

INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del Problema

Ante el proceso de globalización mundial, ha cobrado particular importancia en México el mejoramiento de la seguridad operativa en los sistemas de transporte del país. Para ello, es necesario mejorar los procedimientos de recopilación y manejo de la información de la red carretera, tales como magnitud y características de los volúmenes de tránsito, accidentes viales, niveles de servicio y costos de operación vehicular; de tal forma que la información generada sea compatible y comparable con la que producen otros países para sus respectivas redes carreteras. Tal información organizada forma una fotografía representativa de la situación vial, la cual resulta vital para la buena planeación del desarrollo del transporte, así como para elaborar programas de modernización y conservación de la Red Carretera Federal (RCF).

Los sistemas de manejo y procesamiento de bases de datos, y los sistemas de información geográfica son las herramientas para lograr los fines anteriores. Dada la situación actual de estas actividades en nuestro medio, el presente trabajo pretende principalmente promover e impulsar la adopción y uso de los procedimientos aquí explicados.

1.2 Justificación

Para alcanzar el buen desarrollo económico y social, México debe incursionar en el mundo del comercio y los intercambios internacionales, lo que obliga a la aplicación de estrategias de acción en todos los ámbitos de la vida nacional. Para nuestro caso específico, el transporte, es necesario que los flujos de personas y carga reciban una calidad de servicio compatible con sus requerimientos y con el desenvolvimiento de las actividades que les dan su origen. Lo anterior justifica el hecho de generar un sistema, tanto de consulta como de análisis, sobre las condiciones que guarda la RCF en seis distintos niveles de información (nacional, estatal, por ruta, carretera, tramo y por segmento de 500 metros), en relación con sus características físicas y operativas, principalmente en lo que respecta a accidentes viales, con el fin de sustentar la prioridad en la toma de decisiones hacia las medidas de mejoramiento adecuadas y oportunas para la administración de dicha red. El sistema a desarrollar se aplicará a la RCF del Estado de Nuevo León.

1.3 Utilidad del Proyecto

Este proyecto apoyará las actividades de planeación, investigación y toma de decisiones por parte de las autoridades del Sector Transporte, ofreciendo una perspectiva global de las características que presenta la red carretera, y más aún a las autoridades responsables de la seguridad vial en el Estado de Nuevo León. Además, formará parte de la estrategia nacional para la administración de la seguridad y que pudiera ser de utilidad para futuras aplicaciones en otros Estados.

1.4 Antecedentes

Desde hace algunos años; el Gobierno Federal de México, a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), implantó una estrategia sistemática de administración de la seguridad, con el propósito de reducir tanto la ocurrencia como la severidad de los accidentes en la RCF. Ésta cuenta con una infraestructura de alrededor de 50,000 km, sobre la que se transportan más del 70% de las toneladas-kilómetro de carga y más del 95% de los pasajeros-kilómetro, representando uno de los soportes más importantes del desarrollo económico y social del país. Como parte de la estrategia mencionada, se formó el Comité Nacional de Prevención de Accidentes en Carreteras Federales (CONAPREA). El Instituto Mexicano del Transporte (IMT) como integrante de este Comité, inició en 1996 el desarrollo de un sistema computacional de administración de la información, haciéndose necesaria la creación de un banco de datos, el cual persigue los objetivos siguientes:

- Generar información más completa.
- Validar la información entre las distintas fuentes.
- Ampliar las posibilidades de análisis de esa información.

Un aspecto importante es el acelerado desarrollo de la tecnología computacional, que actualmente ofrece los sistemas de información geográfica, facilitando las tareas de manejo, análisis espacial y administración de la información; obviamente, todo esto apoyado por los siguientes componentes:

- Un Sistema de Información Geoestadística del Transporte (SIGET), el cual es un inventario georreferenciado de la infraestructura del

transporte del país, en el que se detallan, entre otros aspectos, las características de la RCF nacional, estatal y municipal; tanto en caminos pavimentados, como revestidos. En cada una de las diferentes categorías de caminos se cuenta con información, por ejemplo: trazo, puentes, alcantarillas, estaciones de servicio, entre otras. Este inventario fue realizado por cada uno de los centros SCT de los estados, utilizando Sistemas de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en el idioma inglés).

- Los datos operativos con que cuentan diversas organizaciones para los caminos de RCF y estatal, tales como: aforos con clasificación vehicular, accidentes y sus saldos, estado físico de las carreteras, entre otros.
- Sistemas para procesamiento de bases de datos que agilizan el manejo de la información que se desee representar cartográficamente, utilizando un Sistema de Información Geográfica mejor conocido por sus siglas: SIG.

1.5 Objetivos

OBJETIVO GENERAL

Conformar un sistema de consulta, utilizando un SIG, que permita visualizar y analizar la información de los accidentes y otras características físicas y operativas en la RCF. Caso específico del Estado de Nuevo León.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Diseñar un sistema de manejo de información sobre accidentes en las carreteras federales del Estado de Nuevo León, tomando como base el inventario de infraestructura con que ya se cuenta, dentro del Sistema de Información Geoestadística del Transporte (SIGET).
- Dominar el uso de un Sistema de Información Geográfico, SIG.
- Realizar diferentes representaciones (cartográficas, tablas, gráficas, entre otras) de la información de accidentes, en la RCF, en Nuevo León.
- Determinar algunas acciones de mejoramiento para la red carretera una vez analizada la información.
- Promover la adopción de ésta práctica en todos los centros SCT del país.

1.6 Hipótesis

Será posible, a través del sistema propuesto, consultar y analizar las condiciones de seguridad que guardan los diferentes elementos de la Red Carretera Federal del Estado de Nuevo León. También se asume que este enfoque facilitará el desarrollo de medidas para el mejoramiento de la red, reduciendo la frecuencia y la severidad de los accidentes

1.7 Métodos

Se presentó en esta introducción la descripción de algunas generalidades, objetivos, alcances del trabajo y los antecedentes considerados. Las plataformas de referencia sobre las que se realizará este trabajo son:

- El SIGET, el cual como ya mencionamos es un inventario georeferenciado de la infraestructura nacional del transporte.
- La base cartográfica en lo referente a los límites estatales y cabeceras municipales, proveniente del INEGI.
- La base de datos de participantes en accidentes de la Policía Federal Preventiva.
- Las bases de datos de accidentes de la Unidad de Servicios Técnicos del Centro SCT Nuevo León.
- La información del Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) de los Datos Viales elaborados por la Dirección General de Servicios Técnicos.

Tanto la información obtenida del SIGET como de las bases de datos, será sometida a un proceso de validación, dentro del cual se asignan los identificadores; para posteriormente hacer las ligas correspondientes, o lo que es lo mismo, la georeferenciación de los datos. El programa computacional que se empleará para el desarrollo del sistema planteado será Arcview, el cual también se encuentra en el IMT. Finalmente se desarrollarán las conclusiones y recomendaciones más relevantes de este trabajo, el cual abarcará la RCF del Estado de Nuevo León.

1.8 Recursos Materiales y Humanos

Es importante señalar que el Instituto Mexicano del Transporte fue la dependencia clave para la elaboración de este trabajo de tesis, se utilizaron sus instalaciones para desarrollarla físicamente. El Dr. Alberto Mendoza Díaz, a cargo de la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte y el M.I. Emilio Mayoral, fueron los asesores externos de la tesis, y también se contó con la colaboración del personal técnico de la coordinación antes mencionada.

Se utilizó su centro de cómputo, así como el paquete Arcview y las hojas de cálculo, procesadores de textos y administradores de base de datos. Los libros de información general que se necesitan y los manuales de los paquetes mencionados se encuentran en el Centro de Documentación del IMT.

Capítulo 2

EL TRANSPORTE Y LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Para alcanzar un buen desarrollo económico y social, México debe ingresar al mundo del comercio y los intercambios internacionales, lo que obliga a la aplicación de estrategias de acción en todos los ámbitos de la vida nacional. Para nuestro caso específico, el transporte, es necesario que los flujos de personas y de carga se realicen en una calidad de servicio compatible con sus demandas y con el desenvolvimiento de las actividades que les dan origen.

Para intensificar la seguridad operativa en los sistemas de transporte del país, es necesario mejorar los procedimientos de recopilación y manejo de la información de la RCF, tales como la magnitud y las características de los volúmenes de tránsito, los accidentes viales, los niveles de servicio y los costos de operación vehicular; de tal forma que la información generada sea compatible y comparable con la que se genera a otros niveles (por ejemplo el estatal, el municipal, etc.), así como la producida en otros países para sus respectivas redes carreteras.

2.1 El Transporte

Este apartado inicia con una definición, se explican luego las funciones del transporte y se hace un recuento de algunos de los problemas a los que se enfrenta el transporte carretero.

2.1.1 Definición

A partir de las primeras civilizaciones y hasta la actualidad, la humanidad ha requerido transportar personas y mercancías, para satisfacer sus necesidades de alimento, vestido, vivienda y trabajo; actualmente estas demandas se han acrecentado, debido a la evolución de la civilización, agregando necesidades de recreación, estudio, compras, diversión, negocios, por mencionar algunas. El transporte constituye la manifestación material de la satisfacción de las necesidades de desplazamiento de personas y bienes, originadas por esas necesidades prioritarias indispensables para asegurar el funcionamiento de la actividad social y económica del individuo, de la Ciudad y de la Nación. Por lo tanto, el transporte se define como el movimiento de personas y mercancías, a través de los diferentes medios que se utilizan para ese fin. (Referencia 1)

El transporte fue la primera de las infraestructuras que hicieron posible la vinculación de la sociedad. Es una actividad que tiene como base la combinación de tres distintos elementos materiales que funcionan superpuestos y que son:

- Las vías de comunicación que forman la infraestructura.
- Los vehículos que circulan por la vía y que constituyen la estructura.

- Los conductores, los pasajeros y la carga, que van de un lugar a otro y que componen la superestructura.

En la actualidad, el nivel de servicio de un sistema de transporte es visto como un indicador del desarrollo económico de un país y es por ello que cobren tanto énfasis todos los temas relacionados con el mismo, tales como el de seguridad vial y, específicamente, el tratamiento de la información de accidentes.

2.1.2 Las Funciones del Transporte

El transporte tiene varias funciones, de las cuales se pueden distinguir la función social, la cultural y la económica. A continuación se describe brevemente cada una de estas funciones y la manera de cómo intervienen en el desarrollo de esta investigación.

Función Social

El transporte tiene gran importancia, ya que una función primordial es la de relacionar los factores de población y el uso del suelo. La expansión de las vías rápidas hacia el centro y otros diversos puntos estratégicos de las ciudades, permite una mayor afluencia para que los negocios y centros de trabajo se puedan concentrar en esos puntos; permitiendo, al mismo tiempo a la gente, gozar de las comodidades de vida de las zonas suburbanas. Las áreas con menor afluencia forman la parte decadente de las ciudades, donde las oportunidades de empleo para sus habitantes sólo existen cuando hay transportes públicos hacia los centros de trabajo, a excepción de las zonas residenciales de alto costo. El transporte tiene una gran cantidad de ventajas; sin embargo, es necesario entender y atender los problemas que se derivan del mismo, tales como los accidentes.

Función Cultural

La contribución del transporte a los patrones culturales incluye la disminución del regionalismo. Las diferencias de nivel mundial han disminuido mediante el contacto que se realiza por medio de los viajes y la distribución de material didáctico. El transporte, por lo tanto, ayuda a la disminución del aislamiento y la ignorancia.

Función Económica

El transporte, como factor de integración y coordinación en la sociedad industrializada, tiene gran importancia para la distribución de mercancías, ya que éstas carecen de valor a menos que sean útiles, o sea, que se encuentren en el lugar y en el momento en que se necesitan. Desde el punto de vista económico, se pueden valorar los costos que representan los accidentes, no sólo el monto de los daños materiales, sino los costos de las horas-hombre perdidas, los gastos de hospitalización y aquellos costos que, aunque invaluable, representan la pérdida de vidas humanas.

Este concepto también es aplicable al transporte de pasajeros; especialmente en zonas urbanas, donde la transportación representa el desplazamiento de personas mediante el empleo de un servicio que supone el uso de calles y carreteras, autobuses, taxis y otras formas de transporte, de la manera más eficiente posible, siendo el lazo de unión entre las unidades habitacionales y los centros de trabajo y que todos los viajes se lleven a cabo entre todos los lugares de la comunidad, del país y del mundo.

Sintetizando los puntos anteriores, resumimos que el transporte tiene como propósitos fundamentales:

- Comunicar físicamente un territorio.

- Permitir el acceso de la población a los servicios de salud, educación, abasto y recreación, como los más importantes, a la vez favoreciendo la expansión de esos mismos servicios.
- Posibilitar y apoyar el crecimiento de las actividades económicas.

Todo lo anterior, sin olvidar que para lograr estos propósitos es necesario tener en cuenta que el transporte, tanto de personas como de mercancías, debe ser eficiente, rápido y, ante todo, seguro.

