



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Lineamientos Generales de los Estudios Requeridos Para la
Preparación de un Proyecto de Infraestructura Carretera**

TESIS

Que para obtener el Título de
Ingeniero Civil

PRESENTA

Alejandro Mora Pacheco

DIRECTOR DE TESIS

M. I. Sergio Macuil Robles



Ciudad Universitaria, CDMX, 2016



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.

Contenido

LINEAMIENTOS GENERALES DE LOS ESTUDIOS REQUERIDOS PARA LA PREPARACIÓN DE UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA.....	¡Error! Marcador no definido.1
OBJETIVO:	3
INTRODUCCIÓN.....	3
I. ANTECEDENTES.....	5
1.1 Que es un proyecto	6
1.2 Clasificación de un proyecto de infraestructura.	7
1.3 Ciclos de vida de un proyecto de infraestructura.	9
1.4 Características de un proyecto de infraestructura carretera.	11
II. CLASIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA.....	13
2.1 Carreteras Federales.....	14
2.2 Carreteras Estatales.....	16
2.3 Carreteras Vecinales.....	17
III. CLASIFICACIÓN DE CAMINOS EN BASE A SUS ETAPAS DE FINANCIAMIENTO.19	
3.1 Concesionadas.....	19
3.2 De cuota.....	21
IV. CLASIFICACIÓN DE CAMINOS EN BASE A TRANSITABILIDAD.....	222
4.1 Terracería.	233
4.2 Revestida.....	23
4.3 Pavimentada.....	23
V. LINEAMIENTOS DE LOS ESTUDIOS REQUERIDOS PARA EL DESARROLLO DE UN PROYECTO CARRETERO.	25
5.1 Necesidades.	25
5.2 Aforos.	27
5.3 Ambientales.....	31
5.4 Estructurales.....	34
5.5 Geológicos.....	42
5.6 Hidrológicas.	51
5.7 Sociales.	58
5.8 Legales.	61
VI Conclusiones.....	75
Bibliografía.....	77
Anexos.....	78

OBJETIVO:

Describir los diferentes estudios que se requieren en la planeación, construcción y operación de un proyecto de infraestructura carretera.

INTRODUCCIÓN

La infraestructura para el desplazamiento de bienes y personas, constituye una condición necesaria para el desarrollo económico y social de las regiones, ya que sirven de soporte para el generado por las actividades comerciales y personales, así como las culturales, dando con ello origen a las relaciones de producción con las consecuentes relaciones sociales.

Para llevar a cabo la planeación de un sistema carretero, es preciso que se establezcan los objetivos que se quieren alcanzar con las acciones que se van a emprender, en forma concreta y realizable, satisfaciendo la demanda de transporte de personas y mercancías con un mínimo de recursos.

El objetivo de la planeación en carreteras, es evaluar la factibilidad del proyecto mediante el análisis del estudio socioeconómico, que dependerá de que los beneficios que se obtengan con la obra superen a los costos de inversión, mantenimiento y operación, cumpliendo con las expectativas de obtener un rendimiento en un plazo determinado.

Entonces, los principales proyectos y productos requeridos de la planeación son un anteproyecto de la carretera y un estudio socioeconómico, los cuales a su vez necesitan para su elaboración de estudios complementarios pero indispensables como son mediciones de tránsito, de traslado de mercancías y de personas, costos de construcción y conservación, análisis de rentabilidad, etc.

Entre los objetivos de una adecuada planeación de la red carretera está disminuir desequilibrios sociales y económicos, mejorando el desarrollo regional y el acceso a zonas rurales marginadas. Eficientando el uso de los recursos, satisfaciendo las necesidades del usuario, considerando aspectos de seguridad y movilidad, tomando en cuenta la protección al medio ambiente y el desarrollo de proyectos que contribuyan al reordenamiento territorial y la eficiencia operativa.

Estableciendo los objetivos, se realiza el planteamiento de las actividades, llevando a cabo la preparación y la puesta en práctica de las acciones seleccionadas, con un sistema de control y seguimiento de la evolución de la red carretera.

Se debe conocer el estado actual del sistema a través de la descripción física de la red, la cuantificación de la demanda del tráfico en las distintas secciones de la red y la valoración de su funcionamiento. La descripción de la red se consigue mediante el desarrollo de un sistema de gestión de todas las carreteras, en el que aparezcan cada uno de los tramos, las características geométricas del trazado, sus características físicas, estado del señalamiento, entre otros. El conocimiento de la demanda actual en la infraestructura carretera, exige la realización de aforos de tráfico para determinar el número de vehículos y su composición vehicular, realizando estudios de origen-destino.

Para prever la demanda de tráfico, existen diversos métodos, debido a que depende de un gran número de factores, tales como el nivel de desarrollo económico de una región, la localización de sus actividades industriales, comerciales, políticas, innovaciones tecnológicas, etc. Una vez determinada la demanda que ha de soportar una carretera, la aplicación de la ingeniería de tránsito también se requiere obtener estimaciones de demanda, características de la circulación y la proyección futura.

En la selección de la opción óptima, debido a que en muchas ocasiones los objetivos son de tipo económico, es conveniente analizar diferentes alternativas que resuelvan la necesidad inicial estudiando los beneficios que pueden obtenerse y los costos de su realización de estas opciones; se debe realizar una evaluación económica para cada alternativa de solución comparándola con la alternativa cero o "hacer nada", con las alternativas que resulten rentables, es necesario hacer un análisis de los beneficios y costos incrementables en el que se comparen las alternativas, del cual saldrá la más rentable.

El proceso de planeación de carreteras a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y transportes (SCT) y en la cual está basada gran parte de este trabajo, lo efectúan las Direcciones Generales de Desarrollo Carretero (DGDC) y de Carreteras (DGC), teniendo como objetivo atender la conexión de las áreas económicas del país, modernización, expansión, y mejorar la calidad del servicio de la red carretera nacional.

Para garantizar adecuadas relaciones de producción, se deberá tomar en cuenta los aspectos de interacción que genera el transporte, tales como: el ordenamiento territorial; el entorno económico y social; así como los aspectos técnicos que debe tener el soporte material del transporte; la infraestructura carretera, en el caso que nos ocupa.

Las obras de infraestructura carretera de buenas especificaciones contemplan ciertos criterios, que al aplicarse de alguna manera a la infraestructura en el medio rural, su comportamiento guarda una simetría al momento de ser considerados en la metodología multicriterio propuesta.

I. ANTECEDENTES

Una **carretera** o **ruta** es una vía de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles. Existen diversos tipos de carreteras, aunque coloquialmente se usa el término carretera para definir a la carretera convencional que puede estar conectada, a través de accesos, a las propiedades colindantes, diferenciándolas de otro tipo de carreteras, las autovías y autopistas, que no pueden tener pasos y cruces al mismo nivel. Las carreteras se distinguen de un simple camino porque están especialmente concebidas para la circulación de vehículos de transporte. Así mismo mencionaremos la viabilidad técnica y social de los estudios que se requieren para realizar un proyecto de estas especificaciones, por lo tanto abarcaremos desde un punto de vista general dichos lineamientos.

En las áreas urbanas las carreteras divergen a través de la ciudad y se les llama calles teniendo un papel doble como vía de acceso y ruta. La economía y la sociedad dependen fuertemente de unas carreteras eficientes.

A continuación hablaremos de un aspecto fundamental en el desarrollo y planeación de cualquier proyecto de infraestructura, pero en particular aplicable para esta tesis ya que es de gran importancia en la toma de decisiones y adquiere suma relevancia al hablar de desarrollo sustentable de desarrollo.

Consulta de los pueblos indígenas.

Para el caso de un proyecto nuevo de alguna carretera se tiene que realizar esta consulta con el fin de conocer la opinión de este sector de la población, así como tomar la decisión de acuerdo a la misma, cabe destacar que en caso de que estos pueblos decidan que no se puede realizar dicho proyecto o trazo, se deberá modificar o en su caso suspender.

Las consultas llevadas a cabo en aplicación deberán efectuarse de buena fe y de una manera apropiada a las circunstancias, con la finalidad de llegar a un acuerdo o lograr el consentimiento acerca de las medidas propuestas. La obligación de los gobiernos de consultar a los pueblos indígenas adquiere especial relevancia en los siguientes casos:

Al prever medidas legislativas o administrativas; Antes de proceder a la prospección o explotación de los recursos del subsuelo. Al considerar la enajenación de las tierras de pueblos indígenas o la transmisión de sus derechos sobre estas tierras a personas extrañas a su comunidad; Con anterioridad a la reubicación de los pueblos indígenas, que sólo deberá efectuarse con el consentimiento dado libremente y con pleno conocimiento de causa; En la organización y funcionamiento de programas especiales de formación profesional; En las medidas orientadas a enseñar a leer y escribir a los niños en su propio idioma indígena.

La obligación de consultar a los pueblos indígenas y permitir su libre participación se relaciona, en general, con la aplicación de todas las disposiciones del Convenio, el cual establece que la participación se debe asegurar en todos los niveles de la formulación, implementación y evaluación de las medidas y programas que los afecten directamente. El Estado es el responsable de garantizar que se tomen las medidas de consulta y participación necesarias.

1.1 Que es un proyecto

Un **proyecto** (del latín *proiectus*) es una planificación que consiste en un conjunto de actividades que se encuentran interrelacionadas y coordinadas. La razón de un proyecto es alcanzar objetivos específicos dentro de los límites que imponen un presupuesto, calidades establecidas previamente y un lapso de tiempo previamente definido. La gestión de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para satisfacer los requisitos del proyecto. Consiste en reunir varias ideas para llevarlas a cabo, y es un emprendimiento que tiene lugar durante un tiempo limitado, y que apunta a lograr un resultado único. Surge como respuesta a una necesidad, acorde con la visión de la organización, aunque ésta puede desviarse en función del interés. El proyecto finaliza cuando se obtiene el resultado deseado, y se puede decir que colapsa cuando desaparece la necesidad inicial o se agotan los recursos disponibles. La definición más tradicional "es un esfuerzo planificado, temporal y único, realizado para crear productos o servicios únicos que agreguen valor o cause un cambio retroactivo. Esto en definición con la forma más tradicional de trabajar, sobre la base de procesos, en la cual se opera en forma permanente, creando los mismos productos o servicios una y otra vez".

Características de un proyecto.

De acuerdo con antecedente del Project Management Institute (PMI), las características de un proyecto son:

- La capacidad de prestar un servicio como, por ejemplo, las funciones del negocio que respaldan la producción o la distribución.
- Una película como, por ejemplo, salidas o documentos. Por ejemplo, de un proyecto de investigación se obtienen conocimientos que pueden usarse para determinar si existe o no una tendencia o si un nuevo proceso beneficiará a la sociedad.

La singularidad es una característica no tan importante de los productos entregables de un proyecto. La presencia de elementos repetitivos no cambia la condición fundamental, única de manejo y propósitos de un proyecto.

1.2 Clasificación de un proyecto de infraestructura.

Según su carácter los proyectos se pueden clasificar en:

Sociales.

Cuando la decisión de realizarlo no depende de que los consumidores o usuarios potenciales del producto, puedan pagar íntegramente o individualmente los precios de los bienes o servicios ofrecidos, que cubrirá total o parcialmente la comunidad en su conjunto, a través del presupuesto público de sistemas diferenciales de tarifas o de sus subsidios directos.

Financiero.

Cuando su factibilidad depende de una demanda real en el mercado del bien o servicio a producir, cuando el proyecto solo obtiene una decisión favorable a su realización si se puede demostrar que la necesidad que genera el proyecto esta respaldada por un poder de compra de la comunidad interesada.

Según el sector de la economía al cual están dirigidos Los Proyectos pueden ser:

1. Agropecuarios. Dirigidos al campo de la producción animal y vegetal; las actividades pesqueras y forestales; y los proyectos de riego, colonización, reforma agraria, extensión y crédito agrícola y ganadero, mecanización de faenas y abono sistemático.
2. Industriales. Comprenden los proyectos de la industria manufacturera, la industria extractiva y el procesamiento de los productos extractivos de la pesca, de la agricultura y de la actividad pecuaria.
3. De infraestructura social. Dirigidos a atender necesidades básicas en la población, tales como: Salud, Educación, Recreación, Turismo, Seguridad Social, Acueductos, Alcantarillados, Vivienda y Ordenamiento espacial urbano y rural.
4. De infraestructura económica. Se caracterizan por ser proyectos que proporcionan a la actividad económica ciertos insumos, bienes o servicios, de utilidad general, tales como: Energía eléctrica, **Transporte y Comunicaciones**. Incluyen los proyectos de construcción, ampliación y mantenimiento de carreteras, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puertos y Navegación; Centrales eléctricas y sus líneas y redes de transmisión y distribución; Sistemas de telecomunicaciones y sistemas de información.
5. De servicios. Se caracterizan porque no producen bienes materiales. Prestan servicios de carácter personal, material o técnico, ya sea mediante el ejercicio profesional individual o a través de instituciones.

Según el objetivo:

Primarios (extracción).

Agrícolas, Pecuarios, Mineros, Pesqueros o Forestales.

Secundarios (Transformación).

Bienes de consumo final, intermedios o de capital. Proyectos de Prestación de Servicios. Pueden ser:
De Infraestructura física: En estos se incluyen los transportes, las comunicaciones, el riego y la recuperación de tierras, la energía eléctrica, el saneamiento y las urbanizaciones.

Infraestructura Social: Comprende la Salud, la educación y la Vivienda y la organización social (administración pública y seguridad nacional). Otros servicios. Se incluye la distribución, el financiamiento, la información y el esparcimiento.

Según el Ejecutor:

Públicos. Son proyectos ejecutados por entidades del gobierno y con presupuestos de inversión pública. Normalmente apuntan al mejoramiento de la salud, la educación, la vivienda, el transporte, y son formulados con base en los planes y programas de desarrollo económico-social que preparan los diferentes niveles de la administración pública.

Privados. Son proyectos preparados y ejecutados por personas naturales o jurídicas con recursos privados o de crédito, buscando siempre las mejores oportunidades de inversión y la mejor rentabilidad. Mixtos. Son proyectos promovidos y ejecutados coordinadamente entre el sector público y privado, a través de las denominadas empresas de economía mixta.

Según su Área de Influencia

Proyectos Locales Proyectos Regionales Proyectos Nacionales Proyectos Multinacionales

Según su Tamaño

De acuerdo con su tamaño, los proyectos se clasifican en: Proyectos Pequeños, Proyectos Medianos, Proyectos Grandes o Macro proyecto

Tipos de proyectos.

Un proyecto también es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. Por ello, se identifica como **proyecto comunitario** al conjunto de actividades orientadas a crear el producto, servicio o resultado que satisfaga las necesidades más urgentes de una comunidad.

- **Proyecto productivo:** Son proyectos que buscan generar rentabilidad económica y obtener ganancias en dinero. Los promotores de estos proyectos suelen ser empresas e individuos interesados en alcanzar beneficios económicos para distintos fines.
- **Proyecto público o social:** Son los proyectos que buscan alcanzar un impacto sobre la calidad de vida de la población, los cuales no necesariamente se expresan en dinero. Los promotores de estos proyectos son el estado, los organismos multilaterales, las ONG (organización no gubernamental) y también las empresas, en sus políticas de responsabilidad social.

1.3 Ciclos de vida de un proyecto de infraestructura.

Para facilitar la gestión, los directores de proyectos o la organización pueden dividir los proyectos en fases, con los enlaces correspondientes a las operaciones de la organización ejecutante. El conjunto de estas fases se conoce como ciclo de vida del proyecto. Muchas organizaciones identifican un conjunto de ciclos de vida específico para usarlo en todos sus proyectos.

Características del ciclo de vida del proyecto

El ciclo de vida del proyecto define las fases que conectan el inicio de un proyecto con su fin. Por ejemplo, cuando una organización identifica una oportunidad a la cual le interesaría responder, frecuentemente autoriza un estudio de viabilidad para decidir si se emprenderá el proyecto. La definición del ciclo de vida del proyecto puede ayudar al director del proyecto a determinar si deberá tratar el estudio de viabilidad como la primera fase del proyecto o como un proyecto separado e independiente. Cuando el resultado de dicho esfuerzo preliminar no sea claramente identificable, lo mejor es tratar dichos esfuerzos como un proyecto por separado. Las fases del ciclo de vida de un proyecto no son lo mismo que los Grupos de Procesos de Dirección de Proyectos

La transición de una fase a otra dentro del ciclo de vida de un proyecto generalmente implica y, por lo general, está definida por alguna forma de transferencia técnica. Generalmente, los productos entregables de una fase se revisan para verificar si están completos, si son exactos y se aprueban antes de iniciar el trabajo de la siguiente fase. No obstante, no es inusual que una fase comience antes de la aprobación de los productos entregables de la fase previa, cuando los riesgos involucrados se consideran aceptables. Esta práctica de superponer fases, que normalmente se realiza de forma secuencial, es un ejemplo de la aplicación de la técnica de compresión del cronograma denominada ejecución rápida.

No existe una única manera, que sea la mejor, para definir el ciclo de vida ideal de un proyecto. Algunas organizaciones han establecido políticas que estandarizan todos los proyectos con un ciclo de vida único, mientras que otras permiten al equipo de dirección del proyecto elegir el ciclo de vida más apropiado para el proyecto del equipo. Asimismo, las prácticas comunes de la industria a menudo conducen a usar un ciclo de vida preferido dentro de dicha industria.

Los ciclos de vida del proyecto generalmente definen:

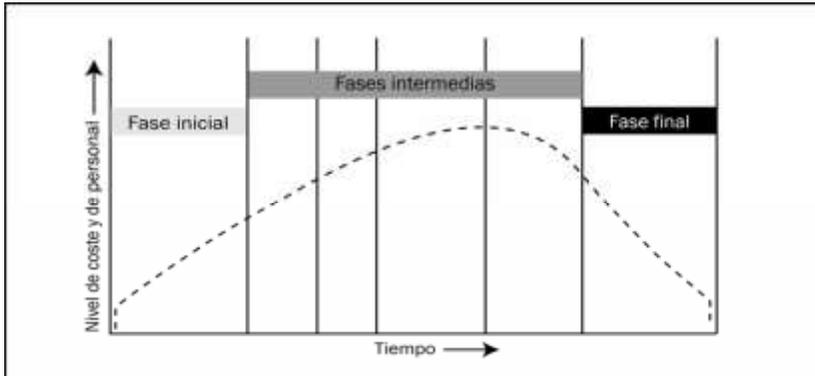
- Qué trabajo técnico se debe realizar en cada fase
- Cuándo se deben generar los productos entregables en cada fase y cómo se revisa, verifica y valida cada producto entregable
- Quién está involucrado en cada fase (por ejemplo, la ingeniería concurrente requiere que los implementadores estén involucrados en las fases de requisitos y de diseño)
- Cómo controlar y aprobar cada fase.

Las descripciones del ciclo de vida del proyecto pueden ser muy generales o muy detalladas. Las descripciones muy detalladas de los ciclos de vida pueden incluir formularios, diagramas y listas de control para proporcionar estructura y control.

La mayoría de los ciclos de vida de proyectos comparten determinadas características comunes:

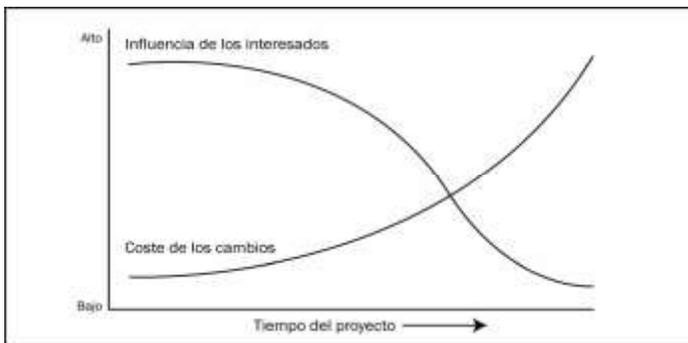
- En términos generales, las fases son secuenciales y, normalmente, están definidas por alguna forma de transferencia de información técnica o transferencia de componentes técnicos.

- El nivel de coste y de personal es bajo al comienzo, alcanza su nivel máximo en las fases intermedias y cae rápidamente cuando el proyecto se aproxima a su conclusión.



Coste del proyecto y nivel de personal típicos a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

- El nivel de incertidumbre es el más alto y, por lo tanto, el riesgo de no cumplir con los objetivos es más elevado al inicio del proyecto. La certeza de terminar con éxito aumenta gradualmente a medida que avanza el proyecto.
- El poder que tienen los interesados en el proyecto para influir en las características finales del producto del proyecto y en el coste final del proyecto es más alto al comienzo y decrece gradualmente a medida que avanza el proyecto. Una de las principales causas de este fenómeno es que el coste de los cambios y de la corrección de errores generalmente aumenta a medida que avanza el proyecto.



Aun cuando muchos ciclos de vida de proyectos tienen nombres de fases similares y requieren productos entregables similares, muy pocos ciclos de vida son idénticos. Algunos tienen cuatro o cinco fases, pero otros pueden tener nueve o más. En una misma área de aplicación pueden darse variaciones significativas. El ciclo de vida del desarrollo de software de una organización puede tener una única fase de diseño, mientras que otro puede tener fases separadas para el diseño arquitectónico y el detallado. Los sub-proyectos también pueden tener distintos ciclos de vida de proyectos. Por ejemplo, una empresa de arquitectura contratada para diseñar un nuevo edificio de oficinas participa primero en la fase de definición del propietario, mientras hace el diseño, y luego en la fase de implementación del propietario, mientras da soporte al esfuerzo de construcción. El proyecto de diseño del arquitecto, sin embargo, tendrá su propia serie de fases, desde el desarrollo conceptual, pasando por la definición e implementación, hasta llegar a la conclusión. El arquitecto puede, inclusive, tratar el diseño de los edificios y el soporte a la construcción como proyectos separados, cada uno con su propio conjunto de fases.

1.4 Características de un proyecto de infraestructura carretera.

Ciclo de un proyecto de infraestructura.

Diagnóstico: Consiste en establecer la **necesidad** u oportunidad a partir de la cual es posible iniciar el diseño del proyecto. La idea de proyecto puede iniciarse debido a alguna de las siguientes razones:

- Porque existen necesidades insatisfechas actuales o se prevé que existirán en el futuro si no se toma medidas al respecto.
- Porque existen potencialidades o recursos sub aprovechados que pueden optimizarse y mejorar las condiciones actuales.
- Porque es necesario complementar o reforzar otras actividades o proyectos que se producen en el mismo lugar y con los mismos involucrados.

Diseño: Etapa de un proyecto en la que se valoran las opciones, tácticas y estrategias a seguir, teniendo como indicador principal el objetivo a lograr. En esta etapa se produce la **aprobación** del proyecto, que se suele hacer luego de la revisión del **perfil de proyecto** y/o de los **estudios de pre-factibilidad**, o incluso de **factibilidad**. Una vez dada la aprobación, se realiza la **planificación operativa**, un proceso relevante que consiste en prever los diferentes recursos y los plazos de tiempo necesarios para alcanzar los fines del proyecto, asimismo establece la asignación o requerimiento de personal respectivo.

Ejecución: Consiste en poner en práctica la planificación llevada a cabo previamente.

Evaluación: Etapa final de un proyecto en la que éste es revisado, y se llevan a cabo las valoraciones pertinentes sobre lo planeado y lo ejecutado, así como sus resultados, en consideración al logro de los objetivos planteados.

Proceso de planeación de la obra pública.

El Proceso de Planeación de la Obra Pública se puede dividir en subprocesos con características y objetivos específicos, que al interactuar contribuyen a consolidar en tiempo y forma una Cartera de Proyectos con todos los elementos requeridos para soportar la formulación del Anteproyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación; propiciando un flujo lógico y secuencial en el desarrollo de todas las actividades involucradas en el proceso.

1. Captación de Requerimientos
2. Identificación de necesidades
3. Análisis, Selección y Evaluación
4. Registro del Proyecto en el Proceso Integral de Programación y Presupuestación de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)
5. Integración de Elementos

El Subproceso de Captación de Requerimientos, identifica el requerimiento de una obra de infraestructura. “El Promovente”, ya sea éste, un gobierno Municipal o Estatal, algún integrante de la Cámara de Diputados, o en general cualquier persona física o moral; detecta la necesidad de una

obra de infraestructura que requiere ser financiada con recursos federales para: construir una nueva carretera federal, camino rural o alimentador para unir un punto de origen y uno de destino; modernizar una carretera federal un puente, un entronque, o un viaducto ya existentes; rehabilitar una carretera federal un puente, un entronque, o un viaducto ya existentes; o conservar una carretera federal, entre otros.

En el Subproceso de Detección de Necesidades, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, analiza los documentos rectores de estrategias nacionales, como lo son: Plan Nacional de Desarrollo (PND), Programa Nacional de Infraestructura (PNI) y Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes (PSCT), identificando las necesidades de infraestructura suficientes para dar cumplimiento a los objetivos y metas planteados en los mismos.

En los subprocesos descritos anteriormente, trabajan también los Gobiernos Estatales y algunos Consejos Regionales de Infraestructura, quienes aportan a la SCT los proyectos carreteros que ellos identifican para su modernización.

En el Subproceso de Análisis, Selección y Evaluación, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, elabora una Planeación Anual, a partir de conjugar la información del PND y PNI, de los requerimientos captados, así como, de las necesidades identificadas; envía esta Planeación Anual a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP).

En el Subproceso de Registro del Proyecto de Inversión en el Proceso Integral de Programación y Presupuestación (PIPP) de la SHCP, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)/Dirección General de Programación Organización y Presupuesto (DGPOP) recibe el Estudio de Costo-Beneficio y lo presenta ante la SHCP junto con su respectiva solicitud de registro en el PIPP.

El Subproceso de Integración de Elementos de Obra Pública se realiza a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)/Dirección General de Carreteras (DGC), la cual contrata la ejecución de elementos que se deben cubrir en el proyecto. Es esencial que se disponga de la totalidad de los elementos, que se listan a continuación, para garantizar una adecuada dinámica de ejecución de la obra:

- a. Proyecto ejecutivo
- b. Resolutivo de impacto ambiental
- c. Cambio de uso de suelo
- d. Liberación del derecho de vía; así como pago de bienes distintos a la tierra
- e. Dictamen sobre el análisis de factibilidad
- f. Permisos ante la CNA
- g. Permisos ante el INAH, de ser el caso

II. CLASIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA

Clasificación de las carreteras.

Las carreteras se clasifican en función de los carriles que la componen, las distintas calzadas, si tienen o no cruces al mismo nivel o el tipo de tráfico que soportan. Los gobiernos suelen tener un departamento que se encarga de numerar y catalogar las carreteras de su territorio.

Infraestructura carretera

La infraestructura carretera en México moviliza la mayor parte de la carga (55% del total) y de las personas (98% del total) que transitan el país. A pesar de que la red carretera federal logra conectar gran parte de los nodos estratégicos del país, algunos tramos ya presentan problemas de saturación, sobre todo los que conectan las principales ciudades del centro del país. Además, existen problemas de conexión a escala local denominadas de "último kilómetro", como lo son accesos a puertos, cruces internacionales y entradas a las ciudades.

Del total de red carretera actual, destacan los 15 corredores carreteros, entre los dos océanos y las fronteras norte y sur del país. Estos corredores presentan en conjunto un 68.6% de avance en su grado de modernización a altas especificaciones, lo que contribuye a que la gran mayoría de la red registre niveles de servicio adecuado. Sin embargo, existe el riesgo de que estos niveles se deterioren una vez que los flujos de carga se incrementen y las regiones del país se desarrollen.

La red carretera nacional, que se ha desarrollado de manera gradual a lo largo de varias décadas, comunica a casi todas las regiones y comunidades del país a través de más de 377 mil kilómetros de caminos de todos tipos. Por su importancia y características, la red carretera mexicana se clasifica en: red federal, redes estatales, caminos rurales y brechas mejoradas.

Para tener un panorama de las carreteras en México mencionamos los principales aspectos de la problemática de la red federal de carreteras son el deficiente estado físico en que se encuentra, las limitaciones geométricas y de capacidad de una longitud importante de los corredores que constituyen sus tramos más utilizados, la todavía insuficiente cobertura, el mal estado de los caminos rurales y la necesidad de consolidar el funcionamiento del sistema nacional de autopistas de cuota, tanto en lo que se refiere a sus aspectos financieros como a cuestiones operativas y de conservación. En la actualidad, las condiciones físicas en que se encuentra la red federal de carreteras se clasifican de esta manera:

25 por ciento, buenas. 35 por ciento, regulares. 40 por ciento, malas. Esto en consecuencia, provoca importantes sobrecostos a la operación de los vehículos que la utilizan: se calcula que actualmente importan, tan sólo en la red federal, 20 mil millones de pesos anuales. Dados los volúmenes de tránsito que utilizan esa red y las especificaciones con las que cuenta, se observa que, en promedio, el 60 por ciento de su longitud funciona en condiciones que oscilan entre buenas y óptimas. Por su parte, un 30 por ciento presenta condiciones regulares en términos de capacidad, y alrededor del 10 por ciento opera cerca de la saturación. En esos tramos se presentan problemas de congestión, y los costos de operación de los vehículos resultan más elevados que en el resto.

2.1 Carreteras Federales

“Cuando su construcción y mantenimiento dependen totalmente del gobierno federal”

Registra la mayor parte de los desplazamientos de pasajeros y carga entre ciudades y canaliza los recorridos de largo itinerario, los relacionados con el comercio exterior y los producidos por los sectores más dinámicos de la economía nacional. Las redes estatales cumplen una función de gran relevancia para la comunicación regional, para enlazar las zonas de producción agrícola y ganadera y para asegurar la integración de extensas áreas en diversas regiones del país. Por su parte, los caminos rurales y las brechas mejoradas son vías modestas y en general no pavimentadas; su valor es más social que económico, pues proporcionan acceso a comunidades pequeñas que de otra manera estarían aisladas. Sin embargo, su efecto en las actividades y la calidad de vida de esas mismas comunidades es de gran trascendencia.

Para tener un panorama de la importancia de estas carreteras, mencionaremos los tipos que existen y la cantidad de kilómetros con los que cuentan cada estado. Esta información corresponde al año 2013 que fue el último del que se tiene registro.

