ISSN 0188-7297

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES | SCT

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA PARA EL MANEJO DE INFORMACION DE ACCIDENTES EN CARRETERAS FEDERALES

CASO: ESTADO DE OAXACA

Instituto Mexicano del Transporte

Secretaría de Comunicaciones y Transportes

José Luis Vicente Velásquez
Alberto Mendoza Díaz

Publicación Técnica No. 161
Sanfandila, Qro., 2001

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Sistema de Información Geográfica para el Manejo de Información de Accidentes en Carreteras Federales
Caso: Estado de Oaxaca

Publicación Técnica No. 161
Sanfandila, Qro., 2001

Este trabajo fue realizado en la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte, por José Luis Vicente Velásquez, Investigador Titular y Alberto Mendoza Díaz, Coordinador de Seguridad y Operación del Transporte.

Índice

Página

Resumen VII
Abstract IX
Resumen Ejecutivo XI

I Introducción 1

I.1 Generalidades 1
I.2 Descripción del Problema 1
I.3 Información Preliminar 2
I.4 Justificación 3
I.5 Fundamentación Teórica 4
I.6 Objetivos 5
I.7 Hipótesis 6
I.8 Metodología y Alcances 6
I.9 Utilidad del Proyecto 7

Referencias 8

1 Antecedentes 9

1.1 Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) 9
1.2 Sistema de Información Geoestadística para el Transporte (SIGET) 12
1.3 Algunos Datos sobre la Seguridad Vial en la Red Carretera Federal 14

Referencias 17

2 Elaboración del Sistema de Manejo de Información 19

2.1 Generación de la Representación Cartográfica 19
2.1.1 Cartografía Básica 19

2.1.2 Segmentación e Integración de la Clasificación de las Carreteras Federales 22

2.2 Integración de Archivos Electrónicos Tabulares 34

2.2.1 Aforos y Composición Vehicular 34

2.2.2 Información de Accidentes 36

2.2.2.1 Bases de Datos 36

2.2.2.2 Geocodificación 43

2.2.3 Centros de Atención de Emergencia a Lesionados 46

2.2.4 Fotografías 46

Referencias 48

3 Generación de Algunos Resultados 49

3.1 Algunas Alternativas de Representación de la Información de Aforos y Composición Vehicular 49

3.1.1 A Nivel de Tramos 49

3.1.2 A Nivel de Carreteras 51

3.1.3 A Nivel de Rutas 53

3.2 Algunas Alternativas de Consulta 55

3.2.1 Vehículos-Kilómetro Recorridos 55

3.2.2 Sitios de Mayor Ocurrencia de Accidentes 55

3.2.2.1 A Nivel de Segmentos de 500 Metros 56

3.2.2.2 A Nivel de Tramos 60

3.2.3 Atención Médica a Lesionados 63

3.2.4 Otras Consultas 67

3.3 Otras Capacidades del Sistema 69

Referencias 70

Conclusiones y Recomendaciones 71

Resumen

Este trabajo describe el sistema desarrollado para el manejo y análisis de la información de accidentes ocurridos en la Red Carretera Federal del Estado de Oaxaca que tiene una longitud de 2,929.2 km (alrededor de 6% de la longitud de la Red Federal total a nivel nacional).

El sistema se basa en el SIGET (Sistema de Información GeoEstadística para el Transporte) el cual contiene un inventario georeferenciado de la infraestructura del transporte del país. Este inventario ha venido siendo levantado por los centros SCT en los diferentes Estados del país utilizando sistemas de posicionamiento global (SPG), bajo la dirección del Instituto Mexicano del Transporte.

El sistema contiene información relevante de los accidentes, particularmente la de reportes de accidentes de la Policía Federal de Caminos (PFC), así como otros aspectos operativos importantes de la Red (aforos, composición vehicular, ubicación de centros de atención médica de emergencia a lesionados, etc.).

Se presenta el desarrollo del sistema. Se describe su uso para generar algunos resultados relevantes por su aplicación a la información de accidentes de 1997. Para terminar se ofrecen las conclusiones y recomendaciones más significativas.

Abstract

This work describes initially the efforts made by the Mexican Transportation Institute (IMT) to develop a GIS-based data management system for accidents on Federal Roads of the different states of Mexico with the purpose of achieving efficiency, reliability and automation for handling and processing of such data. A description is made subsequently of the use of the developed system for generating some relevant results. Finally, some conclusions are derived.

The former is only shown herein for the case of the State of Oaxaca. Other studies have ranked the safety situation on Federal Roads of Oaxaca in an intermediate position (17th) with respect to the other 31 states based on a hierarchization of the states by cost of accidents per vehicle-kilometer traveled.

For development of this work the GIS named ArcView was selected after evaluating its characteristics of capacity versus price. The resulting system will be delivered to each of the Centers of the Ministry of Communications and Transports (SCT) in the states so that in the future they can manage their own information locally. It will be therefore necessary to acquire 32 licenses of the software package selected.

Resumen Ejecutivo

Introducción

En este trabajo buscará aplicar uno de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) existentes al manejo de algunos elementos de información de las Carreteras Federales comprendidas dentro del Estado de Oaxaca, particularmente la información de accidentes. Lo anterior con el fin de explotar el potencial de utilización de estas tecnologías en el manejo de datos y la gestión del mejoramiento de las carreteras. El SIG seleccionado para realizar este trabajo es el denominado ArcView, por contar con ciertas características de capacidad y costo, que lo hacen muy rentable y adecuado para esta aplicación.

En la primera parte se presenta una introducción que describe algunas generalidades, objetivos, alcances y los antecedentes de este trabajo. En la segunda parte del trabajo describe el diseño conceptual del sistema, así como el desarrollo de este último. En la parte final se ejemplifican algunos resultados que se pueden obtener mediante la aplicación de este sistema.

Los sistemas de transporte constituyen un elemento fundamental para el desarrollo social y económico, no sólo de México, sino de cualquier país. En particular las redes carreteras y los vehículos de motor que por ellas transitan, representan la principal forma de desplazamiento de personas y bienes; sin embargo, la función económica de cualquier modo de transporte y del sistema en su conjunto, sólo puede realizarse de manera óptima en la medida en que el traslado de personas y bienes se efectúe de una manera rápida, confiable y segura.

La complejidad de las redes actuales de transporte hace necesario que la información sobre aspectos operativos de las mismas tenga que ser manejada a través de sistemas de cómputo. En el caso de la Red Carretera Federal, los datos de magnitud de los volúmenes de tránsito, su evolución, las características y la situación que guarda cada segmento y otros datos, son fundamentales para la planeación del desarrollo del transporte así como para elaborar programas, tanto de construcción de carreteras nuevas como de modernización y conservación de la red existente. Por otro lado los sistemas de manejo y procesamiento de bases de datos así como los sistemas de información geográfica (SIG), ambos de desarrollo acelerado reciente, representan herramientas poderosas para el logro de los fines anteriores.

Elaboración del Sistema de Manejo de Información

En la construcción del sistema de manejo de información para la fracción de la Red Federal Básica comprendida dentro del Estado de Oaxaca, se realizó

integrando en el Sistemas de Información Geográfica (SIG) denominado ArcView un conjunto de datos de dicha fracción, tales como representación cartográfica, clasificación y nomenclatura de carreteras, aforo, composición vehicular e información de accidentes. La información que se maneja en este trabajo, incluyendo la de accidentes, corresponde a 1997.

La representación cartográfica para la elaboración de este trabajo fue generada a partir de información espacial registrada en campo utilizando Sistemas de Posicionamiento Global (SPG) por los Centros SCT en los Estados de la República. El registro de esta información fue realizado bajo la dirección del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), dentro del desarrollo del Sistema de Información Geoestadística para el Transporte (SIGET). Después del registro de dicha información por los Centros SCT, la misma fue almacenada por el IMT en archivos computacionales en el formato de datos espaciales del SIG denominado ArcInfo.

Para el desarrollo de este trabajo se importaron de coberturas de ArcInfo del SIGET, los rasgos geográficos contenidos en los archivos de ArcView mencionados enseguida:

- “Límites.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.

- “Oaxaca.shp”. En este archivo también cada registro corresponde a un polígono. El conjunto de todos los polígonos define la forma del Estado de Oaxaca.

- “Loc15000.shp”. En este archivo cada registro corresponde a un punto que representa a una población de 15,000 o más habitantes.

- “Cabecera.shp”. En este archivo cada registro corresponde a un punto que representa una cabecera municipal.

- “Caseta.shp”. En este archivo cada registro corresponde a un punto que representa una caseta de cobro de un tramo de autopista de cuota.

- “Puentes.shp”. En este archivo cada registro corresponde a un punto que representa un puente.

- “Foax.shp”. En este archivo cada registro corresponde a una poligonal abierta que representa una sección o intervalo de carretera federal.

- “Eoax.shp”. En este archivo cada registro corresponde a una poligonal abierta que representa una sección o intervalo de carretera estatal.

Se requiere que el sistema maneje información a los siguientes 4 niveles territoriales: (I) ruta, (II) carretera, (III) tramo, y (IV) segmento de 500 metros. Por lo tanto, para cada uno de estos niveles, fue necesario preparar una segmentación de la Red de Carreteras Federales del Estado. La segmentación se realizó de acuerdo con la estructura jerárquica de la clasificación de las Carreteras Federales de la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST), es decir, primero rutas, luego carreteras, luego tramos y finalmente segmentos de 500 metros, generando así cuatro vistas diferentes en el sistema.

El siguiente paso en la construcción del sistema fue añadir a las cuatro vistas elaboradas anteriormente (por rutas, por carreteras, por tramos y por segmentos de 500 metros), la información de aforos y composición vehicular generada por la DGST para la Red Carretera Federal para 1997. Los aforos corresponden al “Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)” en diferentes sitios (o estaciones) y la composición vehicular a los porcentajes con que distintos tipos de vehículos (A, B, C2, C3, T3-S2, T3-S3, T3-S2-R4 y otros) constituyen el TDPA. Así mismo se le añadió la información de accidentes generada por la Policía Federal de Caminos (PFC), en realidad, el archivo electrónico de la PFC es una base de datos en la que cada registro corresponde a un participante (ya sea vehículo o peatón) en un accidente. A partir de esta base de datos fue posible construir dos subbases fraccionarias, una de ACCIDENTES y otra de PARTICIPANTES, que en su conjunto almacenan toda la información contenida en la base de datos original.

En este trabajo es de relevancia geocodificar tanto el archivo de ACCIDENTES como el de PARTICIPANTES, mencionados anteriormente. En ambos casos, cada punto a geocodificar es cada uno de los registros contenidos en los respectivos archivos o bases de datos.

“Geocodificación” es el proceso mediante el cual se añaden puntos de determinada ubicación en un mapa, de acuerdo con un cierto sistema de direcciones (o domicilios) contenido en dicho mapa. Por lo tanto, para poder realizar este proceso, se requiere de la dirección específica de los puntos a geocodificar, así como del mapa con el sistema de direcciones.

En el sistema se generó un tema de puntos con la ubicación de 28 centros existentes de atención de emergencia a lesionados en accidentes ocurridos en las Carreteras Federales del Estado de Oaxaca. El tema anterior puede ser importado a cualquiera de las vistas o segmentaciones generadas, para la realización de análisis y consultas.