2.1.3 Problemas del Transporte

El transporte, como ya hemos mencionado, tiene innumerables ventajas; sin embargo, presenta una serie de problemas, de los cuales mencionaremos algunos a continuación:

- El principal problema, a partir del cual se generan todos los demás, radica básicamente en la gran diferencia que existe entre el vehículo moderno y los caminos antiguos que tiene que utilizar.
- No se ha logrado una optimización del uso de lo existente que permita una mayor capacidad del sistema vial, tanto urbano como rural.
- Deficiencia en los programas de mantenimiento de la RCF, ya sea por falta de recursos económicos o de mano de obra calificada.
- Generación de contaminación y mal funcionamiento de los sistemas de terminales.
- Problemas de congestionamiento y seguridad vial.

Cabe mencionar que la planeación de la infraestructura para el transporte es la base de la descentralización y del desarrollo regional,

como lo es también del reordenamiento urbano y, en consecuencia, del crecimiento armónico de las ciudades. Al concentrarse el desarrollo económico y social en los grandes centros urbanos, como es el caso de la Ciudad de Monterrey, Guadalajara y el Estado de México, se provoca que el resto de las ciudades, así como las zonas rurales, queden un tanto desprovistas de las actividades económicas y sociales más importantes. Este crecimiento desordenado de las ciudades le ha provocado al Sector Transporte una serie de problemas, como los que mencionamos anteriormente.

Las acciones para resolver problemas de congestionamiento y seguridad vial deben basarse en un esquema que permita identificar la posible causa del problema, sus características específicas, y las alternativas de solución, en un formato abreviado, con enfoque de sistemas. Su aplicación se viene realizando buscando de esa manera atender el déficit que se registra actualmente, en cuanto a la aplicación de las técnicas de la ingeniería de tránsito, así como en las diferentes tecnologías para el control del tránsito. (Referencia 2)

Según la concepción moderna del transporte, la tarea de las autoridades responsables en ese campo podría resumirse en cómo asegurar eficientes flujos nacionales e internacionales de personas y mercancías, libres de obstáculos, debidos al transporte o a áreas conexas, en apoyo de las actividades que lleven a mayores niveles de desarrollo. La integración de los sistemas de transporte, en todos los niveles, puede ser relevante para ello; pero concebida no solo como un problema de infraestructura, sino como un problema que abarca factores institucionales, legales, reglamentarios, de operación y servicios conexos, como aduanas y seguros. (Referencia 3)

Hablar de modernización y crecimiento social y económico nos obliga a reconocer que es debido al transporte, y hablar de tránsito y vialidad indudablemente nos lleva a mencionar accidentes, los cuales son una consecuencia inevitable de la movilidad y, por lo tanto, representan el principal problema del transporte. Los accidentes de tránsito ocupan el cuarto lugar como causa de muerte, en la escala nacional; además, el impacto económico que éstos tienen en nuestro país es muy grande, sin considerar los daños materiales, ya que los accidentes se causan en personas que van de los 18 hasta los 45 años de edad, que es la etapa productiva más importante para el individuo y para el país. (Referencia 4a)

La Organización Mundial de la Salud, (Referencia 4b) define accidente como “un hecho súbito de presentación rápida o instantánea, inesperado, producido por situaciones o actos inseguros previos al momento en que tiene lugar, seguido de lesiones y de la muerte y/o daños materiales que pueden interrumpir un proceso productivo y en el que el factor humano interviene como elemento causal en la mayor parte de las veces”. Sin embargo, para poder atacar el problema de los accidentes, es necesario que éstos sean considerados como un problema de salud pública que es evitable y predecible, en lo que al factor humano se refiere, (dejando atrás el concepto de que es un imprevisto que obedece al azar).

Partiendo del hecho de que los accidentes no son producto de la casualidad, sino producto de la participación de diferentes factores, destacan para el caso específico de los accidentes en carreteras y vialidades el factor humano, el vehículo, el camino y el ambiente; se dice que el factor humano es el responsable del 80% de los accidentes. (Referencia 5 y 6)

Como ya hemos mencionado los accidentes, son el principal problema del transporte. En México, cada 10 minutos hay un accidente de tránsito, por cada 12 accidentes un muerto y por cada muerto siete lesionados. Tan sólo en 1998 ocurrieron en la RCF del país 58,208 accidentes que causaron la suma de 4,927 muertos y 32,600 lesionados. Para 1999, la cantidad de accidentes se incrementó a 65,122. Las cifras antes mencionadas han sido similares para años anteriores. (Referencia 4d).

La mayoría de los accidentes tienen múltiples causas y las repeticiones, en circunstancias similares, frecuentemente pueden evitarse si se elimina alguna de estas causas. Para que los informes de accidentes puedan ser utilizados en los análisis de puntos de alto riesgo, deben mostrar todas las circunstancias que rodean a cada accidente. Los datos deben incluir la localización y el tiempo exactos, las velocidades de los vehículos y las trayectorias de los mismos, la hora del día, las condiciones del clima, del camino, del conductor y del vehículo. En muchos casos, pueden existir otros factores de gran trascendencia, que serían reconocidos por un observador experimentado.

En algunos casos, es posible aplicar los datos de accidentes al diseño de infraestructura vial; por ejemplo, uno de los argumentos más fuertes que existen para justificar la construcción de vías rápidas, es que reducen algunos tipos de accidentes, por ejemplo: en dichas vías no deben existir accidentes con peatones, debido a que éstos y los vehículos están separados. Casi todas las colisiones de frente o laterales entre vehículos que se mueven en sentidos opuestos son evitadas por la separación central. La eliminación del estacionamiento, excepto para los vehículos descompuestos, y la provisión de amplias banquetas, reducen los conflictos entre los vehículos que se mueven y los que se encuentran detenidos. El acceso controlado a unos cuantos puntos cuidadosamente

seleccionados, minimiza los impactos con los vehículos que entran. La iluminación fija en los puntos de alto riesgo elimina muchos de los accidentes ocasionados por baja visibilidad en la noche. Sin embargo, debe reconocerse que la infraestructura de este tipo no descarta las colisiones por alcances entre vehículos, ni tampoco elimina los roces laterales que se originan cuando los conductores no ajustan sus velocidades a valores seguros, por ejemplo cuando se debe reducir la velocidad por condiciones ambientales, o cuando la vialidad carece de la delimitación adecuada de los carriles.

2.2 Los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

El transporte, como actividad humana y medio que posibilita la articulación e integración regional, así como el intercambio de bienes e ideas entre poblaciones, es un fenómeno geográfico; de aquí que la dimensión espacial del transporte sea indiscutible y adquiera la categoría de elemento fundamental en los procesos de planeación, en la formulación de proyectos de inversión; siendo, por lo mismo, un criterio básico en los análisis que sustentan la resolución de quién toma las decisiones.

2.2.1 Introducción

La tecnología actual permite desarrollar sistemas automatizados de información. Grandes cantidades de datos pueden introducirse en sistemas de cómputo para su fácil manejo y procesamiento; se han desarrollado puentes para la manipulación computarizada interactiva de

mapas u objetos que tiene atributos espaciales; éstos se denominan Sistemas de Información Geográfica (SIG), cuya característica primordial es que permiten conservar el carácter territorial de la información y dentro de sus cualidades se encuentran las siguientes:

- Capacidad de registro geográfico.
- Manejo integrado de informaciones diversas.
- Representación gráfica de resultados en distintos formatos, incluido, el cartográfico.

En términos generales, un sistema de información es una cadena de operaciones que incorporan la información observada y recabada para almacenar, manejar y analizar los datos, con el propósito de emplear la información derivada en algún proceso de toma de decisiones. Con el empleo de un SIG es posible observar gráficamente, áreas de influencia, relaciones geográficas, tendencias regionales, correlación de variables sociales y ambientales, calcular distancias y áreas; diseñar estrategias, identificar rutas de acceso y evacuación, o la simple localización de objetos, hechos o fenómenos que tengan una expresión espacio-temporal. (Referencia 7). Para el caso de la información de accidentes viales, un SIG resulta una valiosa herramienta, ya que se amplían las posibilidades de análisis territoriales y mejora la precisión de los mismos. Esto, aunado al desarrollo de sistemas de manejo de datos de accidentes, permite contar con información confiable y oportuna, que sirva en los procesos de planeación de medidas de mejoramiento en la RCF.

2.2.2 Definición

Un SIG es un sistema computacional que utiliza información de localización (por ejemplo: direcciones, código postal o coordenadas de

longitud y latitud), para realizar análisis de la información consignada en un mapa. Son instrumentos técnicos de capacidades múltiples, diseñados y habilitados, en primer lugar, para inventariar información geográfica, la cual a su vez alimenta las funciones de análisis con que están equipados los SIG, para después convertirse en herramientas útiles para las labores de administración.

El objetivo de un SIG es efectuar tareas que faciliten el análisis espacial de información. Tiene también la capacidad de generar nueva información, a partir de sus bases de datos, además de optimizar las tareas relacionadas con el análisis espacial (integración de datos y relación de información) y la elaboración de material cartográfico. (Referencia 8)

Las posibilidades de los SIG, de manipular datos geográficos, nos permiten estudiar procesos territoriales, realizar análisis de tendencias y elaborar proyecciones, información necesaria para las labores de planeación y administración en una gran diversidad de sectores y actividades económicas y sociales.

Aunque los SIG cuentan con características propias, se han nutrido de los avances logrados en técnicas afines, como: cartografía automatizada, fotogrametría, geometría computacional, sistemas de representación gráfica por computadora conocidos como CAD, sensores remotos y procesamiento de imágenes, innovaciones en informática, técnicas de interpolación y sistemas automatizados de manejo de bases de datos (Referencia 9). Como sistemas diseñados para el procesamiento y análisis de datos, los SIG proporcionan facilidades de acceso, organización, selección, integración y actualización de diversas series de datos, con ahorros considerables de tiempo y dinero.

2.2.3 Estructuración

Los SIG se estructuran según cuatro subsistemas principales de funcionamiento:

- Entrada de datos
- Archivo y acceso
- Manejo y análisis de datos
- Representación gráfica de la información.

Los SIG se distinguen de cualquier otro sistema similar, primordialmente por el hecho de contar con la característica de ser capaces de generar nueva información, a partir de la contenida en sus bases de datos.

En todo SIG se pueden distinguir cuatro grupos genéricos de componentes o elementos constitutivos:

- Datos
- Hardware o equipo computacional
- Software o programas de operación y
- Estructura organizacional y factor humano.

Los programas de cómputo o software de los SIG varían en la capacidad, diversidad y alcance de sus funciones, y suelen recurrir a técnicas que cambian de acuerdo con las características de operación derivadas principalmente del tipo de registro y de estructuración de las bases.

H. J. Simkowitz menciona que: "Lo que distingue a un SIG de una base tradicional de datos, es que los atributos de éstos están asociados a un objeto topológico (punto, línea, polígono) y registran una ubicación

geográfica precisa". La utilización de relaciones espaciales, propuesta por los SIG, agrega un nivel de inteligencia a las bases de datos en transporte, hasta el momento subestimado. (Referencia 10)

2.2.4 Requisitos para la instrumentación operacional de los SIG en el sector transporte

Los SIG presentan las siguientes restricciones:

- Reticencia a la innovación tecnológica, derivada de la inercia institucional.
- Enfasis en el equipo técnico, en detrimento del estímulo a la capacidad de análisis.
- Problemas relativos a los procedimientos de captura, edición y archivo de datos, relacionados con la generación y excesivo tamaño de las bases de datos.
- Insuficiente soporte financiero, además de la necesidad de personal calificado y actualizado.

La premisa básica para operar exitosamente un SIG consiste en la precisión de sus aplicaciones, identificando los objetivos de utilización del sistema y las respuestas esperadas.

Para esta investigación, la principal razón de conformar un SIG es con la intención de elevar la efectividad de la información de los reportes de accidentes y la utilidad de los mismos, propósito evaluado en términos de la diversidad de usuarios que se benefician con su empleo, del número de veces que un servicio ha sido solicitado y la modificación en

la calidad de la información empleada en las tareas de planeación, administración y operación de los sistemas de transporte.

Las aplicaciones específicas de los SIG, en el sector transporte, podrían clasificarse en seis áreas funcionales:

1. *Inventario de instalaciones, condiciones y funcionamiento.* Comprende dimensiones, condiciones físicas, nombres de propietarios, capacidad y costos de operación, entre otras.
2. *Inventario de equipamiento, condiciones y uso.* Incluye información acerca del número, kilómetros de recorrido, propiedad, velocidad, capacidad, costos de operación y características diversas de los vehículos (navíos, aviones, etc.).
3. *Funcionamiento y condiciones de las empresas de transporte.* Considera gastos, ingresos, propiedad, cobertura de mercados, fuerza laboral, características de servicios públicos y privados, etc.
4. *Flujos de pasajeros y carga.* Comprende volúmenes, valor, distribución y comportamiento geográfico.
5. *Aspectos demográficos y actividades económicas.* Distribución geográfica, inventario de vehículos y capacidad de traslado, comercio y usuarios de los sistemas de transporte.
6. *Ahorro y seguridad.* Abarca accidentes, registro de heridos, servicios médicos de emergencia, horas de operación de esos servicios, causas de accidentes y otros.

