes. Estos tres componentes también han sido alterados en los sitios donde se ubicaron patios de trabajo, bancos de material, bancos de tiro, entronques, pasos vehiculares, caminos de acceso. El patrón de drenaje superficial también se ha visto afectado con la ejecución de todas estas obras, aún cuando se hayan construido obras de drenaje para permitir el paso de los escurrimientos. Y como resultado último la suma de estas modificaciones, entre otras, han tenido también consecuencias sobre el paisaje y su percepción.

Así, el análisis de la región delimitada para este estudio debe partir de la presencia de todos estos factores de cambio, los cuales no siempre se ubican dentro del derecho de vía e incluso ni de la zona aledaña sobre la cual la SCT a través de CAPUFE puede y tiene la obligación de cuidar y conservar, lo que representa la derogación de un presupuesto para tal fin y la ejecución de las obras.

Una vez localizados todos estos factores de cambio, la lectura y comprensión del entorno de la carretera tendrá que realizarse bajo dos enfoques:

1. Análisis de la región como receptor o marco donde se ha emplazado la carretera (autopista)
2. Análisis de la carretera como agente modificador del entorno, es decir, los elementos y características que la presencia de la carretera ha añadido al sitio donde se ha emplazado.

Y en estos mismos términos, en el diagnóstico se buscará:

1. Identificar las influencias de la región sobre la carretera, y
2. Las influencias de la carretera sobre la región.

Así, para la autopista Cuacnopalan – Tehuacan – Oaxaca en el subtramo km 0+000 al km 52+000 la aplicación de esta metodología tiene como objetivos:

1. Identificar y comprender el entorno local y regional donde se encuentra emplazada la carretera.
2. Identificar las modificaciones y/o alteraciones en el entorno local y regional como resultado de la construcción y operación de la carretera.
3. Identificar el potencial ambiental y paisajístico así como los riesgos que se pueden presentar a lo largo de la carretera y su entorno (área de influencia) para el usuario local (población aledaña) y el usuario temporal (automovilista).
4. Identificar los elementos y procesos propios de la región que permitan y coadyuven a la recuperación y mejoramiento ambiental y paisajístico de la carretera (derecho de vía y zonas aledañas) así como del área de influencia de la misma.
5. Generar una propuesta conceptual de manejo paisajístico de la carretera que busque la integración de la misma al entorno, proporcionando seguridad al usuario de la misma e involucrando valores ambientales, sociales y estéticos.

## **7.2. Delimitación del área de Estudio.**

Para la identificación y caracterización ambiental del entorno de la carretera se debe partir del área que por ley le corresponde a la SCT cuidar y mantener para el buen funcionamiento de las carreteras de este tipo. En el caso de la autopista Cuacnopalan –Tehuacan – Oaxaca al ser una carretera tipo A2 el ancho del derecho de vía es de 60 m en total, el cual dependiendo del subtramo puede variar del eje de trazo 20m a la izquierda y 40 a la derecha o 40m. a la izquierda y 20 m a la derecha. De manera adicional y bajo los criterios establecidos por la SCT (SCT, s/f), también se deben considerar 100 m de cada lado a partir del límite del derecho de vía, dando como resultado una franja con un ancho total, incluida el superficie de rodamiento, de 260 m. recayendo su aprovechamiento y control en dicha dependencia y sus centros estatales.

Sin embargo, la construcción, las obras y estructuras de la autopista en muchos casos abarcan más allá de estas áreas, tal es el caso de los bancos de materiales, de tiro, extensión de taludes, caminos de acceso, entre otras. Por otro lado, los procesos naturales y los factores ambientales se presentan a niveles regionales ejerciendo una influencia directa e indirecta sobre la carretera. Razón por la cual, la consideración de un área de estudio mayor a los límites establecidos por la SCT permitirá conocer y evaluar cuáles son las condiciones ambientales y paisajísticas que predominan en las distintas regiones que atraviesa la carretera.

La adecuada síntesis e interpretación del medio físico - natural proporcionará los elementos y datos necesarios que servirán de sustento y guía para la recuperación, conservación y mejoramiento de los valores ambientales y paisajísticos de los sitios afectados por la presencia de la autopista.

El criterio empleado en este caso para delimitar el área de estudio es aquel que considera en primera instancia los rasgos físico - geográficos que permitan definir puntualmente dicha región, es decir, cuencas y/o microcuencas hidrológicas, parteaguas, escurrimientos temporales y/o permanentes, barrancas, cimas de elevaciones, etc. Cuando no es posible tomar como referencia algún elemento natural se elige un parámetro artificial que el hombre haya construido y el cual forma parte del paisaje natural y cultural tales como caminos de cualquier tipo, líneas de alta tensión, canalización de ríos y arroyos, límites de zonas urbanas, etc.

Así, la delimitación del área de estudio se inicia al norte en las cimas de los Cerros Fuente Colorada y San Felipe, las cuales se unen al noreste con las cimas de los cerros más cercanos al tramo Cerro El Huachinango, Cerro Boludo, Cerro Piedra Gorda, Cerro Huizache, Cerro Cimarrón. En este último punto siguiendo la divisoria de aguas se desciende hacia la localidad Llano Grande de Linares, donde seguirá la poligonal establecida para la delimitación del A.N.P. Reserva de la Biosfera Tehuacan –Cuicatlan hasta llegar a la ciudad de Tehuacán en su porción noroeste. En esta zona se unen dos puntos de la poligonal de la reserva para continuar por la misma a lo largo de una terracería en la base de la Mesa San Lorenzo. A partir de este punto, a la altura del kilómetro 45+000 el límite del área de estudio estará definido por los caminos y veredas ubicados al poniente de la zona urbana de la Ciudad de Tehuacan librando la misma así como las localidades ubicadas al este, sureste del tramo (Ver Plano Delimitación Área de Estudio, PLOC).

A la altura del Poblado San Gabriel Chilac se sigue el curso del Río Zapotitlán hacia el sureste, el cual al intersectarse con un escurrimiento afluente del mismo se asciende hacia la cima de un lomerío en dirección oeste (poniente) hasta alcanzar la cima del Cerro La Cuesta. A partir de este punto en dirección al norte el límite poniente se define por un parteaguas secundario que

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

se desarrolla sobre la vertiente oriental de la Sierra de Zapotitán uniendo las cimas de los Cerros El Calvario, La Cantera, Lomas Cuates, Miahuatepec, Mogote Alto, Mojonera Gorda terminando en el Cerro El Sombrerito. En este punto desciende hacia el Valle de Tehuacan en línea recta hasta encontrar un punto de la poligonal de la Reserva de la Biosfera al sueste de la localidad Rancho Grande al sur del poblado Pino Suárez, donde nuevamente el límite del área de estudio sigue la mencionada poligonal. Una vez que libra el poblado de Cuayucatepec, el límite del área de estudio sigue el parteaguas que delimita un pequeño valle al norte del poblado antes mencionado. De ahí asciende a la cima del Cerro Prieto donde se une con las cimas de los Cerros El Alto, Las Cabras, El Aparejo, El Rincón El Gachupín y Agujerado, a partir del cual la poligonal |desciende hacia el Valle del Palmar de Bravo siguiendo el curso de un escurrimiento y posteriormente una serie de caminos y veredas que rodean el poblado de Cuacnopalan para cerrar la poligonal con la cima del Cerro Fuente Colorada siguiendo un escurrimiento que desciende de este.



### **7.3. Análisis del sitio**

Para realizar el análisis del área de estudio y obtener un panorama general de las características ambientales del mismo, se tomó como punto de partida la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad general Carretera Cuacnopalan –Tehuacán - Oaxaca elaborada por la empresa IDDEC S.A. de C.V. en 1993; la MIA modalidad intermedia Carretera Cuacnopalan - Tehuacán – Oaxaca cuyo autor es el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias Regionales de Oaxaca, dependiente del Instituto Politécnico Nacional en 1994; la MIA modalidad general Obras de Modificación, Reconstrucción de Terraplenes y Estabilización de Cortes para la Conservación de la supercarretera Cuacnopalan – Tehuacán – Oaxaca elaborada por Grupo SELOME, S.A. de C.V. en 1996; el Proyecto de Restauración Ecológica de la autopista Cuacnopalan –Tehuacán – Oaxaca, de la empresa Espacios Verdes, S.A. de C.V. en 1996.

Asimismo y con el fin de obtener datos adicionales del área de estudio se revisaron la Síntesis Geográfica del Estado de Puebla (INEGI, 2000) así como la cartografía temática elaborada por el INEGI, escala 1:250,000 (1983 Orizaba E14-9); Monografía geológico-minera del estado de Puebla publicada por la COREMI (1990); las tesis de Licenciatura en Biología “Geomorfología, clima y vegetación del Valle de Tehuacán –Cuicatlán, Pue.-Oax. México”, Ochoa Tejeda, V., F.C., UNAM, 2001, y en Geografía “Las depresiones del sureste de Puebla: las depresiones Tecamachalco-Tehuacán, la depresión Chalchicomula-El Carmen/Chapulco”, Villagómez Hernández, M., FFyL, UNAM, 1974.

A continuación y de manera sintética se hará la descripción de los diferentes componentes ambientales que se revisaron para el área de estudio y que tienen relevancia para la toma de decisiones en materia de manejo paisajístico de la misma.

#### **7.3.1. Clima**

Identificar el tipo de clima que se presenta en el área de estudio delimitada permite conocer el régimen de lluvias, es decir, cuándo llueve y cuánto; las temperaturas medias mensuales, los meses más cálidos y más fríos, que entre otros datos son auxiliares en la elección del tipo de vegetación a emplear en las diferentes obra de mejoramiento ambiental y paisajístico a lo largo de la autopista. Es decir, el clima es un apoyo importante en la elaboración de la paleta vegetal así como en la programación de la ejecución de las plantaciones.

En el caso de la Autopista Cuacnopalan –Tehuacán –Oaxaca, subtramo km 0+000 – 52+000 comprender los fenómenos climatológicos a nivel regional, específicamente del Valle de Tehuacán-Cuicatlán es un factor muy importante ya que las particularidades entre el relieve y el clima que se presentan en esta zona de la República Mexicana, entre otros, son los que han contribuido en la definición de una provincia florística muy importante por su alto grado de endemismo y especies en peligro de extinción principalmente.

Según el análisis del clima que realiza el INEGI en la Síntesis geográfica del Estado de Puebla, al ubicarse este en la zona intertropical dominan los vientos alisios y las temperaturas son altas, pero son condiciones que a su vez son modificadas por otros factores. Así, los vientos alisios, que en general viajan de noreste al suroeste, son húmedos en esta región del país debido a su paso por el Golfo de México, sin embargo sólo producen altas precipitaciones en el noreste, este y sureste de la entidad como resultado de la orientación y altitud del relieve serrano que conforma esas áreas, el cual obliga al viento a ascender, éste se enfría, precipita y continúa su recorrido con menos humedad y produciendo una menor cantidad de lluvia en el resto del territorio; efecto

**LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO**

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

conocido como sombra pluviométrica u orográfica. La cantidad de lluvia y su distribución durante todo el año se debe también a la acción de los ciclones tropicales que incrementan la humedad de los vientos sobretodo a fines de verano y principios de otoño; y de los frentes fríos o nortes que propician la precipitación de invierno principalmente.

A lo largo del área de estudio y conforme se desarrolla la carretera a continuación se describirán los diferentes tipos de climas que se presentan tomando como punto de partida el origen del tramo, es decir, el kilómetro 0+000:

<b>KILOMETRAJE</b>	<b>TIPO DE CLIMA</b> Clasificación según Hernández E. en Carta de Climas Esc 1:500,000	<b>OBSERVACIONES</b>
Km 0 + 000 - 27 + 057 (igualación)	BS <sub>1</sub> kw(w)  BS <sub>1</sub> kw(w)(i')gw"	Valle Palmar de Bravo, incluye las zonas de Sierras Filo de Tierra Colorada hasta llegar al valle de Tehuacan (corresponde al pie de monte). En la Sierra de Zapotitlán al sur del valle del mismo nombre.  Estación Cañada Morelos 21-123
Km 27 + 058 - 42 + 000	BS <sub>1</sub> hw(w)  BS <sub>1</sub> hw(w)(i')gw"	Porción norte del Valle de Tehuacán, noroeste hacia Tenango de López  Estación Tehuacan 21-082
Km 42 + 000 – 62 + 000  Km 62 + 001 – 75 + 000	BS <sub>0</sub> hw(w)	Del centro del valle de Tehuacan al sur, sureste hacia la localidades de Ajalpan y San Sebastián Zinacatepec Y al oeste se extiende sobre el pie de monte de la Sierra de Zapotitlán.
	C(w <sub>0</sub> )(w)	Hacia la Sierra de Zapotitlán Salinas y al norte del valle del mismo nombre en la zona serrana se presenta este clima. Esta franja se extiende hasta el norte a llegar a Tecamachalco.

Tabla No. 1. Tipos de clima presentes a lo largo de la Autopista Cuacnopalan – Tehuacán – Oaxaca, subtramo km 0+000 – km 75+000

FUENTE: INEGI, Carta de Climas, escala 1:500,000, INEGI, 1998.

BS<sub>1</sub>kw(w)(i')gw"

Clima semiseco templado, considerado como intermedio entre los muy secos y los cálidos debido a su cantidad de precipitación. Se caracterizan por presentar un verano caliente con temperaturas medias anuales de 12° a 18°C y precipitaciones totales anuales inferiores a 600 mm. La temporada importante de lluvias se presentan en el verano con menos del 5% de la precipitación

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

anual en invierno, las lluvias se presentan en dos épocas separadas por una época seca corta en el verano y una larga en la mitad fría del año (canícula) ; poca oscilación térmica de 5 a 7°C y el mes más cálido se presenta antes del solsticio de verano (marcha ganges).

$BS_1hw(w)(i)gw''$

Clima semiseco semicálido con temperaturas medias anuales que oscilan entre los 18°C y 22°C,, invierno fresco, temperatura del mes más caliente de 18°C y una precipitación total anual entre 400 y 800 mm. Se presentan lluvias de verano y menos del 5% de la precipitación anual en el invierno, presenta canícula y marcha ganges.

$BS_0hw(w)$

Clima seco semicálido con temperaturas medias anuales entre 18° y 22°C y precipitación total anual entre 300 y 500 mm; lluvias de verano y precipitación invernal menor al 5%, invierno fresco con una temperatura media del mes más frío menor a 18°C.

$C(w_0)(w)$

Clima templado subhúmedo con lluvias en verano y precipitación invernal menor al 5%, siendo el más seco del grupo. La temperatura media anual varía entre los 12° y 18°C y la precipitación total anual varía en un rango entre los 600 y 1000 mm.

En la tabla se observa el predominio de los climas Secos (B) subtipo semiseco dentro del área de estudio, siguiéndole el clima semiseco, subtipo semiseco templado. Y en cuanto al templado este se presenta en las partes altas de las elevaciones específicamente en porción norte, noroeste de la Sierra Zapotitlán hacia Tecamachalco.

De acuerdo con la MIA Modalidad Intermedia (CIIDIR – Oaxaca, 1994) señala que en la semiaridez que caracteriza a esta región la situación geográfica no juega un papel determinante pues la ubicación no está dentro del cinturón mundial de los desiertos (entre los 20° y 40° Latitud Norte). Sin embargo, señala que el relieve si influye de manera importante. Así, la Sierra Madre Oriental constituye una barrera para las lluvias causadas tanto por los vientos alisios húmedos como por los ciclones que provienen del Golfo de México, y la Sierra Madre del Sur impide el paso de las lluvias derivadas de ciclones del Océano Pacífico, y el Eje Volcánico Transversal que, conjuntamente con la Sierra Madre de Oaxaca, impide el paso de los llamados “nortes”. Cabe mencionar que los vientos alisios son los que aportan, junto con los ciclones tropicales, la mayor cantidad de lluvia en esta zona. De acuerdo con Ochoa Tejeda (2001) los ciclones que se originan en el Atlántico (especialmente en el Caribe y Golfo de México son los que tienen mayor influencia en el área de estudio y que existe una estrecha relación entre el número de ciclones que inciden en esa zona y la precipitación total anual.

La mayoría de la lluvia se presenta durante una estación que normalmente inicia a principios de mayo aumentando en junio, disminuye hacia julio y agosto y puede ocurrir nuevamente en el mes de septiembre. No obstante, los valores registrados en las estaciones climatológicas cercanas al trazo de la carretera presentan valores promedio en un periodo de 20 años de 309.5 mm hasta 479.4 mm, lo que permite concluir que la lluvia es escasa e irregular con fuertes diferencias entre un año y el siguiente.

En lo que se refiere a la temperatura, Ochoa Tejeda (2001) encontró una correlación entre la altitud y la temperatura de la zona estableciendo que las condiciones de temperatura cambian inversamente con la altitud de las estaciones climatológicas ubicadas en el valle de Tehuacán. Es decir, que a menor elevación es mayor la temperatura media, así en las partes más baja del valle de presentan valores mayores a 22°C y menor de 18°C en las partes altas de las sierras. La

temperatura más baja ocurre en diciembre y enero (15.3 a 16 °C en la estación Tehuacan- 21-082; 11.3 a 11.6 °C en la estación Cañada Morelos, 21-123) mientras que abril y mayo son los meses más cálidos (20.8 a 21.1 °C; 16.8 a 17.4 °C, respectivamente).

En general, los climas son secos con lluvias escasas e irregulares con fuertes diferencias entre un año y el siguiente, oscilaciones térmicas diurnas, insolación intensa, humedad atmosférica baja y por ende una evaporación ambiental alta que sobrepasa la precipitación.

### **7.3.2. Geomorfología.**

El relieve es uno de los componentes del medio físico que condicionan de manera importante los costos de construcción de una carretera debido al movimiento de tierras que se genera y todo lo que esto implica por la construcción de cortes y terraplenes. Y su nivel de importancia esta en función de la pendiente del terreno, es decir, entre mayor pendiente mayor el grado de dificultad en el trazo geométrico y mayor costo en los traslados de material residual no apto para la construcción de terraplenes. Por otro lado, la apertura de cortes y la construcción de terraplenes alteran de manera permanente la forma del relieve sobretodo en los sitios de mayor pendiente y configuración topográfica compleja. La modificación de este componente trae asociados otros tipos de alteraciones tales como el cambio de patrones de escurrimientos superficiales y el paisaje, entre otros.

Desde la perspectiva del conocimiento integral de un territorio, la comprensión del relieve es un factor importante porque de acuerdo con Ortiz Pérez (com. pers.) a partir de la detección de formas de relieve homogéneas, es posible inferir homogeneidad en otras variables ambientales aunque ésta relación no es tan directa en todos los casos. El sustrato rocoso, el relieve y los suelos se modifican con el tiempo geológico y tienden a ser más estables. La vegetación y el uso del suelo, en cambio son variables más dinámicas, especialmente considerando la influencia antropogénica. Del mismo modo Ian McHarg (1969) apunta que una forma de delimitar de manera clara una porción del territorio con características particulares es la identificación de regiones fisiográficas.

Otro de los aspectos relevantes que reviste el análisis del relieve es que a nivel regional es uno de los componentes de la escena paisajística más importantes, ya que es la base sobre la que se desarrollan las pautas de visibilidad. De acuerdo con Barba Casanova (1996) el espacio a escala regional se reconoce como entidad volumétricamente definida por el relieve. Entonces el relieve se estudia como soporte físico de permanencias, como ámbito de partida sujeto a modificaciones en las características visuales y orden en general, producto de cualquier intervención, es decir, como marco o contexto sobre el que destacan unos usos o arquitecturas. Y como un componente que aportaría recursos visuales y competiría con la intervención mostrando sus volumetrías.

Así, en el caso del manejo paisajístico de una carretera ya construida el relieve juega un papel muy importante, ya que por un lado permite, la comprensión del ambiente al ser el parámetro rector en la definición de unidades ambientales. Y por otro, define las cuencas visuales, lo que permite estimar de manera cualitativa la calidad paisajística de la región y con ello identificar los sitios con potencial como miradores, las zonas paisajísticamente más frágiles, así como la capacidad del paisaje para absorber las modificaciones a algunos de sus componentes, entre otras características.

La carretera, como ya se ha mencionado en otros apartados, al ser una obra de carácter lineal atraviesa por diversas formas del relieve cuyas pendientes definen la percepción del usuario temporal (automovilista) principalmente, a lo largo del trayecto como resultado del trazado del

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

camino sobre el mismo. Sin embargo, el análisis de este componente ambiental como componente paisajístico se tratará en el apartado relativo al paisaje.

El INEGI elabora una cartografía temática denominada “Regionalización Fisiográfica” a Escala 1:250,000 y 1: 500,000 que puede ser tomada como punto de partida para la identificación de unidades homogéneas del relieve. En este trabajo se decidió hacer una segunda diferenciación del relieve a escala 1:50,000, la cual permite tener mayor detalle del mismo.

Esta clasificación se elaboró bajo la dirección y asesoría del Dr. Mario A. Ortiz Pérez, Jefe del departamento de Geografía Física del Instituto de Geografía en el período 2001-2004. Y debido al alcance de este proyecto de tesis se realizó como una identificación y delimitación preliminar susceptible a modificaciones y a un mayor detalle de tipo descriptivo en lo que se refiere a los procesos que modelan esas geofomas. Sin embargo, esta versión permite una lectura sencilla del relieve y la interacción y las relaciones que este entabla con la carretera y viceversa.

<b>CLASIFICACIÓN DE FORMAS DEL RELIEVE</b>	
<b>Esc 1:50,000</b>	
<b>KILOMETRAJE</b>	<b>GEOFORMA</b>
Km 0 +000 – 0+600	Pie de monte
Km 0+601 – 1+000	Elevaciones menores
Km 1+001 – 2+400	Pie de monte
Km 2+401 – 2+850	Elevaciones menores
Km 2+851 – 3+200	Pie de monte
Km 3+201 – 3+700	Elevaciones menores
Km 3+701 – 4+125	Pie de monte
Km 4+125 - 5+550	Elevaciones menores
Km 5+551 – 7+350	Pie de monte
Km 7+350 – 7+750	Elevaciones menores
Km 7+751 – 8+500	Pie de monte
Km 8+501 – 10+000	Planicie acumulativa de nivel base
Km 10+001 – 16+300	Pie de monte
Km 16+301 – 18+800	Valle intermontano
Km 18+801 –18+900	Pie de monte
Km 18+900 – 20+250	Elevaciones Menores
Km 20+251 – 20+550	Valle intermontano
Km 20+551 – 21+550	Elevaciones menores
Km 21+551 – 21+800	Valle intermontano
Km 21+801 – 24+000	Elevaciones menores
Km 24+001 – 24+200	Valle intermontano
Km 24+201 –	Elevaciones menores

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

24+600	
Km 24+601 – 24+700	Pie de monte
Km 24+701 – 27+150	Barranca
Km 27+151 – 29+075	Pie de monte
Km 29+076 – 34+400	Planicie estructural mesiforme
Km 34+401 - 41+400	Planicie Lacustre
Km 41+401 - 46+200	Planicie estructural de travertino
Km 46+201 – 46+400	Planicie Lacustre
Km 46+401 – 46+700	Pie de monte
Km 46+701 – 49+450	Planicie Lacustre
Km 49+451 – 52+000	Pie de monte

TABLA No. 2. Clasificación de formas del relieve sobre el mapa topográfico, esc 1:50,000 a lo largo de la Autopista Cuacnopalan – Tehuacan – Oaxaca, subtramo km 0+000 – km 52+000.

ELABORACIÓN: Dr. M. A. Ortiz Pérez, E. Miranda Linares

Planicie acumulativa de nivel base.

Superficie formada por depósitos exógenos (aluviales, eólicos, proluviales, lacustres, etc) cuya configuración es un plano horizontal o de poca inclinación por encima del cual el proceso acumulativo cesa e inicia el erosivo. Esta unidad se presenta en el denominado Valle del Palmar de Bravo, en la porción este del Valle de Tecamachalco y marca el límite con otra cuenca.

Planicie Lacustre.

Es una superficie equivalente a un plano horizontal o de poca inclinación conformada por depósitos lacustres. Esta planicie abarca lo que se conoce como Valle de Tehuacán.

Planicie Estructural Mesiforme.

Terreno elevado y llano, usualmente tienen una estructura tabular o monoclinal ligeramente inclinada, es originalmente de carácter acumulativo sedimentario y después afectado por una fase de actividad tectónica que propicia los cambios de niveles de base. Consiste de estructuras sedimentarias que originalmente fueron depositadas en cuencas, valles u hondonadas. Es una llanura preexistente que ha sido elevada por movimientos tectónicos y cuya superficie y escasa pendiente favorece la acción de los procesos de denudación planar.

Planicie Estructural de Travertino.

Superficie denudatoria conformada por Travertino.

Estos dos tipos de planicies se presentan como zonas de transición entre el pie de monte y la planicie Lacustre correspondiente al Valle de Tehuacan, como una especie de escalón.

Pie de Monte.

Superficie marginal a las montañas de las que se distingue por una fuerte pendiente y alturas considerablemente menores. La forma y estructura del pie de monte esta constituido por capas potentes de sedimento, principalmente proluviales de perfil ligeramente convexo o disecado por barrancos.

#### **Barranca**

Forma lineal del relieve, estrecha con laderas abruptas, con frecuencia ramificándose hacia la cabecera con las márgenes carentes de vegetación. Se distingue de los valle porque son propios de desarrollarse en depósitos sedimentarios consolidados, se emplazan en zonas de articulación o piedemontes que aprovechan cualquier declive para originar la erosión remontante o regresiva a costa de crecimiento de la cabecera, que actúa como salto de agua socavando cuesta arriba. La extensión corriente arriba se lleva a cabo junto con los tributarios con el acrecentamiento del barranco ramificado. Se reconocen varias etapas de desarrollo, pero los mecanismos clásicos son la erosión lineal y lateral. El problema es que en su crecimiento propician la erosión de suelos en surcos, cárcavas y abarrancamientos con la destrucción de tierras circundantes.

#### **Valle intermontano.**

Forma negativa del relieve equivalente a una depresión estrecha, alargada, formada esencialmente por procesos erosivos. Los valles intermontanos son las corrientes que reconocen la trayectoria entre las elevaciones montañosas de un complejo orográfico o de una sierra, son alimentadas con los aportes de cuando menos dos vertientes. En sección transversal pueden tener cualquier forma, pero la más común o idealizada es la de una “U”.

Ambos valles identificados pueden caracterizarse como asimétricos, es decir, que poseen laderas distintas en cuanto a pendiente (una de mayor inclinación que la otra), longitud y morfología (una recta y otra escalonada). La asimetría puede deberse a la exposición de las laderas, a una erosión fluvial más intensa hacia una ladera, a la estructura geológica y a otros factores.

#### **Elevaciones menores**

Forma positiva del relieve en la que se reconocen una cima, laderas y pie. Es un término de utilización libre, aplicado a lomas, colinas, montañas, cadenas, formas de levantamiento amplias e indeterminadas en las planicies.

En este caso la Sierra Filo de Tierra Colorada, Sierra El Monumento y la Sierra de Zapotitlán son consideradas como elevaciones menores.

### **7.3.3 Geología. Sustratos Litológicos**

Los diferentes sustratos litológicos que se presentan a lo largo de una carretera ya construida tienen relevancia cuando en el trazo se presentan zonas de relieve abrupto, de fuerte pendiente y que son atravesados en la mayoría de los casos por requerimientos del proyecto geométrico. La apertura de taludes, la conformación de terraplenes y la disposición de material residual son las actividades y obras en las que el conocimiento de la naturaleza y características de los materiales e incluso su origen es un factor determinante en la definición de relaciones causales entre éstos y la presencia de problemas de estabilidad de taludes principalmente, sobretodo en los cortes.

#### **Ki (cz) Caliza.**

Unidad que consta de una caliza de color gris a gris oscuro que intemperiza en gris plomo, con fracturas rellenas de calcita plegada y fallada en estratos de 70 cm a 2 m, ocasionalmente se

encuentra interestratificada con capas arcillosas que incluyen nódulos y bandas de pedernal y margas de color crema.

La caliza es una roca sedimentaria que está compuesta principalmente por  $\text{CaCO}_3$  y una cantidad menor de otros minerales como: arcilla, cuarzo, dolomita, sulfuros u óxidos de hierro, carbón, asfalto y, con mucha frecuencia, conchas de animales. La caliza se disuelve con gran facilidad, de modo que el agua de lluvia que cae sobre la misma se filtra rápidamente hacia debajo de la superficie donde abre canales de solución, cavidades y cavernas, las cuales son agrandados por la acción del agua subterránea. La mayoría de las calizas se clasifican como rocas duras y contienen arcillas insolubles que se quedan en las fracturas, en los huecos formados en la superficie de la capa de caliza parcialmente disuelta y entre estratos de caliza. Estas arcillas se convierten en lodos resbalosos facilitando el deslizamiento de los bloques, especialmente durante las estaciones lluviosas del año. Así, aunque la caliza es considerada como una roca dura y, por consiguiente, se podría suponer que es un tipo de roca que ofrece pocos problemas, la experiencia de los ingenieros civiles con calizas, indica que, en realidad, éstas pueden originar considerables dificultades.

La calcita plegada es el principal mineral en calizas, en donde se encuentra mezclada con arcilla. La calcita es un material de relleno que se encuentra en las diaclasas en las calizas. Las diaclasas son planos de debilidad en rocas duras, y en la cual a diferencia de la falla no ha registrado movimiento a lo largo del plano de debilidad. Las diaclasas permiten que el agua se mueva a través de la roca transportando y depositando minerales en solución y rellenando fracturas.

En cuanto a las margas éstas son rocas sedimentarias no consolidadas de grano fino, que se encuentran originalmente en forma de lodo depositado en el fondo de los lagos o el mar. Estos lodos pierden agua gradualmente a medida que el peso del sedimento se acumulan en esta zona, se reduce su humedad y al secarse se compactan, pero no en el mismo grado que lo hacen las pizarras arcillosas y las fangolitas. Las margas son una mezcla de arcilla con una pequeña cantidad de carbonatos o sulfatos.

#### Ks (cz-lu)

Unidad que consiste en una intercalación de calizas y lutitas dispuestas en estratos delgados; las calizas son de textura wackstone y las lutitas son calcáreas, de color amarillo ocre a gris verdoso.

Lutita, es un término general que se aplica a cualquier roca sedimentaria de grano fino, como la pizarra arcillosa y la fangolita. Las lutitas se caracterizan por presentar una estructura laminar que permite la realización de cortes y excavaciones con facilidad, pero por otro lado presentan intercalaciones de arcillas, las cuales le proporcionan un alto grado de impermeabilidad a todo el sustrato geológico en su conjunto.

Al impedir el paso del agua de lluvia, ésta tiende a correr por la superficie en su camino a los ríos en lugar de penetrar a la tierra y saturarla. Sin embargo, ésta misma característica provoca, que cuando las lutitas se dejen expuestas al intemperismo, el agua hidrata esas capas arcillosas expandiéndolas y convirtiéndolas en lodo, lo cual a su vez desencadena frecuentemente en deslizamientos de material.

#### Ti (ar-cg)

Unidad que se caracteriza por presentar una alternancia de areniscas de grano fino a mediano, con cementante calcáreo y aglutinante arcillosos, y conglomerados oligomícticos dispuestos en espesores de 2 a 10 m. Las areniscas presentan estratificación gradada, son calcáreas.

El conglomerado es un material poroso y muy duro, razón por la cual se considera, una roca estable, en cortes abruptos, debido a su buen drenaje. Esta misma característica la comparte cuando se presenta combinada con arenisca. Sin embargo, es importante señalar que la porosidad y dureza de la arenisca está en función de su grado de cementación, así como del cementante presente en su composición pudiendo variar su estabilidad.

#### **7.3.4. Drenaje Subterráneo.**

La relevancia de identificar la presencia de materiales consolidados o no consolidados con posibilidades altas, medias o bajas de contener agua económicamente aprovechable es la de reconocer a lo largo de una carretera ya construida cuales son los sitios que, debido a su ubicación en alguna de estas unidades definidas por INEGI, pueden representar un riesgo de contaminación tanto de suelos, zonas de recarga, acuíferos, zonas de pozos por mal manejo de combustibles, sustancias peligrosas o disposición inadecuada de residuos, entre otros. La presencia de este tipo de insumos o residuos está en función del tipo de instalaciones que se emplazaron a lo largo de la carretera durante su construcción y que posteriormente fueron abandonados o de los que por razones de mantenimiento de la carretera seguirán funcionando.

El tramo carretero comprendido entre los kilómetros km0+000 al km 52+000 se desarrolla sobre tres unidades:

##### Material Consolidado con posibilidades bajas

Está constituida por rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. En el área de estudio se presentan éstas últimas y son depósitos clásticos-arcillosos, carbonatados y evaporíticos. Los primeros están formados por conglomerado, lutita-arenisca, arenisca y arenisca-conglomerado, cementados por carbonato de calcio, sílice y óxido de hierro, con intemperismo somero, fracturamiento escaso y permeabilidad baja; las unidades arcillosas están intercaladas con arenisca y caliza, dispuestas en estratos delgados. Los depósitos carbonatados corresponden a las unidades de caliza fosilífera, cárstica, con intercalaciones de lodo calcáreo y horizontes arcillosos con fracturamiento escaso a intenso, en capas delgadas a masivas.

Es importante mencionar que otro factor que influye en la infiltración el agua al subsuelo es la pendiente del terreno, así de manera adicional a las características del material dependerá del mayor o menor grado de inclinación de las laderas para incrementar o reducir las posibilidades de infiltración del agua pluvial.

##### Material no consolidado con posibilidades bajas

Se incluyen en esta categoría a las rocas y sedimentos clásticos, que debido a su escasa porosidad y fracturamiento, o alto contenido de arcillas, permiten escasamente la circulación del agua a través de ellas, y aunque pudieran absorber cantidades considerables de agua, son incapaces de cederla de manera suficiente. De estos materiales sólo se pueden aprovechar o extraer volúmenes de agua muy reducidos, tan sólo para uso doméstico en pequeñas comunidades.

##### Material no consolidado con posibilidades altas

Esta compuesta por depósitos sedimentarios continentales de material gravoso, arenoso, limoso y arcillosos, con intercalaciones de travertino y yeso, su granulometría es de grano grueso y fino

con textura arenosa y arenosa-arcillosa; se encuentran mal cementados y sus espesores son de 60 a 80m, en ella se han desarrollado acuíferos libres.

El Valle del Palmar de Bravo y el Valle de Tehuacan- Zinacatepec son de origen tectónico en los cuales se formaron lagunas. En el primero se fueron rellenando por material conglomerático y aluvial de textura arenosa y gravosa en la que se desarrolló un acuífero de tipo libre cuya recarga proviene de las montañas. Este valle pertenece a la Zona Geohidrológica de Tecamachalco cuyo acuífero está constituido en su parte superior por depósitos aluviales no consolidados como arenas, limos y arcillas derivados de la erosión de las rocas calcáreas con un espesor de 60 a 200 m. La permeabilidad general de los materiales varía de media a media-alta. En su parte inferior existen calizas arrecifales de alta permeabilidad secundaria. El basamento geohidrológico lo constituyen caliza arcillosa, lutita y arenisca casi impermeables. Esta zona del Valle de Tecamachalco, según INEGI en la versión actualizada de la Síntesis Geográfica del estado en 2000, presenta severos problemas de sobreexplotación

El valle de Tehuacán fue rellenado por materiales detríticos de permeabilidad alta con interdigitaciones evaporíticas; ahí se formó un acuífero libre que se explota por pozos. En su parte superior, el acuífero está formado por depósitos aluviales con espesor que varía desde pocos metros hasta 50 m. La parte inferior del acuífero está compuesta por clastos calcáreos, yesos y conglomerados, con espesor de 100 a 200 m. En el área de la ciudad de Tehuacán, la parte superior del acuífero está constituida por travertinos muy porosos y permeables, con oquedades de gran tamaño, que alimentan a numerosas galerías filtrantes y a manantiales que descargan aguas mineralizadas. En este caso INEGI (2000) señala que si bien el acuífero de este valle se encuentra en equilibrio, presenta tan sólo un excedente de 5 millones de m<sup>3</sup> y que representa un equilibrio muy precario y fácil de romper.

Tal y como INEGI (2000) clasifica en cinco rangos de permeabilidad los diferentes materiales que se presentan formando los sustratos litológicos del país, también hace una distinción entre la roca coherente a la que denomina como materiales consolidados mientras que a los materiales sueltos los nombra como materiales no consolidados.

### **7.3.5 Suelos.**

El suelo o sustrato edáfico es uno de los componentes ambientales que más sufren alteraciones durante la construcción de una carretera, más aún, la pérdida total de éste es el destino más probable. El suelo es un recurso poco cuidado durante las obras y su resguardo y buen cuidado pueden derivar en su posterior uso en las labores de recuperación ambiental o reforestación de las áreas afectadas y en el éxito de estas acciones. En el caso de una carretera ya construida, la identificación de los diferentes tipos de suelos que se presentan a lo largo de la misma y sus características nos pueden ayudar a identificar cuáles son más frágiles o vulnerables ante la presencia de la carretera y sus obras de apoyo. Por ejemplo, los terrenos aledaños a bancos de material con cierta pendiente, cierto tipo de suelo, de vegetación y uso de suelo serán más vulnerables que aquellos de menor pendiente.

Las condiciones ecológicas contrastantes en el estado han favorecido un mosaico edáfico variado en el que es posible encontrar una diversidad de unidades de suelo. Su formación se debe a la acción combinada de diversos factores: clima, material parental, relieve, organismos y tiempo.

Así, en cuanto a la relación clima-suelos, para las partes más secas del sureste del estado se desarrollan predominantemente los xerosoles y litosoles. En cuanto al material parental también tiene una fuerte influencia en la formación de suelos, por ejemplo, los suelos rendzinas se

desarrollan sobre rocas sedimentarias calcáreas. El relieve en sus pendientes más inclinadas no permiten la acumulación de suelos, por lo que éste es poco profundo o muy somero como los litosoles y rendzinas; en lugares de poca pendiente y más estables aparecen regosoles, vertisoles y feozems. Los seres vivos –fauna, cobertura vegetal boscosa, microorganismos- ejercen especialmente su influencia en la acumulación y descomposición de la materia orgánica para la formación de humus. Consecuentemente donde existe una baja cobertura vegetal, los suelos no son ricos en materia orgánica. Con respecto al factor tiempo, la mayor parte de los suelos del estado son jóvenes, con perfiles poco evolucionados, como regosoles, litosoles, rendzinas y xerosoles, entre otros.

A lo largo de la carretera y en el área de estudio se presentan los siguientes tipos de suelo de manera dominante, los cuales se describirán del origen del tramo hacia el kilómetro 52+000:

#### Xerosol

Estos suelos se localizan en las zonas de clima seco de la entidad, se caracterizan por presentar una capa superficial de color pardo o pardo pálido y tienen texturas medias o finas. Son fundamentalmente de origen aluvial, pero también hay de origen residual, derivados de rocas sedimentarias (calizas, areniscas y conglomerados). La baja precipitación en estas zonas ha dado lugar a que los procesos transformadores del suelo se efectúen con mucha lentitud, pues a través de los mismos únicamente pasa una mínima cantidad de agua que no provoca la pérdida de materiales por lavado; por esto las cantidades de bases tales como calcio, magnesio y potasio son considerables. A diferencia de lo anterior, la materia orgánica aportada por la vegetación natural es humidificada con rapidez, por lo que su contenido es bajo. La productividad de estos suelos está en función de la cantidad de agua que se les proporcione.

Xerosol cálcico. Presenta un horizonte cálcico. Se distribuye en el Valle del Palmar de Bravo en el pie de monte así como en la planicie acumulativa de nivel base.

#### Litosol.

Los litosoles son suelos extremadamente delgados, menores de 10 cm., limitados en su profundidad por un estrato rocoso o tepetate. Esta escasa profundidad se debe frecuentemente, a las condiciones topográficas de las zonas donde se desarrollan, pues las pendientes abruptas no permiten la acumulación de las partículas del suelo a medida que éstas se forman. Las condiciones climáticas y la vegetación no han tenido gran influencia en el intemperismo de las rocas subyacentes –algunas veces muy resistente- de las cuales se originan, por lo que están débilmente desarrollados y no tienen horizontes diagnósticos. Subyacente se encuentra la roca madre dura, de la cual dependiendo de su naturaleza le confieren el color al suelo y al que también contribuye aunque en menor medida las condiciones ecológicas. Presenta una textura fina cuando derivan de roca caliza, y el drenaje en estas zonas depende de la naturaleza de la roca madre, la fracturación de ella y muy poco del suelo. Muchas de éstas presentan procesos de erosión en distintas intensidades.

Ochoa Tejeda (2201) identificó que en el Valle de Tehuacan – Cuicatlán se presentan zonas donde debido a su diferencia altitudinal y fuertes pendientes el tipo de suelo es poco desarrollado, muy delgado y poca materia orgánica. Razón por la cual es posible relacionar que en las elevaciones menores (Sierras) se presente el suelo litosol, el cual presenta dichas características

Este tipo de suelo se presenta principalmente cubriendo las elevaciones menores (E.M.) y los dos valles intermontanos (Barranca Tres Encinos y Pitláhuatl) y en muy pequeñas porciones en el pie

de monte, sobretodo en las zonas de contacto con las elevaciones siguiendo un patrón muy vinculado a la roca madre.

#### Rendzina.

Este tipo de suelo se caracteriza por su formación sobre materiales con abundantes cantidades de carbonatos de calcio, como las rocas calizas, algunas lutitas y conglomerados; por lo cual tienen cantidades altas a muy altas de calcio. El drenaje interno es moderado a excesivamente drenado, por lo general son muy ricos en materia orgánica.

Las características mencionadas confieren una alta fertilidad natural a estos suelos, pero su utilización se ve restringida ya que se encuentran limitados por un lecho rocoso o una capa de caliche a menos de 50 cm de profundidad; además, el que se encuentren en sierras y lomeríos representa grandes riesgos de erosión.

Este tipo de suelo se distribuye en el área de estudio hacia la vertiente del Valle de Tehuacán sobre el pie de monte sur de la Sierra Filo de Tierra Colorada y en ambas planicies estructurales. Aunque en la P.E. mesiforme cuando se presenta material consolidado (en este caso arenisca-conglomerado) la rendzina se asocia con litosol, mientras que en material no consolidado (suelo aluvial) se asocia con vertisol pélico. En el caso de la P.E. de Travertino la rendzina desciende hacia la planicie lacustre sólo en una pequeña porción al suroeste en una especie de transición de las diferentes unidades del relieve.

#### Vertisoles

Estos suelos se han originado de rocas areniscas, calizas o ígneas básicas, que al ser intemperizadas forman materiales moderadamente finos (migajones arcillosos o arcilloarenosos) o muy finos (arcillas). De color gris oscuro en el caso del vertisol pélico. Son de ligera a moderadamente alcalinos y están completamente saturados con cantidades muy altas de calcio, altas a muy altas de magnesio y bajas a moderadas de potasio. Dichas características proporcionan una alta fertilidad a los vertisoles; sin embargo, su utilización en las actividades agropecuarias se ve limitada con frecuencia por el alto contenido de arcillas expandibles (montmorilonita), que ocasiona un drenaje lento, como consecuencia, el encharcamiento en la temporada de lluvias; mientras que en la época de seca del año se agrietan y endurecen, dificultando su manejo. A pesar de esto, si se utiliza la tecnología adecuada se pueden obtener altos rendimientos.

Este tipo de suelo se distribuye sólo en el Valle de Tehuacán sobre la planicie Lacustre y en muy pequeñas porciones sobre el pie de monte en la zona de contacto con la planicie.

#### **7.3.6. Vegetación.**

La vegetación es el componente ambiental y paisajístico más sensible ante cualquier tipo de actividad o acción humana. En el caso de una carretera, durante su construcción se registra una pérdida casi total en lo que se refiere al área de desplante del cuerpo de la carretera, en los patios de trabajo, maquinarias, campamentos (cuando se llegan a instalar), bancos de material, bancos de tiro. Y este significativo porcentaje de pérdida es el resultado principalmente del alto costo que representaría el rescate de las plantas ubicadas en esas áreas, su traslado, cuidado y mantenimiento en un sitio especial durante la obra para posteriormente utilizarse en las labores de reforestación y recuperación de las áreas afectadas. Así, en la mayoría de los casos en el presupuesto de las carreteras no existe una partida para estas actividades.

La identificación de los distintos tipos de vegetación, en el caso de una carretera construida y con el antecedente de una muy probable pérdida significativa de individuos (plantas), se convierte en una tarea muy relevante que permitiría en un alto grado la recuperación ambiental y paisajística de las áreas afectadas debido al papel tan importante que juega la vegetación en ambos procesos. De este modo, las plantas cumplen con varias funciones a lo largo de una carretera además de contribuir a la seguridad del usuario y el buen aspecto del camino. El conocimiento y reconocimiento de las diferentes especies vegetales que se desarrollan a lo largo de la carretera también son necesarios para la elaboración de paletas vegetales que permitan el diseño de módulos de reforestación así como el diseño del paisaje a lo largo de la carretera.

El conocimiento de la composición, diversidad y estructura de la comunidad vegetal son algunos de los datos más importantes que se requieren para la elaboración de módulos de reforestación. Dichos módulos tienen como objetivo reproducir, en la medida de lo posible y por supuesto en una menor escala, la estructura y funcionamiento de una determinada comunidad vegetal con las implicaciones que esto representa tanto en el aspecto funcional (ecológico) como formal (paisajístico).

Sin embargo, para este caso de estudio sólo se describirán brevemente el tipo de vegetación que se presentan dentro del área de estudio así como las interrelaciones encontradas con el resto de los componentes ambientales.

El empleo de vegetación nativa en los proyectos de recuperación ambiental y manejo paisajístico, en este caso de una carretera construida, representa por un lado la conservación de dicho recurso en la zona, un mayor grado de supervivencia en las plantaciones, un menor costo por el bajo mantenimiento una vez establecidas, la integración al paisaje, entre las más sobresalientes.

La zona geográfica donde se localiza la autopista Cuacnopalán-Tehuacán-Oaxaca está influenciada por varios factores geográficos tales como la orografía, la altitud y el clima, los cuales según INEGI (1998) en gran medida han condicionado el establecimiento de los diferentes tipos de vegetación que se presentan a lo largo de dicha carretera. La complicada topografía, es decir, la distribución y alineación de las sierras y sus diferencias altitudinales, dan como resultado un mosaico climático que junto con la temperatura y la precipitación propician condiciones especiales en el ambiente.

La conformación y ubicación de la Sierra Madre Oriental, del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, en conjunto constituyen un obstáculo para las masas de aire cargado de humedad lo que provoca que en esta zona geográfica se registren climas secos y semisecos los cuales se caracterizan por escasas precipitaciones pluviales.

Según lo reportado en las cartas de INEGI escala 1:250 000 en el área de estudio se presentan 6 tipos de vegetación, a esta clasificación se le añade una séptima, la cual engloba a la vegetación introducida (zonas dedicadas a la agricultura, ganadería e incluso zonas urbanas):

Tipos de Vegetación presentes en el área de estudio	
1	Bosque de Tascate
2	Matorral Desértico Rosetofilo
3	Matorral Crasicaule
4	Mezquital
5	Chaparral
6	Pastizal inducido

Tabla No. 3. Tipo de vegetación presentes en el área de estudio.

FUENTE: INEGI, Carta de Vegetación y Uso de Suelo, INEGI, 1981

#### Bosque de Tascate

Es una comunidad vegetal formada por individuos escuamifoliados del género *Juniperus*, se desarrolla principalmente en contacto con bosque de encino, pino-encino, selva baja caducifolia y matorrales y prospera en condiciones ecológicas diversas.

Esta comunidad, dentro del área de estudio, se encuentra distribuida en forma de manchones ubicados en las elevaciones menores norte y suroeste que delimitan el valle del Palmar de Bravo. Según la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Intermedia (CIIDIR – Oaxaca, 1994) el estrato superior con una altura máxima de 4 metros esta formado por *Juniperus deppeana*, *Rhus terebinthifolia* y *Acacia schaffneri* y en el estrato inferior, menor a 2 m., predominan *Rhus standleyi*, *Berberis quinquefolius*, *Agave spp.*, *Opuntia spp.*, *Aristida pansa*, *Bouteloua gracilis*.

#### Matorral desértico rosetófilo (MDR)

Es una agrupación vegetal donde predominan las plantas con hojas largas, en algunos casos carnosas, espinosas y cuya disposición es en forma de roseta con tallos reducidos tales como *Hechtia*, *Nolina* y *Agave*. Se desarrolla sobre suelos claros, pobres en materia orgánica, poco profundos y pedregosos, de tipo Xerosol, originados a partir de rocas sedimentarias como calizas y lutitas.

El Matorral Desértico Rosetofilo es el tipo de vegetación que presenta una mayor cobertura dentro del área de estudio y bajo tres fisonomías: matorral subinermes, matorral crasi-rosulifolio e izotal. Se distribuyen principalmente en las elevaciones menores sobre suelos tipo Litosol y algunas porciones del pie de monte en la zona de transición entre estos dos tipos de geoformas sobre suelos Rendzina y Xerosol.

- El matorral subinermes se caracteriza por ser una comunidad por plantas espinosas o inermes cuya proporción de una a otras es mayor del 30% y menor del 70%. Este tipo de fisonomía es la que predomina dentro del área de estudio y se presenta desde los 1600 msnm hasta los 2400 msnm tanto en las elevaciones que delimitan la depresión comúnmente denominada Valle Palmar de Bravo como en las del Valle de Tehuacan. En la vertiente sur de la Sierra “El Monumento” también se presenta sobre la Planicie Estructural Mesiforme sobre suelos tipo rendzina.
- El matorral crasirosulifolio es una asociación de plantas con hojas dispuestas en rosetas, carnosas y espinosas tales como: magueyes (*Agave pp.*), guapillas (*Hechtia sp.*), lechuguilla (*Agave lecheguilla*), espadín, (*Agave striata*), sotol (*Dasyllirion sp.*).
- El izotal es el matorral que se encuentra dominado fisonómicamente por los denominados izotes (*Yucca sp.*) En este caso los izotales dentro del área de estudio están formados por la especie *Yucca periculosa* acompañados por *Prosopis laevigata*, *Karwinskia sp.*, *Dasyllirion sp.*, *Opuntia sp.*, *Agave sp.*, *Hechtia sp.*, y *Turnera difusa* entre las especies más características. En su composición también intervienen plantas de los géneros *Mimosa*, *Acacia*, *Senna*, *Mammillaria*, *Echinocactus*, *Ferocactus*, *Gimnosperma*.

Este tipo de izotal se presenta de manera intercalada con el matorral crasirosulifolio en ambas vertientes de la Sierra el Monumento descendiendo hacia las planicies acumulativas de nivel base y lacustre. En el caso de la vertiente sur entre los kilómetros 24+700 al 34+500, según la MIA Intermedia (CIIDIR Oaxaca, 1994) en el izotal se intercalan cactáceas candelabrifolias como Pachycereus weberi y Myrtillocactus sp, y elementos más comunes en la selva baja caducifolia como Ceiba parvifolia, Bursera morelensis, Celtis sp., y Zanthoxylum sp.

En las cercanías de Tehuacan, el izotal esta conformado además de las especies arriba mencionadas por Bursera arida, Pachycereus hollianus, Pseudosmodium andrieuxii, Ipomoea arborescens, Fouquieria formosa, Stenocereus stellatus y Myrtillocactus geometrizans. En el estrato arbustivo se presenta Zanthoxylum liebmanianum, Condalia mexicana, Karwinskia humboldtiana, Malpighia galeottiana, Agave sp, Dasyliion sp, Mimosa sp, Euphorbia antisiphylitica, Hechtia sp.