El sistema también fue alimentado con una serie de 16 fotografías de la Red Carretera Federal en el Estado, estas fotografías pueden ser de utilidad como recordatorio en gabinete de las condiciones físicas y operativas imperantes en el segmento (sobre todo si éste observa saldos elevados de accidentes).

Generación de Algunos Resultados

Fue posible contabilizar el número de accidentes en cada segmento de 500 metros a partir de la Tabla de Atributos del tema GEOACCIDENTES, así como los respectivos saldos de participantes (vehículos y peatones), muertos, heridos y daños materiales (en dólares) a partir de la Tabla de Atributos del tema GEOPARTICIPANTES, utilizando las herramientas de ArcView para obtener estadísticas resumen de los valores de un campo de la Tabla de Atributos de un tema con base en los distintos valores de otro campo tomado como referencia (en este caso, este último es el campo de identificadores únicos de los segmentos). Como resultado de estos procesos se obtuvieron dos tablas (una con el número de accidentes en cada segmento y la otra con los saldos correspondientes) que fueron consecutivamente vinculadas por segmentos de 500 metros.

A partir de los saldos de muertos, heridos y daños materiales, se calculó posteriormente el costo de los accidentes en cada segmento, utilizando costos promedio de 100,000 dólares por cada muerto y 3,000 por cada herido. Lo anterior fue efectuado añadiendo un campo a la Tabla de Atributos del tema de la segmentación a nivel de 500 m para almacenar dicho costo y, posteriormente, realizando la operación de cálculo correspondiente.

Con la información anterior, es posible clasificar los segmentos de acuerdo con una gran variedad de criterios para calificar su peligrosidad. Las posibilidades en este sentido incluyen el número de accidentes registrado en cada segmento, el costo de los mismos así como sus correspondientes índices por vehículo-kilómetro. De todas estas posibilidades, para este tipo de segmentación se eligió generar las vistas correspondientes a la clasificación de los segmentos, según los dos primeros criterios antes indicados (número y costo de los accidentes). Estas dos vistas normalizan la peligrosidad de los segmentos según la longitud, ya que ésta es la misma para casi todos los segmentos (500 m).

Con base en los saldos de accidentes, participantes, muertos, heridos, daños materiales y costos, contenidos en la segmentación por segmentos de 500 metros, fue posible generar una tabla que contabilizara esos mismos conceptos pero ahora a nivel de tramos, tomando como referencia el campo

de identificadores únicos de los tramos en que se encuentran los segmentos. Esta tabla fue posteriormente vinculada a la segmentación por tramos, tomando como referencia ahora el identificador de cada tramo.

La información anterior vinculada, permitió generar los índices por vehículo-kilómetro correspondientes. Para esta segmentación se prefirió la obtención de este tipo de índices en vez de valores no normalizados, con el fin de tasar la ocurrencia de accidentes y sus consecuencias en términos de la longitud y el nivel de tránsito de cada tramo, ya que estos parámetros son muy variables entre tramos. Las cifras de vehículos-kilómetro para cada tramo fueron generadas de la misma manera, como se indicó para el caso de los segmentos.

Una vez calculados los índices anteriores más relevantes, se procedió a elaborar las vistas correspondientes. La primera de ellas clasifica los tramos de acuerdo con 5 diferentes rangos del índice de accidentes ($x10^6$) por vehículo-kilómetro, permitiendo la identificación de los más peligrosos según este criterio (con dicho índice igual o mayor a 23.2) con color rojo obscuro. La segunda vista, por su parte, clasifica los tramos según 5 rangos de costo de los accidentes por vehículo-kilómetro, haciendo posible la identificación de los más críticos según este criterio (con este índice igual o mayor a 0.185), también con color rojo obscuro.

Los saldos vinculados en esta segmentación permitieron obtener que en las Carreteras Federales del Estado de Oaxaca se tienen índices de 0.75 accidentes y 0.009 dólares por vehículo-kilómetro. Estas cifras son muy similares a las globales nacionales reportadas en el Capítulo 1 (0.71 y 0.0085, respectivamente).

Otra de las consultas de interés que pueden realizarse se refiere a la determinación de indicadores relativos a las distancias entre los sitios de ocurrencia de los accidentes y los centros de atención médica de emergencia (ingresados estos últimos en una vista del sistema) o a los tiempos de arribo de la atención médica a dichos sitios. Al respecto, pueden generase varios tipos de indicadores. El más común de ellos se refiere al percentil 95 de los tiempos que tarda la atención médica en llegar a los sitios de los accidentes. Según estándares internacionales, el valor anterior no debe exceder de 30 minutos en áreas rurales y de 10 minutos en áreas urbanas (es decir, 95% de las llamadas de emergencia deben ser atendidas dentro de esos tiempos). Para las áreas rurales, que es el caso que compete a este estudio, si se asume una velocidad efectiva (incluyendo retrasos) de 50 km/h en las carreteras, se obtiene una distancia equivalente a 25 km para el percentil 95 de 30 minutos. Otros indicadores comunes son la distancia promedio de los sitios de los accidentes al centro de atención médica más cercano a cada uno de ellos (relacionada con los problemas de

ubicación de medianas o de estaciones de servicios que no son de emergencia), y la distancia del accidente más alejado a cualquiera de los centros de atención médica (relacionada con los problemas “minimax”, o de ubicación de centros o de estaciones de servicios que son de emergencia).

En este trabajo sólo se hará referencia al primero de los 3 indicadores anteriores. De cualquier manera, el sistema permite calcular los tres. En los 3 casos, es necesario, primero, que ArcView calcule y almacene en cada registro de los accidentes en el tema GEOACCIDENTES, la distancia entre éstos y el centro de atención médica (en el tema CENTROS DE EMERGENCIA) más cercano a ellos.

Adicionalmente a todo lo ya presentado en relación con el manejo de la información considerada en este trabajo, el sistema permite la ejecución de otras acciones de interés, tales como el diseño e impresión de mapas a diferentes escalas, el intercambio de datos y la interacción con otros programas (p. ej. AUTOCAD) así como con otros equipos (p. ej. DIGITALIZADORES), el manejo de imágenes, etc. Para mayor detalle sobre estas capacidades, el lector es referido a los manuales de ArcView y sus extensiones.

Conclusiones

En el esfuerzo de realización de este trabajo se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcView, donde se almacenó toda la información y se crearon las relaciones entre las bases de datos existentes, como es el caso de la información de accidentes, clasificación y nomenclatura de carreteras, aforo, composición vehicular, su evolución y las características de la Red Carretera Federal que se encuentra el Estado de Oaxaca; todo lo anterior, para el año de 1997.

Es necesario recordar que éste es sólo un primer esfuerzo de consulta y análisis de dicha información para el Estado de Oaxaca. Partiendo de este Sistema, se puede lograr estructurar un sistema más completo que contenga una capa de información para toda la República Mexicana y para diferentes años. Se considera que los avances logrados en este trabajo son ya elementos concretos sobre los cuales se puede empezar a apoyar la generación de alternativas de solución a problemas de seguridad vial, administración y conservación de la Red Carretera Federal.

Las alternativas que el sistema permite generar no se limitan de ninguna manera a las que se presentan, sino que sólo se muestran algunas de las que se consideran de mayor relevancia según la información que se maneja en este trabajo.

I Introducción

I.1 Generalidades

Los sistemas de transporte constituyen un elemento fundamental para el desarrollo social y económico, no sólo de México, sino de cualquier país. En particular las redes carreteras y los vehículos de motor que por ellas transitan, representan la principal forma de desplazamiento de personas y bienes; sin embargo, la función económica de cualquier modo de transporte y del sistema en su conjunto, sólo puede realizarse de manera óptima en la medida en que el traslado de personas y bienes se efectúe de una manera rápida, confiable y segura.

En el momento presente, la apertura comercial internacional de México y otros factores hacen importante mejorar la gestión de los sistemas de transporte del país, particularmente el de la red carretera, por ser éste el modo que más contribuye al movimiento nacional de carga y pasajeros.

La complejidad de las redes actuales de transporte hace necesario que la información sobre aspectos operativos de las mismas tenga que ser manejada a través de sistemas de cómputo. En el caso de la Red Carretera Federal, los datos de magnitud de los volúmenes de tránsito, su evolución, las características y la situación que guarda cada segmento y otros datos, son fundamentales para la planeación del desarrollo del transporte así como para elaborar programas tanto de construcción de carreteras nuevas como de modernización y conservación de la red existente. Los sistemas de manejo y procesamiento de bases de datos así como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ambos de desarrollo acelerado reciente, representan herramientas poderosas para el logro de los fines anteriores.

I.2 Descripción del Problema

El presente trabajo de tesis buscará aplicar uno de los SIG existentes al manejo de la información de las Carreteras Federales de un Estado de la República Mexicana, particularmente la información de accidentes. Lo anterior, con el fin de explorar el potencial de utilización de estas tecnologías en el manejo de datos y la gestión del mejoramiento de las carreteras.

El Estado de la República para el cual se efectuará esta tesis es Oaxaca, por ser el Estado de origen del autor de la misma. El trabajo se limitará al manejo de la información de accidentes ocurridos en la Red de Carreteras Federales de dicho Estado, así como de otra que, junto con la anterior,

permitan efectuar una evaluación más completa de la seguridad vial en esa Red de Carreteras. El SIG seleccionado para realizar este trabajo es el denominado ArcView [Ref. I.1], por contar con ciertas características de capacidad y costo que, como se verá más adelante, lo hacen muy rentable y adecuado para esta aplicación.

I.3 Información Preliminar

La información preliminar más importante para el desarrollo de este trabajo se refiere a la infraestructura carretera nacional. Ésta cuenta actualmente con una longitud total de poco más de 300,000 km, representando uno de los soportes más importantes del desarrollo económico y social del país. De esta infraestructura destacan alrededor de 50,000 km que constituyen la Red de Caminos Federales Pavimentados o Red Carretera Federal. Sobre ésta se transportan más del 70% de las toneladas-kilómetro de carga y más del 95% de los pasajeros-kilómetro. Esta fracción es la que mayor soporte proporciona a la actividad económica y comercial del país. Esta red está compuesta por 44,000 km de carreteras libres y alrededor de 6,000 km de carreteras de cuota, generalmente de cuatro carriles o más. La mayoría de estas últimas son administradas directamente por el Gobierno Federal y sólo algunas se encuentran concesionadas actualmente a gobiernos estatales y a particulares [Ref. I.2].

Otra información básica importante es el acelerado desarrollo alcanzado por la tecnología computacional, no sólo en lo que respecta a su equipo sino también en la diversidad de campos de aplicación a los que se ha abierto. Esta tecnología ofrece actualmente una herramienta diseñada específicamente para facilitar y apoyar las tareas de manejo, análisis espacial y administración de información, conocida como Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estos sistemas permiten: (I) relacionar datos espaciales (vinculados con una ubicación de acuerdo a un sistema de coordenadas) con no-espaciales; (II) organizar y combinar la información proveniente de diferentes fuentes a través de capas; (III) representar y analizar geográficamente los datos; y (IV) automatizar el manejo de la información (consulta, edición, representación, etc.). Estas capacidades hacen idónea la aplicación de estos sistemas para la realización de este trabajo [Ref. I.3].