Básicamente, este trabajo se enfoca al área correspondiente a la seguridad; sin embargo, actualmente en el IMT se llevan a cabo otras investigaciones relacionadas con la segunda aplicación que se ha mencionado, específicamente, sobre el tema de costos de operación vehicular.

La formulación de un sistema integrado de información debe seguir como guía las etapas propuestas por Briggs y Chatfield (Referencia 11), que sin duda varían conforme a los objetivos y necesidades de cada organización. A continuación, se definen los siguientes elementos necesarios para la formulación de un sistema como el antes mencionado:

- 1) *Organización.* El cuerpo directivo debe estar convencido de los beneficios que un esfuerzo de esta magnitud puede reportar. En este sentido, se recomienda el desarrollo e instalación de un sistema piloto, a fin de demostrar las ventajas de la integración.
- 2) *Definición de objetivos.* La definición clara es la clave del éxito.
- 3) *Determinación de necesidades de los datos.* Se considera la actividad más difícil, pero es la oportunidad de que los usuarios manifiesten sus requerimientos, desde la etapa de diseño del sistema.
- 4) *Formulación de las especificaciones de los datos.* Basada en las descripciones de las necesidades de los usuarios. Incluye la selección del método de referencia locacional que el diseño del sistema deberá reconocer.
- 5) *Diseño del sistema conceptual.* El hardware y software deben elegirse conforme a los objetivos planteados y considerando la rapidez evolutiva de los adelantos tecnológicos.
- 6) *Desarrollo del software necesario y de reportes estándar.*
- 7) *Exploración del sistema.* El software deberá ponerse a prueba conforme incrementa su desarrollo. En los casos en que sustituya algún sistema anterior, el nuevo debe iniciar su operación en paralelo. Esta actividad se realizará tantas veces y con la regularidad que los problemas de operación del sistema lo reclamen, ya que su misión es la de resolver las inconsistencias entre series de datos y su accesibilidad al usuario.

- 8) *Inicio de operaciones.* Su funcionamiento debe ser progresivo, además, deberá contar con mecanismos que adiestren al usuario en su empleo y con canales que permitan reportar problemas relativos al propio sistema.
- 9) *Evaluación del sistema.* La evaluación necesita ser periódica, con el propósito de comprobar que el sistema está funcionando bien; o en su caso, que necesita correcciones.

Un sistema integrado de información en el Sector Transporte, es un sistema de recolección y almacenamiento de información, procedente de fuentes distintas y acerca de temas muy variados, relativos todos, a un mismo punto o área geográfica.

Para la ubicación de los datos recabados es necesario un sistema de referencia locacional, que no es otra cosa que un método de registro geográfico, asignado a los diferentes elementos o hechos del transporte; por ejemplo, una referencia locacional podría ser el de kilometraje por ruta y/o el de vínculos por nodos. El primero utiliza el kilometraje que se le asigna a una carretera y con base en él se identifican los distintos elementos; en cada ruta, se elige el kilómetro cero y la medición se inicia a partir de dicho punto. En el segundo sistema, cada intersección es un nodo, al que se le asigna un número; cada nodo se conecta por lo menos a otro nodo, a través de un segmento de camino denominado vínculo y cada vínculo representa una sección única de la vía, la cual puede identificarse a partir de los nodos de inicio y fin que lo definen. Los vínculos pueden subdividirse en subsegmentos, numerando éstos; la localización a lo largo de un segmento puede especificarse de acuerdo con la distancia a los nodos.

La clave de un Sistema Integrado de Información es la capacidad de correlación entre series de datos provenientes de dos o más fuentes

distintas. En este contexto, la referencia de localización resulta ser el vínculo más importante entre la información de las bases de datos, sin la cual, los archivos independientes pierden significado.

Datos acerca de aforos de tránsito, inventarios de señalamiento, accidentes, inspección de puentes, inventarios de cruces entre las vías férreas y las carreteras, condiciones de los pavimentos, entre otros, son sólo algunos de los datos generados y utilizados en el Sector. Sin su respectiva referencia de ubicación geográfica, sería difícil interrelacionarlos; pero, sobre todo, su utilidad no podría proyectarse para apoyar y facilitar las grandes tareas de planeación y administración del transporte. \

Para analizar un accidente en carretera y poder establecer las causas que lo provocaron, es necesario recurrir a una serie de variables como la condición del pavimento, el estado del tiempo, la geometría del camino, el volumen de tránsito, el señalamiento, el alumbrado, etc., cuya correlación es factible por medio de un sistema común de referencia locacional.

¿Qué ocurre en este momento en el tramo "x" de la red carretera? ¿Cuál es la situación respecto a un tema específico a lo largo del sistema carretero nacional? ¿Cuáles son las relaciones espaciales inherentes a los datos?. Preguntas como éstas se responden por los SIG; sin duda, entonces, éstos constituyen un instrumento que facilita algunas actividades de los responsables de la planeación y administración del transporte.

Los programas más adecuados, cuando se trata de transporte, son los de tipo vectorial, que además de las funciones de los SIG, permitan el manejo de relaciones topológicas entre nodos, segmentos y áreas

(ArcInfo, Earth/Info, Genamap, Spans, Tigris); correcciones geométricas (ArcInfo, Erdas, Tigris); sobreposición de redes georreferenciadas (ArcInfo, Genamap, Spans, Tigris); de preferencia manejar estructuras de redes en tercera dimensión (ArcInfo, Earth/Info, Genamap, Spans, Tigris); conversión o reestructuración de los datos a un sistema de referencia locacional común; posibilidad de integrarse con otros instrumentos de captura y registro automatizado, sin minimizar las funciones de los SIG referentes al despliegue visual de los datos y la integración espacial de los mismos, entre otras. Para el caso específico de esta tesis; se usan, en primera instancia, ArcInfo y después ArcView, el primero tiene una alta funcionalidad y maneja grandes volúmenes de datos; sin embargo, su interfase gráfica es limitada, mientras que ArcView cuenta con una interfase gráfica buena y se recomienda su empleo para usuarios finales de ArcInfo.

2.2.5 Características de funcionamiento y uso de los SIG, aplicados al transporte

Las ventajas de utilización que ofrecen los SIG al transporte, derivadas de sus propias características operacionales, atienden a tres funciones primordiales:

- Integración de los datos,
- Análisis geográfico de la información, y
- Despliegue y representación espacial de la información.

La viabilidad de operación de un SIG aplicado al transporte, está condicionada por la estructuración de las bases de datos, proceso que implica un mayor conocimiento teórico acerca de su manejo y organización. Los parámetros primarios para el diseño de una base de datos geográfica son: precisión, exactitud, resolución y extensión.

Las interrelaciones de éstos determinan los costos de recopilación, procesamiento y almacenamiento de los datos, así como el uso y utilidad del sistema en su conjunto. Sin duda, de la precisión de los datos deriva el valor de los resultados, como de su exactitud depende la confiabilidad de las entidades representadas en los mapas; en estrecha relación, tanto con la resolución que está en función de la escala y la importancia de los datos, como con la extensión referida a la dimensión del espacio a analizar.

Una buena estructuración de las bases de datos, facilita y optimiza el empleo de las funciones de análisis espacial posibilitado por los SIG, que para el caso del transporte resultan de gran utilidad por las ventajas que ofrece al manejo de las relaciones topológicas y de sobreposición de información. Lo anterior obedece a que las reglas de la topología aplicadas en un SIG, contribuyen a explicar las relaciones espaciales inmersas en los datos, esto es; permite, por ejemplo, visualizar entre dos interacciones o nodos, los segmentos y los atributos que los definen o bien realizar elaboraciones cartográficas y análisis espaciales a partir de la adyacencia y/o conectividad entre puntos (intersecciones o nodos), líneas (segmentos o redes) o áreas. Además, la topología constituye un elemento importante cuando se trata de analizar y correlacionar la información contenida en más de un mapa temático, es decir, en los procesos de sobreposición, técnica de análisis espacial facilitada por los SIG, que para efectos del transporte cobra mayor relevancia por la necesidad de análisis de redes representadas, considerando intersecciones, uniones y áreas; dado que un sistema de transporte se define precisamente por una serie de redes interconectadas en donde algunos segmentos se delimitan por el valor de un atributo particular, otras, por las características de sus elementos y otros aspectos, pueden distribuirse en puntos discretos ya sea temporalmente o espacialmente.

Los tipos de sobreposiciones se definen por seis clases de permutaciones posibles entre los tres elementos (puntos, líneas y áreas) y estos son:

- 1. Áreas en líneas.**
- 2. Punto en punto.**
- 3. Áreas en áreas.**
- 4. Líneas en puntos.**
- 5. Áreas en puntos.**
- 6. Líneas en líneas.**

En nuestro caso, emplearemos los primeros dos tipos de las sobreposiciones que se han mencionado, es decir, el de áreas en líneas para el trazado de rutas óptimas, atendiendo determinadas condiciones de las áreas por donde cruzan, y la sobreposición de punto en punto para el análisis de incidencia de accidentes contra puntos de intersección de la red.

Cabe mencionar el hecho de que en el ambiente de la tecnología de los SIG, se ha desarrollado el proceso denominado “segmentación dinámica”, para aplicación en carreteras, la cual parte del razonamiento de que la segmentación no debe registrarse solamente en los nodos o puntos de intersección, sino que en ocasiones conviene fijar otros atributos como condición de segmentación, por ejemplo: el número de carriles, el volumen de tránsito, los accidentes, la condición del pavimento, etc. Dentro de los SIG con el mayor avance, en cuanto a la segmentación dinámica, está el ArcInfo 6.0, última versión desarrollada por la empresa ESRI (Environmental Systems Research Institute) de Estados Unidos. En la terminología ArcInfo, un segmento corresponde a la porción de un rasgo geográfico definido por un atributo. La segmentación representa el proceso de descomponer en porciones un rasgo lineal, conforme a los campos registrados en sus atributos, por medio de nodos.

2.2.6 Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica

En México, la utilización de los SIG se ha difundido en organismos públicos que los han incorporado como una práctica herramienta de trabajo, tal es el caso de: la Comisión Federal de Electricidad, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Petróleos Mexicanos, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, el Departamento del Distrito Federal, además de diversas instituciones académicas, como los Institutos de Ingeniería y Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Colegio de México, la Universidad Autónoma Metropolitana, el Conalep, entre otros. A continuación se describen los estudios identificados como propuestas de aplicación de los SIG al transporte:

- *Sistema de Información Geoestadística para el Transporte (SIGET)*

En respuesta a la demanda del Sector Transporte por obtener información precisa y actualizada sobre la localización, condiciones y características de la infraestructura y sus rasgos asociados disponibles para la actividad; el IMT, en coordinación con los 31 centros SCT del país, la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) de la misma Secretaría y la asesoría académica del Instituto de Geografía de la UNAM, llevó a cabo el levantamiento del Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte (INIT), fase inicial y plataforma de partida del SIGET, mediante el empleo de receptores del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para la generación de la información geográficamente referenciada en campo, y de un SIG para su procesamiento posterior.

El objetivo central del SIGET se resume en proporcionar un medio informático versátil y sencillo para el registro, análisis y representación de la información geográfica y estadística asociada al transporte; de lo

anterior se desprenden como objetivos particulares; por un lado, diseñar un mecanismo de acceso, consulta y representación de la información generada por otras fuentes y medios relacionados con el sector, y por otra parte, sistematizar el registro y actualización de la información georeferenciada relativa al transporte y su infraestructura, para de ahí desarrollar un esquema metodológico y conceptual para la utilización del SIGET en los distintos organismos de la SCT.

La importancia del banco de información resultante reside, tanto en la precisión, en la ubicación de los elementos registrados, como en la gran versatilidad de manejo que facilita el formato digital, lo cual se traduce en la posibilidad de actualización permanente, representación a escala deseada, análisis combinado de los datos, sobreposición con otras capas de información generada por otros medios, etc.

La estrategia organizacional y territorial para el desarrollo del SIGET se dividió en tres fases durante el primer periodo de levantamiento, y un segundo periodo consistente en la integración de datos de campo y técnico-documentales a realizarse posteriormente.