INEGI (1998) reporta que el impacto de las actividades humanas han tenido sobre este tipo de comunidad vegetal es significativo debido principalmente al sobrepastoreo, así como desmontes para el establecimiento de la agricultura, también se da un aprovechamiento de algunas partes de las plantas, ya sea para la extracción de fibras, o los frutos mismos, lo que ocasiona la destrucción parcial e incluso total del individuo como por ejemplo: la yuca y el agave. Aunado a esta situación, la erosión del suelo es un grave problema que afecta a muchos sitios donde se desarrolla este tipo de vegetación poniéndola en riesgo.

#### Matorral Crasicaule

Se presenta en las laderas occidentales de la Sierra Madre del Sur, con altitudes que van de 1000 a 1900 m, sobre laderas conformadas por rocas volcánicas y calizas, con suelos someros y de origen aluvial, de colores claros, con bajos contenidos de materia orgánica y pedregosos tipo Xerosol, Regosol y Rendzina, limitados por fases petrocálcicas.

Las especies que caracterizan este matorral presentan tallos suculentos, con o sin hojas y presencia de espinas, esta morfología les permite resistir altas temperaturas y bajas concentraciones de humedad. Ochoa Tejeda (2001) señala que el matorral crasicaule incluye a un gran número de comunidades de plantas arbustivas y herbáceas y esta dominado fisionómicamente por cactáceas grandes de tallos aplanados (comúnmente conocidas como nopaleras), cilíndricas (denominadas cardonales), plantas crasas altas llamadas a veces candelabros y órganos. Es un matorral abierto o medianamente denso y florísticamente muy rico y el que a menudo intervienen especies de Acacia y Prosopis, al igual que plantas perennes.

En el caso del área de estudio el matorral presenta fisonomía de cardonal, el cual se caracteriza por ser un grupo de plantas crasas con altura de 5 a 10m y de acuerdo con la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Intermedia de la Autopista Cuacnopalan-Tehuacán-Oaxaca (CIIDIR Oaxaca, 1994) se registran las siguientes especies: Pachycereus weberi, Cephalocereus hoppendstedtii, Mascagnia seleriana, Echinopterys eglandulosa, Pedilanthus aphyllus, Senna pringlei, Ruellia sp., Mammillaria collina.

La dominancia de una cactácea columnar conocida como Neobuxbaumia tetetzo produce una fisonomía un poco diferente debido a las características mismas de esta especie, razón por la cual de manera popular se le denomina como tetecheras presentando para el área de estudio las siguientes especies además de la antes mencionada, Aeschynomene americana, Mimosa luisana, Cordia curassavica, Mammillaria collina.

Se presentan principalmente en la Sierra de Zapotitlán, al norte, norponiente de la ciudad de Tehuacán. Según INEGI (1998) este tipo de vegetación ha sufrido, en algunos lugares fuertes alteraciones debido al pastoreo desordenado, principalmente caprino, lo que ha provocado que el estrato inferior presente un marcado deterioro y una reducción en la cobertura del suelo ocasiona la pérdida de este último. La agricultura no se practica con mucho éxito en estos lugares debido a la escasa precipitación, sin embargo, en algunas zonas este tipo de vegetación ha sido desmontada para incorporar esos terrenos a la agricultura de riego donde la pendiente es suave y el suelo no presenta dificultades para su laboreo.

#### Mezquital

Es una comunidad dominada por mezquites (Prosopis sp.), especie que desarrolla un fuste bien definido. Se presenta sobre roca sedimentaria y suelos de origen aluvial que forman suelos profundos, con buen drenaje, ricos en arcillas, carbonatos y sulfatos de calcio que favorecen el establecimiento de la agricultura. Dentro del área de estudio se desarrolla principalmente en la Planicie Estructural de Travertino, donde forma una unidad muy bien identificada y delimitada.

Los mezquiales, en el estado de Puebla, han desaparecido casi por completo, debido a que los suelos donde se desarrollan reúnen las características agrológicas requeridas para la introducción de cultivos, especialmente la caña de azúcar, situación propicia que en las zonas donde aún se encuentran estén profundamente alteradas. Algunos de los aprovechamientos locales que se hacen de este tipo de comunidad vegetal son la madera para la construcción de vivienda; la elaboración de carbón de muy buena calidad; cercas vivas; el fruto es colectado para consumo animal; creación de artesanías. En el Valle de Tehuacán, el mezquite es una planta que se ha cultivado e inclusive se deja en los campos de cultivos ya sea para delimitar parcelas y como sombra para el ganado.

#### Chaparral

Es otra forma de matorral y se les denomina comúnmente como matorrales esclerófilos o chaparrales. Estas comunidades vegetales son bajas de hasta dos metros de alto y con plantas de hojas coriáceas. Este tipo de vegetación se diferencia del bosque de encino porque sus especies son arbustivas y por el tipo de asociación que presenta con otras especies.

Esta comunidad se presenta en la zona de contacto entre el bosque de encino-pino y el matorral desértico rosetofoilo o matorral crasicaule, generalmente se establece sobre rocas de origen sedimentario como areniscas y lutitas, los cuales dan lugar a suelos muy delgados y pedregosos. Dentro del área de estudio este tipo de vegetación se presenta en la parte alta de la Sierra El Monumento, específicamente en los Cerros Alto, Las Cabras y El Aparejo.

Según la MIA intermedia (CIIDIR-Oaxaca, 1993) el estrato de 2 a 4 m. está dominado por Quercus sebifera, Quercus gregii, Comarostaphylis polifolia, Rhus virens, Brahea dulcis, Garrya ovata, Juniperus deppeana. Mientras que en el estrato inferior se presentan Amelanchier denticulada, Dasyliion sp., Rhus standleyi, Agave sp., Lindleya mespiloides, Mimosa sp., Bouteloua sp.

#### Pastizal Inducido

Este tipo de vegetación surge cuando es substituida la vegetación original, debido sobre todo a las actividades humanas. Este pastizal puede aparecer como consecuencia de desmontes en cualquier tipo de vegetación, lo que a su vez dificulta el establecimiento de un patrón ecológico

que lo caracterice, también puede ocupar terrenos agrícolas en abandono o bien, como producto de áreas que se incendian con frecuencia.

En el área de estudio se encuentra formando dos manchones muy cercanos entre sí, el primero se localiza sobre la cima del Cerro el Huizache y desciende sobre la ladera norte hacia el Poblado San José Ixtapa. El segundo manchón se desarrolla entre el curso alto y medio de la Barranca Tres Encinos descendiendo de la Sierra el Monumento de poniente a oriente ocupando tanto pie de monte, valle intermontano como elevaciones menores, en estas últimas en la zona de contacto con las dos geoformas antes mencionadas.

### **7.3.7. Usos del Suelo**

Dentro del área de estudio se practica principalmente la agricultura tanto de temporal como de riego. En el caso del denominado Valle de Tecamachalco en su porción oriental domina el cultivo temporal del maíz, el cual se desarrolla sobre la planicie acumulativa de nivel base, el pie de monte así como en algunas porciones de las elevaciones menores, especialmente sobre aquellas zonas de transición hacia el pie de monte.

En lo que se refiere a la vertiente sur de la Sierra El Monumento, la agricultura de temporal se desarrolla en el pie de monte, en la planicie estructural mesiforme y bordeando las barrancas.

Una vez que se desciende hacia el Valle de Tehuacán y en la zona de transición entre la Planicie estructural mesiforme y la planicie lacustre y como resultado de la numerosa presencia de manantiales en esta zona se desarrolla una agricultura de riego donde hay tanto cultivos anuales como semipermanentes (INEGI, 1998) entre los que se puede mencionar el maíz, frijol, avena, chile, alfafa, entre los más importantes. En este caso y dentro del área de estudio, la práctica de este tipo de agricultura se restringe casi en su totalidad a la planicie lacustre.

El área donde se desarrolla el pastizal inducido así como en el resto de las áreas ocupadas por los otros tipos de vegetación identificados según la carta de Vegetación de INEGI se clasificaron como zonas de vegetación natural donde se desarrollan actividades principalmente relacionadas con la obtención y aprovechamiento de los recursos naturales con fines de subsistencia, tales como recolección de leña, extracción de frutos, y el pastoreo caprino pero que desafortunadamente se practican sin control.

También dentro de la poligonal de estudio se desarrollan una serie de asentamientos humanos entre los que destacan por su importancia a nivel estatal e incluso a nivel nacional: la Ciudad de Tehuacán. El resto de los poblados son asentamientos de mucho menor tamaño, uno de ellos es cabecera municipal: Santiago Miahuatlán y por supuesto Tehuacán mientras que el resto son localidades pequeñas. Se encuentran distribuidas en las zonas con menor pendiente, es decir, en las planicies acumulativas de nivel base o lacustre y sólo una de ellas sobre el pie de monte en las faldas del Cerro Cimarrón.

### **7.3.8. Paisaje.**

El análisis del paisaje como expresión visual y espacial del ambiente, es decir, como recurso visual representa un mayor grado de complejidad que el que normalmente se le atribuye. En nuestro país existen pocos casos documentados sobre la aplicación de un método que permita el estudio sistematizado del paisaje. Sin embargo, la bibliografía a nivel internacional, como es el caso de la española, ofrecen algunos planteamientos para abordar el problema del análisis del

paisaje (Barba Casanovas, R., 1996; Boaga, G., 1978; Español Echaniz, I., 1998; Martínez, Martínez, 1994; Ribas Vilás, J., 1992; Villarino Valdivieso, 2003.).

Según Español Echaniz (1998) el paisaje se debe estudiar bajo tres grandes criterios:

1. Contenidos,
2. Aspectos y
3. Pautas de visibilidad,

los cuales en conjunto permitan definir el o los efectos paisajísticos de una actividad u obra en la calidad de un paisaje o conjunto de paisajes determinados.

El primer criterio, contenidos del paisaje, se refiere al análisis funcional del paisaje, es decir desde el punto de vista ambiental y se elabora a partir de la identificación de unidades ambientales.

En cuanto a los aspectos, Echaniz propone el análisis formal de los diferentes componentes ambientales en la composición escénica. En este punto se identifican unidades de paisaje o unidades paisajísticas a las cuales define como una mera propuesta de clasificación de territorios por sus cualidades paisajísticas básicamente homogéneas. Según Echaniz, la identificación de unidades paisajísticas esta fuertemente vinculada al aprovechamiento de los recursos naturales por parte de un sector de la población, es decir, a los usos de suelo. Y que la delimitación de las unidades de paisaje debe considerar la fragilidad y la calidad de cada paisaje, que en términos prácticos son valores que interpretan el estado y condiciones de cada unidad y son el resultado del diagnóstico de los contenidos, aspectos y pautas de visibilidad.

Las pautas de visibilidad están relacionadas con las propiedades visuales de un territorio y se refieren a la relación que existe entre la localización de un objeto y la capacidad que esta ubicación tiene de distribuir su aspecto por todo el territorio. El alcance visual, las cuencas visuales de todos los puntos que forman el territorio, la presencia de elevaciones y depresiones y la regularidad topográfica son factores que determinan las pautas de visibilidad. Echaniz (1998) en concordancia por Barba Casanova (1996) señala que al caracterizar el relieve se incide en la base sobre la que se desarrollan las pautas de visibilidad.

En el caso de una carretera ya construida, el análisis del paisaje bajo estos criterios permitirá definir el tipo y nivel de intervención en el paisaje en su conjunto buscando armonizar las necesidades de seguridad de tránsito y el equilibrio y mejoramiento ambiental y paisajístico del área donde se desarrolla dicho camino.

Es importante señalar que en este trabajo académico no se pretende agotar el tema del estudio del paisaje como recurso visual pero si aspira a señalar que existen métodos sistematizados que permiten evaluar no solo en términos cualitativos si no incluso cuantitativos la calidad del paisaje y su fragilidad ante una serie de actividades y obras. Sin embargo, tal y como se mencionó la complejidad del tema es significativa y no es objeto de este trabajo, por lo que el análisis del paisaje en este caso de estudio se abordará de una manera más sencilla y breve pero retomando aspectos señalados en las metodologías propuestas por los autores ya referidos.

Así, el análisis del paisaje partirá de la identificación de cuencas visuales (pautas de visibilidad), del análisis de los diferentes componentes ambientales en términos de expresión espacial y visual, es decir, como elementos de composición escénica (aspectos). Y por último la descripción se complementará mediante el análisis del arreglo de estos componentes en los distintos planos, que como se describirá adelante juegan un papel muy importante en la percepción del paisaje a escala regional y por supuesto en una carretera.

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

Para la identificación de las cuencas visuales se empleara la metodología propuesta por Martínez Martínez, J. (1994) la cual consiste en la delimitación del área de estudio sobre mapas topográficos tomando como guía la red hidrológica superficial y la misma topografía. En la mayoría de los casos la definición de límites es establecida por la cuenca hidrológica, sin embargo, debido a las dimensiones tan amplias que éstas puedan tener con respecto al territorio en estudio se puede seleccionar una subcuenca o microcuenca.

Una vez definidos los límites se identifican los puntos singulares de observación, es decir, sitios posicionalmente altos y estratégicos desde donde se domina gran parte de la cuenca visual (son los lugares que tienen el potencial o que actualmente funcionan como miradores). Del mismo modo, también se identifican los recorridos de observación usuales de interés paisajístico, los cuales son generalmente caminos que atraviesan las diferentes cuencas visuales y a través de los cuales se experimenta de un modo diferente el paisaje.

A partir de éstos dos elementos se identifican y clasifican las cuencas visuales y en cada una de ellas se identifican las áreas de sombra, es decir, zonas que quedan ocultas al observador desde el punto singular de observación y/o recorridos usuales. Este análisis permite, en este estudio debido a sus alcances: identificar los sitios con potencial como miradores, las zonas más frágiles paisajísticamente así como la capacidad del paisaje para absorber las modificaciones en algunos de sus componentes o a la escena paisajística en su conjunto, cómo se ha modificado los patrones paisajísticos con la presencia de la autopista, cómo, dónde y qué tipo de intervención se podría realizar para garantizar la seguridad del usuario de la autopista y represente el menor impacto paisajístico y promueva la integración de la misma a su entorno.

En el análisis de una cuenca visual, diversos autores coinciden en la identificación de tres franjas o zonas:

Tabla comparativa de la denominación y profundidad de franjas en una cuenca visual				
Denominación	Autores			
	Barba (1997)	Ribas Vilas (1994)	Martínez Martínez (1994)	Boaga (1977)
	Campos visuales:	Zonas	Franjas envolventes	Zonas
1.	▪ Distancia corta 150 a 360 m.	▪ Próxima 0 a 200 m.	▪ Próxima	▪ Traslación: inmediata
2	▪ Distancia media 360 a 3.3 km a 6.6 km	▪ Media 200 a 800 m.	▪ Intermedia	▪ Rotación
3	▪ Distancia larga 3.3/6.6 km al horizonte	▪ Lejana Más de 800 m.	▪ Final	▪ Estática: fondo

Tabla No 4. Tabla comparativa de la denominación y profundidad de franjas en una cuenca visual según Barba, C., Boaga, G, Martinez, M., Ribas, V.

FUENTE: Barba Casanovas, R. (1997); Boaga, G., (1977); Martínez Martínez, J., (1994); Ribas Vilás, J., (1994).

La definición de estas tres franjas o zonas esta directamente vinculada con la capacidad física de observación del hombre así como la incidencia de factores externos en dicho proceso, tales como el clima (nubosidad, partículas en el aire), el ángulo de visión, etc.

Es importante mencionar que los tres primeros autores hacen referencia al paisaje regional mientras que Giorgio Boaga (1977) establece tres franjas para la percepción del espacio lateral de la carretera cuando se transita por ella, denominando a este como semiespacio, éstas franjas podrían equipararse a las identificadas por los otros autores por la similitud de sus características. Boaga señala que esta percepción es parcial debido a las dimensiones del vehículo, es decir, las vistas están condicionadas por diferentes factores entre los que destacan:

- La altura de nivel de ojos se modifica al estar sentados en el interior del vehículo y esta altura también esta sujeta a cambios conforme el tipo y modelo del mismo.
- El ángulo del cono visual se reduce conforme se incrementa la velocidad de manejo

De este modo, cada franja y sus límites están establecidos por el nivel de detalle con el que se perciben los diferentes componentes del paisaje. Así, la primera franja, a la cual también podríamos denominar como primer plano, se caracteriza porque se tiene una impresión detallada de los componentes del paisaje, es posible realizar descripciones cromáticas, de formas, tamaños, texturas de gran precisión. En el caso del tránsito por un camino o carretera Boaga denomina a esta franja como zona de traslación, la cual se ubica en la zona inmediata a la calzada, en ella se notan deformaciones traslatorias proporcionales a la velocidad, se valoran visualmente las líneas horizontales y se devalúan las verticales y se manifestará un alto grado de ilegibilidad, esto como resultado de la velocidad del recorrido y la cercanía de dichos objetos a la superficie de rodamiento.

La segunda franja, o segundo plano, se perciben los rasgos generales; se pierden los detalles singulares de los objetos; se aprecia mejor la composición del conjunto. Y por estas características se considera por todos los autores mencionados como el sector más crítico en las intervenciones en el paisaje debido a que al ser una zona intermedia es posible tener con un grado de detalle significativo la percepción de toda la composición escénica. Esta zona, Boaga (op. cit, 1977) la clasifica como zona de rotación y viene después de la primera, cubre una superficie bastante ancha y se dan aparentes movimientos rotatorios relativos entre los elementos. Se observa una equilibrada yuxtaposición cinemática de los objetos presentes; los elementos por su posición y su forma toman gran relevancia por sus propios valores como por el contraste que establecen con el fondo. Estos elementos se convierten en objetos dimensionales con características cromáticas y formales diferentes y estas cualidades se incrementan una vez que se perciben en aparente movimiento con respecto al fondo. Estos efectos de movimientos relativos combinados provocan un aparente aumento de la profundidad de campo y, por tanto, un efecto de mayor “distanciamiento” entre los diversos planos de la imagen.

Y en la última franja o fondo escénico, los elementos se perciben, en gran medida como siluetas. El color se presenta como irreal y de difícil interpretación. Las texturas casi no se reconocen. Boaga apunta que esta franja aparentemente estática es el resto del semiespacio hacia el horizonte y, al quedar relegada a los bordes se percibe como fondo. Los componentes de movimiento son tan poco sensibles que pueden despreciarse y en la que la imagen asume un significado carente de efectiva especificación de tridimensionalidad.

De esta clasificación del paisaje en lo que se refiere a su percepción como expresión visual y espacial del ambiente aplicado a una carretera ya construida se pueden derivar las siguientes conclusiones:

- La segunda franja, zona o plano se reconoce como la más frágil porque permite una percepción completa de la cuenca visual con un alto nivel de detalle así como la percepción de los objetos como tridimensionales.
- Los elementos que se presentan a lo largo de un recorrido usual de interés paisajístico recobran gran importancia ya que pueden formar parte de los tres planos o zonas en diferentes momentos conforme se transita por el camino.  
Es decir, esta clasificación del espacio lateral de las carreteras: fondo/franja intermedia/franja próxima redefine el papel de los diferentes elementos que se presentan a lo largo de la carretera sobretodo de aquellos que se ubican de manera perpendicular a la mismas, tales como puentes vehiculares, entronques, taludes de cortes, e incluso el mismo arbolado. Así, éstos, entre otros elementos, primero son parte del fondo escénico o franja terminal, conforme el usuario de acerca a dicho elemento, éste se percibe como un objeto tridimensional y es posible apreciar sus características generales y por último pasa a formar parte del primer plano o franja próxima cuando se cruza por dicho elemento o junto a él.

En lo que se refiere al aspecto del paisaje Martínez Martínez, J. (1994) propone la siguiente lista de componentes (fenocomponentes) a describir, la cual podrá variar según el territorio a estudiar:

1. Diversidad topográfica.
2. Cromatismo.
3. Presencia de agua y/o nieve.
4. Espectacularidad en el relieve.
5. Luminosidad y diafanidad de la atmósfera (condiciones de visibilidad).
6. Estado cultural
7. Singularidad o rareza biológica y/o geológica.
8. Textura de la vegetación, en su totalidad, en la percepción estética del entorno.
9. Accesibilidad.

### **Cuencas visuales**

El tramo carretero en estudio se localiza en una sucesión de depresiones (planicies, barrancas, valles intermontanos) y elevaciones distinguiéndose dos grandes depresiones por sus dimensiones: la primera se encuentra delimitada al norte y noreste por la Sierra y al sur por la Sierra El Monumento y se conoce comúnmente como Valle Palmar de Bravo. Mientras que la segunda depresión corresponde al denominado Valle de Tehuacán cuyos límites al norte lo conforma la Sierra El Monumento, al suroeste la Sierra de Zapotitlán y al este por la Sierra Zongólica.

En la porción oriente Valle de Palmar de Bravo de desarrollan los primeros 15 kilómetros de la autopista Cuacnopalán-Tehuacán-Oaxaca. Los siguientes 11 kilómetros atraviesan la Sierra el Monumento en las laderas bajas de la misma hacia el sur desembocando en la porción norte del Valle de Tehuacán. Una vez en esta depresión, la carretera presenta una dirección predominantemente sur a lo largo de 14 kilómetros. A partir del kilómetro 41+000 la carretera se encuentra con la Sierra Zapotitlán y empieza a bordearla con dirección sureste.

En ambas depresiones se han identificado que las partes altas de las sierras (identificadas como elevaciones menores, por su altura relativa) son puntos singulares de observación. Sin embargo, la mayoría son inaccesibles debido a la fuerte pendiente y son poco transitados por la misma razón.

En el denominado Valle de Palmar de Bravo se ha delimitado la primera cuenca visual estableciendo como sus límites los puntos más altos pero también más cercanos a la carretera. Los puntos que definen esta cuenca visual no corresponden a los límites de la subcuenca hidrológica, específicamente en la porción norte, noreste y este, pero entre sí éstos puntos conforman el plano medio de la cuenca visual. Mientras que los límites de la subcuenca se pueden considerar como el fondo escénico (Ver Anexo Fotográfico, Fotos No. 1 y No.2)

En el caso de la Sierra el Monumento, ésta elevación cumple con las dos condiciones funciona como límite tanto de las subcuencas hidrológicas (Valle del Palmar de Bravo y Valle Tehuacán) así como de las cuencas visuales, es decir, se constituye como fondo escénico de ambos valles al sur y al norte respectivamente.

En lo que se refiere al límite norponiente de esta cuenca visual, debido a la lejanía de un límite físico definido por el relieve, se puede considerar como una cuenca abierta en esta dirección, ya que predominan los elementos horizontales y el cielo destaca en la escena (Ver Fig. No.3 Corte A-A', km 5+000).

En conclusión ésta es una cuenca visual mixta ya que es un territorio enmarcado parcialmente por barreras físicas bien definidas con una orientación noroeste-sureste. Debido al emplazamiento de la autopista en la porción sureste de esta cuenca visual, la descripción de la cuenca y sus puntos singulares de observación de enfocarán en esta área. Así, el único punto singular de observación identificado es el Cerro Huizache, en la cima del cual se encuentra una ermita.

Los recorridos de interés paisajístico son todos caminos de terracería que ascienden hacia las Sierras. Debido a que estos caminos tienen su origen en veredas, su trazo respeta y se acopla a la configuración topográfica del terreno por lo que sólo se tiene vistas parciales hacia la cuenca conforme se desciende a ésta.

Al ubicarse el área de estudio en uno de los extremos de esta cuenca visual, las vistas se fugan hacia el resto del valle en dirección noreste, conforme el valle del Palmar de Bravo se angosta hacia el sureste las visuales se concentran en el fondo del mismo (km 8+000 al km 14+000) estableciendo una fuerte direccionalidad de las elevaciones hacia la planicie acumulativa de nivel base y viceversa (Ver Fig. No.4 Corte B-B', Fig.No.5 Corte C-C', km 12+000; Fig. No.6 Corte D-D', km 13+000).

La zona de transición entre el Valle del Palmar y la Sierra El Monumento y la misma sierra en este punto conforman una serie de compartimentos espaciales bien definidos por la incisión de la erosión fluvial en el relieve. Así, estos compartimentos están definidos por la profundidad de la disección que se presentan en los cauces de los escurrimientos. Los valles intermontanos que se presentan en esta zona así como el pie de monte son los que establecen la direccionalidad de las visuales. Estas últimas se presentan también fraccionadas debido a lo escarpado del relieve y al modelado de las laderas. Estos valles definen cuencas cerradas con compartimentos (Ver Anexo Fotográfico, Foto No. 11; Fig. No.7 Corte E-E', km 19+000; Fig. No.8 Corte F-F', km 22+000).

En el valle intermontano donde se desarrolla la Barranca Tres Encinos sólo se identificó un punto singular de observación el cual se ubica en el puerto sureste del Cerro Cimarrón sobre una vereda. En ese punto es visible la cuenca visual de la Barranca Tres Encinos y parcialmente visible la cuenca de la Barranca Pitlahuátl. Mientras que en ésta última no existen puntos singulares de observación ya que son inaccesibles.

El Valle de Tehuacán puede considerarse como otra cuenca visual, en este caso también mixta donde las Sierras Zongólica al oriente, de Zapotitlán al poniente y El Monumento al norte delimitan el valle y se configuran como el fondo escénico (franja terminal) ya que debido a la lejanía entre sí no es posible describir los rasgos paisajísticos de las mismas desde los puntos singulares de observación. En esta cuenca visual debido a sus dimensiones tan amplias, las visuales se fugan en todas direcciones lo que en conjunto provoca que el fondo del valle o la denominada planicie lacustre predominen los elementos horizontales y el cielo se destaque en la escena dando una sensación de amplitud escénica (Ver Anexo Fotográfico, Fotos No. 12 y 14). En esta cuenca visual los límites de la misma corresponden a los límites de la subcuenca hidrológica a la que pertenece el Valle de Tehuacan en su porción oriente-poniente.

Como puntos singulares de observación se han detectado 4 sitios:

- Cerro La Mojonera Gorda, en la Sierra de Zapotitlán.
- El borde sur de la planicie estructural mesiforme.
- El pie de monte sur de la Sierra el Monumento.
- El borde norte y nororiental de la planicie estructural de travertino..

Nuevamente los caminos de terracerías que descienden hacia el valle pueden considerarse como recorridos de interés paisajístico sobretodo el que se ubica sobre el límite de la Planicie Estructural Mesiforme ya que su posición con respecto a todo el valle de Tehuacán le permite la vista panorámica del mismo en su eje más largo.

En las tres cuencas visuales identificadas dentro del área de estudio, la construcción y operación la autopista Cuacnopalan –Tehuacán – Oaxaca, subtramo km 0+000 al km 52+000 ha representado la apertura de un recorrido de interés paisajístico que las atraviesa y en el cual se ha identificado dos puntos singulares de observación: el primero en el km 17+000 al km 17+500 hacia la Barranca Tres Encinos (Ver Anexo Fotográfico, Fotos No. 5,6 y 7) y el segundo, entre el km 26+000 al km 27+000. La afluencia de vehículos por la autopista es de 4,648 vehículos promedio diarios y representa el mismo o incluso un poco más de observadores potenciales de las distintas cuencas visuales identificadas. Razón por la cual, la ubicación de la autopista con respecto a cada una de las cuencas redefine la forma en que se perciben las distintas franjas envolventes que las caracterizan, descripción realizada párrafos arriba.

### **Aspectos.**

Diversidad topográfica.

La cuenca visual del Valle Palmar de Bravo presenta un solo plano tanto en el fondo escénico (franja terminal) como en la franja intermedia en la porción norte, noreste. Debido a la lejanía que existe entre ambas divisorias de aguas, a la amplitud del pie de monte, a la influencia de las condiciones atmosféricas, a la ubicación de la autopista con respecto a toda la cuenca, la franja intermedia es la que domina la escena paisajística.

Las cimas de las elevaciones menores son predominantemente de forma convexa (Ver Anexo Fotográfico, Fotos No.1 y No.2) y en conjunto presentan un perfil ondulado sin fuertes contrastes de altura entre sí.

En el límite sur de esta cuenca visual, la Sierra el Monumento se constituye como fondo escénico y franja intermedia al mismo tiempo. Debido a la altura de sus cimas con respecto a la parte más baja de la Planicie Acumulativa de nivel base (aproximadamente de 600m) y la proporción entre éstos dos puntos se aprecia un contraste altitudinal significativo. Esta sierra presenta un escalonamiento de sus cimas y debido a su orientación noroeste-sureste y la posición de la

carretera con respecto a la misma provoca que los diferentes escurrimientos que descienden de la misma configuren distintos planos confiriéndole profundidad al fondo escénico y franja intermedia. El perfil de las cimas de esta sierra también es ondulado.

En las cuencas cerradas que definen los valles intermontanos al interior de la Sierra el Monumento, se presentan en el fondo escénico y franja intermedia varios planos como resultado del trazo geométrico de la autopista y su posición con respecto al fondo del valle y las cimas de las elevaciones. Si bien es cierto que tanto las cimas de las elevaciones como las formas del relieve en general son onduladas, en lo que respecta a los valles intermontanos identificados en esta parte del área de estudio, los procesos erosivos han generado una morfología un poco distinta sobretodo en el fondo de los mismos y en la zona de contacto entre éstos últimos y las elevaciones.

El fondo escénico y la franja terminal se modifican e intercambian entre sí con respecto a la ubicación desde donde se observe, siendo este el sector con mayor diversidad topográfica atribuible al fuerte contraste altitudinal y la proporción entre los paramentos vertical y horizontal (Ver Anexo Fotográfico No.10 y Foto No. 11).

#### Cromatismo

El cromatismo de las cuencas identificadas está fuertemente vinculado a la vegetación, su cobertura, a las varianzas estacionales de ésta y a la exposición solar. De este modo, las elevaciones menores y algunas porciones del pie de monte presenta coloraciones café – azul (Ver Anexo Fotográfico, Foto No. 5, Foto No.6, Foto No. 11, Foto No. 12), si son parte del fondo escénico, pero cuando forman parte de la franja intermedia el color cambia a café – verde (Ver Anexo Fotográfico, Foto No. 1, Foto No. 2, Foto No.7). En estas partes no se registra un cambio estacional.

La planicie acumulativa de nivel base mantiene, como resultado de la presencia de árboles en alineamientos principalmente, una trama siempre verde, que si se observa desde los caminos que la atraviesan provoca un contraste entre verde y gris por el suelo descubierto en temporada de secas; mientras que durante la época de lluvias el aspecto de los campos de cultivos, cambia en general a un gran tapete verde (Ver Anexo Fotográfico, Foto No. 1 y Foto No. 3).

En el caso de la planicie lacustre, la cual también presenta una trama importante de árboles en toda su extensión, debido a que se dedica a la agricultura de riego mantiene un aspecto verde de manera casi permanente, presentándose ocasionalmente algunos terrenos que no se cultivan o tienen un breve periodo tiempo de descanso un contraste entre el suelo descubierto de éstos últimos con el resto de los campos cultivados.

#### Presencia de agua y/o nieve

En la cuenca visual del Valle Palmar de Bravo los escurrimientos que se presentan a lo largo de ésta son de carácter temporal y en ningún caso de forma natural conforman cuerpos de agua. Sin embargo, con el aprovechamiento de bancos de material y específicamente de aquellos aledaños a algunos de estos escurrimientos, en temporada de lluvias presenta acumulaciones de agua formando unos pequeños espejos, los cuales debido a su pequeño tamaño y posición con respecto a toda la cuenca no tiene un valor significativo dentro de la composición escénica. Estos bancos de material se encuentran muy cercanos al cuerpo de la carretera, ya que la extracción se realizó para la construcción de los terraplenes de los pasos vehiculares. Esta cercanía permite

que en el caso del banco ubicado en el km 10+000 se aprecie esta acumulación de agua desde la autopista.

En el caso de las cuencas cerradas de los valles intermontanos no se registra la presencia de agua en ninguna forma.

En la cuenca del valle de Tehuacán se presenta el canal de riego del mismo nombre, el cual se encuentra a un costado de la autopista. Sin embargo, debido a la presencia de árboles en los costados de dicho canal no permite la vista directa del agua.

#### Espectacularidad en el relieve

La forma predominantemente ondulada que presenta el relieve de toda el área de estudio en general restringe en gran medida el valor de espectacularidad. La extensión de las planicies con respecto a las elevaciones que las delimitan, es decir, la proporción entre los paramentos horizontal y vertical genera una sensación de amplitud escénica en las cuencas del valle de Palmar de Bravo y de Tehuacán y al mismo tiempo no permite tener una mejor vista sobre el relieve y sus características. Aunada a estos factores, las elevaciones no presentan varios planos y el grado de accidentalidad de las cimas en su conjunto es bajo.

En el caso de las cuencas cerradas de los valles intermontanos en el interior de la Sierra el Monumento, la dominancia de un plano vertical sobre el plano horizontal como resultado de la angostura de los valles, y el trazo geométrico de la autopista proporciona al conductor que transita por ésta última una secuencia de vistas donde el relieve es el protagonista por el fuerte contraste altitudinal y la ubicación de la autopista con respecto a la laderas de la sierra (Ver Anexo Fotográfico, Foto No. 11).

#### Estado cultural

Las terrazas de cultivo son un elemento característico de esta zona. Estas terrazas están construidas con un muro de piedra acomodada y en el borde interior del mismo están sembradas con magueyes (Ver Anexo Fotográfico, Foto No. 3) denominados tecorrales.

#### Singularidad o rareza biológica y/o geológica

Dentro del área de estudio se identificaron varios tipos de vegetación, entre los que destaca el matorral crasicaule en el que se desarrolla una cactácea columnar conocida como Neobuxbamia tetetzo. Esta comunidad vegetal donde domina esta especie se conoce comúnmente como tetecheras, sin embargo sólo se puede apreciar en algunas partes de la Sierra de Zapotitlán desde la autopista. La presencia de esta especie en particular le confiere una fisonomía muy peculiar a los sitios donde se desarrolla porque conforma un cierto tipo de bosque ya que se crecen muy cerca unas de otras y por su gran altura.

Asimismo también se presentan algunas cactáceas de forma candelabriforme como los Pachycereus weberi y Myrtillocatus sp. pero no de forma dominante sino como elementos aislados y no siempre son apreciados desde la distancia.

En cuanto a los izotales, es decir el matorral desértico roseto fillo donde dominan las conocidas yucas o izotes, aún cuando se presentan en forma de machones, éstos se encuentran de manera aislada por lo que no representan un valor significativo en la composición escénica.

En cuanto a la singularidad geológica, dentro del área de estudio no se registra alguna formación geológica de valor excepcional.

Textura de la vegetación en su totalidad en la percepción estética del entorno.

La vegetación dentro del área de estudio juega un papel importante dentro de la escena paisajística y en términos generales para su valoración en las distintas cuencas visuales identificadas se clasificará en dos grandes grupos: vegetación natural y vegetación introducida.

La vegetación natural agrupa a todas las comunidades vegetales identificadas a lo largo de la carretera y en área de estudio y se considera como un sólo grupo debido principalmente a la apariencia tan similar que presentan entre sí aunque su estructura y composición sean diferentes. Esta cierta homogeneidad es resultado de la presencia de un estrato arbustivo dominante visualmente y de que la altura máxima del estrato superior no rebasa los 4 m de altura. Sólo en algunos sitios donde por la forma del relieve se acumula el agua de manera natural se registra una mayor densidad de plantas así como un mayor porcentaje de individuos perennes lo que provoca un cambio en la textura de la vegetación a más densa percibiéndose de color más intenso (Ver Anexo Fotográfico, Foto No.7, Foto No. 10).

En general, la vegetación no se percibe como un gran tapete continuo ya que presenta una cobertura aproximada del 75% del terreno por lo que aún a la distancia se puede apreciar el suelo. Y en este caso, el contraste es mayor, ya que los suelos presentes dentro del área de estudio en su mayoría son de colores muy claros (Ver Anexo Fotográfico, Foto No.1, Foto No. 5, Foto No. 12). Otro de los sitios donde se registra un cambio en la textura es donde se desarrolla el matorral crasicaule dominado por Neobuxbamia tetetzo, sin embargo, dentro del área de estudio su distribución es muy restringida y su visibilidad también por lo que no representa un valor significativo dentro de la composición escénica. No obstante, es importante mencionar que esta autopista atraviesa a partir del kilómetro 70+000 aproximadamente al 110+000 por un matorral crasicaule donde dominan varias especies de cactáceas columnares entre las que se pueden mencionar la Neobuxbamia tetetzo, N. mezcalensis y el Cephalocereus hoppendstedtii, por una selva baja caducifolia, un palmar de Brahea dulcis los que en conjunto configuran un mosaico de textura de alto valor ambiental y paisajístico.

La vegetación introducida se refiere al conjunto de plantas que han sustituido de manera parcial o total a la vegetación original que se desarrollaba en un determinado sitio. Este tipo de vegetación está vinculada al cambio de uso de suelo que ciertos sectores de la sociedad provocan para el desarrollo de actividades productivas principalmente la agricultura así como para los asentamientos humanos. Es importante mencionar que la apariencia de la vegetación en las zonas agrícolas también presenta variantes. Es decir, si la zona es agrícola de temporal en la composición escénica se registra una estacionalidad marcada por la temporada de lluvias y la temporada de descanso de las tierras. Mientras que en la zona agrícola de riego, la imagen de un gran tapete verde se mantiene todo el año. En ambos casos, los árboles tienen un valor significativo ya que al presentarse en forma de alineamientos, ya sea delimitando campos de cultivos, en los costados de algunos caminos o siguiendo escurrimientos o canales de riego, representan un cambio en la textura de la vegetación principalmente por su altura y su aspecto siempre verde.

Así, en lo que respecta a las dos cuencas visuales mixtas que se identificaron en los valles de Palmar de Bravo y de Tehuacán, la vegetación refuerza el contraste entre las sierras que delimitan a estas depresiones y el fondo de las mismas. Es decir, en las planicies acumulativa de nivel base y lacustre la vegetación esta organizada en patrones geométricos bien definidos en donde los

árboles son un elemento importante en la configuración y reforzamiento de estos patrones variando el carácter de cada una de ellas por la presencia de agua en el desarrollo de una cubierta siempre verde o estacional. Mientras que en el caso de las elevaciones menores, la textura de la vegetación es homogénea y se mantiene prácticamente sin cambios por el poco peso visual que tienen los individuos de mayor altura.

En lo que se refiere a las cuencas cerradas de los valles intermontanos en el interior de la Sierra el Monumento, la vegetación se percibe como un tapete homogéneo de las mismas características descritas para las elevaciones menores. Sólo desde el punto singular de observación ubicado en el km 17+000 – km 17+500 se puede apreciar el cambio de la densidad y cobertura de la vegetación en el fondo de la Barranca Tres Encinos (valle intermontano).

#### Accesibilidad

En el caso de las tres cuencas identificadas dentro del área de estudio, la autopista Cuacnopalán – Tehuacán – Oaxaca, subtramo km 0+000 – km 52+000 es una forma de acceder a los paisajes que en estas cuencas se presentan y poder disfrutar de ellos pero ésta accesibilidad es de tránsito, es decir, que sólo a través de la circulación por este camino en específico se pueden apreciar una serie de vistas que otros caminos no ofrecen y viceversa. Debido al considerable número de usuarios de la misma, esta autopista establece un valor muy importante de accesibilidad a estas cuencas visuales.

#### **7.4. Unidades Ambientales**

Para la identificación y delimitación de unidades ambientales se empleó la técnica de sobreposición de mapas temáticos a partir de la cartografía temática de INEGI, escala 1:250,000 para identificar correlaciones entre los diferentes componentes ambientales así como patrones espaciales resultado de estas correlaciones y de este modo delimitar unidades homogéneas. Las cartas temáticas empleadas fueron: Geología, Hidrología Subterránea, Edafológica, Vegetación y uso de suelo. De manera adicional se elaboró y se integró al proceso de sobreposición un mapa básico de geoformas, encontrándose las siguientes correlaciones:

#### Relieve - Geología

Los sustratos litológicos presentes en el área de estudio presentan una correlación espacial fuerte con las formas del relieve identificadas. Así, en las Elevaciones Menores (E.M) se presentan las rocas Calizas (Ki), Calizas-lutitas (Ks); en menor proporción Arenisca y conglomerado (Ti); éste último se presenta también conformando pie de monte tanto en la vertiente norte como sur de la Sierra Filo de Tierra Colorada y el Monumento.

En lo que se refiere a las dos planicies estructurales (P.E.), en el caso de la P.E. mesiforme, la conforma la roca arenisca-conglomerado. Sin embargo, en esta geoforma debido a su naturaleza puede presentar diversas formas de disección erosiva y varias superficies de nivelación. Razón por la cual, también se presentan varios sustratos litológico, principalmente suelo aluvial, el cual se ubica en laderas cóncavas. En cuanto a la P.E. de Travertino, éste es el material que le da su denominación y conforma toda la unidad en su extensión, sin presentar otro material y, debido a su alta permeabilidad no registra la presencia de formas de disección erosiva como la otra P.E.

Por otro lado, las Planicies Acumulativa de nivel Base y Lacustre, debido a su origen presentan como sustrato litológico dominante el Suelo Aluvial del Cuaternario (Q). Sólo en el caso del Valle del Palmar de Bravo, el suelo aluvial también se presenta en el pie de monte.

En cuanto a los valles intermontanos, el que corresponde a la denominada Barranca Tres Encinos se presenta sobre roca Arenisca y Conglomerado del Terciario Inferior y La Barranca Pitlahuátl principalmente sobre Caliza (Ki) y una pequeña porción en la zona de contacto entre ésta y la Caliza-Lutita del (Ks).

La unidad de Barranca se correlaciona con el suelo aluvial en casi todo su trayecto presentando sólo en el curso bajo de la misma Toba Básica y Basalto del Cuaternario.

#### Relieve – Hidrología Subterránea.

Así, se presenta la correlación entre las diferentes formas del relieve, el sustrato litológico y su probabilidad de contener agua económicamente aprovechable. En el valle del Palmar, el suelo aluvial que cubre el pie de monte y la planicie acumulativa de nivel base es el que se considera como material no consolidado con posibilidades altas. En el caso del Valle de Tehuacan se repite el mismo patrón, sin embargo, sólo se considera la planicie lacustre. Las otras dos planicies, al ser estructurales, y el pie de monte se consideran como materiales consolidados con posibilidades bajas. Y en ambos valles, las elevaciones menores se consideran como materiales consolidados con posibilidades bajas.

#### Relieve – Edafología.

El suelo tipo Litosol se presenta principalmente cubriendo las elevaciones menores (E.M.) y los dos valles intermontanos (Barranca Tres Encinos y Pitláhuatl) y en muy pequeñas porciones en el pie de monte, sobretudo en las zonas de contacto con las elevaciones siguiendo un patrón muy vinculado a la roca madre.

Los suelos Rendzina se distribuyen en el área de estudio hacia la vertiente del Valle de Tehuacán sobre el pie de monte sur de la Sierra Filo de Tierra Colorada y en ambas planicies estructurales. Aunque en la P.E. mesiforme cuando se presenta material consolidado (en este caso arenisca-conglomerado) la rendzina se asocia con litosol, mientras que en material no consolidado (suelo aluvial) se asocia con vertisol pélico. En el caso de la P.E. de Travertino la rendzina desciende hacia la planicie lacustre sólo en una pequeña porción al suroeste en una especie de transición de las diferentes unidades del relieve.

En lo que respecta a las planicies acumulativa y lacustre se presentan los siguientes patrones: Suelo tipo Xerosol en el pie de monte así como en la planicie acumulativa de nivel base, en el denominado Valle del Palmar de Bravo. Mientras que el suelo tipo Vertisol se distribuye sólo en el Valle de Tehuacán sobre la planicie Lacustre y en muy pequeñas porciones sobre el pie de monte en la zona de contacto con la planicie.

#### Vegetación, uso de suelo, suelos y relieve.

Tanto en la vegetación como el uso del suelo existe una correlación importante con las formas del relieve, principalmente porque la pendiente del terreno permite el desarrollo de las diferentes actividades del hombre restringiendo la distribución espacial de la vegetación natural a sitios que por esa misma razón, o sea, la pendiente, ya no sean accesibles para dichas actividades. Así, en las elevaciones menores predomina la vegetación natural con usos diversos (autoconsumo)

mientras que las planicies acumulativa y lacustre se aprovechan como zonas de cultivo, dándose una diferenciación entre ambas planicies por la presencia de agua, en este caso subterránea, para el cultivo con riego en la zona de Tehuacán.

Otra de las correlaciones significativas que también inciden en esta distribución espacial son los tipos de suelos con el relieve y usos de suelo. De este modo, los xerosoles, rendzinas y vertisoles son los suelos preferidos para la práctica de la agricultura y tal y como se mencionó en el apartado de los suelos, estos tres tipos proporcionan rendimientos de moderados a altos si se les proporciona agua y se encuentran distribuidos sobre zonas casi planas o de pendiente suave lo que los hace más accesibles.

En cuanto al paisaje, el relieve es el que define la forma, tamaño y características de las cuencas visuales así como la forma en la que el paisaje en su conjunto se percibe desde la carretera.

El parámetro que presentó un mayor número de correlaciones con los demás componentes ambientales fue el relieve (las geoformas). Si bien se encontraron algunas discrepancias en los patrones espaciales de distribución de las unidades, éstas corresponden a las zonas de transición o contacto entre geoformas, y sobretodo en pie de monte o en las planicies estructurales.

De este modo, las unidades ambientales se delimitaron en base a las formas del relieve determinándose 8 grandes unidades:

1. Planicie acumulativa de nivel base.
2. Planicie Lacustre.
- 3 Planicie estructural mesiforme.
- 4 Planicie estructural de Travertino.
5. Pie de monte.
6. Barrancas.
7. Valle intermontanos.
8. Elevaciones Menores.

Generalmente, a partir de estas grandes unidades se deberían definir, conforme a un segundo parámetro, una subdivisión de las mismas, es decir, identificar una serie de variantes que permitan en un tercer paso elaborar un diagnóstico por cada unidad e incluso por subunidad si así se requiriera. De igual modo, esta clasificación más detallada permite el diseño y aplicación puntual de las estrategias, acciones así como proyectos específicos bajo un esquema de prioridades-necesidades, esto es, de un Plan Maestro o plan de manejo, etc, donde se evalúan el grado de compatibilidad entre la vocación natural de la unidad y las necesidades de un sector específico de la sociedad.

En este caso de estudio, las unidades ambientales ayudan a comprender el marco físico-geográfico donde se desarrolla la carretera. Pero su objetivo final no es analizar la compatibilidad del uso actual del suelo con la vocación del sitio. El análisis no dará como resultado final el reordenamiento de las actividades dentro del área de estudio sino que pretende identificar las modificaciones positivas y negativas que la construcción de la carretera ha ocasionado así como el potencial de las mismas para lograr una integración ambiental y paisajística de la autopista a su entorno y de este modo consolidar a esta infraestructura como promotora de una mejor calidad ambiental y paisajística a través de proyectos, obras, acciones, etc. a lo largo de los sitios por donde ésta se desarrolla.

De este modo, de acuerdo con el tipo de afectaciones que la autopista haya ocasionado se deberá hacer una lectura de las condiciones ambientales y paisajísticas de manera general haciéndose

énfasis en los componentes que más relevancia tengan para cada caso particular (Ver Fig, No.3 Corte A-A´ km 5+000 - Fig. No.11 Corte I-I´km 48+300; Plano de Análisis y Diagnóstico).

1. Planicie Acumulativa de Nivel Base.

Unidad que se caracteriza por su pendiente muy suave donde se practica la agricultura de temporal sobre suelo tipo xerosol. El sustrato litológico presente es suelo aluvial del cuaternario que por su origen es considerado como material no consolidado con posibilidades altas de contener agua económicamente aprovechable (Ver Fig. No.4 Corte B-B´ km 9+000)

2. Planicie Lacustre.

Unidad también con pendientes muy suaves de orientación noroeste-sureste. La presencia de acuíferos libres permite la extracción de agua además del consumo humano para fines agrícolas dando como resultado por un lado el desarrollo de una agricultura de riego, la cual es posible también a los suelos vertisoles que se desarrollan en esta planicie. Y por otro, ha permitido el establecimiento y crecimiento de asentamientos humanos destacándose la ciudad de Tehuacán, además famosa por sus aguas minerales. El sustrato litológico presente es el suelo aluvial que por su origen es considerado como material no consolidado con posibilidades altas de contener agua económicamente aprovechable.

3. Planicie Estructural mesiforme.

Unidad de pendiente escasa pero que a diferencia de las otras dos unidades se encuentra por arriba del nivel de éstas mismas a manera de escalón. La morfología de esta planicie es ondulada y en las zonas de forma predominantemente cóncava así como por donde corre un escurrimiento temporal se ha acumulado sedimento, suelo aluvial, que ha permitido la formación de suelo rendzina y ha permitido el desarrollo de una agricultura de temporal. Mientras que las partes altas de la planicie donde predomina la arenisca-conglomerado se mantiene el matorral desértico rosetofilo también sobre rendzina pero con litosol como suelo acompañante (Ver Fig. No.9 Corte G-G´ km 30+090).

4. Planicie Estructural de Travertino.

Unidad de pendiente muy suave con una ligera inclinación hacia el noreste ubicada por arriba del nivel de las planicies acumulativa y lacustre también se presenta a manera de escalón. Esta planicie a diferencia de la P.E. Mesiforme es prácticamente plana sin cambios de nivel donde se desarrolla un suelo tipo rendzina sustentando a un mezquital y en algunas porciones se ha desmontado esta vegetación natural para sembrar. El sustrato litológico que conforma esta planicie es el travertino, el cual es clasificado como material consolidado con posibilidades bajas de contener agua económicamente aprovechable (Ver Fig. No.10 Corte H-H´ km 44+000)

5. Pie de monte.

Unidad que se caracteriza por ser la zona de transición entre las elevaciones menores y las planicies de perfil predominantemente convexo. El pie de monte está bien definido en relación con los sustratos litológicos presentes en el área y sólo en pequeñas porciones específicamente en las zonas de contacto con las elevaciones se ha empezado a desarrollar un pie de monte resultado de la paulatina acumulación de sedimentos en las desembocaduras de algunos escurrimientos. De este modo, el pie de monte básicamente se desarrolla sobre suelo aluvial del cuaternario y en pequeñas porciones sobre caliza-lutita, arenisca-conglomerado y lutita-yeso. En cuanto a los suelos presentes, en el pie de monte por ser esta zona de transición se presentan todos los tipos de suelo identificados dentro del área de estudio predominando en cobertura, el xerosol seguida de la rendzina, y en pequeñas áreas vertisol y litosol. El uso de suelo predominante es la agricultura de temporal y sólo en pequeñas porciones se presenta vegetación natural

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

principalmente un pastizal inducido en la cabecera y curso alto de la Barranca Tres Encinos (Ver Fig. No.3 Corte A-A´ km 5+000; Fig. No.5 Corte C-C´ km 12+000; Fig. No.11 Corte I-I´ km 48+300)

### 6. Barranca.

Unidad que se presenta en el pie de monte de la vertiente sur de la Sierra El Monumento y desciende hasta la planicie lacustre (Valle de Tehuacán) disectando arenisca-conglomerado, suelo aluvial, y basalto (en el curso bajo y desembocadura de la barranca a la planicie lacustre). El suelo que se desarrolla en las riberas de la barranca es rendzina y la vegetación que se presenta, según la carta de vegetación de INEGI, esc 1:250,000 a lo largo también de las riberas es matorral desértico rosetofilo en la cabecera de la barranca y en una pequeña elevación y en el resto la vegetación natural se ha desmontado para cultivos de temporal (Ver Fig. No.9 Corte G-G´ km 30+090).

### 7. Valle intermontano.

Esta unidad se caracteriza por presentar pendientes de moderadas a altas (Ver Fig No.8 Corte F-F´). El suelo litosol se desarrolla sobre las laderas de ambos valles sustentando el matorral desértico rosetofilo como vegetación dominante. En la cabecera de uno de ellos, el más cercano a la población San José Ixtapa, se presenta un pastizal inducido y el sustrato litológico donde se desarrolla es arenisca-conglomerado( Ver Fig. No.7 Corte E-E´). Mientras que en el otro valle se presenta sobre roca caliza.