Otra información inicial importante la constituye el Sistema de Información GeoEstadística para el Transporte (SIGET) [Ref. I.4], el cual es un inventario georeferenciado de la infraestructura de transporte del país (carreteras, puertos, etc.) en el que se detallan, entre otros aspectos, las

características de la Red Carretera Federal (alineamiento vertical y horizontal, gasolineras y estaciones de servicio, etc.). Este inventario ha venido siendo levantado por los Centros SCT en los estados utilizando Sistemas de Posicionamiento Global (SPG), bajo la dirección del IMT. Este, además, ha realizado el análisis y desarrollo de la información levantada. Aunque el SIGET se ha manejado tradicionalmente en el SIG denominado ArcInfo, para esta aplicación se seleccionó ArcView atendiendo a consideraciones de capacidad contra precio ya que el sistema desarrollado en esta tesis será eventualmente ampliado y distribuido a todos los estados de la República.

Otra información preliminar relevante la constituyen todos los datos operativos con que cuentan diversas organizaciones (principalmente la Secretaría de Comunicaciones y Transportes) para los caminos de la Red Carretera Federal, tales como aforos con clasificación vehicular, accidentes y sus saldos, estado de las carreteras, etc. [Ref. I.5].

El último tipo de información básica relevante se refiere a los sistemas que existen actualmente en el mercado para el procesamiento de bases de datos, los cuales permiten agilizar el manejo de la información que se desee representar cartográficamente utilizando SIG. En este trabajo se utilizará el sistema de manejo de bases de datos denominado Visual Fox Pro, Versión 5.0 [Ref. I.6].

I.4 Justificación

El proceso de globalización económica ha impulsado a México a adoptar una política interna tendiente a lograr crecimiento y estabilidad económicas mediante un proceso de apertura comercial. Bajo el impacto de esta política, se ha revalorizado el funcionamiento del sistema nacional de transporte y, consecuentemente, se ha reconocido el carácter estratégico que posee dicho sistema al integrar social, económica y políticamente a los mexicanos y permitir su participación eficiente en el contexto de la comunidad internacional.

Las nuevas condiciones de mercado implantadas a nivel mundial exigen cambios de gran trascendencia en el manejo de los sistemas de transporte. En el caso del transporte carretero, lo anterior justifica el tratar de generar un sistema, tanto de consulta como de análisis, sobre las condiciones que guarda cada segmento de la red carretera en relación con sus características físicas y operativas, con el fin de establecer las medidas pertinentes de explotación, administración o gestión de la red. Para ello se

necesita contar con información confiable y disponible, así como con los sistemas para manejarla.

I.5 Fundamentación Teórica

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 por naturaleza un fenómeno geográfico dada su clara expresión territorial. De aquí que la dimensión espacial del transporte sea inobjetable y adquiera la categoría de elemento fundamental en los procesos de planeación, en la formulación de proyectos de inversión y además aparezca como uno de los criterios básicos en los análisis que sustentan la resolución del tomador de decisiones.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son fundamentalmente instrumentos técnicos de capacidades múltiples, diseñados y habilitados en primera instancia para inventariar información geográfica, la cual a su vez alimenta las funciones de análisis con que están equipados los SIG, para finalmente convertirse en herramientas útiles a las labores de administración y planeación.

Algunos fundamentos teóricos que sustentan la posibilidad de aplicar esta tecnología para el desarrollo del presente trabajo, son:

- Las cualidades técnicas principales de los SIG son: la capacidad de registro geográfico de variables; el manejo integrado de informaciones diversas; y la representación gráfica de resultados, incluido el cartográfico.

- 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 a bajo costo.

- Todo SIG se estructura por cuatro subsistemas principales de funcionamiento: entrada de datos, archivo y acceso, manejo y análisis de datos, y representación gráfica de la información. La falta de algunos de ellos excluye del concepto a cualquier otro programa que efectúe solo parte de esas funciones. Así, ni la cartografía automatizada, ni los sistemas de digitalización abocados a la captura de datos a partir de fuentes geográficas, ni aquellos otros que sólo se encuentran habilitados para ejecutar rápidas representaciones gráficas, ni tampoco los sistemas de procesamiento de imágenes, son SIG. Además, un SIG se distingue de cualquier otro sistema similar, primordialmente por el hecho de contar

con las características de ser capaz de generar nueva información a partir de la contenida en sus bases de datos.

- Cabe afirmar que los sistemas geográficos de información, a diferencia de otros muchos sistemas de manejo de datos, cuentan con las capacidades de procesar y analizar éstos en términos de la posición geográfica que ocupan los elementos codificados, las relaciones topológicas que guardan entre ellos y de los atributos que los caracterizan y definen, lo cual les confiere además, la posibilidad de representarlos cartográficamente.

Las aplicaciones de SIG tienen como respaldo la información que ya se tenga disponible (en este caso, el levantamiento con SPG de las redes carreteras y algunos datos operativos del tránsito en las mismas) así como los sistemas computacionales de manejo de bases de datos.

I.6 Objetivos

El objetivo general de este trabajo es elaborar un sistema, tanto de consulta como de análisis, sobre las condiciones que guarda cada segmento de las Carreteras Federales de un Estado de la República, en relación con sus características físicas y operativas. Lo anterior, con el fin de facilitar el desarrollo de medidas pertinentes de explotación, administración o gestión de la red.

Asimismo, se contemplan los siguiente objetivos particulares:

a. Dominar el uso de un SIG.

b. Diseñar un sistema de manejo de la información de los accidentes ocurridos en las Carreteras Federales de un Estado de la República, tomando como base el inventario de infraestructura para dicho Estado con que ya se cuenta dentro del SIGET. Este trabajo se realizará para las Carreteras Federales del Estado de Oaxaca.

c. Llevar a cabo el desarrollo del sistema anterior.

d. Realizar diferentes representaciones mediante la aplicación del sistema antes mencionado (cartográficas, en forma de tablas, gráficas, mapas, etc.).

I.7 Hipótesis

Se propone la hipótesis de que será posible a través de la herramienta SIG (ArcView), propuesto, consultar y analizar las condiciones que guardan los diferentes elementos de las Carreteras Federales del Estado de Oaxaca en términos de los datos operativos que serán considerados (aforo, composición vehicular y accidentes). También se asume que este enfoque facilitará el desarrollo de medidas de gestión de la red.

I.8 Metodología y Alcances

La metodología y los alcances están contenidos en la siguiente descripción de las partes que constituirán este trabajo:

- Se desarrollará una introducción que describa algunas generalidades, objetivos y alcances del trabajo.

- En el Capítulo 1 se describirán con detalle algunos antecedentes relevantes. La plataforma de referencia sobre la que se realizará este trabajo será el sistema de información geoestadística para el transporte (SIGET), con que cuenta el IMT. Como ya se mencionó este sistema contiene, en coberturas de ArcInfo, la georeferenciación de la red carretera nacional. La base cartográfica, en lo referente a los limite estatales y cabeceras municipales, proviene del INEGI. El programa computacional que se utilizará para el desarrollo del sistema planteado será ArcView, el cual también se encuentra en el IMT. Se considerará la Red Carretera Federal del Estado de Oaxaca.

- El Capítulo 2 describirá detalladamente el desarrollo del sistema.

- El Capítulo 3 ejemplificará algunos de los resultados que pueden obtenerse mediante la aplicación del sistema.

- Finalmente se presentarán una serie de conclusiones y recomendaciones.

Los alcances de este trabajo estarán limitados por las posibilidades que brinden el SIG denominado ArcView, los rasgos geográficos de la Red de Carreteras Federales del Estado de Oaxaca contenidos dentro del SIGET, los demás sistemas computacionales que serán utilizados (p. ej. Visual Fox

Pro, etc.), y los datos de clasificación y nomenclatura de carreteras, aforo, composición vehicular y accidentes (particularmente estos últimos), para toda la Red bajo estudio.

I.9 Utilidad del Proyecto

La utilización de este trabajo resultará ser una herramienta verdaderamente útil con provecho estimado en función de criterios como ahorro de tiempo, facilidad de manejo, efectividad de los procesos.

En consecuencia contará con información confiable ofreciendo una perspectiva global de las características que guarda cada segmento de la Red Carretera Federal.

Apoyará a las labores de planeación, investigación y toma de decisiones por parte del sector transporte.

REFERENCIAS

[I.1] ArcView GIS 3.2, Copyright 1996, Environmental System Research Institute, Inc., 380 New York Street, Redlands, CA 92373 USA.

[I.2] Manual Estadístico del Sector Transporte 1996; Instituto Mexicano del Transporte (IMT). Querétaro, México; 1997.

[I.3] Los Sistemas de Información Geográfica y el Transporte. Instituto Mexicano del Transporte (IMT). Publicación Técnica No. 32.

[I.4] Sistema de Información Geoestadística para el Transporte, Instituto Mexicano del Transporte (IMT). Querétaro, México; 1998.

[I.5] Datos Viales 1999, Secretearía de Comunicaciones y Transportes, Dirección General de Servicios Técnicos, Subsecretaría de Infraestructura.

[I.6] Microsoft Visual FoxPro Versión 5.0.

1 Antecedentes

1.1 Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Sistemas de Posicionamiento Global (GPS)

Hoy en día y desde diversas organizaciones, se invierten grandes sumas de dinero en el desarrollo de bases de datos georeferenciadas y en Sistemas de Información Geográfica (SIG). Es previsible además que durante los próximos años se inviertan miles de millones más. Todo ello está sucediendo en un corto período de tiempo, ya que hace unos pocos años los SIG eran herramientas muy especializadas sólo al alcance de pocas organizaciones. Se pueden dar dos explicaciones a estos fenómenos:

- La primera reside en el abaratamiento de los costos de los equipos informáticos, que cada día los hace más asequibles para mayor número de usuarios.

- La segunda, y de mayor importancia, es que la geografía y los datos que sirven para cuantificarla forman ya parte de nuestro mundo cotidiano; la mayoría de las decisiones que tomamos diariamente están relacionadas con o influenciadas por un hecho geográfico. Las aportaciones económicas de los gobiernos, por ejemplo, se basan frecuentemente en la distribución geográfica de la población.

Los SIG han demostrado su utilidad práctica en diversas labores en torno al transporte, ya sea mediante estudios experimentales o bien, a través de su plena inserción como herramienta de apoyo en actividades particulares en distintos departamentos y organismos de transporte, principalmente de Estados Unidos y Canadá.

No obstante, la presumible dimensión del universo de posibilidades de los SIG en los sistemas de redes del transporte está aún por revelarse, en virtud tanto de las innovaciones tecnológicas que amplían sus expectativas, como por la propia complejidad de la actividad en la cual convergen distintos actores con problemáticas específicas por modos de transporte, que a su vez definen condiciones y necesidades de información múltiple y variada.

Como respuesta a las necesidades de manejo de información espacial para el estudio y planeación del transporte, que demanda alta confiabilidad y exactitud en la ubicación de sus elementos y atributos, en los últimos años se han desarrollado sistemas automáticos más eficientes para la generación, mantenimiento, análisis y representación de información

geográficamente referenciada. Entre las tecnologías que han experimentado un avance sin precedentes en la última década, destacan los ya antes señalados Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) vía Satélite.