**LONGITUD Y CARACTERISTICAS DE LA RED CARRETERA POR ENTIDAD
FEDERATIVA SEGUN SUPERFICIE DE RODAMIENTO
(Kilometros)**

ENTIDAD FEDERATIVA	TOTAL	PAVIMENTADA			REVESTIDA	TERRACERIA	BRECHAS MEJORADAS
		SUBTOTAL	CUATRO O MAS CARRILES	DOS CARRILES			
Estados Unidos Mexicanos	378,923	148,329	15,044	133,285	144,799	11,245	74,550
Aguascalientes	2,348	1,309	148	1,161	707	-	332
Baja California	11,805	2,845	408	2,437	4,176	500	4,284
Baja California Sur	5,724	2,185	185	2,000	1,745	738	1,056
Campeche	5,552	3,715	56	3,659	380	849	608
Coahuila de Zaragoza	8,487	4,886	916	3,970	3,601	-	-
Colima	2,209	1,192	183	1,009	792	84	141
Chiapas	22,978	6,781	312	6,469	15,126	1,012	59
Chihuahua	13,241	5,417	1,642	3,775	6,761	1,063	-
Distrito Federal	149	149	70	79	-	-	-
Durango	15,659	5,233	450	4,783	8,084	1,418	924
Guanajuato	12,797	6,534	542	5,992	4,922	-	1,341
Guerrero	18,592	6,080	295	5,785	6,432	-	6,080
Hidalgo	11,574	4,262	532	3,730	5,864	180	1,268
Jalisco	27,893	7,195	870	6,325	6,357	185	14,156
Mexico	13,532	6,748	911	5,837	6,784	-	-
Michoacan de Ocampo	15,469	6,971	482	6,489	4,498	-	4,000
Morelos	2,862	1,688	331	1,357	265	-	909
Nayarit	9,307	3,237	263	2,974	2,739	-	3,331
Nuevo Leon	7,399	4,844	836	4,008	2,522	6	27
Oaxaca	22,649	7,304	148	7,156	12,918	-	2,427
Puebla	10,098	5,488	224	5,264	4,405	-	205
Queretaro de Arteaga	3,293	1,919	234	1,685	1,374	-	-
Quintana Roo	5,742	3,239	300	2,939	2,503	-	-
San Luis Potosi	11,580	5,540	405	5,135	5,936	104	-
Sinaloa	16,965	5,160	793	4,367	3,004	3,241	5,560
Sonora	25,232	7,344	855	6,489	4,412	-	13,476
Tabasco	8,653	4,315	259	4,056	3,788	550	-
Tamaulipas	14,008	5,319	306	5,013	8,503	186	-
Tlaxcala	2,771	1,670	247	1,423	1,101	-	-
Veracruz de Ignacio de la Llave	25,890	7,452	791	6,661	7,855	1,129	9,454
Yucatan	12,403	6,273	412	5,861	2,511	-	3,619
Zacatecas	12,062	6,035	638	5,397	4,734	-	1,293

LONGITUD PAVIMENTADA DE LA RED CARRETERA TRONCAL DE CUOTA POR ENTIDAD FEDERATIVA SEGUN NUMERO DE CARRILES (Kilometros)

ENTIDAD FEDERATIVA	TOTAL	CUATRO O MAS CARRILES	DOS CARRILES
Estados Unidos Mexicanos	9,174	6,158	3,016
Aguascalientes	21	-	21
Baja California	265	220	45
Baja California Sur	20	-	20
Campeche	39	39	-
Coahuila de Zaragoza	285	237	48
Colima	65	65	-
Chiapas	232	-	232
Chihuahua	690	411	279
Distrito Federal	48	48	-
Durango	488	332	156
Guanajuato	277	183	94
Guerrero	297	222	75
Hidalgo	157	115	42
Jalisco	605	490	115
Mexico	758	645	113
Michoacan de Ocampo	568	276	292
Morelos	162	118	44
Nayarit	252	108	144
Nuevo Leon	423	417	6
Oaxaca	238	27	211
Puebla	528	187	341
Queretaro de Arteaga	109	109	-
Quintana Roo	87	72	15
San Luis Potosi	291	48	243
Sinaloa	507	340	167
Sonora	544	544	-
Tabasco	54	54	-
Tamaulipas	71	44	27
Tlaxcala	106	72	34
Veracruz de Ignacio de la Llave	734	549	185
Yucatan	154	154	-
Zacatecas	99	32	67

LONGITUD PAVIMENTADA DE LA RED CARRETERA TRONCAL LIBRE POR ENTIDAD FEDERATIVA SEGUN NUMERO DE CARRILES (Kilometros)

ENTIDAD FEDERATIVA	TOTAL	CUATRO O MAS CARRILES	DOS CARRILES
Estados Unidos Mexicanos	40,812	6,377	34,435
Aguascalientes	344	101	243
Baja California	1,607	187	1,420
Baja California Sur	1,192	185	1,007
Campeche	1,245	17	1,228
Coahuila de Zaragoza	1,481	486	995
Colima	285	50	235
Chiapas	2,140	312	1,828
Chihuahua	2,111	461	1,650
Distrito Federal	101	22	79
Durango	1,971	105	1,866
Guanajuato	925	159	766
Guerrero	1,906	73	1,833
Hidalgo	743	245	498
Jalisco	1,955	291	1,664
Mexico	765	266	499
Michoacan de Ocampo	2,180	173	2,007
Morelos	258	88	170
Nayarit	766	32	734
Nuevo Leon	1,141	408	733
Oaxaca	2,854	60	2,794
Puebla	1,006	37	969
Queretaro de Arteaga	487	125	362
Quintana Roo	767	133	634
San Luis Potosi	1,602	357	1,245
Sinaloa	819	251	568
Sonora	1,685	251	1,434
Tabasco	594	162	432
Tamaulipas	2,150	214	1,936
Tlaxcala	541	175	366
Veracruz de Ignacio de la Llave	2,393	188	2,205
Yucatan	1,309	190	1,119
Zacatecas	1,489	573	916

2.2 Carreteras Estatales.

“Cuando la federación y el estado aportan cada uno el 50% del costo de la construcción, quedando el mantenimiento a cargo de la junta local de caminos”

Además de las carreteras federales, están las carreteras estatales, que como su nombre lo indica, son responsabilidad de los gobiernos de cada entidad federativa e incluyen carreteras pavimentadas y revestidas; caminos rurales y brechas. Las carreteras revestidas no están pavimentadas, pero dan servicio en cualquier época del año. Los caminos rurales garantizan el paso de vehículos hacia las localidades rurales (con menos de 2 500 habitantes) y las brechas mejoradas son caminos con escaso trabajo técnico. En conjunto, estas vías refuerzan la comunicación regional y enlazan zonas de producción agrícola y ganadera; asimismo, aseguran la integración de las áreas. Cada Estado de la República construye carreteras dentro de su jurisdicción territorial, a las que identifica con número propio.

LONGITUD DE LA RED CARRETERA ALIMENTADORA POR
ENTIDAD FEDERATIVA SEGUN SUPERFICIE DE RODAMIENTO
(Kilometros)

ENTIDAD FEDERATIVA	TOTAL	PAVIMENTADA			REVESTIDA	TERRACERIA
		SUBTOTAL	CUATRO O MAS CARRILES	DOS CARRILES		
Estados Unidos Mexicanos	85,076	79,302	2,509	76,793	5,137	637
Aguascalientes	1,025	944	47	897	81	-
Baja California	973	973	1	972	-	-
Baja California Sur	1,986	918	-	918	705	363
Campeche	1,047	1,047	-	1,047	-	-
Coahuila de Zaragoza	2,223	2,106	193	1,913	117	-
Colima	602	533	68	465	67	2
Chiapas	4,640	4,409	-	4,409	223	8
Chihuahua	2,616	2,616	770	1,846	-	-
Distrito Federal	-	-	-	-	-	-
Durango	2,846	2,101	13	2,088	745	-
Guanajuato	3,295	3,121	200	2,921	174	-
Guerrero	1,532	1,532	-	1,532	-	-
Hidalgo	3,631	3,338	172	3,166	108	185
Jalisco	3,663	3,284	89	3,195	379	-
Mexico	4,230	4,230	-	4,230	-	-
Michoacan de Ocampo	2,556	2,430	33	2,397	126	-
Morelos	1,268	1,268	125	1,143	-	-
Nayarit	1,915	1,690	123	1,567	225	-
Nuevo Leon	2,879	2,879	11	2,868	-	-
Oaxaca	4,212	4,212	61	4,151	-	-
Puebla	3,866	3,783	-	3,783	83	-
Queretaro de Arteaga	1,111	1,065	-	1,065	46	-
Quintana Roo	1,378	1,214	95	1,119	164	-
San Luis Potosi	3,647	3,647	-	3,647	-	-
Sinaloa	3,834	3,834	202	3,632	-	-
Sonora	5,115	5,115	60	5,055	-	-
Tabasco	2,941	2,941	43	2,898	-	-
Tamaulipas	3,496	2,694	48	2,646	802	-
Tlaxcala	1,023	1,023	-	1,023	-	-
Veracruz de Ignacio de la Llave	5,109	3,964	54	3,910	1,066	79
Yucatan	1,944	1,944	68	1,876	-	-
Zacatecas	4,473	4,447	33	4,414	26	-

2.3 Carreteras vecinales

Caminos (vecinales-rurales)

“Cuando son construidos por cooperación a partes iguales de la federación, el estado y los beneficiados. La junta local de caminos se hace cargo de su mantenimiento”

Gramaticalmente son los destinados al servicio particular de los vecinos de un pueblo para sus fincas, lindes o montes. Pero legalmente, en la frase «caminos vecinales» se comprenden «todos los caminos de dominio público, que no son carreteras nacionales ni provinciales». Respecto a ellos se han seguido sucesivamente tres sistemas:

- El de la Ley de 22 de julio de 1857 que, considerándolos como carreteras de tercer orden destinadas a unir dos o más municipios de una provincia, los puso a cargo del Estado.
- El de la Ley de 14 de noviembre de 1808, que los dejó a cargo exclusivo de los ayuntamientos
- El sistema mixto: instaurado por la ley de 29 de diciembre de 1876, y seguido por la ley municipal de 1877 y por la Ley y Reglamento de caminos vecinales de 30 de julio de 1904 y 16 de mayo de 1905, respectivamente.

Según la Ley municipal de 2 de octubre de 1877, enmendada por la Ley de 1901 y el Reglamento de 1905 citados, se consideran caminos vecinales los ordinarios de interés público que no estén incluidos en los planes del Estado ni de las provincias, y que figuren en el plan especial de caminos vecinales. Son de primer orden los que unen carreteras del Estado o provinciales con estaciones de ferrocarriles, siempre que la longitud no exceda de 10 km, límite que puede ampliarse con ciertas condiciones, hasta 15 km para los caminos que unan carreteras (Real Orden de 19 de octubre de 1909).

Los que unan cabezas de partido judiciales o poblaciones en que haya mercado o fábricas importantes con estaciones de ferrocarriles siempre que la longitud no exceda de 10 km, y los de interés común a dos o más ayuntamientos o que por alguna circunstancia especial afecten al tránsito general de una región importante. Son caminos de segundo orden los que sin estar comprendidos en ninguno de los casos anteriores afecten a un solo ayuntamiento.

Para entender en la formación del plan de caminos vecinales, orden de ejecución, construcción, conservación y policía de los mismos, existen:

- **Juntas de distrito** en las cabezas de partido judiciales (o en la del ayuntamiento si este comprende varios partidos) compuestas del alcalde de la capital de distrito (presidente), seis vocales elegidos por los municipios, dos por las Cámaras agrícolas y dos por las de Comercio (nombrándolos el gobernador si no existieran tales cámaras en el distrito), dos representantes de las corporaciones, empresas, fábricas, industrias, etc., que subvencionen directamente la construcción o conservación de los caminos, si los hubiere, y otros dos designados por la Diputación provincial. Será secretario el funcionario que designe el gobernador provincial a propuesta del ingeniero jefe de obras públicas. La Junta se renueva por mitad cada dos años, excepto el cargo de secretario.

Estas juntas tienen por misión formular el proyecto del plan de caminos que corresponde al distrito, aprovechando para ello los datos existentes en las Jefaturas de obras públicas. Clasificarán los caminos en los dos órdenes y expresarán la anchura, trazado, longitud y coste cuando un camino interese a dos o más distritos, procurarán las Juntas ponerse de acuerdo, y si no lo consiguieren, lo incluirá cada uno en su presupuesto expresando los motivos de disconformidad. También será su función revisar el plan cada quinquenio para adaptarlo a las necesidades del tráfico. Presentarán a la Junta provincial el plan anual de obras nuevas. Cuidarán de la conservación, reparación y policía de los de segundo orden.

- **Juntas provinciales** en la capitales de provincia, compuestas por el gobernador civil (presidente), el vicepresidente de la Diputación (vicepresidente) y el ingeniero jefe de obras públicas, como vocales *notos*; dos diputados provinciales elegidos por la Diputación y que representen distritos diferentes, dos representantes de las Cámaras de Comercio de la provincia y otros dos de las Cámaras agrícolas (aunque solo exista una, y si existieren más de dos, uno por la de la capital y otro por la demás), y un representante por cada junta de distrito (ostentando la representación de los distritos que no tengan junta o queden si ella, los diputados provinciales), como vocales *efectivos*; y de un secretario, que lo será el ingeniero de caminos de la provincia que designe el gobernador.

Caminos rurales.

En materia de caminos rurales, el país cuenta con una red de 160 mil 185.1 kilómetros y comunica a 19 mil comunidades en las que habitan 14 millones de personas, es decir, el 60 por ciento de la población rural nacional. Esta red está compuesta por caminos de bajas especificaciones, que son transitables en toda época del año y desempeñan un papel fundamental en la comunicación e integración permanentes de las comunidades a las que sirven.

**LONGITUD DE LA RED DE CAMINOS RURALES POR ENTIDAD
FEDERATIVA SEGUN SUPERFICIE DE RODAMIENTO
(Kilometros)**

ENTIDAD FEDERATIVA	TOTAL	PAVIMENTADA	REVESTIDA	TERRACERIA
Estados Unidos Mexicanos	169,311	19,041	139,662	10,608
Aguascalientes	626	-	626	-
Baja California	4,676	-	4,176	500
Baja California Sur	1,470	55	1,040	375
Campeche	2,613	1,384	380	849
Coahuila de Zaragoza	4,498	1,014	3,484	-
Colima	1,116	309	725	82
Chiapas	15,907	-	14,903	1,004
Chihuahua	7,824	-	6,761	1,063
Distrito Federal	-	-	-	-
Durango	9,430	673	7,339	1,418
Guanajuato	6,959	2,211	4,748	-
Guerrero	8,777	2,345	6,432	-
Hidalgo	5,960	24	5,756	180
Jalisco	7,329	1,351	5,978	-
Mexico	7,779	995	6,784	-
Michoacan de Ocampo	6,165	1,793	4,372	-
Morelos	265	-	265	-
Nayarit	3,043	529	2,514	-
Nuevo Leon	2,929	401	2,522	6
Oaxaca	12,918	-	12,918	-
Puebla	4,493	171	4,322	-
Queretaro de Arteaga	1,586	258	1,328	-
Quintana Roo	3,510	1,171	2,339	-
San Luis Potosi	6,040	-	5,936	104
Sinaloa	6,245	-	3,004	3,241
Sonora	4,412	-	4,412	-
Tabasco	5,064	726	3,788	550
Tamaulipas	8,291	404	7,701	186
Tlaxcala	1,101	-	1,101	-
Veracruz de Ignacio de la Llave	8,200	361	6,789	1,050
Yucatan	5,377	2,866	2,511	-
Zacatecas	4,708	-	4,708	-

III. CLASIFICACIÓN DE CAMINOS EN BASE A SUS ETAPAS DE FINANCIAMIENTO.

3.1 Concesionadas

Los tres modelos son:

- **Concesiones**
- **Proyectos de Prestación de Servicios (PPS) y**
- **Aprovechamiento de Activos**

A través de los modelos de asociación público-privada, se busca:

- Desarrollar infraestructura
- Incrementar montos de inversión
- Elevar la calidad de los servicios
- Aumentar la eficiencia y productividad de los servicios
- Abrir espacios y participación para iniciativa privada
- Adecuar la distribución y administración de riesgos
- Optimizar la operación y mantenimiento de carreteras concesionadas

Modelo de Concesiones:

- Concesiones otorgadas mediante licitación pública
- SCT entrega a los concursantes el proyecto ejecutivo y el derecho de vía liberado
- SCT entrega a los licitantes un estudio de aforo pero no asume responsabilidad alguna por las variaciones resultantes
- SCT fija las tarifas medias máximas y la regla para su actualización
- El plazo de concesión es hasta el máximo permitido por la ley (treinta años)
- El gobierno efectúa una aportación inicial con recursos públicos, a través del Fondo Nacional de Infraestructura (FNI)
- La concesión se otorga al licitante que solicite el menor apoyo económico del gobierno, medido como la suma de la aportación inicial y del valor presente neto del compromiso de aportación subordinada
- El gobierno puede efectuar una subvención con recursos públicos, a través del Fondo Nacional de Infraestructura (FNI), o bien, recibir por parte del concesionario una contraprestación inicial por única vez
- Cuando los proyectos no requieran recursos públicos, la concesión se otorgará al licitante que cumpla con los requisitos legales, técnicos y financieros de la licitación y ofrezca la mayor contraprestación a la SCT
- Distribución de riesgos en los temas de caso fortuito y fuerza mayor a través de seguros y de un fondo contingente establecido en el FNI
- Posibilidad de resarcir al concesionario el capital invertido en caso de terminación anticipada de la concesión por causas imputables al propio concesionario

Modelo de Proyectos de Prestación de Servicios (PPS)

Características Generales Modelo de PPS

- Concesión otorgada mediante licitación pública que asegura al concesionario el derecho de que se le adjudique el contrato de prestación de servicios
- El plazo de contratación del servicio es fijo, de 15 a 30 años
- El contrato establece una asociación entre la Secretaría y una empresa privada para diseñar, financiar, construir, mantener y operar una carretera
- La prestación del servicio es realizada por la empresa privada a cambio de pagos periódicos trimestrales
- El pago periódico se basa en un mecanismo que considera la disponibilidad de la vía y su nivel de uso
- Cada licitante calcula un pago periódico en función de:
 - Costo de construcción, conservación y operación,
 - Rendimiento sobre el capital aportado (incluyendo costos financieros),
 - tránsito anual estimado en una banda específica, y
 - Período de contratación
- El Valor Presente Neto del flujo de pagos periódicos es la variable de decisión para el otorgamiento de la concesión, previa validación del cumplimiento de requisitos técnicos, legales y financieros
- Una vez terminada la construcción, la carretera modernizada sigue operando como vía libre de peaje
- Cuando el modelo se aplica a autopistas de cuota, el pago periódico se realiza mediante una combinación de tarifas y recursos presupuestales

En resumen, en el sistema PPS el gobierno paga al concesionario un servicio, este servicio consiste en el pago por disponibilidad de una infraestructura que el concesionario ha desarrollado con recursos económicos de diferente índole (financiamiento o gubernamentales).

Modelo de Aprovechamiento de Activos:

El modelo plantea aprovechar 23 autopistas de cuota de la red del Fonadin para apoyar el desarrollo de 2,193.5 km de nueva infraestructura carretera y consiste en lo siguiente:

- SCT y SHCP acuerdan desincorporar activos carreteros del Fonadin a cambio del pago de una indemnización
- SCT integra paquetes conformados por autopistas de la red Fonadin y por nuevas autopistas de cuota
- SCT concede esos paquetes al sector privado mediante licitaciones públicas y obtiene una contraprestación con la que paga al Fonadin
- El concesionario se hace responsable de operar, conservar y explotar los activos en cuestión, así como de construir y posteriormente explotar las nuevas autopistas que formen parte del paquete

3.2 De Cuota.

Este tipo de carreteras también son por concesión y consiste en que el gobierno le da la concesión a un privado para desarrollar una carretera de cuota, en donde la SCT le da información referente a los aforos posibles del proyecto carretero a desarrollar, con esta información el constructor dimensiona el proyecto y decide que tipo de carretera va a construirse, puede ser de uno o dos carriles o si es de altas especificaciones y realiza los estudios necesarios.

En este sistema los usuarios pagan un peaje, el cuál está asociado a la amortización del crédito utilizado para la construcción del mismo.

Esquemas para financiar Infraestructura en México.

El financiamiento se define como la acción de proveer de recursos monetarios cuando y donde se necesite por un tiempo determinado para llevar a cabo una actividad en específico. La inversión en infraestructura se ha tornado de gran prioridad para el gobierno ya que garantiza un mayor desarrollo y crecimiento económico del país. Esta prioridad, se suma al gran listado de necesidades y situaciones emergentes que los gobiernos tienen que atender; asuntos que resultan ser enormes comparados con la limitada cantidad de recursos que el gobierno dispone, por lo que resulta indispensable utilizar otras alternativas de financiamiento para contrarrestar la escases de los recursos de gobierno.

La responsabilidad de dotar infraestructura a un municipio dado, recae sobre su propio gobierno municipal, por lo que este será responsable del financiamiento de dicha infraestructura. Cuando la infraestructura impacta a más de un municipio de un estado el gobierno estatal suele asumir la responsabilidad y también contribuye en parte a su financiamiento junto con los municipios involucrados; de la misma manera, si el proyecto impacta a más de un estado, el gobierno federal asume la responsabilidad y aporta parte del financiamiento. El porcentaje de aportación correspondiente a cada una de las partes se determina según el impacto que el proyecto tenga en cada uno de los gobiernos involucrados, y cada uno de estos se hará responsable de financiar su propia parte con sus propios recursos o a través de los diferentes instrumentos financieros existentes.

Existen diferentes tipos de financiamientos y créditos, los cuáles solo mencionaremos y que sirven de apoyo para el desarrollo de la infraestructura en México: Crédito Tradicional, bursatilización, mercado de capitales, mercado de deudas (Gubernamentales), entre otros.

IV. CLASIFICACIÓN DE CAMINOS EN BASE A TRANSITABILIDAD.

Aunque los distintos países tienen diversas pautas de clasificación de carreteras, existen ciertas convenciones internacionales que merecen ser resaltadas.

Según su jerarquía dentro de la red vial del país:

- Carreteras principales, que integran las zonas de consumo con la de producción de bienes y servicios. En algunos casos son internacionales, y suelen ser muy transitadas y bastante anchas.
- Carreteras secundarias, aquellas que unen las urbes municipales entre sí, o que sirven como afluentes de una ruta principal.
- Carreteras terciarias, son las que unen las calles de los municipios con su respectiva ruta, o directamente conectan las calles de una zona. Suelen ser menos anchas que las dos anteriores.

Se ha constituido también una convención para clasificar a las carreteras según su tránsito:

- Tipo A: Un tránsito diario promedio anual (TDPA) de más de 3000 autos
- Tipo B: El TDPA es mayor de 1500 autos y menor de 3000
- Tipo C: TDPA mayor de 500 y menor de 1500
- Tipo D: TDPA mayor de 100 autos y menor de 500
- Tipo E: TDPA menor de 100 autos

4.1 Terracería.

Se le llama caminos de terracería a los que han sido acondicionados por el hombre, normalmente en áreas rurales, para la circulación de cualquier clase de vehículos de transporte terrestre.

El suelo está aplanado y carece de cualquier tipo de revestimiento (arena, grava, asfalto o cemento), es decir, es exclusivamente de tierra, la cual también es la que se acumula en terraplenes en los caminos o carreteras en obras.

4.2 Revestida

Las carreteras revestidas no están pavimentadas, pero dan servicio en cualquier época del año. Los caminos rurales garantizan el paso de vehículos hacia las localidades rurales (con menos de 2 500 habitantes) y las brechas mejoradas son caminos con escaso trabajo técnico. En conjunto, estas vías refuerzan la comunicación regional y enlazan zonas de producción agrícola y ganadera; asimismo, aseguran la integración de las áreas.

4.3 Pavimentada

Se encuentran primordialmente en el sistema de carreteras troncales. La superficie de rodamiento está formada por capas de concreto asfáltico, concreto hidráulico o adoquines, en su mayoría incorporan normas de diseño y drenaje apropiado.

A continuación presentaremos los dos tipos de pavimentos que son más comunes utilizados en el país.

Pavimentos Flexibles.

Se denomina **pavimentos** flexibles a aquellos cuya estructura total se deflecta o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él. El uso de pavimentos flexibles se realiza fundamentalmente en zonas de abundante tráfico como puedan ser vías, aceras o parkings. La **construcción** de pavimentos flexibles se realiza a base de varias capas de material. Cada una de las capas recibe cargas por encima de la capa. Cuando las supera la carga que puede sustentar traslada la carga restante a la capa inferior. De ese modo lo que se pretende es que poder soportar la carga total en el conjunto de capas.

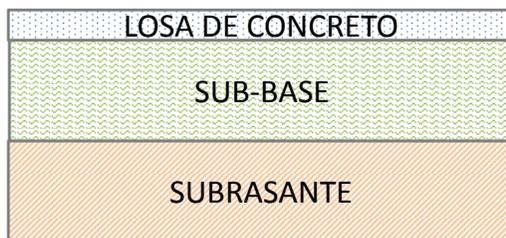
Las capas de un pavimento flexible que conforman un suelo se colocan en orden descendente en capacidad de carga. La capa superior es la que mayor capacidad de soportar cargas tiene de todas las que se disponen. Por lo tanto la capa que menos carga puede soportar es la que se encuentra en la base. La durabilidad de un pavimento flexible no debe ser inferior a 8 años y normalmente suele tener una vida útil de 20 años.

Las capas de un pavimento flexible suelen ser: capa superficial o capa superior que es la que se encuentran en contacto con el tráfico rodado y que normalmente ha sido elaborada con varias capas asfálticas. La capa base es la capa que está debajo de la capa superficial y está, normalmente, construida a base de agregados y puede estar estabilizada o sin estabilizar. La capa sub – base es la capa o capas que se encuentra inmediatamente debajo de la capa base. En muchas ocasiones se prescinde de esa capa sub – base.

Pavimentos rígidos.

Son aquellos formados por una losa de concreto Portland sobre una base, o directamente sobre la sub-rasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto-resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada.

En función a lo señalado anteriormente; se puede diferenciar que en el pavimento rígido, el concreto absorbe gran parte de los esfuerzos que las ruedas de los vehículos ejercen sobre el pavimento, mientras que en el pavimento flexible este esfuerzo es transmitido hacia las capas inferiores (Base, Sub-base y Sub-rasante).



Los elementos y funciones de un pavimento rígido son:

Subrasante.- Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante. Se considera como la cimentación del pavimento y una de sus funciones principales es la de soportar las cargas que transmite el pavimento y darle sustentación, así como evitar que el terraplén contamine al pavimento y que sea absorbido por las terracerías.

Subbase.- Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una subrasante o subbase adecuada.

Losa (superficie de rodadura).- Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base.

V. LINEAMIENTOS DE LOS ESTUDIOS REQUERIDOS PARA EL DESARROLLO DE UN PROYECTO CARRETERO.

5.1 Necesidades.

Para analizar la factibilidad económica en la actualidad, tanto para obras de infraestructura carretera con vocación regional o nacional, como para las de vocación rural, es necesario garantizar la accesibilidad a zonas productivas del país; o bien para concluir algún eje carretero, que permita integrar adecuadamente a la población cautiva en zonas con poca comunicación, permitiéndole contar con mejores oportunidades de integración social y territorial.

Existe una metodología para determinar las necesidades de cualquier obra de infraestructura carretera, la cual se ha dividido en dos partes; una primera, destinada al análisis de los criterios y variables que deberán ser tomados en cuenta en la aplicación de la metodología a obras de buenas especificaciones geométricas (carreteras federales); y una segunda parte, destinada a la aplicación de la metodología multicriterio propuesta para el estudio y jerarquización de proyectos de infraestructura carretera rural.

Para el caso de las obras de buenas especificaciones, se tomaron entre otros los criterios siguientes:

1. Obra en proceso
2. Rentabilidad económica (estudio de pre factibilidad)
3. Importancia de la red interregional
4. Integración del expediente técnico
5. Nivel de servicio
6. Grado de marginación de la población que se encuentra dentro del área de influencia del proyecto (completamente terminado)

En el caso de las obras de infraestructura carretera rural se consideraron como criterios los siguientes:

1. Ordenamiento territorial
2. Acceso a recursos naturales
3. Integración de mercados intrarregionales
4. Vinculación interregional
5. Desarrollo social regional

La aplicación del desarrollo metodológico planteado conduce a los responsables de la programación de inversiones, a establecer un orden jerárquico de las inversiones que se planea realizar, optimizando los recursos económicos disponibles con la ventaja de poder respetar los techos financieros impuestos por la autoridad presupuestal.

Uno de los factores de mayor importancia para integrar socialmente a la población localizada en las regiones más apartadas, lo constituye la accesibilidad con que cuenten éstas, su incorporación puede ser poco rentable desde una óptica económica, sin embargo, bajo una visión social integral, las inversiones de este tipo se justifican si ello conlleva a proporcionar a dichas regiones un mejor equipamiento, y un consecuente incremento en el nivel de bienestar de las diversas comunidades.

La infraestructura para el desplazamiento de bienes y personas, constituye una condición necesaria para el desarrollo económico y social de las regiones, ya que sirven de soporte para el generado por las actividades comerciales y personales, así como las culturales, dando con ello origen a las relaciones de producción con las consecuentes relaciones sociales.

En el caso de la evaluación social existen dos elementos básicos que orientan la selección de proyectos. Por un lado, su objetivo es maximizar la rentabilidad, incrementando así el potencial de la inversión futura, lo cual es válido cuando se tienen restricciones para contar con ampliaciones presupuestales.

Por otra parte, cuando se pretende obtener el máximo de beneficios para la comunidad en programas en los que el Gobierno es el principal inversionista, resulta vital que éste evalúe sistemáticamente los proyectos, de conformidad con la magnitud del beneficio que pueda representar para la colectividad. Frecuentemente, en los programas de desarrollo social, la evaluación económica no resulta viable; sin embargo, el impacto que pueda tener en la comunidad resulta considerable, de conformidad con la política social vigente, siendo viable desde una óptica social.

5.2 Aforos.

El conocimiento del volumen y tipo de vehículos que circulan en la red de carreteras, permite determinar el grado de ocupación y las condiciones en que opera cada segmento de la red; el análisis de su evolución histórica es fundamental para definir las tendencias de su crecimiento y para planear con oportunidad las acciones que se necesitan para evitar que alguno de sus tramos deje de prestar el nivel de servicio que demanda el tránsito usuario.

Por lo que se refiere a la infraestructura, dicha información es básica para estudiar el potencial de captación de tránsito de nuevos tramos, así como para definir sus características geométricas y estructurales. En la red en operación, estos datos son útiles para priorizar las necesidades de mantenimiento, programar su modernización o reconstrucción e identificar la necesidad de rutas alternas.

Para conocer la magnitud y variación estacional de los volúmenes de tránsito, durante un año determinado, se efectúan conteos del tránsito (Aforos Vehiculares) en la red carretera nacional, con clasificación vehicular en períodos de siete días.

Las características que son objeto de este estudio son:

- Intensidades de circulación
- Velocidades y tiempos de recorrido de los vehículos
- Origen, destino y objeto de los viajes realizados
- Accidentes de circulación

Para realizar estas mediciones se dispone de diversos métodos, entre los cuales destacan los siguientes:

- Aforos manuales (personal calificado contando vehículos)
- Aforos automáticos (neumáticos-tubo de goma)
- Aforos móviles (conteo desde otro vehículo inmerso en el tráfico)
- Aforos fotográficos (desde un helicóptero se toman fotografías para checar la densidad)

Se consideran dos etapas en la elaboración de un estudio correspondiente al proceso de planeación. La primera es el monitoreo constante de los volúmenes y clasificación del tránsito en toda la red federal de carreteras, y la segunda que consiste en la identificación de una demanda de servicios en base tanto a la información de la primera como a que hayan sido detectadas necesidades regionales o nacionales derivadas de desarrollos económicos, industriales, de crecimiento de ciudades, migraciones, tanto actuales como a futuro.

El conocimiento del flujo vehicular en una red de carreteras permite conocer el grado de ocupación y las condiciones en que cada segmento opera; el análisis de su evolución histórica permite definir las tendencias de crecimiento y el momento a partir del cual ciertos segmentos dejarán de prestar un servicio adecuado, convirtiéndose en el cuello de botella del transporte que estanque el desarrollo en lugar de seguir propiciándolo.

Una adecuada auscultación del tránsito en una red resulta así fundamental para su adecuada operación, mantenimiento y desarrollo; es por lo tanto un insumo indispensable para la planeación de todas las actividades a realizar en la red. En lo que a la infraestructura respecta, permite apoyar la

asignación de tránsito a los nuevos segmentos propuestos, así como definir sus características geométricas y estructurales. En los segmentos existentes permite priorizar las necesidades de mantenimiento, definir el momento de las modernizaciones o reconstrucciones y señalar la necesidad de rutas alternas.

En lo que a operación respecta, el conocimiento del flujo vehicular permite comparar la oferta de servicios con la demanda existente y realizar análisis operacionales que orienten el encauzamiento del tránsito y el desenvolvimiento de la red.

Ingeniería de tránsito.

Un proyecto ejecutivo para la construcción de una carretera es un proyecto de inversión cuya finalidad es la de satisfacer una demanda, en este caso la demanda es la de un servicio a los usuarios del sistema carretero.

En el estudio de Planeación, fue necesario evaluar el proyecto y calcular su factibilidad mediante el análisis de la relación Beneficio-Costo. Para esta etapa, en la que se tiene que estudiar las necesidades de entronques, accesos, salidas y retornos, es conveniente ampliar y detallar el estudio de Ingeniería de Tránsito.

El estudio de Ingeniería de Tránsito en esta etapa, es un estudio de Demanda, mediante el cual se debe analizar el tránsito que utilizará la carretera en un período de diseño que puede variar de 15 a 30 años; es decir, se tiene que obtener un pronóstico confiable del volumen vehicular que transitará en la carretera en el horizonte de planeación establecido.

Además, este pronóstico debe estar muy detallado, ya que para poder analizar los entronques y accesos se debe conocer el tránsito que se incorporará en el futuro a la carretera en cada uno de esos lugares. La elaboración de un pronóstico confiable debe basarse en análisis acuciosos sobre muchos temas como son: oferta de infraestructura vial en una zona aledaña al nuevo proyecto de carretera, perspectivas de crecimiento nacional y regional, etc.

Si la carretera que se está proyectando no es una modernización o ampliación, sino que se trata de un trazo nuevo sobre una ruta nueva, el primer dato que debe aportar el estudio de tránsito es el tránsito que circulará por la carretera al inicio de sus operaciones.