La primera fase consistió, además del diseño de la logística general, de la capacitación de 32 brigadas integradas por tres elementos, una por cada entidad federativa mexicana. En la segunda fase, las brigadas equipadas con un receptor del GPS, conectado a una computadora portátil como medio de almacenamiento y captura, y con el uso del software Geolink generaron las bases de datos de los registros de posición (latitud, longitud y altitud) a intervalos de un segundo, mediante el recorrido de alrededor de 95,000 km. de caminos pavimentados del país en un lapso promedio de dos a tres meses por entidad federativa. La información resultante se recibió en el IMT, en donde fue transformada al formato del SIG ArcInfo, con el cual se han

venido editando e imprimiendo en mapas de diferentes escalas (de 1:50,000 a 1:1,00,000), de acuerdo con el tamaño del Estado y el grado de detalle deseado. La tercera fase contempla el registro relativo a los más de 160 mil kilómetros de la red de caminos rurales (revestidos y de terracería), y de manera simultánea el procesamiento, edición e impresión de los resultados finales, tanto en papel como en medios magnéticos accesibles, a través de un sistema interactivo de fácil manejo.

Es importante señalar que, a la fecha, los resultados obtenidos muestran un alto grado de precisión en la localización de los trazos y atributos; que se confirma al cotejarlos con los originales fotogramétricos del INEGI y la cartografía tradicional de la SCT; aunado a ello se ha obtenido la longitud de los caminos con mayor precisión, con lo que se han actualizado las cifras de las redes carreteras de cada estado.

Para cumplir los objetivos trazados del SIGET, además de otras actividades que se identifiquen en paralelo, se concibe a éste como de carácter continuo o permanente; de tal manera que, en términos de generación de información, ya se tiene planteado el segundo periodo de levantamiento y registro del INIT, con datos relativos a:

1. Las condiciones de la superficie de rodamiento de los caminos.
2. Las características técnicas del diseño geométrico de los caminos (anchos de corona y calzada, acotamientos, cunetas, grado de curvatura, alineamientos, entre otros).
3. La señalización y bancos de material.
4. El complemento de las bases de datos con información generada en otras instancias y medios (Pesos y dimensiones del autotransporte de carga a partir de las estaciones de aforo, estudios sobre el valor económico de la carga transportada,

registros de la Dirección General del Autotransporte Federal, Policía Federal Preventiva, etc.).

Puede afirmarse que el proyecto del SIGET perfila un horizonte de aplicaciones de los SIG y de los Sistemas de Posicionamiento Global como tecnologías asociadas, que se extiende a todos los modos de transporte, abarcando un amplio campo de posibilidades, que van desde el ámbito nacional hasta escalas locales, o bien, desde el nivel de detalle de algún elemento de infraestructura, medio o servicio hasta la totalidad del sector; contando, a su vez, con la capacidad funcional de responder a las necesidades particulares de los diversos agentes involucrados en el transporte.

A continuación se muestran las coberturas del INIT, disponibles, por entidad federativa:

Carreteras pavimentadas.

- Red Federal libre, de dos carriles.
- Red Federal libre, de cuatro o más carriles.
- Red Federal cuota, de dos carriles.
- Red Federal cuota, de cuatro o más carriles.
- Red Estatal libre, de dos carriles.
- Red Estatal libre, de cuatro o más carriles.
- Red Estatal cuota, de dos carriles.
- Red Estatal cuota, de cuatro o más carriles.

Caminos Rurales.

- Revestidos.
- Terracerías.

Esta cobertura contiene toda la información registrada en el apartado “elementos y componentes de los caminos” de la base de datos, misma que se detalla a continuación y que reproduce la totalidad de la información, tal y como fue captada en el campo.

Puentes.

Clasificación por longitud:

- a) Grandes.- mayores a 100 metros.
- b) Medianos.- entre 30 y 100 metros.
- c) Chicos.- menores de 30 metros.

Nombre (Señalando con “C” si el puente es de cuota).

Infraestructura asociada.

Terminales y paraderos de camiones de carga.

Terminales y paradas de autobuses.

Casetas de peaje.

Gasolineras.

Campamentos o residencias de obra de la SCT.

Límite estatal.

Localidades.

Nombre.

Puertos. (cotejar con el catastro portuario por entidad federativa).

Nombre.

Clasificación.

- a) Comercial.
- b) Industrial.
- c) Petrolero.
- d) Pesquero.
- e) Turístico.

Aeropuertos.

Nombre.

Tipo:

a) Aeropuerto (con terminal).

b) Aeropista.

Clasificación (comercial).

Internacional.

Nacional (aviación general).

Inicio y terminación de tercer carril de ascenso (carreteras de dos carriles).

Vados, Puentevado y Guardaganados (etapa II).

Las coberturas del INIT que se utilizan en este trabajo, fueron las correspondientes a las carreteras pavimentadas, la ubicación de las casetas de peaje y localidades; obviamente para nuestro caso específico, solamente se tomó la información correspondiente al Estado de Nuevo León.

- *Análisis de accidentes y estudios de prevención.*

En atención a los cuantiosos daños que, traducidos a costos, generan los accidentes en carreteras, el estudio de las principales causas es indispensable para formular y promover acciones de prevención y de instrumentación de programas de seguridad, contexto en lo cual los SIG aparecen como instrumentos útiles por su capacidad de correlación espacial de variables, tales como: la condición del pavimento, los registros meteorológicos, la geometría del camino, el volumen del tránsito, la señalización, entre otras.

Como ya mencionamos en el capítulo anterior, actualmente el IMT participa en una investigación de alcance nacional sobre una estrategia sistemática de administración de la seguridad, y su participación se enfoca a los sistemas para el procesamiento de bases de datos, de manera que se agilice el manejo de la información, representándola cartográficamente por medio de los SIG, precisamente el desarrollo de esta tesis forma parte del trabajo que realiza el IMT. Cabe mencionar que no se tiene conocimiento de que algún otro organismo, en el nivel nacional, esté utilizando la aplicación de los SIG al análisis de accidentes y estudios de prevención

Las aplicaciones que se mencionan a continuación aún no se han llevado a la práctica; sin embargo, son propuestas que ha hecho el IMT para la utilización de los SIG en el transporte.

- *Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos (SIMAP).*

Del estado de la superficie de rodamiento de la red carretera depende en buena medida su funcionamiento y los costos de operación vehicular. De aquí, que de la oportunidad y acierto con que se realicen las labores de mantenimiento y conservación será la calidad de servicio de la red. Una contribución a esto la constituyen los sistemas computacionales de administración de pavimentos, cuyo objetivo primordial es el de evaluar y caracterizar el estado del pavimento en cada tramo de una red vial.

- *Sistema para la Administración de Puentes (SIAP).*

El apoyo de un SIG, en este caso, ofrece al usuario; por un lado, el acceso a la información contenida en la base de datos del propio SIAP, mediante la visualización de los puentes seleccionados (o tramos carreteros en el caso del SIMAP), así como, la comunicación y consulta en otras bases de datos a través del sistema de referencia locacional del SIG; por otro lado, complementado con el SIG el SIAP obtiene la facultad

de distintas opciones de salida del material e información procesada (cuadros, mapas, gráficas, etc.)

- *Pesos y dimensiones del transporte de carga en México.*

De nueva cuenta, el SIG se propone como el instrumento capaz de asociar los datos recabados en la investigación con la base territorial, geográficamente referenciada, de la red carretera, correlación que da a los resultados del estudio mayor proyección y versatilidad en la intención de servir como insumos a las labores de planeación, administración y conservación de la infraestructura, desempeñadas por la SCT.

- *Evaluación permanente de la situación del transporte en México.*

Con el empleo del SIG será posible obtener, de manera rápida, una visión gráfica de la distribución espacial de los problemas o de los cambios ocurridos en el transporte de carga en México. Asimismo, colaborará de manera eficiente en la interrelación y análisis de las variables consideradas en los estudios económicos regionales.

- *Distribución y comercialización de productos. (Enfoque Logístico).*

La implicación territorial de la logística y de las cadenas de transporte fundamenta en sí misma la utilidad de un SIG, como herramienta de apoyo en la investigación, particularmente cuando la meta del estudio es la elaboración de métodos que orienten la realización de distintos trabajos, desde esta perspectiva.

- *Estrategias para la realización de estudios de origen y destino.*

De acuerdo con el propósito de elaborar un método para localizar, en una red de carreteras, los puntos en donde es más conveniente realizar los registros que luego servirán a los estudios de origen – destino de los

flujos vehiculares, el uso de un SIG resulta recomendable, dado que ofrece sensibles ventajas, tanto en el proceso de localización de los sitios más pertinentes como puntos de registro, como en el análisis de la información recabada, tendiente a describir los movimientos que se presentan a lo largo de la red y entre los puntos que la integran, y en la elaboración del material cartográfico correspondiente.

- *Análisis de necesidades de libramientos en pueblos y ciudades.*

El objetivo de la investigación, como en otros casos, también es el de llegar a definir un método que contemple los requisitos necesarios para el estudio y construcción de libramientos carreteros en localidades. Incuestionablemente, la justificación, proyección y construcción de un libramiento debe no sólo considerar, sino realizar en sus diversas etapas, diferentes análisis espaciales, para lo cual es de gran utilidad la ayuda prestada por un SIG.

- *Problemas de conectividad en puertos y fronteras.*

La presencia de la dimensión espacial en estudios relativos a problemas de conectividad sugiere que el apoyo de un SIG ofrece ventajas metodológicas y garantiza buenos resultados en el cumplimiento de los propósitos de identificar los elementos clave de los problemas del transporte de carga de largo itinerario, que tiene como destino algún puerto ó ciudad fronteriza.

- *Análisis de vulnerabilidad de grandes ciudades por problemas de conexión del transporte interurbano y suburbano con la red general de carreteras.*

Una vez más, por la implicación de la variable geográfica en la investigación orientada a detectar y proponer alternativas de solución a los problemas que enfrenta el transporte de carga, con relación a las dificultades de entrada y salida de una ciudad, se recomienda el uso de

un SIG en todas aquellas actividades que lleven implícitos procesos de ubicación y de análisis o interrelaciones espaciales de elementos.

- *Manual estadístico del Sector Transporte.*

El uso de un SIG le ofrece a este tipo de trabajos la posibilidad de llevar a cabo, en forma rápida y sencilla, diferentes representaciones cartográficas de la información contenida en el manual, con lo cual se eleva su objetividad, en concordancia con los objetivos del mismo, respecto a servir de apoyo a la planeación y realización de estudios generales orientados a mejorar la coordinación de los distintos modos de transporte, así como, a prever oportunamente la evolución cuantitativa del transporte en el país y apoyar la toma de decisiones.

Como corolario, en la conferencia sobre la utilización de los SIG en el transporte, organizada por el "Transportation Research Board" de los E.U.A., a principios de 1991, se cita que en el ámbito federal esta herramienta puede apoyar labores y procesos distintos, por ejemplo: (Referencia 12)

- En el área de sistemas centrales de transporte, apoya diversos procesos de toma de decisiones, organización militar y de dispositivos de emergencia.
- En Administración de la aviación federal, la planeación de aeropuertos y algunos servicios de apoyo a la navegación.
- En Administración de la red ferroviaria federal, el análisis de los movimientos de carga.
- En la Administración de carreteras federales, estudios de impacto ambiental, planeación urbana, conservación de carreteras, manejo de flujos de carga, análisis de accidentes, organización de dispositivos policíacos.

- En materia de planeación de la red carretera, son útiles en las descripciones de nodos y enlaces, así como el tratamiento de redes.
- En la investigación y en programas especiales: elaboración de estudios relacionados con la logística de asistencia en daños y mapas de riesgo.
- En la planeación y organización del tránsito. Rutas (información a los usuarios, acceso a estacionamientos, apoyo a programas de mantenimiento, etc.). En servicios (inventario de paradas de autobús, esquemas de redes, traslado de materiales peligrosos, uso del suelo, localización de instalaciones, mantenimiento de obras, etc.). Policía (respuesta a emergencias, cálculo de distancias, distribución de despachos de control, entre otros).

En este capítulo se trató de exponer la importancia que tiene el transporte en la vida económica, social y cultural de un país; asumiendo que algunas de las consecuencias de la movilidad son el congestionamiento vial y los accidentes, siendo éstos últimos una importante causa de mortalidad en México; es por ello que actualmente las autoridades del transporte estén preocupadas por mejorar las condiciones de seguridad en la RCF. Dentro de las acciones que se vienen realizando para implantar una estrategia sistemática de administración de la seguridad, se formó el CONAPREA, del cual es integrante el IMT, que por su parte realiza investigaciones de alcance nacional acerca de los sistemas de procesamiento de datos utilizando SIG.

Capítulo 3

ELABORACIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO DE INFORMACIÓN

A continuación se describe la construcción del sistema de manejo de información, para la Red Federal Básica, comprendida dentro del Estado de Nuevo León, integrando en el Sistema de Información Geográfico (SIG) denominado ArcView, un conjunto de datos de dicha fracción, tales como la representación cartográfica, la clasificación y nomenclatura de carreteras, el aforo y composición vehicular, y la información sobre accidentes.

La RCF, en el Estado de Nuevo León, tiene una longitud de 1,528.20 kilómetros (alrededor del 3% de la longitud de la Red Federal Básica total, la cual es de aproximadamente 50 mil kilómetros), para este estudio, se consideró la Red Federal y algunos tramos de la Red Estatal, resultando una longitud de 1,715.20 kilómetros. La información que se maneja en este trabajo, incluyendo la de accidentes, corresponde a los años de 1996 a 1999.