El Sistema de Posicionamiento Global es una tecnología de navegación y posicionamiento basado en satélites. El desarrollo del Navigation Satellite Timing and Ranging (NAVSTAR) Global Positioning System (GPS), nombre completo del sistema, es un programa financiado por el gobierno de los Estados Unidos y administrado por el Departamento de la Defensa de ese país. El GPS se ha constituido en la herramienta más completa para el registro de la localización de rasgos o elementos sobre la superficie del planeta. A partir de 1993, se completó la puesta en órbita de una constelación de 24 satélites (21 operativos y 3 de reserva) con la misión de transmitir señales con información de diversos parámetros de posicionamiento, que registradas por receptores en tierra permiten calcular, con un alto grado de exactitud, la localización geográfica de cualquier objeto sobre la superficie terrestre. [Ref. 1.1]

La tecnología del GPS es usada primeramente como herramienta para determinar la localización exacta de un lugar sobre la superficie terrestre, pero además puede proporcionar información sobre tiempo y velocidad que le permite actuar también como un sistema para calcular posiciones tridimensionales (latitud, longitud y altitud) de la ubicación de los usuarios.

Por otra parte, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son sistemas diseñados para la captura, almacenamiento, manipulación y análisis de información en donde la ubicación espacial constituye el elemento fundamental. El desarrollo de esta tecnología, si bien tiene antecedentes desde la década de los 60's, recibe un impulso definitivo en la década de los 80's y se consolida en años recientes como una de las herramientas más importantes de apoyo al análisis geográfico. El análisis conjunto derivado de la combinación de información gráfica en forma de mapas (información espacial) y atributos asociados (información no espacial), da a los SIG su particular potencial de aplicación al sistema de transporte.

En otras palabras, los SIG son fundamentalmente instrumentos computacionales de capacidades múltiples, diseñados y habilitados en primera instancia para inventariar información geográfica y de los atributos que la caracterizan, la cual a su vez alimenta las funciones de análisis con

que están equipados, para finalmente convertirse en herramientas útiles a las labores de planeación y administración.

El uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha aumentado enormemente en las décadas de los ochenta y noventa; ha pasado del total desconocimiento a la práctica cotidiana en el mundo de los negocios, en las universidades y en los organismos gubernamentales, usándose para resolver problemas diversos.

Ante el universo de deberes y la multidimensionalidad de sus aspectos, es posible afirmar que los SIG surgen como valiosos instrumentos de apoyo a todas aquellas labores que llevan implícitas en su ejecución la necesidad de análisis geográfico de los elementos o variables que el problema o la actividad en cuestión comprenda, los cuales, en el caso del transporte no son pocos, ya que por naturaleza es un fenómeno geográfico dada su clara expresión territorial. La clave para emplear un SIG y obtener de él efectividad y resultados satisfactorios, estriba en la identificación acertada de su aplicación la cual deberá tener como característica primordial la necesidad del análisis geográfico. **Fig. No. 1**[Ref. 1.2].

INTEGRACIÓN DE DATOS	Facilidad otorgada por el empleo de un sistema común de referencia, tanto para la información directamente relacionada con las vías de comunicación, como de aquellas otras que hacen posible análisis más amplios (datos demográficos, etc.).
REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE LOS DATOS	Muestra en forma gráfica (representación cartográfica) la distribución y/o comportamiento de los datos en el territorio, lo cual permite una mayor compresión del problema en cuestión.
ANÁLISIS INNOVADOR	Ofrece nuevas formas de observar viejos problemas al combinar modelos y proporcionar respuestas a preguntas complejas y multidimensionales en forma rápida.

Figura 1.1
Ventajas que brinda la utilización de un SIG a la planeación, administración e investigación en el Sistema de Transportes

La posibilidad de los SIG de manipular datos geográficos, les permite estudiar procesos territoriales, realizar análisis de tendencias y elaborar proyecciones, insumos todos necesarios para las labores de planeación y administración en una gran diversidad de sectores y actividades económicas y sociales como por ejemplo, la dotación de servicios básicos (agua, electricidad, drenaje, teléfono), la distribución de áreas comerciales y la ubicación de mercados potenciales, la identificación de nuevas rutas de transporte o necesidades de inversión de nuevos caminos etc.

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 explícitamente por los SIG, agrega un nivel de “inteligencia” a bases de datos.

El uso de GPS para el registro de información georeferenciada así como el de SIG para el manejo de esa información, proporcionan herramientas que conjuntamente son muy poderosas para las diversas actividades que tienen que ver con la planeación y operación del transporte. Una aplicación conjunta de estas dos tecnologías es la que se comenta enseguida en relación con el levantamiento de un inventario de la infraestructura para el transporte del país.

1.2 Sistema de Información Geoestadística para el Transporte (SIGET)

Ante la realidad antes comentada, el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) inició desde 1991 una línea de investigación tendiente a evaluar las denominadas tecnologías de georeferenciación (SIG, GPS y procesamiento de satélites), desarrollando el proyecto Sistema de Información Geoestadística para el Transporte (SIGET). Este proyecto se centró en la creación, en formato digital, de bases de datos georeferenciados en coberturas del Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcInfo [Ref. 1.3]. Él levantamiento fue realizado con GPS, e incluyó el trazo de las redes carreteras pavimentadas, la ubicación de puertos y aeropuertos, así como también la localización precisa de rasgos asociados al camino (p. ej. bancos de materiales, señales, etc.). La importancia del banco de información reside tanto en la precisión y en la ubicación de los elementos registrados, como en la gran versatilidad de manejo del formato digital a través de SIG.

Se reitera que el SIGET está concebido como resultado de la utilización de las tecnologías antes mencionadas, es decir, se desarrolla con base en la adaptación de las funciones propias de un SIG y se enriquece con la información digital y georeferenciada generada en campo mediante el empleo del GPS.

Como ya se mencionó, en este trabajo se busca generar un sistema de manejo de la información de accidentes ocurridos en Carreteras Federales, así como de otra adicional que amplíe las posibilidades de análisis sobre la seguridad vial en dichas carreteras. Dado que ArcInfo, el SIG en el que se maneja el SIGET, es un sistema muy poderoso pero también muy caro, para el desarrollo de este trabajo se eligió el SIG denominando ArcView [Ref. 1.4]. Al ser este último menos poderoso, es por lo mismo más fácil de utilizar y también más barato, que es un factor muy importante a considerar ya que el sistema generado será distribuido a los 32 Centros de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) en los Estados de la República, multiplicándose con ello por 32 los costos de hardware y software. Adicionalmente, ArcView es un SIG compatible con ArcInfo, al ser ambos elaborados y distribuidos por la misma empresa. Los aspectos anteriores hicieron a ArcView el sistema adecuado para el desarrollo de este trabajo. Con este SIG se cuenta en el Instituto Mexicano del Transporte. Por lo tanto, la primera actividad de esta tesis consistió en exportar del SIGET (en coberturas de ArcInfo) la información requerida para el desarrollo del trabajo, generándose los temas correspondientes en formato de ArcView.

ArcView permite sobreponer datos contenidos en distintas capas de información, haciendo análisis combinados de los mismos, representándolos a la escala deseada y permitiendo obtener resultados que ayuden a tomar decisiones y resolver problemas de las redes de transporte. El esfuerzo anterior se llevará a cabo apoyándose también en otros tipos de programas de cómputo, como por ejemplo: el nuevo y potente entorno orientado a objetos para la generación de bases de datos y la programación de aplicaciones; Visual FoxPro [Ref. 1.5], el cual proporciona todas las herramientas necesarias para administrar datos, tanto si se va organizar tablas de información y ejecutar consultas, como si se va a crear un sistema de bases de datos relacional integrado o programar una aplicación para la administración de usuarios finales. Otro de los programas en que se apoya este trabajo es la Hoja de Cálculo Excel [Ref. 1.6].

1.3 Algunos Datos sobre la Seguridad Vial en la Red Carretera Federal

La seguridad es una muy importante área de estudio por razones tanto humanitarias y de salud pública como económicas. Según información proporcionada por la Federación Internacional de Carreteras, en México este problema es más crítico que en los países desarrollados [Ref.1.7 y 1.8]. En nuestro país, la tasa media de crecimiento anual de los accidentes con lesionados entre 1988 y 1992 fue de 5.8%, porcentaje que aumentó a 6.4% entre 1990 y 1994. Lo anterior hace evidente la necesidad de recopilar y analizar la información de una manera ágil y confiable, con el fin de obtener datos que permitan hacer un diagnóstico sobre el problema de la seguridad en las Carreteras Federales de México y así poder tomar medidas preventivas y correctivas que ayuden a solucionarlo.

La información organizada sobre accidentes carreteros permiten generar una fotografía representativa de la situación de la seguridad vial y contribuir a su mejoramiento. Es también de gran importancia para desarrollar programas de planeación y operación del sector transporte.

La Tabla 1.1 muestra los saldos totales relacionados con la ocurrencia de accidentes en las Carreteras Federales en 1997 [Ref. 1.9], así como la distribución de dichos saldos por Entidad Federativa. Se presentan también otros datos (p. ej. vehículos-kilómetro) que conjuntamente con los saldos anteriores, permiten generar un panorama más completo de la situación que guarda la seguridad vial en las Carreteras Federales. En esta tabla, las Entidades Federativas se encuentran jerarquizadas y ordenadas por el costo total de los accidentes por vehículo-kilómetro recorrido.

En la Tabla 1.1 es evidente que en la Red Carretera Federal vigilada por la Policía Federal de Caminos y Puertos (PFCyP) se produjeron, en 1997, 58,208 accidentes, generándose como resultado de los mismos 32,600 lesionados, 4,927 muertos y daños materiales estimados en 102,116,745 dólares americanos (considerando una paridad promedio 7.5 pesos mexicanos por dólar [Ref.1.9]. En los 58,208 accidentes ocurridos en 1997 se tuvieron 89,067 participantes (vehículos y peatones), de los cuales 2,351 fueron peatones atropellados. La tabla también indica que los accidentes

ocurridos en 1997 tuvieron un costo total de alrededor de 692.6 millones de dólares.

En la Tabla 1.1 es evidente que, en términos del costo de los accidentes por vehículo-kilómetro recorrido, la seguridad vial en las Carreteras Federales del Estado de Oaxaca (que es el que interesa para los propósitos de esta tesis) ocupa un lugar intermedio (jerarquía 17) dentro del conjunto de todos los Estados.