Si la carretera va a ser libre o de cuota, la elaboración del pronóstico es más sencilla, ya que todos los usuarios de la región vecina que al circular por la carretera nueva disminuyan sus tiempos de viaje, sin duda van a ocupar la nueva carretera. Si la carretera va a ser de cuota, tendrá que hacerse un estudio más detallado para predecir el tránsito que preferirá circular por la carretera de cuota.

La obtención del tránsito diario promedio anual para el año de inicio de operaciones, (TDPA) asignado, es un trabajo laborioso. En primer lugar se requiere el estudio de caracterización de la red vial de influencia asociada a la carretera que se está proyectando, así como el análisis del comportamiento histórico del aforo vehicular de dicha red.

La red vial de influencia en relación con la carretera que se construirá se establece en base a que la nueva carretera ofrecerá un mejor servicio a los usuarios, por lo tanto los límites de esta red de influencia estarán definidos por la zona donde el usuario deberá elegir si se transporta por la nueva carretera o sigue usando sus rutas tradicionales. Generalmente el usuario decide la ruta por la cual tendrá un menor tiempo de recorrido, quedando en segundo lugar para la elección el confort y seguridad con el cual se transporte.

Para establecer el grado de confort y los tiempos de recorrido se tiene que caracterizar la red de influencia; esto es, mediante un estudio de campo se obtienen los índices de servicio relativos al estado del pavimento, y la longitud y ubicación de los diferentes tramos, así como las opciones de rutas dentro de la red.

Respecto a los índices de servicio, se tratará de obtener registros históricos que normalmente se tienen en las dependencias encargadas de la conservación de las carreteras, pudiendo ser en el mejor de los casos mediciones objetivas del índice de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), o bien las subjetivas del Índice de Servicio Actual (ISA).

Puesto que el grado de confort y en consecuencia la calificación, dependen primordialmente de la rugosidad de la superficie de rodadura del camino, se han diseñado equipos de medición de la rugosidad, estandarizándose internacionalmente una unidad de medición de la rugosidad llamada IRI. Estos equipos se desplazan a lo largo de toda la longitud de la carretera midiendo el IRI y en consecuencia el Índice de Servicio que caracteriza al tramo carretero.

El ISA y el IRI se refieren al grado de confort que ofrece pavimento; sin embargo, el confort también depende de las características geométricas del camino, de su capacidad para alojar cierto volumen de tránsito, su grado de saturación, la cantidad y tipo de camiones de carga.

El Manual de Capacidad Vial editado por la SCT, proporciona una metodología que toma en cuenta todas estas características físicas, geométricas y de volúmenes de tránsito, para obtener el flujo vehicular equivalente y la velocidad de flujo libre, obteniéndose el nivel de servicio con el que operan los diversos tramos de la red de influencia.

Entonces, el ingeniero especialista en Ingeniería de Tránsito, en la búsqueda del tránsito que tendrá la carretera al inicio de operaciones conocido como TDPA en el año base o año de inicio, debe trabajar en primer lugar estableciendo la red vial en la que tendrá influencia la nueva carretera, midiendo sus longitudes y sus índices de servicio para establecer los tiempos de recorrido y conocer hasta donde puede ofrecer la carretera nueva un mejor servicio de manera que los usuarios la prefieran en lugar de sus rutas tradicionales. Deberá tener muy en cuenta también los cambios y mejoras que estén programados en la red de influencia.

Este estudio se complementa con mediciones del tránsito que circula por esa red vial de influencia, y con encuestas de opinión acerca de las preferencias de los usuarios respecto a la oferta de la nueva carretera.

En cuanto a las mediciones del tránsito, se debe acudir en primera instancia a los registros históricos de las mediciones efectuadas por la SCT, consultando los Datos Viales en la página web de la Dirección General de Servicios Técnicos. Esta información se debe, haciendo mediciones del tránsito, insistiendo en el detalle del tipo y porcentaje de vehículos de carga.

Las encuestas de Origen–Destino tienen como objetivo caracterizar la demanda de la red vial de influencia y conocer el patrón de viajes que realizan sus usuarios. En dichas encuestas, se registran datos como tipo de vehículo, lugar de origen y destino, motivo del viaje, frecuencia con que se realiza el viaje y algunas características socioeconómicas que permiten una estratificación de mercado por tipo de usuario. Las encuestas se hacen sobre muestras representativas del tránsito por tipo de vehículo y tomando en cuenta el volumen de tránsito, se extrapolan adecuadamente a toda la red de influencia.

El estudio de toda esta información, mediciones, encuestas, etc., llevará al ingeniero especialista en Ingeniería de Tránsito a concluir sobre el importantísimo dato del pronóstico del tránsito que tendrá la carretera en proyecto al inicio de sus operaciones. Tan importante como este dato de inicio, es el pronóstico de proyección del tránsito a través de los años siguientes a su puesta en servicio, hasta llegar al período de diseño, que generalmente son de 15 a 30 años.

El incremento del tránsito depende del aumento de variables socioeconómicas, que son la base para el pronóstico de viajes. Se estudia en primer lugar la influencia histórica que han tenido las diferentes variables en el comportamiento del tránsito en la red de influencia, para así considerarlas en el modelo de pronóstico para cada uno de los años venideros. Generalmente la red de influencia es un área grande que es necesario zonificar, aplicando a cada zona sus valores correspondientes de las variables, que principalmente son: población, producto interno bruto, parque vehicular por tipo de vehículo y población económicamente activa ocupada.

Para la obtención correcta de cada una de estas variables y para aplicarlas adecuadamente a los modelos de crecimiento anual de cada uno de los tipos de vehículos en cada una de las regiones y zonas en que se dividió la red de influencia, es necesario que el ingeniero especialista en Ingeniería de Tránsito realice una investigación regional acuciosa, y que en temas como desarrollo regional, crecimiento del producto interno y del parque vehicular, se asesore con analistas financieros regionales y con datos históricos y de planeación regional y nacional.

Para cada región de la red de influencia se tendrán variables diferentes para aplicar al crecimiento anual de cada uno de los tipos de vehículos, es decir automóviles, autobuses, camiones unitarios y camiones articulados. Las tasas de crecimiento son diferentes para cada región, para cada vehículo y para cada año. Habrá de calcularse los aportes del tránsito proveniente de cada una de las regiones al tránsito que circulará por la carretera en proyecto.

Como resultado del estudio de Ingeniería de Tránsito, el especialista proporcionará el pronóstico del volumen del tránsito diario promedio anual que circulará por la carretera en proyecto en cada uno de los años venideros, desglosada por cada uno de los tipos de vehículos mencionados. El pronóstico deberá contener el detalle de cómo se integrará el tránsito total esperado año con año, especificando para cada uno de los puntos intermedios de la carretera en los que se incorporará tránsito proveniente de las diferentes regiones, las cantidades o volúmenes de tránsito por cada entronque. Estos datos son indispensables para el diseño de los entronques, para el diseño y ubicación de las casetas de cobro y es un dato indispensable también para el diseño del pavimento.

El estudio de Ingeniería de Tránsito se presenta en un informe detallado con la descripción de la metodología del estudio; la descripción, detalle y resultados de los trabajos de campo realizados como: encuestas, mediciones de tránsito, recopilación de información en dependencias de conservación, estudios económicos y de desarrollo regional y del país, datos estadísticos de crecimiento de producción, exportaciones, parque vehicular, cálculos del modelo de crecimiento del tránsito, etc., Este es un estudio detallado, con todos los trabajos realizados, memorias de cálculos, encuestas, etc.

También es necesario presentar un informe ejecutivo. Este informe de trabajo, resume los resultados obtenidos en el informe detallado, destacando las conclusiones y recomendaciones para aplicarse directamente en el diseño.

5.3 Ambientales.

El estudio de factibilidad ambiental se abocará a la descripción preliminar del impacto negativo de la obra, sus medidas de mitigación, y sobre todo el impacto positivo que se obtendrá al estar la obra en operación. Este estudio ha estado siendo elaborado por Biólogos; sin embargo, por estas fechas están saliendo las primeras generaciones de Ingenieros Ambientalistas quienes, en compañía de los Biólogos, estarán a cargo de éstos estudios, que por ahora serán de tipo preliminar para aplicarse a un Anteproyecto, pero que posteriormente, de obtenerse la aprobación de Hacienda, en su etapa de proyecto ejecutivo será un estudio de Impacto Ambiental definitivo que deberá ser aprobado por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Todos los Proyectos de carreteras tienen impactos ambientales negativos, pero también tienen importantes impactos positivos. Una carretera, al proporcionar otra alternativa de circulación a los usuarios, puede evitar congestionamientos en muchas rutas y se tendrán mejores opciones de circulación con la nueva carretera, evitando los congestionamientos, disminuyendo la contaminación ambiental por emisiones y por ruido.

Por otra parte, el proyecto carretero bien planeado, disminuirá costos de operación de todos los vehículos, lo que redundará en aumento del Producto Interno Nacional y en consecuencia ahorros en el presupuesto nacional para inversiones en el medio ambiente.

Los impactos negativos principales de una nueva carretera, son por deforestación en el área de influencia, en áreas de bancos de materiales, de bancos de depósito de material sobrante o de desperdicio, y deterioro en el hábitat biológico de las especies locales en todas estas áreas; sin embargo, es ya parte de todos los proyectos el diseño de las medidas de mitigación de dichos impactos. Tales medidas pueden ser siembra en áreas escogidas para compensar la pérdida en las áreas trabajadas; recuperación de las áreas de depósito de material sobrante mediante nivelaciones y siembra; procuración de medidas de conservación de las especies afectadas, como puede ser acceso a depósitos de agua o creación de nuevos depósitos, así como siembra de vegetales necesarios para la supervivencia de las especies, etc.

El estudio de factibilidad ambiental en esta etapa de planeación, se limita a establecer la posibilidad de implementar todas las medidas necesarias para la mitigación de los impactos negativos, así como la cuantificación de los impactos tanto negativos como positivos, tomando en cuenta la necesidad del país de contar con un proyecto de inversión que estimule la economía regional y nacional, proporcione un servicio demandado por la sociedad y que, a la postre, pueda mitigar, solucionar y resarcir los impactos ambientales negativos inherentes al desarrollo de cualquier obra de ingeniería.

Estudio de impacto ambiental

El objetivo de la elaboración del estudio de Manifestación del Impacto Ambiental es el de detectar todos los impactos negativos que causará la construcción de la carretera y, sobre todo, elaborar el proyecto de medidas de mitigación de dichos impactos, documento conocido como MIA que deberá ser aprobado por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

La SEMARNAT, es una Secretaría de Estado, la cual en el ámbito de sus funciones federales está la de 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; es por ello que el proyecto ejecutivo de una carretera, para poder construirse debe contar con la aprobación de la

SEMARNAT mediante la presentación de la MIA, quien además estará al pendiente de que se cumpla con lo manifestado en el documento y que se lleven a cabo las medidas de mitigación manifestadas.

Descripción del Estudio

El estudio para la Manifestación del Impacto Ambiental, debe elaborarlo personal especializado en temas ambientales. Tradicionalmente han sido Biólogos los profesionales encargados de hacerlo; sin embargo, recientemente se han implantado carreras universitarias de Ingenieros Ambientalistas que se estarán incorporando a la realización de esta tarea. De cualquier manera, estos profesionales deben conocer perfectamente el proyecto de carreteras y deben estar muy involucrados también en los aspectos de su construcción para que sean tomados en cuenta en el estudio de Impacto Ambiental.

La SEMARNAT tiene un instructivo de cómo debe presentarse una MIA para proyectos de vías generales de comunicación, que es necesario seguir puntualmente para que la Secretaría pueda revisarlo y, en su caso, aprobarlo. El instructivo está a disposición del público general en internet, y en general se pide lo siguiente:

En primer lugar se debe preparar un documento titulado “Caracterización de las Obras y Actividades” en el cual se debe informar de los temas siguientes:

1. Características generales
2. Parámetros de operación
3. Infraestructura adicional
4. Túneles
5. Puentes

Mediante este primer informe, se pretende que la Secretaría se percate de la magnitud y alcances de la obra, y al mismo tiempo tenga una primera idea de los impactos ambientales tanto positivos como negativos que pudiera generar. En el capítulo de características generales, se debe informar a la SEMARNAT todos los datos que identifiquen al tipo de carretera que se va a construir, como son su longitud total, ancho de corona y carriles de circulación, velocidad de operación, tipo de pavimento, pendientes máximas y mínimas, grados de curvatura, etc.

En el capítulo parámetros de operación se informa sobre el tránsito de diseño de la carretera y los tipos de vehículos que circularán. En el capítulo de infraestructura adicional, debe describirse las obras como entronques, pasos a desnivel, paraderos, casetas, rampas, etc. En los capítulos de túneles y puentes, deben incluirse además de los planos constructivos, los estudios geotécnicos e hidrológicos que se hayan realizado.

Se requiere también un segundo informe titulado “Obras y Actividades Provisionales Asociadas”. En este capítulo se deben describir detalladamente las obras provisionales como caminos de acceso, almacenes, campamentos, dormitorios, instalaciones sanitarias, bancos de materiales, plantas de tratamiento de aguas residuales, ductos, subestaciones eléctricas, líneas de transmisión, etc.

Estas obras provisionales asociadas son de importancia fundamental en los impactos ambientales; basta como ejemplo los bancos de materiales para la construcción y los caminos de acceso, cuya longitud la mayoría de las veces rebasa con mucho la propia longitud del camino que se construirá. La Secretaría prestará mucha atención en la vigilancia de que estas obras provisionales tengan un tratamiento muy adecuado en cuanto a minimizar los impactos ambientales negativos y a la aplicación estricta de medidas adecuadas de mitigación.

Un tercer informe se titula "Actividades del Proyecto para la Preparación del Sitio". En este informe se describen con detalle las actividades siguientes: Desmontes y despalmes, excavaciones, compactaciones y/o nivelaciones, cortes, rellenos en zona terrestre y rellenos en cuerpos de agua o en zonas de inundación, dragados, desviación de cauces y cualquier otro tipo de actividades que amerite la construcción de la carretera.

En este informe, se deben dar con detalle y acompañadas de los planos correspondientes, la ubicación donde se desarrollará cada actividad, los volúmenes que manejarán los métodos y procedimientos de construcción en cada caso, y sobre todo, aquí ya se describirán las afectaciones o impactos ambientales que se ocasionarán, señalando las especies afectadas y la magnitud de las afectaciones.

Se presentará para su análisis a la SEMARNAT un juego de planos constructivos completos de la carretera y de cada una de las obras asociadas como puentes, túneles, entronques y pasos a desnivel; así como un informe de los impactos ambientales tanto negativos como positivos, y las medidas de mitigación propuestas. Con toda esta información se producirá el dictamen correspondiente, ya sea aprobando las medidas de mitigación propuestas o estableciendo nuevas medidas producto de su análisis.

Durante la construcción, SEMARNAT tiene inspectores que están al tanto de que se cumpla con lo dictaminado, y que no se tengan excesos en cuanto a las áreas de proyecto para caminos de acceso, bancos, etc.

Como ya se ha visto, es necesario preparar un informe completo de la carretera, con planos, cálculo de áreas, de volúmenes, y hacer una descripción detallada de los procedimientos de construcción, y sobre todo establecer con detalle la magnitud de las afectaciones o impactos ambientales negativos a la flora y a la fauna en todas las áreas de la construcción (carretera, caminos de acceso, bancos, campamentos, almacenes, etc.).

Esto significa un enorme trabajo y sobre todo requiere un profundo conocimiento en asuntos ambientales. Para la elaboración de estos estudios se requiere la participación de un equipo de Biólogos o Ingenieros Ambientales, los cuales preparan el informe y lo presentan y gestionan ante la SEMARNAT hasta obtener la aprobación correspondiente.

5.4 Estructurales.

Para realizar los estudios estructurales se recurre a la utilización de diferentes métodos como lo es el estudio de fotointerpretación de cruces, puentes, entronque, pasos a desnivel, túneles, de señalización y de drenaje, esto con el fin de tener un panorama general de la situación actual y a su vez determinar qué tipo de estructura es la correcta.

Fotointerpretación de cruces

El objetivo de este estudio preliminar es empezar a considerar el tipo de estructura de puentes y su longitud, y sobre todo, el tipo de cimentación que podría requerirse.

En base al estudio de fotointerpretación geotécnica se tiene la primera información acerca de los materiales que pudieran encontrarse en la zona de cruce, así como el orden de magnitud de su resistencia. En base al estudio de fotointerpretación hidrológica se tiene el orden de magnitud de las estructuras de los puentes, con lo cual se puede deducir la ubicación de los apoyos de los puentes.

Como resultado de la fotointerpretación hidrológica, que debe ser previa a este estudio se tienen ya las longitudes de cada uno de los cruces, y se tiene también información acerca de obras auxiliares como pudieran ser puentes de alivio para zonas de inundación, etc.

Si se trata de cruces de puentes que se encuentren en zonas de montaña, se analiza en primer lugar el tipo de roca que se encuentra en las márgenes y se deduce el espesor de la cobertura de roca intemperizada o de suelo que pudiera encontrarse en la superficie. Con el tipo de roca y la posibilidad de roca intemperizada, puede deducirse si hay la eventualidad de una cimentación por apoyo directo mediante zapatas en las márgenes para cimentar los estribos del puente, o si habría que esperar una cimentación profunda en caso de que la cobertura de material poco resistente sobre la roca sea de gran espesor sobre el centro del cauce. Se estima también el tipo de material que constituye los depósitos de acarreo, su susceptibilidad de ser socavado y sobre todo su posible espesor.

De acuerdo con el espesor de la cobertura de material de depósito sobre la roca en el centro del cauce, se puede pensar en el tipo de cimentación, que podría ser por apoyo directo mediante zapatas, que es la solución más favorable, solamente en el caso de que el espesor de depósito sea pequeño y se resuelva el problema de la socavación. En caso de que se espere un espesor grande (mayor de 6 m) de depósitos en el cauce, podría pensarse en una cimentación profunda que podría ser mediante pilastrones o pilotes.

Si se trata de puentes en zonas planas o de llanura, mediante la fotointerpretación se determina el tipo de suelos que las forman, si son residuales o depositados, ubicación de nivel freático y posibilidades de asentamientos o de deformaciones por cambios volumétricos. Este tipo de información obtenida en la fotointerpretación geotécnica se debe en buena parte a la información complementaria recabada durante la visita de verificación de campo es indispensable en ese estudio de geotécnica.

El tipo de cimentación esperada para los puentes en estas zonas, generalmente es una cimentación profunda, que podrá ser mediante pilastrones, pilotes o cilindros, de acuerdo a la profundidad esperada del estrato de roca o estrato resistente, y también del tamaño del puente y del tipo de estructura con la que se resuelva el cruce.

Para cada uno de los puentes de cada una de las rutas, se hace un análisis con apoyo en los pares estereográficos y tomando en cuenta todos los resultados de los estudios fotogramétricos ya descritos, se elabora un informe para cada ruta, con las recomendaciones de cimentación de cada uno de los cruces. Estos informes sirven de base también para el informe de evaluación de las rutas desde el punto de vista del estudio preliminar de cruces.

El resultado final del estudio preliminar de cruces, es un informe de evaluación de las rutas desde el punto de vista de los cruces de corrientes o puentes, se elabora un informe en el que se clasifican las rutas, señalando desde la mejor hasta la menos buena, describiendo ventajas y desventajas de cada una de ellas, así como el tipo de obras que se necesitarían en cada ruta.

Selección de entronques y pasos a desnivel

Una vez que se conoce el pronóstico del tránsito que se incorporará a la carretera en cada uno de los sitios donde se cruzará el proyecto con carreteras existentes, el proyectista encargado del diseño geométrico, deberá estudiar la solución de los entronques para proporcionar el mejor servicio posible tanto a los usuarios de la carretera en proyecto que no saldrán en el entronque, sino que seguirán en la ruta, como a los que se incorporarán o saldrán en el entronque.

El proyectista analiza todas las intersecciones del anteproyecto del trazo definitivo. La SCT considera dos tipos generales de intersecciones: los entronques y los pasos.

Se llama Entronque a la zona donde dos o más caminos se cruzan o se unen, permitiendo la mezcla de las corrientes de tránsito. Se le denomina paso, a la zona donde dos vías terrestres se cruzan sin que puedan unirse las corrientes de tránsito. Tanto los entronques como los pasos pueden contar con estructuras a distintos niveles.

A cada vía que sale o llega a una intersección y forma parte de ella, se le llama rama de la intersección. A las vías que unen las distintas ramas de una intersección, se les llama enlaces; llamándose rampas, a los enlaces que unen dos vías a diferente nivel.

El proyectista debe estudiar los entronques y diseñar las ramas y los enlaces para que los usuarios tengan la mayor seguridad y confort, lo cual se logran al buscar el menor número de maniobras, evitando las de cruce. En el área de la intersección, un conductor puede cambiar de la ruta sobre la cual circula manejando, a otra diferente trayectoria o cruzar la corriente de tránsito que se interpone entre él y su destino. Estas son las maniobras necesarias en un entronque que deberán ser estudiadas por el proyectista.

En cualquier caso que exista convergencia, divergencia o cruce, existe un conflicto entre los usuarios que intervienen en las maniobras. Esto puede incluir a los usuarios cuyas trayectorias se unen, cruzan o separan, o puede abarcar a los vehículos que se aproximan al área de conflicto. El área de conflicto cubre la zona de influencia en la cual los usuarios que se aproximan pueden causar trastornos a los demás conductores, debido a las maniobras realizadas en la intersección.

Topografía de pasos a desnivel

Los pasos a desnivel pueden ser: Paso Inferior Vehicular (PIV), Paso Superior Vehicular (PSV), Paso Inferior Peatonal y de Ganado (PIPG) y Paso Superior Peatonal y de Ganado (PSPG). Hay casos en los que se requiera un paso para peatones que no necesariamente sea paso para ganado. Todos los pasos requieren el diseño de un puente, es decir, de una estructura, que generalmente es de

concreto, aunque en algunos casos puede ser de acero, principalmente en caso de Pasos Inferiores Peatonales.

El diseño de cualquier puente requiere del conocimiento preciso del sitio en el que se va a construir, lo que se logra con el levantamiento topográfico del sitio. Si se diseña con una topografía que no sea precisa, como pudiera ser la que ya se tiene de la restitución de los vuelos bajos, se corre el riesgo de que el puente no se ubique en el mejor sitio, o que se diseñe una estructura cuya cimentación no esté apoyada en el estrato de roca o suelo resistente, y que no tenga la profundidad adecuada.

Proyecto de entronques.

El diseño de los entronques se hace en forma preliminar durante la etapa en la cual se hace también el diseño del trazo definitivo de la carretera.

Al igual que en lo que respecta al trazo definitivo de la carretera, para los entronques se hace también el estudio topográfico de campo consistente en la implantación del proyecto obtenido de los planos restituidos. El resultado final de este estudio de topografía para los entronques son los siguientes planos:

1. *Planta General del Entronque*; con los datos topográficos en planta de los caminos principal y secundarios con los datos de todos los puntos característicos del camino principal, de los cruces con los caminos secundarios, actual, y del proyecto de entronque así como con todos los datos de las ramas del entronque, destacando las referencias y los bancos de nivel, con el objetivo que todo el entronque pueda ser replanteado en campo antes de su construcción todas las veces que sea necesario.
2. *Planta Topográfica General*; de todo el entronque con curvas de nivel a cada metro.
3. *Perfil del Camino Principal*; en toda la zona del entronque.
4. *Perfiles Topográficos*; de cada una de las ramas del entronque.
5. *Planta Topográfica de Detalle*; de cada una de las zonas donde se requiera una estructura, puente o paso peatonal.

Con toda esta información topográfica se procede a la elaboración del proyecto ejecutivo del entronque.

Diseño

El diseño del entronque toma en cuenta el tránsito, la topografía, el tipo de caminos que hay que enlazar, la arquitectura, los carriles de aceleración y desaceleración y todos los temas que influyen en el diseño. En esta etapa se tenía ya prácticamente el diseño definitivo, a no ser por las dudas en cuanto a la precisión de la topografía. En esta etapa, el diseño consiste en la revisión de la topografía respecto a la rasante en cada una de las gasas, haciendo los ajustes que se ameriten y dibujando las secciones transversales de cada una de las gasas.

Ya se había establecido el ancho de corona, el alineamiento horizontal y vertical, datos de curvas horizontales y verticales, etc., quedando pendiente para esta etapa solo la elaboración de los perfiles con la topografía levantada en campo, las secciones transversales de construcción y el cálculo de volúmenes de cada una de las gasas.

Para el diseño de entronque debe contarse con el estudio geotécnico correspondiente, mediante el cual se puede conocer la inclinación de taludes de los cortes, el terreno natural sobre el que se desplantarán los terraplenes, los bancos de materiales para la construcción de terracerías y los espesores especificados para las capas de terracería y de pavimento. El diseño geométrico en esta etapa termina con la elaboración de los diagramas de movimiento de tierras correspondientes a cada una de las gasas.

Un diseño especial para los entronques es el del señalamiento. En una planta del entronque se estudia la necesidad de señales, las cuales deben ubicarse a las distancias adecuadas para informar a los usuarios de la cercanía de un entronque, de los destinos a los que se puede ingresar, la distancia a que se encuentran esos destinos, el número de las carreteras, si son libres o de cuota, etc.

También debe guiarse al usuario del entronque regulando su velocidad, introduciéndolo a los carriles de desaceleración correspondientes y proporcionándole un acceso seguro a la nueva carretera. El señalamiento debe diseñarse de acuerdo a las normas SCT.

El diseño debe cuidar de la ubicación precisa de la señal en sitios muy visibles pero sin constituir un obstáculo que pueda representar algún peligro, lo cual también está previsto en las Normas. El resultado del diseño es un plano con las indicaciones de los sitios en los que se necesitan las señales; plano que se completará y detallará en la elaboración del proyecto ejecutivo.

Proyecto de puentes

Antes de llegar a esta etapa en la que se hará el diseño de la estructura del puente y el proyecto ejecutivo para su construcción, ya se han hecho varios estudios previos e indispensables. En la etapa de elección de ruta se estudiaron los sitios más adecuados para efectuar el cruce sobre el río o la barranca con ayuda de los estudios geológico y geotécnico. En esa misma etapa se hicieron estudios hidrológicos preliminares para estimar las dimensiones del puente. Al seleccionarse una ruta definitiva, se afinaron los estudios preliminares geológico, geotécnico e hidrológico, con la finalidad de elaborar el trazo definitivo y en consecuencia el cruce final de los puentes.

Con el proyecto del trazo definitivo y con los estudios preliminares geotécnico e hidrológico, se elabora el proyecto conceptual del puente, mediante el cual se dimensiona la estructura y se decide el número de apoyos o pilas del puente y la longitud de los claros entre las pilas. Se elabora un perfil del proyecto conceptual del puente con información acerca de los sitios en que podrían estar ubicados los apoyos del puente, la altura de las pilas para los apoyos, el orden de magnitud del peso que soportarían esos apoyos que se sabría en función de la altura y separación entre ellos, con lo que se conocería la longitud total del puente.

El proyecto conceptual del puente, toma en cuenta principalmente el aspecto estructural. De acuerdo con el claro que se necesita salvar, con las características de la corriente del río, la topografía del sitio, la altura del puente y demás consideraciones de ese tipo, se ubican los apoyos con la propuesta de los claros a la mejor conveniencia estructural y geométrica.

El aspecto arquitectónico y de impacto visual, se considera solo en forma preliminar; aunque hay excepciones, en las que las dimensiones, o ubicación de un puente, lo destacan en forma particular, hasta particularizarlo y considerarlo un proyecto especial independiente de la carretera, en cuyo caso estos aspectos, arquitectónico y de impacto visual, predominan sobre el aspecto estructural en el diseño.

Con el proyecto conceptual del puente, al tiempo que se hace la implantación en campo del trazo definitivo de la carretera, se hacen los estudios de campo para el puente: Topo-hidráulico e Hidrológico y de Cimentación. No se puede elaborar el diseño estructural del puente si no se tienen los resultados de estos estudios.

Tipo de Puente y Diseño Arquitectónico

Al contar con los estudios Topo-hidráulico e Hidrológico y de Cimentación, el proyecto conceptual del puente se estudia, se complementa, y sirve de base para la elección del tipo de puente y su diseño arquitectónico.

Los puentes tienen un impacto visual muy importante; inevitablemente atraen la atención tanto de los usuarios de la carretera como de los vecinos del lugar y, en muchos casos, constituyen por sí mismos el paisaje; este impacto visual puede inclusive ser negativo o desagradable si se incurre en un diseño inadecuado.

Los puentes son también monumentos de referencia, impactan visualmente de tal manera, que se convierten en referencias regionales, como una escultura propia de la región y de sus habitantes en ocasiones durante varias generaciones, e incluso siglos como los puentes romanos o los puentes de tiempos de la Colonia en México.

Todas las carreteras tienen uno o varios puentes que deben identificarse como casos especiales o de excepción, a los que se deben dar una atención exclusiva en su diseño, o inclusive considerarlos de una importancia similar al resto de la carretera y administrarlos como una obra independiente. En estos casos, se debe pensar que se diseña una escultura monumental. En México tenemos ejemplos de este tipo de puentes como el Puente Baluarte, Tampico, el Coatzacoalcos II, el Metlac, el Mezcala, Barrancas, entre otros.

Sobre la base del proyecto conceptual se revisan y afinan los requerimientos estructurales del puente. Con los resultados de los estudios Topo-hidráulico e Hidrológico y de Cimentación definitivos, se ajustan las dimensiones del puente, ya que estos estudios determinan la cantidad de agua que pasará bajo el puente y la altura mínima para permitir el libre paso del agua, considerando ya, la restricción que significan los apoyos del puente. También se definirá la longitud total del puente ya que los estudios determinarán la longitud mínima necesaria de la sección hidráulica para dejar pasar la corriente en condiciones de máximas avenidas.

Diseño Estructural

El diseño estructural consiste en lograr que el tipo de estructura ya seleccionada, tenga los espesores, refuerzos, resistencia, calidad, durabilidad, resistencia al intemperismo y en general que resista todos los esfuerzos que pudieran generarse desde que se fabrica la estructura hasta que concluya su vida útil, sin olvidar que dichos esfuerzos son generados por todas las diversas fuerzas y causas posibles. Hay que lograr que las deformaciones causadas por dichos esfuerzos, estén dentro de lo tolerable para el buen funcionamiento de la estructura. La estructura, en general, se diseña para soportar todas las cargas y fuerzas que pudiera tener durante su vida útil.

Dentro de las cargas que soporta un puente, están las de los vehículos que pudieran pasar sobre el puente y el peso propio de la estructura. Con respecto a las fuerzas actuantes se pueden mencionar las de sismo, las de viento, las provocadas por cambios de temperatura y las que pudiera ocasionar una avenida sobre el cauce de una corriente de agua. Adicionalmente pueden considerarse cargas

de personal y equipo de construcción durante el proceso constructivo; fuerzas de tensión y de inercia durante la carga y montaje.

Proyecto de túneles

Los túneles carreteros son necesarios en una vía rápida de comunicación que cruza tramos de montaña, con la finalidad de mantener un desarrollo del alineamiento tal que permita la fluidez y confort a los usuarios. Los túneles son obras caras, y se justifican cuando el cambio de la ruta a otra opción sea de mayor longitud y menos directa con respecto a la unión del origen con el destino o cuando se tengan grandes movimientos de tierra en la construcción.

En la etapa de elección de ruta se plantean todas las posibilidades y se hacen los cálculos de costos tomando en cuenta los de construcción, mantenimiento, conservación y de operación. Para carreteras con alto volumen de tránsito, los costos de operación son muy importantes, y cualquier aumento en la longitud de la ruta los eleva considerablemente; en estos casos es cuando se justifica cualquier inversión inicial alta, que será recompensada con la disminución de los costos de operación tan pronto como la carretera empiece a funcionar.

En la etapa de elección de ruta cuando se opta por la alternativa de construir túnel, en campo se efectúa el del trazo definitivo, se realizan los estudios de campo para el diseño del túnel o túneles. Estos estudios son: geológico de detalle o de superficie, de exploración mediante sondeos profundos, de exploración indirecta mediante geofísica compuesta por sondeos eléctricos y prospección geosísmica. Con esta información se realiza el diseño estructural del túnel y finalmente la elaboración de los planos del proyecto ejecutivo del túnel.

En el proyecto de los túneles se tiene en cuenta que entre menor sea la longitud de un túnel, es menos complicada su construcción, ya que para túneles de más de 100 m de longitud es necesario colocar iluminación, y para longitudes mayores se necesita ventilación. En esos casos se requiere una casa de máquinas cercana a uno de los portales con accesos, estacionamiento y demás facilidades para un mantenimiento y conservación adecuadas. En casos especiales de túneles con longitudes del orden de un kilómetro o mayores, se considera la construcción de un túnel adicional pequeño, paralelo y con algunos accesos al principal, para que sirva como acceso, auxilio y evacuación en casos de accidentes.