3.1 Generación de la Representación Cartográfica

Como ya se mencionó en el Capítulo anterior, la representación cartográfica para la elaboración de este trabajo fue generada a partir de información espacial registrada en el campo por el centro SCT del Estado de Nuevo León, utilizando Sistemas de Posicionamiento Global (GPS). El registro de esta información fue realizado bajo la dirección del IMT, dentro del desarrollo del SIGET. Después del registro de dicha información por el centro SCT, la misma fue almacenada por el IMT en archivos computacionales en el formato de datos espaciales del SIG denominado ArcInfo. Este es un SIG que representa el estándar operativo para los SIG's en el ámbito universal. En dicho formato, la información queda organizada en coberturas o capas. La información registrada dentro del SIGET es actualizada anualmente por el centro SCT del Estado así como por el IMT, en donde recibe diferentes procesos o tratamientos, quedando lista para ser utilizada por diferentes tipos de usuarios. Cabe aclarar que un dato espacial es aquel vinculado a una ubicación geográfica determinada (p. ej. un segmento de la calle, de carretera, etc.).

3.1.1 Cartografía Básica

En ArcView, una representación cartográfica o mapa se genera integrando un conjunto de rasgos geográficos dentro de un proyecto. Cada uno de estos conjuntos constituye un tema. Para cada tema existe una tabla de atributos, la cual es una base de datos que almacena en diferentes campos las características específicas de cada rasgo geográfico. A partir de estos temas puede generarse una vista, en la cual se ilustran tanto el mapa deseado como la información representada en

el mismo. En ArcView, un proyecto es un archivo que contiene todas las vistas, tablas, gráficas, etc., utilizadas en una aplicación específica.

Para el desarrollo de este trabajo se importaron en coberturas de ArcInfo del SIGET, los rasgos geográficos contenidos en los archivos de ArcView, contienen en su nombre la extensión "shp", que es un distintivo que ArcView utiliza para identificar los archivos que siguen el formato de datos espaciales de ArcView (shapefiles).

- Rep. Mexicana.shp. En este archivo, cada registro corresponde a un polígono. El conjunto de todos los polígonos define la división política (o por estados) de la República Mexicana.
- Nuevo León.shp. En este archivo también cada registro corresponde a un polígono. El conjunto de todos los polígonos define la forma del Estado de Nuevo León.
- Loc15000.shp. En este archivo cada registro corresponde a un punto que representa a una población de 15,000 o más habitantes.
- Cabecera.shp. Cada registro de este archivo corresponde a un punto que representa una cabecera municipal.
- Caseta.shp. De este archivo cada registro corresponde a un punto que representa una caseta de cobro de un tramo de autopista de cuota.
- Carreteras_nl.shp. En este archivo cada registro corresponde a una poligonal abierta que representa una sección o intervalo de carretera federal. En uno de los campos de cada registro se almacena una clave que significa cada sección carretera en cualquiera de las siguientes cuatro opciones: (I) libre de dos carriles, (II) libre de cuatro carriles, (III) de cuota de dos carriles y (IV) de cuota de cuatro carriles. Cabe aclarar que en este archivo originalmente importado del SIGET, cada elemento poligonal (o

rasgo geográfico) es un segmento de carretera seleccionado arbitrariamente (sin ningún criterio en particular).

- Carreteras Estatales.shp. En este archivo cada registro corresponde a una poligonal abierta, que representa una sección o intervalo de carretera estatal.

Una vez importados los temas anteriores y activados dentro de una vista del proyecto generado, se obtuvo el mapa que se ilustra en las Figuras 3.1a y 3.1b.

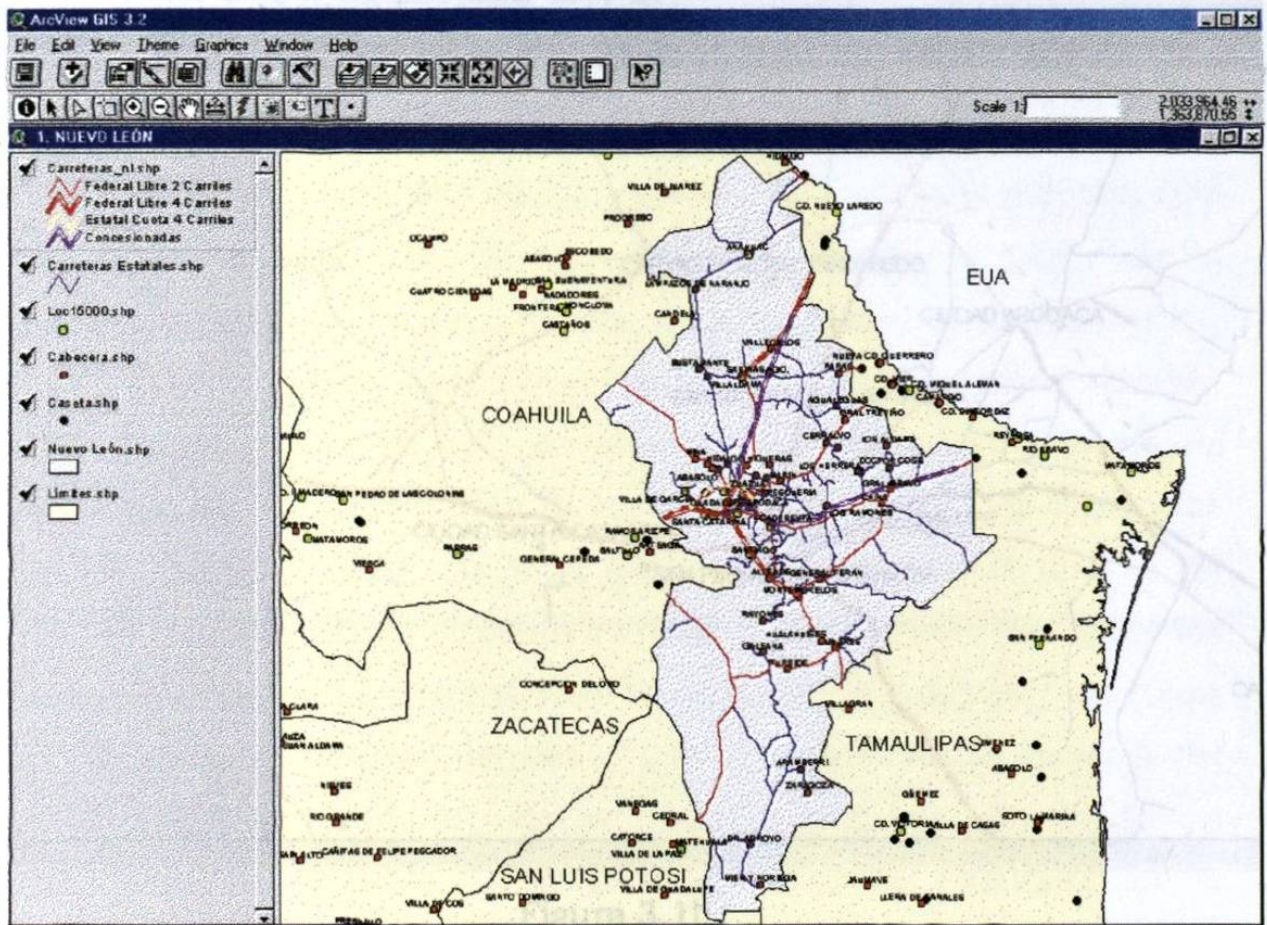


Figura 3.1a

Rasgos geográficos importados de ArcInfo, que conforman el Estado de Nuevo León.

La Figura 3.1b es un acercamiento a la Zona Metropolitana de la Ciudad de Monterrey, con los municipios que la conforman, los cuales tienen una población mayor que 15,000 habitantes; la tabla de contenidos, a la izquierda del mapa, indica los temas incluidos en el proyecto. Asimismo, con una marca a la izquierda de sus leyendas, se señalan los temas activados o dibujados en el mapa. En ArcView, los temas activados son dibujados de abajo hacia arriba según se ilustran en la tabla de contenidos.

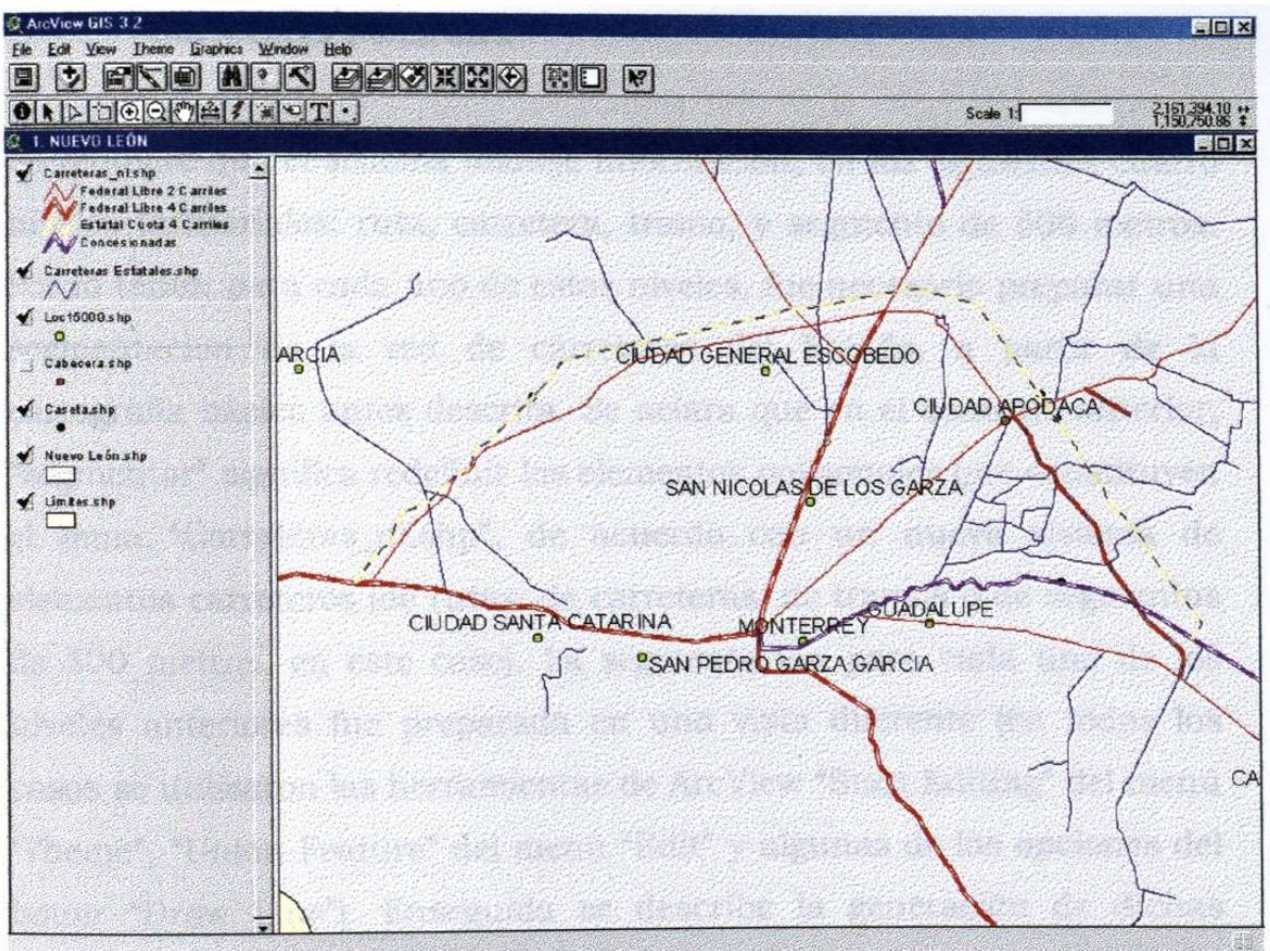


Figura 3.1b

Rasgos geográficos importados de ArcInfo (Acercamiento a la zona metropolitana de Monterrey)

Aunque en la representación cartográfica anterior han sido activados todos los temas importados, el desarrollo de este trabajo se basa, de

manera casi exclusiva, en los archivos correspondientes a las Carreteras Federales (Carreteras_nl.shp), en el contorno del Estado de Nuevo León (Nuevo León.shp) y en la división política de la República Mexicana (Rep. Mexicanan.shp). El conjunto de estos tres elementos conforma la cartografía básica a partir de la cual se generó el sistema de información, cuyo desarrollo se describe a continuación.