### 8. Elevaciones menores.

En esta unidad quedan englobadas las sierras y demás cerros que se encuentran dentro del área de estudio; están conformadas por roca caliza, caliza-lutita, arenisca-conglomerado, yeso-lutita, las cuales son clasificadas como material consolidado con posibilidades bajas de contener agua económicamente aprovechable. El único tipo de suelo que se presenta en esta unidad es el litosol sobre el que se desarrolla un amayor variedad de tipos de vegetación: matorral crasicuale, matorral desértico rosetofilo, chaparral, bosque de tascate y en las zonas de contacto con el pie de monte se practica la agricultura de temporal (Ver Fig. No.5 Corte C-C´ km 12+000; Fig. No.6 Corte D-D´ km 13+000; Fig. No.8 Corte F-F´ km 22+000; Fig. No.11 Corte I-I´ km 48+300)

Para la construcción de la autopista Cuacnopalan –Tehuacán –Oaxaca se requirieron una serie de obras e instalaciones que posteriormente se desmontaron y los sitios donde se instalaron no se realizaron medidas tendientes a la recuperación de las características previas a la presencia de la carretera. Estas áreas afectadas incluyen: patios de trabajo, patios de maquinaria, bancos de material, campamentos, almacenes, entre otras instalaciones de apoyo. En el caso del subtramo en estudio se reconocieron las siguientes:

Obras e instalaciones de apoyo para la construcción de la autopista Cuacnopalan – Tehuacán –Oaxaca, Subtramo km 0+000 – km 52+000		
Tipo de obra o instalación	Kilometraje	Unidad Ambiental en la que se encuentra
Bancos de material	0+400	Pie de Monte
	1+300	Pie de Monte
	2+200	Pie de Monte
	2+600	Elevaciones Menores y Pie de Monte
	3+100	Elevaciones menores y Pie de Monte

**LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO**

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

	5+300	Pie de Monte
	5+700	Pie de Monte
	6+800	Pie de Monte
	7+850	Elevaciones menores y pie de monte
	9+700	Planicie Acumulativa de nivel base
	10+900	Pie de Monte
	11+400	Pie de Monte
	12+100	Pie de Monte
	13+700	Pie de Monte
	14+500	Pie de monte
	27+100	Pie de Monte –Barranca
	40+100	Planicie Lacustre
Pacios de trabajo abandonados	6+100	Pie de Monte
	20+100	Elevaciones menores

Tabla No. 5. Obras e instalaciones de apoyo para la construcción de la autopista Cuacnopalan – Tehuacán –Oaxaca, Subtramo km 0+000 – km 52+000

Para la fase de operación se construyeron una serie de estructuras e instalaciones para permitir el buen funcionamiento de la carretera, en lo que respecta al subtramo km 0+000 al km 52+000 se localizaron los siguientes:

Estructuras e instalaciones de apoyo existentes a lo largo de la Autopista Cuacnopalan – Tehuacan –Oaxaca, Subtramo km 0+000 – km 52+000 para su adecuada operación		
Tipo de estructura	Kilometraje	Unidad Ambiental en la que se encuentra
Entronques	Cuacnopalan I	0+000
	Cuacnopalan II	1+540
	Tehuacán	41+000
	Huajuapan	49+000
Pasos inferiores vehiculares	0+600	Pie de Monte
	2+350	Elevaciones Menores y Pie de Monte
	3+800	Pie de Monte
	5+250	Elevaciones Menores y Pie de Monte

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

	6+250	Pie de Monte
	7+550	Elevaciones menores y Pie de Monte
	9+800	Planicie Acumulativa de Nivel Base
	11+300	Pie de Monte
	13+700	Pie de Monte
	14+400	Pie de Monte
	41+500	Planicie Estructural de
	43+050	Planicie Estructural Mesiforme
	49+700	Planicie Lacustre y Pie de Monte
Paso superior para ferrocarril	36+000	Planicie Lacustre
Puentes peatonales	37+050	Planicie Lacustre
	39+500	Planicie Lacustre
Planta trituradora	3+100	Pie de Monte
Banco de material	2+600 – 3+100	Elevaciones menores y Pie de Monte

Tabla No. 6. Estructuras e instalaciones de apoyo existentes a lo largo de la Autopista Cuacnopalan – Tehuacán –Oaxaca, Subtramo km 0+000 – km 52+000 para su adecuada operación.

### 7.5. Diagnóstico.

La construcción de la autopista Cuacnopalan –Tehuacán –Oaxaca trajo consigo una serie de beneficios a los estados de Puebla y Oaxaca al permitir una comunicación más rápida, segura y eficiente entre la ciudad de México, Tehuacán y Oaxaca. Sin embargo, en los aspectos ambiental y paisajístico su construcción y operación han causado daños significativos principalmente como resultado del trazo geométrico de la carretera y la ruta misma.

La lectura conjunta de las unidades ambientales, las obras y estructuras de apoyo tanto para la construcción como operación de la autopista y la carretera misma permitirá identificar las modificaciones que se han provocado sobre el ambiente y el paisaje dentro del área de estudio. Y al mismo tiempo permitirá identificar el potencial ambiental y paisajístico así como los riesgos que se puedan presentar a lo largo de la carretera si no llevan a cabo ningún tipo de acción sobre las zonas alteradas (Ver Plano Análisis y Diagnóstico, PA-01; Fig. No.3 Corte A-A' a la Fig. No.11 Corte I-I').

En el subtramo que comprende del km 0+000 al km 15+000 se presentan 15 bancos de material, de los cuales uno sólo se mantiene activo. También se localiza un patio de trabajo abandonado y un patio de trabajo todavía en uso. El banco en uso y el patio de trabajo se ubican uno al lado del otro sobre la desviación derecha de la autopista; en éste último se encuentra instalada una planta trituradora. Como se puede observar en el Plano de Análisis y diagnóstico la ubicación de estos bancos esta vinculada con los pasos vehiculares y entronques que se construyeron en ese mismo tramo, por lo que se puede deducir que se utilizaron para la construcción de los mismos. La mayoría de estos bancos se localizan sobre la unidad Pie de Monte.

En estos sitios los cambios más significativos son resultado de la extracción del material:

- Modificación permanente del relieve, lo que da como resultado una serie hondonadas de un área promedio de 2 ha.
- Pérdida de la cubierta vegetal y del sustrato edáfico debido a que no se observaron las medidas de mitigación propuestas en el estudio de impacto ambiental relativas a su adecuado almacenamiento y protección.
- Cambio en el patrón de drenaje subterráneo al reducir área de infiltración.

Al quedar desprovistos de vegetación y suelos, estas áreas quedan expuestas a la acción del viento y el agua erosionando no sólo esas zonas sino que ponen en riesgo las zonas aledañas. En estos sitios el riesgo es mayor ya que al ser una zona dedicada a la agricultura de temporal, todos los terrenos quedan sin cubierta vegetal, es decir, desprotegidos durante la temporada de secas (Ver Anexo Fotográfico, Foto No. 3) expuestos a la erosión. Algunos de estos sitios debido a la cercanía con los poblados pueden convertirse en tiraderos a cielo abierto clandestinos con muy fuertes repercusiones sobre los mantos freáticos y manantiales de la zona. Debido a su suave pendiente, los procesos de ladera no tienen una influencia significativa sobre los terrenos abiertos (Ver Fig. No.3 Corte A-A', Fig. No.4 Corte B-B').

Si bien es cierto que las áreas afectadas por los bancos de material no son muy amplias, se presenta un número considerable de ellos en un subtramo corto, a razón de 1 banco por kilómetro, y dada la cercanía entre sí pueden considerarse, dentro del ámbito del impacto ambiental, como un impacto acumulativo.

La mayoría de los bancos no son visibles desde la autopista principalmente por su ubicación con respecto a la misma y por la velocidad de tránsito. Sin embargo, si los bancos se ubican entre la zona de contacto entre las Elevaciones Menores y el Pie de Monte las condiciones cambian y el impacto sobre la composición del paisaje dependerá ahora de las dimensiones del banco (Ver Fig. No.5 Corte C-C' km 12+000, Fig No.6 Corte D-D' km 13+000). De este modo, los bancos localizados en el km 2+600 d.d. y km 3+100 d.i. en conjunto con la presencia de una planta trituradora introducen nuevos elementos al paisaje: agregan un plano más a la franja intermedia y próxima; crean un contraste cromático por la apertura de taludes en roca caliza; modifican la configuración topográfica de estos terrenos dando la sensación de una extensión de la carretera hacia esos sitios (Ver Anexo Fotográfico, Foto No. 4). En este mismo caso se encuentran los bancos ubicados entre los kilómetros 11+000 y 15+000, los cuales al ubicarse aguas arriba de la carretera sobre el pie de monte también son visibles desde la misma (Ver Fig. No.6 Corte D-D' km 13+000).

La permanencia de esta planta trituradora y el funcionamiento de un banco de material como parte de las instalaciones de apoyo para la operación de la autopista es un factor de cambio que por sus características propias provocan una serie de afectaciones al ambiente y el paisaje. La emisión de polvos, cambios en la morfología del terreno, el riesgo de posibles derrames accidentales al suelo por el almacenamiento y manejo de combustibles son algunos de los impactos más importantes. Cabe señalar que al ubicarse la trituradora sobre el pie de monte y éste al estar constituido por suelo aluvial es considerada como una zona permeable y con posibilidades de contener aguas económicamente aprovechable y el riesgo de un derrame tiene implicaciones todavía más significativas sobre los componentes ambientales mencionados.

En algunos de los bancos debido a su cercanía con escurrimientos temporales, su ubicación con respecto a éstos y al presentar un nivel de piso inferior al terreno natural se presentan acumulaciones de agua, formando una especie de estanques sobretodo en temporada de lluvias. El banco ubicado en el km 9+700 es el único banco que presenta éstas características que visible desde la autopista. Debido a que se encuentra en la planicie acumulativa de nivel base, es decir

sobre terreno casi plano y rodeado de zonas de cultivo de temporal, así como su fácil acceso presenta un alto potencial como abrevadero y punto focal del recorrido, pero se debe considerar la alta permeabilidad de la zona para su uso final como cuerpo de agua (Ver Fig. No.4 Corte B-B´ km 9+000).

Uno de los bancos a los que se les debe de poner especial atención es el que se ubica en el km 14+500 ya que su emplazamiento en la cabecera de la Barranca Tres Encinos puede ser un factor acelerador de los procesos erosivos en esa zona con las consecuencias que esto implica en el ambiente y el paisaje sobretodo aguas abajo.

En este mismo subtramo se presentan 10 pasos inferiores vehiculares y 2 entronques, los cuales al estar ubicados de manera perpendicular al trazo del camino, así como por su altura y la cercanía entre sí provocan intrusión visual, es decir, que se constituyen como un nuevo elemento en los planos visuales tanto en la franja intermedia y próxima y fragmentan la escena paisajística. Si bien aportan un referente de escala al transitar bajo de ellos también es cierto que en este caso por su cercanía no permiten una lectura del paisaje y si provoca que la atención del usuario se concentre en el centro de la autopista y disminuye la intensidad de observación hacia los bordes del plano visual.

La sección de terraplén es la dominante en este subtramo, y los cortes que se realizan debido a la configuración topográfica del terreno son de una altura máxima de 5 m. por lo que no representa un riesgo de inestabilidad de taludes.

El desarrollo del camino sobre las distintas formas del relieve modifica la percepción del paisaje, en el caso de este subtramo si bien no se presentan cambios significativos de altura de la carretera con el terreno natural, el trazo geométrico, la sección tipo de la carretera, la presencia de árboles en la franja próxima condicionan las visuales del camino hacia el paisaje. Así, para el subtramo comprendido entre el km 0+000 al km 8+000 al emplazarse la carretera sobre una secuencia de elevaciones y depresiones las visuales se abren hacia la planicie acumulativa y de vez en vez es parcialmente obstruida por la presencia de árboles de gran talla (Ver Fig. No.3 Corte A-A´ km 5+000). Mientras que una vez que la autopista atraviesa una porción de la planicie acumulativa entre el km 8+300 al km 10+000 se tiene una sensación de estar en una cuenca visual mixta de tamaño mediano, donde las sierras proporcionan una envolvente y referencia de escala (Ver Fig. No.4 Corte B-B´ km 9+000).

La cercanía de la autopista con el poblado San José Ixtapa, la pendiente de la misma y el volumen de vehículos que transitan por ésta provocan ruido en las viviendas especialmente de la periferia. Esta misma cercanía permite las vistas desde la carretera hacia el poblado y viceversa (Ver Fig. No.6 Corte D-D´ km 13+000). Debido al trazo geométrico de la carretera también es posible tener al Cerro Huizache como remate visual y su atractivo se acentúa como resultado de la presencia de una ermita en la cima del mismo. A partir del km 14+000 las vistas de la carretera se encauzan por el relieve.

La construcción de la carretera a lo largo de los primeros 16 kilómetros ha representado un cambio entre moderado y alto en la estructura general del paisaje como cuenca visual debido principalmente a la baja altura de los terraplenes y taludes de los cortes, a la introducción de elementos puntuales: la planta trituradora y los bancos de material sobre las elevaciones menores. Desde el punto de vista como recorrido de interés paisajístico la numerosa presencia de pasos vehiculares genera un impacto que puede considerarse alto.

En términos ambientales el factor más preocupante es la numerosa presencia de bancos de material sin protección alguna contra la erosión, lo que en general pone en riesgo las zonas aledañas sobretodo en aquellos casos donde se localizan cercanos a escurrimientos. Pero también existen aquellos bancos cuya ubicación aguas arriba del cuerpo de la carretera pone en riesgo el buen funcionamiento de la misma, ya que estas zonas al encontrarse desprotegidas se pueden erosionar y arrastrar sedimentos hacia la parte baja de la misma ladera obstruyendo el drenaje de la carretera y de los escurrimientos naturales.

Uno de los elementos característicos del paisaje en esta zona es el cultivo en terrazas conformadas por muros de piedra y magueyes sembrados en el límite de las mismas. Esta técnica de conservación de suelo además de proteger a este recurso ayuda a retener humedad y de este modo permite su aprovechamiento agrícola. Además de ser un recurso paisajístico de carácter cultural puede ser un elemento para recuperar las zonas alteradas y al mismo tiempo proteger a las zonas aledañas.

El análisis de la geometría del relieve, en este caso la clasificación del terreno por tipo de laderas y pendiente media permiten complementar el análisis del resto de los componentes ambientales y determinar la influencia de los procesos de ladera sobre la carretera. Estos procesos son los que modelan a las laderas por el desplazamiento de la cubierta de material no consolidado o por bloques de rocas del sustrato, sobre la ladera, y su posterior acumulación al pie de la misma o a mayor distancia, por el transporte que hacen otros agentes de la denudación (río, glaciar). Se lleva a cabo por la acción de la fuerza de la gravedad (movimientos gravitacionales), de derrumbe, caída de rocas, reptación, deslizamiento, soliflucción y por la erosión planar. En el caso de la autopista Cuacnopalan –Tehuacán – Oaxaca, estos procesos son de gran importancia ya que según Lugo Hubp (citado por Ochoa Tejeda, 2001) en el modelado del relieve en el valle de Tehuacán –Cuicatlán influyeron procesos endógenos y exógenos, enfatizando que en las partes altas de las montañas de calizas predominan los procesos de ladera. Una de las observaciones realizadas por Ochoa Tejeda (2001) para esta zona es la relación directamente proporcional que halló entre energía del relieve y la diferencia altitudinal, así entre mayor sea la diferencia altitudinal se asocia con una mayor actividad tectónica y mayor erosión fluvial. Esto nos permite concluir que los procesos de ladera, y la energía del relieve son factores que pueden influir en la estabilidad y buen funcionamiento de la carretera.

A partir del km 16+301 el trazo de la autopista presenta importantes cambios en su alineamiento horizontal y vertical debido a lo accidentado del terreno. De este modo, la autopista se desarrolla sobre una secuencia de valles intermontanos y elevaciones menores, los cuales sufrieron una serie de modificaciones para poder alojar el trazo. La apertura de grandes cortes, la construcción de terraplenes, bancos de tiro son las obras que caracterizan a este subtramo comprendido del km 16+300 al km 25+500. Las modificaciones más significativas están vinculadas a estos tipos de obras:

- Modificación de las geoformas dominantes, lo que conlleva a la inestabilidad de laderas y al consiguiente riesgo de derrumbes o deslaves.
- Pérdida de la cubierta vegetal y sustrato edáfico, riesgo de erosión en esas áreas y zonas aledañas. Es importante mencionar que la MIA intermedia (CIIDIR Oaxaca, 1993) calculó una pérdida de suelo utilizando la metodología de la FAO de 90.75Ton/Ha/año para esta zona clasificándola como alta.
- Cambios en el patrón de drenaje superficial y subterráneo, por ocupación directa del terreno por los terraplenes, reducción del área de infiltración, invasión de cauces por deslizamientos de material proveniente de los terraplenes o bancos de tiro.
- Cambios en la estructura y composición del paisaje como resultado de las modificaciones en el relieve y vegetación principalmente.

A lo largo de esta autopista desde su inauguración se han empleado distintas técnicas para estabilizar y proteger de la erosión los taludes de cortes principalmente, sin embargo no han resultado muy efectivas. Mientras que a los taludes de terraplenes y bancos de tiro no se les ha proporcionado tratamiento alguno, no obstante que éstos representan un riesgo potencial sobretodo para los escurrimientos aguas abajo por deslizamientos de material sobre sus cauces, modificando de este modo, los patrones de drenaje superficial, incrementando los índices de sedimentación normales de dichos cuerpos de agua y desencadenando otra serie de impactos negativos sobre la flora y fauna características de estos ecosistemas y trayendo consecuencias negativas sobre las poblaciones que se asientan en las cercanías de las desembocaduras.

La construcción de obras de drenaje menor así como puentes son parte importante del proyecto carretero y se calculan para mantener en la medida de lo posible los patrones de escurrimiento superficiales de la zona por donde atraviesa una carretera y evitar su presencia sobre el cuerpo de la misma por razones de seguridad. También es cierto que la entrada y salida de estas obras, principalmente la obras de drenaje menor no cuentan con un tratamiento alguno para evitar su erosión, ya que al concentrarse el paso del agua por una cierta área también se concentra su acción erosiva. Generalmente, este tipo de obras se localizan en la parte inferior de los terraplenes ya que la construcción de éstos últimos es para mantener el alineamiento vertical en los estándares de seguridad de manejo y son para librar esos cambios de nivel del terreno. Los taludes de los terraplenes, como ya se mencionó con anterioridad, no reciben tratamiento alguno por lo que el material con el que se conformaron queda expuesto a la erosión y en la mayoría de las veces el material queda en

Para la construcción de la carretera en este subtramo fue necesaria la apertura de caminos de acceso a los frentes de obra así como la instalación de un patio de trabajo, identificándose la presencia de los primeros entre los kilómetros 18+700 al 24+000 mientras que el patio se ubicó en el kilómetro 19+900 aguas arriba de la carretera. En ambos casos representó el desmonte de la vegetación y la compactación del suelo quedando las áreas ocupadas por estos expuestas a la erosión y sin tratamiento alguno una vez finalizada la obra. Es importante mencionar que aún cuando se desmontan las instalaciones provisionales en la mayoría de la veces no se recogen los materiales residuales.

Debido al contraste altitudinal entre las cimas de las elevaciones y el fondo del valle intermontano se presentan procesos de ladera de alta intensidad. De este modo, al ubicarse la autopista en la parte baja de la ladera esta sujeta a dichos procesos pudiendo ser esta una de las causas de la inestabilidad de los cortes. La localización del corte en un cierto tipo de ladera y en un cierto tipo de material puede acentuar aún más esta situación, por ejemplo, en el km 22+000 (Ver Fig. No.8 Corte F-F' km 22+000) se realizó un corte en la parte baja de una ladera convexa convexa (Xx) para recibir al cuerpo de la carretera, este tipo de ladera se caracteriza porque la energía del relieve se incrementa en el punto de inflexión y se distribuye conforme desciende. Entonces la apertura del talud en ese punto lo hace más vulnerable ya además de ese incremento local de la energía también esta sometido a la energía acumulada que desciende de a lo largo de toda la ladera desde la cima.

La construcción de la carretera en este subtramo ha representado por un lado modificaciones muy significativas e irreversibles sobre el ambiente y por ende en la estructura del paisaje. Estos cambios están asociados principalmente a la modificación del relieve: la apertura de taludes de cortes aunados a la construcción de terraplenes y a los bancos de tiro han configurado un nuevo perfil del relieve introduciendo formas y colores al mismo tiempo ya que se crean contrastes

cromáticos entre la roca madre, el material de los terraplenes y la vegetación del entorno inmediato. (Ver Anexo Fotográfico, Fotos No. 5 a la 11).

La construcción de la autopista ha permitido el acceso a nuevas visuales para un mayor número de personas pero en este subtramo las vistas son encauzadas por el relieve definiendo cuencas cerradas y proporcionando una sensación de espacio autocontenido, lo que significa que aún cuando el conductor sólo puede observar de manera fragmentada las modificaciones al ambiente y al paisaje, los efectos se propagan por toda la cuenca, es decir que son inevitablemente visibles aunque no en una gran vista panorámica (Ver Fig. No.7 Corte E-E´ km 19+000, Fig No.8 Corte F-F´ km 22+000). Es importante señalar que antes de entrar al mismo, en ambos sentidos de la circulación, se puede tener una vista parcial de la zona, la cual aún cuando se presenta en varios planos es posible distinguir las intervenciones sobre estas cuencas cerradas.

Los taludes de los mismos cortes como resultado de sus dimensiones considerables se constituyen como el primer plano del conductor tomando gran relevancia su color, forma y textura.

Otro aspecto relevante de este tramo y que se presenta en el resto de la autopista, por lo menos hasta el km 110+00 lo que incluye al área de estudio, es que a partir del km 17+400 la autopista se localiza dentro de la porción noroeste, oeste de la Reserva de la Biosfera Valle de Tehuacan – Cuicatlán , la cual es considerada como una zona de alta biodiversidad aunado a que este valle se considera como centro de diversificación del maíz.

Una vez que la carretera atraviesa la Sierra El Monumento y continua su descenso hacia la planicie lacustre (Valle de Tehuacán) en el km 27+100 se realizó el aprovechamiento un banco de material en la zona de contacto entre las unidades de pie de monte y barranca. Este sitio por encontrarse en prácticamente la salida una secuencia de cuencas visuales cerradas y no se presentan otro tipo de obstáculos se tiene una vista panorámica del Valle de Tehuacán, la cual se reduce conforme se desciende por la planicie estructural mesiforme. De este modo se tiene una secuencia de vistas panorámicas, las cuales se ven ocasionalmente fragmentadas por la presencia de árboles en las cercanías del cuerpo de la carretera asimismo se tiene una sensación de ascenso y descenso hacia la planicie lacustre.

La sección de la autopista a lo largo de esta unidad es principalmente de terraplén y la altura de los cortes no rebasan los 5 m de altura. Los procesos de ladera son de intensidad moderada a baja y ejercen poca influencia sobre la autopista conforme ésta desciende hacia la planicie y en sentido transversal debido a la baja altura relativa entre las cimas de los cerros y el nivel de la planicie estructural mesiforme.

En las laderas de la barranca Coxcoma cuando la pendiente y la forma del terreno lo permiten se desarrolla una agricultura de temporal desmontando y sustituyendo la vegetación original. Esta barranca tiene su origen aguas arriba en el valle intermontano donde se instaló la autopista y el escurrimiento que desciende por esta barranca ha sido canalizado aguas abajo en la planicie lacustre para su uso en la agricultura definiendo de este modo un corredor natural en términos de ecología del paisaje, dicho canal se conoce como canal Tehuacan. La presencia de árboles a ambos costados de la autopista y entre la autopista y el canal de riego Tehuacan refuerzan este carácter de corredor y lo prolongan casi hasta llegar a la planicie estructural de travertino. En este punto el canal se entronca con el canal de riego denominado Río Tehuacán y sigue su curso hacia la ciudad del mismo nombre.

La presencia de la autopista en la unidad de planicie lacustre ha generado alteraciones poco significativas debido principalmente a la pendiente muy suave del terreno, el cuerpo de la

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

carretera se desarrolla sobre un terraplén con una altura máxima de 2m sobre el nivel de la planicie, a la presencia de un sólo banco de material, el cual se ubica en las cercanías del entronque Tehuacan; la ausencia de estructuras de paso inferiores, siendo la única estructura un paso superior para el ferrocarril, razón por la cual no es visible desde la carretera.

En este subtramo, que comprende desde el km 34+100 al 41+400, es el único en el que se construyeron dos puentes peatonales, los cuales debido a su esbeltez comparada con los PIV si provocan intrusión visual pero en un porcentaje menor dentro de la escena paisajística. El entronque Tehuacan también es el único que cuenta con caseta de cobro, lo que representa que el conductor en este punto debe reducir su velocidad a casi 0 km/h y de este modo puede apreciar el paisaje sin la deformación que la velocidad de tránsito genera en el conductor (Ver Anexo Fotográfico, Foto No. 14), incluso en este entronque se ofertan varios servicios específicamente zona de descanso, sanitarios y aire y agua para el automóvil que invitan al conductor a observar y vivir el espacio abierto a escala peatonal. Además del potencial paisajístico que este sitio cuenta por las características antes mencionadas, en conjunto con la carretera pueden funcionar como un punto de unión entre los corredores naturales identificados en la planicie estructural mesiforme, la planicie lacustre y la planicie estructural de travertino.

La numerosa presencia de árboles por momentos restringe las vistas sólo hacia la misma autopista dominando de este modo tanto la franja próxima (primer plano) como intermedia (segundo plano) del conductor.

La construcción de la autopista de manera paralela al canal de riego Tehuacan reforzó, dentro de la cuenca visual del valle del mismo nombre, el carácter lineal de este último definiendo de ese modo un elemento lineal de gran importancia en la estructura del paisaje ya no sólo por su longitud si no por su amplitud.

En esta planicie lacustre se presentan los asentamientos urbanos de mayores dimensiones siendo la ciudad de Tehuacan el más importante tanto económicamente como en tamaño y la cual ejerce una gran influencia sobre el resto de las poblaciones. Razón por la cual, se registran tendencias de crecimiento urbano hacia esta ciudad, es decir hacia la conurbación. La misma ciudad también presenta un importante crecimiento, el cual en su porción poniente se dirige hacia la Sierra de Zapotitlán, incluso el Plan de desarrollo municipal de Tehuacan 1996 – 2000 define esta zona para el futuro crecimiento de la ciudad siendo la autopista el límite del mismo a la altura del km 46+100 al km 50+000. En esta franja se ha detectado la presencia de un tiradero clandestino de basura a cielo abierto constituyéndose como un foco de contaminación y riesgo por su ubicación en la planicie lacustre y ser ésta una zona permeable con manantiales.

La planicie estructural de travertino en si misma también se constituye como una barrera física para el crecimiento urbano. Bordeando a esta geoforma en su costado oriente se encuentra un camino de terracería que une el poblado de Fco. I. Madero con Santa María Coapán, en las cercanías del entronque Huajuapán y que puede eventualmente funcionar como vialidad una vez que en esas áreas se consoliden como zonas urbanas.

El trazo de la autopista en el subtramo comprendido entre el km 41+400 y 46+100 responde a primera instancia a que este tipo de caminos debe evitar el paso por zonas urbanas y en segundo que en esta región ya no existe el espacio disponible para el desarrollo del camino por la parte plana, en este caso por la planicie lacustre. De este modo, la carretera asciende por la planicie estructural de travertino y continua por el límite del pie de monte de la Sierra de Zapotitlán y la planicie lacustre.

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

La planicie estructural de travertino al ubicarse a 50 m. de altura promedio por arriba del nivel de piso de la planicie lacustre le confiere a la autopista en ese subtramo la sensación de ascenso y descenso en ambos sentidos de circulación en los extremos de esta geoforma. Los procesos de ladera se presenta con mayor intensidad en las elevaciones menores mientras que sobre la planicie se reducen significativamente por lo que no ejercen influencia sobre el cuerpo de la carretera (Ver Fig. No.10 Corte H-H' km 44+000). En esta unidad la autopista se ha desarrollado principalmente sobre un terraplén generando un impacto de bajo a moderado sobre los distintos componentes ambientales y paisajísticos.

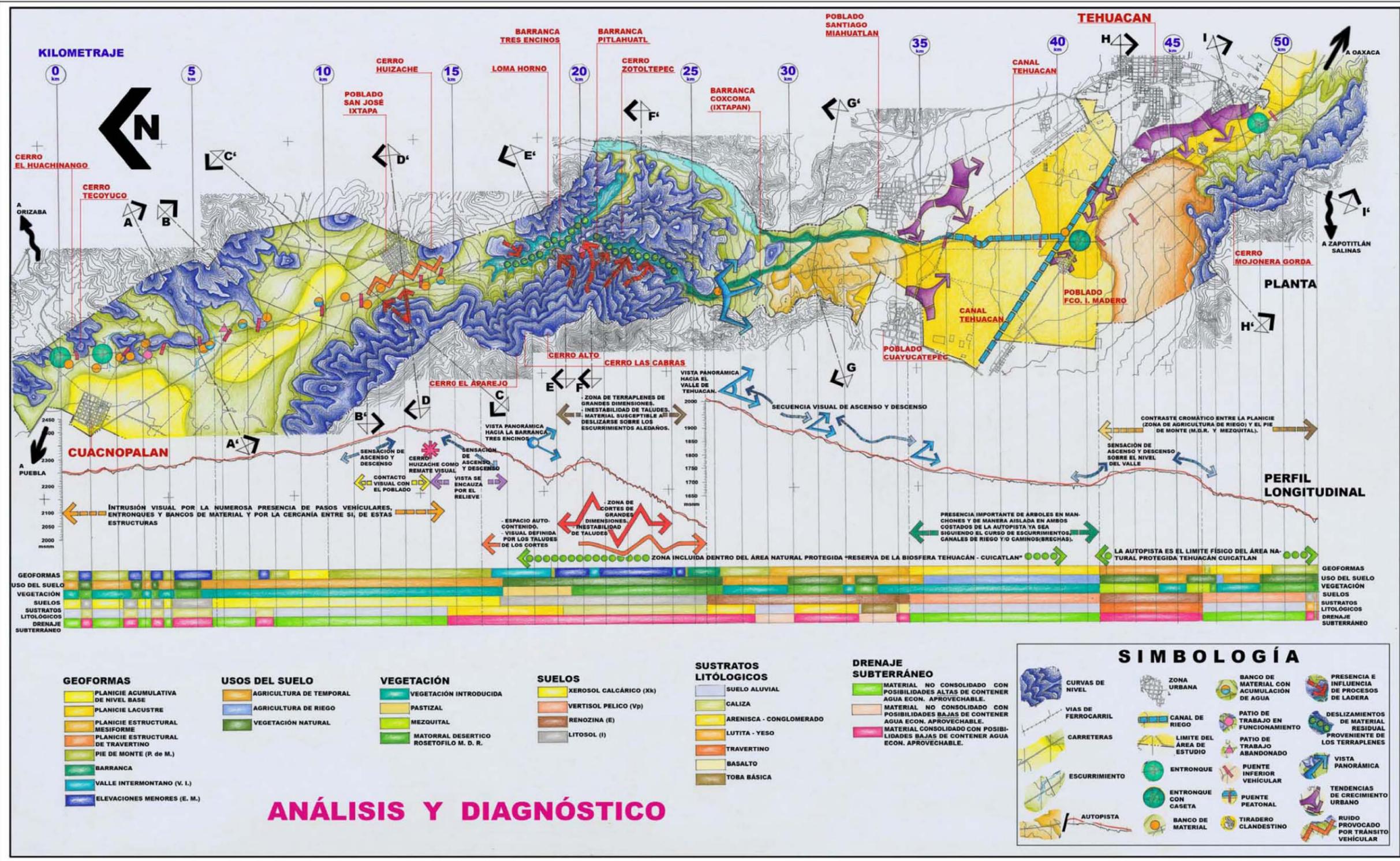
En esta unidad se desarrolla un mezquital, cuya apariencia en temporada de secas contrasta con las zonas de cultivo de riego, las cuales se mantienen casi siempre verdes a lo largo de todo el año. De este modo, las visuales están condicionadas a la presencia de árboles en la franja próxima de la carretera lo que implicaría una parcial obstrucción de la vista. En términos generales y debido a la cobertura de la vegetación en esta unidad, se percibe una sensación de amplitud escénica por la lejanía de las sierras que delimitan esta cuenca visual. No existe contacto visual con las zonas urbanas. La presencia de 2 estructuras de paso (PIV) en el km 41+500 y otra en el 43+050 ocasionan intrusión visual.

Entre el km 46+000 al km 52+000 la carretera se desplanta sobre los límites de las unidades planicie lacustre y pie de monte pasando de una a otra de manera intermitente. Los procesos de ladera ejercen una baja influencia sobre el cuerpo de la carretera (Ver Fig. No.11 Corte I-I' km 48+300) debido principalmente a la suavización de la pendiente y los cambios en el perfil a lo largo de la ladera que en conjunto reducen la intensidad de éstos. No se registra la presencia bancos de material y la autopista se desarrolla principalmente sobre un terraplén reduciendo al mínimo la apertura de cortes.

La ubicación de la autopista en este subtramo permite apreciar mejor los contrastes cromáticos y de textura entre la planicie lacustre y el pie de monte como resultado del tipo de vegetación y usos del suelo ya que se tiene vistas hacia ambas unidades. En el km 49+000 se localiza el entronque Huajuapán cuyo emplazamiento representa muy bien este contraste entre unidades (Ver Anexo fotográfico, Foto No. 12 y Foto No. 13). En este subtramo también se tiene la sensación de amplitud escénica ya que pertenece a la cuenca visual del valle de Tehuacán.

La autopista es uno de los límites establecidos para la Reserva de la Biosfera Tehuacán – Cuicatlán y al mismo tiempo se considera como el límite del crecimiento urbano de la zona poniente de la ciudad de Tehuacán, razón por la cual, el manejo del derecho de vía y zonas aledañas es de vital importancia para separar ambos usos. Pero también se corre el riesgo de la instalación de asentamientos en los límites del derecho de vía, reduciendo la calidad de vida de las viviendas ubicadas en esa franja por el ruido proveniente del tránsito vehicular así como la emisión de polvos y contaminantes, entre los más significativos.

En términos generales la autopista es un factor de cambio significativo en el ambiente y el paisaje como resultado de sus características geométricas. En este caso de estudio las modificaciones más significativas están relacionadas con la modificación del relieve y la pérdida de la cubierta vegetal.



# ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO

**LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO**  
**CASO DE ESTUDIO:**  
**CARRETERA CUACNOPALAN - TEHUACÁN - OAXACA**  
**SUBSTRATO KM 0 + 000 - KM 52 + 000**

---

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE ARQUITECTO PAISAJISTA**  
**PRESENTA:**  
**ERIKA MIRANDA LINARES**

**SINODALES:**  
 M en C. MAZARI HIRARI  
 M en C. MA. DEL CARMEN MEZA AGUILAR  
 M en A. AMAYA LARRUCEA GARRITZ

---

**LOCALIZACIÓN**

---

**NOTAS**

---

**NOMBRE DEL PLANO:**  
**ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL SITIO**

**ESCALA:** 1 : 50,000      **FECHA:** ABRIL 2006      **CLASE DEL PLANO:** PA - 01

LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO  
 CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
 SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

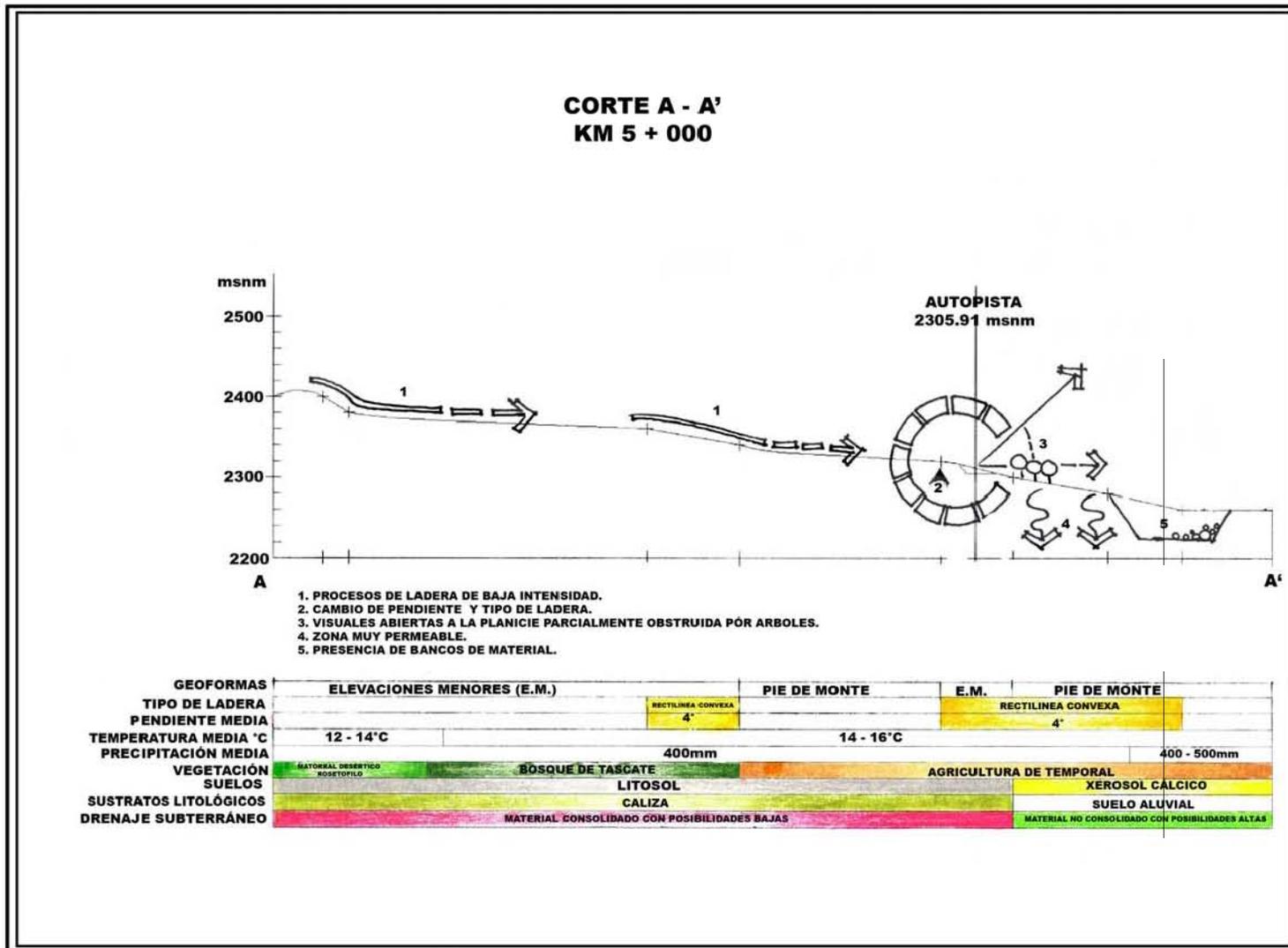


Fig. No. 3. Corte A - A', km 5+000, Análisis y Diagnóstico.  
 ELABORÓ: Erika Miranda Linares

LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO  
 CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
 SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

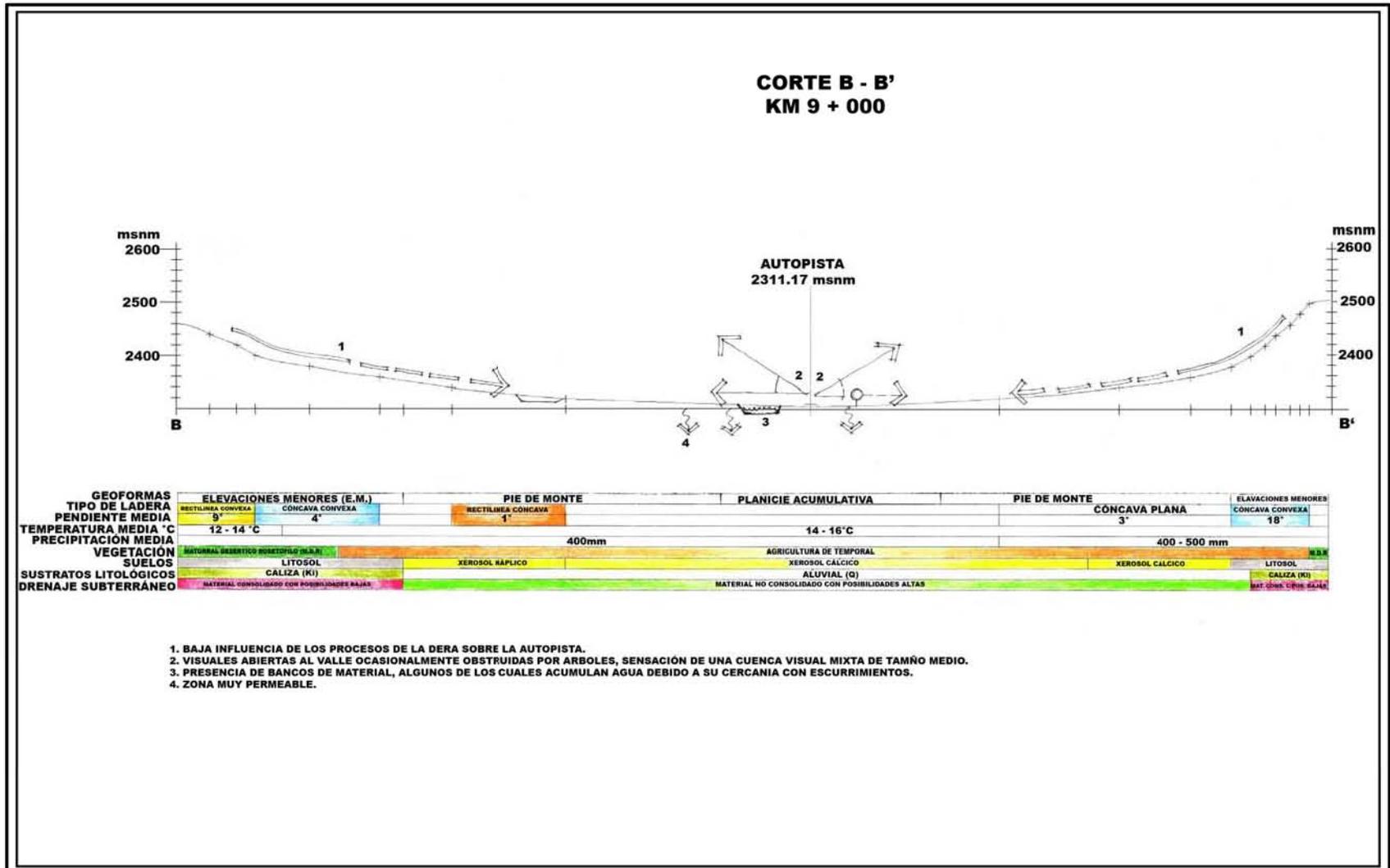


Fig. No. 4. Corte B - B', km 9+000, Análisis y Diagnóstico.  
 ELABORÓ: Erika Miranda Linares

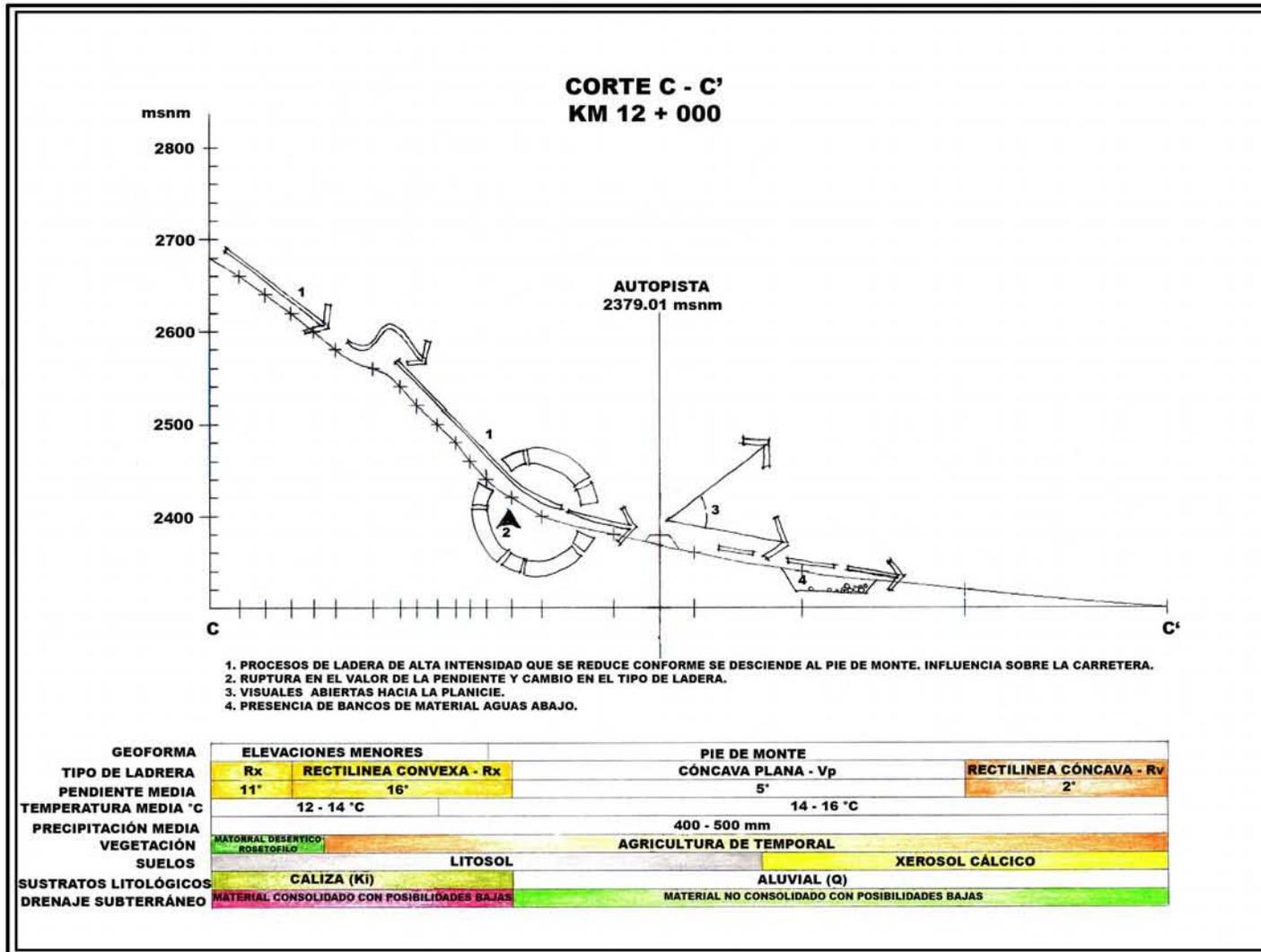


Fig. No. 5. Corte C - C', km 12+000, Análisis y Diagnóstico.  
 ELABORÓ: Erika Miranda Linares

LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO  
 CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
 SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

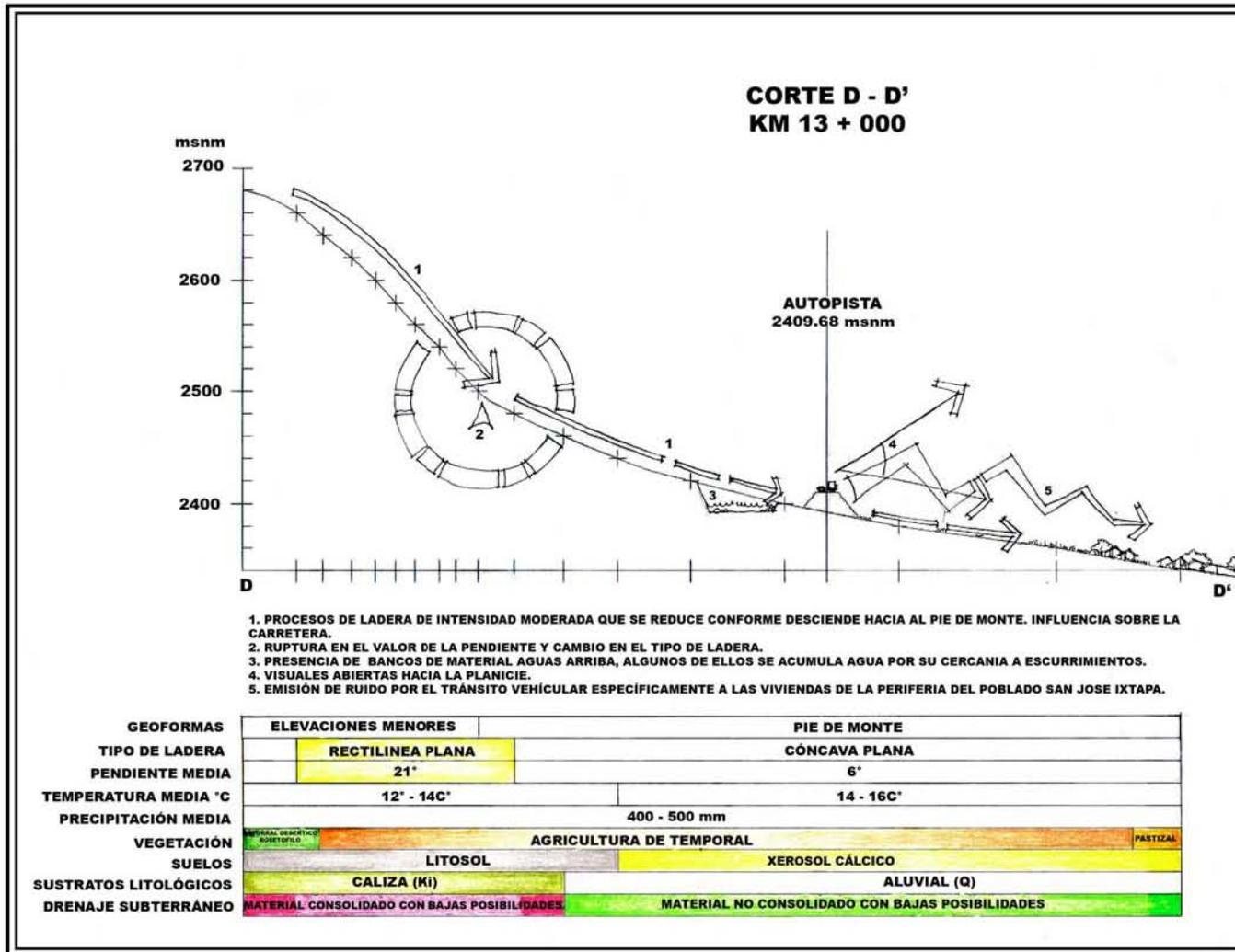


Fig. No. 6. Corte D - D', km 13+000, Análisis y Diagnóstico.  
 ELABORÓ: Erika Miranda Linares

LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO  
 CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
 SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

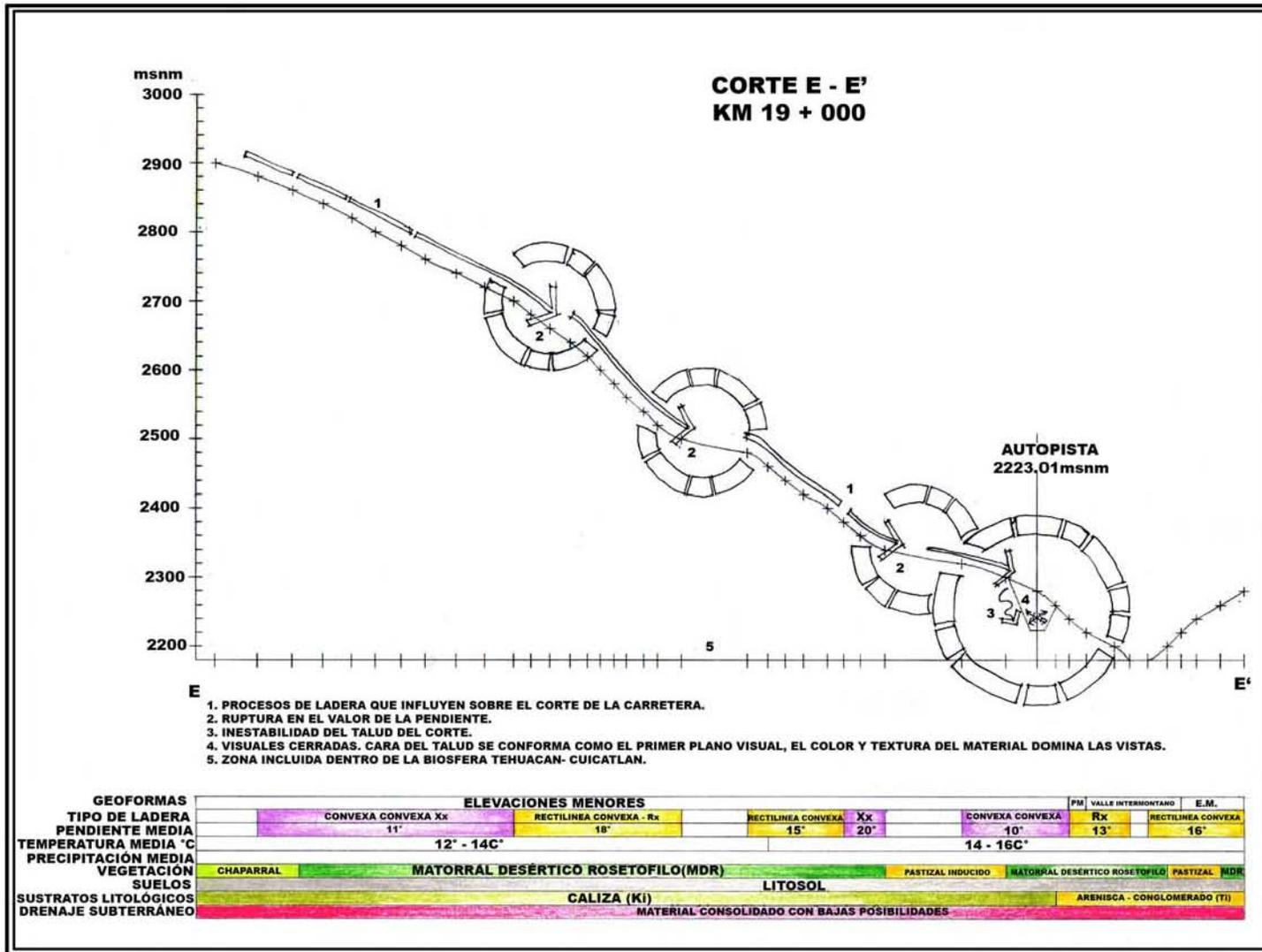


Fig. No. 7. Corte E - E', km 19+000, Análisis y Diagnóstico.  
 ELABORÓ: Erika Miranda Linares

LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO  
 CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
 SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

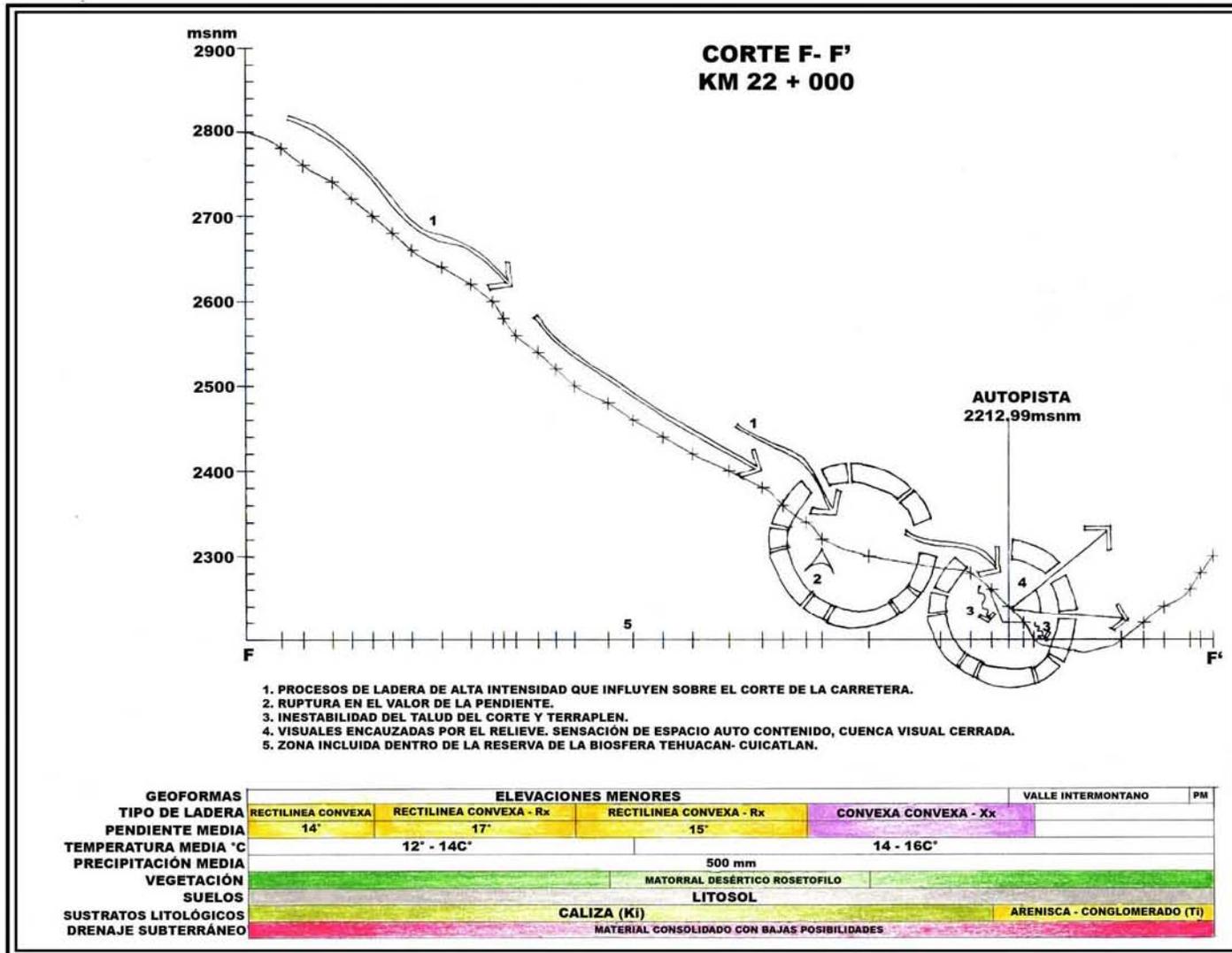


Fig. No. 8. Corte F - F', km 22+000, Análisis y Diagnóstico.