Al igual que en los puentes, los pasos para conseguir el proyecto ejecutivo son: Diseño Arquitectónico, Diseño Estructural y elaboración de Planos del Proyecto Ejecutivo.

Diseño Arquitectónico

Es muy importante estudiar el impacto visual en los portales de los túneles. Los cortes de acceso a los portales son por lo general muy altos, y debe cuidarse que sean estables y sobre todo que no tengan posibilidad de graneos o pequeños derrumbes. Es costumbre cubrir con concreto lanzado toda la superficie de estos taludes, lo cual es bueno desde el punto de vista de protección del talud contra la erosión e intemperismo, pero presenta un impacto visual gris y poco atractivo. Es muy conveniente colocar a la entrada del portal un pequeño tramo de túnel falso, con diseño geométrico agradable cubierto de vegetación, diseñado con la finalidad de que el usuario entre al túnel con una sensación de seguridad, sin incertidumbre, y que a su paso, se encuentre con suficiente iluminación y visibilidad como para darle absoluta confianza. Es necesario que todos los túneles tengan un diseño arquitectónico adecuado de sus portales.

Estos temas son los que atiende el proyecto arquitectónico del o los túneles, ya que si son varios túneles en el tramo, que generalmente están a distancias cortas entre sí, debe cuidarse que armonice la arquitectura entre ellos. Se preparan modelos en computadora que muestran el aspecto del túnel y con ellos se puede estudiar el impacto visual, y tomar decisiones en cuanto al tipo de entrada más conveniente.

En caso de túneles largos que requieran una casa de máquinas para iluminación y ventilación. El diseño arquitectónico debe estudiar también su ubicación y diseño geométrico, para que esa construcción que forma parte del paisaje del túnel sea también agradable al usuario.

Diseño Estructural

Las estructuras principales que son necesarias calcular y diseñar son la de sostenimiento y la de revestimiento. La primera es la que se coloca inmediatamente después de cualquier avance en la excavación y que apuntala todo el techo y los laterales, haciendo que el terreno natural recién excavado se apoye en un marco de acero, con el fin de asegurar su estabilidad durante la construcción y después de ella. La segunda es la cubierta de concreto colado en el sitio, que cubre toda la superficie del túnel, y que se coloca cubriendo y reforzando la estructura de sostenimiento y dando el acabado y apariencia final del túnel a fin de proporcionar resistencia a largo plazo y mejorar su funcionalidad.

Junto con la construcción de estas estructuras se debe diseñar el uso de concreto lanzado, de anclas de fricción, del sistema de drenaje y de impermeabilización para evitar filtraciones hacia el revestimiento. Se debe diseñar el pavimento y el sistema de drenaje superficial en los cortes de acceso al túnel. Adicionalmente es necesario diseñar la inclinación de los taludes de los cortes en los portales, con sus medidas de protección y precauciones necesarias para el inicio de la excavación del túnel (Enfilaje).

Proyecto de muros de contención

Los muros de contención, son estructuras que esencialmente sirven para sostenimiento de tierras. En carreteras se aplican principalmente para sostener terraplenes en laderas en las que de no colocar un muro, el terraplén se extendería hacia abajo de la ladera en una longitud tan grande que prácticamente no podría sostenerse. En estos casos el muro puede colocarse en la orilla de la corona del camino, o bien a media ladera. También los muros son necesarios en los accesos a los puentes o viaductos y en los estribos de los mismos puentes o viaductos, en cuyo caso su diseño y proyecto constructivo se elaboran junto con el diseño del puente.

En los entronques y pasos a desnivel es común que se necesiten muros. En todos los puentes se necesita por lo menos un muro en cada uno de los estribos para sostener el terraplén de acceso, evitando su derrame hacia la parte central del puente; comúnmente los aleros son muros laterales a los estribos de los puentes, que sirven para sostener el terraplén en la transición o llegada al sitio del puente.

Hay casos especiales en los que se requieren muros para sostener taludes en los cortes de la carretera. Esta necesidad normalmente se detecta durante la etapa de construcción, y es hasta entonces que se puede hacer el diseño correspondiente. Esta situación es especial y corresponde a una partida de imprevistos que debe considerar todo proyecto para cubrir las incertidumbres propias de una obra de gran magnitud.

Los muros pueden construirse de concreto reforzado, de mampostería, de mampostería seca, de tierra armada, de gaviones simples y de gaviones con tierra armada. Hay muchas empresas especializadas en la construcción de muros que han patentado su propio sistema con alguna variante de los materiales y sistemas arriba indicados.

Para el diseño de un muro, se necesitan en primer lugar los datos geotécnicos. Se necesita conocer la profundidad a que puede cimentarse el muro; sobre qué material o formación geológica puede apoyarse; con qué capacidad de carga debe diseñarse; y con qué tipo de material puede formarse el muro.

Esta información se requiere para cada sitio en particular donde se deba diseñar el muro y forma parte del estudio geotécnico que debe hacerse enseguida de la implantación en campo del trazo definitivo; para la realización de este estudio geotécnico, se cuenta ya con la planta del trazo definitivo y con el perfil deducido de dicho trazo; aún no se tienen las secciones transversales sobre las que se diseñan los muros, pero el proyectista del geométrico debe indicar al geotecnista los probables sitios donde se requeriría muro, con la finalidad de que sean estudiados y se conozca la geotecnia con el detalle de los datos de cimentación para el muro.

Diseño Estructural del Muro

La primera decisión importante que debe tomar el estructurista es la de escoger el tipo de material con el que deba construirse el muro. Esta decisión debe basarse tanto en el informe geotécnico acerca de los materiales disponibles en el sitio, como en la geometría del terreno natural y el terraplén proyectado, es decir, del análisis de la sección transversal de proyecto de la carretera. Los muros de mampostería y los de gaviones dependen de la posibilidad de conseguir roca de los cortes de la carretera y son preferibles ante la posibilidad de construir muros de concreto reforzado.

En el caso de puentes, viaductos y pasos a desnivel, es común el uso de muros de concreto reforzado, para poder evitar erosión, reducir espacios, dar sensación de seguridad al usuario, etc. En estos casos el proyecto de los muros forma parte del proyecto estructural del puente.

El diseño de un muro requiere de un análisis de capacidad de carga de la zapata de cimentación; de estabilidad del conjunto cimentación terraplén retenido y muro; y un análisis y diseño de la estructura del muro, que requiere su dimensionamiento y el cálculo del refuerzo necesario. Mediante el análisis de capacidad de carga de la zapata de cimentación, se debe dimensionar una zapata y analizar los esfuerzos que transmitiría al terreno de cimentación, hasta alcanzar unas dimensiones óptimas de la zapata tales que los esfuerzos transmitidos al terreno correspondan al máximo permisible por compresión y a cero de tensión.

Mediante el análisis de estabilidad del conjunto se revisan todos los posibles círculos y planos de falla, para que en ninguno de ellos el factor de seguridad sea inferior a 1.5, o al factor acordado en cada caso; los círculos y planos de falla analizados incluirán aquellos que pasan por el terraplén y el terreno natural bajo el muro, así como los que pasan por la propia estructura del muro en casos de mampostería seca o gaviones.

5.5 Geológicos.

Estudios geológicos

Este es el primer estudio requerido cuando se planea una carretera, permite tener los elementos suficientes para definir la ruta más conveniente de la misma y tener el soporte necesario para la toma de decisiones a nivel de planeación.

Hasta hace poco tiempo se hablaba de la necesidad de un estudio geológico que luego habría de aplicar un ingeniero civil a sus necesidades de proyecto; hoy en día, se requiere un estudio geotécnico, que por definición aplica las ciencias de geología, mecánica de rocas y mecánica de suelos a la solución de los cuestionamientos de proyecto, en este caso aplicados a la elección de la ruta más adecuada en la etapa de planeación de una carretera, así como la prevención de las medidas de sostenimiento y estabilización en casos necesarios.

Se ha sabido alguna vez de deslizamientos de tierras en laderas de cerros o montañas que causan destrozos y pérdida de vidas, también hemos oído de puentes que al estar cimentados o apoyados en terrenos con baja capacidad de carga o inestables han colapsado o requerido de medidas de estabilización muy costosas. Asimismo, se han visto caminos con terraplenes que se hundieron o se deformaron incontroladamente dando un pésimo servicio a pesar de las costosas medidas de rehabilitación.

El estudio geotécnico en la etapa de planeación tiene el objetivo de alertar al proyectista sobre la ruta que pueda tener algún problema de este tipo para que la evite en lo posible, o bien indicarle qué medidas debe prever si inevitablemente tiene que afrontar algún problema.

El estudio geotécnico necesario en esta etapa de planeación, debe proporcionar un plano en planta con todas las unidades geotécnicas que se encuentren en la zona donde se ubiquen todas las alternativas de ruta, así como un plano con los perfiles estratigráficos de las diferentes unidades geotécnicas.

Es muy importante señalar que el espesor de los perfiles geotécnicos debe limitarse a la zona de influencia de la carretera, que normalmente es de 50 m.

Se debe obtener también un plano tectónico de la zona, es decir un plano en el que se ubiquen todas las fracturas, fallas o discontinuidades de las unidades geotécnicas, describiendo su tipo y forma, así como sus consecuencias en las características de las rocas en su vecindad.

Revisar y estudiar cuidadosamente las condiciones hidráulicas de las diversas unidades de la zona, previniendo problemas en túneles, zonas bajas con problemas de asentamientos o baja capacidad de carga, problemas para los terraplenes o pavimentos, etc. En zonas montañosas se estudian las laderas, previendo su comportamiento al excavar cortes o túneles. Estudiar las posibilidades de bancos de materiales para pavimento y terracerías. Se debe elaborar un cuarto plano con las características geotécnicas de las diferentes unidades y recomendaciones específicas en cuanto a estabilidad de taludes de los cortes y cimentación de terraplenes, puentes y viaductos importantes y cualquier información relevante para tomar decisiones en cuanto a la elección de la ruta más adecuada.

El estudio geotécnico lo elabora un ingeniero geólogo y un ingeniero geotecnista, quienes llevarán a cabo un trabajo de campo exhaustivo y suficiente, que completarán con un trabajo de gabinete en el

que elaborarán los planos y el informe. El tiempo para la elaboración de este estudio depende naturalmente de la magnitud y ubicación de la obra, pero se considera que debe variar de uno a dos meses.

Fotointerpretación geotécnica

La finalidad de este estudio es definir con mayor precisión, a la que se obtuvo en el estudio de planeación, las condiciones geotécnicas particulares de cada una de las rutas, de manera que se puedan evaluar las medidas que sea necesario considerar en cada una, derivadas de las condiciones geotécnicas.

En general las condiciones geotécnicas a estudiar conciernen a temas como pudieran ser laderas inestables, materiales colapsables o de baja resistencia, zonas con materiales compresibles o de posibles hundimientos, zonas donde se pase por una falla geológica activa o que haya producido rocas muy fracturadas que pudieran producir derrumbes e inestabilidades si se construye por esa zona la carretera.

La técnica de fotointerpretación geotécnica consiste en analizar cada uno de los pares estereográficos, viéndolo en estereoscopia o tercera dimensión, con ayuda de un aparato sencillo llamado estereoscopio. El ingeniero especialista analiza detalladamente toda la ruta a mediante cada uno de los pares de fotos, con la finalidad de sacar sus conclusiones y recomendaciones sobre drenaje, tonalidad, delimitación de fronteras o continuidad, vegetación, litología (tipo de rocas), fallas, fracturas y suelos.

Geotecnia regional

Antes de comenzar a trabajar en el proceso creativo, el proyectista estudia cuidadosamente toda la información que se ha acumulado en los estudios previos que llevaron a la conclusión de la mejor ruta, ya que en la medida que tenga claro el resultado de estos estudios, al estar proyectando tendrán en mente siempre las restricciones, las ventajas y todas las consideraciones derivadas de los estudios previos.

Respecto a geotecnia se tiene mucha información reunida hasta esta etapa del Proyecto Ejecutivo. Debemos recordar que el término geotecnia se aplica al conjunto de tres ciencias de la ingeniería que son la geología, mecánica de suelos y mecánica de rocas; en el pasado reciente se separaban los estudios llamándolos geológico y geotécnico, siendo el geotécnico el relativo a mecánica de suelos y mecánica de rocas, quedando el geológico exclusivamente para describir los asuntos de geología.

Para el cabal aprovechamiento de la geotecnia es necesario transportar la fotointerpretación geotécnica que se trabajó en las fotos con escala de 1:25,000, a las nuevas fotos que tienen mucho más detalle por corresponder a un vuelo bajo con escala 1:5,000. En el trabajo de fotointerpretación que se hizo sobre las alternativas de ruta, se estudiaron las fotos, los patrones de drenaje señalando las trazas de todas las corrientes y escurrimientos, se analizaron la textura y los tipos de vegetación, los usos de suelo y se señalaron las fronteras o contactos entre materiales de diferentes características geotécnicas. Se obtuvieron todas las fracturas o fallas geológicas encontradas y las zonas donde pudieran encontrarse materiales inestables o problemas de drenaje o subdrenaje.

La técnica de fotointerpretación geotécnica consiste en analizar cada uno de los pares estereográficos, viéndolo en estereoscopia o tercera dimensión, con ayuda de un aparato sencillo

llamado estereoscopio. El ingeniero especialista analiza detalladamente toda la ruta mediante cada uno de los pares de fotos, con la finalidad de establecer sus conclusiones y recomendaciones.

Estudio geotécnico para terracerías

El estudio geotécnico para el proyecto de terracerías, tiene como finalidad conocer todas las características de los materiales sobre los que se van a excavar cortes, o bien se van a desplantar terraplenes; características que darán a los proyectistas los parámetros de cálculo para elaborar los diagramas de masas y movimiento de tierras. El estudio geotécnico determina el perfil de suelos del eje del trazo, proporcionando toda la información necesaria para diseñar cortes y terraplenes.

El estudio geotécnico se basa, en primer lugar, en un estudio de campo de la geología de superficie. Se llama geología de superficie a la que se aplica al conocimiento con el mayor detalle posible de la capa superficial de la corteza terrestre; a la pequeña capa de un espesor del orden de cincuenta metros, sobre la cual se va a construir la carretera, involucrando a los materiales de esa capa al excavar cortes, construir terraplenes y obtener materiales de construcción mediante la explotación y excavación de bancos de préstamo de materiales para terracerías y para pavimento.

El estudio de geología superficial lo lleva a cabo un ingeniero geotecnista con un ayudante y equipo de transporte y campamento.

Provisto de cartas de INEGI, de todos los estudios geológicos previos que fueron hechos en las etapas de elección de ruta y de proyecto definitivo, con todas las fotografías aéreas que fueron usadas en la fotointerpretación geológica y que cuentan con la delimitación de las unidades geológicas así como con el dibujo de los patrones de drenaje, y que cuentan también con la delimitación de los usos de suelo; provisto como se decía, de todo este valioso material que le simplificará notablemente el trabajo, se encamina a un recorrido sobre la línea del trazo definitivo, con la finalidad de describir con el mayor detalle posible, los materiales que pudieran encontrarse en los diferentes tramos de la carretera sobre la zona del derecho de vía y hasta la profundidad involucrada por los cortes de la carretera.

Deberá prever si pudieran encontrarse lugares con flujos de agua considerables, con materiales de baja resistencia o cualquier característica especial a tomar en cuenta. Fuera del derecho de vía, deberá explorar bancos de materiales ya existentes, o zonas potenciales para ubicar bancos de materiales para terracerías y pavimentos. Este trabajo lo realiza el ingeniero geotecnista basado exclusivamente en el recorrido de la línea de trazo y la observación y análisis de afloramientos, así como de la geomorfología de la zona.

El resultado de este estudio es un informe en el que se describan los materiales que probablemente se encontrarán en los diferentes tramos de la carretera, su comportamiento esperado en cuanto a estabilidad de taludes de los cortes, su calidad para formar terraplenes y la posibilidad de situaciones especiales para estudiar con más detalle.

Con la información recabada, así como con el estudio geológico de detalle ya elaborado, se delimitarán las unidades geológicas existentes, donde, se establecerá su clasificación, su edad, grado de intemperización, fracturamiento e inclinación de estratos o echado. Se tratará de ubicar la presencia de fallas o accidentes geológicos que indiquen la posibilidad de problemas para el camino, y se ubicarán también las zonas donde se tenga la posibilidad de situar los bancos de material para las capas de subrasante y subyacente, así como los bancos para pavimento.

Los pozos a cielo abierto permitirán tomar muestras, de cada estrato encontrado, de tamaño suficiente para elaborar todos los ensayos necesarios para clasificar los materiales que se obtendrán; en algunos lugares, donde el material pudiera servir para las capas superiores de la terracería, se necesitan muestras con tamaño del orden de 50 kg para poder efectuar los ensayos requeridos.

Los pozos a cielo abierto servirán además para confirmar afloramientos y complementar la información obtenida de la morfología de los afloramientos, de cortes naturales o excavados cercanos a la línea de trazo. Con esa información y los resultados de los ensayos de laboratorio se configura el perfil de suelos.

En caso de que los materiales que se obtengan de la excavación de los cortes no tengan calidad para formar terraplenes y deban desperdiciarse, el estudio geotécnico le dirá al proyectista donde debe obtener el material adecuado para formar esos terraplenes (bancos de materiales para terracerías).

Mediante el estudio geotécnico se decidirá si se requiere subdrenaje, y si se requiere alguna protección o estabilización para taludes. En las zonas donde habrá terraplenes, debe determinarse cuidadosamente el tipo y resistencia de los materiales que constituyen el terreno natural, con la finalidad de conocer si resisten el peso del terraplén, si se espera asentamientos, si se requiere despalme, si el nivel freático obliga a un procedimiento especial de construcción y, en general, estudiar y recomendar lo procedente para que los terraplenes sean estables.

La recomendación respecto a la inclinación que debe darse a los taludes de los cortes grandes es un asunto de mayor importancia en el proyecto, así como de la mayor complejidad técnica. En la práctica cotidiana, solo en casos excepcionales pueden hacerse estudios analíticos de estabilidad de acuerdo con las prácticas de mecánica de suelos y de mecánica de rocas, debido a que los materiales de los cortes de laderas en montaña donde se ubican normalmente los trazos carreteros, distan mucho de ser homogéneos e isotrópicos, que es condición primaria para poder hacer un cálculo analítico.

Además, los trazos de carretera van cambiando de dirección constantemente, y los cortes necesarios para la carretera son de longitudes muy grandes, longitudes suficientes para que la dirección de las fracturas varíe mucho longitudinalmente, variación que se incrementa con las irregularidades propias de las rocas, que en distancias cortas de las laderas por donde pasa la carretera, normalmente, presentan plegamientos irregulares, fallas, estratos o pseudo-estratos inesperados, rellenos de material suelto, de baja resistencia o inestable, etc.

Estudio geotécnico de pavimentos.

El estudio geotécnico de campo para el diseño del pavimento se hace al mismo tiempo que se hace el estudio de campo correspondiente al proyecto de terracerías. Está también a cargo del ingeniero geotecnista del proyecto de terracerías; en la práctica forma parte del estudio geotécnico de campo.

La información geotécnica que se requiere para el diseño del pavimento está muy relacionada con la que se obtiene para el proyecto de terracerías y, en términos generales, difiere en que además de la información geotécnica para terracerías, se necesita la localización y caracterización de los bancos de materiales para la construcción del pavimento.

Para el diseño de la estructura del pavimento, se necesita básicamente la ubicación y características de los materiales disponibles para la construcción de la capa subrasante, información que ya se tiene del estudio geotécnico. En particular, se necesitan los ensayos de laboratorio efectuados a los

bancos de capa subrasante para determinar si cumplen con los requisitos de las normas SCT y, además, nuevos ensayos de laboratorio programados para el estudio del material de esos bancos desde el punto de vista del diseño del pavimento.

Estos nuevos ensayos se realizan para estudiar la variación del módulo elástico del material de la capa subrasante, con la variación de la humedad de compactación, con la variación de la masa volumétrica seca, con el grado de saturación y con los contenidos de agua esperados durante el período de trabajo o vida útil del pavimento.

Se necesita para el diseño del pavimento, información acerca de las condiciones de humedad y de intensidad de lluvia de las diferentes regiones o zonas por las que pase el proyecto. Es muy necesario saber, para tomar en cuenta en el diseño del pavimento, cómo se ha resuelto el drenaje general del camino y, sobre todo, si ha sido necesario considerar algún tipo de subdrenaje.

Para decidir sobre el tipo de pavimento que se va a diseñar, es necesario saber el tipo de materiales que se dispone para la construcción de las diferentes capas del pavimento; de acuerdo con los materiales disponibles, la estructuración puede ser con base asfáltica o con base hidráulica; puede ser con sub base, o sin sub base; inclusive puede considerarse la construcción de pavimento de concreto hidráulico. La decisión de la estructuración del pavimento se comentará en la sección correspondiente al diseño del pavimento.

Los bancos de materiales para pavimento pueden estar ubicados donde se encuentre roca sana, o bien donde se encuentren depósitos de grava-arena de río. En todos los casos de material para pavimento se requiere instalar una planta de trituración y cribado. En caso de que se encuentre roca para pavimento, deberá buscarse que sea una roca con dureza suficiente para cumplir con los ensayos de laboratorio de Desgaste de Los Ángeles y de Intemperismo Acelerado.

Proyecto del pavimento

El pavimento es el primero que “da la cara” ante el usuario que juzgará el servicio que le proporcione una carretera. El grado de confort que sienta el usuario al conducir un vehículo en la carretera, estará regido por la rugosidad del pavimento, y la rugosidad es producto de la calidad del diseño, de la construcción y de la conservación de la carretera. La mínima rugosidad, proporcionará una superficie tersa y un alto confort en el manejo. La rugosidad aumenta si se tiene un diseño con espesores de pavimento insuficientes, si la calidad de los materiales es mala, o si la construcción es deficiente.

Aún si la calidad del diseño y construcción son muy buenas, y recién construida la carretera la rugosidad es mínima, a medida que empieza a circular el tránsito, el pavimento empieza su proceso de deterioro. El pavimento es una estructura en la que cada una de las cargas del tránsito que pasa por ella, consume un porcentaje de su resistencia, ocasionando una deformación permanente.

A medida que van circulando los vehículos por el pavimento, sobre todo los vehículos pesados, se van acumulando pequeñas deformaciones, que con el tiempo producen rugosidad en el pavimento. Además, el mismo paso de los vehículos y el agua de lluvia, deterioran la superficie de rodamiento, produciendo el pulimiento de los materiales que hace resbaladizo al pavimento, ocasionando erosiones, desprendimientos y deformaciones superficiales de la carpeta; estos deterioros, sumados a las deformaciones permanentes acumuladas, van ocasionando un aumento en la rugosidad del pavimento en detrimento del confort que inicialmente pudo haber tenido la carretera. Es labor de los equipos de conservación mantener la rugosidad al mínimo posible, haciendo conservación adecuada.

El pavimento debe diseñarse para soportar las cargas impuestas por el tránsito, es decir, por el paso de los vehículos sobre la superficie de rodamiento. Las cargas se miden por el número acumulado de vehículos que vayan a pasar durante el período de diseño; este número es un pronóstico de acuerdo al estudio de tránsito que dio origen a la necesidad de proyectar la carretera.

Diseño de la Estructura del Pavimento

El diseño del pavimento debe ser más que el planteamiento teórico para determinar los espesores de las diferentes capas. El proyectista debe conocer con exactitud los materiales con los que se construirá la terracería, su procedimiento de construcción, los bancos de materiales y los ensayos de laboratorio y todo lo concerniente con la calidad de materiales con los que contará para la realización de su diseño.

Debe conocer a fondo las características del drenaje y subdrenaje que se haya diseñado para la carretera, así como las condiciones hidrológicas de cada tramo, el tiempo de duración de las lluvias, su intensidad y el ciclo de ocurrencia de las precipitaciones anuales. Todos estos factores tienen incidencia directa en el diseño del pavimento.

Al llegar a esta etapa correspondiente al diseño del pavimento, ya se cuenta con el Estudio Geotécnico para el Diseño del Pavimento; este estudio se hizo junto con el Geotécnico para Proyecto de Terracerías, inmediatamente después de la topografía para la implantación en campo del trazo definitivo de la carretera.

Estos estudios forman parte del proyecto de pavimento, y de ellos el proyectista obtiene los datos de la resistencia de los materiales que constituyen la cimentación del pavimento, que en este caso es la parte superior de la terracería formada por una capa llamada capa subrasante. Mediante el estudio geotécnico de terracerías se tienen los bancos de préstamo de donde se tomarán los materiales necesarios para formar esta capa; a estos materiales se les hicieron ensayos de laboratorio para determinar su calidad y sus parámetros de resistencia. Es muy importante la cimentación del pavimento que estará formada con el material de la capa subrasante.

Uno de los problemas del diseño de pavimentos es que la resistencia de los materiales con que se construyen y, sobre todo, los de la cimentación donde se apoyan, varía constantemente; las variaciones se suceden muchas veces en un mismo día y sobre todo con las diferentes estaciones o épocas del año. El material de la subrasante o cimentación del pavimento es suelo areno-arcilloso, cuya resistencia medida con su módulo resistente, varía notablemente al variar el contenido de agua y al variar también su densidad; en el campo, durante la vida útil del pavimento, la humedad y densidad de este material está variando constantemente en ciclos anuales, por lo que es necesario que el proyectista considere esta situación y conforme a los resultados del laboratorio del material, pondere su comportamiento y seleccione los parámetros de diseño adecuados a cada situación.

La carpeta asfáltica tiene también variaciones constantes en su resistencia, en ciclos diarios y estacionales. La variación de la resistencia de la carpeta asfáltica se debe principalmente a cambios en la temperatura que a su vez producen cambios en la viscosidad del asfalto con incidencia directa en la resistencia de la carpeta. La elección del tipo de asfalto es muy importante en el diseño de pavimentos, y deberá hacerse en función de las temperaturas esperadas durante la vida útil del pavimento y en función de una estrategia de mantenimiento de un buen servicio del pavimento y un buen programa de aplicación de recursos o flujo de caja.

Los vehículos para los que debe diseñarse un pavimento son de pesos muy diferentes entre sí; la cantidad de vehículos que pasarán durante el período de diseño se obtiene a base de un pronóstico

elaborado con datos históricos de crecimiento aunados a los pronósticos de desarrollo regional y de tránsito generado por la construcción de la carretera. Son datos imprecisos que deben manejarse cuidadosamente y que inciden notablemente en el diseño del pavimento.

El diseño del pavimento de una carretera es un asunto delicado que requiere de aplicación de criterio por parte del ingeniero especialista en geotecnia para la aplicación de los datos adecuados de diseño y de la estrategia de construcción, mantenimiento y rehabilitación del pavimento; etapas que deberán ser previstas desde el diseño original.

Dada la variabilidad de las características de los materiales con los que se construyen los pavimentos, así como de los materiales de su cimentación y de las cargas que soportará el pavimento, los métodos de diseño son de tipo "Mecanicista"; es decir, en base a un planteamiento analítico teórico de análisis de distribución de esfuerzos y deformaciones en las diferentes capas, se hacen ajustes correspondientes a lo observado en modelos de comportamiento de pavimentos en tramos de prueba. Con esos ajustes a los resultados analíticos se obtienen diseños que toman en cuenta tanto los fundamentos teóricos, como los resultados de comportamiento real medidos en los tramos de prueba.

Por la razón anteriormente expuesta hay varios métodos de diseño de pavimentos, más prestigiosos entre más recursos apliquen los organismos que los patrocinan para la construcción y monitoreo constante de tramos de prueba y equipo de investigadores que analicen y apliquen constantemente los resultados de dichos tramos de prueba a los métodos de diseño.

El método más reconocido internacionalmente es el Método de Diseño de Pavimentos de la AASHTO, que es la Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transportes Oficiales. Esta Asociación americana cuenta con los mayores recursos para mantener un constante monitoreo de sus tramos de prueba y de su equipo de investigadores.

Debido a que los tramos de prueba AASHTO están sujetos a condiciones de temperatura humedad y medioambiente correspondientes a Estados Unidos, el mismo método recomienda que para su aplicación en otras regiones, se hagan observaciones y ajustes de acuerdo con la experiencia local.

En México, el Instituto de Ingeniería de la UNAM desarrolló un método de diseño similar con tramos de prueba patrocinados por la SCT. Este método, con su actualización de 1999, se aplica en México en forma satisfactoria; sin embargo, el diseño de un pavimento no es simplemente la aplicación de un método para obtener espesores de las diferentes capas del pavimento. El diseño implica que el proyectista conozca el sitio donde se construirá el pavimento y sus condiciones de variación estacional del clima, las condiciones del drenaje natural y el proyecto de drenaje y subdrenaje de la carretera, las condiciones geotécnicas que se encontrarán en los cortes y terraplenes de la carretera, los bancos de materiales con los que se construirán los terraplenes y el pavimento, los ensayos de laboratorio efectuados a esos bancos y los ensayos que el mismo proyectista programe. En resumen, debe conocer con el mayor detalle posible todos los factores que intervienen en el proyecto y que afectan el comportamiento de los materiales de la estructura del pavimento.

Estudio geotécnico para túneles

El estudio geotécnico de campo se emprende con la finalidad de conocer con el mayor detalle posible el material que se encontrará al hacer la excavación del túnel, así como cualquier característica del sitio que pudiera afectar la excavación, como flujos de agua, cavernas, depósitos de material suelto, etc.

Al hablar de ingeniería de túneles, ancestralmente se tiene la experiencia de la actividad minera, sus métodos de excavación y sostenimiento y los registros de accidentes famosos. Después de las minas, fue necesaria la excavación de túneles para ferrocarriles; con el aumento del área necesaria de túnel para ferrocarriles, se aumentó muy notablemente el riesgo de derrumbes y se estableció una nueva técnica de construcción de túneles. Para carreteras se hizo necesaria un área mucho mayor que la de ferrocarriles, implementándose la especialidad de la construcción de túneles carreteros.

Estudio de cimentaciones para túneles

Tienen como finalidad proporcionar a los ingenieros encargados del diseño estructural, la capacidad de carga o resistencia del terreno sobre el que se desplantaran las pilas y estribos del puente y la profundidad mínima que debe tener la cimentación para soportar las cargas provenientes de su estructura.

Del estudio de cimentación se deben desprender las recomendaciones tales como el tipo de cimentación más adecuado, ya sean pilotes, cilindros, zapatas, pilastrones, etc. Adicionalmente, y conociendo los resultados del Estudio Topo-hidráulico e Hidrológico, el Estudio de Cimentación Para Puentes (ECP) define también la profundidad esperada de la socavación y recomienda las medidas necesarias para evitar sus efectos.

La decisión, que debe tomarse en campo, acerca de la profundidad a la que dará por terminado un sondeo es de la mayor importancia y trascendencia; debe tenerse una idea muy clara acerca de la capacidad de carga que se requiere de acuerdo con las dimensiones del puente, así como los conocimientos de mecánica de suelos para entender que la información y características de los materiales deben conocerse hasta una profundidad por debajo del nivel de desplante de las zapatas, pilotes o pilas, para poder analizar la distribución de esfuerzos, y las deformaciones que pudieran ocurrir al apoyar la carga del puente.

Laboratorio

De acuerdo con la estratigrafía encontrada en la exploración y muestreo de campo, se elaborará un programa de ensayos de laboratorio, suficiente para clasificar el suelo y obtener sus parámetros para el diseño geotécnico de la cimentación. Todas las muestras recuperadas en los trabajos de exploración se identificarán y clasificarán conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y se les determinará su contenido de agua.

A las muestras representativas o alteradas de suelos típicos se les definirán los siguientes parámetros:

- Límites de consistencia líquido y plástico en suelos arcillosos o limosos plásticos.
- Composición granulométrica por mallas para arenas y gravas.
- Porcentaje de finos para arenas finas, limos y/o arcillas.

En muestras inalteradas (arcilla o limo):

Compresión no confinada.

- Compresión Triaxial no consolidada-no drenada (UU)
- Compresión Triaxial consolidada-no drenada (CU) (en su caso)
- Compresión Triaxial consolidada-drenada (CD) (en su caso)

- Consolidación unidimensional.
- Peso volumétrico en su estado natural.
- Peso específico relativo de sólidos.
- Resistencia al corte con Torcometro de bolsillo.