Tabla 1.1
Saldos y Costos Totales de los Accidentes por Año (Niveles Estatal y Nacional)

No.	ENTIDAD	ACCIDENTES	MUERTOS	LESIONADOS	DAÑOS MATERIALES (dólares)	COSTOS DE LOS ACCIDENTES (dólares)	VEH-KM	COSTO DE LOS ACCIDENTES/VEH-KM	JERARQUIZACIÓN
13	Hidalgo	1,469	211	784	1,827,373	25,279,373	3,779,506	6.689	1
22	Querétaro	1,627	180	897	2,680,353	23,371,353	3,747,883	6.236	2
4	Campeche	483	81	297	984,380	9,975,380	1,615,210	6.176	3
16	Michoacán	2,831	278	1,805	4,562,596	37,777,596	8,039,878	4.699	4
7	Chiapas	1,568	96	897	2,579,913	14,870,913	3,295,846	4.512	5
1	Aguascalientes	590	66	418	936,571	8,790,571	1,976,429	4.448	6
2	Baja California	1,995	219	1,704	3,835,307	30,847,307	7,074,987	4.360	7
28	Tamaulipas	3,103	233	1,603	5,413,633	33,522,633	7,763,924	4.318	8
27	Tabasco	1,288	104	631	2,014,193	14,307,193	3,345,735	4.276	9
5	Coahuila	2,735	195	1,567	5,095,434	29,296,434	7,162,331	4.090	10
15	México	5,078	503	2,498	6,878,981	64,672,981	15,862,053	4.077	11
18	Nayarit	1,145	95	550	2,573,389	13,723,389	3,519,280	3.899	12
24	San Luis Potosí	2,085	155	1,054	4,543,155	23,205,155	5,986,297	3.876	13
11	Guanajuato	2,502	274	1,320	3,553,701	34,913,701	9,227,122	3.784	14
29	Tlaxcala	1,241	69	535	1,635,625	10,140,625	2,712,925	3.738	15
3	B. California Sur	956	53	524	1,748,177	8,620,177	2,330,606	3.699	16
20	Oaxaca	1,672	136	1,079	3,252,655	20,089,655	5,470,819	3.672	17
25	Sinaloa	1,411	146	840	3,616,648	20,736,648	5,779,907	3.588	18
21	Puebla	2,257	217	1,390	3,521,595	29,391,595	8,399,470	3.499	19
32	Zacatecas	986	99	552	2,105,075	13,661,075	4,019,205	3.399	20
17	Morelos	2,034	127	1,059	3,221,107	19,098,107	5,824,036	3.279	21
31	Yucatán	628	71	330	819,513	8,909,513	2,880,035	3.094	22
8	Chihuahua	1,512	136	1,098	3,130,779	20,024,779	6,622,606	3.024	23
30	Veracruz	4,667	300	2,110	8,748,431	45,078,431	15,933,332	2.829	24
12	Guerrero	2,179	133	1,227	3,353,936	20,334,936	7,487,196	2.716	25
6	Colima	736	40	379	1,090,547	6,227,547	2,673,858	2.329	26
19	Nuevo León	2,120	146	1,262	4,787,122	23,173,122	10,200,821	2.272	27
23	Quintana Roo	819	38	301	1,222,880	5,925,880	2,610,770	2.270	28
14	Jalisco	2,815	242	1,865	5,410,702	35,205,702	16,134,016	2.182	29
26	Sonora	1,633	156	947	3,487,868	21,928,868	10,206,723	2.148	30
9	Distrito Federal	1,521	87	636	2,473,897	13,081,897	6,159,304	2.124	31
10	Durango	522	41	441	1,011,207	6,434,207	3,984,289	1.615	32
0	NACIONAL	58,208	4,927	32,600	102,116,743	692,616,743	201,826,401	3.432	

REFERENCIAS

[1.1] Memorias del IV Congreso Latinoamericano de Usuarios del Arc/Info y Erdas. México D.F., Noviembre de 1996.

[1.2] Los Sistemas de Información Geográfica y el Transporte. Instituto Mexicano del Transporte (IMT). Publicación Técnica No. 32.

[1.3] ArcInfo GIS, Environmental System Research Institute, Inc.

[1.4] ArcView GIS 3.2 Copyright 1996, Environmental System Research Institute, Inc., 380 New York Street, Redlands CA 92373 USA.

[1.5] Microsoft Visual FoxPro Version 5.0.

[1.6] Microsoft Excel 5.0.

[1.7] Estadísticas Mundiales de Carreteras (World Road Statitics) 1988-1992. Federación Internacional de Carreteras; Ginebra, Suiza 1993.

[1.8] Estadísticas Mundiales de Carreteras (World Road Statitics) 1990-1994. Federación Internacional de Carreteras; Ginebra, Suiza 1995.

[1.9] Publicación Técnica en edición Sistema de Administración de la Información de Accidentes en Carreteras Ferales (SAIACF).

[1.10] Manual Estadístico del Sector Transporte 1996; Instituto Mexicano del Transporte (IMT). Querétaro, México; 1997.

2 Elaboración del Sistema de Manejo de Información

En este capítulo se describe la construcción del sistema de manejo de información para la fracción de la Red Federal Básica comprendida dentro del Estado de Oaxaca, integrando en el Sistema de Información Geográfica (SIG) denominado ArcView [Ref. 2.1] un conjunto de datos de dicha fracción, tales como representación cartográfica, clasificación y nomenclatura de carreteras, aforo, composición vehicular e información de accidentes. La fracción de la Red Federal Básica en el Estado de Oaxaca tiene una longitud de 2,929.2 km (alrededor de 6% de la longitud de la Red Federal Básica total, como se indica más adelante). La información que se maneja en este trabajo, incluyendo la de accidentes, corresponde a 1997.

2.1 Generación de la Representación Cartográfica

2.1.1 Cartografía Básica

Como ya se indicó, la representación cartográfica para la elaboración de este trabajo fue generada a partir de información espacial registrada en campo utilizando Sistemas de Posicionamiento Global (SPG) por los Centros SCT en los Estados de la República. El registro de esta información fue realizado bajo la dirección del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), dentro del desarrollo del Sistema de Información Geoestadística para el Transporte (SIGET) [Ref. 2.2]. Después del registro de dicha información por los Centros SCT, la misma fue almacenada por el IMT en archivos computacionales en el formato de datos espaciales del SIG denominado ArcInfo [Ref. 2.3]. Éste es un SIG muy poderoso que representa el estándar operativo para los SIG's a nivel universal. En dicho formato, la información queda organizada en coberturas o capas. La información registrada dentro del SIGET es actualizada anualmente por los centros SCT en los Estados así como por el IMT. Asimismo, esta información recibe diferentes procesos o tratamientos en el IMT, para quedar lista para ser utilizada por diferentes tipos de usuarios. Cabe aclarar que un dato espacial es aquél vinculado a una ubicación geográfica determinada (p. ej. un segmento de calle, de carretera, etc.).

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 de coberturas de ArcInfo del SIGET, los rasgos geográficos contenidos en los archivos de ArcView mencionados enseguida. Éstos 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”):

- “Límites.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.

- “Oaxaca.shp”. En este archivo también cada registro corresponde a un polígono. El conjunto de todos los polígonos define la forma del Estado de Oaxaca.

- “Loc15000.shp”. En este archivo cada registro corresponde a un punto que representa a una población de 15,000 o más habitantes.

- “Cabecera.shp”. En este archivo cada registro corresponde a un punto que representa una cabecera municipal.

- “Caseta.shp”. En este archivo cada registro corresponde a un punto que representa una caseta de cobro de un tramo de autopista de cuota.

- “Puentes.shp”. En este archivo cada registro corresponde a un punto que representa un puente.

- “Foax.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 clasifica cada sección carretera en cualquiera de las cuatro siguientes 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 el archivo “Foax.shp” originalmente importado del SIGET, cada elemento poligonal (o rasgo geográfico) es un segmento de carretera seleccionado arbitrariamente (sin ningún criterio en particular).

- “Eoax.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 (“Carreteras”) del proyecto generado (“Oaxaca.apr”), se obtuvo el mapa que se ilustra en la Figura 2.1. 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 letreros descriptivos o leyendas, se señalan los temas activados o dibujados en el mapa. En ArcView, los temas activados son dibujados de abajo hacia arriba según se listan en la Tabla de Contenidos.

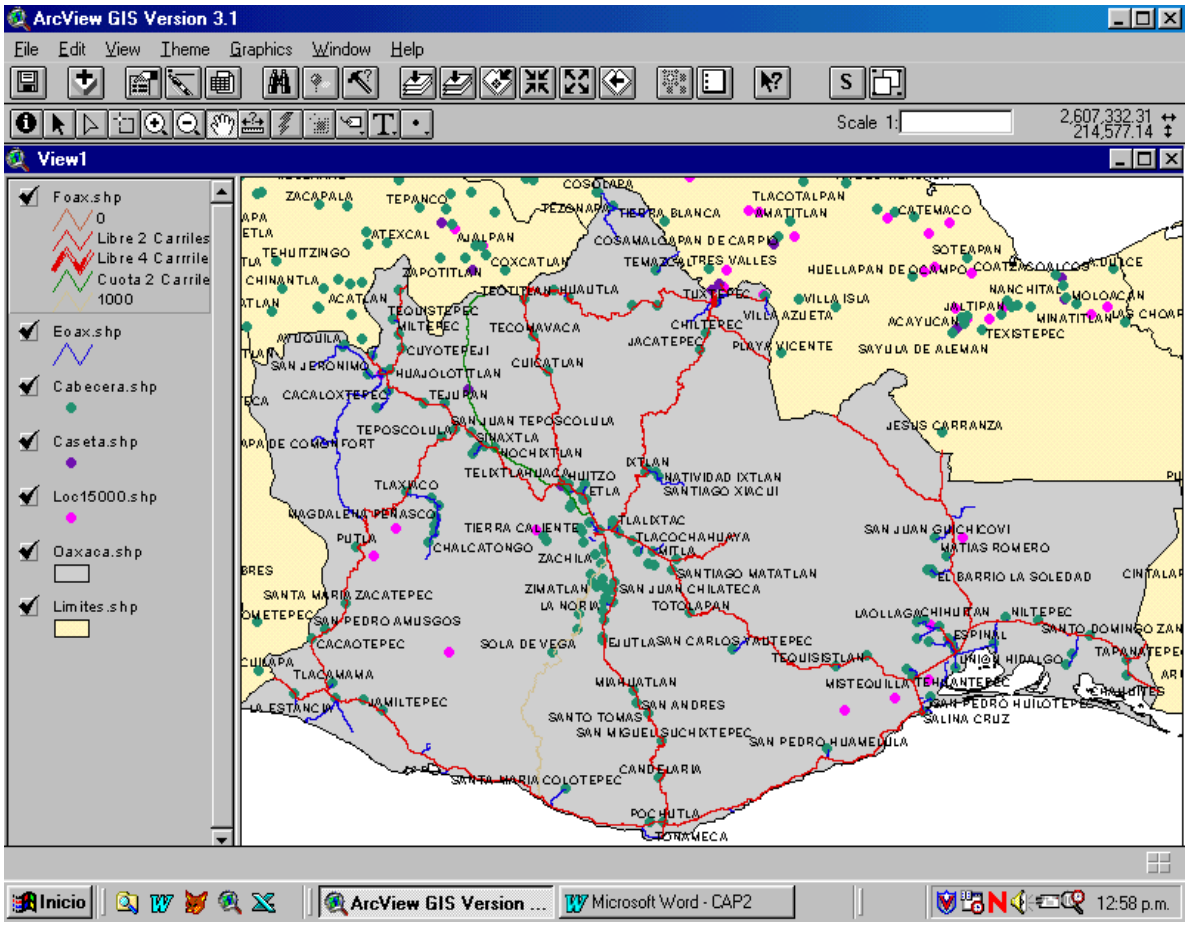

Figura 2.1
Rasgos Geográficos Importados de ArcInfo

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

("Foax.shp"), al contorno del Estado de Oaxaca ("Oaxaca.shp") y a la división política de la República Mexicana ("Límites.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.