ELABORÓ:

Erika

Miranda

Linares

**LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO**  
 CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
 SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

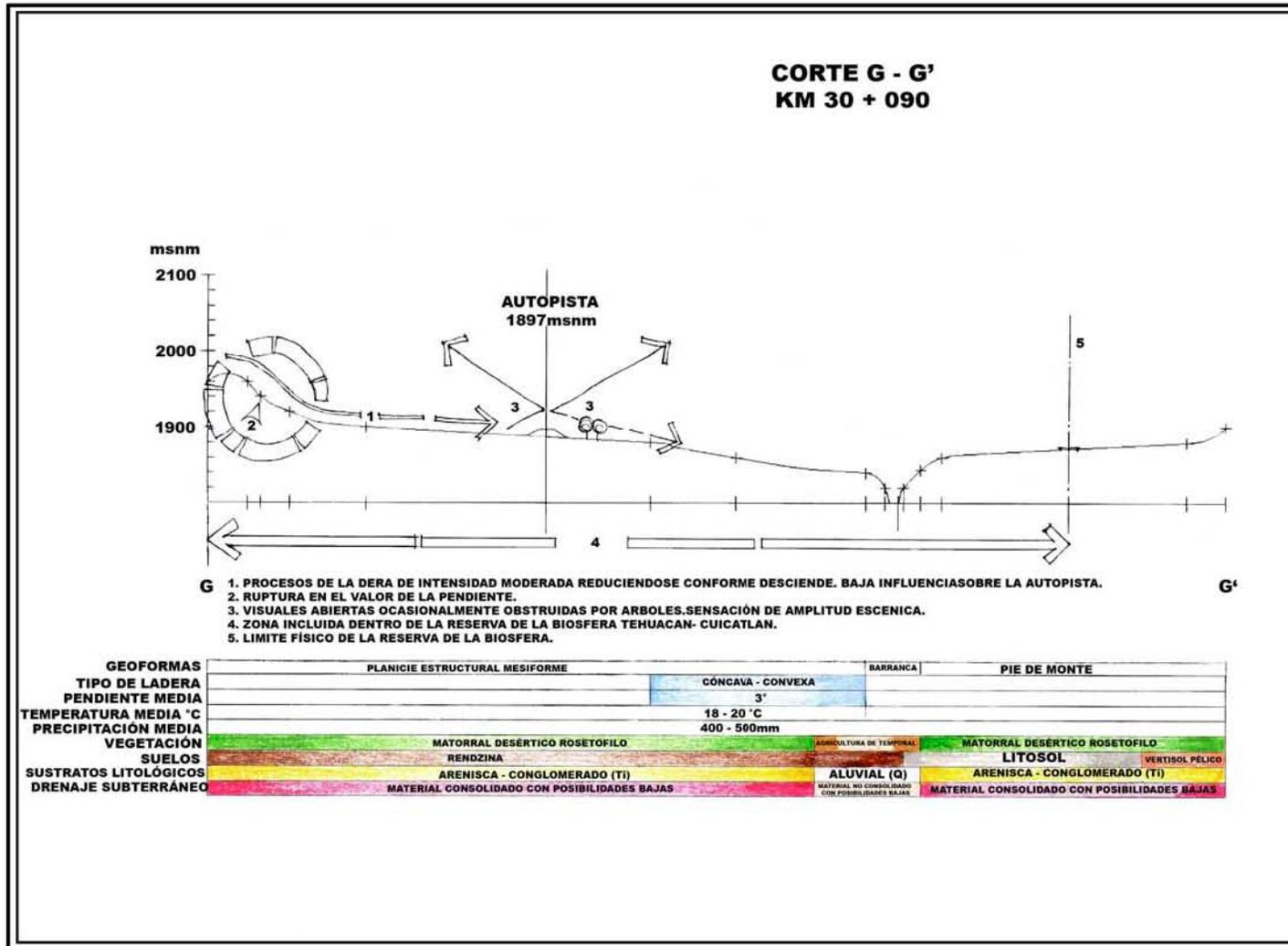


Fig. No. 9. Corte G - G', km 30+090, Análisis y Diagnóstico.  
 ELABORÓ: Erika Miranda Linares

Linares

**LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO**  
**CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA**  
**SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000**

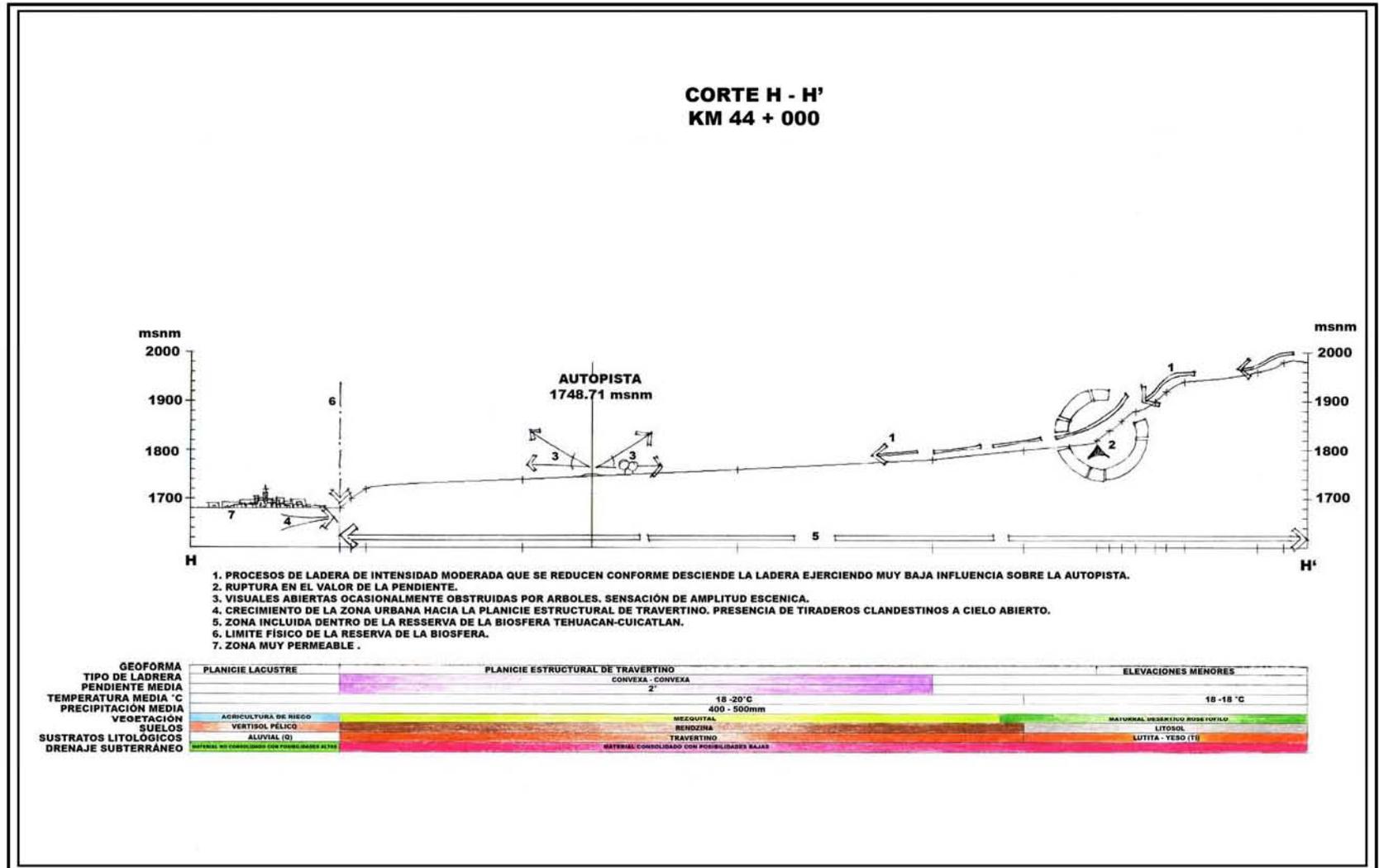


Fig. No. 10. Corte H - H', km 44+000, Análisis y Diagnóstico.

ELABORÓ:

Erika

Miranda

Linares

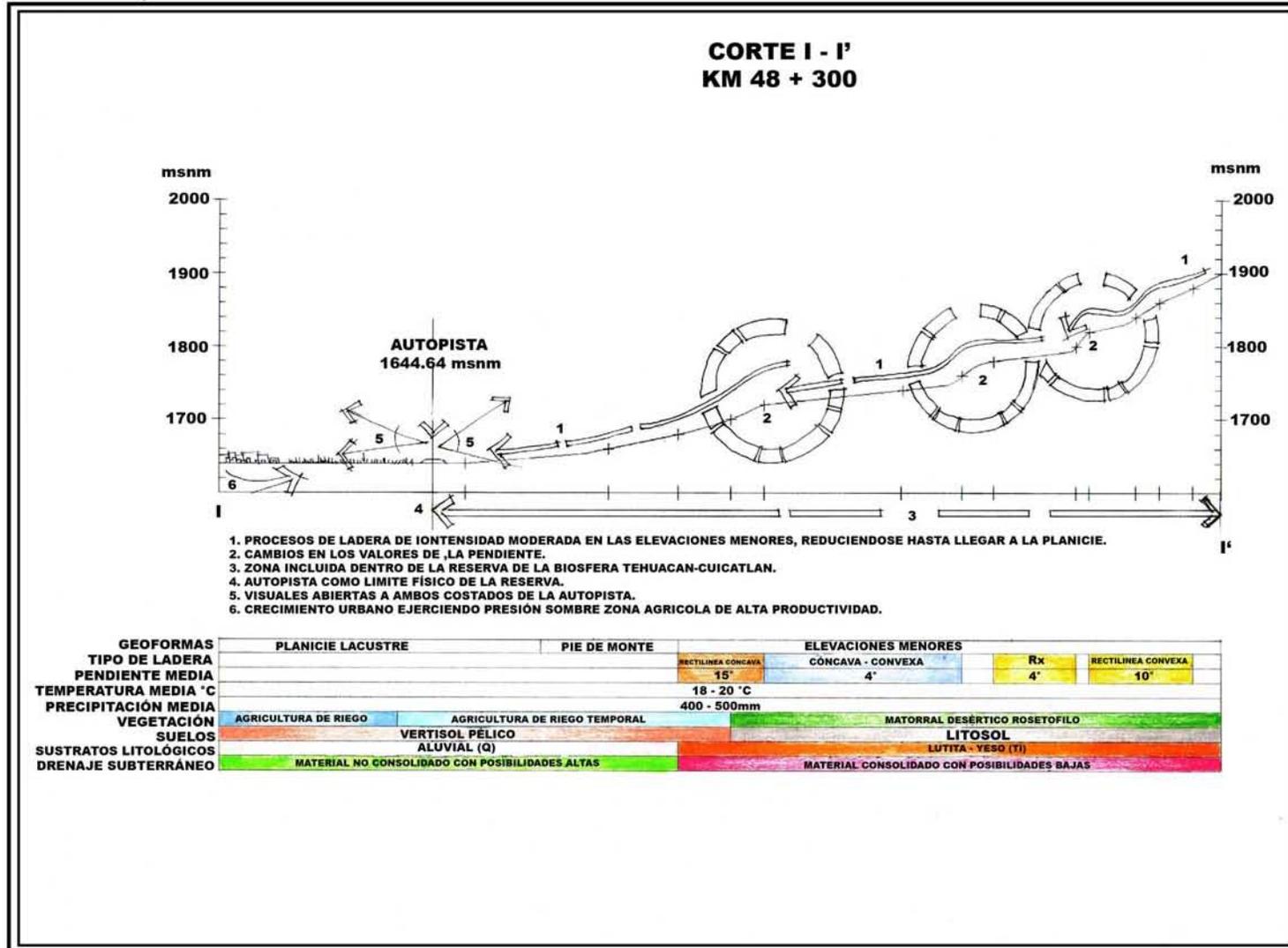


Fig. No. 11. Corte I - I', km 48+300, Análisis y Diagnóstico.  
 ELABORÓ: Erika Miranda Linares

## **7.6. Plan Conceptual de Manejo Paisajístico de la Autopista Cuacnopalan – Tehuacan – Oaxaca, Subtramo km 0+000 – 52+000**

El Plan de Manejo Paisajístico considerará el derecho de vía, zonas aledañas y sitios afectados por la construcción de la carretera como espacios abiertos, cuya adecuada administración permitirá establecer un vínculo entre la carretera y el entorno; es decir, la integración de la carretera a su contexto respetando y promoviendo la continuidad de los procesos naturales; mitigando los impactos ambientales negativos y fortaleciendo los impactos positivos de la construcción y operación de la carretera a través de acciones tendientes a la recuperación y conservación los recursos naturales, paisajísticos y culturales; estableciendo un diálogo y armonía visual con el entorno para el usuario directo y el observador externo manteniendo como prioridad la seguridad del automovilista.

Uno de los principios rectores del Plan Conceptual de Manejo Paisajístico parte de la base que muchos de los daños que se han provocado sobre los distintos componentes ambientales así como en la percepción del paisaje en general, son significativos e irreversibles, es decir, son de gran magnitud, extensión, intensidad y su restauración no es posible debido al alto grado de alteración al que han sido sometidos.

Así, y de acuerdo con la literatura especializada en la evaluación del impacto ambiental las medidas de mitigación es un grupo de medidas tendientes a reducir el impacto ambiental negativo resultado de una obra o actividad en un lugar y tiempo específico y éstas medidas se dividen en cinco grupos principalmente:

- Preventivas o de prevención, como su nombre lo indica anteceden al daño.
- De remediación.
- De compensación, cuando la afectación ha sido tan severa que no es posible la aplicación de ninguna de los otros tipos de medida y por tanto hay que compensar el daño provocado. El ejemplo más conocido es la indemnización económica.
- De reducción, de minimizar el impacto negativo.
- De rehabilitación.

En el caso del Plan Conceptual de Manejo Paisajístico se ha identificado que si bien no todas las alteraciones son irreversibles, las que si lo son, resultan ser aquellas de mayor magnitud y las que están vinculadas a la modificación del relieve. Debido a la importancia ambiental que representa la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán y la ubicación de la autopista en una porción importante de la misma, le confiere a esta última gran potencial como “corredor” desde la perspectiva de la ecología del paisaje. Más aún este potencial de la autopista se incrementa ya que por un lado corre de manera paralela a un sistema de escurrimientos y canales de riego, que son corredores naturales. Y por otro, debido a que el manejo y administración del derecho de vía es de jurisdicción federal se genera un punto de menor conflicto con los propietarios de las tierras al aplicar un plan o medidas.

Sin embargo, y tal como se ha mencionado a lo largo de todo este trabajo, también es cierto que las afectaciones van más allá del área de competencia federal. Pero esta situación genera no sólo un mayor reto, sino que ofrece una oportunidad de realizar proyectos de desarrollo que ayuden a vincular a la población aledaña al manejo paisajístico de la autopista y que de este modo reciban un beneficio directo ayudando a conservar y proteger los recursos naturales, culturales y paisajísticos de esa zona.

De este modo, la compensación se convierte en una herramienta muy valiosa ya que de acuerdo con Cuperus, R., et. al. (1999) tendría un enfoque ecológico, es decir, sería una compensación ecológica, la cual, a diferencia de la mitigación, comprende las medidas o acciones que se llevan a cabo fuera del área de manejo de la autopista. Y tendría como objetivo mejorar las áreas dañadas y la creación de nuevos hábitats con funciones ecológicas y atributos de calidad en sustitución de los sitios que no podrán nunca ser recuperados por la presencia misma de la autopista y sus obras de apoyo.

La compensación puede ser

1. "Inkind compensation", (interna o directa) que implica el restablecimiento de los mismos hábitats, especies y funciones con las mismas especies en el sitio afectado, y
2. "out of kind" (externa o indirecta) la cual involucra el reemplazo con otros hábitats alternativos, especies o funciones en otro sitio.

Este último tipo de compensación, comenta Cuperus et. al. (1999) deben comprender medidas aplicadas dentro de un plan de ordenamiento territorial preexistente, así como dentro una zonificación establecida con usos y actividades definidas y deben apoyar las políticas vigentes en materia ambiental.

Los hábitats deben ser intercambiados por una estrategia de conservación natural en la cual el hábitat intercambiado es permitido sólo dentro del contexto de un ecosistema equivalente o propiedades de manejo.

De manera paralela a este principio de diseño también se ha decidido retomar el concepto de vías-verdes y el papel estratégico que tienen en su conjunto las carreteras y su derecho de vía en el mejoramiento de la "conectividad" de los diferentes hábitats que se presentan a lo largo de éstas. Uno de los trabajos y que incluso tienen un acercamiento a esta contribución de los caminos al mejoramiento de la calidad ambiental del entorno donde se emplazan, es el elaborado por Viles, R.,V. y Rosier, D.,J. (2001) quienes analizan el grado en el cual los conceptos "vía-verde" y "conectividad" pueden ser aplicados a un acercamiento integral en el manejo de los derechos de vía y reservas de las carreteras en Nueva Zelanda y el paisaje aledaño para facilitar la extensión de corredores ecológicos y mitigar de este modo los impactos ambientales negativos que provocan en ese caso la red de caminos.

Viles y Rosier (2001) pretenden demostrar cómo las reservas de los caminos (derechos de vía y zonas aledañas) en áreas de jurisdicción federal pueden contribuir a una serie de estrategias globales para mejorar las conexiones entre reservas y parches de vegetación natural como parte de un acercamiento integrado desde la ecología del paisaje al manejo del paisaje.

Las recomendaciones, estrategias y acciones propuestas en este trabajo académico también han sido diseñadas tomando como punto de partida la seguridad del usuario y el potencial paisajístico y recreativo con el que cuenta la autopista. En conclusión, la concepción de un Plan de Manejo Paisajístico parte de que el aspecto formal del paisaje es el resultado del análisis y manejo del aspecto funcional del mismo. De ahí la importancia de comprender esta dualidad de conocimiento y percepción del ambiente, ya que entre ambos aspectos existe una gran interdependencia; y el tratar de ignorar el aspecto ambiental en el diseño de espacios abiertos, a escala regional con mayor énfasis, es garantizar el fracaso de la medida. Y lo más grave la credibilidad de la arquitectura de Paisaje en proyectos de escala regional, es decir, reducir las propuestas "paisajísticas" a meros "adornos".

De tal manera que los objetivos del Plan Conceptual de Manejo Paisajístico de la Autopista Cuacnopalan –Tehuacán – Oaxaca que se proponen son los siguientes:

- Recuperar, mejorar e incrementar la calidad ambiental y paisajística de las áreas afectadas por la construcción de la autopista así como del entorno general de la misma.
- Promover, fortalecer e incrementar la continuidad y estabilidad de los ecosistemas por los que atraviesa la carretera.
- Proteger y conservar los recursos ambientales y paisajísticos de la región donde se desarrolla la autopista.
- Proteger las zonas adyacentes para evitar la erosión, derrumbes, azolves, lo que coadyuva en la disminución de las obras y costos de reparación y mantenimiento.
- Proteger a los ecosistemas circundantes de mayores y nuevas perturbaciones causadas por la construcción del tramo carretero mediante estrategias correctivas y preventivas.
- Lograr mediante el diseño de paisaje a lo largo del derecho de vía y áreas afectadas por la construcción del tramo carretero, que éste se convierta en un atractivo por si mismo debido a la diversidad de paisaje así como por el tipo de comunidades por donde atraviesa.
- Proporcionar legibilidad y seguridad al usuario mediante el manejo de la vegetación a lo largo del derecho de vía y zonas aledañas y en las diversas estructuras propias de la autopista integrándose al paisaje circundante.
- Identificar y resaltar rasgos naturales y artificiales a lo largo del recorrido para reforzarlos como hitos.
- Consolidar una visión variada de imágenes en secuencias dotadas de continuidad, ritmo y desarrollo para obtener contrastes y pasos visuales que den la sensación de movimiento.
- Proponer sitios de servicios y descanso, que, por su atractivo paisajístico y visuales, cumplan con una función de disfrute, así como de satisfacción de necesidades, siendo a la vez una fuente de empleo para las localidades cercanas a la carretera.

El Plan Conceptual de Manejo Paisajístico define 21 estrategias, las cuales a su vez establecen acciones específicas para alcanzar los objetivos que se han propuesto en dicho plan. (Ver Plano PCON-01, Fig. No. al No. Cortes A-A' al I-I', Fig. No. a Fig. No. ).Es importante señalar que el plan se denomina como conceptual porque para lograr su implementación se requiere la evaluación, los mecanismos e instrumentos económicos, políticos y sociales. Si bien es cierto que para su diseño se consideraron los aspectos jurídicos, ambientales y paisajísticos se requiere un nivel de análisis más profundo en los diferentes rubros por especialistas en dichas materias para hacer operativas las distintas propuestas.

En la siguiente tabla se describen las estrategias y acciones propuestas para los diferentes elementos y estructuras de la autopista y área de influencia:

## 7.6.1. Estrategias y Acciones.

### Plan Conceptual de Manejo Paisajístico Estrategias y acciones

Estrategias	Acciones
<b>E.1.</b> Enmarcar el acceso a la autopista	<b>A.1.</b> Consolidar un bosqueque entre el Entronque Cuacnopalan I y el PIV km 0+500 <b>A.1.1.</b> Plantación principalmente de árboles aprovechando los macizos de vegetación existente así como la presencia y cercanía de estas dos estructuras (Ver Figs. No. 21, 38, 39)
<b>E.2.</b> Diseño Paisajístico de los entronques para proporcionar una secuencia visual diferenciada en ambos sentidos	<b>A.1.</b> Reforzar cada entronque como hito mediante el manejo de vegetación, tanto en el derecho de vía como en las isletas del mismo entronque, estableciendo como principio rector del diseño la seguridad el automovilista y en segundo término la disposición o arreglo de las diferentes especies vegetales que enfatizará las formas y funciones del entronque.(Ver Figs. No. 21, 22, 27, 36, 37, 40, 41, 42, 43)
<b>E.3.</b> Recuperación Ambiental del Banco de Material como zona agrícola	<b>A.1.</b> Conformación de bermas y/o terrazas para reducir la pendiente de las paredes del banco, para lo cual se debe considerar la forma del relieve y los procesos geomorfológicos que se presentan en la zona. <b>A.2.</b> El trazo de las bermas y las terrazas se hará siguiendo las curvas de nivel, es decir, la configuración topográfica circundante.(Ver Figs. No. 12, 14, 15,22, 23, 24, 25, 34) <b>A.3.</b> Diseño y construcción de un sistema de drenaje superficial para retener el agua para el desarrollo de cultivos. Y además, conforme a la morfología final del banco se identificarán las áreas o sitios para desalojar el agua excedente que pudiese afectar la estabilidad de dichas terrazas sobretodo durante las lluvias torrenciales. Estos sitios deberán de ser protegidos mediante el empleo combinado de técnicas mecánicas así como hortícolas para reducir la velocidad del agua y evitar la erosión en los mismos por el paso del agua. Es importante mencionar que las especies vegetales seleccionadas para tal fin deberán tolerar esas condiciones. <b>A.4.</b> Roturación de una capa mínima de 30 cm. de profundidad para permitir la infiltración del agua pluvial así como para facilitar el establecimiento de vegetación secundaria. <b>A.5.</b> Propiciar el desarrollo de una cubierta vegetal, principalmente compuesta por herbáceas, mediante la dispersión de semillas presentes o registradas en el área. Una vez arraigada se utilizará como abono verde, es decir, para incorporar materia orgánica al suelo y de este modo mejorar la fertilidad de los mismos. Este proceso se realizará durante 2 temporadas de lluvias para posteriormente utilizarse como zonas de cultivo. <b>A.6.</b> Reforestación de los límites de cada terraza o berma con agaves para que ayuden a retener el suelo en formación. (Ver Fig. No.34) <b>A.7.</b> Reforestación del perímetro del banco, sobretodo con arbustos, para evitar el deslizamiento y erosión de los suelos de los terrenos aledaños al banco en recuperación. <b>A.8.</b> Construcción de obras de conservación de suelos aguas arriba del banco para reducir la velocidad del agua superficial y la intensidad de los procesos de ladera que se presentan tanto en la ladera donde se ubica el banco como en los taludes del mismo y coadyuvar de este modo a la estabilidad de los mismos. En caso de que se trate de zonas agrícolas y ya existan algunas obras de conservación de suelos (p.e. terrazas, tecorrales, plantación de agaves, etc.), éstas deberán conservarse o en su caso reconstruirse.

Estrategias	Acciones
<b>E.3.</b> Recuperación Ambiental del Banco de Material como zona agrícola	<b>A.9.</b> Seleccionar y sembrar especies que toleren las nuevas condiciones del suelo para garantizar la recuperación de estos. Así, en la recuperación ambiental de éstos sitios como zonas de cultivos, el proyecto debe estar dirigido por un Ingeniero Agrícola para asegurar el éxito en el diseño y puesta en marcha de estas estrategias.
<b>E.4.</b> Recuperación Ambiental del escurrimiento	<b>A.1.</b> Limpieza y rectificación del cauce del arroyo. <b>A.2.</b> Reforestación de las riberas del mismo tanto aguas arriba como aguas abajo del recorrido aprovechando un rasgo natural (Ver Fig. No. 22).
<b>E.5.</b> Integración de las estructuras de paso al paisaje. (Pasos vehiculares inferiores y superiores, PIV, PSV)	<b>A.1.</b> Plantación de árboles, principalmente, en forma alineada con el paso vehicular de que se trate prolongándose dicho alineamiento hacia el camino o terracería que comunica para crear acentos en esta parte del recorrido. La plantación se hará en uno sólo de los extremos del paso vehicular para enfatizar la direccionalidad del mismo y crear de este modo un dinamismo en los diferentes planos que se presentan en el paisaje, en este primer caso, en el primer plano del usuario automovilista.(Ver Figs. No. 24, 259 La elección del extremo del paso vehicular estará en función del análisis visual del sitio donde se emplaza dicha estructura. En dicho análisis se debe considerar el relieve como delimitador de espacios. En esa misma dirección se debe estudiar la vegetación presente en el sitio.
<b>E.6.</b> Recuperación Ambiental del Banco de Material como zona natural	<b>A.1.</b> Aprovechamiento y Recuperación del banco por etapas.(Ver Fig. No. 23) <b>A.2.</b> Diseño, cálculo y construcción de obras de conservación de suelos aguas arriba para evitar y educir la pérdida de suelo en los terrenos aledaños. En caso de que se trate de zonas agrícolas y ya existan obras de conservación (terrazas, tecorrales, etc) éstas deberán conservarse o en su caso reconstruirse. <b>A.3.</b> Reforestación perimetral del banco principalmente con arbustos para proteger los terrenos aledaños de la erosión sobretodo aguas arriba así como en los sitios donde el agua, por la forma del relieve, tiende a concentrarse en forma natural. <b>A.4.</b> Conformación de bermas cuando las paredes del banco presenten una pendiente y altura muy fuertes; como método de estabilización en caso de que así se requiera y para permitir el establecimiento y desarrollo de una cubierta vegetal. <b>E.5.</b> Diseño y construcción de un sistema de drenaje superficial (y en el caso de que se requiera, subterráneo) para garantizar la estabilidad de las bermas. De acuerdo a las características del suelo, los sustratos litológicos así como el relieve, en el diseño de este sistema se puede considerar la construcción de cisternas para almacenar el agua de lluvia y hacer uso posterior de ésta para proporcionar riego de apoyo a las reforestaciones ejecutadas en el área a recuperar. Asimismo dentro de este sistema de drenaje sobretodo el superficial se debe contemplar la protección de los canales y cauces naturales por donde se desalojará el exceso de agua, tanto de manera natural como la que se desvía con propósitos de protección de las obras aguas abajo. Esta misma medida se deberá hacer extensiva hacia las laderas que por cuya forma son colectoras concentradoras de agua, siendo el zampeado, la reforestación con especies resistentes así como la construcción de presas filtrantes algunas de las opciones.

Estrategias	Acciones
<p><b>E.6.</b> Recuperación Ambiental del Banco de Material como zona natural</p>	<p><b>A.6.</b> Propiciar el establecimiento y desarrollo de una cubierta vegetal protectora mediante la plantación directa de especies nativas rescatadas y propagadas para tal fin así como por medio de la dispersión de semillas recolectadas y tratadas previamente de las especies existentes y registradas en el sitio y zonas aledañas. La reforestación de las bermas se hará bajo el diseño de un módulo de reforestación que además de coadyuvar a reducir la intensidad de los procesos erosivos pretende reproducir y recuperar la imagen natural de la zona previa a la presencia de la carretera. Más aún puede propiciar un mejoramiento de la misma tanto paisajística como ambientalmente. ***</p> <p><b>A.7.</b> Manejo escultórico de las paredes del banco debido a su alto grado de visibilidad desde la carretera tomando como punto de partida las características de los materiales presentes en el mismo así como los patrones de drenaje superficial. Este manejo debe incluir las medidas, técnicas y materiales necesarios para garantizar su estabilidad. (Ver Fig. No.35)</p> <p><b>A.8.</b> Plantación con especies que caractericen el paisaje en este sitio para reforzar el efecto visual de los cortes y la modificación del relieve en ese punto. Así, el carácter de las plantaciones será enfatizar el cambio en la estructura del paisaje (geoforma, cambio de uso del suelo, etc.) **</p> <p><b>A.9.</b> En caso de que se requiera, se deberán realizar plantaciones complementarias en el perímetro del banco tanto al nivel de la carretera como en el desnivel del banco para proteger al usuario en caso de accidente y evitar y en el caso extremo amortiguar la caída del vehículo al banco.</p> <p>*** El manejo de la vegetación y el concepto de diseño que regirá a éste en ambos casos dependen de una valoración ambiental y paisajística del sitio tanto a nivel local como regional, así como a su importancia en el trayecto total de la carretera. Para lo cual se deberán considerar las características del banco, su entorno inmediato y lejano, su visibilidad, dimensiones y potencial de uso, así como las necesidades de los propietarios y los posibles beneficios a la población cercana.</p>
<p><b>E.7.</b> Manejo ambientalmente responsable de las instalaciones</p>	<p><b>A.1.</b> Retiro del sustrato edáfico fértil (capa de suelo fértil).</p> <p><b>A.2.</b> Rescate de la vegetación existente para su posterior uso en la forestación del patio de trabajo. En el caso de que el trasplante no sea posible por cuestiones de tamaño, edad y costo se deberá evaluar conforme al estado de salud de la planta de manera adicional al resto de los aspectos antes mencionados la posibilidad de realizar la toma de esquejes o estacas de dichos individuos para la propagación de los mismos con el fin de emplearse en las labores de reforestación de las áreas a recuperar. (Ver Fig. No. 23)</p> <p><b>A.3.</b> Compactación del terreno y protección del mismo mediante la colocación de geomembranas, cuyo objetivo es evitar las infiltraciones hacia el subsuelo de posibles derrames accidentales de combustibles, aceites o cualquier sustancia contaminante. Sobre esta geomembrana se desplantará una plancha de concreto armado e impermeable para recibir la maquinaria, equipo e insumos que se requiere para el funcionamiento de esta instalación de apoyo.</p> <p><b>A.4.</b> Construcción de una zanja perimetral para contener y recuperar los posibles derrames de combustibles, aceites, etc.</p>

Estrategias	Acciones
<p><b>E.7.</b> Manejo ambientalmente responsable de las instalaciones</p>	<p><b>A.5.</b> Ubicación, control y manejo de combustibles e insumos así como de residuos y emisiones que se pueden generar por el funcionamiento de estas instalaciones de acuerdo a la normatividad ambiental vigente en materia de materiales y residuos peligrosos y no peligrosos así como las normas oficiales correspondientes.  <b>A.6.</b> Conformación de un talud perimetral.  <b>A.7.</b> Plantación de una cortina de árboles perimetral como barrera visual para ocultar la presencia de estas instalaciones.</p>
<p><b>E.8.</b> Protección del cauce del escurrimiento de posibles deslizamientos de material proveniente del banco de préstamo ubicado en la cercanía de la margen derecha de dicho cuerpo de agua.</p>	<p><b>A.1.</b> Estabilización de la ladera aguas arriba del escurrimiento mediante la conformación de una terraza  <b>A.2.</b> Reforestación de la terraza y de ambos márgenes de dicho escurrimiento en ese sitio.  (Ver Fig. No.24)</p>
<p><b>E.9.</b> Manejo Paisajístico del cruce de la carretera con el escurrimiento</p>	<p><b>A.1.</b> Forestación de los márgenes del escurrimiento con árboles principalmente de acuerdo a los criterios de la SCT para enfatizar el cruce de la carretera con dicho cuerpo de agua. (Ver Fig. No.24)</p>
<p><b>E.10.</b> Conformación del Banco de Material como abrevadero</p>	<p><b>A.1.</b> Preparación del terreno para evitar filtraciones al subsuelo mediante el empleo de diferentes técnicas y materiales debido a la alta permeabilidad de la zona y de este modo permitir la acumulación y almacenamiento de agua. (Ver Fig. No. 13)  <b>A.2.</b> Establecimiento de un área de captación, la cual se mantendrá con vegetación natural para incrementar la captación del vital líquido.  <b>A.3.</b> Conformación de una rampa de acceso para que los animales puedan entrar al abrevadero.  <b>A.4.</b> Plantación complementaria con grupos de árboles en el perímetro para reducir la evaporación el agua captada sobretodo durante la época de secas y al mismo tiempo enfatizar el cuerpo de agua como remate visual.</p>
<p><b>E.11.</b> Enmarcar las visuales hacia el Poblado San José Ixtapa.</p>	<p><b>A.1.</b> Plantación complementaria de árboles siguiendo el trazo de las terrazas existentes. La plantación se iniciará desde el interior del derecho de vía hacia los campos de cultivo con el fin de encauzar las visuales.(Ver Fig. No. 25)</p>
<p><b>E.12.</b> Reducción de los niveles de ruido a las viviendas de la periferia del Poblado San José Ixtapa como resultado del tránsito vehicular sobre la autopista conservando las visuales hacia el poblado.</p>	<p><b>A.1.</b> Diseño de una barrera para reducir el ruido que permita a la vez mantener la visual libre.(Ver Fig. No. 15)</p>
<p><b>E.13.</b> Protección del curso alto de la barranca Tres Encinos de la erosión debido a la extracción de material en la cabecera de la misma para la construcción de la carretera así como a la disposición inadecuada de material residual.</p>	<p><b>A.1.</b> Construcción de una estructura para el control de la cabecera de la barranca.(Ver Fig. No.25)  <b>A.2.</b> Reforestación del nacimiento de la barranca.  <b>A.3.</b> Construcción de obras de conservación de suelos aguas arriba.  <b>A.4.</b> Cálculo, construcción y mantenimiento de presas de control de azolves que coadyuvaría a retener el exceso de sedimentos provenientes de la disposición inadecuada de material residual.</p>

Estrategias	Acciones
<p><b>E.14.</b> Protección del curso alto de la Barranca San José Ixtapa contra la erosión.</p>	<p><b>A.1.</b> Construcción de una estructura para el control de la cabecera de la barranca.(Ver Fig. No. 25)  <b>A.2.</b> Reforestación del nacimiento de la barranca bajo el diseño de un módulo de reforestación que además de coadyuvar a reducir la intensidad de los procesos erosivos pretende mejorar la calidad ambiental y paisajística de la población aledaña.  <b>A.3.</b> Restringir el crecimiento de la mancha urbana hacia la barranca delimitando para ello una franja de amortiguamiento tomando como punto de partida la zona federal. Con esta estrategia también se evita el establecimiento de personas en zonas de alto riesgo.</p>
<p><b>E.15.</b> Incrementar la seguridad del automovilista mediante el manejo de la vegetación tanto dentro como fuera del derecho de vía.</p>	<p><b>A.1.</b> Plantación de árboles o arbustos de gran talla en el límite exterior del derecho de vía para enfatizar que es una curva horizontal y de este modo reducir la velocidad de manejo en este tramo aplicando los criterios establecidos por la SCT en su manual de Reforestación.  <b>A.2.</b> Plantación complementaria de árboles por fuera del derecho de vía siguiendo el perfil de la ladera para enfatizar el descenso hacia una curva vertical y el cruce con un escurrimiento (Barranca Tres Encinos).  <b>A.3.</b> Plantación de árboles y arbustos en el derecho de vía y por fuera de él para que funcione como barrera cortavientos.  <b>A.4.</b> Plantación complementaria de árboles y arbustos para crear ventanas y acentos evitando de esta manera la monotonía del trayecto.</p>
<p><b>E.16.</b> Estabilización de los taludes de terraplenes y bancos de tiro para evitar el deslizamiento de material residual sobre el cuerpo de la carretera así como cuerpos de aguas aledaños, cañadas, entre otros mediante el empleo combinado de técnicas y prácticas mecánicas y vegetativas usadas tradicionalmente en la recuperación y conservación de suelos agrícolas.</p>	<p><b>A.1.</b> Retiro del material residual susceptible a deslizarse hacia los escurrimientos, en los casos donde esta acción sea posible realizarse (pendiente, accesibilidad, etc.). La reubicación del material retirado se hará conforme a un previo estudio de los sitios que podrán ser utilizados como bancos de tiro.(Ver Fig. No. 16, 17, 26)  <b>A.2.</b> Conformación gradual de terrazas para contener el material residual siguiendo el contorno del terreno para reducir la pendiente y altura de dichos taludes.  <b>A.3.</b> Construcción de muros de contención para coadyuvar a la estabilización del material residual. La elección del tipo de contención y su sistema constructivo estará en función del material a contener.  <b>A.4.</b> Diseño y construcción de un sistema de drenaje para garantizar el buen funcionamiento de las terrazas y al mismo tiempo alargar la vida útil de las mismas.  <b>A.5.</b> Propiciar el establecimiento y desarrollo de una cubierta vegetal protectora en las terrazas mediante la plantación directa de especies nativas propagadas para este fin, así como por medio de la dispersión de semillas recolectadas y tratadas previamente de las especies existentes en el sitio. La reforestación de las terrazas se hará bajo el diseño de un módulo de reforestación que además de coadyuvar en la reducción de los procesos erosivos ocasionados por la construcción de la carretera y pretende reproducir la imagen natural de la zona previa la presencia de la carretera.</p>

Estrategias	Acciones
<p><b>E.17.</b> Reducir la intensidad de los procesos de ladera y la velocidad del agua sobre la misma, así como suavizar taludes tanto de cortes, terraplenes, bancos de tiro aguas arriba para coadyuvar en la estabilización de los mismos.</p>	<p><b>A.1.</b> En caso de ser posible, se hará la modelación del perfil de la ladera aguas arriba aprovechando un cambio y / o ruptura en el valor de la pendiente para crear mejores condiciones para el establecimiento y desarrollo de una cubierta vegetal más densa. (Ver Figs. No. 12 a la 20, 23, 24, 25, 26)</p> <p><b>A.2.</b> Diseño y construcción obras de conservación de suelo aguas arriba, que coadyuven al rápido establecimiento de la vegetación así como para proteger los terrenos alledaños de la erosión y evitar la pérdida de suelo. En el caso de que se trate de zonas agrícolas y ya existan obras de conservación (p.e. tecorrales, terrazas, etc.) éstas deberán conservarse o en su caso reconstruirse.</p> <p><b>A.3.</b> Propiciar el desarrollo de una cubierta vegetal más densa mediante la dispersión de semillas así como plantaciones complementarias.</p> <p><b>A.4.</b> Coadyuvar al establecimiento de una cubierta vegetal mediante el empleo de técnicas y materiales que permitan el arraigo de la vegetación sin alterar la forma de la ladera (mallas triple torsión, geotextiles, etc.)</p> <p><b>A.5.</b> Diseño y construcción de obras de protección de cauces tanto aguas arriba como aguas abajo, para que funcionen como trampas de sedimentos y de este modo mejorar la calidad de agua de dicho escurrimiento. Y a la vez, protegen a los cauces de la erosión por el desvío del agua superficial aguas arriba. Estas obras también deberán construirse en las laderas que por su forma son colectoras y concentradoras de agua y a las que también se desviará el agua que escurre por otros tipos de laderas, específicamente de aquellas ubicadas aguas arriba de cortes y bancos de tiro, asimismo estas obras de protección se llevarán a cabo tanto en las entradas como en las salidas de las obras de drenaje.</p> <p><b>A.6.</b> Análisis y modelación de la zona de contacto entre la ladera natural y el talud del corte.</p> <p><b>A.7.</b> Diseño y cálculo de la pendiente y forma del talud del corte con base en la realización de un estudio geológico, estratigráfico y de geotecnia así como de las características ambientales particulares que pueden incidir en las estabilidad del mismo. La construcción de bermas para reducir la pendiente e incrementar la estabilidad de los taludes es una opción a evaluar.</p> <p><b>A.8.</b> Protección del talud del corte para evitar que se erosione seleccionando el método más adecuado considerando los estudios arriba mencionados.***</p> <p><b>A.9.</b> Construcción de una trinchera (zanja) en la base del talud del corte para recibir el material que pueda desplazarse del mismo hacia la carretera. Si bien es cierto que no todos los taludes requerirán la aplicación de esta medida, se recomienda su construcción con fines de mantenimiento y limpieza del corte y de la misma carretera ajustando para tal fin las dimensiones de la trinchera</p> <p><b>A.10.</b> Estabilización de los taludes del banco de tiro mediante la conformación gradual de terrazas. (Ver Estrategia 16 / E.16.)</p>

Estrategias	Acciones
<b>E.17.</b>	Reducir la intensidad de los procesos de ladera así como la velocidad del agua sobre laderas y taludes tanto de cortes, terraplenes así como de bancos de tiro aguas arriba para coadyuvar en las estabilización de los mismos.
<p>*** En la elección del método de estabilización y protección del talud del corte también debe considerarse la forma de las laderas aguas arriba así como la forma resultante del corte para identificar y proteger las zonas más vulnerables.</p> <p>En el aspecto formal (estéticos) de los taludes de los corte, las posibilidades son múltiples y estarán en función del método de estabilización más adecuado conforme a las características de cada uno de ellos. Si bien es cierto que no todas las soluciones técnicas tienen “buen aspecto” se debe partir de ellas para buscar y diseñar de manera conjunta una solución combinada donde se compaginen los aspectos funcionales y estéticos. Al ser taludes de los cortes, y por tanto el primer plano de los conductores y en ocasiones puntos visuales del mismo se debe considerar la exposición solar de los mismos y sus consecuencias sobre los usuarios por deslumbramiento abriéndose de este modo la posibilidad y la importancia del manejo cromático de los taludes, así como estrategias para la reducción del albedo tales como el desarrollo de una cubierta vegetal protectora o el recubrimiento con otros materiales, etc.</p>	
<b>E.18.</b>	Protección y recuperación Ambiental del Curso alto de la Barranca Pitlahuatl para restablecer y eventualmente reducir los índices de sedimentación del área previos a la construcción de la carretera
<p><b>A.1.</b> Diseño y construcción de una estructura para el control de la erosión en la cabecera o nacimiento de la Barranca. (Ver Figs. No. 16, 17, 26)</p> <p><b>A.2.</b> Reforestación del nacimiento de la barranca.</p> <p><b>A.3.</b> Limpieza y rectificación del cauce retirando en la medida de los posible el material residual proveniente de los terraplenes, cortes así como de los bancos de tiro hacia los nuevos bancos de tiro previamente seleccionados y aprobados por la autoridad correspondientes.</p> <p><b>A.4.</b> Cálculo, construcción y mantenimiento de presas de control de azolves que coadyuven a retener el exceso de sedimentos provenientes de la disposición inadecuada de material residual.</p> <p><b>A.5.</b> Propiciar el desarrollo de una cubierta vegetal protectora mediante la dispersión de semillas y plantación directa de especies nativas.</p>	
<b>E.19.</b>	Conformación y consolidación de un sistema de corredores y parches de vegetación que incrementen y mejoren el grado de conectividad entre las Sierras El Monumento y de Zapotitlán. Este sistema permite, propicia y fomenta la movilidad de animales y plantas. Por tanto fortalecería e incrementaría la continuidad y estabilidad de los ecosistemas que se desarrollan dentro de la Reserva de la Biosfera ya que se aprovecha para ello tanto rasgos naturales como artificiales.
<p><b>A.1.</b> Consolidar el curso alto de la Barranca Pitlahuatl como refugio y corredor para la fauna debido a sus características topográficas y microclimáticas: (Ver Figs. No. 16, 17, 18, 26, 27)</p> <p><b>A.1.1.</b> Reconfiguración del perfil transversal de la Barranca en puntos críticos para propiciar el desarrollo de una cubierta vegetal.</p> <p><b>A.1.2.</b> Reforestación de los márgenes del escurrimiento, bajo el diseño de un módulo de reforestación que además de coadyuvar a reducir los procesos de deterioro ocasionados por la construcción de la carretera y reproduzcan la imagen natural de la zona.</p> <p><b>A.2.</b> Proteger y conservar la Barranca Coxcoma como zona natural mediante:</p> <p><b>A.2.1.</b> Limpieza y rectificación del cauce.</p> <p><b>A.2.2.</b> Reforestación de la Barranca con especies propias de la región bajo el diseño de un módulo de reforestación que además de coadyuvar a frenar los procesos de deterioro actual (producto del uso actual del suelo) recupere la imagen natural de la zona.</p>	