3.1.2 Segmentación e Integración de la Clasificación de las Carreteras Federales

Se requiere que el sistema maneje información, en los siguientes cuatro niveles territoriales: ruta, carretera, tramo, y segmento de 500 metros. Por lo tanto, para cada uno de estos niveles, fue necesario preparar una segmentación de la red de carreteras del Estado, a partir de la cartografía básica antes descrita. Se aclara que en el contexto anterior, “segmentar” significa redefinir los elementos poligonales que constituyen el tema “Carreteras_nl.shp”, de acuerdo con un nuevo sistema de elementos carreteros (de rutas, de carreteras, de tramos o de segmentos de 500 metros, en este caso). La segmentación para cada uno de los niveles anteriores fue preparada en una vista diferente (en todos los casos se utilizaron las herramientas de ArcView “Start Editing” del menú “Theme”, “Union Feature” del menú “Edit” y algunas de las opciones del botón “Draw Line”). Enseguida se describe la generación de dichas segmentaciones o vistas. La primera segmentación elaborada fue la segmentación por tramos, derivándose a partir de ella las otras tres segmentaciones (por carretera, por segmento y por ruta). Sin embargo, la descripción mostrada a continuación se realiza de acuerdo con la estructura jerárquica del Sistema de Clasificación de Carreteras Federales de la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST), es decir, primero por rutas, luego por carreteras, después por tramos y por

último en segmentos de 500 metros. Esta es la clasificación oficial de carreteras de la SCT y en ella la Red Federal Básica, de alrededor de 50,000 kilómetros de longitud, se divide en 147 rutas, éstas a su vez en 561 carreteras y estas últimas en 2,538 tramos.

3.1.2.1 Segmentación por rutas

La Tabla 3.1 muestra las rutas a las que pertenece la RCF de Nuevo León incluidas en esta segmentación. La primera columna de la tabla presenta un número secuencial, la segunda muestra la nomenclatura de cada ruta en la clasificación de carreteras de la DGST; la tercera, el nombre de la ruta; la cuarta, la longitud registrada en ArcView para cada ruta. El identificador asignado en ArcView a cada ruta al generarse esta segmentación, es el mismo que asigna la DGST para la identificación de las rutas.

Tabla 3.1

Rutas Nacionales a las que pertenecen las Carreteras Federales del Estado de Nuevo León

N°	Ruta (DGST)	Nombre de la ruta	Longitud (KM.)
1	MEX-002	Playa Gral. L. Villar - Tijuana	12.60
2	MEX-030	Cd. Guerrero - El Palmito	17.50
3	MEX-035	Entronque Santa Rosa - La Barca	93.00
4	MEX-040	Reynosa - Mazatlán	297.60
5	MEX-040 D	Monterrey - La Sierrita	245.80
6	MEX-053	Monterrey - Boquillas del Carmen	115.00
7	MEX-054	Colima - Ciudad Mier	135.80
8	MEX-057	México - Piedras Negras	181.30
9	MEX-058	Linares - San Roberto	98.00
10	MEX-085	México - Nuevo Laredo	398.10
11	MEX-085 D	Monterrey - Nuevo Laredo	120.50
Longitud Total			1,715.20

En el último renglón de la tabla se indica que la longitud total de la RCF del estado de Nuevo León registrada en ArcView (proveniente del SIGET) es de 1,715.20 kilómetros. Esta segmentación fue almacenada dentro de la vista denominada "RUTAS", del proyecto "Nuevo León.apr". El mapa en la Figura 3.2 ilustra la segmentación obtenida, indicándose con diferentes colores 11 distintas rutas identificadas.

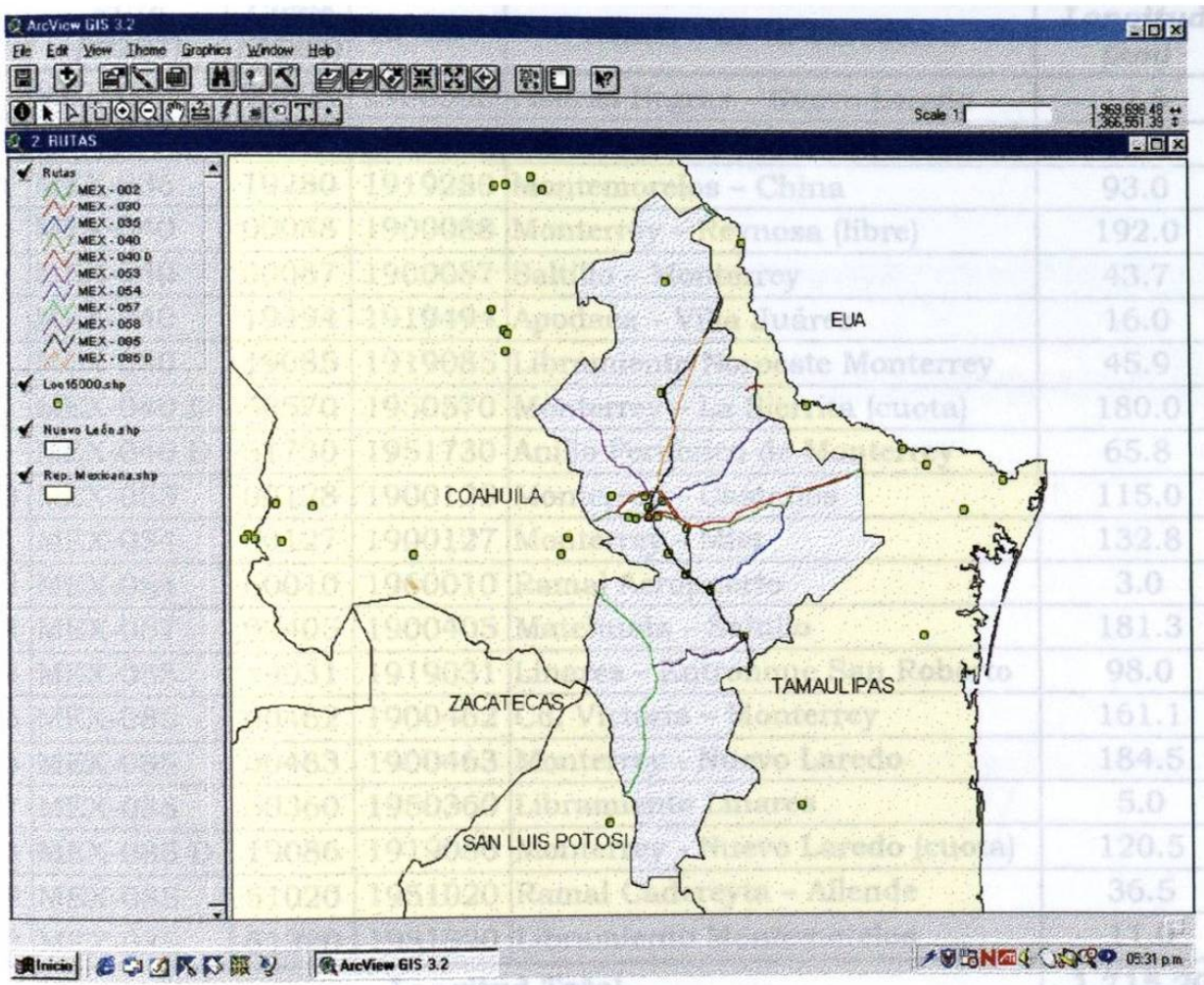


Figura 3.2

Rutas Nacionales a las que pertenecen las carreteras federales del Estado de Nuevo León.

3.1.2.2 Segmentación por carreteras

La Tabla 3.2 presenta las Carreteras Federales de Nuevo León, incluidas en esta segmentación.

Tabla 3.2
Carreteras federales del estado de Nuevo León

Nº	Ruta (DGST)	Clave (DGST)	Id_carr	Nombre de la Carretera	Longitud (km)
1	MEX-002	00503	1900503	Piedras Negras - Nuevo Laredo	12.6
2	MEX-030	00746	1900746	Paras - Nueva Cd. Guerrero	17.5
3	MEX-035	19280	1919280	Montemorelos - China	93.0
4	MEX-040	00088	1900088	Monterrey - Reynosa (libre)	192.0
5	MEX-040	00087	1900087	Saltillo - Monterrey	43.7
6	MEX-040	19494	1919494	Apodaca - Villa Juárez	16.0
7	MEX-040	19085	1919085	Libramiento Noroeste Monterrey	45.9
8	MEX-040 D	50570	1950570	Monterrey - La Sierrita (cuota)	180.0
9	MEX-040 D	51730	1951730	Anillo Periférico de Monterrey	65.8
10	MEX-053	00128	1900128	Monterrey - Castaños	115.0
11	MEX-054	00127	1900127	Monterrey - Mier	132.8
12	MEX-054	60010	1960010	Ramal Aeropuerto	3.0
13	MEX-057	00405	1900405	Matchuala - Saltillo	181.3
14	MEX-058	19031	1919031	Linares - Entronque San Roberto	98.0
15	MEX-085	00462	1900462	Cd. Victoria - Monterrey	161.1
16	MEX-085	00463	1900463	Monterrey - Nuevo Laredo	184.5
17	MEX-085	50360	1950360	Libramiento Linares	5.0
18	MEX-085 D	19086	1919086	Monterrey - Nuevo Laredo (cuota)	120.5
19	MEX-085	51020	1951020	Ramal Cadereyta - Allende	36.5
20	MEX-085	51320	1951320	Libramiento Montemorelos	11.0
Longitud Total					1,715.20

La primera columna de la tabla muestra un número secuencial; la segunda, la clave de la ruta (según la clasificación de carreteras de la DGST) a la que pertenece la carretera; la tercera, la nomenclatura (o clave) en la clasificación de carreteras de la DGST; la cuarta, el identificador dado en ArcView a cada carretera al generarse esta

segmentación; la quinta, el nombre de la carretera; y la sexta, la longitud registrada en ArcView para cada carretera.

En este caso, el identificador de ArcView está constituido por la clave de la carretera en la clasificación de la DGST, precedida por el número 19 que es el identificador del Estado de Nuevo León en la misma clasificación. En el último renglón de esta tabla se obtiene la misma longitud total de 1,715.20 kilómetros. Esta segmentación fue almacenada dentro de la vista denominada "CARRETERAS". El mapa en la Figura 3.3 ilustra la segmentación ahora obtenida, indicándose con diferentes colores las 20 carreteras identificadas.

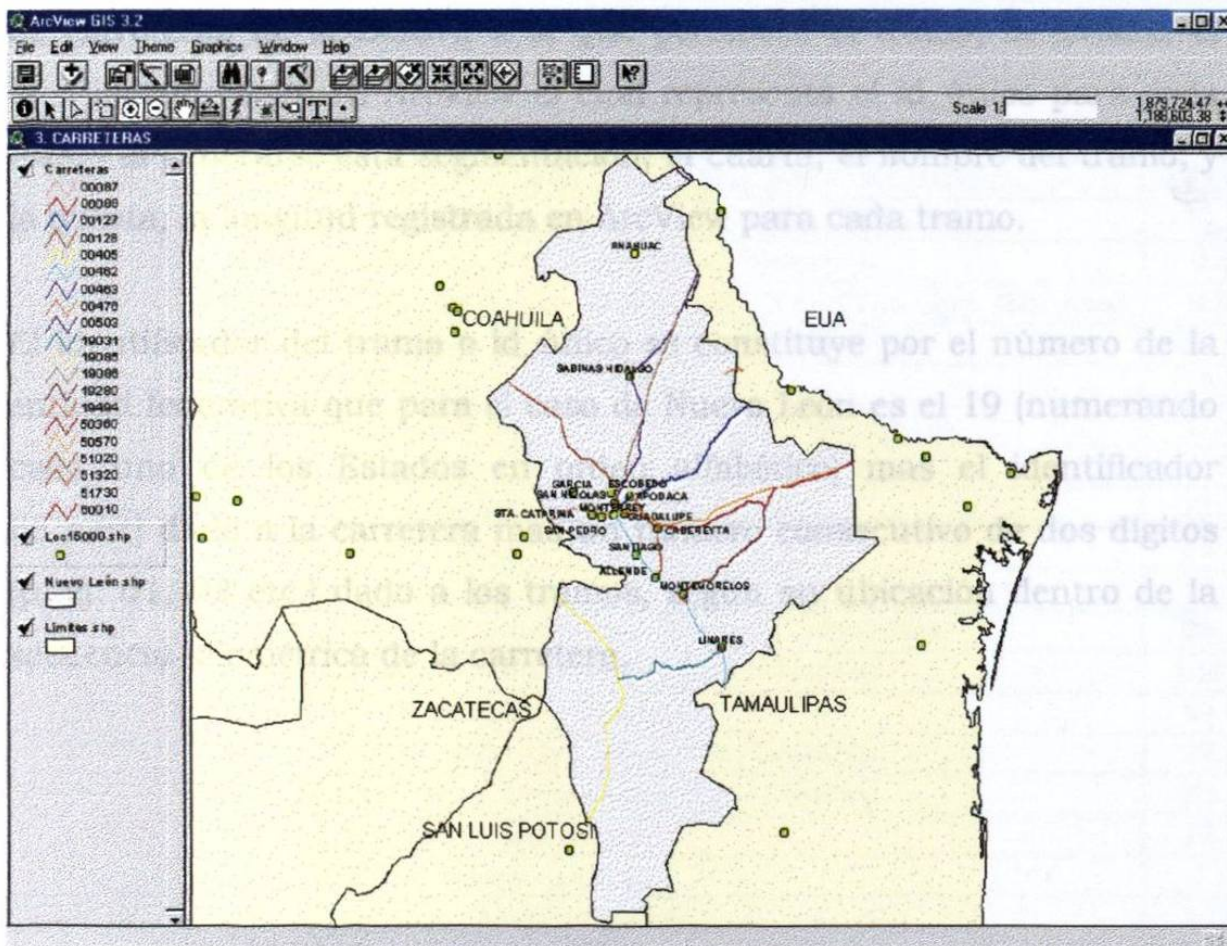


Figura 3.3

Carreteras federales que pertenecen al estado de Nuevo León.