2.1.2 Segmentación e Integración de la Clasificación de las Carreteras Federales

Se requiere que el sistema maneje información a los siguientes 4 niveles territoriales: (I) ruta, (II) carretera, (III) tramo, y (IV) segmento de 500 metros. Por lo tanto, para cada uno de estos niveles, fue necesario preparar una segmentación de la Red de Carreteras Federales 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 "Foax.shp" de acuerdo con un nuevo sistema de elementos carreteros (de rutas, de carreteras, de tramos o de segmentos de 500 m, 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 3 segmentaciones (por carretera, por segmento y por ruta). Sin embargo, la descripción mostrada a continuación se realiza de acuerdo con la estructura jerárquica de la clasificación de las Carreteras Federales de la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) [Ref. 2.4], es decir, primero rutas, luego carreteras, luego tramos y finalmente segmentos de 500 metros. Ésta es la clasificación oficial de carreteras de la SCT y en ella la Red Federal Básica, de alrededor de 50,000 km de longitud, se divide en 147 rutas, éstas a su vez en 561 carreteras y estas últimas en 2,538 tramos. El Estado de Oaxaca contiene el 6% de la Red Carretera Federal.

- Segmentación por Rutas. La Tabla 2.1 muestra las rutas a las que pertenece la Red Federal del Estado de Oaxaca incluidas en esta segmentación. La primera columna de la tabla presenta un número secuencial; la segunda, la nomenclatura de cada ruta en la clasificación de carreteras de la DGST; la tercera, el nombre de la ruta; la cuarta, el

identificador asignado en ArcView a cada ruta al generarse esta segmentación; y la quinta, la longitud registrada en ArcView para cada ruta. El último renglón de la tabla indica que la longitud total de Red Carretera Federal en el Estado de Oaxaca registrada en ArcView (proveniente del SIGET) es de 2,929.2 km. Esta segmentación fue almacenada dentro de la vista denominada “RUTAS”, del proyecto “Oaxaca.apr”. El mapa en la Figura 2.2 ilustra la segmentación obtenida, indicándose con diferentes colores 12 distintas rutas identificadas.

- Segmentación por Carreteras. La Tabla 2.2 presenta las Carreteras Federales del Estado de Oaxaca incluidas en esta segmentación. La primera columna de la tabla muestra un número secuencial; la segunda, la nomenclatura (o clave) de la carretera en la clasificación de carreteras de la DGST; la tercera, el nombre de la carretera; la cuarta, el identificador dado en ArcView a cada carretera al generarse esta segmentación; la quinta, la longitud registrada en ArcView para cada carretera; y la sexta, la clave de la ruta (según la clasificación de carreteras de la DGST) a la que pertenece la 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 20 que es un identificador dado al Estado de Oaxaca en la misma clasificación. En el último renglón de esta tabla se obtiene la misma longitud total de 2,929.2 km. Esta segmentación fue almacenada dentro de la vista denominada “CARRETERAS FEDERALES”. El mapa en la Figura 2.3 ilustra la segmentación ahora obtenida, indicándose con diferentes colores 24 distintas carreteras identificadas. Cabe señalar que en la clasificación de la DGST, las secuencias kilométricas están definidas a nivel de cada carretera (se inician con el kilómetro 0 en cualquiera de los dos extremos de cada carretera).

Tabla 2.1
Rutas Nacionales a las que Pertenecen las Carreteras Federales del Estado de Oaxaca

No.	RUTA (DGST)	NOMBRE DE LA RUTA	IDENTIFICADOR EN Arc View	LONGITUD (km)
1	MEX - 200	TEPIC – TAPACHULA	MEX - 200	466.07
2	MEX - 147	TUXTEPEC – PALOMARES	MEX - 147	123.47
3	MEX - 145	LA TINAJA – CINTALAPA	MEX - 145	27.85
4	MEX - 190	MEXICO - CIUDAD CUAUHTEMOC	MEX - 190	573.12
5	MEX - 125	TEHUACAN - PINOTEPA NACIONAL	MEX - 125	330.75
6	MEX - 175	BUENA VISTA - PUERTO ANGEL	MEX - 175	469.75
7	MEX - 131	TEZIUTLAN – PEROTE	MEX - 131	204.37
8	MEX - 135D	CUACNOPALAN - OAXACA(CUOTA)	MEX - 135D	158.65
9	MEX - 197	MITLA - ZACATEPEC MIXES	MEX - 197	57.07
10	MEX - 185	COATZACOALCOS - SALINA CRUZ	MEX - 185	183.50
11	MEX - 135	TEHUACAN - SAN FRANCISCO TELIXTLAHUACA	MEX - 135	147.51
12	MEX - 182	TUXTEPEC - TEOTITLAN DE FLORES MAGON	MEX - 182	187.09
			Longitud total =	**2929.2**

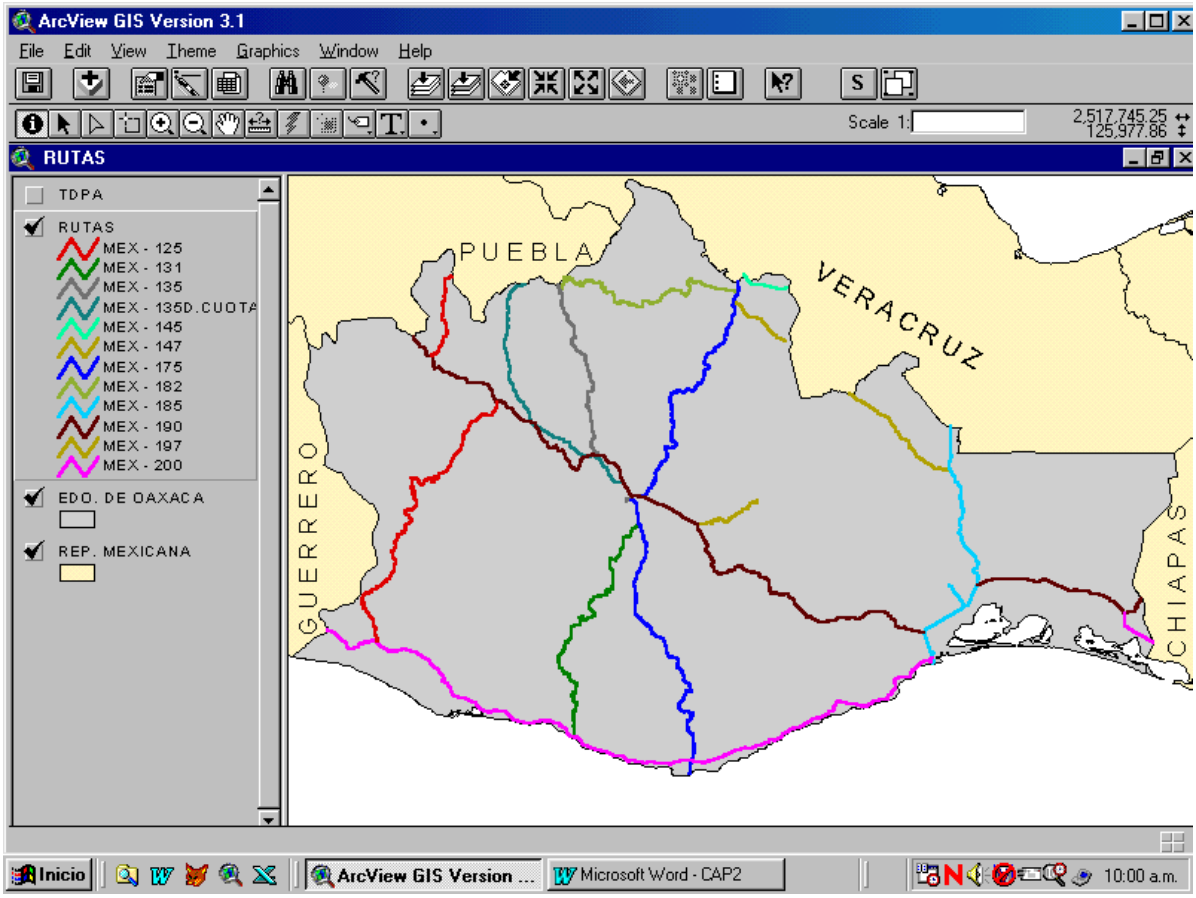

Figura 2.2
Rutas Nacionales a las que Pertenecen las Carreteras Federales del Estado de Oaxaca

Tabla 2.2
Carreteras Federales que Pertenecen al Estado de Oaxaca

No.	CLAVE (DGST)	NOMBRE DE LA CARRETERA	IDENTIFICADOR EN Arc View	LONGITUD (km)	RUTA (DGST)
1	00060	TAPANATEPEC - TUXTLA GUTIERREZ	2000060	18.83	MEX - 190
2	00073	LAS CRUCES - PINOTEPA NACIONAL	2000073	45.32	MEX - 200
3	00075	TAPANATEPEC - TALISMAN	2000075	25.82	MEX - 200
4	00147	COATZACOALCOS - SALINA CRUZ	2000147	165.84	MEX - 185
5	00180	TUXTEPEC - ENTRONQUE PALOMARES	2000180	123.47	MEX - 147
6	00211	TEHUACAN - HUITZO	2000211	142.24	MEX - 135
7	00301	CIUDAD ALEMAN - SAYULA	2000301	27.85	MEX - 145
8	00451	STA. BARBARA - HUAJUAPAN DE LEON	2000451	17.48	MEX - 190
9	00474	TEHUACAN - HUAJUAPAN DE LEON	2000474	63.75	MEX - 125
10	00624	BUENA VISTA - TUXTEPEC	2000624	6.39	MEX - 175
11	20009	T.C.(OAXACA - PURTO ANGEL) - PUERTO ESCONDIDO	2020009	204.37	MEX - 131
12	20030	YUCUDAA - SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL	2020030	267.00	MEX - 125
13	20056	HUAJUAPAN DE LEON - OAXACA	2020056	192.86	MEX - 190
14	20057	OAXACA - TEHUANTEPEC	2020057	252.46	MEX - 190
15	20059	LA VENTOSA - SAN PEDRO TAPANATEPEC	2020059	91.50	MEX - 190
16	20074	SANTIAGO PINOTEPA NACIONAL - SALINA CRUZ	2020074	394.93	MEX - 200
17	20090	TUXTEPEC - T.C.(OAXACA - TEHUANTEPEC)	2020090	213.27	MEX - 175
18	20091	OAXACA - PUERTO ANGEL	2020091	250.08	MEX - 175
19	20359	JUCHITAN - IXTEPEC	2020359	15.70	MEX - 185
20	50100	AUTOPISTA CUACNPALAN - OAXACA	2050100	158.65	MEX - 135D
21	50560	MITLA - ZACATEPEC MIXES	2050560	57.07	MEX - 197
22	50850	RAMAL A REFINERIA A. DOVALI JAIME	2050850	1.96	MEX - 185
23	51310	RAMAL A MONTE ALBAN	2051310	5.27	MEX - 135
24	51690	TUXTEPEC - TEOTITLAN DE FLORES MAGON	2051690	187.09	MEX - 182
			LONGITUD TOTAL=	**2929.20**	

- Segmentación por Tramos. La Tabla 2.3 muestra los tramos de la Red Federal del Estado de Oaxaca 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, el nombre del tramo; la tercera, el identificador dado en ArcView a cada tramo al generarse esta segmentación; la cuarta, la longitud registrada en ArcView para cada tramo; y la quinta y sexta, las claves de la ruta y la carretera (según la clasificación de carreteras de la DGST), respectivamente, a las que pertenece el tramo. En este caso, el identificador del tramo se constituyó por el identificador de ArcView dado a la carretera más un número consecutivo de 2 dígitos (p. ej. 01, 02, etc.) dado a los tramos según su ubicación dentro de la secuencia kilométrica de la carretera. En el último renglón de esta tabla se obtiene también la longitud total de 2,929.2 km. Esta segmentación fue almacenada dentro de la vista denominada “TRAMOS”. El mapa en la Figura 2.4 ilustra la segmentación ahora obtenida, indicándose con diferentes colores 113 tramos identificados.