Estrategias	Acciones
<p><b>E.19.</b> Conformación y consolidación de un sistema de corredores y parches de vegetación que incrementen y mejoren el grado de conectividad entre las Sierras Filo de Tierra Colorada, El Monumento y de Zapotitlán. Este sistema permite, propicia y fomenta la movilidad de animales y plantas. Por tanto fortalece e incrementa la continuidad y estabilidad de los ecosistemas que se desarrollan dentro de la Reserva de la Biosfera ya que se aprovechan para ello tanto rasgos naturales como artificiales.</p>	<p><b>A.3.</b> Unir la barranca Coxcoma (Ixtapan) con la pequeña elevación que sobresale en la planicie Estructural Mesiforme al sur del C. Zotoltepéc así como sus afluentes más importantes.</p> <p><b>A.3.1.</b> Reforestación de dicha elevación prolongando la plantación hacia la Barranca bajo el diseño de un módulo de reforestación.</p> <p><b>A.3.2.</b> Reforestación de dichos escurrimientos con especies propias de los mismos bajo un diseño de módulo de reforestación.</p> <p><b>A.4.</b> Adecuar las márgenes del Canal Tehuacan sin alterar su funcionamiento actual para crear recesos para la fauna silvestre aprovechando para ello el espacio ubicado entre el canal y la autopista así como el derecho de vía.</p> <p><b>A.5.</b> Conformar y consolidar un bosque lineal que interconecte la Barranca Coxcoma con el canal de Riego Tehuacan tomando como punto de partida la vegetación existente a lo largo de ambos cuerpos de agua.</p> <p><b>A.6.</b> Crear y consolidar un vínculo físico entre el Canal de Tehuacan y la Planicie Estructural de Travertino mediante:</p> <p><b>A.6.1.</b> Diseño y construcción de un conjunto de cuerpos de agua que se interconecten entre si con el canal de riego Tehuacan y el bosque lineal que ascenderá hacia la planicie estructural de Travertino.</p> <p><b>A.6.2.</b> Diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes del Poblado Fco. I. Madero para emplearlas en: 8Ver Fig. No. 27)</p> <p>a. El abastecimiento de agua de los cuerpos de agua arriba propuestos.</p> <p>b. El cambio de las tierras alledañas al poblado de riego temporal a riego permanente.</p> <p><b>A.6.3.</b> Conformación de un bosque que una el canal de riego con la planicie mediante la reforestación de los márgenes del canal y de los cuerpos de agua (estanques) hasta llegar a la planicie. Esta reforestación se hará bajo un módulo de reforestación el cual pretende reproducir la imagen natural de la vegetación ribereña asociada a los escurrimientos y cuerpo de agua continentales y tendrá una transición hacia la planicie con la vegetación que caracteriza a ésta, esto es con Mezquitales.</p>
<p><b>E.20.</b> Diseño paisajístico de un mirador</p>	<p><b>A.1.</b> Diseño y construcción de un retorno para acceder al mirador atendiendo a las especificaciones técnicas establecidas en el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras de la SCT.</p> <p><b>A.2.</b> Recuperación y adecuado almacenamiento del sustrato edáfico para su posterior uso en las labores de reforestación y forestación del mirador.</p> <p><b>A.3.</b> Protección y conservación de la vegetación existente en el área donde se desarrollará tanto el mirador así como los accesos al mismo. La elección de los especímenes a conservar está en función de que no represente un obstáculo para la visibilidad y seguridad del usuario. Cuando no cumpla con esta condición se deberá proceder a:</p> <p><b>A.4.</b> Transplante y adecuado almacenamiento de la vegetación para su posterior uso en las labores de forestación y reforestación del mirador. Este rescate dará prioridad a los individuos en buen estado fitosanitario y por cuya edad y tamaño se pueda garantizar su supervivencia al traslado y manejo.</p> <p><b>A.5.</b> Plantación complementaria para enfatizar el acceso al mirador tomando en cuenta el ángulo de visión, la distancia de visibilidad de parada así como demás factores que se deben considerar en un cruce a nivel.</p> <p><b>A.6.</b> Empleo de materiales locales en la construcción del mirador.</p>

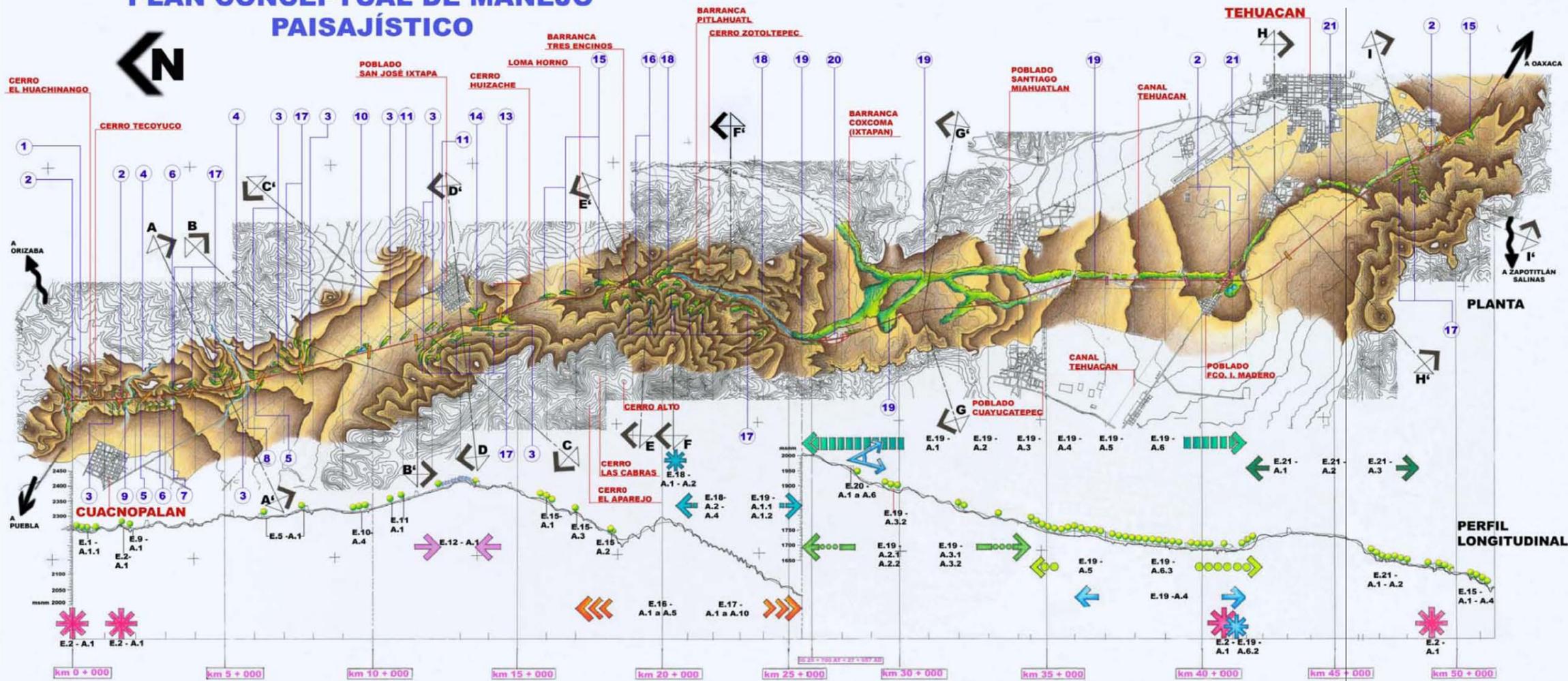
Estrategias	Acciones
<b>E.21.</b> Limitar el crecimiento de la mancha urbana hacia la Sierra de Zapotitlán para reducir la presión sobre los recursos naturales, la contaminación de agua, aire y suelo por disposición inadecuada y sin control de residuos sólidos domésticos. Y al mismo tiempo evitar el cambio de uso de suelo en los límites nororiente y oriente de la zona de la Reserva de la Biosfera.	<b>A.1.</b> Conformación de un cinturón verde como parte del proyecto de vialidad primaria de la Ciudad de Tehuacan aprovechando la terracería existente y las formas del relieve y la presencia de la misma carretera. <b>A.2.</b> Protección y conservación de este cinturón verde así como de la franja que separa la nueva vialidad de la autopista como "zona natural" con usos restringidos para que funcione como barrera de amortiguamiento hacia la Reserva de la Biosfera. <b>A.3.</b> Impulso a la actividad agrícola mediante la dotación de estímulos económicos, fiscales, etc. Con el fin de incrementar la productividad agrícola y evitar de este modo el cambio de uso de suelo en esta franja. Con esta acción se pretende fortalecer el carácter de zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera. (Ver Fig. 19, 20)

Tabla No.7. Plan Conceptual de Manejo Paisajístico de la Autopista Cuacnopalan –Tehuacán –Oaxaca, Subtramo km 0+000 – km 52+000. Estrategias y Acciones.

El manejo de la vegetación que se propone en las diferentes estrategias y acciones deben seguir los siguientes criterios:

1. La plantación o inducción de una cubierta vegetal será con especies vegetales locales, es decir, que se tengan reportadas e identificadas para la zona. Si bien es cierto, que la mayoría de ellas no son comerciales, existe para algunas de ellas investigaciones y experiencias documentadas en cuanto a su recolección, métodos de germinación, y propagación que podrán ser útiles para su empleo en la forestación y reforestación del derecho de vía, zonas aledañas así como los sitios afectados por la construcción de la autopista.
2. Se deberá analizar la composición paisajística del sitio donde se pretenden realizar las plantaciones así como las modificaciones al relieve para que estas intervenciones se diseñen y se ejecuten en armonía con los elementos existentes y el impacto de las mismas no sea significativo.

# PLAN CONCEPTUAL DE MANEJO PAISAJÍSTICO

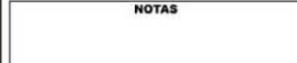


LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MEXICO  
CASO DE ESTUDIO:  
CARRETERA CUACNOPALAN - TEHUACAN - OAXACA  
SUBTRAMO KM 0 + 000 - KM 52 + 000

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE ARQUITECTO PAISAJISTA  
PRESENTA:  
ERIKA MIRANDA LINARES

SINODALES:  
ARQ. MARCOS MAZARI HIRIART  
M en C. RA. DEL CARMEN MEZA AGUILAR  
M en A. ANAYA LARRUCEA GARRETTZ

LOCALIZACIÓN



NOTAS

## ESTRATEGIAS (E.)

- |           |   |           |   |
|-----------|---|-----------|---|
| <b>1</b>  | ENMARCAR EL ACCESO A LA AUTOPISTA.  | <b>8</b>  | PROTECCIÓN DEL CAUCE DEL ESCURRIMIENTO DE POSIBLES DESLIZAMIENTOS DE MATERIAL, PROVENIENTE DEL BANCO DE MATERIAL UBICADO EN LA CERCANÍA DEL MARGEN DERECHO DE DICHO CUERPO DE AGUA.   |
| <b>2</b>  | DISEÑO PAISAJÍSTICO DE LOS ENTRONQUES PARA PROPORCIONAR UNA SECUENCIA VISUAL DEFERENCIADA EN AMBOS SENTIDOS.  | <b>9</b>  | MANEJO PAISAJÍSTICO DEL CRUCE DE LA CARRETERA CON EL ESCURRIMIENTO.   |
| <b>3</b>  | RECUPERACIÓN AMBIENTAL DEL BANCO DE MATERIAL COMO ZONA AGRÍCOLA.  | <b>10</b> | CONFORMACIÓN DEL BANCO DE MATERIAL COMO ABREVADERO.   |
| <b>4</b>  | RECUPERACIÓN AMBIENTAL DEL ESCURRIMIENTO.   | <b>11</b> | ENMARCAR LAS VISUALES HACIA EL POBLADO SAN JOSÉ IXTAPA.   |
| <b>5</b>  | INTEGRACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE PASO AL PAISAJE. (PASOS VEHICULARES INFERIORES Y SUPERIORES, PIV, PSV)  | <b>12</b> | REDUCCIÓN DE LOS NIVELES DE RUIDO A LAS VIVIENDAS DE LA PERIFERIA DEL POBLADO SAN JOSÉ IXTAPA COMO RESULTADO DEL TRÁNSITO VEHICULAR SOBRE LA AUTOPISTA CONSERVANDO LAS VISUALES HACIA EL POBLADO.   |
| <b>6</b>  | RECUPERACIÓN AMBIENTAL DEL BANCO DE MATERIAL COMO ZONA NATURAL.   | <b>13</b> | PROTECCIÓN DEL CURSO ALTO DE LA BARRANCA TRES ENCINOS CONTRA LA EROSIÓN DEBIDO A LA EXTRACCIÓN DE MATERIAL EN LA CABECERA DE LA MISMA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA ASÍ COMO A LA DISPOSICIÓN INADECUADA DE MATERIAL RESIDUAL.   |
| <b>7</b>  | MANEJO AMBIENTALMENTE RESPONSABLE DE LAS INSTALACIONES.   | <b>14</b> | PROTECCIÓN DEL CURSO ALTO DE LA BARRANCA SAN JOSÉ IXTAPA CONTRA LA EROSIÓN.   |
| <b>15</b> | INCREMENTAR LA SEGURIDAD DEL AUTOMOVILISTA MEDIANTE EL MANEJO DE LA VEGETACIÓN, DENTRO Y FUERA DEL DERECHO DE VÍA.  | <b>17</b> | PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL DEL CURSO ALTO DE LA BARRANCA PITLAHUATL PARA RESTABLECER Y EVENTUALMENTE REDUCIR LOS ÍNDICES DE SEDIMENTACIÓN DEL ÁREA PREVIOS A LA CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA.  |
| <b>16</b> | ESTABILIZACIÓN DE LOS TALUDES DE TERRAPLENES Y BANCOS DE TIRO PARA EVITAR EL DESLIZAMIENTO DE MATERIAL RESIDUAL SOBRE LA CARRETERA Y CUERPOS DE AGUA ALEDAÑOS (CANADAS), MEDIANTE EL EMPLEO COMBINADO DE TÉCNICAS Y PRÁCTICAS MECÁNICAS Y VEGETATIVAS USADAS TRADICIONALMENTE EN LA RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS.  | <b>18</b> | CONFORMACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE UN SISTEMA DE CORREDORES Y PARCHES DE VEGETACIÓN QUE INCREMENTE Y MEJOREN EL GRADO DE CONECTIVIDAD ENTRE LA SIERRA EL MONUMENTO Y SIERRA ZAPOTITLAN. ESTE SISTEMA PERMITE, PROPICIA Y FOMENTA LA MOVILIDAD DE ANIMALES Y PLANTAS, ES DECIR, FORTALECERÍA E INCREMENTARÍA LA CONTINUIDAD Y ESTABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS QUE SE DESARROLLAN DENTRO DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA APROVECHANDO PARA ELLO RASGOS NATURALES Y ARTIFICIALES. |
| <b>17</b> | REDUCIR LA INTENSIDAD DE LOS PROCESOS DE LADERA Y LA VELOCIDAD DEL AGUA SOBRE LA MISMA, ASÍ COMO SUAVIZAR TALUDES DE CORTES, TERRAPLENES Y DE BANCOS DE TIRO AGUAS ARRIBA, PARA COADYUVAR A LA ESTABILIZACIÓN DE LOS MISMOS.  | <b>19</b> | DISEÑO PAISAJÍSTICO DE UN MIRADOR   |
| <b>18</b> | PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL DEL CURSO ALTO DE LA BARRANCA PITLAHUATL PARA RESTABLECER Y EVENTUALMENTE REDUCIR LOS ÍNDICES DE SEDIMENTACIÓN DEL ÁREA PREVIOS A LA CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA.  | <b>20</b> |   |
| <b>19</b> | CONFORMACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE UN SISTEMA DE CORREDORES Y PARCHES DE VEGETACIÓN QUE INCREMENTE Y MEJOREN EL GRADO DE CONECTIVIDAD ENTRE LA SIERRA EL MONUMENTO Y SIERRA ZAPOTITLAN. ESTE SISTEMA PERMITE, PROPICIA Y FOMENTA LA MOVILIDAD DE ANIMALES Y PLANTAS, ES DECIR, FORTALECERÍA E INCREMENTARÍA LA CONTINUIDAD Y ESTABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS QUE SE DESARROLLAN DENTRO DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA APROVECHANDO PARA ELLO RASGOS NATURALES Y ARTIFICIALES. | <b>21</b> | LIMITAR EL CRECIMIENTO DE LA MANCHA URBANA HACIA LA SIERRA DE ZAPOTITLAN PARA REDUCIR LA PRESIÓN SOBRE LOS RECURSOS NATURALES, LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA, EL AIRE Y EL SUELO POR DISPOSICIÓN INADECUADA Y SIN CONTROL DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS, EVITAR EL CAMBIO DE USO DE SUELO EN LOS LÍMITES NORORIENTE Y ORIENTE DE LA ZONA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA.   |

## SIMBOLOGÍA

	CURVAS DE NIVEL		AUTOPISTA		PASOS INFERIORES VEHICULARES P.I.V.		MIRADOR PROPUESTO
	VÍAS DE FERROCARRIL		ZONA URBANA		ENTRONQUE CON CASETA		ESTRUCTURA PARA CONTROLAR LA EROSIÓN
	CARRETERAS		CUERPOS DE AGUA		PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		PUNTES PEATONALES
	ESCURRIMIENTO		ENTRONQUE		VEGETACIÓN PROPUESTA		VEGETACIÓN EXISTENTE
			PANTALLA ACÚSTICA PROPUESTA				

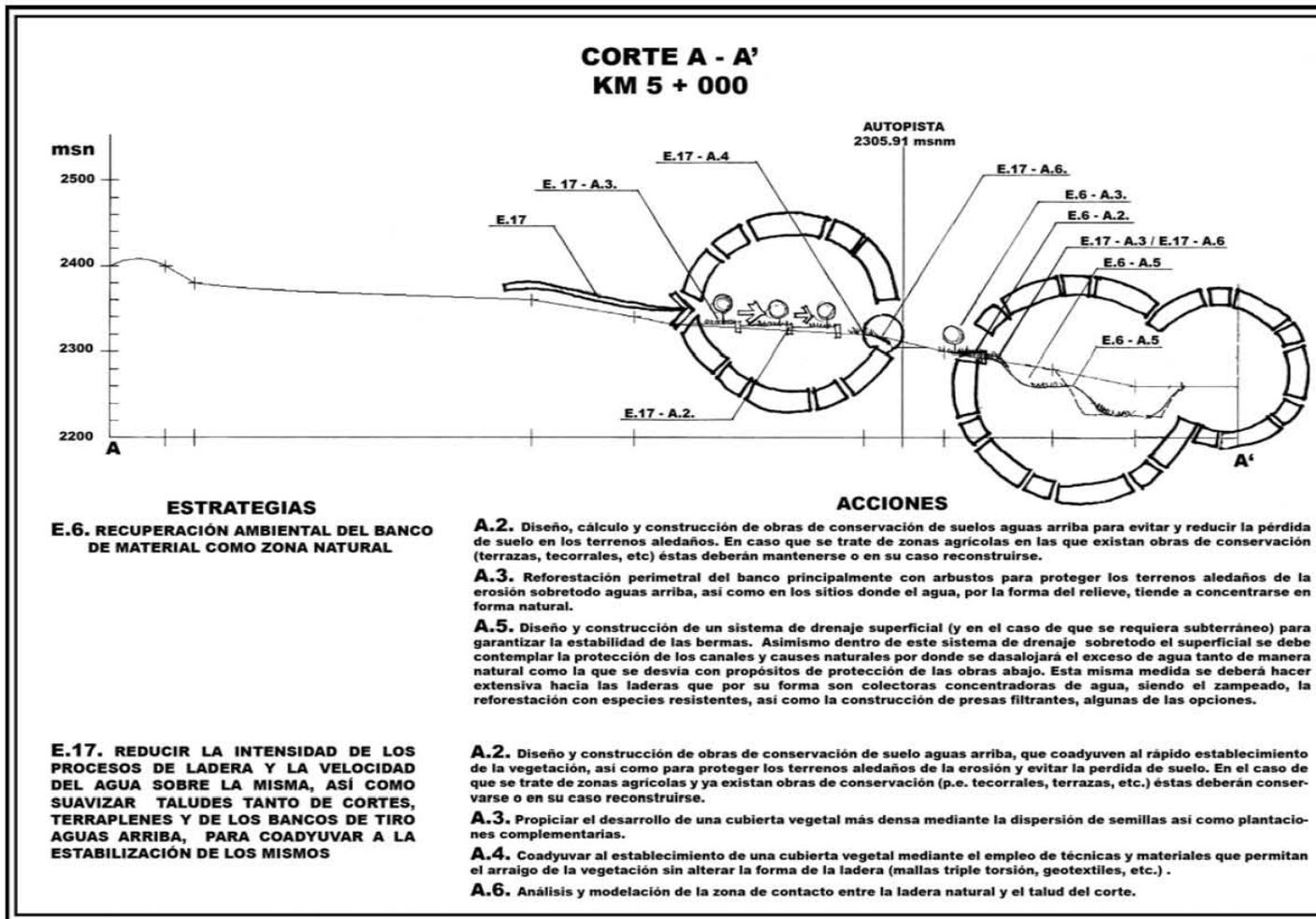


Fig. No. 12. Corte A - A', km 5+000, Plan Conceptual de Manejo Paisajístico. Estrategias y acciones.  
ELABORÓ: Erika Miranda

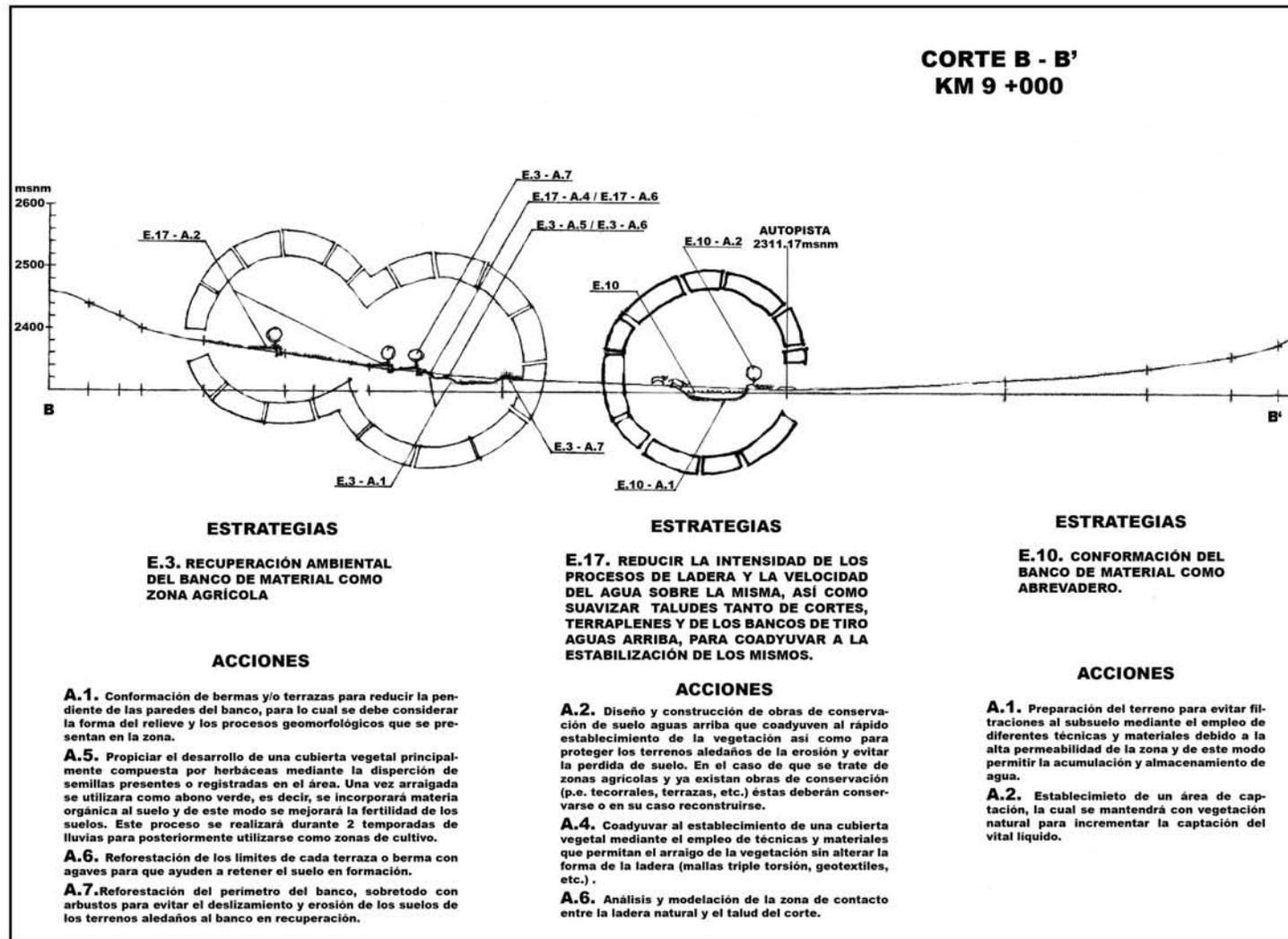


Fig. No. 13. Corte B - B', km 9+000, Plan Conceptual de Manejo Paisajístico. Estrategias y acciones.  
ELABORÓ: Erika Miranda Linares

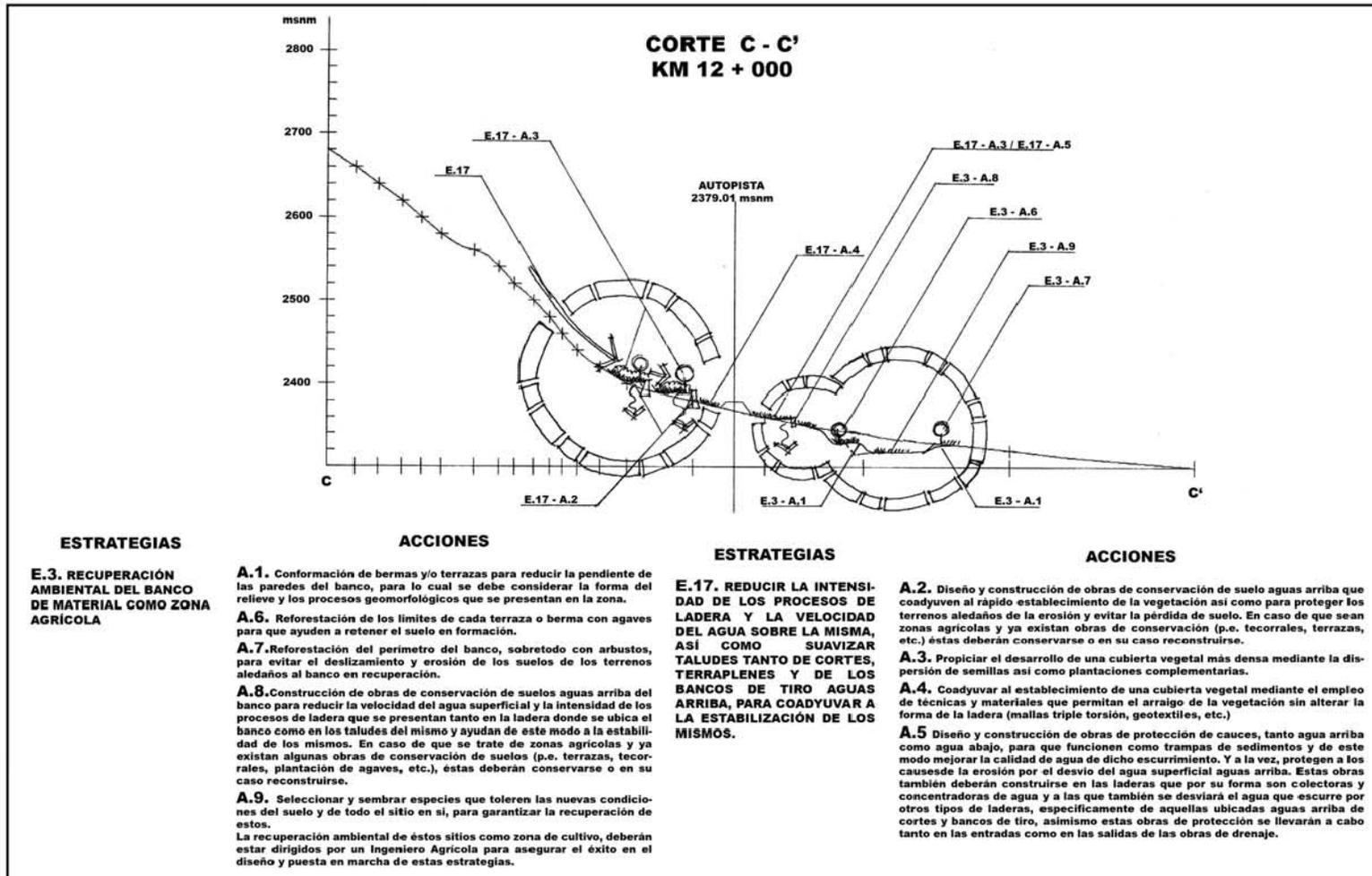


Fig. No. 14. Corte C - C', km 12+000, Plan Conceptual de Manejo Paisajístico. Estrategias y acciones.  
ELABORÓ: Erika Miranda Linares

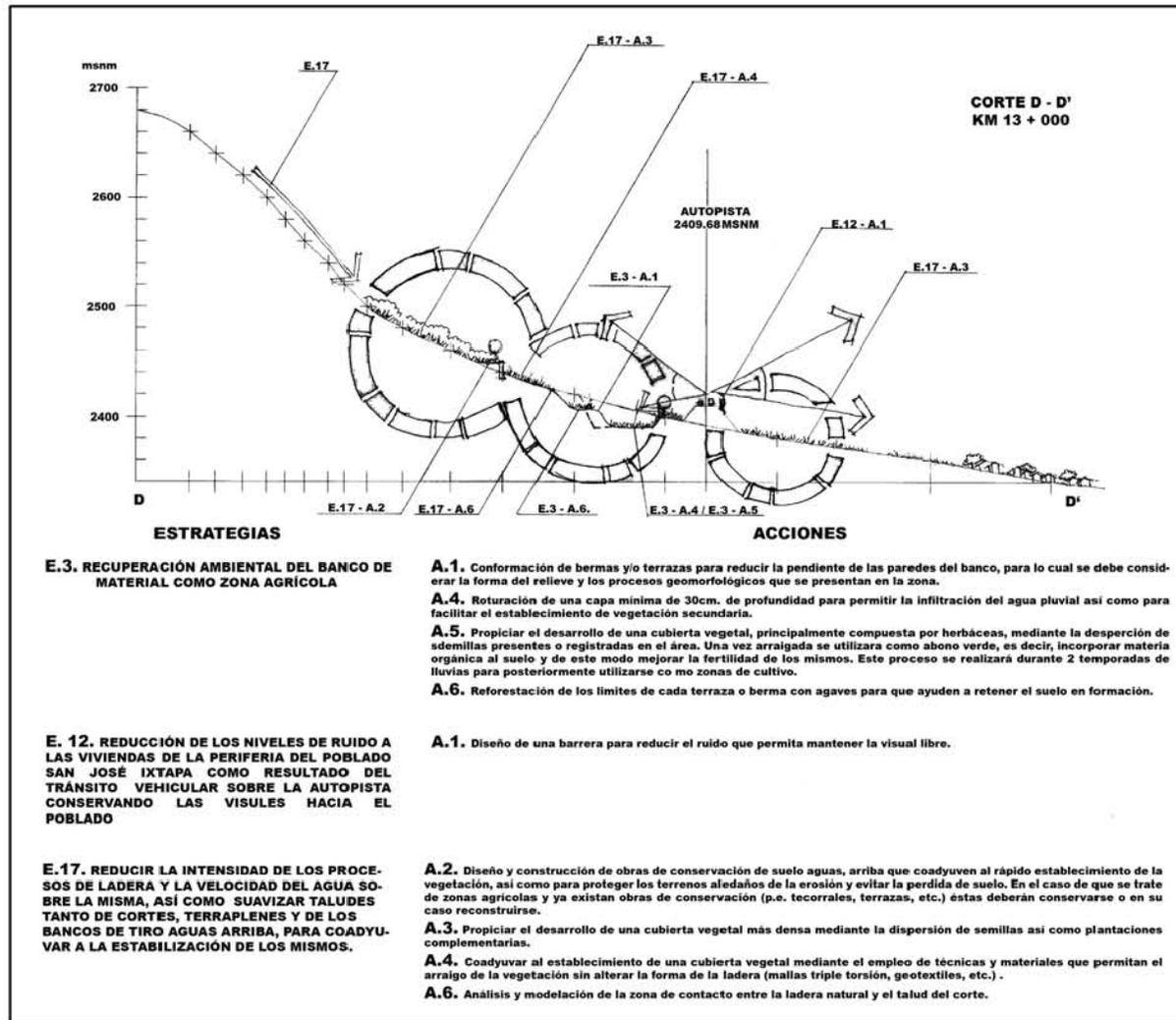


Fig. No. 15. Corte D - D', km 13+000, Plan Conceptual de Manejo Paisajístico. Estrategias y acciones.  
ELABORÓ: Erika Miranda Linares

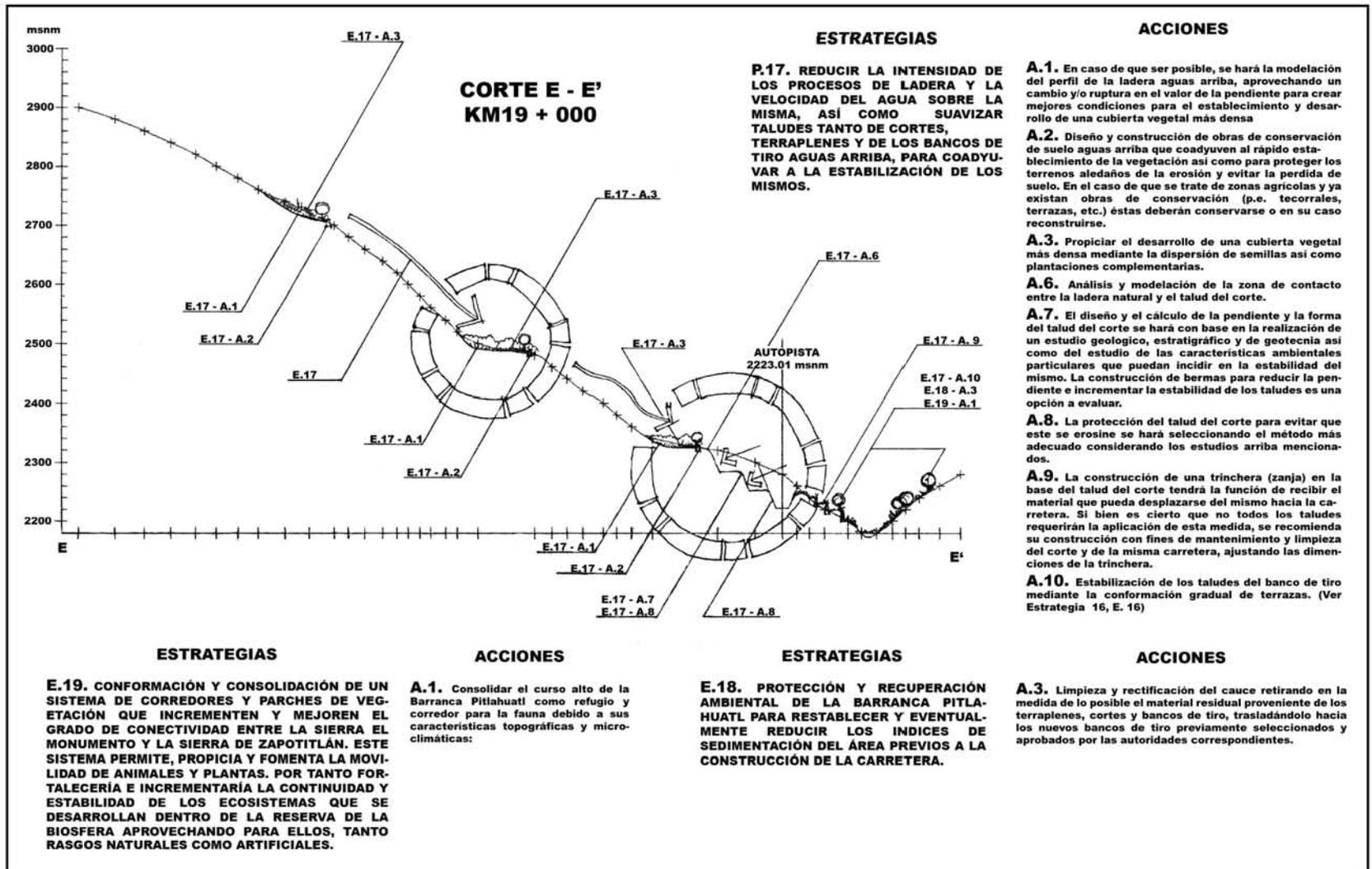


Fig. No. 16. Corte E - E', km 19+000, Plan Conceptual de Manejo Paisajístico. Estrategias y acciones.  
ELABORÓ: Erika Miranda Linares

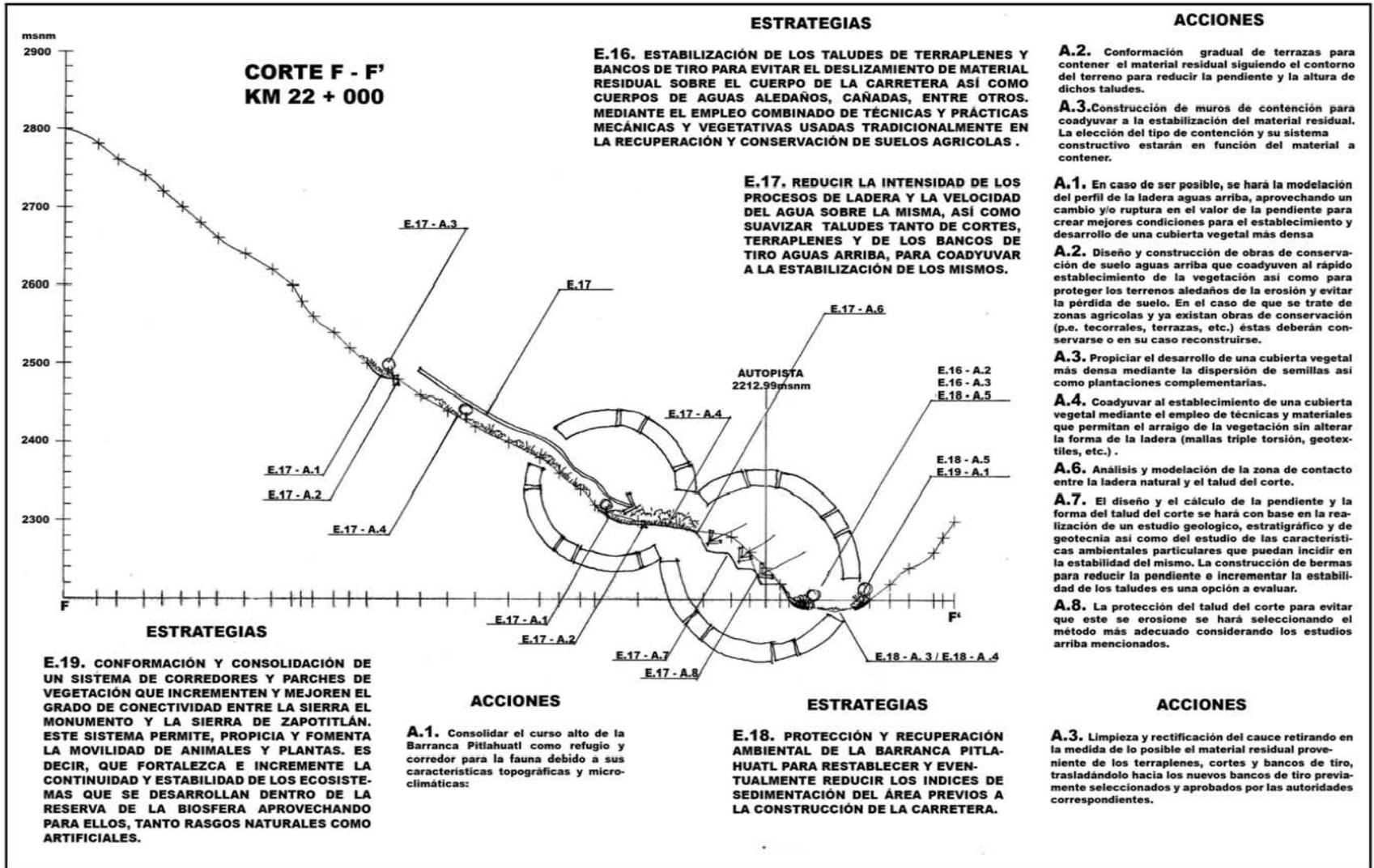


Fig. No. 17. Corte F - F', km 22+000, Plan Conceptual de Manejo Paisajístico. Estrategias y acciones. ELABORÓ: Erika Miranda Linares

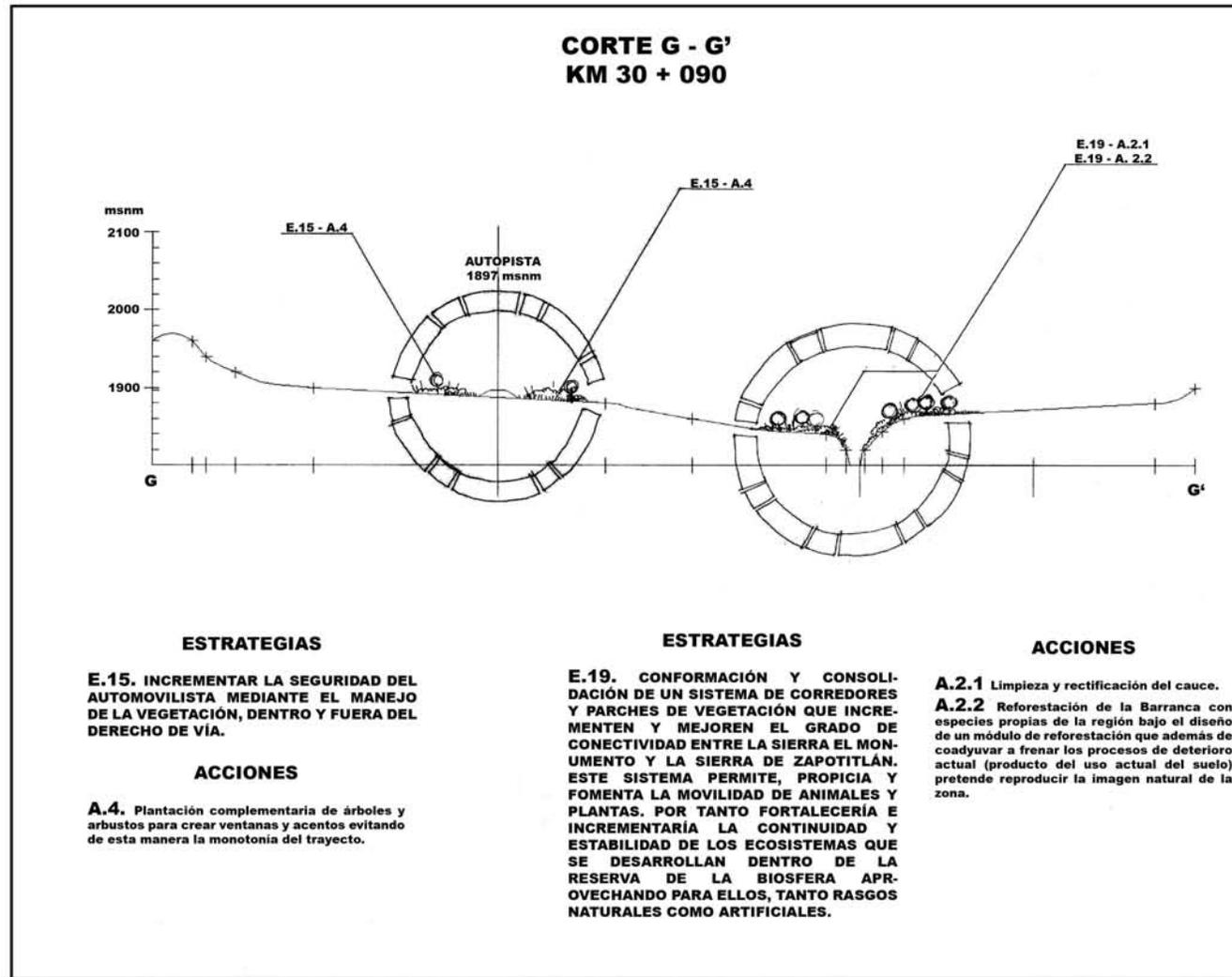


Fig. No. 18. Corte G - G', km 30+090, Plan Conceptual de Manejo Paisajístico. Estrategias y acciones.  
ELABORÓ: Erika Miranda Linares

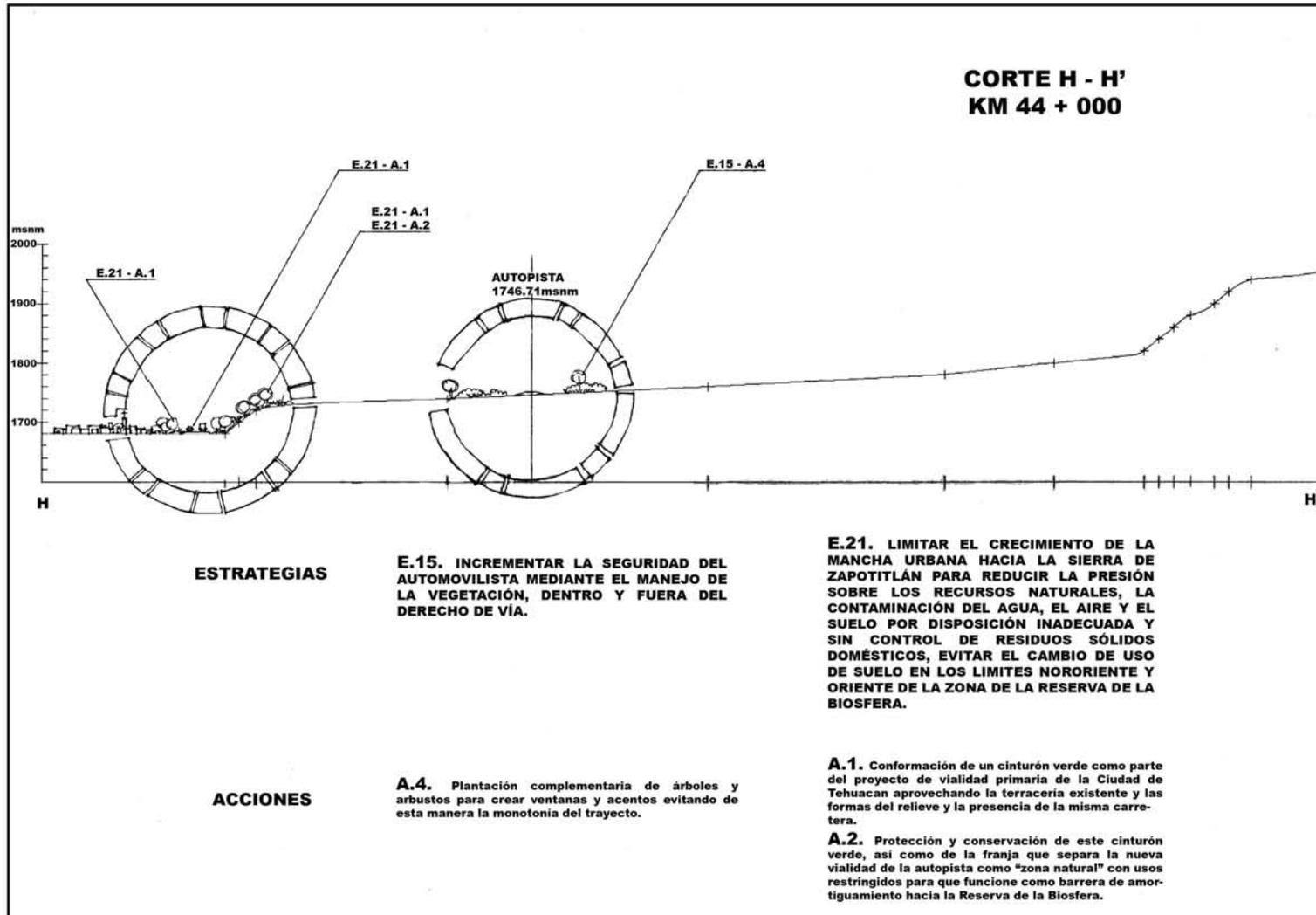


Fig. No. 19. Corte H - H', km 44+000, Plan Conceptual de Manejo Paisajístico. Estrategias y acciones.