De los núcleos de roca se obtendrá:

- Clasificación geológica.
- Índice de Calidad de la Roca (RQD).
- Compresión simple.

Trabajos de ingeniería

En base a los resultados de los sondeos y ensayos de laboratorio y tomando en cuenta el gasto y velocidad de diseño de la corriente para un período de retorno de 100 años obtenidos del estudio Topo-hidráulico e Hidrológico, se analiza y calcula la socavación general, así como la socavación local. Para el cálculo de la socavación general se usará el método de Lischtvan–Levediev, y para el cálculo de la socavación local se usará el método de Yaroslavtziev, independientemente de que se podrán complementar los estudios con otros métodos reconocidos.

Se analizarán alternativas de cimentación adecuadas a las condiciones del sitio, determinando para cada alternativa su nivel de desplante, capacidad de carga admisible, estabilidad, asentamientos, diseño de la excavación, comportamiento de terraplenes de acceso, cálculos de socavación en el caso de puentes, y estabilidad general para cimentaciones en taludes.

Se revisará estabilidad de los terraplenes de acceso cuando sea procedente y se revisará el efecto de los asentamientos que sufran en su etapa constructiva como de servicio de la estructura proponiéndose soluciones para mitigar dicho efecto. Se describirán procedimientos constructivos para las cimentaciones propuestas, con base en las condiciones del subsuelo que se tengan en el cruce.

5.6 Hidrológicas.

Fotointerpretación hidrológica

El objetivo de la fotointerpretación hidrológica, es el de obtener mediante el estudio de las fotos aéreas, una evaluación de las rutas en base a las condiciones hidráulicas de las corrientes que se crucen, así como de posibles áreas de inundación y sus medidas de prevención, asimismo, de cruce o cercanía de lagunas, o lagos que se requiera cruzar o que la ruta pase cerca de ellos, todo esto en función de la hidrología regional.

Para lograr lo anterior, es necesario estudiar cada uno de los cruces con ríos o corrientes desde el punto de vista hidrológico, recomendando para cada uno de ellos en forma preliminar, el área hidráulica necesaria para el puente, es decir, las dimensiones del puente, así como las obras de alivio necesarias según sea el caso.

Este estudio se realiza en forma similar a como se realiza la fotointerpretación geotécnica; sin embargo, los análisis de los pares estereográficos de las fotos se concentran en el aspecto hidráulico. Se analizan las corrientes mayores, las zonas bajas potenciales de inundación, las lagunas y lagos cercanos o que la ruta tenga que cruzar.

Se buscan señales de hasta donde ha llegado en épocas pasadas el nivel del agua en los ríos, previendo longitudes de puentes y obras de protección o encauzamiento. Se miden en lo posible las áreas de las cuencas de las corrientes, así como el tipo de terreno que se encuentre en dichas cuencas para estimar su coeficiente de escurrimiento. De acuerdo con predicciones hidrológicas de potencial de corrientes en función de intensidad de lluvias y períodos de retorno, se estiman los niveles máximos esperados en todas las corrientes o depósitos lacustres, para así prever el tipo de puente u obra que se necesite considerar en cada una de las rutas.

El análisis descrito debe hacerse en cada uno de los cruces, para los cuales debe concluirse con su longitud estimada y el tipo de obras de alivio necesarias. Asimismo, para cada una de las rutas debe analizarse cada uno de los cruces. Se debe preparar un informe de cada ruta, con los datos de su longitud de puentes, tipo de puentes, y obras auxiliares.

Estos informes de cada ruta, servirán tanto para el estudio preliminar de cruces, como para la elaboración del informe final de evaluación de las rutas desde el punto de vista hidrológico.

Se realiza una visita de campo a cada una de las rutas, con la finalidad de verificar y o complementar toda la información deducida de la fotointerpretación. Después de la visita, de ser necesario, se ajustan los resultados de la fotointerpretación y se prosigue con el estudio de evaluación de las rutas.

Se concluye, también al igual que en la fotointerpretación geotécnica, con una evaluación de cada una de las rutas pero ahora desde el punto de vista hidrológico e hidráulico. Se elabora un informe donde se clasifican las rutas, señalando desde la mejor hasta la que tenga menores posibilidades, describiendo ventajas y desventajas de cada una de ellas, así como el tipo de obras que se necesitarían en cada ruta.

Drenaje

Con la información que se recaba en este estudio y con la que se tiene acerca del uso de suelo y la geotecnia de la zona de la ruta, se calcula la cantidad de agua o gasto probable que pasará por cada uno de los cruces con los ríos y corrientes, para que con esta información el proyectista de la

geometría del camino pueda decidir el sitio adecuado para cruzar los ríos con el trazo de la carretera, dentro de la zona del trazo preliminar que ya se ha decidido en las etapas previas de elección de ruta.

Este es un estudio de gabinete que se elabora con la información recabada en los datos del INEGI. La SCT publica libros con las curvas Isoyetas de Intensidad-Duración-Período de Retorno, para cada uno de los estados de la República.

Mediante las curvas Isoyetas se puede obtener la intensidad de lluvia en milímetros por hora en cualquier sitio; además, puede ser una lluvia con una duración desde 5 minutos hasta dos horas, con períodos de retorno desde cinco años hasta cien años. Con esta información, complementada con los usos de suelo que se encuentran en el INEGI, un hidrólogo puede calcular el gasto máximo de agua que puede pasar en un punto de un río por el que va a cruzar el trazo, y con ello saber en forma de anteproyecto las dimensiones de puente que necesita en cada sitio de cruce y así acomodar su trazo a la mejor conveniencia.

La delimitación de cuencas se hace en las fotos aéreas disponibles, de preferencia se usan las fotos de vuelos bajos que tienen más detalle, pero muchas veces las cuencas son más grandes del área fotografiada, y hay necesidad de acudir a las fotos de vuelos más altos con mayor escala.

Las cuencas constituyen el área que por razones de la topografía, capta el agua de lluvia, que al escurrir superficialmente confluye en un punto determinado. Al proyectar una carretera, se cruzan cuencas obstruyendo el paso natural de las corrientes hacia las partes bajas y finalmente hacia el mar. Es entonces necesario conocer en qué lugar y cuánta agua va a llegar a la carretera, para darle paso a través de puentes, alcantarillas, canales, cunetas y contra cunetas.

Para conocer cuánta agua va a llegar a la carretera, se necesita saber la intensidad de la lluvia, cual es el área que va a recoger esa agua de lluvia, y por qué tipo de terreno va a escurrir esa agua hasta llegar a la carretera. Con esto, se calculan las obras de drenaje necesarias. Del resultado de un buen estudio de drenaje depende en mucho evitar la prematura destrucción de las carreteras.

El estudio de drenaje se inicia en esta etapa con la delimitación y estudio de las cuencas y con la reunión y análisis de toda la información histórica disponible acerca de las lluvias en la región y las probables lluvias que se tendrán en el futuro durante la vida útil de la carretera.

La delimitación de las cuencas se realiza al trazar el parteaguas en las fotografías aéreas con lápiz grueso de toda la zona de aportación que se encuentre aguas arriba de la carretera. Al final de este trabajo, se tendrá dividida la carretera en segmentos de diferente longitud, donde a cada segmento le corresponde un área por drenar o cuenca. El objetivo es conocer cuánta agua hay que drenar de ese segmento y diseñar las canalizaciones y puentes necesarios para tal propósito.

Hay situaciones en que las cuencas, por su tamaño, salen de las zonas de fotos con escala 1:10,000, entonces habrá que recurrir a las fotos con escala 1:25,000. También hay casos muy especiales de grandes ríos, cuyas cuencas se extienden a cientos de kilómetros y naturalmente salen de la zona de cualquier fotografía; estas situaciones especiales son casos en los que la Comisión Nacional del Agua (CNA) tiene un estricto control y dispone de toda la información hidrológica que pone a disposición de la SCT. De hecho, todos los puentes con corrientes grandes deben tener la aprobación la CNA respecto a su gasto de diseño, es decir a la cantidad de agua con la que se dimensiona el puente.

Una vez que se tienen dibujadas las cuencas en las fotografías, es necesario medir la superficie de cada una, obtener las lluvias máximas esperadas en esa cuenca particular con los datos de las Isoyetas de la DGST, clasificar los tipos de suelo por los que escurrirá el agua en la superficie de la cuenca para determinar los coeficientes de escurrimiento, que sirven todos en su conjunto para hacer los cálculos de la cantidad de agua (gasto) que llegará a la carretera.

El resultado de estos estudios y cálculos realizados por un ingeniero hidrólogo, es un informe para utilización del ingeniero proyectista. Este informe consta principalmente del larguillo o mosaico fotográfico donde se encuentra dibujado el eje del proyecto, y donde además se dibujan las fronteras que delimitan todas las cuencas, teniéndose al final de cuentas los tramos de carretera donde el eje de trazo cruza las cuencas y tiene que recibir el aporte de agua que dichas cuencas acarrearán.

El larguillo o mosaico se complementa con los datos de la cantidad de agua que se recibe en cada segmento de carretera y comentarios sobre el tipo y tamaño de la obra de drenaje necesaria, ya sea puente o alcantarilla, así como las obras de drenaje complementarias como canales o alcantarillas de alivio que se juzguen necesarias.

Topografía para obras de drenaje

Imposible diseñar las obras de drenaje menor si no se tiene la topografía precisa del sitio. Son muchos los casos de fracasos en la ubicación de las alcantarillas, ya sean losas, bóvedas o tubos, con resultado de que el agua erosiona el terraplén, daña el pavimento, se encharca o almacena aguas arriba de la carretera y hasta provoca fallas del terraplén al saturarlo indebidamente. Este tipo de situaciones ocurre cuando la obra de drenaje se proyecta y ubica atendiendo a las indicaciones de una topografía imprecisa. Recuérdese que hasta esta etapa del estudio se cuenta ya con una topografía restituida de los vuelos bajos; sin embargo esta topografía suele ser imprecisa para la ubicación de las obras de drenaje.

Conociendo la topografía del sitio, el proyectista de las obras de drenaje (drenajista), tratará de ubicar las obras siguiendo exactamente el cauce natural de la corriente. Muchas veces, en caso de terraplenes muy altos, laderas muy inclinadas y cañadas profundas, no es posible seguir el cauce, y la topografía será una herramienta indispensable para estudiar la mejor ubicación de la obra.

Por otra parte, el drenajista tiene que elaborar el “funcionamiento del drenaje”, que es el proyecto de todas las obras adicionales a la alcantarilla, que son necesarias para el buen funcionamiento de todo el sistema. Estas obras adicionales son canales de encauzamiento hacia la obra que pueden ubicarse según se necesite, del lado de la entrada y/o del de la salida; descargas de cunetas y/o contracunetas; solución del drenaje mediante canales en las áreas del derecho de vía entre dos obras de drenaje sucesivas en un mismo terraplén (Caso de terraplenes largos en zonas planas o de lomerío suave); es obvio que sin una topografía precisa no es posible diseñar estas obras adicionales que constituyen el funcionamiento del drenaje.

El resultado de los trabajos de topografía para el diseño de las obras de drenaje menor, es un plano con la planta topográfica del sitio, con curvas de nivel a cada 0.5 m, así como otro plano con el perfil del eje del cauce.

Estudio de drenaje menor

Antes de elaborar el diseño de la estructura de una obra de drenaje menor (Alcantarilla), es necesario hacer un estudio de campo para ubicar la obra en el sitio adecuado, dimensionar la cuenca que se necesita drenar, clasificar el material de la cuenca y, en un estudio de gabinete

complementario, determinar el gasto máximo que pasará por la alcantarilla en el período de diseño así como el área hidráulica mínima necesaria en la obra.

Es muy conveniente que el ingeniero drenajista haga este estudio de campo al mismo tiempo que se elabora el estudio topográfico para las obras de drenaje menor que ya fue descrito. El ingeniero drenajista que es un ingeniero hidrólogo, o con estudios en el ramo, puede supervisar a un ingeniero topógrafo e indicarle la magnitud del área necesaria que se requiere configurar con la topografía de detalle.

Antes de salir al campo, el drenajista debe reunir toda la información que ya se tiene acerca del tema. Recordemos que para llegar a esta etapa del estudio definitivo, ya se pasó por la elección de ruta y la elaboración de un anteproyecto sobre la ruta elegida como definitiva. Para la elección de ruta jugó un papel importante el estudio del drenaje, así como para la elaboración del ante presupuesto derivado del anteproyecto.

Se deben recabar las fotos aéreas del tramo y los mosaicos a manera de larguillos, correspondientes a todos los vuelos, tanto los altos a escala grande para la etapa de elección de ruta, como los bajos a escala chica correspondientes a la ruta elegida con los que se hizo el anteproyecto y el trazo del proyecto definitivo.

También se tienen que recabar todos los informes hidrológicos y de drenaje que se realizaron en las diferentes etapas del estudio y los estudios de delimitación de cuencas y clasificación de materiales en las cuencas. Es de consulta obligada el libro Isoyetas de Intensidad, Duración-Período de Retorno de la DGST. Con toda esta información, el Drenajista debe tener la delimitación de la cuenca por drenar para cada obra de drenaje señalada en el proyecto definitivo, revisando si ya se tienen provenientes del proyecto definitivo, o completándolas si hacen falta.

El trabajo del drenajista en campo, se divide en tres temas básicos: Topografía, Cuenca y Funcionamiento de Drenaje.

Topografía

Puesto que el drenajista conoce el proyecto definitivo, y cuenta con los planos de trabajo de este proyecto, que son planos de planta y perfil en tramos de cinco kilómetros, tiene una idea básica de cómo se debe acomodar la obra de drenaje en función del tipo de terreno y de la altura del terraplén, y con ello sabe también hasta donde debe abarcar la configuración topográfica del terreno para estudiar la ubicación de la obra y su funcionamiento de drenaje.

También tendrá una idea clara de cómo funcionará el drenaje en el sitio, lo cual dependerá mucho de la topografía y de la rasante del proyecto definitivo. Así que a partir de estos conocimientos y de la inspección detallada de campo, el drenajista dará instrucciones al topógrafo acerca de las dimensiones del área necesaria que deberá configurarse a base de las secciones transversales de topografía que se levantarán a partir del trazo del eje del cauce.

Cuenca

Después de dar instrucciones al topógrafo, el drenajista se abocará al estudio de la cuenca. A partir de las fotografías aéreas debe ya contar con la delimitación de las cuencas, de manera que en este recorrido de inspección, solo debe verificar, hasta donde sea posible, la veracidad de dicha delimitación, y sobre todo, clasificar el tipo de terreno que constituye dicha cuenca, que bien pudieran

ser varias zonas con diferentes tipos de terreno. Es necesario conocer qué tan rápido se desplaza el agua de lluvia de toda la cuenca hacia la alcantarilla, y también qué posibilidades hay de que parte del agua se infiltre en lugar de escurrir; el drenajista debe observar y tomar nota del tipo de terreno de la cuenca, o si está dividida en varios tipos de terreno. El terreno puede ser montañoso, lomerío fuerte, lomerío suave, ondulado, semiplano y plano. En relación a las posibilidades de infiltración, el suelo puede ser, rocoso forestado, rocoso árido, deforestado para cultivo, potreros, etc.

Funcionamiento del drenaje

Debe inspeccionar el drenajista el comportamiento de la corriente en la zona del cruce con el trazo del proyecto definitivo. Ver si la tendencia es a erosionar o a depositar y sobre todo tomar nota de todas las corrientes menores afluentes de la principal y que pudieran ser tapadas por el terraplén y que deberán ser encauzadas debidamente para evitar infiltraciones y erosiones en el terraplén. También deberá darse una idea de cómo se debe recoger el agua de las cunetas en los cortes vecinos y encauzarse hacia la alcantarilla.

El resultado del estudio de campo para las obras de drenaje menor, es un informe en el que para cada una de las obras, se adjunte una copia de la foto o fotos aéreas con el dibujo de la cuenca por drenar, y acompañada con la información tabulada de los datos acerca del terreno en la cuenca, sus dimensiones, su clasificación y el tipo de terreno en la cuenca. También se debe adjuntar un informe de campo del funcionamiento, acompañado de un croquis que presente la problemática detectada y su solución.

Cimentación de la Obra de Drenaje

En las obras de drenaje menor, conocidas como alcantarillas, cuya diferencia con los puentes radica en la longitud de su claro (menor de 6m), el drenajista deberá observar las condiciones del terreno donde será desplantada la obra mediante su inspección visual a través de Pozos a Cielo Abierto y definir el tipo de cimentación más conveniente, en base a proyectos tipo. Debido a que las alcantarillas no transmiten grandes esfuerzos al terreno, generalmente son suficientes capacidades de carga de entre 1 y 3 kg/cm².

Estudios topo hidráulico-hidrológicos

Cuando el proyecto de una carretera tiene que cruzar un río, es necesario proyectar un puente y lo primero que se necesita decidir es de qué tamaño se necesita el puente. Para tal fin es importante tener presente que la magnitud de la corriente de los ríos es muy variable día con día y año con año, y con no poca frecuencia nos enteramos de puentes destruidos por las corrientes en temporadas de lluvias intensas.

Se le debe dar al puente una longitud y una altura suficientes para permitir el paso de la corriente y de sus arrastres como son ramas y árboles. Se debe conocer también la velocidad de la corriente y los materiales que conforman el cauce para con ello calcular y prevenir erosiones en las márgenes y socavación en la cimentación del puente. Cada puente, según su tamaño, tiene una capacidad para dejar pasar cierto caudal, cuando esa capacidad es superada el puente colapsa por insuficiencia hidráulica o por socavación.

Para dimensionar al puente se recomienda que se haga con el caudal máximo que se quiere en el río para un período de retorno definido, generalmente de 100 años, ya que si se decidieran las dimensiones del puente en base a la corriente que se encuentre en el momento de hacer el proyecto,

habría una gran probabilidad de que en la próxima temporada de lluvias o al año siguiente, viniera una corriente de mayor magnitud y la capacidad del puente fuera rebasada.

Se debe entonces dimensionar el puente en base a una creciente que pudiera ocurrir en años venideros. Según estadísticas, si consideramos la corriente máxima que puede ocurrir en un cierto tiempo, con una recurrencia o período de retorno de cinco años, ésta corriente sería menor a una corriente con un período de retorno de 10 años, y a su vez ambas serían menores si el período de retorno fuera de 20 años y así sucesivamente.

El período de retorno de la corriente esperada en años venideros determina las dimensiones del puente y prácticamente su vida útil. En carreteras la SCT considera un período de retorno de 100 años, el cual fue consensado con la CNA. Conviene señalar que la CNA tiene a su cargo la regulación de todas las normas relativas a las corrientes fluviales y tiene una tabla que recomienda que en carreteras se revise el proyecto para un período de retorno de 500 y 1000 años en casos especiales, donde la falla del puente pudiera ocasionar daños de grandes consecuencias. Actualmente es necesario pedir un Permiso de Construcción del Puente a la CNA para cruzar la carretera sobre una corriente o cuerpo de agua.

Entonces, para diseñar cualquier puente carretero, lo primero que hay que saber es cuál es la corriente de diseño, hasta donde llega el nivel en las márgenes y en el centro del cauce, cual es el gasto de la corriente y a qué velocidad pasará bajo la estructura. Para obtener toda esta información es necesario hacer un Estudio Topo-hidráulico e Hidrológico.

Mediante el Estudio hidrológico se determina la máxima lluvia y su duración, que podrá ocurrir en el período de retorno de 100 años; se debe medir el área de la cuenca de influencia hasta el puente, los coeficientes de escurrimiento de los diferentes terrenos que se encuentren en la cuenca, y mediante análisis y cálculos hidrológicos determinar el gasto o cantidad de agua que pasaría bajo el área del puente en proyecto para un período de retorno de 100 años.

El Estudio Topo-hidráulico, como su nombre lo indica, se compone del levantamiento topográfico y del estudio hidráulico. Mediante el levantamiento topográfico se obtienen las características físicas del terreno cercano al puente y del cauce del río. Esta información se plasma en los siguientes planos; planta general, planta detallada, perfil general, perfil detallado y de pendientes y secciones hidráulicas.

La planta general debe cubrir una extensión tal que permita conocer el funcionamiento hidráulico de la corriente en la zona del cruce, y que se puedan proyectar las obras auxiliares y de protección que sean necesarias. En dicho plano deberá estar contenida la siguiente información: Eje del trazo, nivel de aguas máximas de diseño, ubicación de los monumentos de concreto con los apoyos del estudio topográfico, sentido de la corriente, longitud de tangentes, rumbos, datos de curvas de trazo, velocidad y gasto de la corriente, construcciones aledañas, líneas telegráficas, telefónicas, de energía eléctrica, ductos, cercas o bardas, caminos, escala gráfica, norte, ubicación de las secciones hidráulicas, etc.

La planta detallada, con curvas de nivel a cada 0.5 m, tendrá una extensión en sentido transversal de por lo menos 60 m a cada lado del eje de proyecto, y en sentido longitudinal del camino se cubrirá al menos hasta encontrar la traza del nivel de aguas máximas de diseño con el terreno natural, y se procurará llevarla hasta la intersección del terreno natural con la rasante de proyecto. En el caso de puentes especiales se deberá consignar el tipo de navegación sobre el cauce y el gálibo de navegación, medición de hidrometría y velocidades máximas de la corriente a diferentes profundidades.

El estudio Hidráulico es un estudio complementario del Hidrológico y se basa en la topografía de la zona del cruce de la corriente con el eje de proyecto. Con el estudio Hidrológico se determinó el gasto de diseño que pasará por el cruce del trazo con el río o arroyo. Conociendo este gasto y haciéndolo pasar por el cauce y con la topografía con detalle, se puede calcular el Nivel de Aguas Máximas de Diseño (NAME). El estudio hidráulico es indispensable para calcular la velocidad de la corriente en el cruce, para cotejar los datos del estudio hidrológico con las huellas de las avenidas históricas registradas en el sitio y para obtener el NAMO (Nivel de Aguas Máximas Ordinarias) y el NAMIN (Nivel de Aguas Mínimas).

El estudio Hidráulico, basado principalmente en el método de sección y pendiente, requiere en general del levantamiento topográfico de tres secciones hidráulicas, de ser posible, una aguas arriba, otra en el cruce y otra aguas abajo, separadas entre sí al menos 200 m; el trabajo se efectuará levantando los puntos notables del terreno hasta la intersección con el NAME de diseño, que podrá ser obtenido en el campo o con el estudio hidrológico.

Se deberá determinar el coeficiente de rugosidad (n) en cada sección hidráulica y obtener la pendiente geométrica del cauce mediante un levantamiento detallado de su fondo en una longitud tal que se extienda al menos 200 m más allá de la sección hidráulica localizada aguas arriba y 100 m más allá de la sección localizada aguas abajo.

Los datos del estudio hidráulico se plasman en el plano de secciones y pendientes, que contiene el perfil del fondo del cauce, la línea recta que represente su pendiente media, los puntos que representen el NAME en cada sitio donde éste haya sido investigado en el campo, la línea recta que pase entre ellos y que representará la pendiente media de la superficie libre del agua.

Como resultado de los estudios realizados, se elaborará un informe general donde se indiquen características generales y particulares de la corriente y su cuenca, la información relevante de su funcionamiento, sobre todo la no contenida en los planos y finalmente las conclusiones y recomendaciones del estudio, con su justificación correspondiente. Con el informe final se adjuntarán los planos que se enlistan a continuación:

- Planta General
- Planta Detallada
- Perfil de Construcción
- Perfil Detallado
- Planta de la cuenca hidrológica de análisis
- Secciones y Pendientes
- Croquis de localización
- Levantamiento de puentes cercanos

El manejo de la información contenida en el informe con los resultados de estos estudios, deberá estar a cargo de los ingenieros proyectistas de la estructura del puente, quienes en base a esa información elaborarán el proyecto conceptual del puente que deberá ser aprobado por la gerencia de proyectos.

El proyecto conceptual, determina el tipo de puente, es decir si es mediante vigas pre-esforzadas apoyadas en pilas, o si es un puente atirantado soportado por cables, o un puente soportado por una estructura de arco, etc. El proyecto conceptual también define la ubicación de los apoyos del puente, que son los estribos y las pilas. La ubicación de los apoyos es indispensable para iniciar la siguiente etapa del proyecto del puente que es el Estudio de Cimentación.

5.7 Sociales.

Estudios de pre-factibilidad socioeconómica

Para cada una de las necesidades de demandas por satisfacer identificadas en esta actividad, se elabora una alternativa de solución, es decir, una propuesta de nueva carretera, o bien de ampliación o modernización de una existente, que mediante un estudio de pre factibilidad socioeconómica se determina si es rentable; si no lo es, se necesita considerar otra alternativa para nuevo análisis hasta obtener una alternativa rentable. La evaluación socioeconómica que se aplica para los análisis de las alternativas, la describe la SHCP de la siguiente manera: “La evaluación socioeconómica es la evaluación del proyecto desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto; para conocer el efecto neto de los recursos utilizados en la producción de los bienes o servicios sobre el bienestar de la sociedad. Dicha evaluación debe incluir todos los factores del proyecto, es decir, sus costos y beneficios independientemente del agente que los enfrente. Ello implica considerar adicionalmente a los costos y beneficios monetarios, las externalidades y los efectos indirectos e intangibles que se deriven del proyecto.”

Para llevar a cabo esta primera evaluación socioeconómica se requiere elaborar un análisis de costo-beneficio simplificado, donde la evaluación de los costos se hace con valores de costo promedio según el tipo de camino, sin considerar todavía la elaboración de un anteproyecto. De la misma manera se consideran los costos de los beneficios. El objetivo en esta etapa es determinar mediante una evaluación de pre-factibilidad socioeconómica, si la nueva carretera, o la modernización de la carretera existente, puede ser construida mediante una concesión recuperable con pago de peaje; o si puede ser modernizada por una concesión sin pago de peaje, con sistema PPS (Proyecto de Prestación de Servicios) de pago por servicio prestado; o si debe ser construida con recursos del presupuesto federal. Dependiendo si los beneficios son monetarios o son indirectos derivados del proyecto, se podrá clasificar el proyecto en una de las tres posibilidades de obtención de recursos para su construcción.

En el caso de que el proyecto no pueda ser turnado a los Programas de Concesiones ni de PPS. Se turna a la Cartera de Proyectos Presupuestales. De cada uno de los proyectos, la Dirección de Planeación debe elaborar en primer lugar un Anteproyecto, y enseguida, de cada Anteproyecto un estudio de Factibilidad Técnica, un estudio de Factibilidad Económica, un estudio de Factibilidad Ambiental, un estudio de Factibilidad Legal y por último, un estudio de beneficio-costos.

Estudio costo-beneficio

Es el estudio culminante, que tomando en cuenta los resultados de todos los estudios que se hacen en la etapa de planeación, determina finalmente si el proyecto carretero, que es un proyecto de inversión, es rentable, es decir, que sus beneficios superen a sus costos. En este caso, siempre y cuando este Estudio de Costo-Beneficio se encuentre respaldado sólidamente por los resultados de factibilidad ya señalados (Técnica, Ambiental, Legal, etc.), recibirá el visto bueno de la SHCP, quien le asignará una Clave de Registro.

Como bien puede observarse, el Estudio de Costo-Beneficio debe ser elaborado por expertos Licenciados en Economía, en Administración de Empresas, o Financieros. Este grupo de profesionales es comandado por la DGDC, quien finalmente tramitará ante SHCP la obtención de la aprobación mediante la Clave de Registro.

Los estudios que acompañan al Estudio de Costo-Beneficio: el Estudio Geotécnico, el Estudio de Tránsito, el Anteproyecto de la Carretera, el Estudio de Factibilidad Técnica, Ambiental y Legal, requieren la participación de Ingenieros Civiles con especialidades en Geotecnia, en Ingeniería de Tránsito, en Vías Terrestres, Ambientalistas e Ingenieros en Sistemas de Cómputo. También se requieren Biólogos y Abogados.

Fotointerpretación Socioeconómica

El objetivo de esta fotointerpretación es evaluar las rutas, considerando la información más reciente y actualizada acerca de las zonas por las que se desarrollan cada una de las rutas y revisar los impactos sociales y económicos de cada una de ellas. En lo general estos aspectos ya fueron tomados en cuenta primero en la etapa de planeación, y después, en la etapa de selección preliminar de ruta se atendieron parcialmente estos temas al hacer el análisis de uso de suelo en las cartas del INEGI.

El impacto social de una ruta, toma en cuenta el impulso que pudiera dar la carretera al generar accesos a zonas antes inaccesibles, y que ahora, una ruta en particular pudiera poner al alcance de la sociedad. Asimismo, deben tomarse en cuenta los beneficios que puede proporcionar la obra al comunicar poblaciones que tenían una comunicación deficiente o de menor calidad. Se utiliza, para la evaluación el criterio del beneficio para la colectividad. Deben considerarse los costos por habitante servido, así como los elementos de carácter social que se logra, como son entre otros la, asistencia médica, educación y cultura.

La información que se requiere para evaluar las carreteras en función social consiste en el número de habitantes potencialmente beneficiados, localizados en la zona de influencia del proyecto, entendamos como zona de influencia aquella área geográfica, económica y social afectada y beneficiada directa o indirectamente por la construcción del camino.

El criterio a utilizar en la evaluación de los proyectos de carreteras desde el punto de vista del impacto económico debe regirse bajo la perspectiva de desarrollo económico. Tomando en cuenta los efectos del aprovechamiento actual y potencial para la zona de influencia de la carretera.

El beneficio para el proyecto se obtiene de la cuantificación de la producción obtenida y su incremento debido a la carretera que se registra en la zona de estudio; pueden también incorporarse en cierta medida el beneficio obtenido para la sociedad local en términos de aumento de ingresos por habitante.

Es recomendable para recabar la información necesaria, que el encargado del estudio reciba la colaboración de un experto en el rubro agrícola, que conozca los recursos que se van a obtener, para esto debe limitarse la zona de influencia, clasificar el suelo según su uso y aprovechamiento, conocer la producción agrícola y ganadera actual, superficie agrícola aprovechable, costos de transporte, ingresos por habitante, salario mínimo y longitud y costo del proyecto.

Tomando en cuenta todos los criterios socioeconómicos señalados, el proyectista debe analizar cada una de las rutas, señalando en primer lugar las áreas, zonas o poblaciones que puedan recibir impactos socioeconómicos. Determinar el número de habitantes de esas zonas o poblaciones que serán beneficiados, y de acuerdo al tipo de beneficio, cuantificar el beneficio en términos de ingreso por habitante, para que con esta misma unidad sean evaluadas las rutas y se puedan comparar entre sí.

El analista preparará un informe que describa para cada ruta los beneficios socioeconómicos que pueden esperarse, con el detalle de las poblaciones y el número de habitantes beneficiados, con una pequeña memoria de cálculo. Es claro que todas las rutas tienen unas zonas en las que tienen exactamente el mismo beneficio social y económico, como son las zonas de origen y destino que son comunes para todas las rutas; naturalmente al ser iguales estos beneficios, no es necesario tomarlos en cuenta en esta evaluación entre rutas.

El informe final considerará una evaluación entre las rutas desde el punto de vista socioeconómico, señalando la mejor ruta desde esta perspectiva, y las que le siguen hasta señalar la menos calificada, señalando ventajas y desventajas de cada una de ellas.

5.8 Legales.

Introducción

El derecho de vía, es la franja de terreno en la cual están alojados todos los elementos que constituyen la infraestructura de las carreteras, autopistas y puentes, asimismo puede alojar obras e instalaciones de carácter diverso. En virtud de lo anterior el uso adecuado del derecho de vía y su preservación es cada día más importante.

En la actualidad, las vías generales de comunicación son cada vez más complejas, ya que a las tradicionales obras de vías férreas y carreteras se suman una serie de obras adicionales, tales como tendidos de líneas eléctricas, telegráficas y telefónicas, fibra óptica, ductos y cableados de muy diversa naturaleza e importancia económica y social.

Adicionalmente, el derecho de vía se puede constituir en una verdadera zona de protección ecológica, ya que con una adecuada forestación, se pueden construir barreras rompe vientos que protejan a los campos de cultivo aledaños. La preservación del paisaje y la mejora constante del derecho de vía, permite ir mejorando el ambiente.

Con este fin se presenta este manual, que está basado tanto en las leyes y reglamentos en la materia que rigen en la actualidad como en las nuevas tecnologías que se han desarrollado en los últimos años.

Dada la celeridad con que se producen los cambios tecnológicos y la necesidad de adecuar las leyes y reglamentos a la nueva dinámica del crecimiento y desarrollo de las comunicaciones y los transportes, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes contempla la revisión del presente manual con la periodicidad con que sea necesario a fin de que se realicen las adecuaciones pertinentes.