- Segmentación por Segmentos de 500 m. Ésta se obtuvo de segmentar cada uno de los tramos de la Red Federal del Estado, en elementos de 500 m. En este caso, el identificador de cada segmento se constituyó por el identificador de ArcView dado al tramo más un número consecutivo de 3 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 2.5 ilustra la segmentación ahora obtenida, indicándose con diferentes colores 5,859 segmentos generados, de acuerdo con la longitud total de red manejada (2,929.2 Km). Como es evidente, en esta vista se ha adicionado un tema con las cabeceras municipales del Estado.

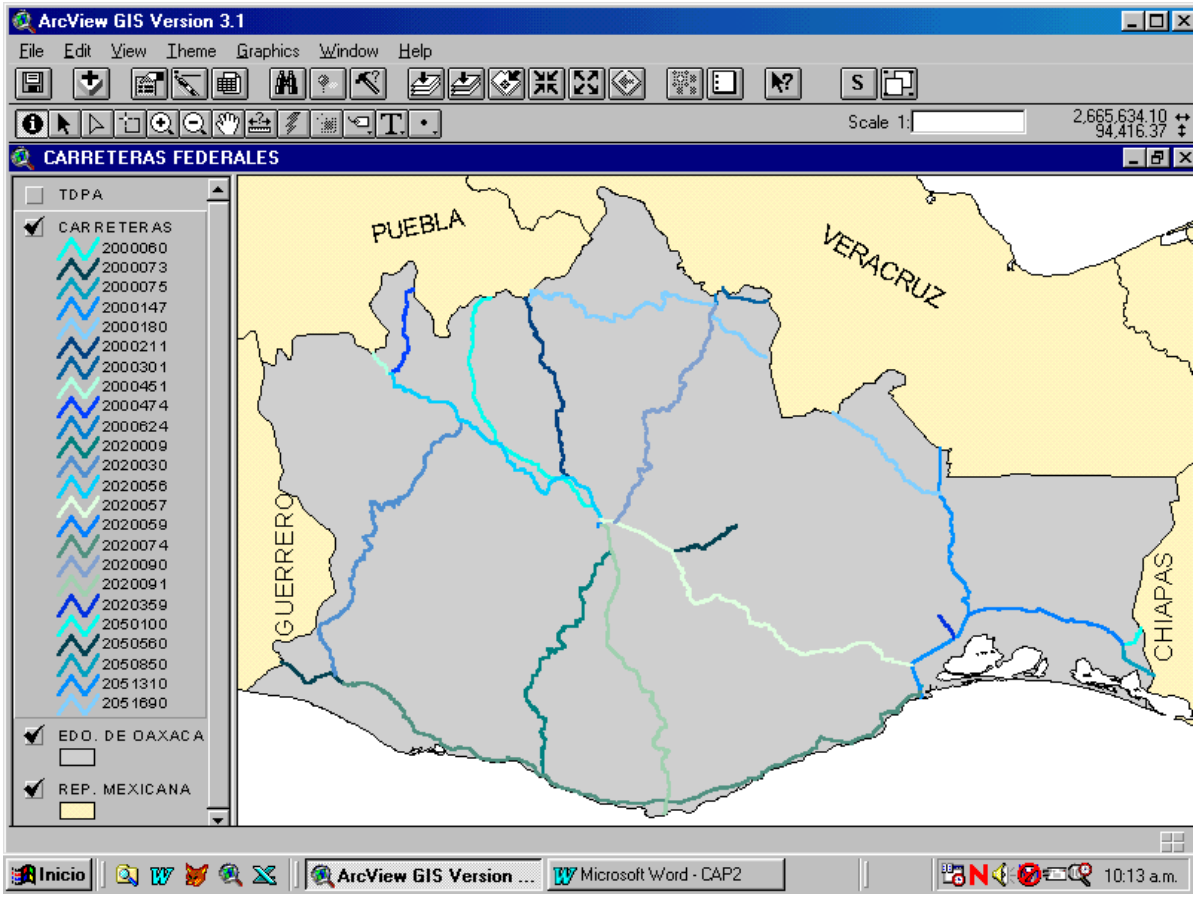

Figura 2.3
Carreteras Federales que Pertenecen al Estado de Oaxaca

Tabla 2.3
Tramos de la Red Federal que Pertenecen al Estado de Oaxaca

No.	NOMBRE DEL TRAMO	ID EN Arc View	LONG. (km)	RUTA (DGST)	CARR. (DGST)
1	TAPANATEPEC - LIM. EDOS. OAXACA / CHIAPAS	200006001	18.83	MEX - 190	00060
2	LIM. EDOS. GRO/OAX. - T. IZQ. YUCUDAA	200007310	38.03	MEX - 200	00073
3	T. IZQ. YUCUDAA - PINOTEPA NACIONAL	200007311	7.29	MEX - 200	00073
4	TAPANATEPEC - LIM. EDOS. OAXACA / CHIAPAS	200007501	25.82	MEX - 200	00075
5	LIM.EDOS.VER./OAX. - T.DER.CARR.(TUXTEPEC-PALOM.)	200014712	24.99	MEX - 185	00147
6	T.DER.CARR.(TUXTEPEC-PALOM.)-T.DER.PASO DEL REAL	200014713	7.11	MEX - 185	00147
7	T. DER. PASO DEL REAL - T. DER. ESTACION MOGOÑE	200014714	9.02	MEX - 185	00147
8	T. DER. ESTACION MOGOÑE - T. DER. MATIAS ROMERO	200014715	17.99	MEX - 185	00147
9	T. DER. MATIAS ROMERO - T. DER. LAGUNAS	200014716	7.45	MEX - 185	00147
10	T. DER. LAGUNAS - T. IZQ. TAPANATEPEC	200014717	37.82	MEX - 185	00147
11	T. IZQ. TAPANATEPEC - X.CARR.(JUCHITAN-IXTEPEC)	200014718	14.50	MEX - 185	00147
12	X.CARR. (JUCHITAN - IXTEPEC) - TEHUANTEPEC	200014719	25.70	MEX - 185	00147
13	TEHUANTEPEC - T.DER. OAXACA	200014720	1.39	MEX - 185	00147
14	T. DER. OAXACA - T. IZQ. REFINERIA	200014721	11.96	MEX - 185	00147
15	T. IZQ. REFINERIA - SALINA CRUZ	200014722	7.92	MEX - 185	00147
16	T. C. (TUXTEPEC-OAXACA)-LIM. EDOS.OAX/VER.	200018001	40.00	MEX - 147	00180
17	LIM. EDOS. VER/OAX. - MARIA LOMBARDO DE CASO	200018004	21.98	MEX - 147	00180
18	MARIA LOMBARDO DE CASO - SALINA CRUZ	200018005	61.50	MEX - 147	00180
19	LIM.EDOS. PUEBLA/OAXACA - STA. MARIA TECOMAVACA	200021105	27.48	MEX - 135	00211
20	STA. MARIA TECOMAVACA - CUICATLAN	200021106	30.66	MEX - 135	00211
21	CUICATLAN - T.DER. VALERIO TRUJANO	200021107	7.23	MEX - 135	00211
22	T. DER. VALERIO TRUJANO - T. DER. TOMATLAN	200021108	2.04	MEX - 135	00211
23	T. DER. TOMATLAN - T. DER. SAN JOSE DEL CHILAR	200021109	3.01	MEX - 135	00211
24	T. DER. SAN JOSE DEL CHILAR - NACALTEPEC	200021110	39.12	MEX - 135	00211
25	NACALTEPEC - T. IZQ. LA CARBONERA	200021111	17.02	MEX - 135	00211
26	T. IZQ. LA CARBONERA - SAN FCO. TELIXTLAHUACA	200021112	12.96	MEX - 135	00211
27	SAN FCO. TELIXTLAHUACA-T.CARR.(HUAJUAPAN-OAXACA)	200021113	2.73	MEX - 135	00211
28	T. IZQ. LOMA BONITA	200030101	27.85	MEX - 145	00301
29	LIM. EDOS. PUE./OAX. - HUAJUAPAN DE LEON	200045126	17.48	MEX - 190	00451
30	LIM.EDOS. PUEBLA/OAXACA - SANTIAGO CHAZUMBA	200047404	7.02	MEX - 125	00474
31	SANTIAGO CHAZUMBA - SAN FRANCISCO HUAPANAPAN	200047405	6.11	MEX - 125	00474
32	SAN FRANCISCO HUAPANAPAN - T.IZQ. CAMOTLAN	200047406	34.04	MEX - 125	00474
33	T.IZQ. CAMOTLAN - T.CARR. (HUAJUAPAN - OAXACA)	200047407	16.57	MEX - 125	00474
34	LIM. EDOS. VER/OAX. - TUXTEPEC	200062404	6.39	MEX - 175	00624
35	T. C. OAXACA - PUERTO ANGEL	202000901	7.00	MEX - 131	20009
36	T. IZQ. SAN PABLO HUIXTEPEC	202000902	9.57	MEX - 131	20009
37	T. DER. XAITEPEC	202000903	116.10	MEX - 131	20009
38	SAN GABRIEL MIXTEPEC	202000904	27.33	MEX - 131	20009

Tabla 2.3
Tramos de la Red Federal que Pertenecen al Estado de Oaxaca (Continuación)