ELABORÓ: Erika Miranda Linares

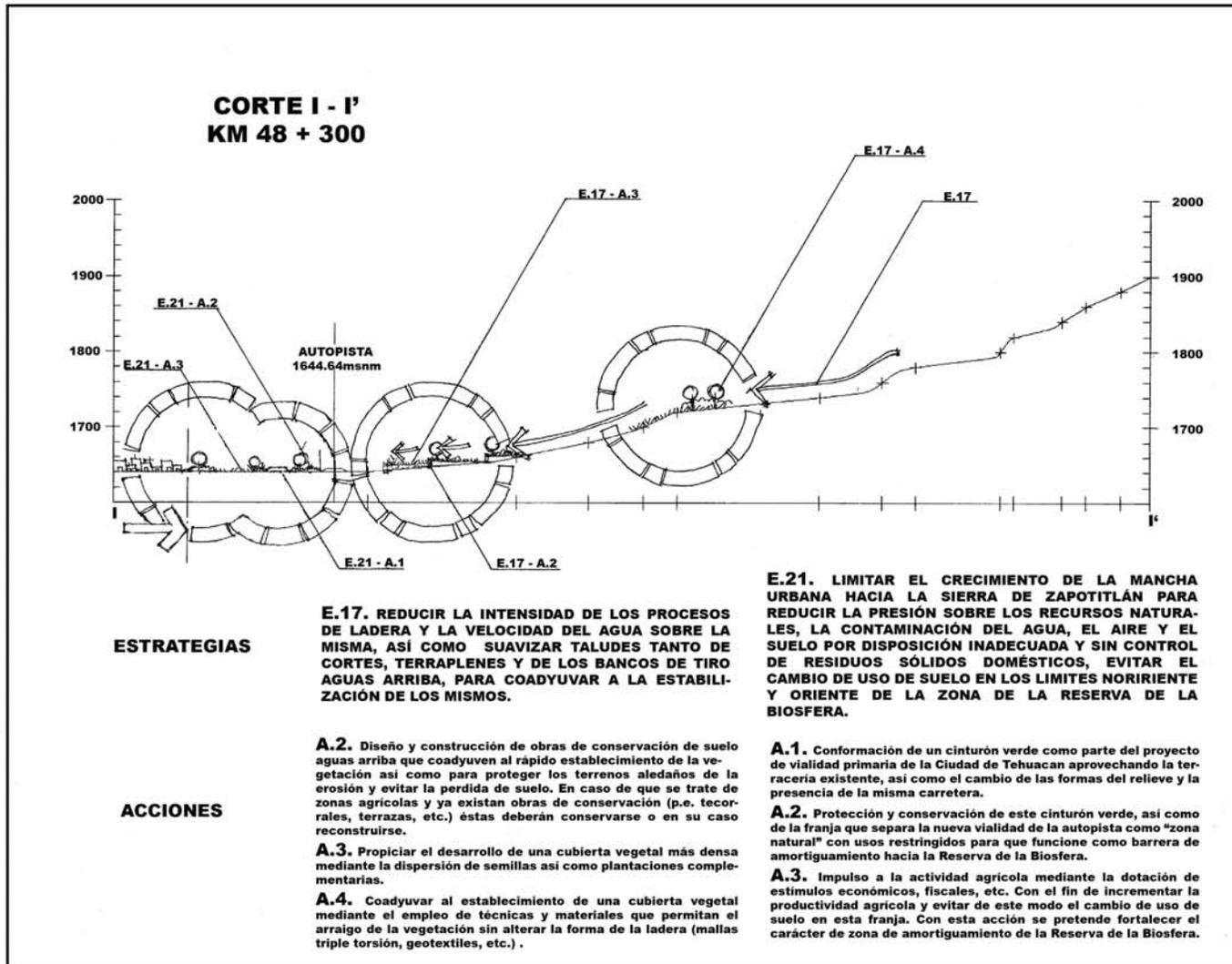


Fig. No. 20. Corte I - I', km 48+300, Plan Conceptual de Manejo Paisajístico. Estrategias y acciones.  
ELABORÓ: Erika Miranda Linares

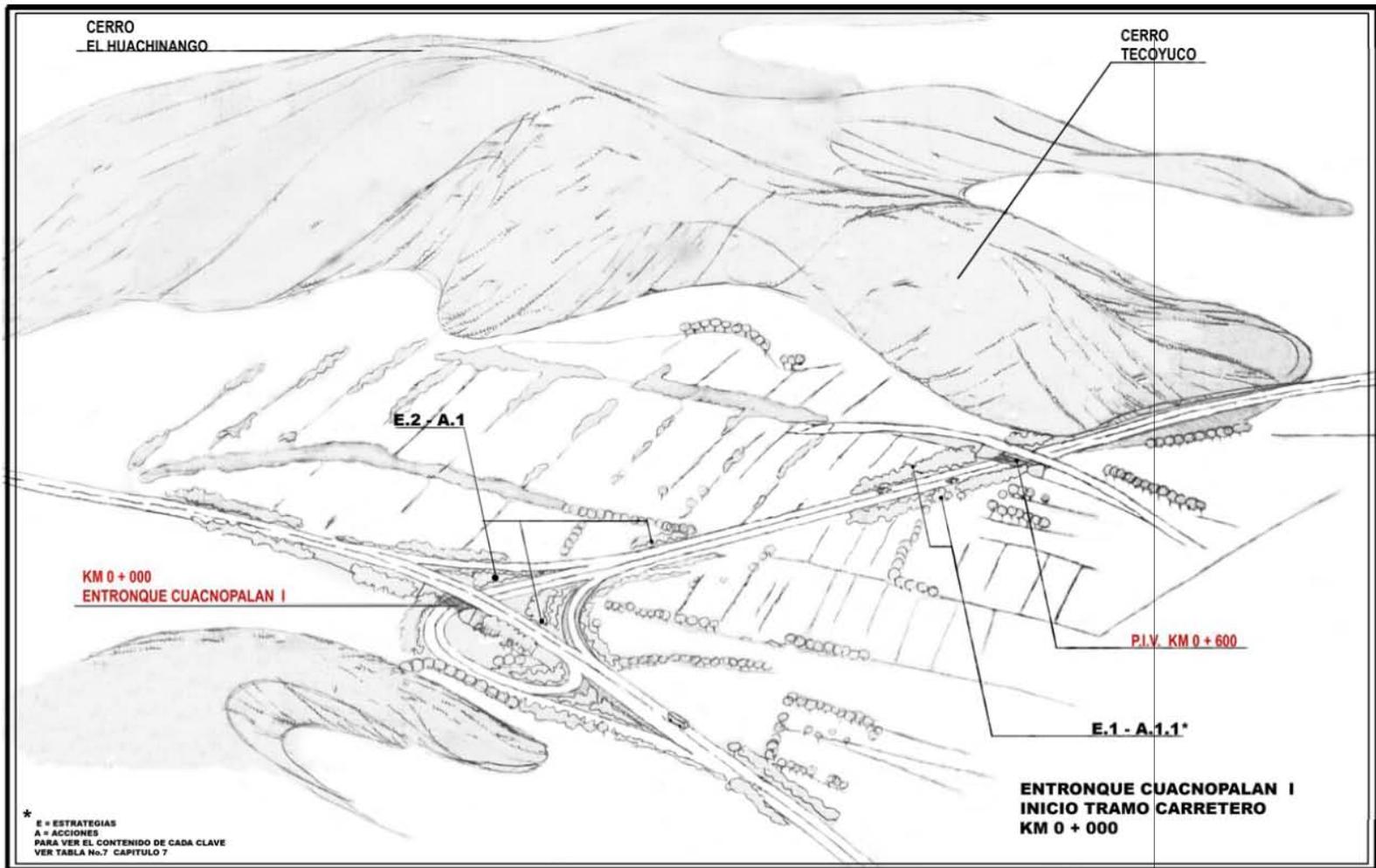


Fig. No. 21. Perspectiva Aérea Entronque Cuacnopalan I, km 0+000. Plan Conceptual de Manejo Paisajístico. Estrategias y acciones.

ELABORÓ: Erika Miranda Linares

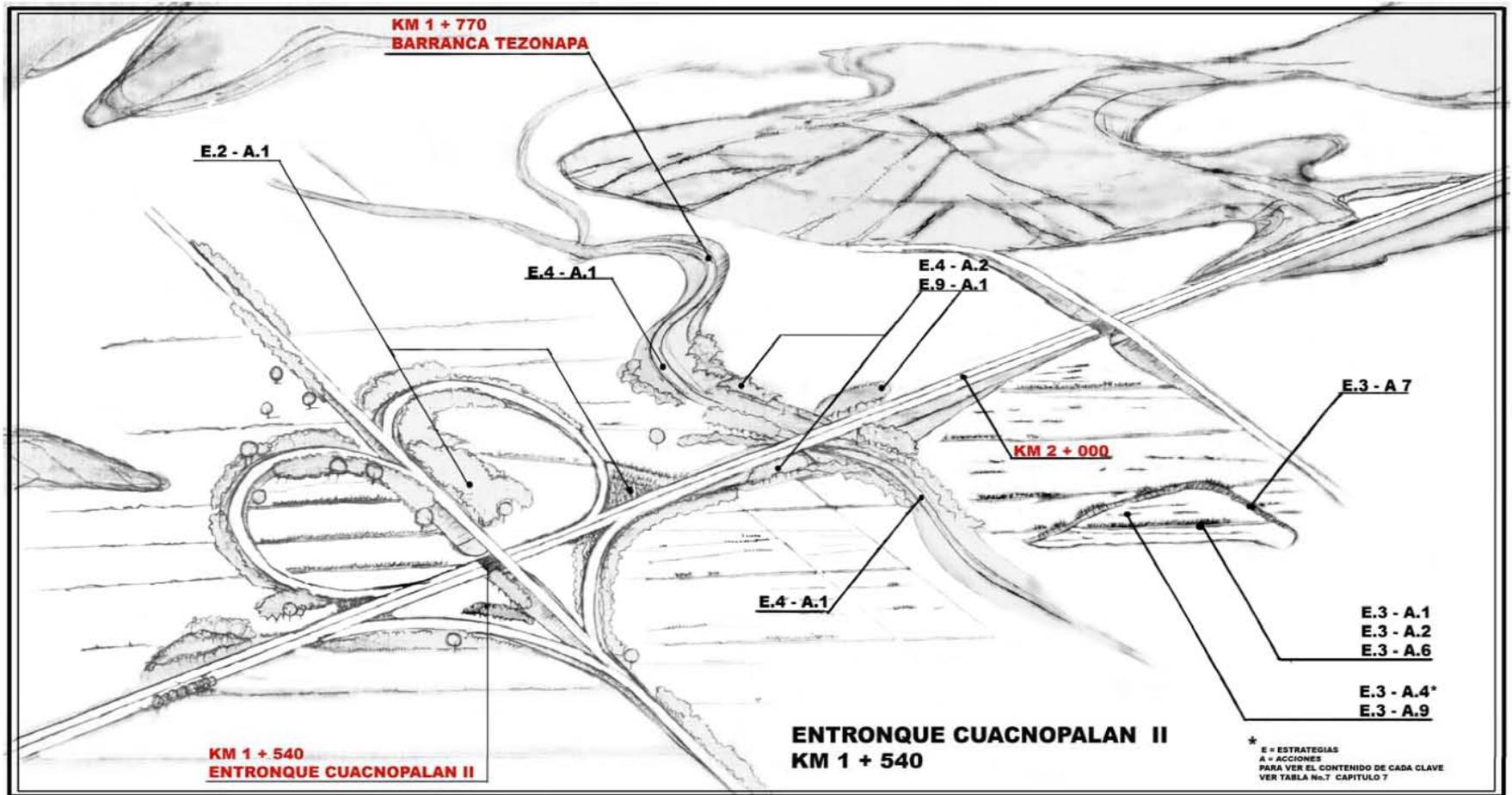


Fig. No. 22. Perspectiva Aérea Entronque Cuacnopalan II, km 1+540. Plan Conceptual de Manejo Paisajístico. Estrategias y acciones.  
 ELABORÓ: Erika Miranda Linares

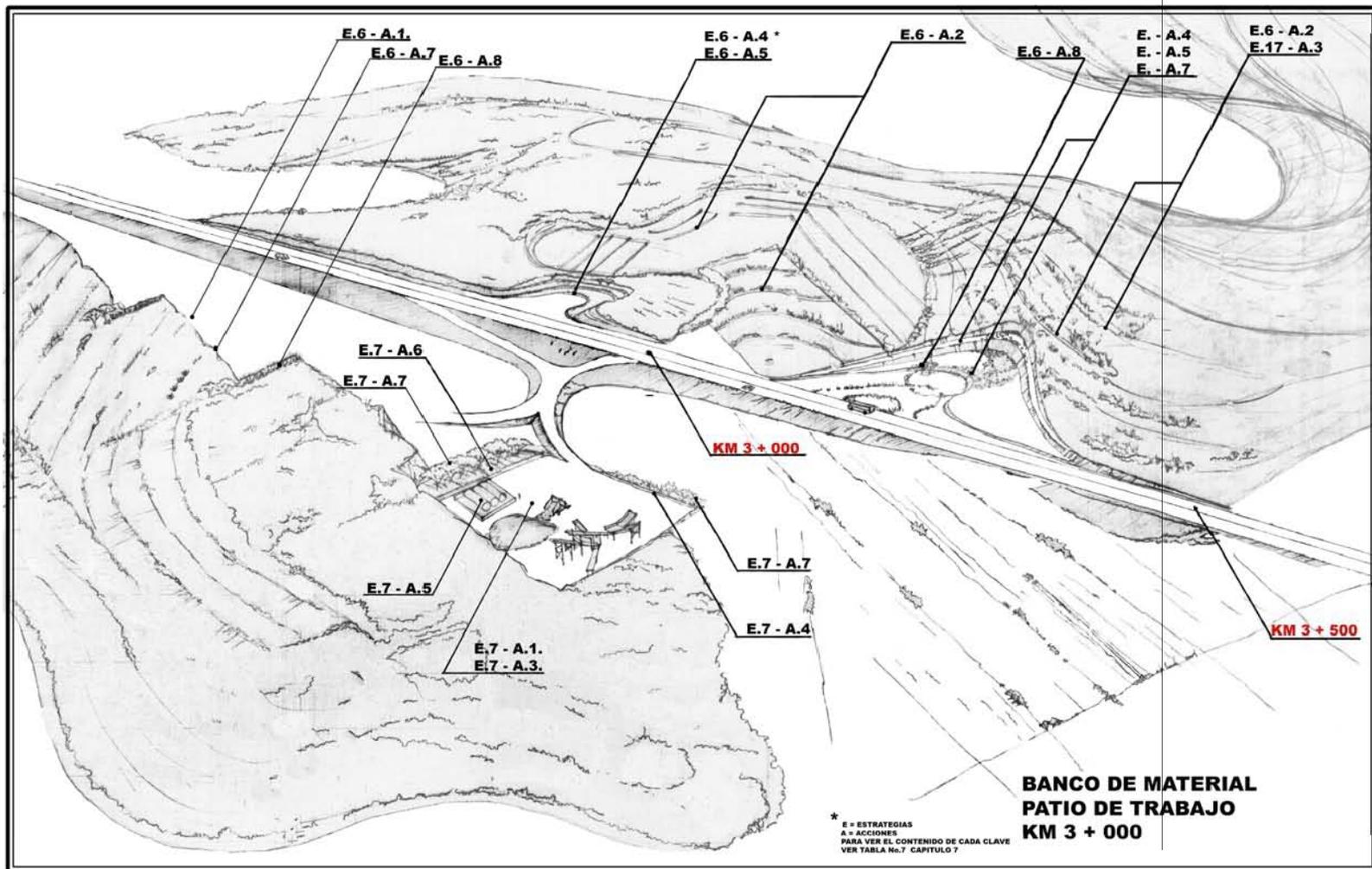


Fig. No. 23. Perspectiva Aérea Banco de material en km 3+000. Plan Conceptual de Manejo Paisajístico. Estrategias y acciones.  
ELABORÓ: Erika Miranda Linares

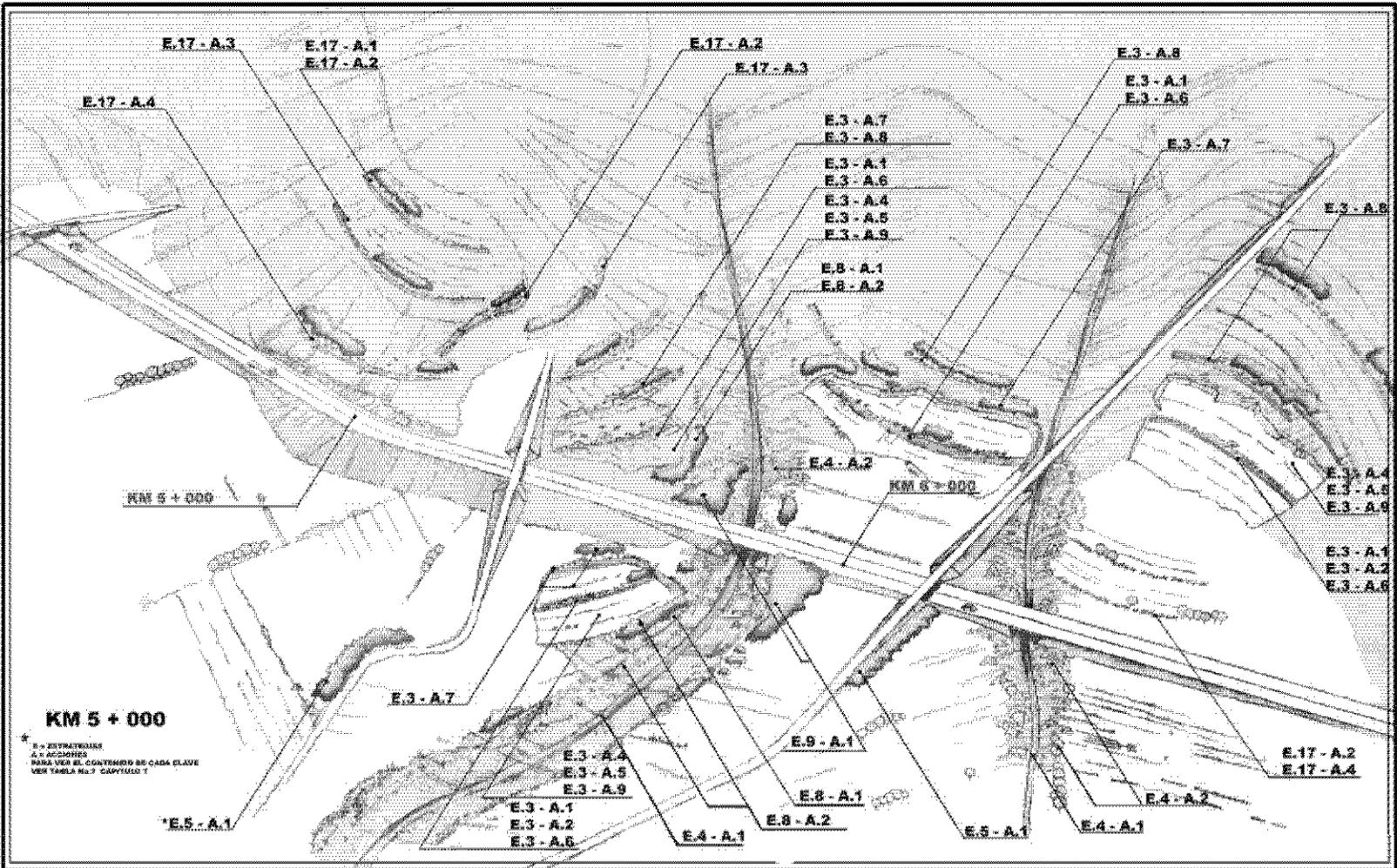


Fig. No. 24. Perspectiva Aérea km 5+000. Plan Conceptual de Manejo Paisajístico. Estrategias y acciones.  
 ELABORÓ: Erika Miranda Linares

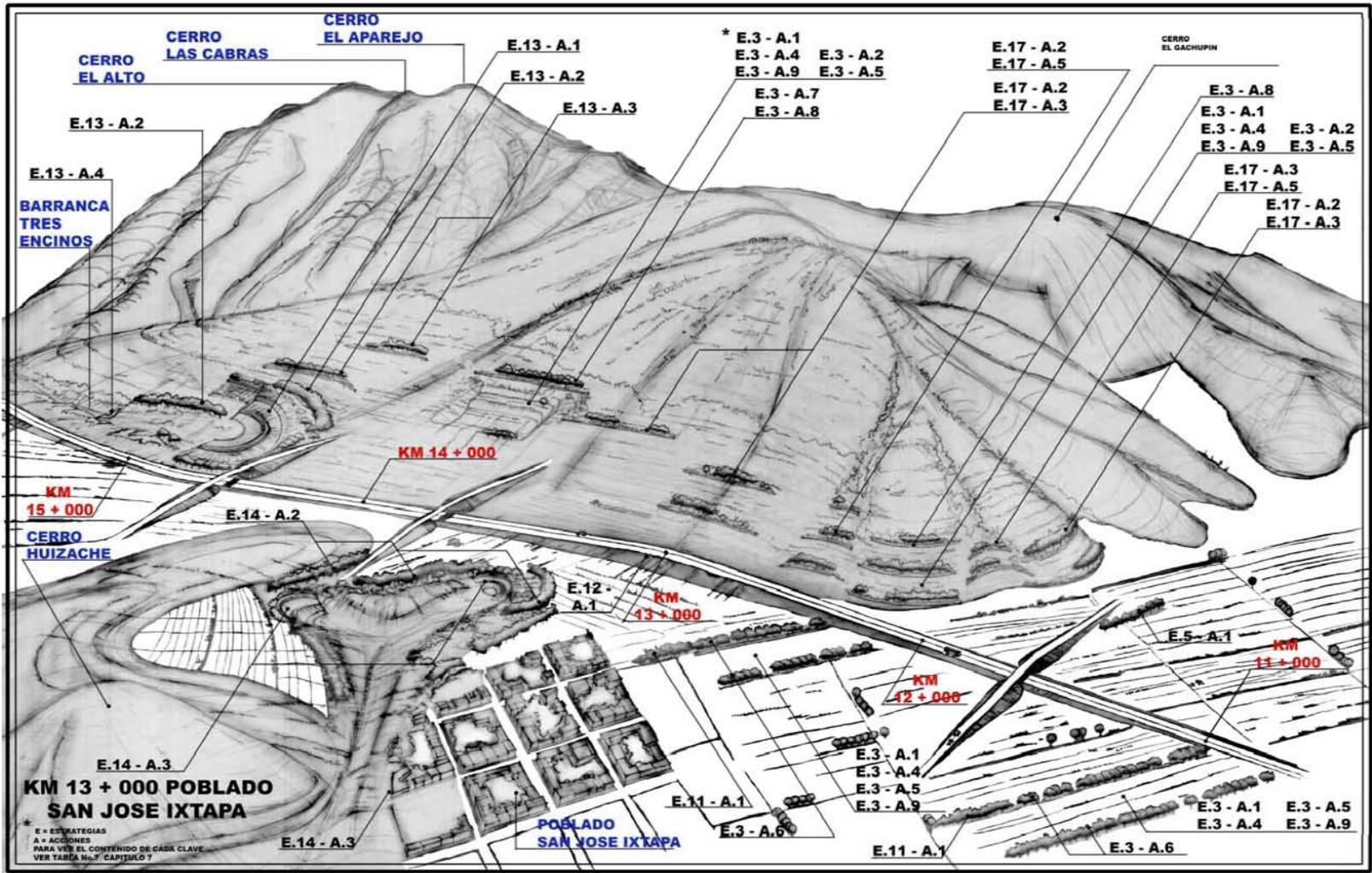


Fig. No. 25. Perspectiva Aérea Poblado San José Ixtapa, km 13+000 Plan Conceptual de Manejo Paisajístico. Estrategias y acciones.  
 ELABORÓ: Erika Miranda Linares

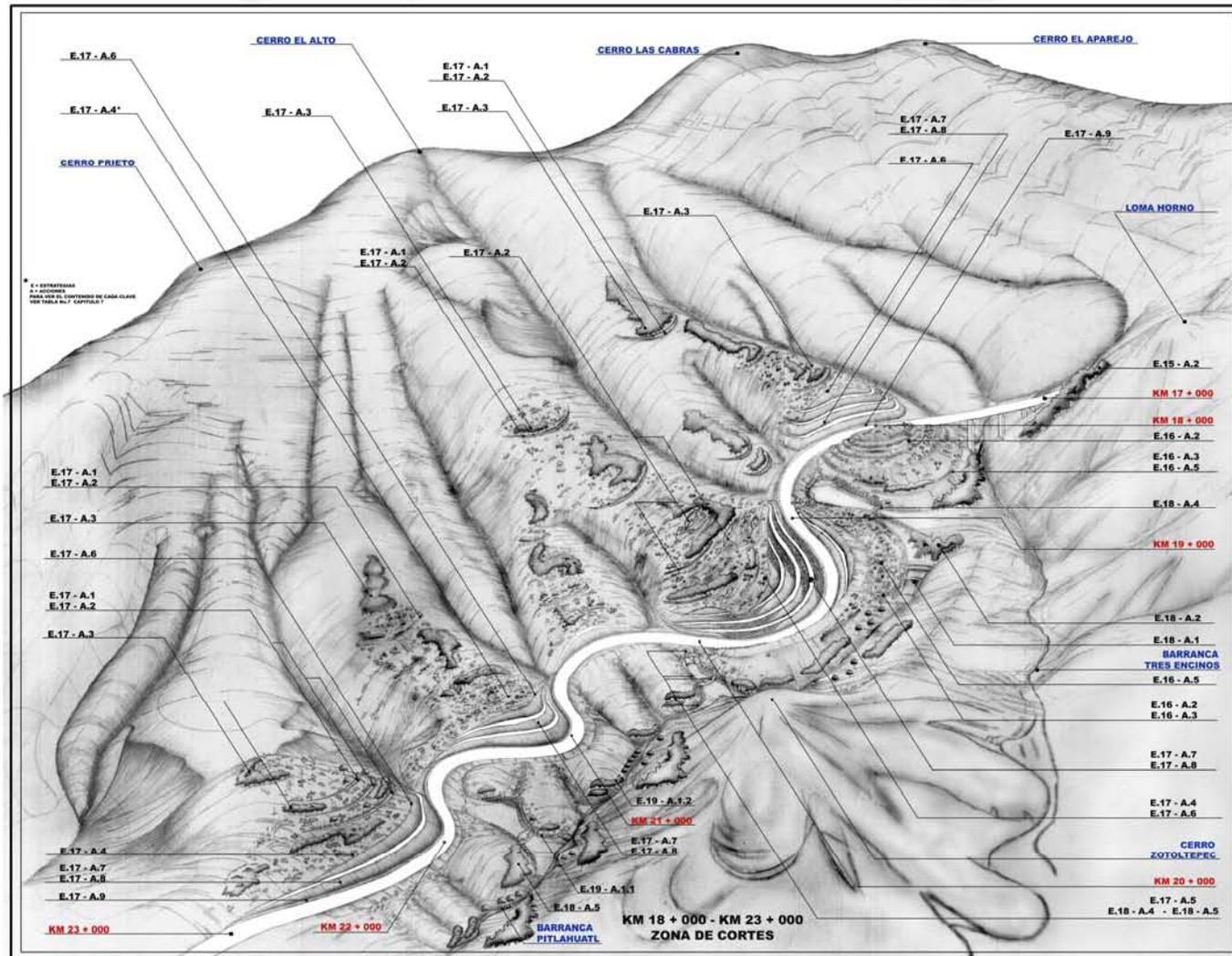


Fig. No. 26. Perspectiva Aérea Zona de Cortes, km 18+000 - 23+000, Plan Conceptual de Manejo Paisajístico. Estrategias y acciones.

ELABORÓ: Erika Miranda Linares

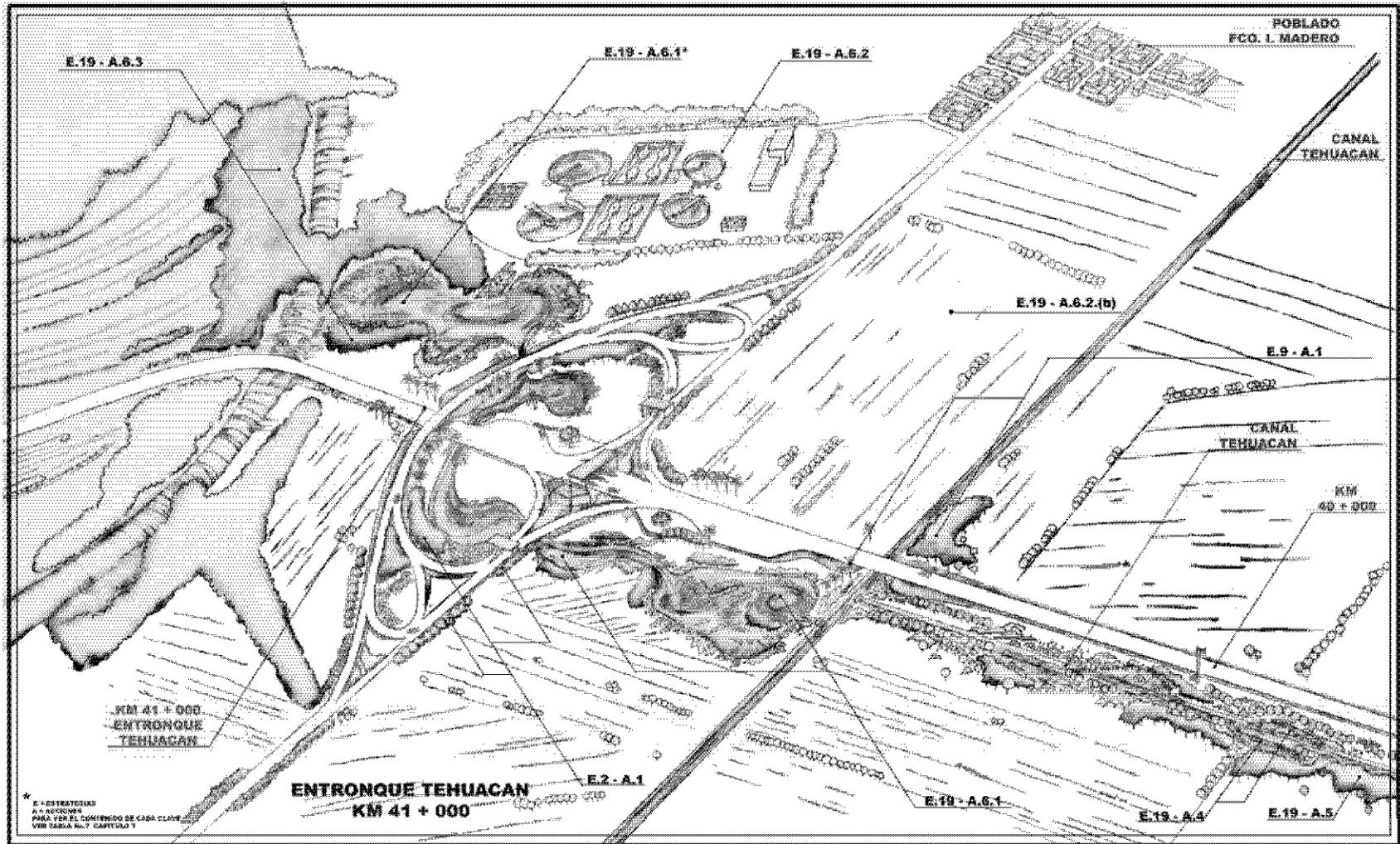


Fig. No. 27. Perspectiva Aérea Entronque Tehuacan , km 41+000, Plan Conceptual de Manejo Paisajístico. Estrategias y acciones.  
 ELABORÓ: Erika Miranda Linares

## 7.6.2. Criterios para la estabilización de taludes

Uno de los componentes ambientales y paisajísticos que se ve afectado de manera significativa e incluso de manera irreversible por la construcción de una carretera es el relieve. La modificación de la configuración topográfica trae consigo una serie de consecuencias negativas sobre otros componentes en cuanto a los aspectos ambiental y paisajístico pero también representa un potencial riesgo para la seguridad del conductor y el adecuado funcionamiento de la infraestructura misma, razón por la cual se debe poner especial interés en garantizar la estabilidad de taludes tanto de cortes como terraplenes e inclusive de los taludes de los bancos de material y tiro.

Esta preocupación no es nueva y es una prioridad en el diseño y construcción de carreteras desde el punto de vista de la ingeniería. Así, en la bibliografía consultada, la mayoría de los casos de estabilización han sido abordados por la ingeniería civil, la cual se ha enfocado a resolver las caras de los taludes proponiendo y valorando diversas técnicas. En el caso de la Autopista Cuacnopalan – Tehuacán – Oaxaca se han aplicado algunas de estas técnicas entre las cuales se pueden mencionar como las más empleadas: mallas triple torsión, geomallas, concreto lanzado, anclas de fricción, construcción de bermas, etc, sin que a la fecha hayan dado resultados totalmente efectivos. Debido a la complejidad que representa el análisis de taludes desde la formación de arquitecto paisajista se han buscado otras alternativas para tratar de resolver esta problemática desde otra perspectiva.

La propuesta consiste básicamente en ampliar el área de estudio dejando de enfocarse sólo a la cara del talud para tratar de comprender a nivel regional los distintos procesos que se presentan en el sitio del proyecto desde el punto de vista ambiental. El diseño de la propuesta parte de una lectura integral del territorio a través del análisis de cada componente ambiental partiendo en un primer término del relieve, la geología, los suelos, el drenaje superficial y subterráneo así como la vegetación y usos del suelo.

Así, la identificación de unidades ambientales y paisajísticas considerando el trazo de la carretera para su delimitación puede ayudar a determinar las posibles causas de la inestabilidad. Una vez definidas éstas unidades y debido a la importancia de la forma y pendiente del relieve en la presencia e intensidad de los procesos de ladera, que inciden entre otros factores en la estabilidad de la misma ladera así como en la de los taludes especialmente en cortes, se ha decidido partir de la clasificación del relieve desde el punto de vista geométrico, identificando las diferentes formas de las laderas, su longitud y su pendiente media (pendiente promedio).

La comprensión de la geometría del relieve tiene como objetivos principales:

- Identificar, de acuerdo con la información disponible con respecto a los sustratos geológicos presentes, cuáles son las zonas que podrían representar un riesgo para la operación de la carretera y el entorno de la misma así como sus posibles causas.
- Coadyuvar a la identificación, diseño y elección, en conjunto con otros estudios específicos (geotecnia, geológicos, entre otros), cuál es el método y solución más adecuada para proporcionar estabilidad a los taludes tanto de cortes como terraplenes.

En lo referente a los suelos y vegetación que éstos sustentan, el análisis de laderas también permite establecer cuáles son los sitios más vulnerables a erosionarse pero al mismo tiempo permite definir donde se pueden y deben realizar obras de conservación de suelos que

ayuden a evitar el azolve de las obras de drenaje; así como a proteger el cauce de los escurrimientos, tanto aguas arriba como aguas abajo para reducir los impactos negativos sobre el drenaje superficial del área de influencia del proyecto carretero en estudio. En el caso de la vegetación se pueden identificar en que sitios se debe reforestar para reforzar la efectividad de otras medidas de mitigación.

Razón por la cual, se debe realizar una lectura conjunta de las unidades ambientales así como del análisis morfométrico para identificar los procesos que se dan a nivel regional y que pueden influir sobre el proyecto carretero por un lado, y por otro, permiten identificar cuáles de éstos procesos pueden coadyuvar a reestablecer el equilibrio de la región donde se desarrolla la carretera y a reducir de manera significativa los impactos ambientales negativos resultado de las diferentes actividades que conllevan una obra de este tipo.

Cabe señalar que el agua es un factor determinante en el modelado del relieve y aún cuando no se registran precipitaciones muy altas dentro del área de estudio, éstas se presentan en forma torrencial, por un lado, y por otro, la fuerte diferencia altitudinal incrementa la velocidad con que la que el agua baja desde las partes altas de las sierras, ya sea a través de los cauces de escurrimientos o por las laderas en forma de lámina.

Las estrategias y acciones de mitigación y recuperación ambiental y paisajística, relativas a la construcción de cortes y terraplenes, se han diseñado partiendo de estos dos principios arriba expresados y de la necesidad de evitar, en la medida de lo posible, la presencia de agua sobre la estructura de la carretera principalmente en los taludes, tanto de los cortes como de los terraplenes.

Actualmente las contracunetas tienen como función principal desviar la mayor cantidad de agua superficial para proteger el talud del corte y evitar las filtraciones que alteren la estabilidad del mismo. Tradicionalmente, estas obras de drenaje se ubican a escasos metros por arriba de la cabecera del corte y dentro de los límites del derecho de vía. Las obras y acciones aquí propuestas como parte de las medidas de mitigación tienen como objetivo fundamental coadyuvar al mejor funcionamiento de las obras complementarias ya contempladas dentro del proyecto carretero.

De este modo, el principal objetivo de estas medidas de mitigación es: por un lado identificar la mejor manera de reencauzar los escurrimientos y el agua superficial, desde aguas arriba con el fin de reestablecer en la medida de lo posible el patrón de aguas superficiales aprovechando los cauces naturales y las formas del relieve. Y como consecuencia de esta desviación del agua laderas arriba también se pretende reducir de manera considerable la influencia directa del agua sobre la cabecera del corte y coadyuvar de este modo a la estabilidad del mismo. Sin embargo, es importante señalar que esta es una medida de reducción cuya efectividad estará en función de que se apliquen otras medidas preventivas, de remediación y rehabilitación relativas a la protección directa del talud del corte o terraplén según sea el caso.

Este mismo análisis permite identificar y evaluar, en función nuevamente de la forma de las laderas y sus pendientes, los sitios donde se pueden realizar obras de conservación de suelos que permitan frenar la velocidad del agua y su desviación hacia los escurrimientos cercanos y a la vez reducir la intensidad de los procesos de ladera. Si la forma de la ladera aguas arriba representa un factor de riesgo para la estabilidad del talud del corte, las obras de conservación involucrarán una modificación del perfil existente sacando partido de un cambio y/o ruptura en el valor de la pendiente de las laderas. Las obras de conservación de

suelos no sólo involucran métodos mecánicos para reducir la erosión sino que también contemplan como estrategia vital el establecimiento y desarrollo de una cubierta vegetal, convirtiendo la presencia de vegetación en un factor decisivo en la eficacia de la medida.

El área de contacto entre la ladera natural y el talud del corte se puede convertir en un punto conflictivo, cuya problemática estaría en función de la altura del corte y de la forma de la ladera donde éste se ubica. Razón por la cual, se deberá estudiar y diseñar la mejor manera de modelar estas áreas desde el punto de vista geomorfológico y geológico para garantizar la estabilidad tanto de la ladera natural como del talud artificial.

Si bien es cierto que la modificación del relieve por la apertura de cortes y la construcción de terraplenes altera de manera permanente la red hidrológica superficial, con la ejecución de este tipo de medidas de mitigación se pretende reducir los efectos de estas modificaciones. Estas acciones a su vez provocan un impacto ambiental sobre el patrón de aguas superficiales, sin embargo, al análisis y comprensión de este mismo patrón a través de la lectura del relieve, permite establecer estrategias que semejen a las que se presentan de manera natural en el sitio, aprovechando por un lado los recursos existentes y tomando como principio de diseño a la misma naturaleza, reinterpretándola y adaptándola a las nuevas necesidades.

En resumen, la metodología propuesta para el diseño de recomendaciones, estrategias y acciones de mitigación y recuperación ambiental y paisajística en el caso de cortes y terraplenes tiene como punto de inicio la comprensión de los procesos y fenómenos que se dan a nivel regional y que pueden tener influencia directa e indirecta sobre la estabilidad de las estructuras arriba mencionadas.

La clasificación del terreno por tipo de laderas y la identificación de las secuencias de las mismas permiten reconocer los puntos donde se concentra la energía, es decir los puntos críticos, tanto aguas arriba como aguas abajo, con respecto a la ubicación del nuevo proyecto carretero. Una vez identificados estos puntos se evalúan los sitios por cuya morfología presenten cambios tanto en su forma como en la pendiente, donde sea posible implementar medidas preventivas tales como la reforestación de algunas áreas.

La aplicación de estas medidas se ubica por fuera del derecho de vía y zonas aledañas, donde la SCT tiene ingerencia. Sin embargo, pueden convertirse en un factor determinante en la estabilidad de taludes en el corto y mediano plazo reduciendo con ello los costos de mantenimiento por deslaves y deslizamientos de material sobre el cuerpo de la carretera y previniendo al mismo tiempo afectaciones mayores sobre el medio físico y biótico. Asimismo algunas de estas estrategias pueden aplicarse de manera previa al inicio de las obras o realizarse de manera paralela a la preparación del sitio. Es importante señalar que estas acciones deberán de ser concertadas con los propietarios de los terrenos donde se pretende ejecutar dichas medidas. Más aún, para que tuvieran un beneficio mayor hacia los dueños de tales predios, deberán llevarse a cabo proyectos asociados impulsando la creación de fuentes de ingreso o alternativas de actividades productivas o simplemente el pago de servicios ambientales por conservar esos espacios naturales como tales.

Con esta misma metodología y principios se propone la conformación de terrazas con el material residual producto de los cortes. Asimismo deberán tomarse una serie de acciones previas a la disposición del material y a la conformación de dichas terrazas. Entre esas acciones sobresalen las relacionadas con el despalme y almacenamiento de la capa fértil del suelo y del rescate de especies con potencial para transplantarse así como la recolección de

semillas o esquejes de aquellas plantas anuales o cuyo traslado no garantice su sobrevivencia. En cuanto a los escurrimientos superficiales y los patrones de agua superficial que corre por las laderas en forma de lámina deberán de ser considerados en el diseño, ubicación, forma, etc. de las terrazas para evitar que con las lluvias éstas sean destruidas por las corrientes de agua.

El diseño de las terrazas deberá considerar a su vez las obras de drenaje pluvial que se requiera para su buen funcionamiento. Aún cuando el impacto se amplía por fuera del derecho de vía, el confinamiento controlado de los residuos en zonas específicas podrá garantizar en un alto porcentaje su eficacia, control y monitoreo. Una vez conformadas las terrazas éstas deberán de ser reforestadas para lo cual, lo primero que deberá hacerse es extender la capa de suelo fértil que se retiró del mismo sitio y después replantar las especies rescatadas. De manera previa y durante la plantación deberán de llevarse a cabo acciones tendientes a asegurar el establecimiento y buen desarrollo de la vegetación. De igual modo, deberá programarse la plantación paulatina de especies vegetales, plantando aquellas que toleren mejores situaciones de disturbio para terminar con aquellas de menor resistencia.

Para ejemplificar claramente esta propuesta, se hizo el análisis del subtramo comprendido entre el kilómetro 17+000 al 23+000, zona donde se localizan los cortes y terraplenes más altos de este subtramo y que presentan problemas de inestabilidad. Para lo cual se realizó la clasificación del terreno por tipo de laderas sobre un plano topográfico con curvas de nivel a cada 20m (Ver Fig. No.28 Clasificación del terreno por tipo de laderas). Es importante mencionar que aún cuando existen planos con curvas de nivel a cada 5 m (planos por kilómetro), éstos solo abarcan un rango máximo de un kilómetro a ambos costados y no permite apreciar, como si lo es a una escala mayor, la ubicación del parteaguas y por lo tanto su influencia sobre el área del corte.

Una vez identificadas el tipo de laderas presentes, se ubicaron las zonas de mayor complejidad y se realizaron secciones para ubicar la carretera con respecto a toda la ladera y analizar en perfil la secuencia de laderas, la pendiente media, los sustratos litológicos presentes así como las geoformas. En cada uno de los puntos críticos identificados se propone, conforme a su configuración, los sitios que por sus características pueden acoger una serie de acciones y obras que coadyuven a reducir principalmente los procesos de ladera y su influencia sobre los taludes, así como acciones específicas en los mismos para que en conjunto den como resultado un manejo integral de los taludes sustentado en la comprensión de los procesos naturales, los valores paisajísticos y la aplicación e innovación de técnicas de la ingeniería civil (Ver Figuras No.28 al No.33).

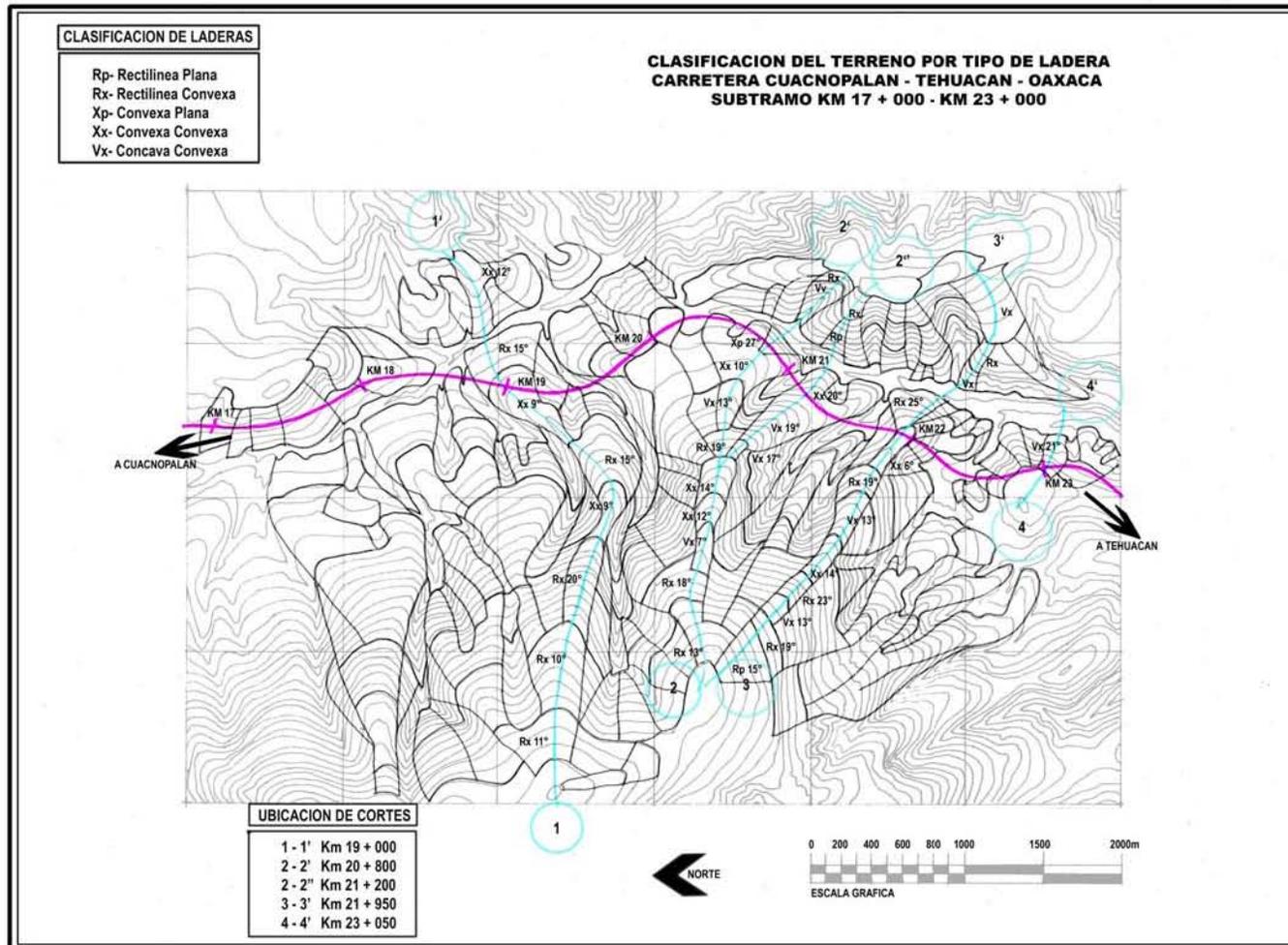


Fig. No. 28. Clasificación del terreno por tipo de ladera, Autopista Cuacnopalan-Tehacán-Oaxaca, subtramo km 17+000-km23+000. Criterios para la estabilización de taludes  
 ELABORÓ: Erika Miranda Linares

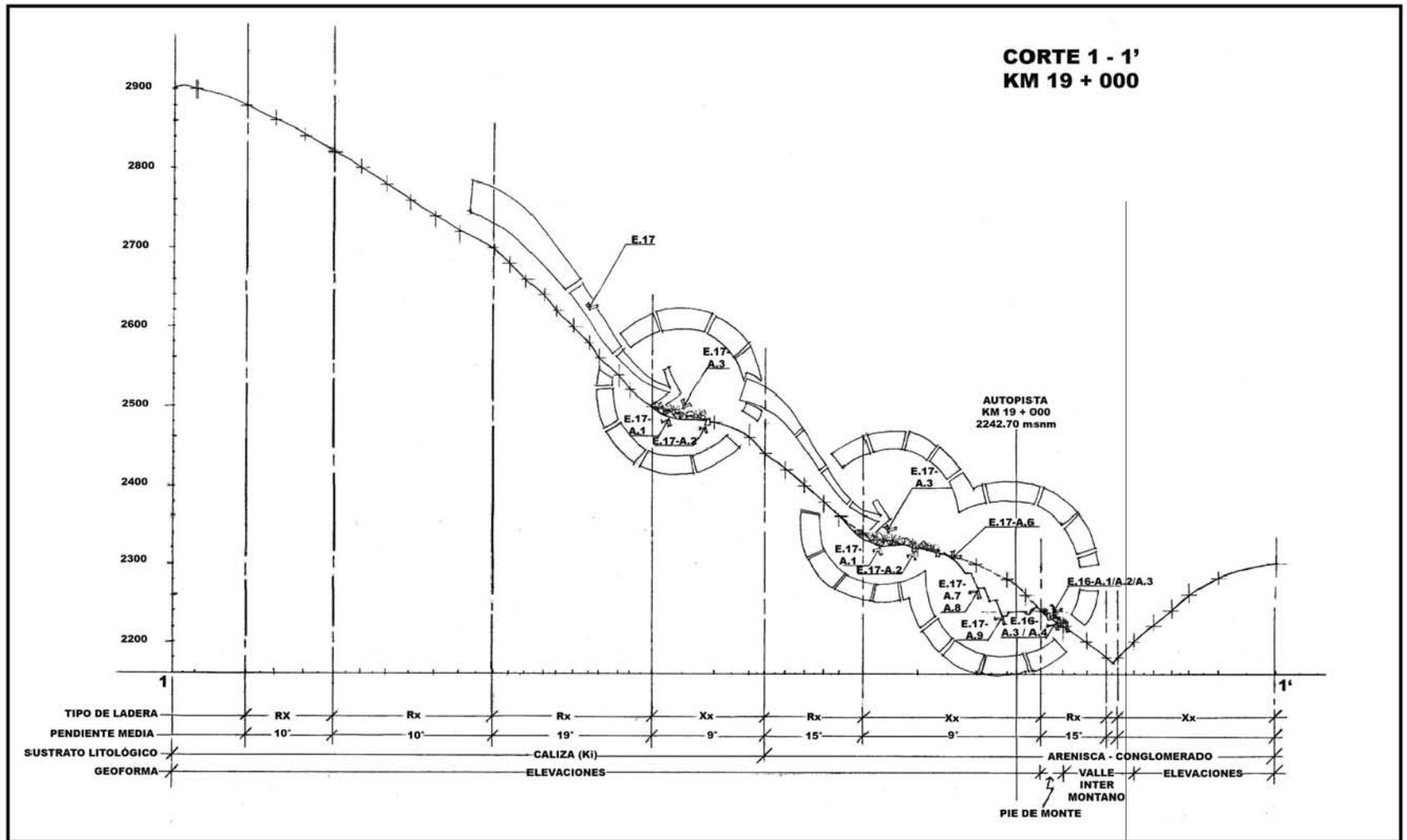


Fig. No. 29. Corte 1 - 1' km 19+000. Clasificación de laderas. Criterios para la estabilización de taludes. Estrategias y Acciones.  
 ELABORÓ: Erika Miranda Linares

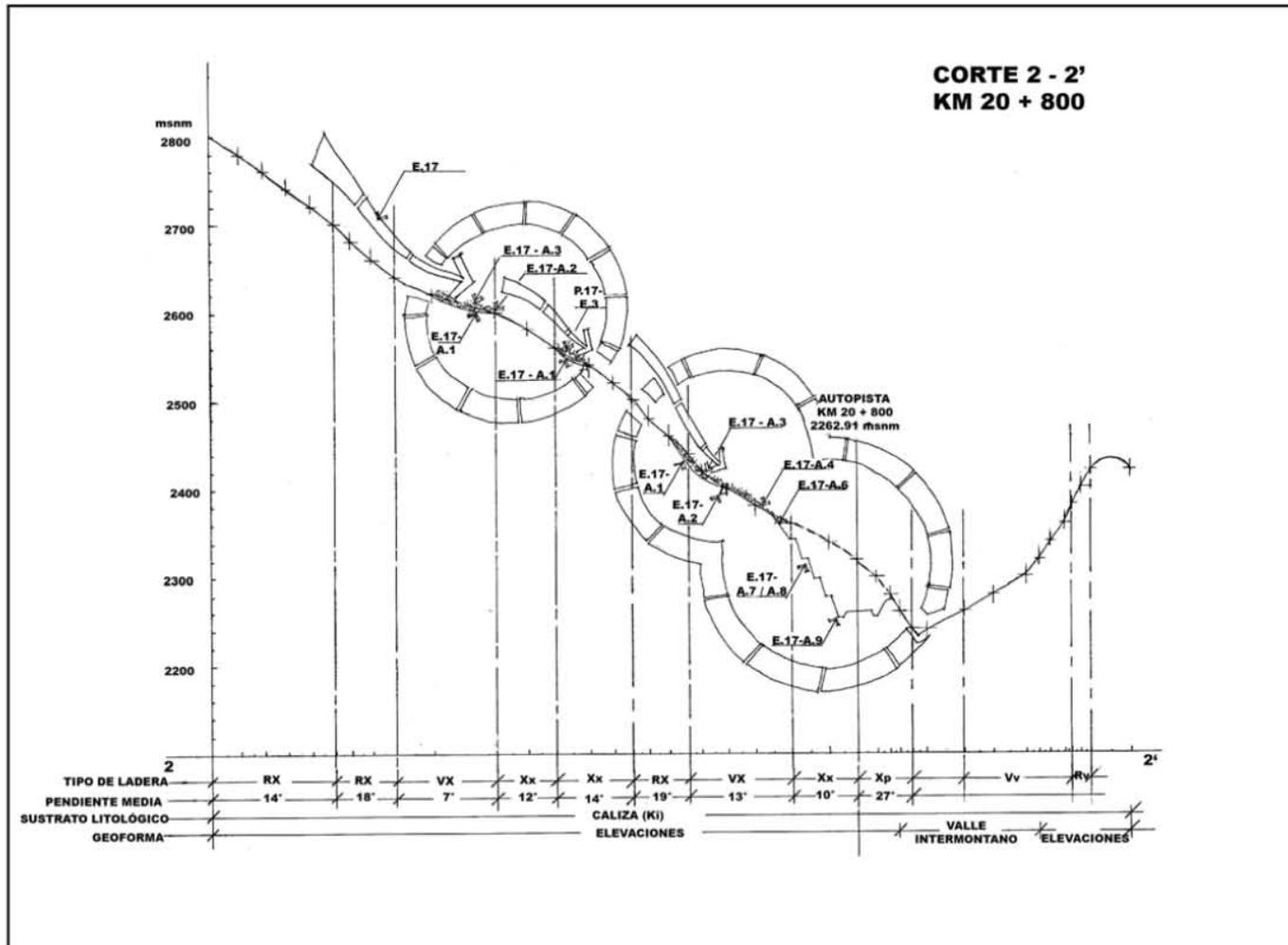


Fig. No. 30. Corte 2 - 2' km 20+800. Clasificación de laderas. Criterios para la estabilización de taludes. Estrategias y Acciones.  
ELABORÓ: Erika Miranda Linares