Antecedentes normativos de la SCT.

Como antecedentes, se tiene la modificación que, en el marco del Reglamento Interno de la SCT, transfiere la responsabilidad de la atención de los asuntos relacionados con el derecho de vía de la Dirección General de Asuntos Jurídicos a la de Servicios Técnicos y actualmente se transfiere dicha responsabilidad a la Unidad de Autopistas de Cuota, mediante el decreto presidencial por el que se reformó, adicionó y derogó el Reglamento Interior de la SCT publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de octubre de 1996.

Dicha modificación permite que esta última sirva de “ventanilla única” a las solicitudes relacionadas con el derecho de vía, lo que da mayor solidez a las decisiones técnicas en el contexto de la legislación vigente.

En el marco de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal, a la SCT le corresponde otorgar concesiones y permisos, así como verificar su congruencia con la ley y la normatividad vigentes. Por tanto, este manual busca que los trámites se atiendan en forma más expedita, constituyéndose en un instrumento definitorio de las líneas de acción por seguirse en cada uno de los trámites necesarios para el otorgamiento de autorizaciones y permisos en el derecho de vía de los caminos y puentes de cuota.

Para ello, se han definido tanto las responsabilidades que corresponden a cada una de las partes como las vías para atender las solicitudes presentadas; así, se implanta un esquema integral que permite generar expedientes completos, integrados por la historia del proyecto, su proceso constructivo y gestión. En los casos de obras e instalaciones, se incluye el requisito de la firma de un perito responsable que avala su factibilidad técnica.

Aunado a lo anterior y como apoyo a la política de descentralización, la revisión de expedientes se realizará en cada uno de los centros SCT. Esto permite, por un lado, mejorar la inspección de los trabajos realizados; por otro, contar con el conocimiento detallado de las características particulares del sitio en que se presenta la solicitud.

La UAC (Unidad de Autopistas de Cuota) revisará y tomará conocimiento del asunto y, en su caso, lo someterá a la consideración de la Subsecretaría para su autorización. Así, su intervención estará concentrada en la supervisión y el control del trámite; con ello se preserva una política nacional para el aprovechamiento del derecho de vía en los caminos y puentes de cuota.

El trámite no termina con la autorización correspondiente, ya que es de primordial interés para la SCT que la obra se realice conforme al proyecto, por lo que la supervisión de la UAC y del Centro SCT, correspondiente debe ser continua hasta que se concluyan los trabajos a satisfacción de la autoridad.

Marco Legal

El derecho de vía está relacionado con dos ámbitos de competencia bien definidos: El marco legal y el marco técnico.

Dentro del marco legal se identifican los ordenamientos que regulan a los trámites para el aprovechamiento del derecho de vía en caminos y puentes de cuota; entre ellos destacan los siguientes:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
- Ley orgánica de la administración pública federal
- Ley de caminos, puentes y autotransporte federal
- Ley general de bienes nacionales
- Ley federal sobre monumentos y zonas arqueológicas, artísticas e históricas
- Ley federal de derechos
- Ley general del equilibrio ecológico y la protección ambiental
- Reglamento de derecho de vía de las carreteras federales y zonas aledañas
- Reglamento interior de la SCT
- Reglamento de publicidad para alimentos, bebidas y medicamentos
- Otros que señalan disposiciones legales aplicables

Marco Técnico

Existen una serie de referencias que permiten, dentro de la normatividad vigente en la Secretaría, atender todo tipo de peticiones:

Referencias técnicas:

- Manual de proyecto geométrico de carreteras
- Manual para la ubicación y proyecto geométrico de paradores

- Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras
- Manual de forestación
- Normas para construcción e instalaciones
- Normas de calidad de los materiales
- Normas para muestreo y pruebas de materiales, equipos y sistemas

MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS

Para definir adecuadamente los proyectos geométricos de las autopistas, son necesarios los datos topográficos, geológicos, geotécnicos, hidrológicos, de drenaje y uso del suelo. Todos ellos tienen efectos decisivos en la elección del trazo, la estructura del pavimento a construir, el señalamiento y la información del tránsito, los niveles de servicio y las características operativas de la autopista.

El Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras de la SCT es el documento oficial que norma la elaboración de los proyectos, y resulta de gran utilidad para el análisis de asuntos relacionados con la realización de obras dentro del derecho de vía (accesos, entronques, retornos, etcétera).

MANUAL PARA LA UBICACIÓN Y PROYECTO GEOMÉTRICO DE PARADORES

Con el propósito de garantizar la existencia de servicios funcionales y eficientes tanto para el autotransporte de carga como para el de pasajeros y el turístico, este Manual establece las características arquitectónicas y de ubicación a que deben ajustarse los paradores. Estos son centros de servicios complementarios para el público usuario con los que deben contar las autopistas de cuota.

MANUAL DE DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO EN CALLES Y CARRETERAS

Este Manual contiene la normatividad que, en materia de señales informativas, restrictivas y preventivas, así como marcas (rayas y letras), obras y dispositivos diversos, dispositivos para protección en obras, semáforos y letras y números para señales de tránsito, que se establecen para el control de los flujos vehiculares.

MANUAL DE FORESTACIÓN

La consideración paisajística es un componente del proyecto geométrico que busca proyectar el camino de forma tal que su desarrollo guarde armonía con el entorno físico de la carretera.

Las disposiciones contenidas en el Manual 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 erosiones, derrumbes y azolvamientos.

NORMAS PARA CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES

Establecen en sus partes correspondientes las normas de construcción de terracerías, obras de drenaje, estructuras, sub-bases, bases, carpetas de concreto asfáltico y losas de concreto hidráulico, que se requieren en una obra vial. Asimismo, se establecen las normas para edificación y las diferentes instalaciones.

NORMAS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES

Se trata lo referente a las normas de calidad que deben satisfacer los diversos materiales que se utilicen en la construcción de carreteras, aeropistas y edificaciones.

NORMAS PARA MUESTREO Y PRUEBAS DE MATERIALES, EQUIPOS Y SISTEMAS.

Estas normas tratan lo referente a los métodos de muestreo y de prueba a que deben someterse los diversos materiales y elementos estructurales que se utilicen en la construcción de carreteras, aeropistas y edificaciones.

Estudios de factibilidad legal.

El estudio de Factibilidad Legal lo elabora el grupo de abogados de la Dirección General de Asuntos Jurídicos de la SCT, o bien, una asesoría externa de un grupo de abogados, quienes prepararán para la Secretaría de Hacienda un documento en el que después de analizar los terrenos que podrían ser afectados por la ruta de la carretera dictaminará la factibilidad legal de la obra.

Liberación del derecho de Vía

La liberación del derecho de vía consiste en la compra del terreno por el que tiene que construirse la carretera, o en caso necesario, la expropiación correspondiente. Este asunto debe iniciarse lo más pronto posible, ya que nunca se sabe cuánto tiempo podrían tardarse las gestiones y, en muchos casos se ha visto retrasada la construcción, con todos los costos indirectos que ello implica, por no tener liberado el derecho de vía. Tan pronto como se tenga definido el proyecto definitivo y los recursos para la compra de los terrenos, deben iniciarse las gestiones de adquisición del derecho de vía.

La SCT es la encargada de realizar este trámite y comisiona a un gestor, que puede tener cualquier profesión, pero que debe tener cualidades de gran negociador. En principio, con contadas excepciones, las personas no están resignadas a deshacerse de una parte de su terreno sobre todo si en él tienen algunas construcciones o sembradíos, o su vivienda. El negociador debe empezar explicando la necesidad de la carretera, los beneficios colectivos y también individuales que se obtendrán con su construcción; por otra parte, debe negociar el precio justo de los terrenos, construcciones y sembradíos existentes en el predio y gestionar que en el menor tiempo posible se haga el trámite para el pago de los terrenos y obtener así su liberación.

Constitucionalmente todos los terrenos son de la nación, y la propiedad privada opera y es respetada mientras que la nación no requiera el terreno para un bien colectivo plenamente justificado; en este caso, ante situaciones extremas de negativa de algún propietario a vender su terreno, puede aplicarse la ley de expropiaciones. Debe tratar de evitarse esta situación llegando a un acuerdo razonable con todos los propietarios, pero de ninguna manera pueden alargarse las negociaciones ni retrasarse la construcción de la obra por negativas irracionales de cooperación, debiendo de aplicarse sin titubeos la ley de expropiación en los casos necesarios.

La liberación del derecho de vía, aunque forma parte del proyecto ejecutivo, es una actividad que no requiere, como las otras actividades, de un diseño y un proyecto constructivo. Es una actividad muy importante; de no llevarse a cabo, el proyecto ejecutivo pasa a ser inviable, y todo el trabajo que se haya efectuado hasta el momento, se pierde en su totalidad. Aquí en México, se recuerda tristemente el asunto de los terrenos para la construcción de un nuevo aeropuerto de la Cd. De México, que al no poder adquirirse suspendieron un proyecto de inversión muy importante. Aquí es donde puede aquilarse el trabajo que se hace en la Primera Parte, donde en la etapa de Planeación debe estudiarse la factibilidad socioeconómica mediante un estudio que se presenta a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público como apoyo, entre otros, del estudio de costo – beneficio que avala la factibilidad del proyecto de inversión. Este estudio de factibilidad socioeconómica en la etapa de

planeación, debe prever los problemas sociales que podría acarrear la obra y prever cómo podrían solucionarse, o abortar el proyecto de esa alternativa desde la etapa de planeación.

El gestor negocia la compra de los terrenos y de los bienes que en él se encuentren, e integra una carpeta con toda la documentación que acredite dicha compra. El gestor (o gestores) debe estar apoyado por un equipo de abogados o Departamento Jurídico, y por el Notario Público correspondiente. El tiempo necesario para lograr esta gestión es muy variable según las circunstancias de cada carretera, por lo que debe iniciarse tan pronto se tenga la aprobación del trazo definitivo y los recursos para la compra. Si se requiere, para fines de programación, estimar un tiempo para esta gestión, debe considerarse un tiempo de tres meses para un tramo de 30 kilómetros.

5.1 Otros

Ingeniería de tránsito

Un proyecto ejecutivo para la construcción de una carretera es un proyecto de inversión cuya finalidad es la de satisfacer una demanda, en este caso la demanda es la de un servicio a los usuarios del sistema carretero. Es función del gobierno Federal, en este caso de la SCT, monitorear continuamente el proceso de oferta y demanda de transporte con la finalidad de estar al pendiente de proporcionar los servicios demandados y con ello propiciar el desarrollo económico e incremento del producto interno. La manera de efectuar el monitoreo es llevando a cabo trabajos continuos de Ingeniería de Tránsito, que consisten en medir el volumen de tránsito y su clasificación vehicular, así como el origen y destino de los viajes de los usuarios en las carreteras del país. Estos estudios constituyen un banco de datos que sirve para evaluar constantemente el servicio de las carreteras, así como la base para elaborar otros estudios de Ingeniería de Tránsito con la finalidad de conocer la proyección a futuro de la demanda del servicio. Vale la pena hacer el comentario que estos datos están disponibles en la DGST en su página electrónica, mencionada en la primer parte de éste documento.

Anteproyecto (ingeniería básica).

Como ya se comentó anteriormente, el anteproyecto de la carretera se basa en la elección de una ruta sobre los planos topográficos del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Con el conocimiento previo de la demanda del tránsito, conocida por el monitoreo constante que hace la Sub Secretaría de Infraestructura, mediante el conteo de tránsito en toda la red federal elaborado por la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) y publicado en la página de internet de la SCT con el título de Datos Viales, que están al alcance de todas las personas que los necesiten y con el conocimiento también del volumen que se está demandando, se elige el tipo de carretera, de acuerdo a los tipos de vehículos que se permitirá circular, el número de carriles, el ancho y la velocidad de proyecto.

La decisión es tomada por un grupo de ingenieros de planeación, quienes considerando que se trata de una etapa de Anteproyecto, basados en los antecedentes técnicos señalados, trazan la ruta que satisfaga la demanda y obtienen los costos por kilómetro de los diferentes tramos que componen toda la ruta, aplicando las estadísticas de costos que se tengan hasta el momento en proyectos con características topográficas similares. Cabe señalar la importancia del conocimiento y experiencia de los ingenieros de planeación encargados del Anteproyecto, del cual dependen los estudios de Factibilidad que se elaboran enseguida y sobre todo el de costo-beneficio, que de no resultar una rentabilidad positiva, requerirá de un replanteamiento de los alcances del proyecto. Con la elaboración del Anteproyecto, los ingenieros deben preparar el documento de presentación ante la Secretaría de Hacienda de acuerdo a los lineamientos vigentes que emita la Dependencia.

Estudios de factibilidad técnica.

Deberá acompañarse el Anteproyecto de una justificación de la Factibilidad Técnica, en la que debe apoyarse la decisión de la ruta con el estudio geológico, el estudio de tránsito, y con una descripción de la magnitud de los cortes, terraplenes, puentes y demás estructuras previstas en el proyecto.

Selección ruta definitiva

Una vez que se tiene la aprobación de la Secretaría de Hacienda mediante la asignación de un Número de Registro de Proyecto de Inversión, con el anteproyecto que aprobó Hacienda se inicia el proceso correspondiente a la tercera fase de la etapa de Pre inversión, constituida por la Ingeniería del Proyecto, que en nuestro caso es el Proyecto Ejecutivo de la Carretera.

El Proyecto Ejecutivo es el conjunto de planos, especificaciones, normas y procedimientos, indispensables para la construcción de la carretera tal y como fue idealmente concebida. El proyecto ejecutivo debe acompañarse también de todos los estudios que fueron necesarios realizar para obtener los datos o parámetros con los que se hicieron los diseños y los planos. La presentación final es la Carpeta Técnica que se entrega a los constructores para su realización.

Para facilitar el control y descripción de los estudios y trabajos necesarios, la SCT ha dividido El Proyecto Ejecutivo, en varias subetapas que son:

- Selección de ruta
- Anteproyecto (Ingeniería Básica)
- Trabajos de campo
- Análisis de Gabinete
- Proyecto Definitivo
- Integración de la Carpeta Técnica
- Trazo en campo del proyecto

Cada una de estas sub-etapas requiere de estudios y trabajos que van produciendo proyectos parciales o individuales como pudieran ser los puentes, túneles o diseño del pavimento, o bien están encaminados a obtener parámetros de caracterización de materiales o datos de diseño, como pueden ser los estudios de cimentación para puentes, bancos de materiales para terracerías o estudios geotécnicos que proporcionan los datos indispensables para el cálculo del diagrama de masas.

En esta segunda parte, se tratará sobre los estudios y trabajos requeridos para la selección de ruta.

Selección de ruta preliminar

Este estudio se realiza en gabinete y consiste en reunir todos los estudios y propuestas del estudio de Costo–Beneficio de la Etapa de Planeación, la información que se requiere del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), con las cartas topográficas, geológicas, de uso de suelo, entre otras, además de las fotografías aéreas o con el apoyo de programas cartográficos existentes en el internet, como pudiera ser Google Earth; la intención es la de seleccionar con precisión varias alternativas de ruta, de las cuales, una será la ruta seleccionada en función de sus características geotécnicas, topográficas, de impacto ambiental, sociales, costos, etc.

La diferencia principal entre la ruta escogida en la primera fase de Planeación, ruta con la que se hizo el estudio Beneficio-Costo, es que en este estudio de Selección Preliminar de ruta se estudia con más detalle la topografía, el drenaje, el uso de suelo, puntos obligados, entronques necesarios, etc.

El estudio de selección de ruta debe ser elaborado por un Director de Proyecto Geométrico y un Proyectista especializado en Proyecto Geométrico. La especialidad de estos ingenieros civiles, les hace expertos en proyectar de acuerdo con la topografía las curvas que requiera la carretera, para

que los vehículos puedan circular con seguridad y confort a la velocidad de proyecto; también diseñan las pendientes o inclinación de los ascensos o descensos para que los vehículos pesados, con las cargas legales puedan ascender o descender a velocidad conveniente. También proyectan de acuerdo con la geología y la topografía de la zona la magnitud de los cortes y terraplenes, procurando que el volumen que se obtenga de la excavación de los cortes sea igual o lo más parecido al volumen necesario para construir los terraplenes.

Analizan de igual manera las distancias de visibilidad de rebase y de parada de acuerdo con la topografía y las pendientes, para delimitar las zonas en las que se puede rebasar en el caso de carreteras con un carril para cada sentido de circulación. Estos especialistas, verifican la ubicación de entronques y pasos a desnivel, que requieren de un estudio y proyecto muy particular y detallado.

Otro punto obligado de paso podría corresponder al cruce de una montaña, es decir el paso desde un sitio o población situada en un valle, en un lado de la montaña, a una población situada del otro lado de la misma, este paso habría que ser localizado en el punto más bajo entre ambas poblaciones, que corresponde a lo que se conoce como puerto de montaña. Otro punto importante sería el acceso a poblaciones intermedias entre el origen y el destino final, acceso a zonas de desarrollo futuro, tanto social como económico, o bien zonas que deban evitarse por posibilidades de deterioro ambiental y ecológico.

Enseguida, debe elaborarse el análisis geológico, de drenaje y de uso de suelo. Este análisis se hace pasando las alternativas de ruta establecidas en el análisis topográfico a los planos del INEGI, geológico y de uso de suelo, y también al plano geológico que se hizo durante la etapa de planeación. Analiza que las rutas establecidas en el estudio topográfico no tengan inconvenientes desde el punto de vista geotécnico, como pudieran ser laderas inestables, materiales colapsables o de baja resistencia, zonas con materiales compresibles o de posibles hundimientos, zonas donde se pase por una falla geológica activa o que haya producido rocas muy fracturadas que pudieran producir derrumbes e inestabilidades si se construye por esa zona la carretera, etc.

Levantamiento fotogramétrico

La fotogrametría se define como el conjunto de métodos y procedimientos mediante los cuales se puede deducir de la fotografía de un objeto, su forma, dimensiones, así como su situación; el levantamiento fotogramétrico es la aplicación de la fotogrametría a la topografía. En caso del estudio para carreteras, mediante la toma de fotografías aéreas de un área que cubre la zona de una ruta, y utilizando técnicas y equipos de análisis estereográfico, que permiten visualizar la zona en estereoscopia, se elaboran planos topográficos detallados con los cuales se puede trabajar el anteproyecto con sus especificaciones técnicas, cálculo de volúmenes y costos preliminares de construcción y de operación de las rutas preliminares.

Como resultado del levantamiento fotogramétrico, se pretende obtener un mapa o carta a base de un mosaico con las fotografías aéreas, con una escala ajustada y corregida, así como con las coordenadas correspondientes de todas las zonas, de cada una de las rutas por estudiar.

Una vez que se tienen en campo los puntos de apoyo y de control terrestre, se pueden hacer los vuelos para las tomas de las fotografías aéreas a las escalas que necesite el proyecto.

En resumen, las actividades necesarias para un levantamiento fotogramétrico son:

- Control del vuelo Aero-Fotogramétrico
- Planificación y ejecución del apoyo de campo

- Aero-Triangulación
- Orientación de los Modelos Estereoscópicos
- Restitución Planimétrica

En función de la finalidad del trabajo se determina la escala del vuelo, la focal, la superposición longitudinal y transversal de cada fotografía. Se planifican los ejes de vuelo de forma tal que se cubra toda la zona de interés. Se determinan las coordenadas geográficas de los puntos de entrada y salida de cada recorrido, las cuales guiarán al navegador del avión aero-fotogramétrico.

Orientación de los Modelos Estereoscópicos

Una vez obtenidas las coordenadas de todos los puntos fotogramétricos mediante la aeri-triangulación, más las coordenadas de los puntos de campo, se prepara un mapa digital que va a ser la base de la restitución.

Para ello se coloca en el aparato restituidor, las mismas diapositivas utilizadas en la aeri-triangulación y se ajusta el modelo espacial a los valores obtenidos en el paso anterior, quedando el modelo estereoscópico perfectamente orientado con la realidad.

Restitución Planimétrica

Toda interpretación y volcado de detalles en la cartografía está en directa relación con la escala del vuelo fotográfico. La forma del terreno se representa con curvas de nivel según la equidistancia fijada en el pliego. La altimetría se complementa mediante el acotamiento de puntos con una densidad acorde a la escala de restitución y de común acuerdo con el comitente. La cantidad de puntos acotados es tal que pueden caracterizar la forma del terreno, indicando siempre los puntos más elevados y los más bajos, así como todo punto en que se produzca un cambio brusco de pendiente.

En la preparación de vuelo se prevé desde la altura a la cual se volará, hasta las líneas de vuelo necesarias para cubrir toda el área con fotografías que deben tener un zona determinada de traslape para lograr el efecto estereográfico que permitirá calcular las elevaciones de todos los puntos. Los puntos de apoyo y de control terrestre deben estar visibles para el avión y deben ser fotografiados, ya que son la base para el cálculo de las coordenadas y la altimetría o medición de las cotas y curvas de nivel que se presentarán en los planos.

Una vez que se ha logrado obtener las fotografías aéreas, se procede a elaborar la restitución. Restituir un punto de la fotografía es determinar su situación relativa respecto a otros que aparezcan también en la foto y de los que se conozcan su altitud y sus coordenadas. Al restituir todos los puntos de las fotos aéreas, con ayuda de todos los puntos de apoyo terrestre que se colocaron previamente y de los cuales se conocen sus coordenadas (xyz), se obtienen los planos topográficos con las curvas de nivel y con los datos detallados de todos los terrenos que se podrían afectar con la construcción de la carretera.

Ante presupuesto de las rutas estudiadas

El objetivo de este estudio es calcular el ante presupuesto del costo de construcción de la carretera. Al igual que en el estudio de los costos de operación, en este estudio se calcula el costo de construcción de manera preliminar de cada uno de los anteproyectos de las alternativas de ruta.

El volumen de movimiento de tierras, es decir de cortes y terraplenes construidos es uno de los más importantes elementos del costo; sin embargo, en esta etapa del estudio todavía no se tiene la

magnitud de los cortes puesto que no se ha hecho el estudio geotécnico de detalle para establecer la inclinación de los taludes de los cortes; tampoco se tiene la ubicación de bancos de préstamo de materiales para terracerías que son indispensables para formar la capa superior de los terraplenes y cortes, y que servirá para apoyar el pavimento. Se cuenta ya con el estudio geotécnico preliminar que sirvió para ubicar las alternativas de ruta, y el proyectista tendrá que apoyarse en este estudio para establecer la inclinación de los taludes de los cortes y la ubicación de los bancos de materiales para terracerías. Con esa información se puede hacer una estimación muy adecuada a nivel de ante presupuesto de los volúmenes de movimiento de tierras, y por lo tanto del costo que pudiera tener la construcción de terracerías.

Proyecto geométrico

Alineamiento horizontal

La base del proyecto ejecutivo de una carretera, así como el emblema y representación de todos los estudios, trabajos y proyectos de este gran proyecto de inversión, es el plano con el proyecto en planta de una carretera.

La planta de un proyecto ejecutivo es la representación gráfica en un plano horizontal, de la superficie de la tierra, sobre la que se dibuja la traza del eje del proyecto. Es una vista desde arriba del trazo de la carretera sobre el terreno natural. Esta representación de la superficie de la tierra es la que se ha obtenido a través de todos los estudios topográficos y fotogramétricos realizados, y en ella se observan con detalle todos los accidentes topográficos, todas las construcciones, linderos y terrenos, así como todos los puentes, túneles y entronques proyectados.

La planta de la carretera que representa el alineamiento horizontal definitivo, es el resultado de un largo proceso que se ha estado desarrollando desde que se idealizó, y que se ha ido elaborando paso a paso, con la finalidad de obtener el trazo que mejor satisfaga las demandas del proyecto.

Debe recordarse que el planteamiento de la demanda fue establecido, ya sea por medio del monitoreo del tránsito en la zona, por planes de desarrollo regional, por planeación de nuevas zonas de desarrollo, por incremento del producto regional, por planes de integración nacional, etc. Una vez planteada la demanda de un servicio, se hizo un estudio de ingeniería de tránsito en el que se obtuvo con todo detalle el volumen de tránsito al que debería darse el servicio, las mejoras que deberían obtenerse respecto a otras opciones de viaje sin el proyecto de una nueva carretera y, sobre todo, los beneficios que se obtendrían al construir una nueva carretera.

El trazo de la carretera representado por el alineamiento horizontal, corresponde a la ruta definitiva elegida entre otras por ser la que proporciona el servicio al menor costo de operación. El alineamiento horizontal debe proporcionar al usuario un manejo fluido de su vehículo, sin sobresaltos ni sorpresas, en armonía con la topografía o accidentado del terreno, con curvas adecuadas a la velocidad de operación y con la visibilidad adecuada. La tecnología para lograr este cometido, ya fue aplicada al elaborar el proyecto de trazo definitivo sobre los planos de topografía obtenidos de las fotos aéreas. Ahora ya se tiene la topografía levantada en campo con mayor precisión y se procede a elaborar los planos de proyecto ejecutivo empezando por la planta del trazo.

Alineamiento Vertical

El alineamiento vertical se refiere al perfil topográfico de la carretera. Es una vista de perfil, en la que se pueden visualizar las subidas, bajadas, tramos planos, etc., con lo que se aprecia el desplazamiento del trazo en relación con el terreno natural, observándose si el camino va sobre un

terraplén o por un corte, si la pendiente es muy fuerte, si la distancia de subida con pendiente fuerte es grande, si los terraplenes son altos, etc.

Cuando se diseñó el trazo definitivo en los planos obtenidos de las fotos aéreas, se hizo un diseño del alineamiento vertical; sin embargo, entonces no se contaba con el estudio geotécnico definitivo que determina las inclinaciones de los taludes y el tipo de material que se obtendría de las excavaciones; toda esta información se manejó de manera preliminar. Ahora que ya se ha implantado en campo el trazo definitivo y que se tiene la topografía con detalle obtenida de un levantamiento topográfico, y que se tiene además el estudio geotécnico definitivo, se debe revisar y ajustar el diseño. Es decir, ahora se debe hacer el diseño definitivo y elaborar el proyecto ejecutivo.

Debe recordarse que el diseño geométrico está regido por una velocidad de proyecto que fue determinada en base a la demanda del servicio obtenida de un estudio de ingeniería de tránsito. Una vez establecido el volumen y composición del tránsito de proyecto y la velocidad de proyecto, mediante el diseño geométrico se debe lograr dar un servicio de manejo fluido, seguro, en armonía con la topografía y con el paisaje, logrado todo esto con el menor costo posible y con el menor impacto ambiental.

El diseño del alineamiento vertical, consiste en el ajuste del perfil de la carretera para lograr que, por un lado las subidas y bajadas no sean muy pronunciadas, o en otras palabras, que las pendientes no sean muy fuertes y largas. Que los cortes y los terraplenes no sean muy altos, y que al igual que en el alineamiento horizontal se tenga una circulación cómoda, fluida y segura, dentro de los límites de la velocidad de proyecto de la carretera.

En el diseño del alineamiento vertical deben calcularse las distancias de visibilidad de parada y vigilar que se cumplan de preferencia mucho más allá de los mínimos, para comodidad de los usuarios. El alineamiento vertical debe estar combinado con el alineamiento horizontal de manera que funcionen en forma armónica dando al usuario el mayor confort y seguridad. Para una combinación adecuada del alineamiento horizontal con el perfil, se puede mencionar, como ejemplo, que deben cumplirse las consideraciones siguientes:

- Las curvas de la carretera deben estar balanceadas con las pendientes. Curvas amplias o grandes tangentes no son compatibles con fuertes pendientes o con pendientes en longitudes grandes, así como con curvas cerradas con pendientes pequeñas o terrenos planos. Ambas situaciones deben evitarse pues constituyen un mal diseño.
- Curvas verticales superpuestas con curvas horizontales, generalmente constituyen un buen diseño, aunque es necesario analizar cuidadosamente cada caso particular. Cambios sucesivos en el perfil sin una combinación con curvas horizontales podrían dar por resultado una serie de jorobas visibles desde cierta distancia por los conductores, lo cual no es un buen diseño.
- Curvas horizontales cerradas no deben ubicarse en la cresta o cerca de la cresta de una curva vertical pronunciada. En esta condición el conductor puede no percatarse del cambio horizontal del alineamiento especialmente de noche.
- En las intersecciones, tanto las curvas horizontales como las verticales deben hacerse lo más planas que sea posible, ya que la distancia de visibilidad en esos casos es muy importante puesto que los vehículos en la intersección pueden disminuir la velocidad o incluso parar.

Una vez que se ha conformado el alineamiento vertical o perfil, con el alineamiento horizontal o planta del trazo definitivo, y que también se tiene definida tanto la ubicación con detalle como la forma en que se han resuelto los entronques, túneles, viaductos, y que se tiene también la lista de los sitios donde se ubicarán pasos a desnivel con su respectiva solución en cuanto al tipo de pasos, se procede entonces a la elaboración del proyecto ejecutivo.

Proyecto de señalamiento

Las señales en una carretera cumplen una función primordial. Nuevamente se tiene el caso de que no basta con que una carretera tenga un excelente diseño geométrico y un pavimento en magníficas condiciones, ya que si no se tiene un buen señalamiento, no se puede dar el servicio y se desvirtúa todo el trabajo que se hizo en otras áreas. La operación de la carretera se maneja a través de un señalamiento adecuado.

Las señales en carreteras son dispositivos de control del tránsito para protección e información al usuario. Mediante las señales se canaliza el tránsito en los carriles adecuados según la ruta que necesite el usuario, se le informa y restringe sobre la velocidad a la que debe circular y se le da todo tipo de información sobre su viaje.

Se le llama señalamiento horizontal al que se pinta sobre la superficie del pavimento y señalamiento vertical al que se presenta mediante tableros sostenidos con postes. Dentro del señalamiento vertical, se destacan las señales informativas digitales o luminosas diseñadas de tal manera que difícilmente pasen desapercibidas.

De acuerdo con lo que se pretenda señalar, se clasifican en señales preventivas, restrictivas, informativas, marcas en el pavimento y señales de protección en obras. Las dimensiones de las señales, su ubicación, materiales con los que deben construirse, tipo de pintura, etc., están reguladas por las Normas Oficiales Mexicanas de Señalamiento y de las Normas SCT, las que a su vez están coordinadas con normas internacionales.

Toponimia

Toponimia es el estudio del origen y significación de los nombres propios del lugar, consiste en registrar los nombres de los predios, ranchos, parcelas, ejidos, comunidades, etc. Por los que va pasando el eje del trazo del proyecto definitivo.

En el plano de la planta del trazo del eje del proyecto, se debe registrar toda esta información. El topógrafo debe auxiliarse con la planta restituida del vuelo bajo, misma que le sirve de referencia para implantar en campo el trazo definitivo; en esa planta ya vienen registrados todos los linderos de los terrenos, así como caminos y veredas regionales que fueron tomados de las fotografías aéreas. Ahora, ya en campo, es necesario primero verificar todos esos cruces con linderos de terrenos y referenciarlos con precisión a la topografía de campo, considerando que no solo interesa el punto del cruce con el eje del trazo, sino también los cruces de esos linderos con las líneas del derecho de vía.

Conocida la ubicación de los predios, es necesario conocer también el nombre regional y el nombre del dueño. En caso de terrenos comunitarios, el nombre del ejido o de la comunidad. También se recaba el uso de suelo que se está dando al predio, es decir, de cultivo, pastoreo, potrero, zona virgen, etc. Toda esta información debe presentarse en el plano de la planta del trazo.

En todos los caminos o veredas que cruce el trazo, o que pasen cerca del trazo de manera que aparezcan en la zona del plano de planta, deberá recabarse el dato del lugar de destino hacia cada

uno de los lados del camino o vereda. Naturalmente, se consignará también el nombre de todos los pueblos o rancherías cercanos al trazo y que aparezcan en la planta. Es importante también el nombre del municipio al que pertenece el terreno por el que se desarrolla el trazo. Toda esta información debe presentarse en la planta del trazo.

Este trabajo de toponimia, se realiza como parte de la topografía de implantación del trazo definitivo. Básicamente el topógrafo en jefe de la brigada, el trazador, es el que debe consignar la ubicación por coordenadas de cada uno de los puntos de los linderos; sin embargo, es necesario que cuente con un auxiliar de ingeniero encargado exclusivamente del tema, es decir, en primer lugar señalándole al topógrafo los puntos de los linderos que debe ubicar, y por otra parte, recabando toda la información acerca de los nombres de predios, propietarios, uso de suelo, etc.