Cabe señalar que en la clasificación de la DGST, las secuencias kilométricas están definidas según el nivel de cada carretera (se inicia con el kilómetro cero, en cualquiera de los dos extremos de cada carretera).

3.1.2.3 Segmentación por tramos.

La Tabla 3.3 muestra los tramos de la RCF de Nuevo León, incluidos en esta segmentación. De manera similar que en las dos segmentaciones anteriores, la primera columna de la tabla presenta un número secuencial; la segunda, es la clave de la carretera (según la clasificación de carreteras de la DGST), a la que pertenece el tramo; la tercera, el identificador dado en ArcView el cual representa el id_único para cada tramo al generarse esta segmentación; la cuarta, el nombre del tramo; y la quinta, la longitud registrada en ArcView para cada tramo.

El identificador del tramo o id_único se constituye por el número de la entidad federativa que para el caso de Nuevo León es el 19 (numerando cada uno de los Estados en orden alfabético) mas el identificador (id_carr) dado a la carretera mas un número consecutivo de dos dígitos (p. ej. 01, 02 etc.) dado a los tramos, según su ubicación dentro de la secuencia kilométrica de la carretera.

Tabla 3.3

Tramos de la red federal que pertenecen al estado de Nuevo León

N°	id_carr	id_único	Nombre del tramo	Long. (km.)
1	00087	190008707	Lím. Edos. Coah./N.L. - T Izq. Lib. NW Mty.	18.5
2	00087	190008708	T Izq. Lib. NW Mty. - T Der. Sta. Catarina 1° Acc.	8.5
3	00087	190008709	T Der. S. Catarina 1° Acc. - T Der. Sta. Catarina 2° Acc.	5.0
4	00087	190008710	T Der. Sta. Catarina 2° Acceso - Ppia. Monterrey	11.7
5	00088	190008801	Lib. Monterrey - Villa Juárez	19.1
6	00088	190008802	Villa de Juárez - Los Pilares	6.9
7	00088	190008803	Los Pilares - Refinería	7.0
8	00088	190008804	Refinería - T Der. San Juan	14.0
9	00088	190008805	T Der. San Juan - T Der. Tepehuaje	5.0
10	00088	190008806	T Der. Tepehuaje - T Izq. Los Ramones	16.8
11	00088	190008807	T Izq. Los Ramones - T Izq. Jabalí	17.6
12	00088	190008808	T Izq. Jabalí - T Izq. Los Herrera	10.6
13	00088	190008809	T Izq. Los Herrera - T Izq. Libramiento China Sur	13.0
14	00088	190008810	T Izq. Lib. China Sur - T Izq. Lib. China Norte	3.0
15	00088	190008811	T Izq. Lib. China Norte - General Bravo	12.0
16	00088	190008812	General Bravo - Escobedo	13.0
17	00088	190008813	Escobedo - T C. (Mty. - La Sierrita)	41.0
18	00088	190008814	T C. (Mty. - La Sierrita) - Lím. Edos. N.L./Tamps.	13.0
19	00127	190012701	Monterrey - Apodaca	19.1
20	00127	190012702	Apodaca - X C. (Zacatecas - Pesquería)	9.1
21	00127	190012703	X C. (Zacatecas - Pesquería) - X C. (Hda. Gpe. Higueras)	9.9
22	00127	190012704	X C. (Hda. Gpe. Higueras) - Cerralvo	57.9
23	00127	190012705	Cerralvo - Gral. Treviño	19.8
24	00127	190012706	Gral. Treviño - Lím. Edos. N.L./Tamaulipas	17.0
25	00128	190012801	T C. (Mty. - Nvo. Laredo) - X C. Lib. NW. Mty.	3.5
26	00128	190012802	X C. Lib. NW. Mty. - T Izq. Hidalgo	21.3
27	00128	190012803	T Izq. Hidalgo - Mina	10.0
28	00128	190012804	Mina - T Izq. Espinazo	57.1
29	00128	190012805	T Izq. Espinazo - Lím. Edos. N.L./Coahuila	23.1
30	00405	190040503	Lím. Edos. S.L.P./N.L. - T Der. Linares	104.4
31	00405	190040504	T Der. Linares - San Rafael	49.9
32	00405	190040505	San Rafael - Lím. Edos. N.L./Coahuila	27.0
33	00462	190046210	Lím. Edos. Tamaulipas/N.L. - Linares	28.1
34	00462	190046211	Linares - Hualahuises	11.5
35	00462	190046212	Hualahuises - La Laja	5.5
36	00462	190046213	La Laja - Montemorelos	34.0
37	00462	190046214	Montemorelos - Monterrey	82.0
38	00463	190046301	Monterrey - X C. Lib. NW de Monterrey	16.2
39	00463	190046302	X Lib. NW de Monterrey - T Der. Gral. Zuazua	12.6
40	00463	190046303	T Der. Gral. Zuazua - Ciénega de Flores	4.8

(Continúa)

Tabla 3.3
(Continuación)

N°	id_carr	id_único	Nombre del tramo	Long. (km)
41	00463	190046304	Ciénega de Flores - T Der. Mamulique	15.3
42	00463	190046305	T Der. Mamulique - T Der. Agualeguas	29.9
43	00463	190046306	T Der. Agualeguas - Sabinas Hidalgo	20.1
44	00463	190046307	Sabinas Hidalgo - T Izq. Anáhuac	57.9
45	00463	190046308	T Izq. Anáhuac - Lím. Edos. N.L./Tamps.	27.7
46	00476	190047601	Paras - Lím. Edos. N.L./Tamps.	17.5
47	00503	190050303	Lím. Edos. Tamps./N.L. - X C.(Monterrey - Colombia)	4.8
48	00503	190050304	X C.(Monterrey - Colombia) - Lím. Edos. N.L./Coah.	7.8
49	19031	191903101	Linares - Iturbide	44.0
50	19031	191903102	Iturbide - T Izq. Dr. Arroyo	22.0
51	19031	191903103	T Izq. Dr. Arroyo - T C. Matehuala - Saltillo	32.0
52	19085	191908501	T C. (Saltillo - Mty.) - X C. (Mty. - Castaños)	31.0
53	19085	191908502	X C. (Mty. - Castaños) - X C. (Mty. - Nuevo Laredo)	4.6
54	19085	191908503	X C. (Mty. - Nuevo Laredo) - X C. (Mty. - Mier)	10.3
55	19086	191908601	T C. (Mty. - Nuevo Laredo (libre)) - T Der. Agualeguas	56.2
56	19086	191908602	T Der. Agualeguas - X C. (Gral. Treviño Villaldama)	19.3
57	19086	191908603	X C. (Gral. Treviño Villaldama) - T Izq. Vallecillos	16.0
58	19086	191908604	T Izq. Vallecillos - T C. (Mty. - Nuevo Laredo (libre))	29.0
59	19280	191928001	Montemorelos - General Terán	17.6
60	19280	191928002	General Terán - T Der. Gpe. La Joya	5.4
61	19280	191928003	T Der. Gpe. La Joya - El Rebaje	45.2
62	19280	191928004	El Rebaje - China	24.8
63	19494	191949401	T C. (Mty. - Mier) - Villa de Juárez	16.0
64	50360	195036001	Libramiento Linares	5.0
65	50570	195057001	Monterrey - La Sierrita	180.0
66	60010	196001001	Ramal Aeropuerto	3.0
67	51020	195102001	Ramal Cadereyta - Allende	36.5
68	51320	195132001	Libramiento Montemorelos	11.0
69	51730	195173001	T C. (Saltillo - Mty.) - X C. (Mty. - Castaños)	31.6
70	51730	195173002	X C. (Mty. - Castaños) - X C. (Mty. - Nuevo Laredo)	6.0
71	51730	195173003	X C. (Mty. - Nuevo Laredo) - X C. (Mty. - Mier)	11.7
72	51730	195173004	X C. (Mty. - Mier) - T C. (Mty. - Reynosa (cuota))	16.5
Longitud Total				1715.20

Nota: En esta Tabla y en las que se muestran mas adelante se utilizaron algunas siglas y abreviaturas con fines prácticos. A continuación se muestra el significado de cada una de ellas.

T Izq. Entronque izquierdo.

T Der. Entronque derecho.

T C. Entronque carretero.

X C. Cruce carretero

Lib. NW Libramiento Noroeste

Lím. Edos. Coah./N.L. Límite de los Estados termina Coahuila principia
Nuevo León

Esta segmentación fue almacenada dentro de la vista denominada "TRAMOS". El mapa en la Figura 3.4 ilustra la segmentación ahora obtenida, indicándose con diferentes colores 72 tramos identificados.

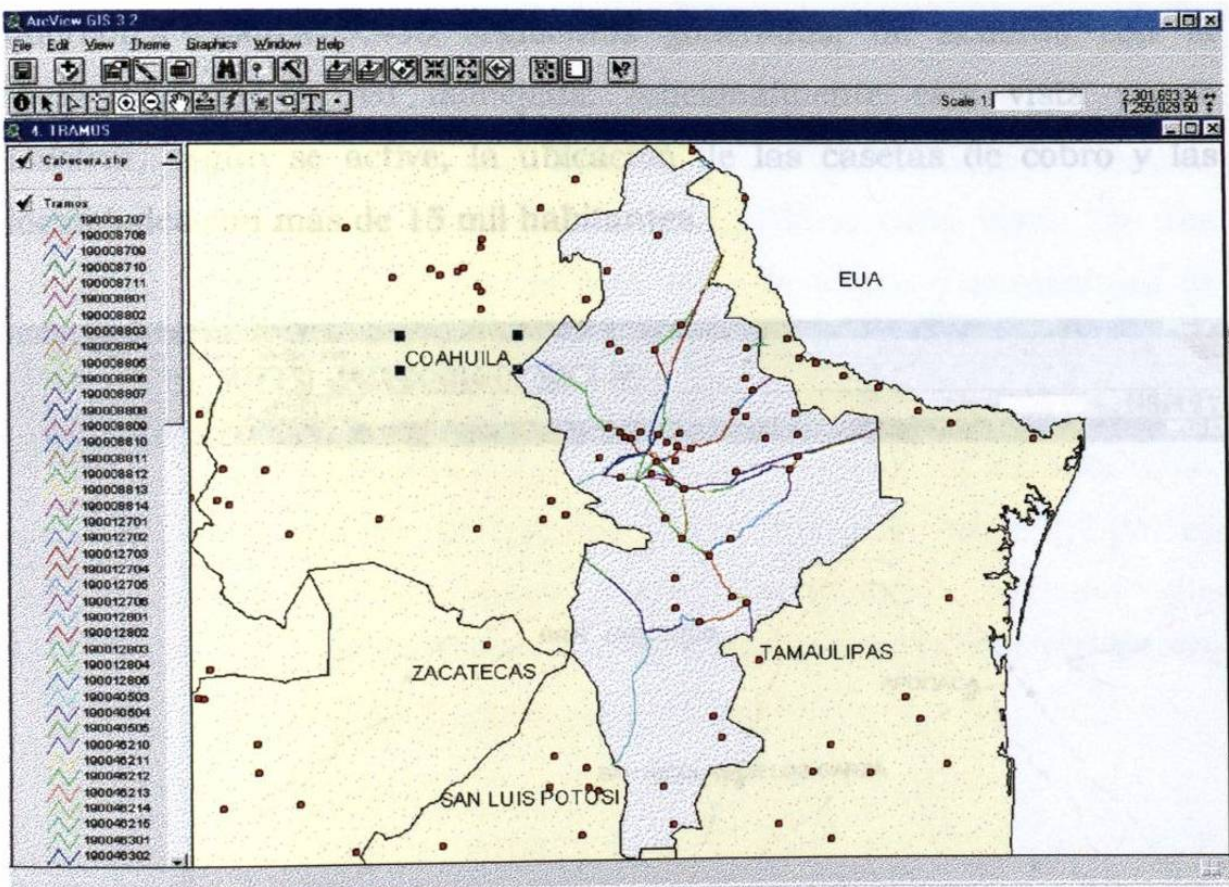


Figura 3.4

Tramos de la red federal que pertenecen al estado de Nuevo León

3.1.2.4 Segmentación por segmentos de 500 metros

Cada uno de los tramos de la RCF del Estado se segmentó en elementos de 500 metros. En este caso, el identificador de cada segmento se constituye por el identificador de ArcView dado al tramo, más un número consecutivo de tres dígitos, dado a los segmentos, según su ubicación dentro de la secuencia kilométrica. Esta segmentación fue almacenada dentro de la vista denominada "SEGMENTOS DE 500 M". El mapa en la Figura 3.5 es un acercamiento de la zona metropolitana de Monterrey e ilustra la segmentación ahora obtenida, indicándose con diferentes colores 3,455 segmentos generados, de acuerdo con la longitud total de red manejada. Adicionalmente esta vista puede mostrar, según se active, la ubicación de las casetas de cobro y las localidades con más de 15 mil habitantes.