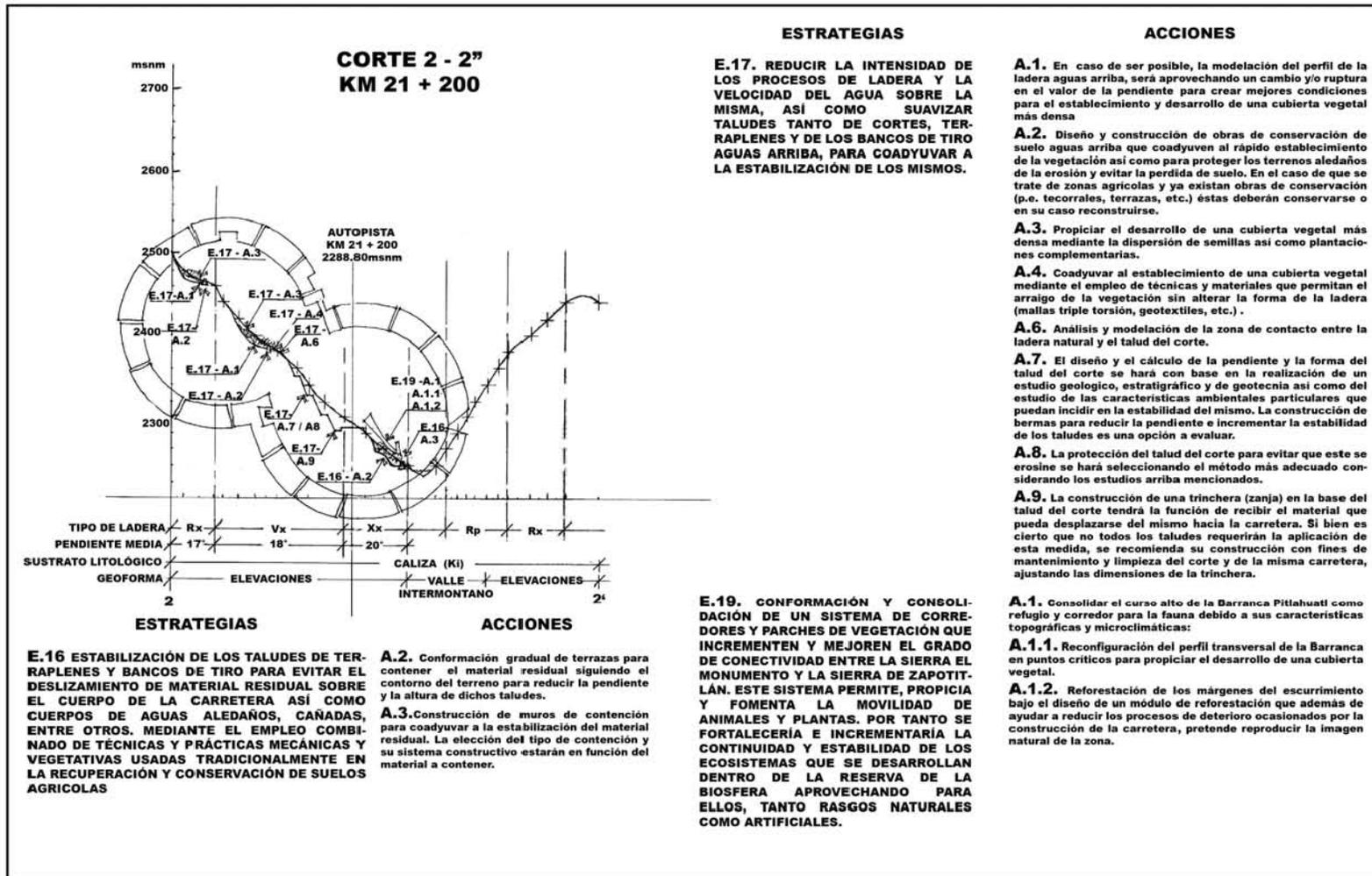


Fig. No. 31. Corte 2 - 2'' km 21+200. Clasificación de laderas. Criterios para la estabilización de taludes. Estrategias y Acciones. ELABORÓ: Erika Miranda Linares

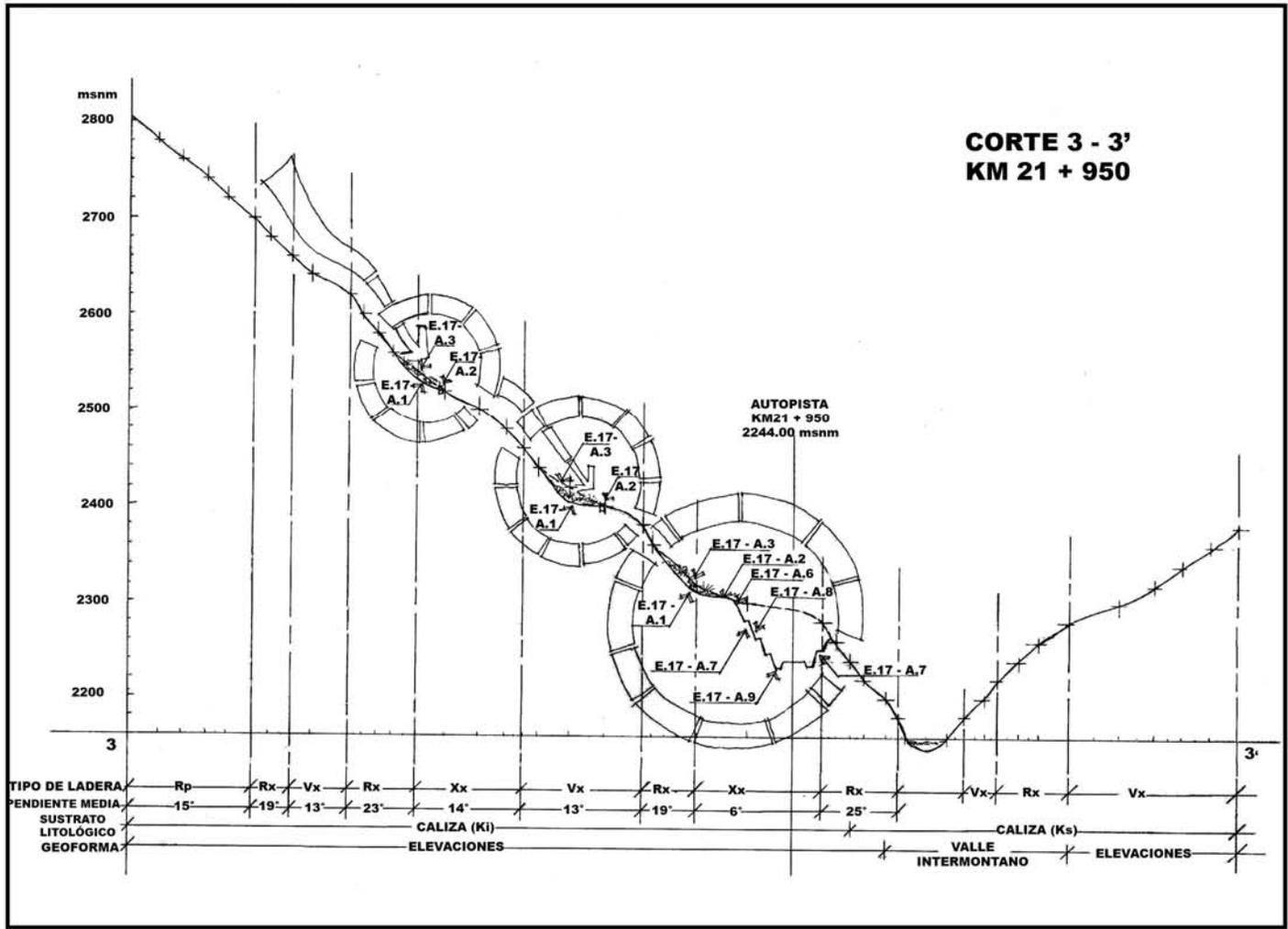


Fig. No. 32. Corte 3 - 3' km 21+950. Clasificación de laderas. Criterios para la estabilización de taludes. Estrategias y Acciones.  
ELABORÓ: Erika Miranda Linares

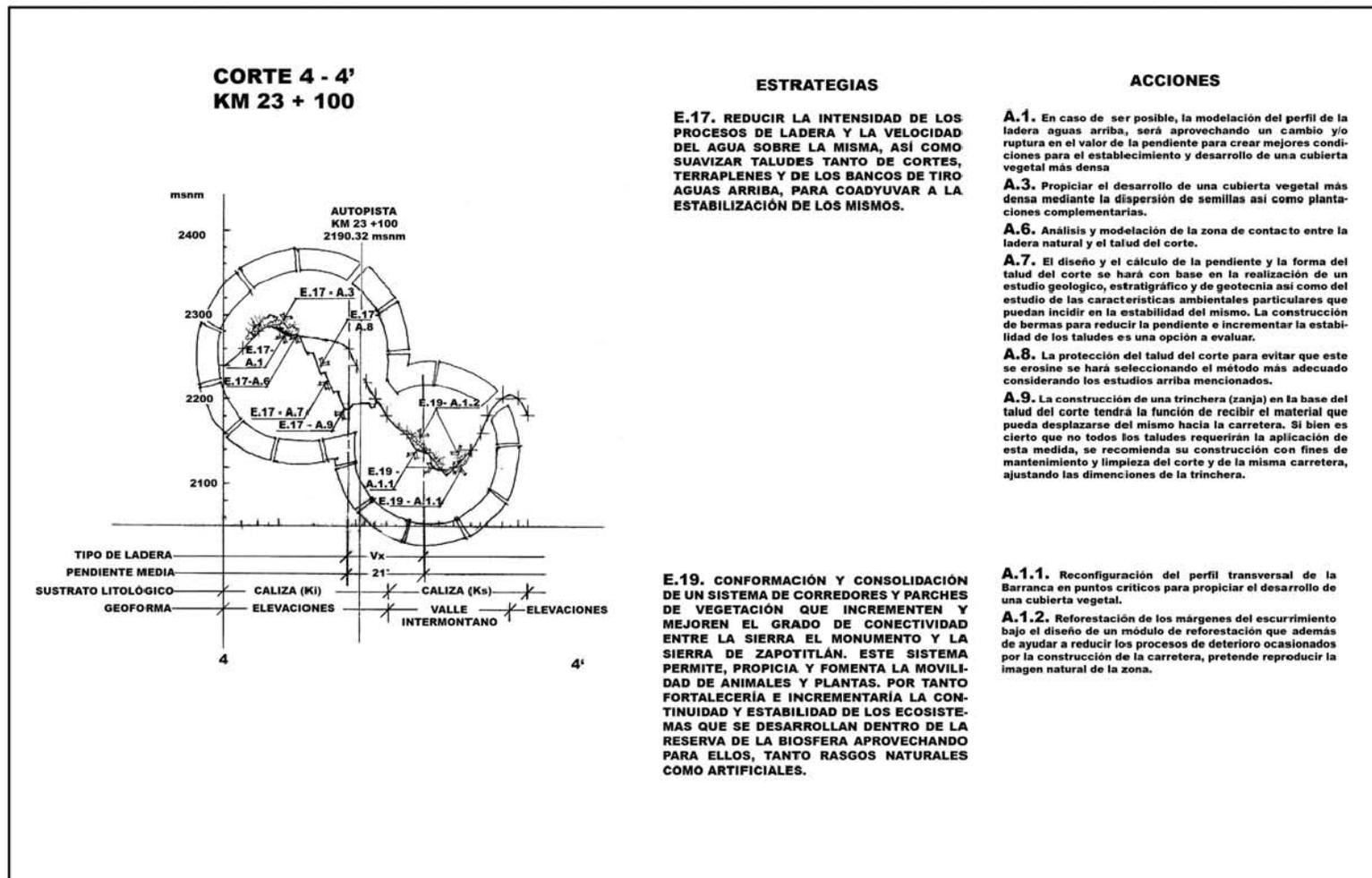


Fig. No. 33. Corte 4 - 4' km 23+100. Clasificación de laderas. Criterios para la estabilización de taludes. Estrategias y Acciones.  
ELABORÓ: Erika Miranda Linares

### 7.6.3. Criterios para la recuperación ambiental de los bancos de material.

Para iniciar el proyecto de recuperación ambiental de los bancos de material así como los bancos de tiro se debe partir de la necesaria comprensión de las diferentes características ambientales y procesos que se dan en el sitio. Debido a las fuertes implicaciones que conlleva la modificación del relieve se debe considerar como aspectos indispensables el estudio de:

- Los sustratos litológicos
- La forma del relieve en unidades homogéneas.
- La geometría del relieve partiendo de la unidad elemental. La superficie planar representada por una pendiente (ladera).
- El drenaje superficial. Manejo del agua superficial por un lado, para reducir los procesos de ladera sobre los taludes de los cortes del banco y coadyuvar de este modo a su estabilidad. Y por otro, para el almacenamiento y posterior uso como riego de apoyo de las reforestaciones propuestas dentro del proyecto paisajístico y de recuperación ambiental de la carretera.

Uno de las primeras acciones que se deben ejecutar, independientemente del uso final que se le dé a ese sitio, es la estabilización de los taludes de las paredes de los bancos, cuyas alturas y pendientes varían desde 50 cm hasta 4 o más metros. Por lo que se propone el empleo del mismo método propuesto para estabilizar los taludes de cortes y terraplenes y que al mismo tiempo proporcione los elementos necesarios técnicos para su reconfiguración topográfica. De este modo se propone el análisis de:

- La forma del relieve donde se ubica el banco de material.
- Los procesos geomorfológicos que se desarrollan en la zona a nivel local y regional (procesos erosivos, denudativos, etc)
- Los patrones de drenaje superficial y subterráneo.
- Los patrones espaciales y culturales de aprovechamiento y usos de los recursos (técnicas tradicionales de cultivo, alineación de terrazas, especies cultivadas, etc).
- El tipo y estructura de las comunidades vegetales que se encuentran en las zonas aledañas aún cuando se trate de zonas agrícolas.

Dentro del Plan Conceptual de Manejo Paisajístico de la autopista Cuacnopalan –Tehuacán – Oaxaca, el concepto de recuperación ambiental parte de que el estudio y comprensión de los patrones y procesos naturales, culturales, etc. en su conjunto tienen como finalidad ampliar el espectro de aplicación en la resolución de la problemática que se presenta en la región y en un sitio específico con criterios ambiental y socialmente responsables.

Así, las estrategias y acciones propuestas para la recuperación de los bancos de material deben considerar los aspectos ambientales, paisajísticos así como sociales y productivos que su modificación pueda involucrar. Por lo que no deben aspirar sólo a reestablecer las condiciones previas a la construcción de la carreteras sino evaluar su potencial y conveniencia de mantener o en su caso modificar las actividades que en este sitio se llevaban a cabo en función de los aspectos antes mencionados. Pero sobre todo no dejar que estas áreas afectadas se dejen sin tratamiento alguno ni un uso final ya que propiciarían la proliferación de actividades o usos indeseables y con posibles consecuencias negativas sobre el ambiente y el paisaje.

En lo que se refiere al aspecto paisajístico se pretende reducir el impacto visual de los mismos mediante la comprensión de los patrones identificados en el área y su posterior

reproducción en el sitio de la extracción. Es decir, se busca mimetizar en la medida de lo posible su nueva morfología y mantener la estructura general del paisaje en esos sitios. Asimismo se pretende evitar una extensión de los impactos ambientales negativos provocados por la presencia del banco de material hacia las zonas aledañas, principalmente la pérdida del suelo. Razón por la cual, se propone que el manejo de la vegetación atenderá en primera instancia a estos criterios de recuperación y se utilizará para crear varios planos que permitan reducir visualmente la extensión del banco. Cabe mencionar que el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras (SOP, 1971) enfatiza la plantación perimetral del banco para tratar de ocultar su presencia, sin embargo, este alineamiento puede atraer mayor atención sobre lo que se pretende esconder.

Por eso es importante señalar que conforme a las características de cada banco, del sitio donde se ubica, del área que ocupa y su visibilidad entre otros factores se deberá evaluar su potencial, por un lado, para acoger nuevos usos diferentes al que se hacía de ellos previa la construcción de la carretera, y por otro, su potencial como recurso paisajístico. Esta redefinición de uso y su peso en la calidad del paisaje de todo el trayecto y de la región donde se presenta son algunos de los factores que determinará el manejo de la vegetación en estas áreas. En esta valoración debe considerarse en primer término las necesidades del o los propietarios así como de las poblaciones cercanas, para que en caso de que su potencial uso represente un beneficio a la población local, se realicen las gestiones necesarias para su cambio de uso de suelo y garantizar que se desarrollará la propuesta más viable y benéfica, tanto para la población servida como para el entorno local y regional en el aspecto ambiental. Es decir, que sea compatible con la vocación natural del sitio y respete los procesos naturales que se dan en el área donde se ubica el banco con sus nuevos usos. Para ello es necesaria la revisión del marco legal vigente tanto local, estatal como federal, en los que se incluye la revisión de los planes y programas federales y estatales en materia agrícola, ambiente, desarrollo urbano.

En cuanto al tipo de vegetación que se debe emplear en la reforestación y forestación del banco de material se debe elaborar una paleta vegetal que esté diseñada para el uso final del banco. De manera general, se debe emplear vegetación nativa y debido a la magnitud del proyecto, a la cantidad de bancos de material ubicados a lo largo de una carretera, a la dificultad de conseguir el material vegetal suficiente para llevar a cabo las plantaciones necesarias se propone el diseño de módulos de reforestación, los cuales y bajo un proyecto bien realizado, permitirá la reposición de la cubierta vegetal de las áreas afectadas aprovechando los mecanismos y procesos de regeneración natural y propiciando mediante estas plantaciones acelerar esa recuperación natural.

Estas acciones en conjunto tienen como objetivo final la elaboración de un proyecto ejecutivo para la recuperación ambiental y paisajística de estos sitios. De este modo, se propone la recuperación por etapas y que conforme el banco deje de ser aprovechado e incluso durante la misma extracción, el terreno se vaya modelando de acuerdo a su uso final.

En términos generales, el manejo paisajístico de estas zonas no pretende contrastar con el uso actual del entorno inmediato sino por el contrario mantener patrones paisajísticos existentes e integrarse a los mismos siempre y cuando éstos no vayan en contra de la vocación natural del área donde se desarrollan. De este modo, algunos bancos se proponen se recuperen como zonas agrícolas.

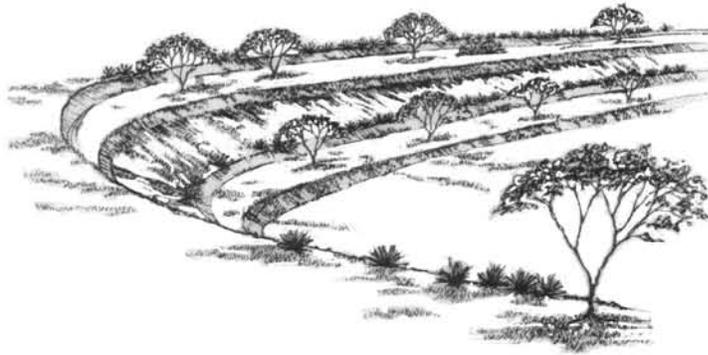


Fig. No.34 Recuperación de bancos de material como zonas agrícolas. Propuesta de modelar las paredes del banco como terrazas para su posterior uso como zonas de cultivo.

ELABORÓ. Erika Miranda Linares.

Pero también es cierto que algunos de estos sitios han sido alterados dramáticamente que pretender ocultar este tipo de intervención sería, además de costosa, una tarea casi imposible. Razón por la cual, estos sitios representan un reto para su recuperación ambiental y paisajística pero también ofrece una serie de oportunidades para su modelado, el cual puede ser guiado por los principios del "Land Art" y convertirse en obras de arte capaces de ser experimentados y habitados. En el caso de la autopista Cuacnopalan –Tehuacán – Oaxaca, subtramo km 0+000 al km 52+000, en el banco ubicado en el km 3+000 debido a su visibilidad desde la autopista, la forma en que se ha aprovechado dicho banco y su continuo uso para el mantenimiento de la autopista se propone su explotación por etapas al igual que su recuperación. Como resultado de su forma de ataque, el tratamiento paisajístico no pretende reproducir el paisaje anterior sino sacar provecho de nueva morfología para transformar una vista indeseable por un más atractiva, de interés, mediante el manejo de las paredes del talud de forma geométrica contrastando con el entorno. El manejo de la vegetación también reforzaría este carácter y se emplearían especies que se dan en el sitio, tales como magueyes, nopales, acacias, pirules, entre otros. En la periferia se reforestará con arbustos para impedir que el suelo fértil de los terrenos aledaños se erosione.

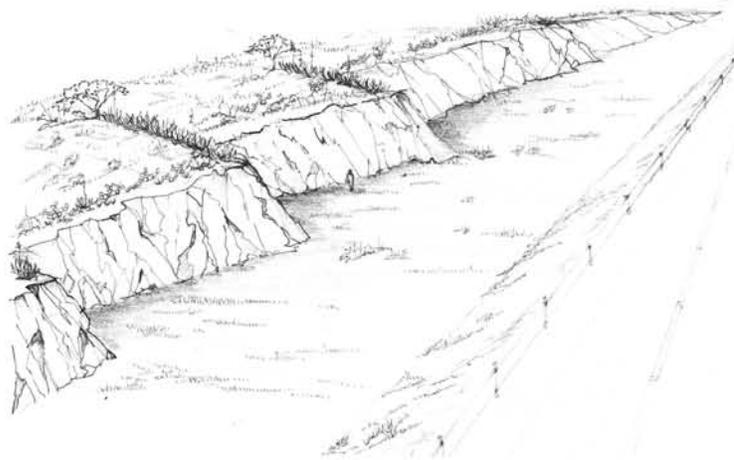


Fig. No.35. Perspectiva del Banco de Material ubicado en el km 3+000, d.d.

ELABORÓ. Erika Miranda Linares.

#### **7.6.4. Criterios para la forestación y reforestación del derecho de vía y entronques.**

Si bien es cierto que el relieve es uno de los componentes que se ven fuertemente afectados por la presencia de la carretera y que incluso éste es el que determina la percepción del paisaje cuando se transita por el camino, la vegetación también es otro de los componentes que se ve alterado de manera significativa. Y el manejo de la misma a lo largo del derecho de vía, zonas aledañas y áreas afectadas por la construcción de la carretera retoma gran importancia por el papel estratégico que juega en la recuperación ambiental y paisajística una vez que entra en operación esta infraestructura. De ahí que en el Plan Conceptual de Manejo Paisajístico de la Autopista Cuacnopalan – Tehuacán-Oaxaca la mayoría de las acciones propuestas involucran el manejo de vegetación, es decir, la recuperación de la cubierta vegetal con fines diversos.

La observación de los criterios propuestos en el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras (SOP, 1971), la actualización del mismo en lo referente a autopistas (SCT, 1992) y el Estudio para la Reforestación del derecho de vía (SCT, 1993) debe ser cuidadosa y revisarse de acuerdo al tipo de carretera y a su emplazamiento. Uno de los aspectos que más resaltan estos documentos es la vinculación de la ubicación y forma de las plantaciones con el trazo geométrico por múltiples razones. Sin embargo, al analizar a detalle el proyecto ejecutivo de una carretera por kilómetro, en este caso de la Autopista Cuacnopalan-Tehuacán-Oaxaca, el trazo es una combinación de pequeñas tangentes, curvas horizontales y verticales cuyas longitudes varían desde los 300 m hasta un par de kilómetros y pretender reforestar cada curva o tangente a lo largo de todo el derecho de vía resultaría en un abuso e incluso se lograría el efecto contrario.

La lectura integral ambiental y paisajística del entorno donde se desarrolla una carretera desde el punto de vista de la arquitectura de paisaje busca, a través de este caso de estudio, identificar la problemática ambiental y paisajística de ésta y jerarquizar las estrategias y acciones partiendo de la seguridad del usuario. En este contexto, el empleo de la vegetación debe responder a un análisis cuidadoso que busque equilibrar los aspectos de seguridad que requiere una carretera, los ambientales y por supuesto los paisajísticos, ya que un uso indiscriminado puede resultar contraproducente, especialmente en la composición escénica de una región.

De este modo, el Plan Conceptual de Manejo propone, en cuanto al manejo de la vegetación, no restringirla sólo al derecho de vía sino extenderlo hacia las áreas afectadas por la construcción de la carretera. Más aún, se propone que se utilice como elemento indispensable que refuerce otra serie de medidas, como es en el caso de la reducción de los procesos de ladera que afectan a los taludes principalmente de cortes o en la consolidación de corredores ecológicos en la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán. Y que también se utilice para reforzar el trazo geométrico de la carretera pero en los puntos críticos y en las estructuras, que por sus características ayuden a consolidar una visión variada del recorrido y refuercen el carácter del mismo. En este último caso, el manejo de la vegetación se dividirá en dos grupos:

1. Derecho de vía.
2. Entronques.

1. Derecho de vía. En términos generales se aplicarán los criterios establecidos por la SCT en cuanto a la reforestación y forestación de curvas verticales, horizontales y tangentes pero estas acciones sólo se llevarán a cabo en punto específicos, no en todos los

elementos del alineamiento vertical y horizontal. Algunos de estos casos, en lo que se refiere a la Autopista Cuacnopalan – Tehuacan –Oaxaca, subtramo km 0+000 al km 52+000, son para reforzar los accesos y salidas de los entronques y el mirador propuesto; reforzar la seguridad del conductor en una serie de curvas horizontales y verticales ubicadas previas al paso por la zona de cortes( km 16+000-km 18+000), incluso la plantación debe ampliarse por fuera del derecho de vía para no crear efectos de túnel; reforzar y crear efectos de ascenso y descenso a lo largo del recorrido sobretodo en aquellos sitios donde los cambios de alineamiento son más fuertes.

En el caso de la estructuras de paso (Pasos inferiores vehiculares, paso superior de ferrocarril) se propone la plantación complementaria en el derecho de vía de éstos, es decir, de manera, perpendicular a la carretera para crear direccionalidad y dinamismo en el primer plano del conductor.

2. Entronques. En la siguiente tabla se describen los criterios bajo los cuales se propone el manejo de la vegetación en dichas estructuras.

|

## Criterios para el Manejo Paisajístico de los Entronques

Los entronques son intersecciones entre el nuevo trazo carretero y los caminos y pasos existentes. Al ser puntos de confluencia de rutas, éstos se pueden considerar como hitos se propone el reforzamiento de los entronques mediante el diseño de paisaje que mejore su funcionamiento y le dé carácter.

- C-1** Mantener la visibilidad del conductor para garantizar su seguridad e integridad física. El manejo de la vegetación en los entronques se retoman los criterios propuestos por Bruce, A. y Clarkeson, J. (1950) y el Ministerio de Obras Públicas de España, (MOPT, 1992) los cuales definen criterios para la ubicación de las plantas de acuerdo con su forma de vida y desarrollo máximo, y con base en la función que deben cumplir para reforzar el funcionamiento del entronque. Es importante destacar que los criterios establecidos son para entronques a desnivel. El MOPT define cuatro zonas:
- |   |  |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zona libre para la visibilidad</li> <li>2. Guiado óptico</li> <li>3. Pantalla óptica</li> <li>4. Libre disposición</li> </ol> | <p>Plantación sólo de herbáceas con alturas no mayores a 30 cms.</p> <p>Plantación sólo de vegetación arbustiva.</p> <p>Plantación de grupos compactos de arbustos.</p> <p>Plantación de herbáceas con posibilidad de emplear arbustos y árboles en grupo.</p> |
|---|--|

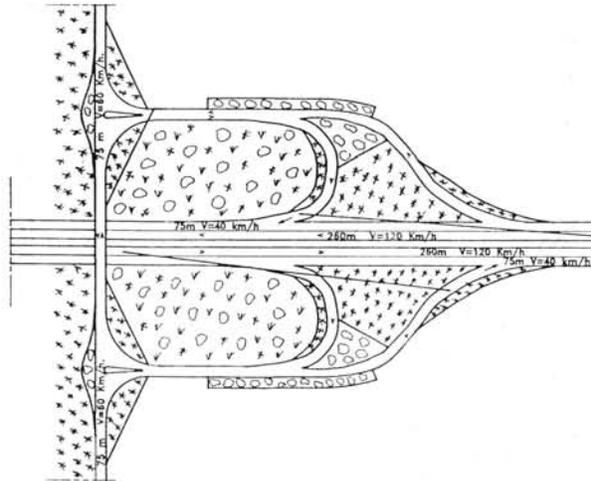


Figura No.36. Distribución de plantas en cruces a distinto nivel.

FUENTE: MOPT, Manual de plantaciones en el entorno de la carretera, Ministerio de obras públicas, Madrid, 1992, pp 22.

Tabla No. 8. Criterios de reforestación y forestación en entronques.  
ELABORÓ. Erika Miranda Linares.

C-1

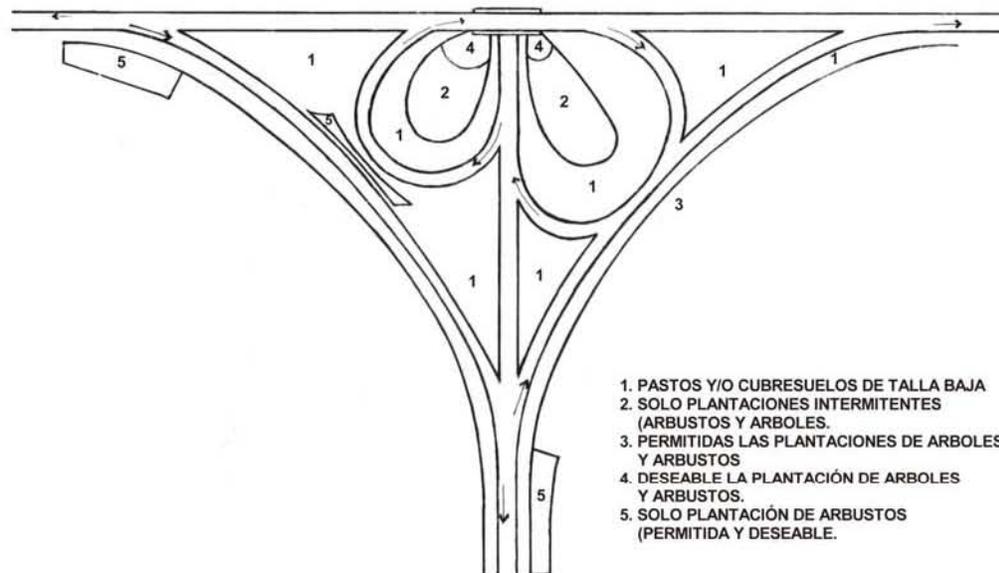


Figura No.37. Plantación sugerida en intersecciones para mantener la distancia de parada y dirigir la atención del conductor en su tránsito por estas estructuras.

FUENTE: Bruce G.,A., Clarkeson, J., Highway design and construction, International Book Co., E.U.A., 1950, pp 217

Mientras que Bruce y Clarkeson (1950) proponen 5 áreas en las cuales especifica de acuerdo con el sentido de circulación el tipo de plantas y su ubicación en las isletas del entronque a desnivel.

Bajo esta zonificación se debe evaluar los árboles y arbustos existentes en el entronque para determinar si son conservados o deberán ser transplantados de ser posible a otro sitio dentro del entronque, en el caso de que representen un riesgo en la seguridad del usuario.

Asimismo, esta zonificación también se ha considerado las normas de reforestación elaboradas por la SCT, en las cuales se establece a partir del límite del acotamiento hacia el límite del derecho de vía una franja de pastos, una de arbustos (cuya estructura permita amortiguar golpes y/o accidentes) y por último la plantación de árboles cuyo diámetro de tronco no sobrepase los 15 cm. Cabe mencionar que la normatividad en México no establece una zonificación por tipo de plantas dentro de las isletas de los entronques, razón por la cual se han retomado aspectos de las tres propuestas revisadas para integrar una zonificación lo más completa posible.

Tabla No. 8. Criterios de reforestación y forestación en entronques.  
ELABORÓ. Erika Miranda Linares.

<b>C-2</b>	Aprovechar y resaltar los rasgos naturales , culturales y paisajísticos del entorno inmediato y lejano del entronque, tomando como punto de partida el patrón espacial que describe la vegetación existente, las líneas del paisaje que definen los campos de cultivo, las diferentes formas del relieve presentes en el entorno, etc.
<b>C-3</b>	Integración al paisaje circundante mediante el uso de vegetación existente en la zona donde se emplaza cada una de las estructuras.
<b>C-4</b>	Caracterización de cada entronque mediante el manejo de una o más especies dominantes en sitios estratégicos. La elección de las especies estará en función de sus características físicas tales como su forma, floración, follaje, etc.
<b>C-5</b>	Manejo de grandes macizos (árboles y arbustos) de la misma especie para que sean obvios al conductor.
<b>C-6</b>	Manejo de árboles y/o arbustos caducifolios o con floración llamativa para que provoquen diversas sensaciones en el usuario en las diferentes épocas del año.
<b>C-7</b>	Manejo de especies de diversos tamaños para enfatizar los diferentes niveles que tiene el entronque así como para proporcionar al conductor la sensación de ascenso y descenso a lo largo de este.
<b>C-8</b>	Contención de las vistas sobretodo en la zona de curvas y descensos mediante el empleo de árboles y arbustos cuyos tamaños también refuercen sobretodo la sensación de descenso
<b>C-9</b>	Creación de ventanas mediante la plantación intermitente de árboles y arbustos tomando en cuenta la velocidad de proyecto.
<b>C-10</b>	Diseño detallado de aquellos entronques que cuenten con caseta de cobro ya que debido a que la velocidad de circulación se reduce hasta llegar a un alto total se incrementa la capacidad de observación de los diferentes usuarios. Inclusive como en la mayoría de éstos entronques se ofertan diferentes servicios, estos espacios son transitados a nivel peatonal ofreciendo de este modo una experiencia diferente de los mismos.

Tabla No.8 Criterios de reforestación y forestación en entronques.  
ELABORÓ. Erika Miranda Linares

Partiendo de estos criterios, a continuación se ejemplificará su aplicación en tres de los entronques que se ubican dentro del área de estudio: Cuacnopalan I, Cuacnopalan II y Tehuacán. En primer término se analizó y se propuso la distribución de la vegetación en las isletas conforme a las zonificaciones arriba citadas (Ver Flg. No.38 Cuacnopalan I, Fig No.40 Cuacnopalan II. Fig. No.42 Tehuacán). Y en un segundo término, se realizó un anteproyecto de manejo paisajístico de dichos entronques de acuerdo a su entorno así como una propuesta de especies vegetales que caractericen a cada entronque. Es importante mencionar que a lo largo del entronque también se busca aplicar los criterios propuestos por el Manual de Proyecto Geométrico (SOP, 1971) y el Estudio para la Forestación del derecho de vía, para enfatizar los puntos más altos y bajos en la curvas verticales así como contener las visuales especialmente en las curvas horizontales.

En el caso del Entronque Cuacnopalan I (Ver Figs. No.21 y 39 ), ya que es el acceso a la autopista se propone enfatizar el carácter de entrada aprovechando el denso arbolado que existe así como la cercanía de un paso vehicular inferior (P.I.V.) a tan solo 540 m y reforzándolo con más árboles para formar un bosque y provocar ese efecto de puerta principal. Se propone utilizar a la yuca (*Yucca periculosa*) como elemento característico del entronque; el capulín y el pirúl (*Schinus mollis*) se emplean como vegetación asociada a zonas agrícolas. En el caso del capulín (*Prunus serotina*) se eligió para enfatizar la parte más alta del entronque debido a su gran talla, la acacia mimosa (*Acacia sp.*) como arbusto de guiado óptico. Y por último se propone la formación de macizos de magueyes para crear junto con las yucas un contraste por forma con el resto de la vegetación.

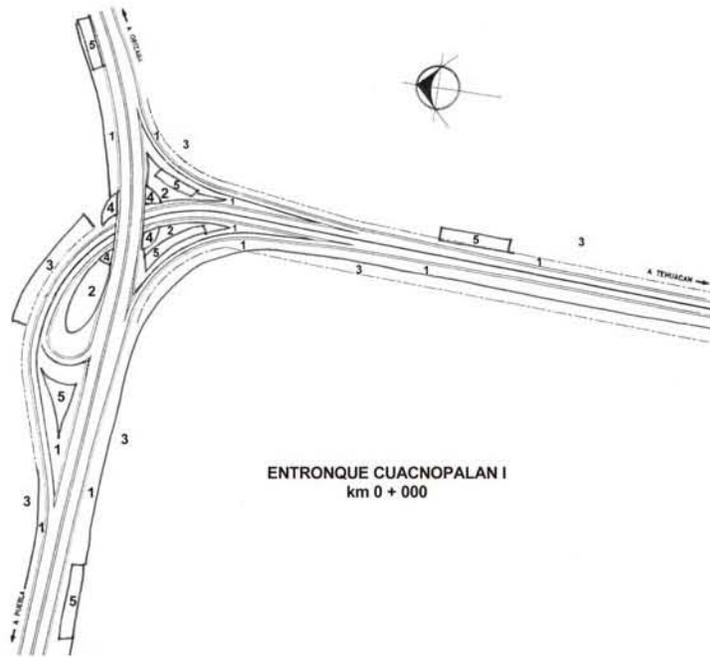


Fig. No.38 Zonificación de la vegetación en el Entronque Cuacnopalan I. Ver Criterio 1, C-1 para la forestación y reforestación de entronques ELABORÓ. Erika Miranda Linares.

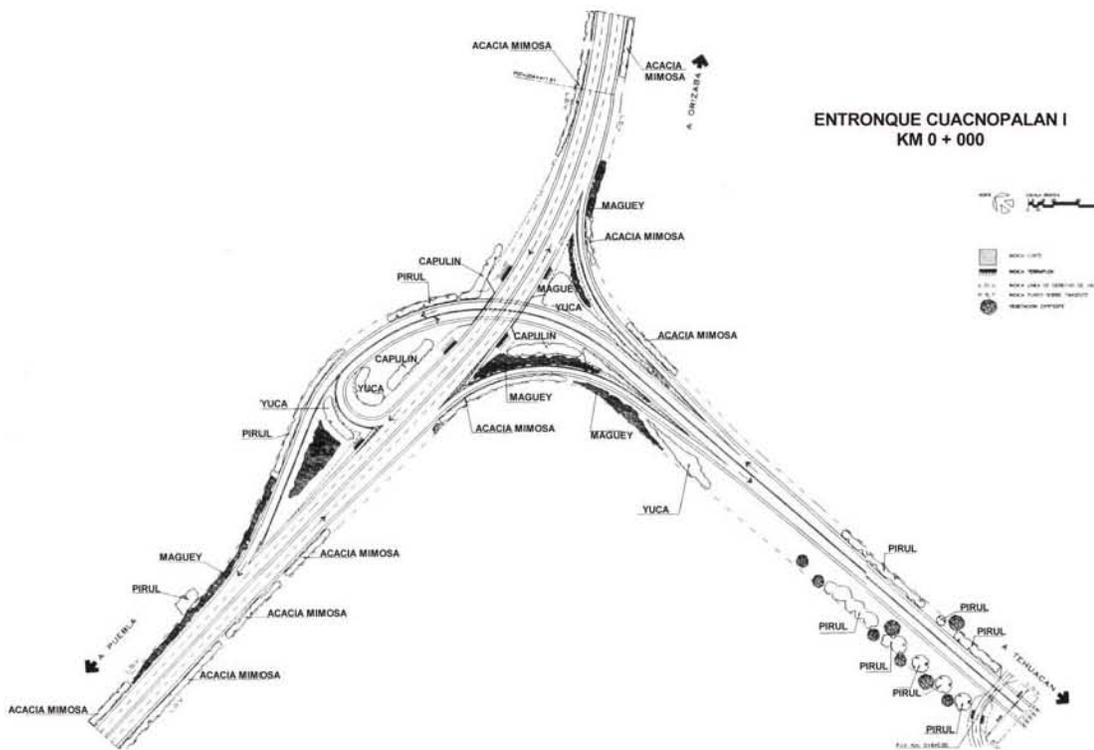


Fig. No.39. Anteproyecto de Manejo Paisajístico del Entronque Cuacnopalan I, km 0+000 ELABORÓ. Erika Miranda Linares.

El entronque Cuacnopalan II se encuentra rodeado de campos de cultivo por lo que se pretende enfatizar el carácter agrícola del emplazamiento. Es importante señalar que a pesar de la cercanía con el otro entronque (Cuacnopalan I) y el mismo uso de suelo, este entronque presenta una menor presencia de árboles en el primer plano abriendo de este modo las visuales y se tiene una sensación de mayor amplitud. Así, en este caso las terrazas de cultivo se convierten en el elemento característico del paisaje en este punto y por lo tanto se decidió retomar para el entronque.

De este modo, las terrazas que quedaron inmersas dentro de las isletas se conservarán y en otros casos se formaran alineamiento de magueyes para crear ese efecto (Ver Figs. No.22 y 41). Para el guiado óptico den las curvas horizontales exteriores así como para enfatizar el ascenso y descenso del entronque se propone el uso del pirúl (*Schinus mollis*) y la acacia (*Acacia sp*). Para diferenciar este segundo entronque del primero se introduce la palma sotol (*Dasyllirion acrotiche*) en el lugar de la yuca, su forma geométrica busca junto con los magueyes crear un contraste con el resto de la vegetación y ambos se utilizan como arbustos formando grandes grupos. Debido a la cercanía del entronque con un escurrimiento, se propone integrar el mismo a todo el manejo paisajístico del entronque. De este modo, se emplean pirules y acacias para enfatizar el cruce con este cuerpo de agua, las cuales son las mismas especies que se proponen en el resto del entronque.

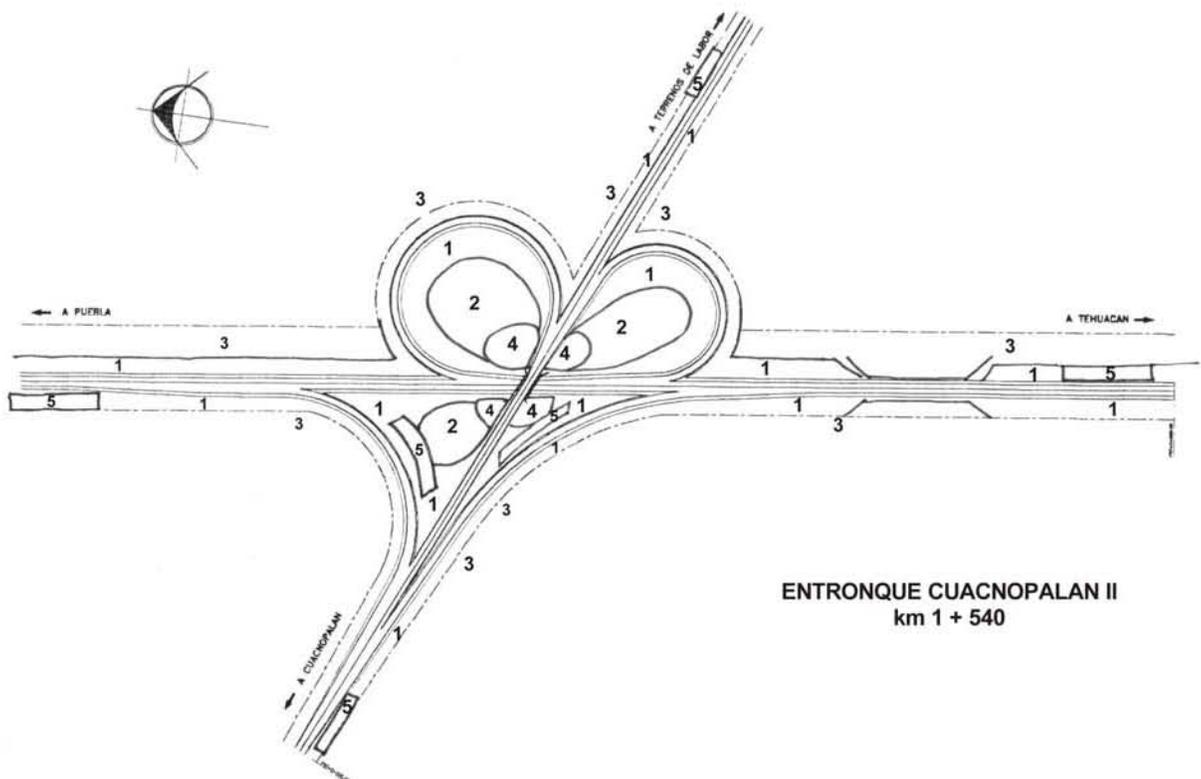


Fig. No.40 Zonificación de la vegetación en el Entronque Cuacnopalan II. Ver Criterio 1, C-1 para la forestación y reforestación de entronques  
ELABORÓ. Erika Miranda Linares.

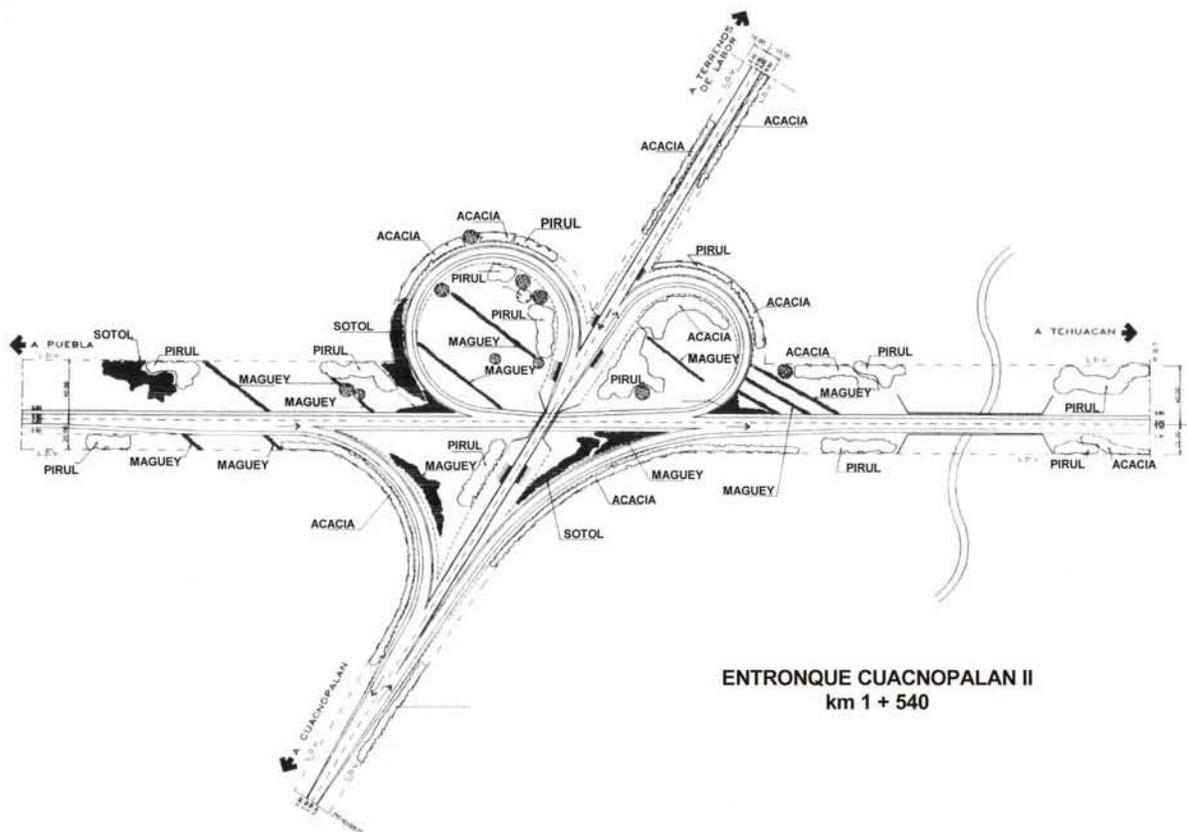


Fig. No.41. Anteproyecto de Manejo Paisajístico del Entronque Cuacnopalan II, km 1 + 540. ELABORÓ. Erika Miranda Linares.

El entronque Tehuacan también se localiza en una zona agrícola pero en este caso es de riego. De este modo, la vegetación propuesta busca una asociación con este tipo de suelo así como con la presencia de agua (canales de riego y manantiales). Este es el único entronque dentro del área de estudio con caseta de cobro implicando una reducción considerable de la velocidad del usuario y que por ello puede observar con detenimiento el diseño de paisaje y la vegetación misma. La especie vegetal característica del entronque es la palma datilifera (*Phoenix datilifera*), cuya presencia en los campos de cultivos es visible desde la autopista. El uso de esta palma, al igual que el valle de Tehuacan simboliza una especie de oasis entre la vegetación semidesértica que se presenta en las sierras que delimitan dicho valles (Ver Fig No.27 , Ver Fig. No.43) Asimismo también se proponen los fresnos (*Fraxinus sp.*), nuevamente los capulines (*Prunus serotina*) como vegetación asociada a los campos de cultivo. Debido a la presencia de casetas así como la oferta de otros servicios para los conductores, el entronque tendrá un mantenimiento más detallado que el resto por lo que el uso de plantas ornamentales es posible. Por ello, se propone el uso de tulipán blanco y amarillo (*Hibiscus rosa-sinensis*) para crear efectos de color especialmente en los costados de las casetas donde es posible apreciar la floración tan característica de

esta planta. Y por último se recurrió nuevamente a la palma sotol por su forma tan geométrica y de este modo crear contraste por forma.

Es importante mencionar que este entronque cuenta con un gran potencial para consolidar un vínculo en esta porción de la reserva de la biosfera Tehuacan – Cuicatlán, por lo que se propone la creación de una serie de cuerpos de agua alimentados por una planta de tratamiento de aguas municipales, reforzando aún más su carácter de oasis.