La toponimia es parte de los trabajos de topografía de implantación del trazo definitivo, y para cuestión de tiempo de ejecución debe considerarse el mismo de la topografía. Solo hay que considerar en el personal de la brigada de topografía a un auxiliar adicional encargado del tema de la toponimia.

Paisaje

El objetivo de este estudio es el de evaluar las rutas con fines de comparación, desde el punto de vista del paisaje. Hoy en día existe la necesidad de entender el paisaje como *un recurso clave para el desarrollo económico y la competitividad de los territorios*, mejorando su atractivo turístico y convirtiéndose en un incentivo para la captación de inversiones, siempre desde una rigurosa protección medioambiental y una gestión urbana equilibrada y sostenible; según fuentes de la consejería de Obras Públicas de Murcia, España, donde recientemente se llevó a cabo un seminario sobre *“El Entorno como Factor de Desarrollo”*. En ese seminario, los expertos internacionales Andreas Hildenbrand (Alemania) y Antonio J. Navarro (España) externaron interesantes opiniones que aquí se reproducen por corresponder al tema de paisaje en carreteras.

El estudio preliminar de paisaje, realizado aquí por medio de las fotografías aéreas, compara para cada una de las rutas, la integración de la carretera con el entorno y el paisaje calificándolas subjetivamente desde la mejor ruta desde el punto de vista de paisaje e integración al entorno. Se presenta un informe final, señalando los resultados de la evaluación y describiendo las ventajas y desventajas de cada una de las rutas estudiadas.

Costos de operación

Puesto que cada uno de los anteproyectos de las alternativas de ruta tiene ventajas y desventajas con respecto a los otros anteproyectos, una manera de compararlos para decidir la ruta definitiva seleccionada, es mediante la comparación de sus costos. Los costos considerados en esta etapa son principalmente los de construcción y operación. En este estudio se obtendrán los costos de operación.

Los costos de operación, en este caso, corresponden a los costos de recorrido de los vehículos que circularán por la carretera y se agrupan en tres categorías:

- Costos anuales fijos
- Costos hora-vehículo transcurridos
- Costos vehículo-kilómetro recorridos

Para los análisis que se necesitan en ésta etapa, los costos que se requiere calcular en este estudio son los correspondientes a los costos vehículo/kilómetro, incluyendo el costo anual fijo. Cada tipo de vehículo tiene un costo diferente, por ejemplo un automóvil, un vehículo de carga tipo “tráiler” (tractor con semirremolque), autobús, camión de carga tipo tórton, etc., evidentemente cada uno de estos tipos de vehículos tiene un costo de adquisición diferente, pero además, cuando estos vehículos recorren un kilómetro de carretera, tienen un costo adicional que es diferente para cada uno de ellos, y diferente también según el tipo de carretera que recorran, ya que si la carretera es plana y sin curvas consumen menos gasolina y llantas que si la carretera es en montaña con muchas curvas y fuertes pendientes.

Es necesario en este estudio hacer el cálculo de los costos de operación, para cada uno de los vehículos que circularán por la carretera y para cada uno de los proyectos que se van a analizar, de manera que el objetivo del estudio es tener los datos para calcular el costo total de operación de cada anteproyecto para poder hacer el análisis comparativo. Cada anteproyecto tiene el mismo número de vehículos de cada tipo que circularán por la carretera, pero cada proyecto tiene diferente número de kilómetros por recorrer y diferente tipo de geometría en; terreno plano, montaña y lomerío, con diferente costo en cada tipo de terreno, lo cual dará diferentes costos de operación para cada anteproyecto.

Estos costos de operación, naturalmente que son pagados en primera instancia por cada uno de los usuarios de la carretera, es decir no es un desembolso directo del Gobierno o del constructor; sin embargo, son costos que asume el país y que tienen repercusión en la capacidad de generación de crecimiento económico y en la generación del producto interno. Este concepto es más claro cuando la carretera va a ser de peaje, en la cual se debe ofrecer al usuario un servicio en el que se disminuya el costo de operación con respecto a la opción de escoger circular por otras rutas que no le cobren pero donde el costo de operación sea mayor.

Para este tipo de análisis, es factible utilizar los costos de operación para cada tipo de vehículo calculados por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), los cuales se pueden encontrar en la Publicación Técnica No. 316 del año 2008. Los cálculos se hicieron con datos de costos de adquisición de los vehículos y de los insumos de ese año, y están presentados de manera que fácilmente se puedan actualizar los datos y obtener el costo de operación correspondiente.

VI Conclusiones

Como ya lo vimos, el desarrollo económico de un país está ligado directamente a su infraestructura carretera, ya que a través de ella se logra unir a los diversos sectores de la sociedad y promover el intercambio de productos y mercancías, para la movilidad de personas y para cubrir necesidades y servicios para toda la población.

Esto es de suma importancia, ya que la carga que se desplaza por el país suma el 67%, y el 98% de pasajeros lo realiza por esta vía.

Así mismo, el proyecto de una carretera está compuesto de distintas etapas que se encuentran ligadas entre sí, y que en su conjunto dan como producto final un elemento de desarrollo fundamental en el crecimiento de un país.

Por lo que es de vital importancia para toda la sociedad que los que estamos ligados de una manera directa apliquemos todo el conocimiento y realicemos todos los estudios necesarios para poder contribuir al desarrollo del país.

En lo particular se cumplió el objetivo de la presente tesis ya que han quedado descritas todas las características, tanto técnicas, sociales y económicas, así como los estudios requeridos que deben ser tomados en cuenta para alcanzar los lineamientos requeridos de un proyecto de infraestructura carretera.

Al realizar este trabajo y exponer los lineamientos requeridos, me doy cuenta y estoy convencido de que se puede mejorar en todos los ámbitos necesarios para dar un nivel de satisfacción al usuario, así como darle desarrollo a la población tomando en cuenta todos los factores técnicos, sociales y económicos, para darle desarrollo al país. Cabe señalar que a pesar de tanta información, propuse la más relevante a mi consideración y que para cada estudio se necesita profundizar hasta realizarlo de manera particular y también reconocer que no fue sencillo, pero quedo satisfecho con el trabajo realizado.

También estoy convencido de que sólo a través de la participación conjunta de instituciones académicas y sociedad, impulsaremos al gobierno a actuar con transparencia y efectividad, ya que como algunas instituciones han documentado, los principales motivos de atraso del programa carretero afectan a la sociedad y al desarrollo de la economía, entre ellos se encuentran:

- a) La deficiente planeación y la elaboración de los proyectos de infraestructura carretera
- b) La tardía adecuación del marco legal, sobre todo en cuanto a reformas a la Ley de Expropiación, lo que significa un obstáculo importante para obtener derechos de vía
- c) Las ineficiencias operativas y funcionales de los centros SCT que ocasionan que los proyectos ejecutivos sean deficientes
- d) La falta de un esquema de licitaciones integral; y
- e) Un proceso de Presupuestación politizado en el cual, el congreso interviene sin tomar en cuenta los elementos técnicos de los proyectos de infraestructura como criterio de asignación del gasto, por lo que este rubro se utiliza como herramienta de negociación política.

Mientras no se resuelvan estos obstáculos, será complicado que la infraestructura carretera se convierta en un pilar que impulse la modernización y el crecimiento económico del país.

Es por esto que el gasto público en México tiene efectos limitados para promover el crecimiento económico y la equidad de oportunidades.

Las razones para la enorme desconexión entre el nivel de gasto público realizado y los resultados son muy particulares en cada sector; sin embargo, existe una serie de elementos comunes que explican en gran medida la falta de calidad y eficiencia del gasto público en el país, tales como:

- El uso político del presupuesto
- Un arreglo federal disfuncional y oneroso
- La falta de mecanismos efectivos de control y rendición de cuentas
- Escasos indicadores relevantes para medir el impacto real del gasto

Un gasto público ineficiente y de impacto limitado no puede admitirse en un país que subsiste con tantas carencias sociales y económicas, y que enfrenta un escenario de recursos públicos escasos.

Es por eso que este esfuerzo conjunto entre academia y sociedad civil debe busca contribuir con evidencia y hallazgos relevantes al debate público, aportar elementos para guiar la toma de decisiones y traducir propuestas en políticas públicas que mejoren la gestión de recursos y el bienestar de los ciudadanos.

Finalmente, también estoy convencido de que sólo a través de ésta participación Academia-Sociedad haremos que el gobierno actúe con transparencia y efectividad.

Por lo tanto:

Las asociaciones público-privadas son indispensables para aumentar la inversión en infraestructura carretera en México, y para el éxito de estas asociaciones es fundamental una rigurosa preparación y ejecución de los proyectos en todos los sentidos.

Bibliografía.

- Catálogo de secciones estructurales de pavimentos para las carreteras de la república mexicana.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
Dirección general de servicios técnicos.
- Diseño Estructural de Pavimentos asfálticos, incluyendo carreteras de altas especificaciones.
Instituto de Ingeniería
UNAM
- Series del instituto de Ingeniería.
Corro, S y Prado, G, "Diseño estructural de carreteras con pavimento flexible",
Instituto de Ingeniería, UNAM, Informe 325, México, D. F. (ene 1974).
- Consideraciones sociodemográficas complementarias a la evaluación económica de proyectos de infraestructura carretera.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
Instituto Mexicano del Transporte.
- Asociaciones Público-Privadas para el desarrollo carretero en México.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- INEGI "XII Censo de Población y Vivienda, 2000"
- Antún, J. P. "Toma de decisiones multicriterio: El enfoque Electre", Instituto de Ingeniería D-38, México, D.F., 1994.
- Sistema integral de información de autotransporte federal, Secretaría de Comunicaciones y Transporte.
- Manual de proyecto geométrico de carreteras, Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
México, D. F. 1991.
- Diseño estructural de pavimentos asfálticos, incluyendo carreteras de altas especificaciones,
Instituto de Ingeniería. UNAM, 1999.
- Manual de procedimientos de la Dirección General de Desarrollo Carretero, Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Impacto Ambiental de Proyectos carreteros. Efectos por la construcción y conservación de superficies de rodamiento: II Paviméntos Rígidos. SCT, Instituto Mexicano del Transporte.
2001
- Manual de procedimientos para el aprovechamiento del Derecho de Vía en Caminos y Puentes de Cuota. Secretaría de Comunicaciones y transportes. México D. F. Noviembre de 1997.
- Diez puntos para entender el gasto en Infraestructura en México: Evaluación de avances del programa carretero 2007-2012.
- Gabriel Thiollier-Alexandrowicz (2000). Las rutas romanas en Francia. Ed Faton. ISBN2878440366
- Raymond Chevallier: Las vías romanas. (1972) Armand Colin.
- Th. Kissel (2002). «Road-Building as a munus publicum» en P. Erdkamp dir., The Roman Army and the Economy. Ámsterdam, p. 127—160.
- Pavimentos Flexibles. Problemática, metodologías de Diseño y Tendencias.
- México Evalúa, Centro de Análisis de Políticas Públicas, reporte en base en el documento Gasto en Infraestructura. El programa carretero 2007-2012.
- Anuario estadístico, sector comunicaciones y transportes 2013, directorio de las dependencias generadoras de información. Dirección general de planeación, Dirección de estadística y cartografía SCT 2013.

Anexos



15 CORREDORES TRONCALES	
México - Guadalajara - Tepic - Mazatlán - Guaymas - Hermosillo - Nogales con ramal a Tijuana	
México - Querétaro - San Luis Potosí - Saltillo - Monterrey - Nuevo Laredo con ramales a Piedras Negras	
Querétaro - Irapuato - León - Lagos de Moreno - Aguascalientes - Zacatecas - Torreón - Chihuahua - Cd. Juárez	
Veracruz - Monterrey con ramal a Matamoros	
Puebla - Progreso	
Mazatlán - Durango - Torreón - Saltillo - Monterrey - Reynosa - Matamoros	
Puebla - Cd. Hidalgo	
Manzanillo - Guadalajara - Lagos de Moreno - San Luis Potosí - Tampico con ramal a Lázaro Cárdenas y Ecuandureo	
Circuito Transístmico	
Acapulco - Cuernavaca - México - Tuxpam	
Acapulco - Cuernavaca - Puebla - Veracruz	
Altiplano	
Transpeninsular de Baja California	
Peninsular de Yucatán	
Del Pacífico	

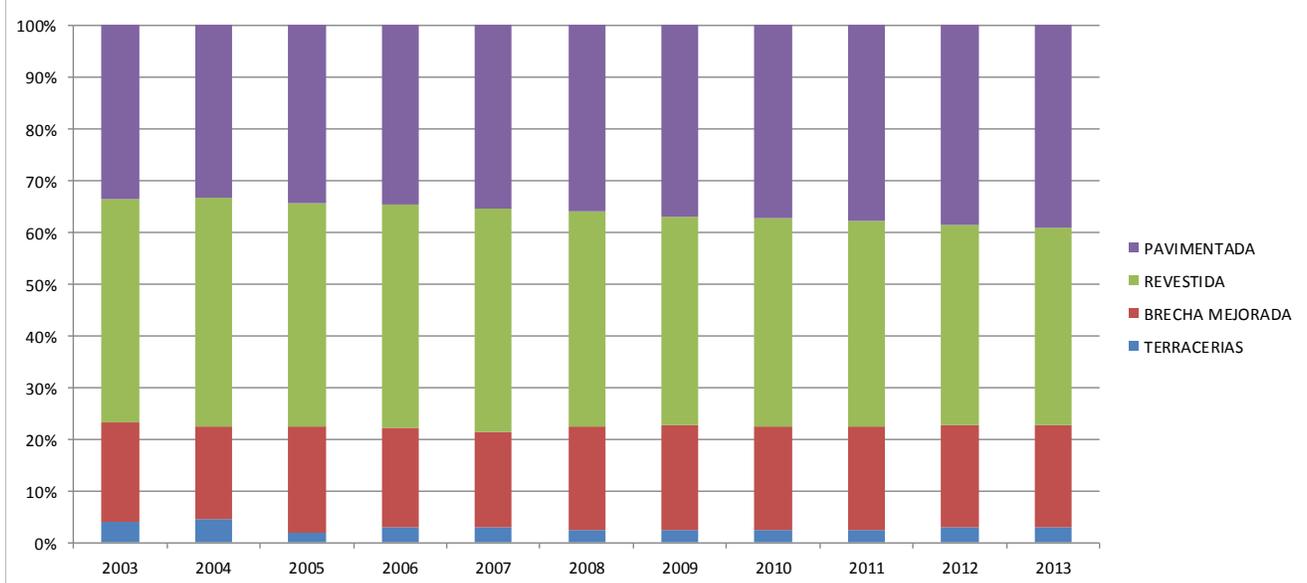
DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LA LONGITUD DE LA RED DE CARRETERAS SEGUN SU SUPERFICIE DE RODAMIENTO



LONGITUD DE LA RED CARRETERA SEGUN SUPERFICIE DE RODAMIENTO
 Serie anual de 2003 a 2013
 (Kilometros)

AÑO	TOTAL	PAVIMENTADA			REVESTIDA	TERRACERIA	BRECHA MEJORADA
		SUBTOTAL	CUATRO O MAS CARRILES	DOS CARRILES			
2003	349,037	117,023	10,578	106,445	151,433	13,661	66,920
2004	352,072	116,923	10,969	105,954	156,501	15,500	63,148
2005	355,796	122,678	11,231	111,447	153,065	7,167	72,886
2006	356,945	123,354	11,328	112,026	154,496	10,525	68,570
2007	360,075	127,173	11,616	115,557	156,184	10,149	66,569
2008	364,612	131,245	11,974	119,271	151,288	8,937	73,142
2009	366,807	136,157	11,972	124,185	147,714	8,798	74,138
2010	371,936	138,404	12,640	125,764	150,404	8,782	74,346
2011	374,262	141,361	13,041	128,320	148,782	8,805	75,314
2012	377,660	146,221	14,499	131,722	145,576	11,266	74,597
2013	378,923	148,329	15,044	133,285	144,799	11,245	74,550

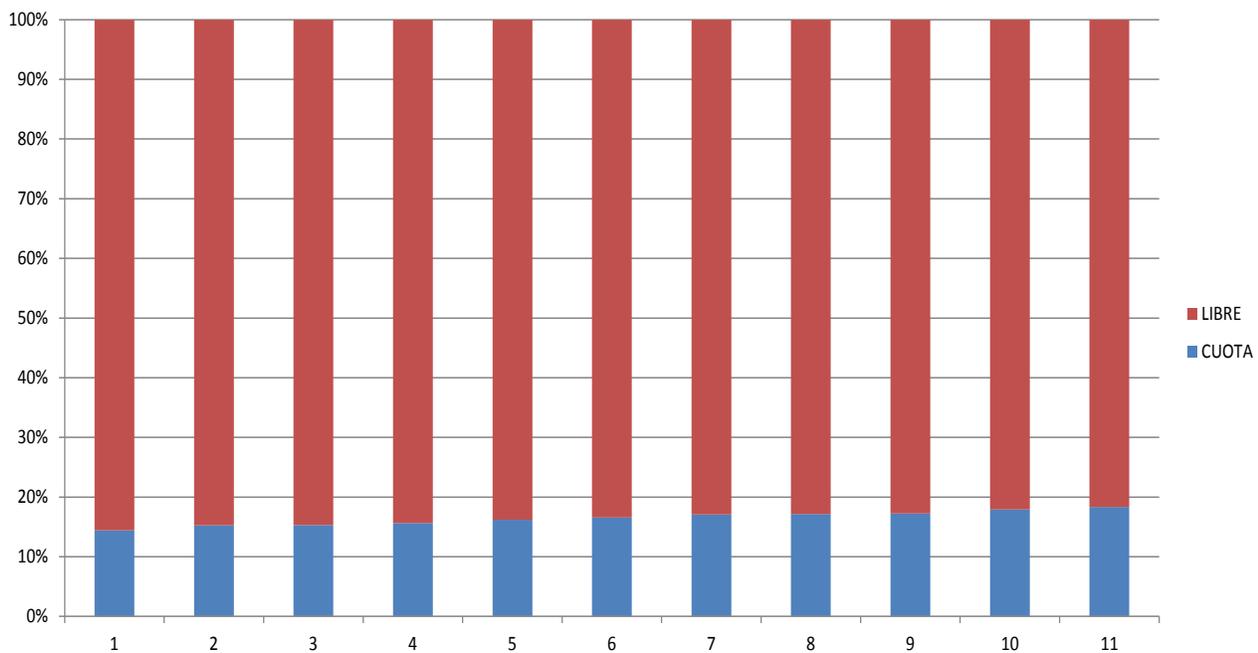
DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LA LONGITUD DE LA RED CARRETERA SEGUN SUPERFICIE DE RODAMIENTO



LONGITUD DE LA RED CARRETERA FEDERAL SEGUN TIPO DE RED
Serie anual de 2003 a 2013
(Kilometros)

AÑO	TOTAL	CUOTA			LIBRE		
		SUBTOTAL	CUATRO O MAS CARRILES	DOS CARRILES	SUBTOTAL	CUATRO O MAS CARRILES	DOS CARRILES
2003	48,433	6,979	5,310	1,669	41,454	3,778	37,676
2004	48,575	7,423	5,484	1,939	41,152	3,928	37,224
2005	48,362	7,409	5,358	2,051	40,953	4,138	36,815
2006	48,319	7,558	5,478	2,080	40,761	4,112	36,649
2007	48,475	7,844	5,534	2,310	40,631	4,292	36,339
2008	48,627	8,064	5,577	2,487	40,563	4,399	36,164
2009	48,844	8,335	5,705	2,630	40,509	4,390	36,119
2010	48,972	8,397	5,709	2,688	40,575	4,619	35,956
2011	49,102	8,459	5,708	2,751	40,643	4,895	35,748
2012	49,652	8,900	5,939	2,961	40,752	6,069	34,683
2013	49,986	9,174	6,158	3,016	40,812	6,377	34,435

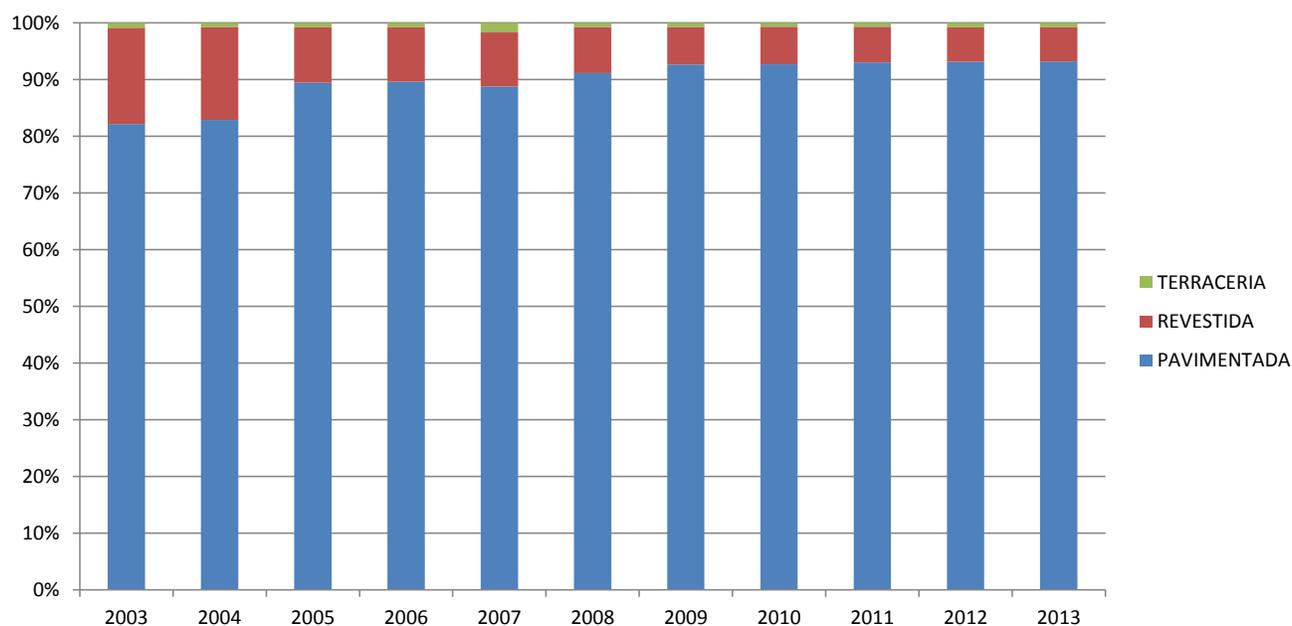
DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LA LONGITUD DE LA RED CARRETERA TRONCAL FEDERAL SEGUN TIPO DE RED



**LONGITUD DE LA RED CARRETERA ALIMENTADORA
SEGUN SUPERFICIE DE RODAMIENTO
Serie anual de 2003 a 2013
(Kilometros)**

AÑO	TOTAL	PAVIMENTADA			REVESTIDA	TERRACERIA
		SUBTOTAL	CUATRO O MAS CARRILES	DOS CARRILES		
2003	74,139	60,893	1,490	59,403	12,586	660
2004	75,217	62,345	1,557	60,788	12,316	556
2005	71,032	63,538	1,735	61,803	6,934	560
2006	72,179	64,685	1,738	62,947	6,934	560
2007	73,874	65,586	1,790	63,796	7,022	1,266
2008	76,428	69,646	1,998	67,648	6,224	558
2009	78,267	72,496	1,877	70,619	5,213	558
2010	79,264	73,464	2,312	71,152	5,242	558
2011	80,774	75,144	2,438	72,706	5,072	558
2012	83,982	78,208	2,491	75,717	5,137	637
2013	85,076	79,302	2,509	76,793	5,137	637

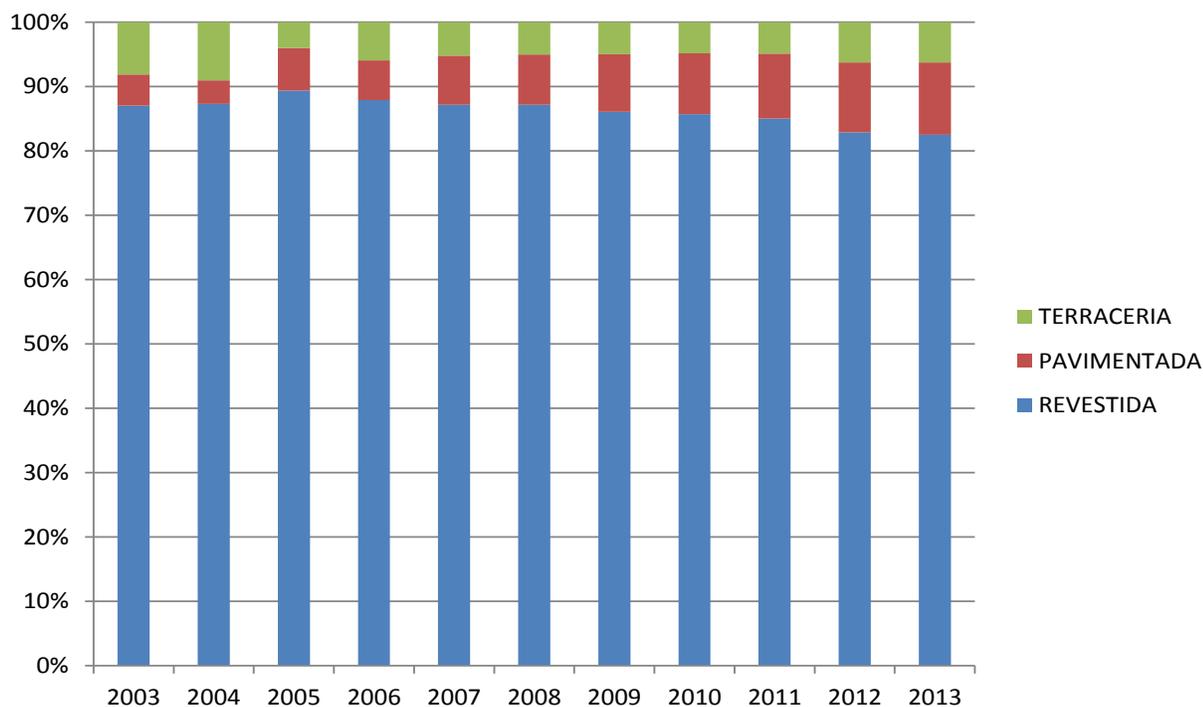
**DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LA LONGITUD DE LA RED
CARRETERA ALIMENTADORA SEGUN SUPERFICIE DE
RODAMIENTO**



**LONGITUD DE LA RED DE CAMINOS RURALES
SEGUN SUPERFICIE DE RODAMIENTO
Serie anual de 2003 a 2013
(Kilometros)**

AÑO	TOTAL	PAVIMENTADA	REVESTIDA	TERRACERIA
2003	159,545	7,697	138,847	13,001
2004	165,132	6,003	144,185	14,944
2005	163,516	10,778	146,131	6,607
2006	167,877	10,350	147,562	9,965
2007	171,157	13,112	149,162	8,883
2008	166,415	12,972	145,064	8,379
2009	165,558	14,817	142,501	8,240
2010	169,354	15,968	145,162	8,224
2011	169,072	17,115	143,710	8,247
2012	169,429	18,361	140,439	10,629
2013	169,311	19,041	139,662	10,608

**DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LA LONGITUD
DE LA RED CARRETERA ALIMENTADORA SEGUN
SUPERFICIE DE RODAMIENTO**



**LONGITUD DE LA RED DE AUTOPISTAS A CARGO DE CAMINOS
Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
POR TIPO DE RED, AUTOPISTA Y ENTIDAD FEDERATIVA
SEGUN NUMERO DE CARRILES
(Kilometros)**

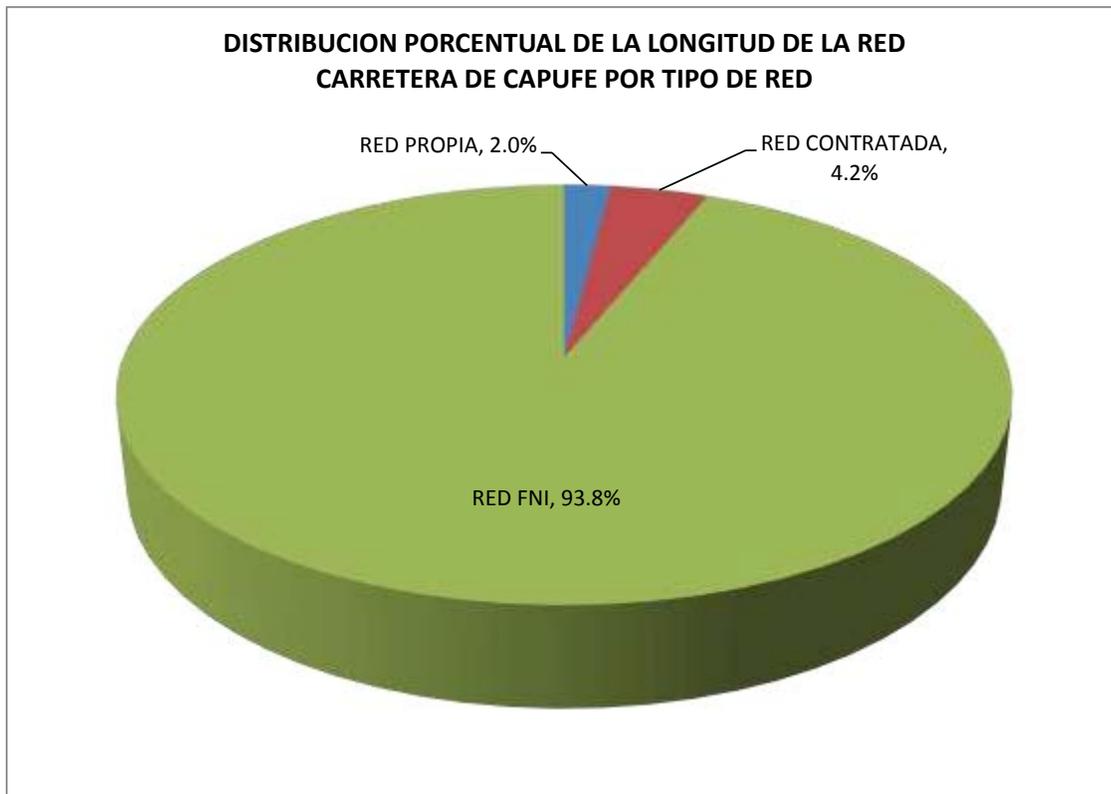
RED	AUTOPISTA	ENTIDAD FEDERATIVA	TOTAL	DOS CARRILES	CUATRO O MAS CARRILES
Total					
Red propia			76.7	76.7	-
	Chapalilla-Compostela				
		Nayarit	35.5	35.5	-
	Entronque Cuauhtemoc-Entronque Osiris				
		Zacatecas	41.2	41.2	-
Red contratada			161.8	116.0	45.8
	Mexico-Tizayuca				
		Hidalgo	11.4	-	11.4
		Mexico	34.4	-	34.4
	Libramiento Tulancingo-Nuevo Necaxa				
		Hidalgo	42.0	42.0	-
		Puebla	15.9	15.9	-
	Libramiento Norte de Chilpancingo-Montaña Baja				
		Guerrero	20.6	20.6	-
	Entronque Tihuatlan-Tuxpan				
		Veracruz	37.5	37.5	-
Red FNI			3,625.4	945.6	2,679.8
	Mexico-Cuernavaca				
		Distrito Federal	28.3	-	28.3
		Morelos	33.2	-	33.2
	Puente de Ixtla-Iguala				
		Guerrero	44.7	44.7	-
		Morelos	18.9	18.9	-
	Le Pera-Cuautla				
		Morelos	34.2	34.2	-
	Zacapalco-Rancho Viejo				
		Guerrero	17.1	17.1	-
	Campeche-Champoton				
		Campeche	39.5	-	39.5
	Cuernavaca-Acapulco				
		Guerrero	201.6	-	201.6
		Morelos	61.0	-	61.0
	Monterrey-Nuevo Laredo				
		Nuevo Leon	123.1	-	123.1
	Libramiento Poniente de Tampico				
		Tamaulipas	14.5	14.5	-
	Libramiento Sur II de Reynosa				
		Tamaulipas	12.7	12.7	-
	Cadereyta-Reynosa				
		Nuevo Leon	132.0	-	132.0
	Chamapa-Lecheria				
		Mexico	36.1	-	36.1
	Libramiento Noreste de Queretaro				
		Queretaro de Arteaga	37.5	-	37.5
	Cordoba-Veracruz				
		Veracruz de Ignacio de la Llave	98.0	-	98.0
	La Tinaja-Cosoleacaque				
		Veracruz de Ignacio de la Llave	228.0	-	228.0
Subtotal Red FNI			1,160.4	142.1	1,018.3