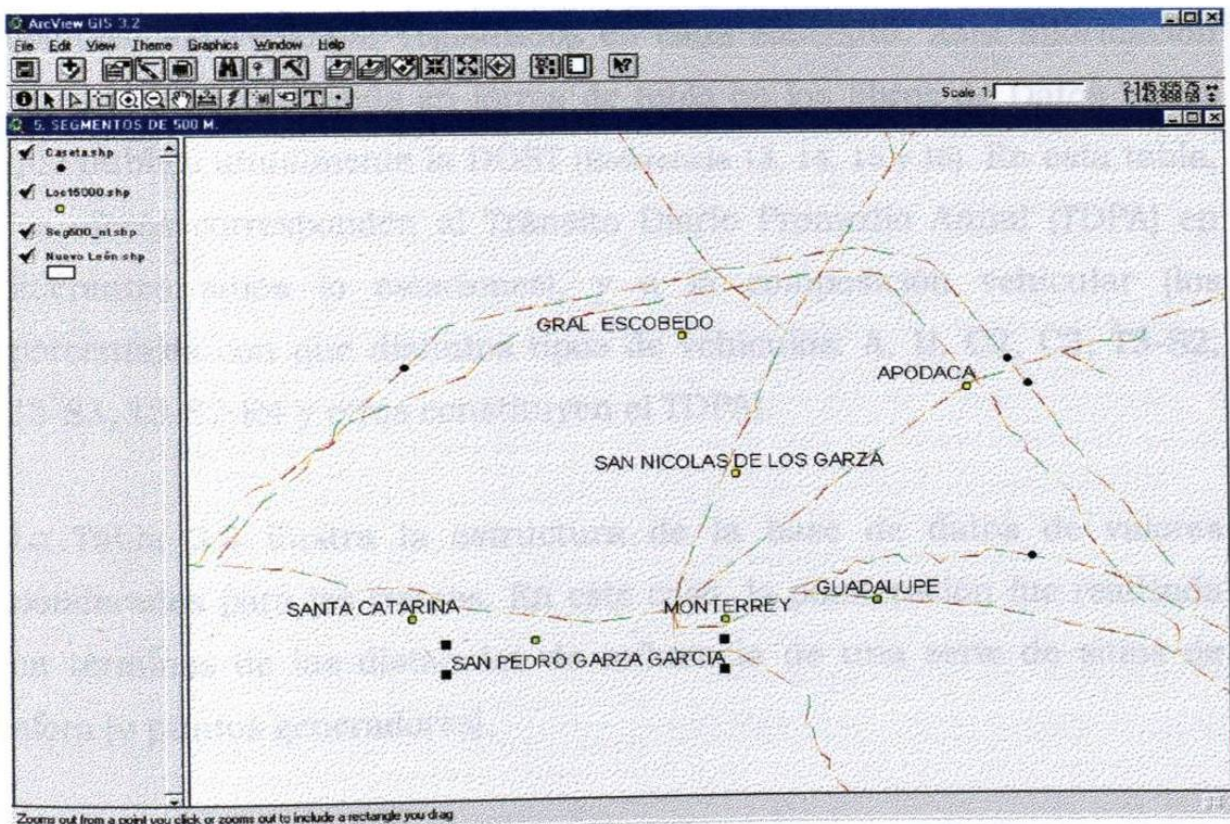


Figura 3.5

Segmentos de 500 metros de la red carretera federal de Nuevo León.

3.2 Integración de Archivos Electrónicos Tabulares

El siguiente paso, en la construcción del sistema, fue añadir a las cuatro vistas elaboradas anteriormente (rutas, carreteras, tramos y segmentos), la información contenida en las bases de datos, las cuales se detallan a continuación.

3.2.1 Aforos y Composición Vehicular

Se creó una base de datos de los aforos y la composición vehicular, con la información generada por la DGST para la RCF, durante los años de 1996 a 1999. En realidad, lo que se añadió a cada vista fue una ponderación por la longitud, de una serie de aforos y porcentajes de composición vehicular registrados en cada elemento. Esta información se encuentra contenida en forma de tabla en los libros de Datos Viales que publica anualmente la DGST (Referencia 13, 14, 15 y 16). En esta tabla, los aforos corresponden al Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) en diferentes sitios (o estaciones), y a la composición vehicular (los porcentajes con que distintos tipos de vehículos: A, B, C2, C3, T3-S2, T3-S3, T3-S2-R4 y otros constituyen el TDPA).

La Tabla 3.4 ilustra la estructura de la base de datos de valores ponderados para los tramos. En este caso, la ponderación fue realizada en términos de las distancias de influencia de una serie de sitios de aforo (o puntos generadores).

Tabla 3.4

Estructura de la base de datos de valores ponderados de aforo y composición vehicular para cada tramo.

Campo	Nombre	Tipo	Ancho de campo	Descripción
1	NO	Carácter	3	Número de registro
2	NOMBRE_TRA	Carácter	46	Nombre de tramos según la DGST de la SCT
3	IDENTIFICA	Numérico	20	Identificador de ArcView del tramo
4	LONGITUD	Carácter	9	Longitud del tramo según la DGST de la SCT
5	RUTA:DGST	Carácter	9	Clave de la ruta a la que pertenece la carretera según la DGST de la SCT
6	CARRETERA	Carácter	11	Clave de la carretera a la que pertenece el tramo según la DGST de la SCT
7	TDPA_1997	Carácter	6	Ponderación del TDPA 1997
8	A	Numérico	5	Porcentaje de automóviles
9	B	Numérico	5	Porcentaje de autobuses
10	C2	Numérico	5	Porcentaje de camiones de carga de dos ejes
11	C3	Numérico	5	Porcentaje de camiones de carga de tres ejes
12	T3-S2	Numérico	5	Porcentaje de tractocamiones de tres ejes con semiremolque de dos ejes
13	T3-S3	Numérico	5	Porcentaje de tractocamiones de tres ejes con semiremolque de ejes
14	T3-S2-R4	Numérico	5	Porcentaje de tractocamiones de tres ejes con semiremolque de dos ejes y remolque de cuatro ejes
15	OTROS	Numérico	5	Porcentaje de otras configuraciones de camiones de carga
16	A1	Numérico	5	Porcentaje total de automóviles
17	B1	Numérico	5	Porcentaje total de autobuses
18	C1	Numérico	5	Porcentaje total de camiones de carga

Las bases de datos de los tres tipos de elementos (ruta, carretera y segmento) tienen estructura similar a la de los tramos. Para cada una de las segmentaciones, el proceso de vinculación consistió en:

- Generar la tabla (o base de datos) de valores ponderados.
- Colocar el identificador de ArcView en esta tabla, para cada elemento carretero (o rasgo geográfico).
- Establecer los vínculos al nivel de cada elemento entre este archivo y el tema de la segmentación correspondiente, mediante la herramienta "Join" del menú "Table" de ArcView.

Evidentemente, el elemento común de vínculo entre la base de datos y dicho tema, es el identificador ArcView para cada elemento. Cabe aclarar que el tercer paso antes señalado se realiza desde la segmentación hacia la que se efectúa la vinculación, no transfiriéndose realmente datos del archivo de aforos con clasificación vehicular hacia el tema de la segmentación, sino sólo estableciéndose una liga entre su tabla de atributos y el archivo tabular vinculado.

3.2.2 Niveles de Servicio

La calidad de servicio que impera en cada tramo de la RCF, se mide, cuantitativa y cualitativamente, mediante el cálculo de la capacidad y los niveles de servicio, los cuales orientan al establecimiento de políticas conforme a las necesidades sociales y económicas, para la planeación, modernización y conservación de la infraestructura carretera. Estos indicadores permiten establecer una comparación entre la oferta y la demanda de servicio, datos importantes que es necesario conocer, y que, por lo tanto, se integraron a esta investigación como archivos tabulares.

Es importante señalar que por capacidad se entiende: el número máximo de vehículos que pueden circular por un camino durante un lapso determinado; de esta forma los niveles de servicio son una medida cualitativa del efecto de una serie de factores, entre los cuales se pueden citar: la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones al movimiento continuo del tránsito, la libertad de manejo, la comodidad y los costos de operación; en la práctica se manejan los siguientes seis niveles de servicio, para identificar las condiciones de operación de un camino:

Nivel de servicio A.

Corresponde a una condición de flujo libre, con volúmenes de tránsito bajos; la velocidad depende del deseo de los conductores dentro de los límites geométricos y según las condiciones físicas de la carretera.

Nivel de servicio B.

Se considera como flujo estable, los conductores tienen una libertad razonable para elegir sus velocidades y el carril de operación.

Nivel de servicio C.

El flujo es estable, los conductores perciben restricciones, tanto para elegir su velocidad, como para efectuar maniobras de cambio de carril o de rebase; se obtiene una velocidad de operación satisfactoria. Es deseable que este nivel de servicio sea el más desfavorable al que puedan operar las vialidades, es decir que sea adoptado como nivel de servicio de diseño.

Nivel de servicio D.

Esta condición se aproxima al flujo inestable; la velocidad de operación es aun satisfactoria, pero resulta afectada por los cambios en las

condiciones de operación. Los conductores tienen poca libertad de maniobra, y por consecuencia, poca comodidad.

Nivel de servicio E.

En este nivel, los volúmenes de tránsito corresponden a la capacidad. El flujo es inestable y pueden ocurrir detenciones de poca duración.

Nivel de servicio F.

Corresponde a los flujos forzados, en donde los volúmenes son inferiores a los de la capacidad y las velocidades se reducen, pudiendo producir detenciones debidas al congestionamiento.

La información de niveles de servicio está basada en la publicación "Capacidad y Niveles de Servicio en la Red Federal de Carreteras (1998)" (Referencia 17), generada por la DGST. Los análisis de capacidad vial que condujeron a los resultados, se generaron siguiendo los métodos del Manual de Capacidad Vial editado por la SCT en 1991, para lo cual se hicieron algunas adecuaciones, simplificando los cálculos; de éstas se mencionan en el documento las siguientes:

- a) El método se aplicó tanto a carreteras de dos carriles como a segmentos básicos de autopistas, así como, el correspondiente para carreteras de carriles múltiples.
- b) Para carreteras de dos carriles, la capacidad en condiciones ideales se consideró de 2800 vph (vehículos por hora) en ambos sentidos de circulación; para autopistas fue de 1900 vph por carril, cuando la velocidad de proyecto era menor de 90 km/h (terreno montañoso) y de 2000 vph por carril cuando la velocidad de proyecto era mayor o igual a 90 km/h (terreno plano y lomerío).

- c) La relación volumen - capacidad " v/c " fue determinada a partir de los promedios de velocidad observada en cada tipo de terreno y de la distancia de visibilidad de rebase en cada caso.
- d) Para carreteras de dos carriles, el factor de distribución direccional se consideró como 1.00, tomando una distribución del 50% en cada sentido.
- e) El factor de ajuste por ancho de carril y la distancia a obstáculos laterales fue determinada a partir de los anchos de carril y acotamiento observados; para carreteras de dos carriles varía entre 0.65 y 0.95 y para autopistas se tomó un valor de 1.00.
- f) Se consideró un ancho de corona de 9.00m, para terreno plano, de 8.00m para lomerío y de 7.00m para terreno montañoso.
- g) Se calculó el factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados en la corriente del tránsito, por medio de la siguiente ecuación:

$$F_{vp} = (P_P + P_B E_B + P_C E_C)^{-1}$$

En donde:

P_P , P_B y P_C = Porcentajes de automóviles, autobuses y camiones en la corriente del tránsito, respectivamente.

E_B E_C = Automóviles ligeros equivalentes por autobuses y camiones, respectivamente.

Las condiciones establecidas por las características físicas del camino y las condiciones que dependen de la naturaleza del tránsito vehicular en cuanto a su magnitud y tipo de vehículos, también fueron consideradas para determinar la capacidad y los niveles de servicio que prevalecen en cada tramo de la RCF. Es importante señalar que este documento fue editado en 1998, y que los volúmenes horarios corresponden al año 1997. En la Tabla 3.5 se muestra un cuadro resumen de los niveles de servicio de la RCF Nacional.