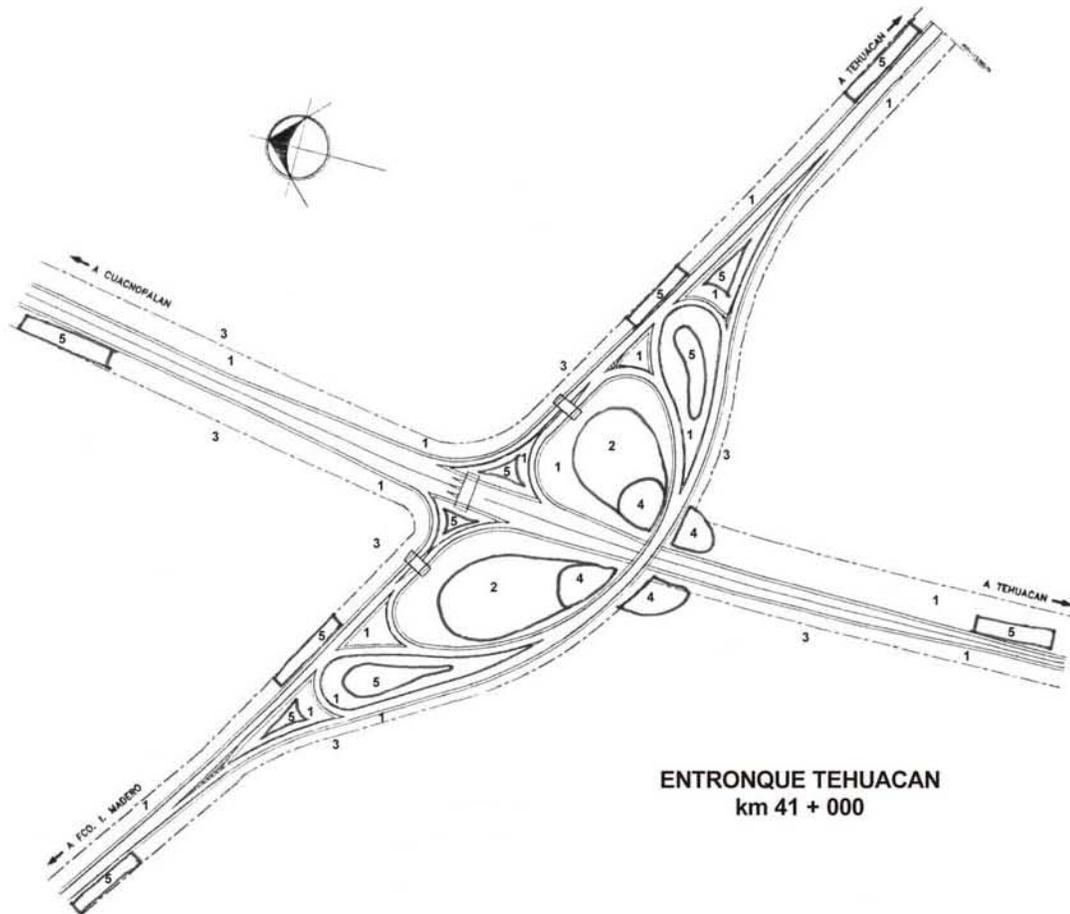


Fig. No.42 Zonificación de la vegetación en el Entronque Tehuacan. Ver Criterio 1 C-1 para la forestación y reforestación de entronques

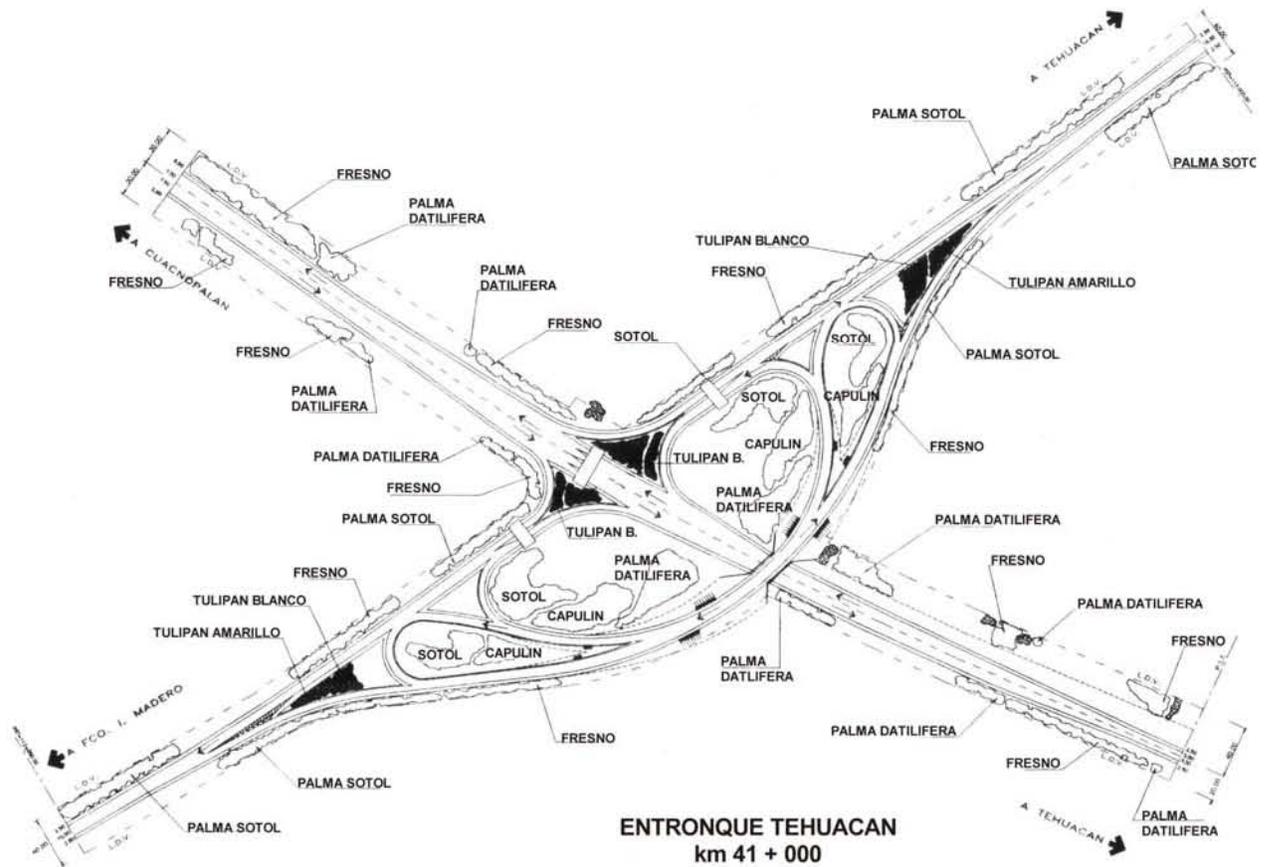


Fig. No.43. Anteproyecto de Manejo Paisajístico del Entronque Tehuacan, km 41+000

En cuanto al tipo de vegetación y especies vegetales a emplear en las labores de forestación y reforestación de entronques, derecho de vía así como en todas las estrategias y acciones que el Plan Conceptual de Manejo Paisajístico de la autopista que se proponga el uso de vegetación, ya sea de forma inducida o plantada, se dará preferencia a las plantas nativas del lugar donde se pretende llevar a cabo éstas acciones. De ahí, la importancia de identificar los tipos de comunidades vegetales que se desarrollan a lo largo de la carretera así como de las especies de manera individual. Si bien es cierto que la gran mayoría de estas plantas no se producen de manera comercial a gran escala, las instituciones de educación superior tienen una amplia experiencia en la colecta, recolección y propagación de ese tipo de especies. Más aún cuentan con información valiosa sobre el funcionamiento de los mecanismos de sucesión natural de algunos de los ecosistemas por donde atraviesa, en este caso la autopista Cuacnopalan – Tehuacán – Oaxaca, así como de algunas especies pioneras que en conjunto permitirían el diseño de módulos de reforestación de acuerdo a los

requerimientos de los diferentes proyectos que se requieran en el manejo integral de la carretera y su área de influencia.

De este modo, para lograr el éxito de las plantaciones y propiciar la regeneración y desarrollo de una cubierta vegetal en las diferentes áreas afectadas se requieren estudios más detallados de la vegetación y su estructura así como condiciones de desarrollo para que, y en base a estos datos, se puedan elaborar módulos de reforestación que ayuden a reducir los procesos erosivos ocasionados por la construcción de la carretera, a acelerar la recuperación natural de dichas áreas afectadas y al lograr un mejor y mayor grado de integración al paisaje. Es importante mencionar que para comunidad vegetal identificada se deberá elaborar una paleta vegetal y un módulo de reforestación específico, incluso en el caso de la vegetación propuesta para reducir la intensidad de los procesos de ladera y estabilización de taludes se propone el estudio de la vegetación por tipo de ladera, ya que algunos autores como González Bernaldez (1981) señala que se presenta una composición distinta conforme al tipo de ladera. Esta medida también garantizaría en gran medida el éxito de las plantaciones así como la inducción del desarrollo de una cubierta vegetal mediante la dispersión de semillas, plantación de especies pioneras, entre otras acciones.

## **CONCLUSIONES**

Debido al papel estratégico que juegan las carreteras en el desarrollo de nuestro país, la consolidación de la red carretera nacional ha sido y seguirá siendo una prioridad en las políticas gubernamentales. Razón por la cual, la construcción de nuevos tramos carreteros así como la modernización de los tramos ya existentes es una tarea ineludible.

Por otro lado, en las últimas décadas del siglo XX se ha registrado, a nivel mundial, una fuerte tendencia en lo que se refiere a la conservación, protección y aprovechamiento racional de los recursos naturales y el ambiente en su conjunto como resultado de una creciente concientización de los riesgos a la salud pública y la sustentabilidad de las generaciones futuras e incluso las actuales, y a la cual nuestro país no ha sido indiferente.

Así, y como resultado de la inminente necesidad de seguir construyendo caminos, al igual que en el desarrollo del resto de las actividades humanas, es de vital importancia compaginar y conciliar los intereses de ambas actividades dando como resultado la búsqueda de nuevas formas de construir carreteras. Este nuevo enfoque en otros países ha generado el desarrollo de investigaciones, avances tecnológicos e incluso nuevos planteamientos metodológicos en la planeación, diseño y construcción de carreteras. Estos avances han sido de diversa índole y tienen como objetivo minimizar el daño ambiental.

Es importante señalar que diversos autores coinciden en que las estrategias que tienen mayor efectividad son aquellas que se aplican de manera preventiva. Así, y tal como se menciona en el capítulo II y III de este trabajo académico la legislación ambiental en nuestro país ha creado por un lado, instrumentos de carácter preventivo: el ordenamiento territorial y la evaluación del impacto ambiental, y por otro, instrumentos correctivos: la auditoría ambiental.

Sin embargo, y a pesar de dichos adelantos en materia legal, la protección y conservación del ambiente en el sector carretero enfrenta un mayor obstáculo: el desconocimiento por parte de los distintos sectores y niveles que forman parte del proceso de planeación, diseño, construcción y mantenimiento de las carreteras en nuestro país, específicamente las carreteras de altas especificaciones, de la importancia de los recursos naturales y culturales por los que atraviesa un proyecto carretero y del papel estratégico que éste puede jugar en el desarrollo de una región determinada, más allá de comunicar dos lugares, incluso podría repercutir en la aceptación social o no del proyecto por parte de la población aledaña al trazo.

La consideración del ambiente, hoy en día, es sólo un trámite administrativo que consiste en la obtención de la autorización en impacto ambiental por parte de las autoridades correspondientes tanto a nivel federal como a nivel estatal de los Estudios Técnicos Justificativos en materia forestal sobre cambio de uso de suelo, como resultado de la puesta en vigor de la Ley para el desarrollo forestal sustentable en el 2003. Por otro lado, es importante mencionar el papel que juegan las consultoras ambientales dedicadas a la elaboración de este tipo de estudios, específicamente de proyectos carreteros a nivel federal, ya que desafortunadamente la competencia desleal provoca que se oferten servicios de consultoría por precios irrisorios, lo que se refleja en la baja calidad, la poca confiabilidad y seriedad de dichos estudios.

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

Si bien es cierto que las metodologías para la evaluación del impacto ambiental son de reciente origen, mucho se ha avanzado en la búsqueda por consolidarlas como instrumentos confiables para la toma de decisiones. También es cierto que uno de los aspectos rezagados es la elaboración de medidas de mitigación que sean factibles de ejecutarse.

Es decir, al menos en México, en lo que se refiere a los estudios de impacto ambiental de carreteras, la elaboración de proyectos de recuperación ambiental y paisajística, de reforestación, entre otros, de las zonas afectadas por la construcción de las mismas sólo son un conjunto de buenas intenciones, que difícilmente son ejecutables. Esto como resultado de que aún cuando ahora las guías para la elaboración de los estudios de impacto ambiental mencionan su importancia en la evaluación y aprobación de los mismos por parte de las autoridades ambientales, en los presupuestos y tiempo de elaboración de dichos estudios no se contemplan debido a los altos costos que implica la elaboración de proyectos ejecutivos de índole ambiental y paisajística bajo un enfoque multi e interdisciplinario. Y porque representaría la elaboración de un nuevo planteamiento sobre la evaluación del impacto ambiental en todo el proceso de planeación, diseño y construcción de carreteras en nuestro país, ya no sólo como instrumento regulador sino como parte integral de dicho proceso en todas sus etapas.

Es importante mencionar que el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras (SOP, 1971) así como la actualización del mismo para autopistas (SCT, 1993) mencionan la importancia de algunos aspectos ambientales; específicamente de dos: el paisaje básicamente como recurso visual, es decir, cómo mejorar la apariencia del camino para incrementar la seguridad de tránsito de los usuarios, así como la apertura de nuevas visuales o puntos focales ya sea de interés cultural, belleza natural, etc. Y en segundo lugar, el manejo de la vegetación también con fines de seguridad del usuario, control de la erosión e integración del camino al paisaje. En el caso del paisaje apunta que debe realizarse desde la selección de la ruta y más aún, el manual en su distintas etapas contempla un proyecto de paisaje, sin embargo, en ningún caso establece la forma ni los lineamientos para lograrlo. En lo que se refiere a la vegetación, el manual es más específico y plantea de acuerdo con el trazo geométrico tanto en el alineamiento vertical como horizontal los sitios y las formas de realizar la plantación de vegetación, información que el manual de Reforestación sólo se dedica a transcribir.

De ahí la trascendencia que adquiere el estudio y comprensión del ambiente y el paisaje en su conjunto para consolidarse como variables equiparables a los criterios de seguridad y trazo geométrico de carreteras en nuestro país. Y de este modo, validar a las carreteras como verdaderos instrumentos y/o mecanismos desencadenadores de proyectos productivos, de desarrollo sustentable así como de conservación, protección e incluso recuperación ambiental y paisajística de las regiones por las que atraviesa dichos caminos y garantizar al mismo tiempo la seguridad del usuario, el buen funcionamiento de la infraestructura así como la integración ambiental y paisajística de la carretera a su entorno.

Es entonces evidente que el papel del ambiente y el paisaje deben delinearse lo más claramente posible entre sí y de cara al proyecto carretero para que ambos contribuyan a la creación de un modo responsable de construir carreteras en México en concordancia con las nuevas necesidades de la sociedad ante los retos de su propia supervivencia.

No obstante, el paisaje como objeto de estudio plantea un problema complejo con varias aristas, principalmente por su no reconocimiento legal como recurso natural y cultural lo que dificulta su protección, conservación y aprovechamiento. Esta complejidad de definición

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

proviene de los distintos enfoques por los que se aborda el paisaje, identificándose a lo largo de este trabajo los tres siguientes sin ser por ellos los únicos: el enfoque geográfico (ciencia del paisaje), el enfoque biológico (ecología del paisaje) y el enfoque desde la arquitectura del paisaje.

En los tres casos también se ha identificado un punto de coincidencia: el estudio del paisaje permite una forma de conocimiento del ambiente, los recursos naturales, las actividades humanas así como sus interacciones de manera integral en un espacio geográfico y en un tiempo determinado. Es decir, permite realizar el inventario de los recursos naturales y culturales; el análisis y comprensión de los procesos naturales; las interacciones entre el hombre y la naturaleza; identificar y establecer posibles relaciones causales de patrones paisajísticos e incluso de deterioro o degradación ambiental, entre otros. Y en los tres enfoques el objetivo del estudio del paisaje es utilizar los resultados como una herramienta en la toma de decisiones sobre la gestión de los recursos naturales y culturales en un proceso de ordenamiento territorial, impacto ambiental, etc., es decir, se trata de compatibilizar las actividades humanas con el desarrollo de la sociedad.

Así, en los distintos enfoques mencionados el paisaje se aborda como “indicador y síntesis del ambiente, de las interrelaciones entre los elementos vivos de todo ecosistema y al mismo tiempo como una expresión de los valores estéticos, plásticos y emocionales del ambiente en su totalidad” (Conesa Fdez., 1993). Pero en el caso del enfoque geográfico y biológico, el paisaje se estudia tan sólo como el aspecto funcional del ambiente atendiendo únicamente a los componentes ambientales, al hombre y sus interrelaciones dejando a un lado el aspecto formal (estético) debido a las implicaciones subjetivas que conlleva su análisis y aplicación en un caso de estudio.

En el enfoque geográfico básicamente se da un mayor énfasis a los elementos abióticos, específicamente el relieve y la geomorfología porque se considera que estos componentes se modifican muy lentamente comparados con el tiempo humano característica que puede calificarse como estable y por lo tanto son la base sobre la cual se desarrollan los demás componentes. Aunque los especialistas reconocen que en algunos casos los elementos bióticos pueden alterar o modificar significativamente el desarrollo de estos patrones. Mientras que en el enfoque biológico, las unidades del paisaje se delimitan en base a la vegetación, porque de acuerdo con los ecólogos del paisaje la vegetación al ser muy sensible a los cambios tanto naturales como inducidos por el hombre registran de mejor manera el funcionamiento del paisaje en estudio.

En ambos casos se busca la identificación de patrones en unidades espacialmente homogéneas como la mejor forma de conocer el estado del ambiente.

En el caso de la arquitectura de paisaje, y el método propuesto por Ian McHarg (1969) existe la tendencia de seguir con el criterio geográfico del relieve y la geomorfología, criterio también propuesto por Gómez Orea (1998). No obstante, en nuestro país se registra una mayor flexibilidad en la identificación de patrones ambientales en la lectura del ambiente de acuerdo a los objetivos de cada proyecto y las características propias del sitio en estudio. Asimismo se analiza el paisaje desde el aspecto formal identificándose también patrones visuales denominados como unidades paisajísticas.

Pero el objetivo de comprender al ambiente en la arquitectura del paisaje trasciende hacia el diseño de espacios abiertos a diferente escala donde además de cumplir con las necesidades recreativas de una población determinada se busca a través de la lectura de su

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

entorno y sus procesos la más alta calidad visual y ambiental de los mismos, resultando en espacios habitables y en armonía con su entorno, inspirados en el mismo.

Es importante señalar que en lo que se refiere a escala regional, aún la arquitectura de paisaje en México ha mostrado escasos ejemplos sobre el análisis del paisaje como expresión espacial y visual del ambiente y su aplicación en casos de estudio, restringiendo su presencia incluso en alcances, únicamente a proyectos de índole turística por obvias razones.

Por tal motivo, es necesaria e indispensable la incursión de los arquitectos paisajistas en ese rubro ya que su contribución más allá de sensibilizar al tomador de decisiones y a la sociedad en general sobre los recursos naturales (para lo cual también existen otros profesionistas, disciplinas) puede ser más significativa al contribuir con datos no sólo cualitativos si no también cuantitativos y con un metodología repetible, la importancia de valorar al paisaje como recurso natural y cultural a escala regional y urbana, cuya conservación, protección y aprovechamiento debe estar regida por un marco legal y que trascienda de ser “lo último que hacer en una obra” y “para que quede bonito”, a formar parte de todo el proceso de concepción del mismo.

El caso de estudio de una carretera ya construida ha permitido tener un panorama más amplio sobre la situación ambiental y paisajística de las carreteras en nuestro país, incluso podría decirse que esta visión puede ampliarse al resto de la obras de infraestructura. Y ha planteado la dificultad y complejidad de tratar de resolver la problemática a la que se enfrenta este tipo de proyecto una vez construida. De ahí, la importancia de que se considere en todo el proceso de diseño.

La autopista Cuacnopalan-Tehuacán-Oaxaca es un claro ejemplo de la ausencia de criterios ambientales y paisajísticos desde la planeación hasta la construcción de la misma, errores que quisieron ser subsanados a través de un proyecto de Restauración Ecológica una vez concluida la carretera. Los alcances y el cumplimiento de dicho proyecto fueron muy restringidos principalmente por la visión limitada con la que se abordó el problema ambiental de la carretera y al subestimarse la importancia del proyecto mismo así como por los altos costos que implicaba la aplicación de las propuestas elaboradas en dicho trabajo.

En este trabajo académico se ha buscado desde la perspectiva de la arquitectura de paisaje la revalorización de los espacios abiertos vinculados a la infraestructura carretera y su potencial no sólo con fines recreativos sino también generadores de una mejor calidad ambiental de la misma, a través de la recuperación ambiental y paisajística de los espacios degradados, partiendo en primer término de que el estudio del paisaje como forma de conocimiento del ambiente tiene dos aspectos: uno funcional y uno formal.

Y en un segundo término, que la lectura y comprensión del entorno de la carretera tendrá que realizarse bajo dos enfoques:

Análisis de la región como receptor o marco donde se ha emplazado la carretera (autopista)

Análisis de la carretera como agente modificador del entorno, es decir, los elementos y características que la presencia de la carretera ha añadido al sitio donde se ha emplazado.

Así, una de las complejidades de abordar la problemática ambiental de una carretera de altas especificaciones, ya construida desde la perspectiva de la arquitectura de paisaje,

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

también ha exigido un replanteamiento de la metodología empleada cotidianamente en los proyectos de paisaje regional. Esta metodología parte básicamente de la identificación de patrones espaciales entre los diferentes componentes ambientales a través de la superposición cartográfica estableciendo interrelaciones y posteriormente áreas de homogeneidad denominadas “unidades ambientales”. Esta clasificación del territorio permite establecer las incongruencias entre la vocación natural del sitio y el desarrollo y emplazamiento de las actividades humanas y de este modo proponer los usos de suelo y actividades con mayor compatibilidad con las características naturales y culturales del sitio.

La arquitectura de paisaje puede contribuir a compaginar por un lado la mitigación de los daños ambientales provocados por la construcción de la carretera y por otro aportar de manera paralela el disfrute del recorrido por parte del automovilista repercutiendo directamente en la calidad de vida de la población local mediante la generación de fuentes de empleo, mejoramiento de la calidad ambiental de su entorno, entre otros.

De este modo, fue necesaria la tarea de definir lo más claramente posible las diferentes etapas y alcances de la metodología a emplear en el desarrollo del proyecto. El primer paso fue la revisión de la metodología empleada por Ian McHarg por un lado y por otro la desarrollada por María de Bolos en su Manual Ciencia del Paisaje (op. cit. , 1994).

Así, la primera conclusión a la que se llegó es la necesidad y la ineludible colaboración multi e interdisciplinaria que se debe establecer para formular este tipo de proyectos.

Es importante señalar que el análisis ambiental se realizó básicamente en gabinete mediante el empleo de las cartas temáticas de INEGI, así como en los estudios de impacto ambiental del proyecto carretero y algunas tesis de licenciatura. Y el objetivo final de abordar este caso de estudio es permitir visualizar la complejidad y dificultades que se presentan desde la obtención de la información, su clasificación y nivel de profundidad, de acuerdo a los problemas específicos detectados. Es decir, permite presentar un panorama general de los retos que representa el abordar un proyecto de este tipo y la contribución del arquitecto paisajista.

En el caso de la autopista Cuacnopalan-Tehuacán-Oaxaca, las formas del relieve son las que han definido los patrones, el tipo y magnitud de alteraciones en el ambiente y en el paisaje así como en percepción total de éste último.

De este modo las unidades ambientales se delimitaron en base a este componente ambiental, encontrándose que el relieve es el que establecía el mayor número de correlaciones espaciales con el resto de los componentes ambientales incluso es el que también define los patrones visuales.

En el análisis se detectaron el tipo, número y ubicación de las obras de apoyo, estructuras de paso, entronques, instalaciones de apoyo, patios de maquinaria, patio de maniobra, bancos de materia, etc., resultado de la construcción de la carretera así como las instalaciones de apoyo que siguen funcionando como parte de la operación de la misma.

En el diagnóstico se hizo una valoración general de cada unidad ambiental con el tipo y ubicación de obras de apoyo, estructuras de paso, bancos de material, etc. y el tipo de alteración o posibles alteraciones que pueden provocar en el ambiente y el paisaje si no reciben un tratamiento adecuado. De acuerdo a cada tipo de alteración, la lectura de las unidades ambientales y de los patrones paisajísticos identificados se detecta cual es el

componente o conjunto de componentes ambientales que han sido o corren el riesgo de sufrir daño, tipo y magnitud, incluso podría establecerse áreas de influencia de dichos daños o impactos ambientales negativos.

De este diagnóstico se desprende las siguientes conclusiones:

- No se debe subestimar a las obras o alteraciones de tamaño pequeño ya que aún cuando el impacto de las mismas también puede considerarse de muy bajo a bajo, su ubicación en las distintas formas del relieve, la cercanía entre cada una de ellas y su concentración en subtramo específico pueden ocasionar un impacto acumulativo. Es decir, una modificación significativa en el ambiente y en el paisaje resultado de la suma de la presencia de todos ellos. Este es el caso del subtramo km 0+000 – km 14+000 donde se ubican una gran cantidad de estructuras de paso y bancos de material que se utilizaron para la construcción de los mismos.
- Entre mayor es la pendiente del terreno y el relieve sea más intrincado, los daños ambientales y paisajísticos son mayores y establecen una mayor área de influencia debido a que alteran un mayor de componentes ambientales de manera indirecta.
- Debido al tipo de terreno donde se desarrolla esta carretera, la comprensión de las formas del relieve así como los procesos de ladera que se presentan en las mismas son factores fundamentales para identificar la magnitud de los daños o modificaciones al entorno por la presencia de la carretera así como sus implicaciones en la operación y labores de mantenimiento de la misma.
- La carretera actualmente cruza o colinda con la Reserva de la Biosfera Tehuacán – Cuicatlán en más del 40% de su longitud, es decir, 110 kilómetros. En el tramo correspondiente al valle de Tehuacán la autopista, la cual corre de manera casi paralela a una serie de barrancas cuyos escurrimientos se encauzan para posteriormente formar el canal de riego “Tehuacan”, queda totalmente incluida dentro del área de la reserva. Con esta acción se pretende vincular por un lado, dos de las sierras que delimitan el valle de Tehuacan al norte y noroeste respectivamente y proteger la zona de manantiales de la ciudad de Tehuacan. En este punto la ubicación de la carretera, su derecho de vía y zonas aledañas, sus obras de apoyo, su cercanía con el canal de riego cuentan con un gran potencial en el mejoramiento de la calidad ambiental de esta porción de la Reserva de la Biosfera y la continuidad de los ecosistemas que ésta pretende proteger y conservar con su decreto.
- La identificación de las distintas formas del relieve así como los elementos culturales del paisaje y las distintas formas de aprovechamiento de los recursos naturales son un factor estratégico para la elaboración de las estrategias de diseño paisajístico regional.
- La carretera cuenta con un importante potencial paisajístico al identificarse como un recorrido de interés visual ya que a través de éste se tiene acceso a nuevos puntos visuales, vistas panorámicas, en general a nuevos paisajes así como para la ubicación de posibles miradores.

Para la elaboración de un Plan de Manejo Paisajístico de una carretera ya construida se requiere un nivel de análisis más detallado del aspecto ambiental y en especial de algunos componentes pero esto dependerá de las características generales del emplazamiento y de la misma carretera. Sin embargo, es importante mencionar que el grado de integración de una carretera al ambiente y el paisaje depende de la inclusión de estas dos variables en el proceso de diseño y construcción de la misma y no una vez finalizada la obra. Porque aún cuando con las obras de forestación y reforestación del derecho de vía y zonas aledañas, la

## LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

recuperación ambiental de los distintos sitios afectados se realice, a la carretera en si ya no se le realizaran modificaciones en su trazo horizontal ni vertical, y las alteraciones hechas al paisaje en su composición y estructura tampoco serán reversibles. De este modo, este tipo de proyectos en carreteras ya construidas son de índole correctivo y de reducción de los daños.

Uno de los aspectos que no se revisaron dentro del caso de estudio fue el social y productivo debido a la complejidad que representa su análisis. Sin embargo, es importante señalar que sin la participación de la población local durante el proceso de planeación, diseño y construcción de una carretera, especialmente de altas especificaciones, genera un descontento y desaprobación por parte de la sociedad directamente afectada. Su inclusión en ese proceso y en el caso del Plan de Manejo paisajístico de las carreteras ya construidas también es vital para que se garantice en un alto porcentaje el éxito del mismo y es por eso que el enfoque integral que puede ofrecer la arquitectura de paisaje es sensibilizar a los tomadores de decisiones de la importancia de la carretera como promotor de una mejor calidad ambiental y paisajística de la región donde se emplaza, otorgándole un valor agregado ya que los espacios abiertos a escala regional se revalorizan para cumplir además de funciones recreativas también cumplen funciones ambientales. Esto es, la revalorización de las carreteras en el ambiente y el paisaje y del ambiente y el paisaje en las carreteras.

Y se plantea aún más claramente el papel de la ingeniería y la misma arquitectura de paisaje ante las nuevas necesidades de la población y el papel del ambiente y el paisaje en la vida cotidiana y sobretodo en obras de ingeniería, especialmente de gran envergadura.

Es importante señalar que el paisaje a escala regional desde al aspecto formal no ha sido abordado como materia de estudio en ninguna disciplina. Sin embargo, en el caso de la arquitectura de paisaje su olvido, al menos en nuestro país, pone de manifiesto la poca relevancia que tiene para estos mismos diseñadores de espacios. Razón por la cual, es necesario retomar y valorar a los espacios abiertos a escala regional bajo un enfoque más científico que permita la evaluación del paisaje regional como recurso natural y cultural posible de ser descrito y analizado libre de sensibilidades y descripciones poéticas y de este modo poder hacer un uso racional del mismo y promover su protección y conservación.

Otro de los aspectos importantes a destacar es el no reconocimiento legal del paisaje como recurso natural y cultural lo que dificulta su protección, conservación y adecuado aprovechamiento. La complejidad que presenta el paisaje como objeto de estudio probablemente sea una de las causas de esta dificultad, y es resultado de que distintas disciplinas conceptualicen al paisaje de manera diferente.

La importancia del estudio del paisaje obedece a qué como objeto de estudio permite tener una lectura integral del estado del ambiente, aporta no solo una visión sobre el aspecto funcional del mismo sino también la lectura desde el punto de vista formal, permite establecer / definir niveles de intervención en ambos aspectos que repercutan de manera positiva en la calidad de vida de la sociedad. Y a la vez permite identificar los posibles impactos ambientales y paisajísticos que una determinada actividad u obra ocasionara en un sitio y tiempo específico.

La contribución del arquitecto paisajista y de la arquitectura de paisaje en este enfoque, es que su formación multidisciplinaria le permita emplear esa información para el diseño de espacios abiertos, ya no sólo de índole recreativo sino que tengan un valor ambiental y cultural.

## **LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO**

CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

Esto significa que ante los retos de la globalización mundial, la conservación, protección y aprovechamiento racional de los recursos naturales y culturales requiere enfoques integrales (multi e interdisciplinarios) y demanda que las distintas disciplinas evolucionen en la búsqueda no solo de comprender mejor el mundo donde vivimos todos los seres humanos sino que den como resultado la mejor toma de decisiones en cuanto a la gestión de los recursos naturales y culturales y su distribución geográfica sino de satisfacer las necesidades de la sociedad sin menoscabo de estas y futuras generaciones. En el caso de la arquitectura de paisaje así como el resto de las disciplinas dedicadas al diseño del entorno la lectura y comprensión de su entorno se debe reflejar en la creación e incluso en la recuperación (restauración) de espacios habitables inspirados o en armonía con la naturaleza.

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

Al-Homoud, A., Tal, A., “Engineering geology of the Aqaba-Ras El Naqab highway re-alignment, Jordan”, en Engineering Geology Vol 47, pp107-148, 1997.

Asociación Mexicana de Caminos, Carreteras y transportes de México, Impresora y Editora Mexicana, México, DF, 1974.

Barba Casanovas, R., “El impacto ambiental en el planeamiento urbanístico. El control visual de las intervenciones” en El impacto Ambiental en el planeamiento urbanístico, Memorias del Curso de Impacto Ambiental en el Planeamiento urbanístico 1995”, Fundación Cultural COAM, Madrid, España, 1996

Benassini, O., El Impacto de los caminos en el medio ambiente, SCT, México, DF, 1984

Boaga, G., Diseño de tráfico y forma urbana, Ed. Gustavo Gili, Barcelona, España, 1978, pp123-127.

Bruce, A., Clarkeson, J., Highway design and construction, International Text Book Company, Pennsylvanias, USA, 1950, pp 208-225.

Calderón, H., La Obra vial en México, México, s/f.

Cárdenas de la Peña, E., Testimonio vivo de un camino, Secretaría de Obras Públicas, México, DF, 1976, pp 62-71.

CIIDIR – Oaxaca, Manifestación de Impacto Ambiental de la Carretera Cuacnopalan – Tehuacán – Oaxaca, Modalidad Intermedia, México, DF, 1994.

Clawson, M., El Espacio Abierto (no cubierto) como nuevo recurso urbano en , pp149-186.

Conesa Fernández-Vitora, V., Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Coedición Colegio de Ing. Agrónomos de Levante y Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 1994, pp 60, 203-209.

Congreso del Estado de Puebla, Ley de desarrollo urbano del estado de Puebla, 1991.

Congreso del Estado de Puebla, Ley de Protección al ambiente y al equilibrio ecológico del estado de Puebla, 1991

Congreso del Estado de Puebla, Ley sobre Protección y conservación de poblaciones típicas y bellezas naturales del estado de Puebla, 1984

COREMI, Monografía geológico-minera del Estado de Puebla, México, 1995.

Cuperus, R., Canters, K., Udo de Haes, H., Friedman, D., “Guidelines for ecological compensation associated with highways”, en Biological Conservation, Vol. 90, pp 41-51, 1999.

Cushman Coyle, D., Desarrollo Nacional y su funcionamiento, Ed. Uteha, México, pp 71, 1963.

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

Diario Oficial de la Federación, Decreto por el que se declara Área Natural Protegida con el carácter de Reserva de la Biosfera la región conocida como “Tehuacán - Cuicatlán”, ubicada en los estados de Oaxaca y Puebla, México, 18 de septiembre de 1998.

De Bolos, María, directora, Manual de Ciencia del Paisaje, Colección de Geografía, Ed. Masson, España, 1992, pp

De Pedraza Gilsana, J., Carrasco González, R., Geomorfología. Principios. Métodos y Aplicaciones, Ed. Rueda, Madrid, España, 1996, pp

De Taranco, N., “La incidencia de las carreteras en el paisaje” en Cuaderno de Ordenación del Territorio, No.7 en <http://www.arrakis.es/~fundicot/cahiers24.html>,

Echaudemaison, C.D., Diccionario de economía, Ed. Larousse-Pplaneta, 1993

Eckbo, G., Landscape for living, Published by F.W. Dodge Corporation, 1950

Ecology redux en Landscape architecture, No. 2, Vol79, Marzo 1989, pp 38-42

Español Echaniz, I., Las obras públicas en el paisaje. Guía para el análisis y evaluación del impacto ambiental en el paisaje, Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento, CEDEX, Madrid, España, 1998.

Espacios Verdes S.A., Proyecto de Restauración Ecológica de la Autopista Cuacnopalan – Tehuacán – Oaxaca en los Estados de Puebla y Oaxaca, Informe Final, México, DF, 1996.

García, E., Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Köppen, Enriqueta García, México, 4ª. Edición, México, D.F., 1987

García Martínez, B., The highway of Mexico (1891-1991), SCT, Grupo Azabache, México, DF, 1992.

García Romero, A., Muñoz Jiménez, J., El paisaje en el ámbito de la Geografía, Serie Temas Selectos de Geografía, Instituto de Geografía, UNAM, 2002

Gobierno del estado de Puebla, Plan de Desarrollo del Estado de Puebla 1999-2005, Puebla, 1999

González Bernáldez, F., Ecología y Paisaje, H. Blume Ediciones, Madrid, España, 1981

Griffin K., Enos, J. L., La planificación en el desarrollo, Fondo de Cultura Económica, México, pp. 36, 1975.

Grupo SELOME S.A. de C.V., “Manifestación de Impacto Ambiental de las Obras de Modificación de trazo, reconstrucción de terraplenes y estabilización de cortes, para la conservación de la supercarretera– Tehuacan – Oaxaca en el tramo: Miahuatlán-Huitzo, en los estados de Puebla y Oaxaca”, Modalidad General, México, 1997

Harvey, J.C., “Geología para ingenieros geotécnicos”, Ed. Limusa, México, 1987

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

IDDEC S.A. de C.V. Ingeniería Ambiental, Manifestación de Impacto Ambiental de la Carretera Cuacnopalan –Tehuacán - Oaxaca en los Estados de Puebla y Oaxaca, Modalidad General ,México, DF, 1993

INE, Oficio de Autorización en materia de Impacto Ambiental para la Carretera Cuacnopalan-Tehuacán-Oaxaca, México, 1994.

INEGI, Carta Geológica. escala 1: 250 000. Orizaba E14-6, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadísticas, Geografía e Informática, México, 1976.

INEGI, Carta Hidrología Subterránea. escala 1: 250 000. Orizaba E14-6, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadísticas, Geografía e Informática, México, 1976.

INEGI, Carta Hidrología Superficial. escala 1: 250 000. Orizaba E14-6, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadísticas, Geografía e Informática, México, 1976.

INEGI, Carta Vegetación y uso del suelo. escala 1: 250 000. Orizaba E14-6, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadísticas, Geografía e Informática, México, 1976.

INEGI, Carta Edafológica. escala 1: 250 000. Orizaba E14-6, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadísticas, Geografía e Informática, México, 1976.

INEGI, Síntesis Geográfica el Estado de Puebla, México, 2000.

INEGI, Guías para la interpretación cartográfica. Edafología, México, 1981

Jellicoe G, Jellicoe, S., El paisaje del Hombre, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España, 1995

Laurie, M., Introducción a la arquitectura del Paisaje, Ed. Gustavo Ggili, España, 1983.

Lugo Hubp, J. coordinador, Diccionario Geomorfológico, UNAM, México, 1989

Martín, Duque, J.K., Pedraza,J., Díez, A., Sanz, M.A., Carrasco, R.M., “A geomorphological design for the rehabilitation of an abandoned sand quarry in central Spain” en Landscape and Urban Planning, Vol 42, pp1-14, 1998.

Martínez Martínez, J., El Paisaje Natural y Rural desde la perspectiva de la ordenación, planificación y manejo de un territorio. Los impactos paisajísticos, Universidad de Oriente, Caracas, Venezuela, 1994.

McHarg, I., Proyectar con la naturaleza, Editorial Gustavo Gili, España, 2000, 198 pp.

Miller, P., “A profesión in peril” en Landscape Architecture Vol. 87, No. 8, Agosto 1997, pp 66-71.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Manual de Plantaciones en el entorno de la carretera, MOPT, Secretaria General Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid, España, 1992

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

Morgan, R.P.C., Soil erosion and conservation, University of Strathclyde, London, U.K., 1986

Nicholson, M., No sólo de extranjeros vive el Turismo, en Oaxaca, Edición Especial, El Universal, 23 de Marzo 1997, pp. 1-4

Ochoa Tejeda, V., Geomorfología, Clima y vegetación del Valle de Tehuacán –Cuicatlán, Tesis de Licenciatura en Biología, Fac. Ciencias, UNAM, 2001

Olivera Bustamante, F., Estructuración de Vías Terrestres, Ed. Limusa, México, DF, 1991, pp 5-15.

ORVA Ingeniería S.A. de C.V., Estudio de Normas Técnicas Ecológicas para el Proyecto de la Carretera Concesionada Cosoleacaque-Tuxtla Gutiérrez en los Estados de Veracruz, Tabasco y Chiapas, México, 1994.

Periódico oficial del Gobierno Constitucional de Puebla, Programa de desarrollo urbano del Centro de Población de Tehuacán, Programa municipal de desarrollo urbano de Tehuacán Versión Abreviada, Puebla, 1996.

Pozueta, Julio, Herrero, A., Zarza, D., Ellis, C., Spake, A., Moore, B., Kipar, A., Domingo Soler, C., Berrueto, P., Carreteras y paisaje, Ponencias presentadas en la Jornada sobre carreteras y paisaje celebrada en Madrid el 14 de Noviembre de 1994, publicado por la Comunidad de Madrid, Consejería de Transporte, Madrid, España, 1994, 174 pp.

PROFEPA, Delegación Puebla, Oficio de requerimiento de cumplimiento de medidas correctivas en la Carretera Cuacnopalan-Tehuacán-Oaxaca, México, 1995.

Pruneda Padilla, R., Coord., Programa Nacional de Autopistas 1989-1994, propósitos y logros, SCT, Subsecretaría de Infraestructura, México, DF, 1994.

Reclaiming the land en Landscape Architecture, No. 5, Vol. 79, JUNIO 1989, pp 37,54-57,120

Ribas Vilás, J., Bovet Pla, M., Metodología general en los estudios de paisaje, Capítulo 10 en Manual de Ciencia del Paisaje, Colección de Geografía, Ed. Masson, España, 1992, pp

Ribas Vilás, J., Análisis y Diagnóstico, Capítulo 11 en Manual de Ciencia del Paisaje, Colección de Geografía, Ed. Masson, España, 1992, pp

Ribas Vilás, J., Estudios de paisajismo, Capítulo 15 en Manual de Ciencia del Paisaje, Colección de Geografía, Ed. Masson, España, 1992, pp

Rico Rodríguez, A., Del Castillo, H., La ingeniería de suelos en las vías terrestres, Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas, Vol. I, Editorial Limusa S.A. de C.V., Décimaprimer reimpresión, México, DF, 1994

Ricossa, S., Diccionario de Economía, Trad. De Stella Mastrangeb, Ed. Siglo XXI, 1990

Ridey, W., Schreffler, R., et. al., "Road Planning and Design; Bright, J., "Prospect", en Landscape Architecture, No.3, Vol. 79, 1989, pp 56-61, pp131

# LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA

SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

Rogers, W., The professional practice of Landscape Architecture, Ed. Van Nostrand Reinhold, USA, 1997

Rzedowski, J., Equihua, M., Atlas cultural de México, Tomo Flora, SEP, INAH, Ed. Planeta, México, 1987

SAHOP, Caminos, instrumentos de desarrollo, México, DF, pp 22 – 41, 238-247.1982.

Sánchez García, M., “Control de la Erosión y protección ambiental en taludes no naturales” en Memorias de la XVIII Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Morelia, Michoacán , 1996

SCT, Actualización del Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras en lo referente a Autopistas, SCT, 1992

SCT, Proyecto de terracerías por kilómetro, Tramo km 0+00- 130+000, México, 1993

SCT, Reglamento para el aprovechamiento del derecho de vía de las carreteras federales y zonas aledañas, 1991.

Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaría de Infraestructura, Situación General del Programa Nacional de Autopistas, documento interno SCT, s/f.

Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaría de Infraestructura, Programa Nacional para la Modernización Carretera, SCT, México, DF, 1991.

Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaría de Infraestructura, DGPST, Manual de Forestación del derecho de vía de las carreteras, SCT, México, DF, 1993.

Secretaria de Obras Públicas, Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SOP, México, DF, 1971.

Secretaria de Desarrollo Social, Subsecretaría de Ecología, DGNA, SIA, Análisis del manejo en materia de Impacto Ambiental de los Proyectos carreteros, SEDESOL, México, DF, 1993.

Secretaria de Programación y Presupuesto, Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994, SPP, México, DF, 1994.

Seldon, A., Pennance, F.G., comp., Diccionario de Economía, Ed. Oikos.tau, 4ª Ed., 1986.

Silva Escamilla, J., Dir., Historia de los Caminos de México, Vol 3 y 4, 1ª. Edición, Banobras, México, DF, 1991

Sunkel, O., Gligo, N., et. al. , La dimensión ambiental en la planeación del desarrollo, CEPAL, ILPES, PNUMA, 1986

Viles, R.L., Rosier, D.J., “How to use roads in the creation of greenways: case studies in three New Zealand landscapes” en Landscape and Urban Planning Vol 55, pp 15-27, 2001.

## **LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO**

CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---

Villagómez Hernández, M., Las depresiones del sureste de Puebla: las depresiones Tecamachalco-Tehuacán, la depresión Chalchicomula-El Carmen/Chapulco, Tesis de Licenciatura en Geografía, FFyL, UNAM, 1974.

Villarino Valdivielso, T., “El estudio del Paisaje” en Memorias del Curso Actualización en Evaluación de Impacto Ambiental, SEMARNAT, Programa Universitario de Medio Ambiente, UNAM, México, DF, 2003

Weber, F.R., Stoney CC., Reforestation in arid lands, Volunteers in Technical Assistance, Virginia, U.S.A., 1986.

Weilacher, U., Between Landscape Architecture and Land Art, Birkhäuser, Germany, 1996.

**LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO**  
CASO DE ESTUDIO : AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---



FOTO No. 1. Km 0+000. Entronque Cuacnopalan I. Inicio autopista. Cerro San Felipe como remate visual y fondo escénico del entronque. Presencia numerosa de árboles.



FOTO No. 2. Km 1+000 D.D. Vista del derecho de vía hacia Cuacnopalan.



FOTO No.3. Km 1+300. Banco de material ubicado a 200m. D.D. del derecho de vía. Zona de cultivos, presencia de terrazas delimitadas por magueyes.



FOTO No.4. Banco de material Km 3+000 50m. D.D. vista hacia Tehuacan, el cual seguirá en funcionamiento como parte de las instalaciones de apoyo de la autopista así como la planta trituradora ubicada en el km 3+500 al interior del mismo banco. En la parte superior del corte se observa parte del suelo despalmado y donde ha crecido vegetación de manera espontánea.



FOTO No. 5. Km 17+000 D.D. Vista del terraplén. Material susceptible a deslizarse hacia la parte baja del valle intermontano ocasionando el daño a la vegetación de las laderas del mismo así como al escurrimiento superficial que se desarrolla al fondo del mencionado valle.



FOTO No. 6. Km 17+400 D.D. Vista desde la parte superior del terraplén hacia Cuacnopalan observándose claramente la diferencia entre el pie de monte y las elevaciones, las cuales delimitan y encauzan las visuales y le dan una fuerte direccionalidad a las mismas. Inicia la zona de cortes de mayor altura. Punto singular de observación.

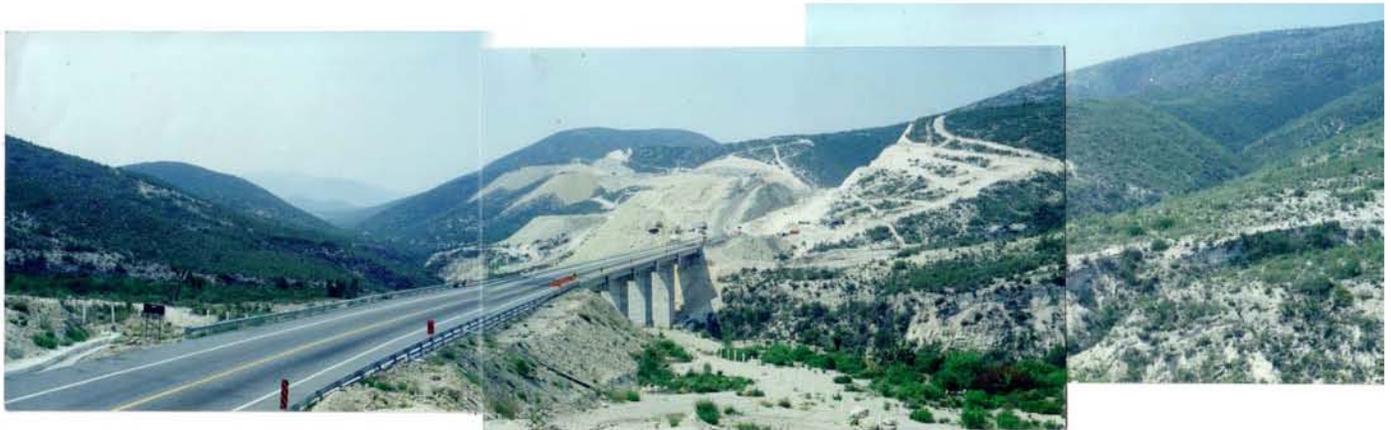


FOTO No. 7. Km 17+500 Vista hacia Tehuacan. Inicia zona de cortes. Cruce de la Barranca Tres Encinos. El material que conforma los terraplenes se encuentra sin tratamiento y susceptible a deslizarse hacia el fondo del valle intermontano. Disposición inadecuada del material residual de los cortes. Los daños ambientales se localizan por fuera del derecho de vía. Punto singular de observación. Los taludes de los cortes definen las visuales conformándose como el primer plano del conductor.



FOTO No. 8. Km 19+800 vista hacia Tehuacan. Zona de cortes. Taludes protegidos con concreto lanzado. Disposición inadecuada de material residual de los cortes en la ladera aguas abajo asimismo se observa ausencia casi total de vegetación en la misma zona

FOTO No. 9. Km 21+200 vista hacia Cuacnopalan. Los taludes de los cortes se conforman como el primer plano del automovilista. Susceptibilidad del material de los terraplenes así como del resultante de los cortes a deslizarse sobre las cañadas y escurrimientos aledaños.



FOTO. No. 10. Km 21+200 vista hacia Oaxaca. En la parte superior del corte se puede observar como en la ladera se registra un cambio en la vegetación probablemente como resultado de un cambio en la forma de la misma.



FOTO No. 11. Km 23+500 vista hacia Cuacnopalan. Visuales encauzadas por el relieve estableciendo una fuerte direccionalidad. El trazo en este subtramo, debido a la configuración topográfica del sitio, también provoca que se las elevaciones se conformen como primer plano y fondo escénico y al mismo tiempo permite apreciar los daños ambientales y su magnitud.



FOTO No. 12. Km 48+500 vista hacia Oaxaca. Entronque Huajuapan. Visual abierta hacia el Valle de Tehuacan. El fondo escénico lo conforma la Sierra de Zapotitlán ubicada a la derecha de la fotografía. El contraste entre las elevaciones y la planicie lacustre se evidencia más aún por el cambio de la textura de la vegetación que refleja distintos tipos de la misma.

**LA IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL PAISAJE EN CARRETERAS DE MÉXICO**  
CASO DE ESTUDIO: AUTOPISTA CUACNOPALAN – TEHUACÁN – OAXACA  
SUBTRAMO KM 0+000 – KM 52+000

---



FOTO No. 13. Km 49+000. Entronque Huajuapán vista hacia Cuacnopalan. En la desviación izquierda se observa la presencia de asentamientos humanos. El entronque no presenta tratamiento paisajístico alguno y su emplazamiento en la transición entre el pie de monte y la planicie lacustre también se refleja en el tipo de vegetación y en la configuración general del paisaje. Así, por un lado se observa que en el pie de monte se caracteriza por ser de aspecto árido y vegetación principalmente arbustiva mientras que en la planicie se aprecia una mayor presencia de árboles.



FOTO No. 14. km 40+500. Entronque Tehuacán. Cuenca visual abierta, las elevaciones funcionan como fondo escénico pero aún así la lejanía de la misma y las condiciones de visibilidad hace que su presencia se diluya en la escena paisajística estableciendo de esa forma visuales sin límite aparente. De este modo la presencia de cualquier elemento a los costados de la autopista se conforman como el primer plano tomando gran relevancia

---