**LONGITUD DE LA RED DE AUTOPISTAS A CARGO DE CAMINOS
Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
POR TIPO DE RED, AUTOPISTA Y ENTIDAD FEDERATIVA
SEGUN NUMERO DE CARRILES
(Kilometros)**

RED	AUTOPISTA	ENTIDAD FEDERATIVA	TOTAL	DOS CARRILES	CUATRO O MAS CARRILES
Red FNI					
	Estacion Don-Nogales	Sonora	459.0	-	459.0
	Libramiento Oriente Saltillo	Coahuila de Zaragoza	21.0	-	21.0
	La Carbonera-Puerto Mexico	Coahuila de Zaragoza	35.1	-	35.1
	Torreón-Saltillo	Coahuila de Zaragoza	114.8	-	114.8
	Gomez Palacio-Corralitos	Chihuahua	42.0	-	42.0
		Durango	108.6	-	108.6
	Reynosa-Matamoros	Tamaulipas	44.0	-	44.0
	Aguadulce-Cardenas	Tabasco	54.1	-	54.1
	Tihuatlan-Gutierrez Zamora	Veracruz de Ignacio Zaragoza	37.3	-	37.3
	Mexico-Queretaro	Hidalgo	24.4	-	24.4
		Mexico	90.7	-	90.7
		Queretaro de Arteaga	59.4	-	59.4
	Queretaro-Celaya	Guanajuato	37.4	-	37.4
		Queretaro de Arteaga	8.1	-	8.1
	Celaya-Irapuato	Guanajuato	59.3	-	59.3
	Mexico-Puebla	Distrito Federal	0.2	-	0.2
		Mexico	46.6	-	46.6
		Puebla	64.1	-	64.1
	Las Choapas-Ocozacoautla	Chiapas	93.0	93.0	-
		Veracruz de Ignacio Zaragoza	104.5	104.5	-
	Puebla-Orizaba	Puebla	97.5	-	97.5
		Veracruz de Ignacio Zaragoza	36.6	-	36.6
	Tijauna-Esmeralda	Baja California	89.5	-	89.5
	Ciudad Mendoza-Cordoba	Veracruz de Ignacio Zaragoza	39.3	-	39.3
	Rancho Viejo-Taxco	Guerrero	8.3	8.3	-
	Tahuacan-Oaxaca	Oaxaca	159.0	132.0	27.0
		Puebla	84.0	84.0	-
Subtotal Red FNI			2,017.8	421.8	1,596.0

**LONGITUD DE LA RED DE AUTOPISTAS A CARGO DE CAMINOS
Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS
POR TIPO DE RED, AUTOPISTA Y ENTIDAD FEDERATIVA
SEGUN NUMERO DE CARRILES
(Kilometros)**

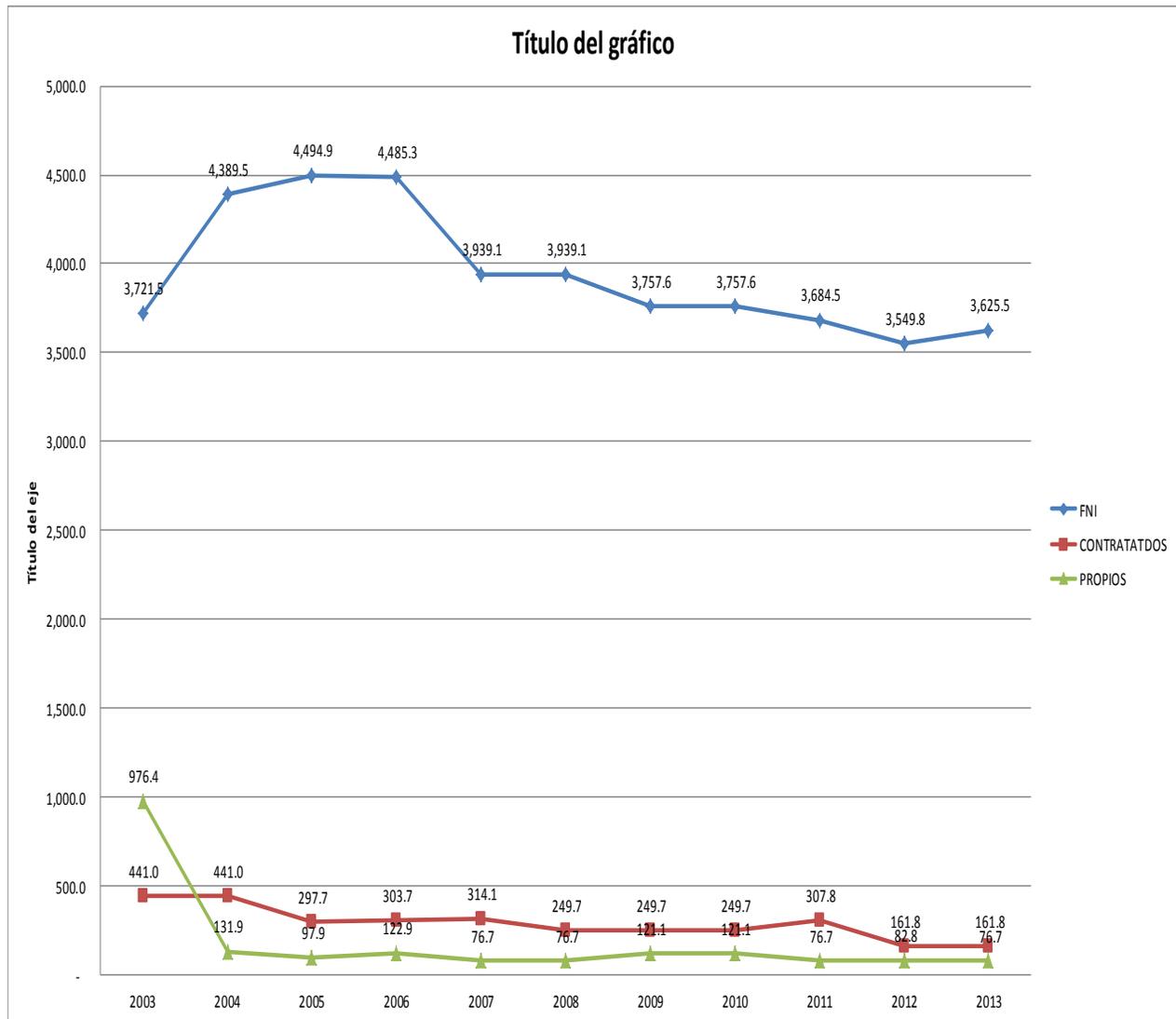
RED	AUTOPISTA	ENTIDAD FEDERATIVA	TOTAL	DOS CARRILES	CUATRO O MAS CARRILES
Red FNI					
	La Rumorosa-Tecate	Baja California	55.5	-	55.5
	Aeropuerto-Los Cabos-San Jose del Cabo	Baja California Sur	20.2	20.2	-
	Santa Cruz-Tehuantepec-La Ventosa	Oaxaca	75.4	75.4	-
	Durango-Mazatlan	Durango	160.1	150.1	10.0
		Sinaloa	70.0	70.0	-
	Lagos de Moreno-San Luis Potosi	Jalisco	35.2	35.2	-
		Guanajuato	21.4	21.4	-
		San Luis Potosi	9.4	9.4	-
Subtotal Red FNI			447.2	381.7	65.5



LONGITUD DE AUTOPISTAS Y PUENTES A CARGO DE CAPUFE DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS SEGUN TIPO DE RED

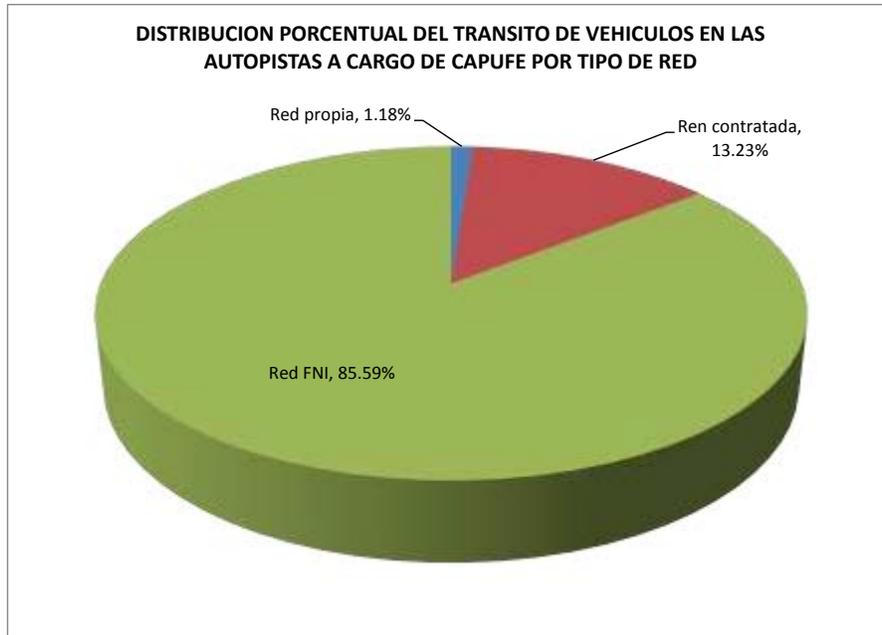
Serie anual de 2003 a 2013

AÑO	LONGITUD DE AUTOPISTAS (km)				LONGITUD DE PUENTES (m)			
	TOTAL	PROPIOS	CONTRATADOS	FNI	TOTAL	PROPIOS	CONTRATADOS	FNI
2003	5,138.9	976.4	441.0	3,721.5	25,730	13,293	1,104	11,333
2004	4,962.4	131.9	441.0	4,389.5	21,922	9,485	1,104	11,333
2005	4,890.5	97.9	297.7	4,494.9	20,937	8,500	1,104	11,333
2006	4,911.9	122.9	303.7	4,485.3	16,904	8,500	1,104	7,300
2007	4,329.9	76.7	314.1	3,939.1	16,620	8,606	714	7,300
2008	4,265.5	76.7	249.7	3,939.1	16,620	8,606	714	7,300
2009	4,128.4	121.1	249.7	3,757.6	16,620	8,606	714	7,300
2010	4,128.4	121.1	249.7	3,757.6	16,918	8,606	1,012	7,300
2011	4,069.0	76.7	307.8	3,684.5	16,461	8,606	555	7,300
2012	3,794.4	82.8	161.8	3,549.8	16,461	8,606	555	7,300
2013	3,864.0	76.7	161.8	3,625.5	16,461	8,606	555	7,300



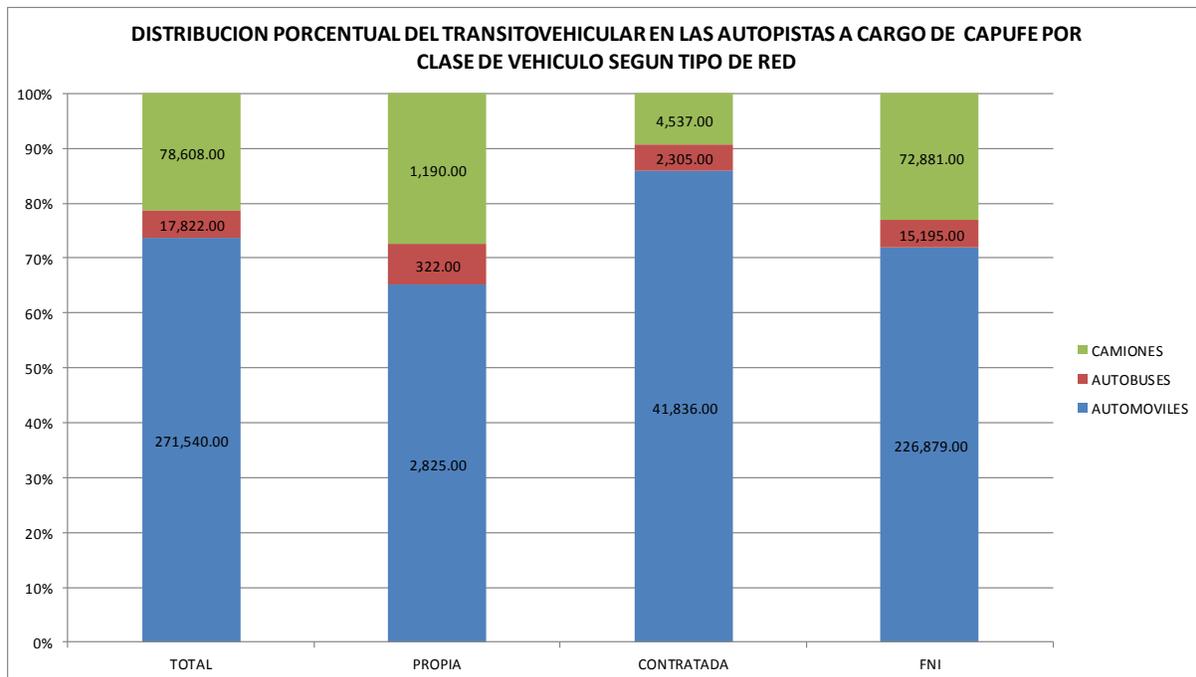
**TRANSITO EN LAS AUTOPISTAS A CARGO DE CAMINOS Y PUENTES
FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS, ASI COMO PORCENTAJE
DE PARTICIPACION POR TIPO DE RED Y AUTOPISTA**

RED	AUTOPISTA	VEHICULOS (MILES)	%
Total		367,969	100.00%
Red propia		4,338	1.18%
	Chapalilla-Compostela	1,586	0.43%
	Entronque Cuahutemoc-Entronque Osiris	2,540	0.69%
	Libramiento Sur II de Reynosa	212	0.06%
Ren contratada		48,678	13.23%
	Mexico-Tizayuca	39,234	10.66%
	Libramiento Tulancingo-Nuevo Necaxa	6,177	1.68%
	Libramiento Norte de Chilpancingo-Montaña Baja	741	0.20%
	Entronque Tihuatlan-Tuxpan	2,526	0.69%
Red FNI		314,953	85.59%
	Mexico-Cuernavaca	12,089	3.29%
	Puente de Ixtla-Iguala	1,555	0.42%
	La Pera-Cuautla	8,266	2.25%
	Zacapalco-Rancho Viejo	546	0.15%
	Campeche-Champotom	2,363	0.64%
	Cuernavaca-Acapulco	20,540	5.58%
	Monterrey-Nuevo Laredo	4,241	1.15%
	Libramiento Poniente de Tampico	2,964	0.81%
	Cadereyta-Reynosa	1,997	0.54%
	Chamapa-Lecheria	35,722	9.71%
	Libramiento Noreste de Queretaro	4,840	1.32%
	Libramiento Sur II de Reynosa	140	0.04%
	Cordoba-Veracruz	9,610	2.61%
	La Tinaja-Cosoleacaque	8,265	2.25%
	Estacion Don-Nogales	13,178	3.58%
	Libramiento Oriente de Saltillo	4,237	1.15%
	La Carbonera-Puerto Mexico	4,805	1.31%
	Torreon-Saltillo	3,023	0.82%
	Gomez Palacio-Corralitos-Autopista Union	1,965	0.53%
	Reynosa-Matamoros	1,528	0.42%
	Aguadulce-Cardenas	3,236	0.88%
	Tihuatlan-Gutierrez Zamora	1,432	0.39%
	Mexico-Queretaro	39,221	10.66%
	Queretaro-Irapuato	20,522	5.58%
	Mexico-Puebla	44,159	12.00%
	Las Choapas-Ocozocautla	3,778	1.03%
	Puebla-Orizaba	20,581	5.59%
	Tijuana-Ensenada	10,771	2.93%
	Ciudad Mendoza-Cordoba	12,816	3.48%
	Rancho Viejo-Taxco	892	0.24%
	Cuacnopalan-Tehuacan-Oaxaca	8,562	2.33%
	La Rumorosa-Tecate	2,299	0.62%
	Aeropuerto Los Cabos-San Jose del Cabo	1,068	0.29%
	Salina Cruz-Tehuantepec-La Ventosa	1,102	0.30%
	Durango-Mazatlan	1,733	0.47%
	Lagos de Moreno-San Luis Potosi	907	0.25%



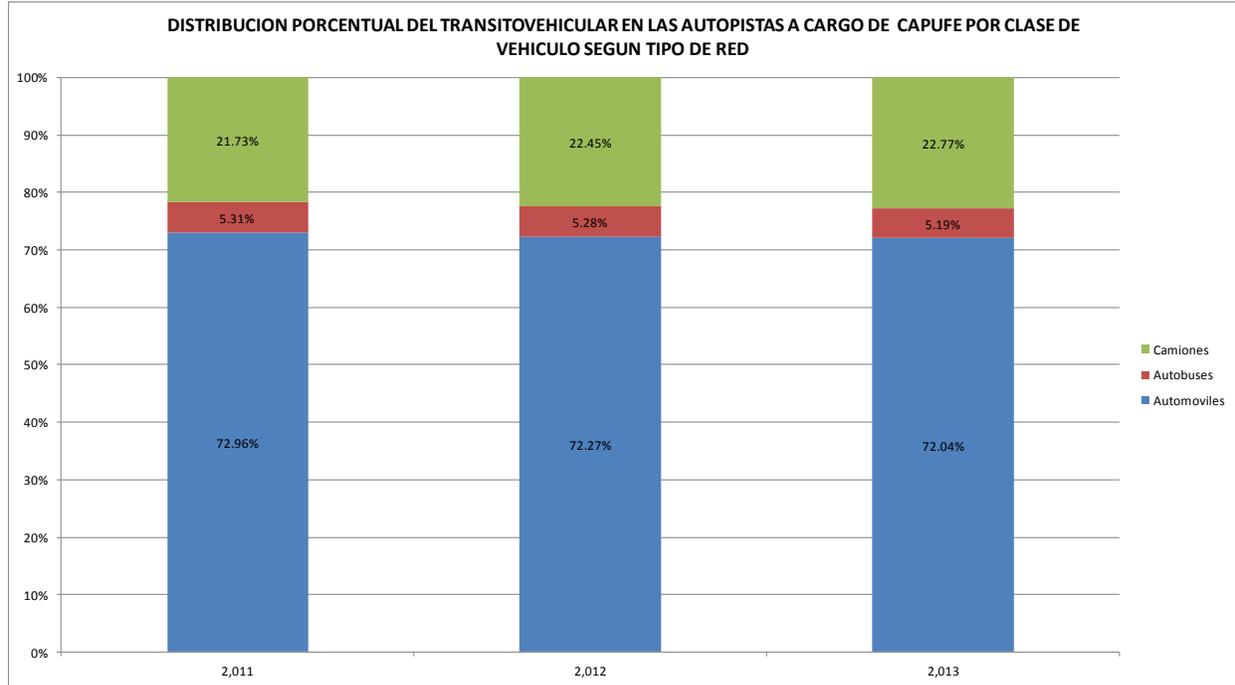
**TRANSITO DE VEHICULOS EN LAS AUTOPISTAS A CARGO DE CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS, ASI COMO PORCENTAJE DE PARTICIPACION POR CLASE DE VEHICULO SEGUN TIPO DE RED
(Miles de vehiculos)**

CLASE DE VEHICULO	TOTAL	%	PROPIA	%	CONTRATADA	%	FNI	%
Total	367,970	100.00%	4,337	0.00%	48,678	100.00%	314,955	100.00%
Automoviles	271,540	73.79%	2,825		41,836	85.94%	226,879	72.04%
Autobuses	17,822	4.84%	322		2,305	4.74%	15,195	4.82%
Camiones de carga de dos ejes	15,862	4.31%	197		1,905	3.91%	13,760	4.37%
Camiones de carga de tres ejes	12,500	3.40%	171		1,026	2.11%	11,303	3.59%
Camiones de carga de cuatro ejes	915	0.25%	19		47	0.10%	849	0.27%
Camiones de carga de cinco ejes o mas	49,331	13.41%	803		1,559	3.20%	46,969	14.91%



AFORO VEHICULAR EN LAS AUTOPISTAS Y PUENTES DE CUOTA, ASI COMO PORCENTAJE DE PARTICIPACION POR TIPO DE VEHICULO Y VARIACION PORCENTUAL ANUAL (De 2011, 2012 y 2013)

TIPO DE VEHICULO	2011	%	2012	%	2013	%	VARIACION PORCENTUAL 12/11 (%)	VARIACION PORCENTUAL 13/12 (%)
Total	1,068,954	100.00%	1,128,237	100.00%	1,128,492	100.00%	5.55%	0.02%
Automoviles	779,885	72.96%	815,379	72.27%	812,926	72.04%	4.55%	-0.30%
Autobuses	56,754	5.31%	59,562	5.28%	58,559	5.19%	4.95%	-1.68%
Camiones	232,315	21.73%	253,296	22.45%	257,007	22.77%	9.03%	1.47%



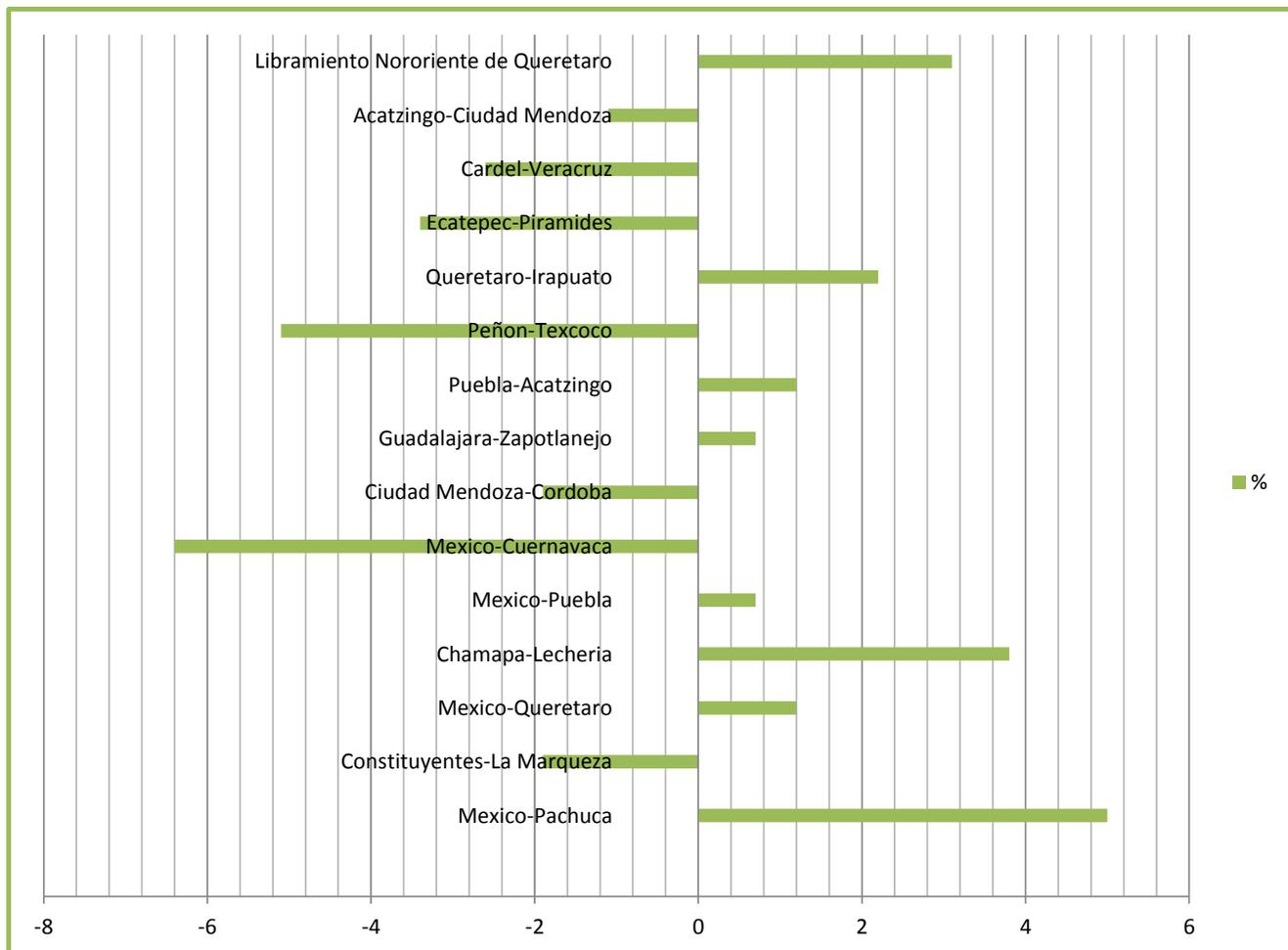
AFORO VEHICULAR EN LAS AUTOPISTAS Y PUENTES DE CUOTA SEGUN TIPO DE RED Y VARIACION PORCENTUAL ANUAL Serie anual de 2003 a 2013

AÑO	TRANSITO DIARIO PROMEDIOANUAL				VARIACION PORCENTUAL ANUAL (%)
	TOTAL	CONCESIONADAS	CAPUFE	FNI	
2003	796,383	235,336	242,185	318,862	4.00%
2004	870,868	259,884	190,293	420,691	9.40%
2005	905,182	266,549	193,112	445,521	3.90%
2006	958,850	285,942	191,756	481,152	5.90%
2007	1,004,428	419,179	165,900	419,349	4.80%
2008	1,047,494	440,421	165,155	441,918	4.30%
2009	1,052,896	446,643	161,444	444,809	0.50%
2010	1,075,322	429,362	218,945	427,015	2.10%
2011	1,068,954	494,628	144,632	429,694	-0.60%
2012	1,128,597	520,115	150,242	458,240	5.60%
2013	1,128,492	525,901	141,691	460,900	0.00%

**JERARQUIZACION DE LAS AUTOPISTAS DE CUOTA CON MAYOR
AFORO VEHICULAR SEGUN TIPO DE VEHICULO
De 2012 y 2013
(Trnsito diario promedio anual)**

AUTOPISTA	2012				2013			
	TOTAL	AUTOMOVILES	AUTOBUSES	CAMIONES	TOTAL	AUTOMOVILES	AUTOBUSES	CAMIONES
Total	908,096	648,230	51,033	208,833	913,192	648,598	50,077	214,517
Subtotal autopistas con mayor transito	500,241	386,184	26,440	87,617	500,554	386,254	26,725	87,575
Mexico-Pachuca	60,950	52,525	3,378	5,047	63,998	54,946	3,802	5,250
Constituyentes-La Marqueza	58,132	51,952	3,420	2,760	56,999	50,688	3,386	2,925
Mexico-Queretaro	50,696	31,801	2,412	16,483	51,289	32,388	2,626	16,275
Chamapa-Lecheria	46,442	41,716	334	4,392	48,201	43,482	329	4,390
Mexico-Puebla	40,512	30,548	2,945	7,019	40,787	30,807	3,081	6,899
Mexico-Cuernavca	34,419	29,640	2,213	2,566	32,215	27,827	2,036	2,352
Ciudad Mendoza-Cordoba	32,393	22,766	1,712	7,915	31,776	22,407	1,611	7,758
Guadalajara-Zapotlanejo	31,545	22,319	2,028	7,198	31,758	22,303	2,047	7,408
Puebla-Acatzingo	29,158	19,815	2,147	7,196	29,513	20,010	2,060	7,443
Peñon-Texcoco	31,001	27,485	1,188	2,328	29,424	26,152	1,223	2,049
Queretaro-Irapuato	21,440	14,314	962	6,164	21,917	14,614	937	6,366
Ecatepec-Piramides	20,888	17,541	1,537	1,810	20,168	16,956	1,491	1,721
Cardel-Veracruz	15,964	11,894	794	3,276	15,556	11,716	808	3,032
Acatzingo-Ciudad Mendoza	13,840	7,037	956	5,847	13,691	6,844	891	5,956
Libramiento Norte de Queretaro	12,861	4,831	414	7,616	13,262	5,114	397	7,751
Subtotal otras Autopistas	407,855	262,046	24,593	121,216	412,638	262,344	23,352	126,942

**VARIACION PORCENTUAL ANUAL 2013/2012 DEL AFORO VEHICULAR EN LAS
AUTOPISTAS DE CUOTA CON MAYOR TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL**



Agradecimientos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería por haberme permitido ser parte de una extraordinaria comunidad académica y universitaria, en donde pude desarrollar mi carrera, conocer y tomar clases con profesores de excelencia y compañeros, todos amigos, y por sentir el espíritu propio de los colores azul y oro.

A mis padres, Esther Alicia Pacheco López y Francisco Mora Gómez, pues sin ellos no sería nada. Gracias por todos los momentos llenos de cariño, aprendizaje, tolerancia y sobre todo por haber hecho de mí una persona respetuosa y con valores. Gracias por todo el esfuerzo y dedicación para sacarme adelante, por todos los consejos, regaños, momentos tristes y momentos felices, sin ellos no sé quién sería el día de hoy. A mi mamá, que es una gran mujer, que he admirado toda la vida y a quien le debo mucho más que la vida y que nunca tendré como pagarle, gracias por darme aliento cuando más lo he necesitado, por estar conmigo en mis triunfos y fracasos, por siempre ser optimista y por la enorme satisfacción de saber que ella es mi madre. A mi papá, que ha sido una excelente persona, siempre ayudando, siempre atento, con palabras de aliento y consejos, gracias por preocuparte por mí y mi futuro y por ser la persona que eres, tan humano, trabajador, con valores y considerado, gracias por estar a mi lado.

A mi hermana Sandra Angélica Mora Pacheco, por apoyarme y alentarme siempre, por ser la persona que es, llena de valores y buen juicio, siempre tan atenta y considerada, tan exigente y a la vez tan humana, muchas gracias.

A mi hermana Yadira Mactzil Mora Pacheco, quien siempre ha sido un ejemplo para mí, quien me ha apoyado en todo y a quien admiro como ser humano, tan llena de constancia y perseverancia y siempre tan humana y considerada, siempre luchando teniendo como premisa la felicidad y el bien estar de la familia, muchas gracias.

A mi hermana Laura Alicia Mora Pacheco, quien me ha enseñado mucho más de lo que yo podría creer, quien con su carácter, rebeldía y fortaleza ha demostrado ser una persona perseverante y original, siguiendo sus metas y rompiendo paradigmas, pero siempre tan humana y considerada, con un sentimiento tan enorme hacia sus seres queridos, muchas gracias.

A el grupo de profesores que accedieron a ser mis sinodales, quienes desde las aulas siempre me apoyaron, dándome palabras de aliento y consejos, y a quienes les debo mucho. Gracias M. I. Isis Ivette Valdez Izaguirre, quien desde los laboratorios de hidráulica me enseñó a comprender los conceptos de la materia, así como la parte humana de cada profesor. Gracias Ing. Ma. Teresa Peñuñuri Santoyo, quien desde las ciencias básicas me enseñó lo necesario para seguir adelante, por sus palabras y apoyo siempre. Gracias Ing. Héctor Alfredo Legorreta Cuevas, quien además de ser una excelente persona, me enseñó lo importante del área de geodesia. Gracias Ing. Marcos Trejo Hernández, por ser la persona tan humana y considerada que es, quien me enseñó que la construcción es un área muy importante para la ingeniería. También tengo un agradecimiento póstumo al M. I. Arturo Nava Mastache, quien siempre me enseñó la importancia del trabajo en equipo, así como la fraternidad entre compañeros y quien me brindó la oportunidad de conocer excelentes académicos y profesores.

A mi director de tesis M. I. Sergio Macuil Robles, quien además de su tiempo, me brindó la paciencia necesaria, así como sus conocimientos y dominio de la materia y quien en todo momento me apoyó incondicionalmente, muchas gracias. También quiero agradecer al Ing. Luis Zárate Rocha, quien desde ICA aportó una infinidad de apoyo a la facultad, así como a muchos de sus alumnos a continuar sus estudios y aunque no tuve el gusto de conocerlo, sé de la importancia de sus actos, sé que siempre fue una persona íntegra y humana.

A mis amigos casi hermanos y a quienes siempre estarán conmigo; Alejandro Campos Castañeda, Brenda Castro, Daniel Erro, Laura Del Valle, Sergio López, Roberto Castañeda, Juan Carlos Flores Cesario, Juan Carlos Villaseñor Salinas que han salido adelante como profesionistas, por ser una enorme motivación para mí, por su confianza, apoyo incondicional, enseñanzas y por ser siempre tan considerados conmigo, muchas gracias.

Y por último a todos mis compañeros de aulas, académicos, profesores y trabajadores de la Facultad de Ingeniería, quienes me enseñaron el espíritu universitario, la fraternidad y apoyo entre universitarios.

Alejandro Mora Pacheco

Noviembre 2016