No.	NOMBRE DEL TRAMO	ID EN Arc View	LONG. (km)	RUTA (DGST)	CARR. (DGST)
39	PUERTO ESCONDIDO	202000905	44.38	MEX - 131	20009
40	T. C. (HUAJUAPAN DE LEON-OAXACA)-YOLOMECATL	202003001	24.75	MEX - 125	20030
41	YOLOMECATL - TLAXIACO	202003002	32.34	MEX - 125	20030
42	TLAXIACO - PUTLA DE GUERRERO	202003003	87.44	MEX - 125	20030
43	PUTLA DE GUERRERO - CACAHUATEPEC	202003004	83.63	MEX - 125	20030
44	CACAHUATEPEC-T.C.(LAS CRUCES-PINOTEPA NACIONAL)	202003005	38.84	MEX - 125	20030
45	HUAJUAPAN - T. IZQ. TEHUACAN	202005601	1.24	MEX - 190	20056
46	T. IZQ. TEHUACAN - T. DER. TEZOATLAN	202005602	7.29	MEX - 190	20056
47	T. DER. TEZOATLAN - TAMAZULAPAN	202005603	31.60	MEX - 190	20056
48	TAMAZULAPAN - T. IZQ. TEJUPAN	202005604	10.19	MEX - 190	20056
49	T. IZQ. TEJUPAN - T. DER. TLAXIACO	202005605	12.44	MEX - 190	20056
50	T. DER. TLAXIACO - YANHUITLAN	202005606	13.72	MEX - 190	20056
51	YANHUITLAN - T. DER. SUCHITLAN	202005607	4.30	MEX - 190	20056
52	T. DER. SUCHITLAN - SAN MATEO	202005608	3.08	MEX - 190	20056
53	SAN MATEO - NOCHIXTLAN	202005609	8.13	MEX - 190	20056
54	NOCHIXTLAN - T.DER. ZARAGOZA	202005610	16.42	MEX - 190	20056
55	T.DER. ZARAGOZA - T.IZQ. TEHUACAN	202005611	53.10	MEX - 190	20056
56	T.IZQ. TEHUACAN - T.DER. TLALTINANGO	202005612	9.45	MEX - 190	20056
57	T.DER. TLALTINANGO - T.DER. SAN PABLO ETLA	202005613	5.00	MEX - 190	20056
58	T.DER. SAN PABLO ETLA - T.DER. NAZARENO ETLA	202005614	4.02	MEX - 190	20056
59	T.DER. NAZARENO ETLA - OAXACA	202005615	12.87	MEX - 190	20056
60	OAXACA - T. IZQ. GUELATAO	202005701	8.57	MEX - 190	20057
61	T.IZQ. GUELATAO - X.(SANTIAGUITO-TLACOYAHUA)	202005702	12.91	MEX - 190	20057
62	X.(SANTIAGUITO - TLACOYAHUA) - LOS VIVEROS	202005703	14.71	MEX - 190	20057
63	LOS VIVEROS - T. IZQ. VILLA DE MITLA	202005704	6.85	MEX - 190	20057
64	T. IZQ. VILLA DE MITLA - TOTOLAPAN	202005705	37.88	MEX - 190	20057
65	TOTOLAPAN - T. IZQ. NEJAPA DE MADERO	202005706	46.29	MEX - 190	20057
66	T.IZQ. NEJAPA DE MADERO - T.DER. TEQUISISTLAN	202005707	77.65	MEX - 190	20057
67	T.DER. TEQUISISTLAN - T.IZQ. JALAPA DEL MARQUEZ	202005708	16.86	MEX - 190	20057
68	T. IZQ. JALAPA DEL MARQUEZ - TEHUANTEPEC	202005709	30.74	MEX - 190	20057
69	LA VENTOSA - T.DER. (UNION - HIDALGO)	202005901	15.01	MEX - 190	20059
70	T. DER. (UNION - HIDALGO) - T. IZQ. STO. DOMINGO	202005902	5.40	MEX - 190	20059
71	T. IZQ. STO. DOMINGO - T. IZQ. NILTEPEC	202005903	17.38	MEX - 190	20059
72	T. IZQ. NILTEPEC - ZANATEPEC	202005904	30.10	MEX - 190	20059
73	ZANATEPEC - TAPANATEPEC	202005905	23.60	MEX - 190	20059
74	PINOTEPA NACIONAL - SAN ANDRES HUAXPALTEPEC	202007401	18.21	MEX - 200	20074
75	SN.ANDRES HUAXPALTEPEC - 1ER.ACC.IZQ. A JAMILTEPEC	202007402	11.77	MEX - 200	20074
76	1ER.ACC.IZQ. A JAMILTEPEC-2o.ACC.IZQ. A JAMILTEPEC	202007403	1.30	MEX - 200	20074
77	2o.ACC.IZQ. A JAMILTEPEC-T.IZQ. TUTUTEPEC	202007404	35.11	MEX - 200	20074
78	T. IZQ. TUTUTEPEC - SANTA ROSA	202007405	2.23	MEX - 200	20074

Tabla 2.3
Tramos de la Red Federal que Pertenecen al Estado de Oaxaca
(Continuación)

No.	NOMBRE DEL TRAMO	ID EN Arc View	LONG. (km)	RUTA (DGST)	CARR. (DGST)
79	SANTA ROSA - RANCHO LA POLAR	202007406	18.93	MEX - 200	20074
80	RANCHO LA POLAR - RIO GRANDE	202007407	4.97	MEX - 200	20074
81	RIO GRANDE - T.DER. CENTRO PUERTO ESCONDIDO	202007408	48.43	MEX - 200	20074
82	T.DER. CENTRO PTO. ESCONDIDO - BARRA DE COLOTEPEC	202007409	7.97	MEX - 200	20074
83	BARRA DE COLOTEPEC - T. IZQ. OCOZOALTEPEC	202007410	26.28	MEX - 200	20074
84	T.IZQ. OCOZOALTEPEC - X.(POCHUTLA-PUERTO ANGEL)	202007411	36.45	MEX - 200	20074
85	X.(POCHUTLA - PUERTO ANGEL) - T.DER. STA. CRUZ	202007412	40.47	MEX - 200	20074
86	T. DER. SANTA CRUZ - SANTIAGO ASTATA	202007413	70.57	MEX - 200	20074
87	SANTIAGO ASTATA - T. DER. STA. GERTRUDIS	202007414	39.62	MEX - 200	20074
88	T. DER. SANTA GERTRUDIS - SALINA CRUZ	202007415	32.62	MEX - 200	20074
89	TUXTEPEC	202009001	1.00	MEX - 175	20090
90	T. IZQ. PALOMARES	202009002	5.00	MEX - 175	20090
91	SAN JOSE CHILTEPEC	202009003	12.56	MEX - 175	20090
92	VALLE NACIONAL	202009004	29.12	MEX - 175	20090
93	LA ESPERANZA	202009005	33.43	MEX - 175	20090
94	T. IZQ. IXTLAN DE JUAREZ	202009006	73.62	MEX - 175	20090
95	T. DER. IXTEPEJI	202009007	27.17	MEX - 175	20090
96	T. C. OAXACA - TEHUANTEPEC	202009008	31.38	MEX - 175	20090
97	OAXACA - T. IZQ. LA EXPERIMENTAL	202009101	6.25	MEX - 175	20091
98	T. IZQ. LA EXPERIMENTAL - T. DER. AEROPUERTO	202009102	2.05	MEX - 175	20091
99	T. DER. AEROPUERTO - SAN BARTOLO COYOTEPEC	202009103	5.59	MEX - 175	20091
100	SAN BARTOLO COYOTEPEC - T. DER. PUERTO ESCONDIDO	202009104	3.01	MEX - 175	20091
101	T. DER. PUERTO ESCONDIDO - OCOTLAN	202009105	16.70	MEX - 175	20091
102	OCOTLAN - EJUTLA	202009106	28.65	MEX - 175	20091
103	EJUTLA - X.(RIO ANONA-ALMOLONGAS)	202009107	17.13	MEX - 175	20091
104	X.(RIO ANONA - ALMOLONGAS) - MIAHUATLAN	202009108	21.26	MEX - 175	20091
105	MIAHUATLAN - POCHUTLA	202009109	139.69	MEX - 175	20091
106	POCHUTLA - PUERTO ANGEL	202009110	9.75	MEX - 175	20091
107	JUCHITAN DE ZARAGOZA-T CARR. (COATZACOALCOS-SALINA)	202035901	0.15	MEX - 185	20359
108	T CARR. (COATZACOALCOS-SALINA CRUZ)-IXTEPEC	202035902	15.54	MEX - 185	20359
109	LIM. EDOS. PUE./OAX. - T.CARR.(HUAJUAPAN-OAXACA)	205010002	158.65	MEX - 135D	50100
110	MITLA - ZACATEPEC MIXES	205056001	57.07	MEX - 197	50560
111	RAMAL A REFINERIA A. DOVALI JAIME	205085001	1.96	MEX - 185	50850
112	RAMAL A MONTE ALBAN	205131001	5.27	MEX - 135	51310
113	TUXTEPEC - TEOTITLAN DE FLORES MAGON	205169001	187.09	MEX - 182	51690
		LONGITUD TOTAL=	**2929.20**		

ID : Identificador.

CARR : Carretera.

DGST: Dierección General de Servicios Técnicos

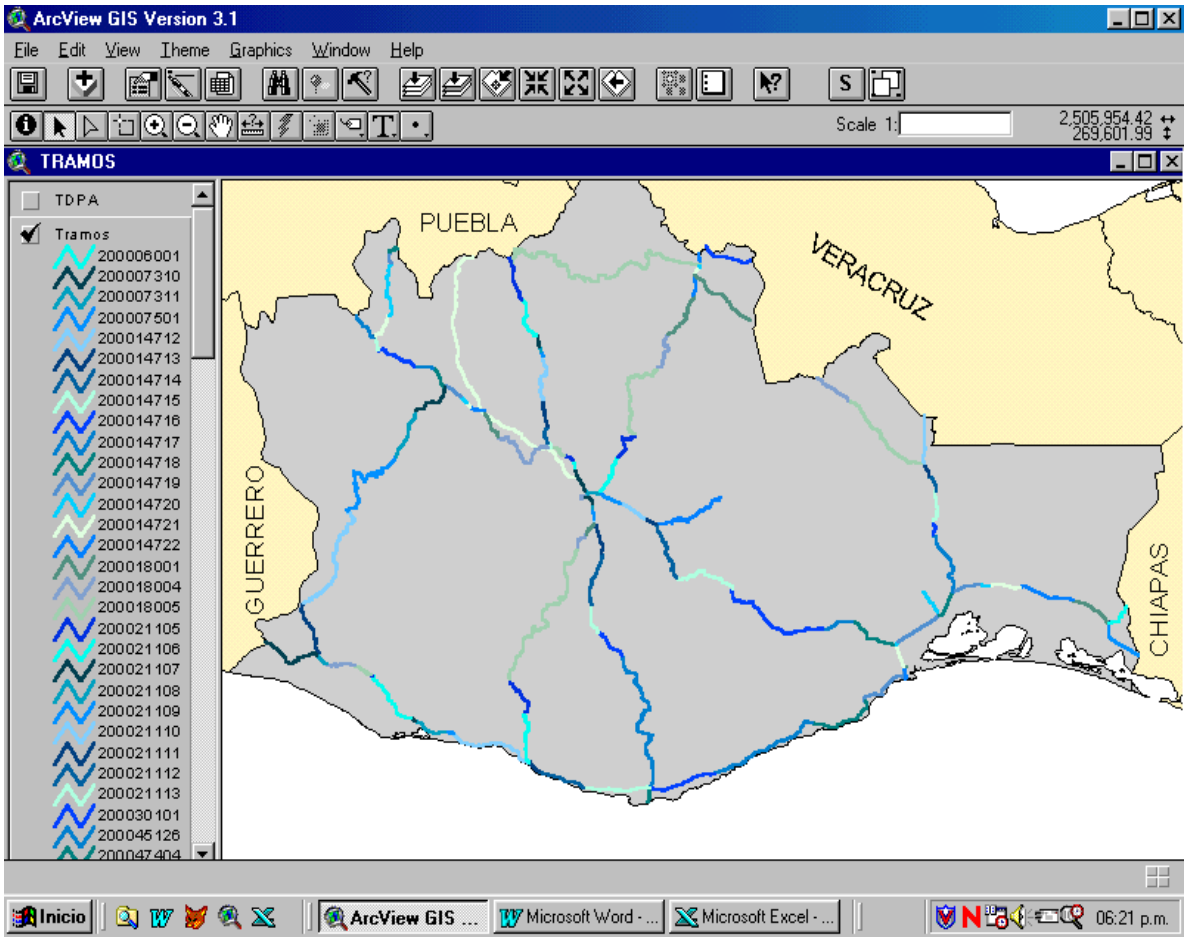

Figura 2.4
Tramos de la Red Federal que Pertenecen al Estado de Oaxaca

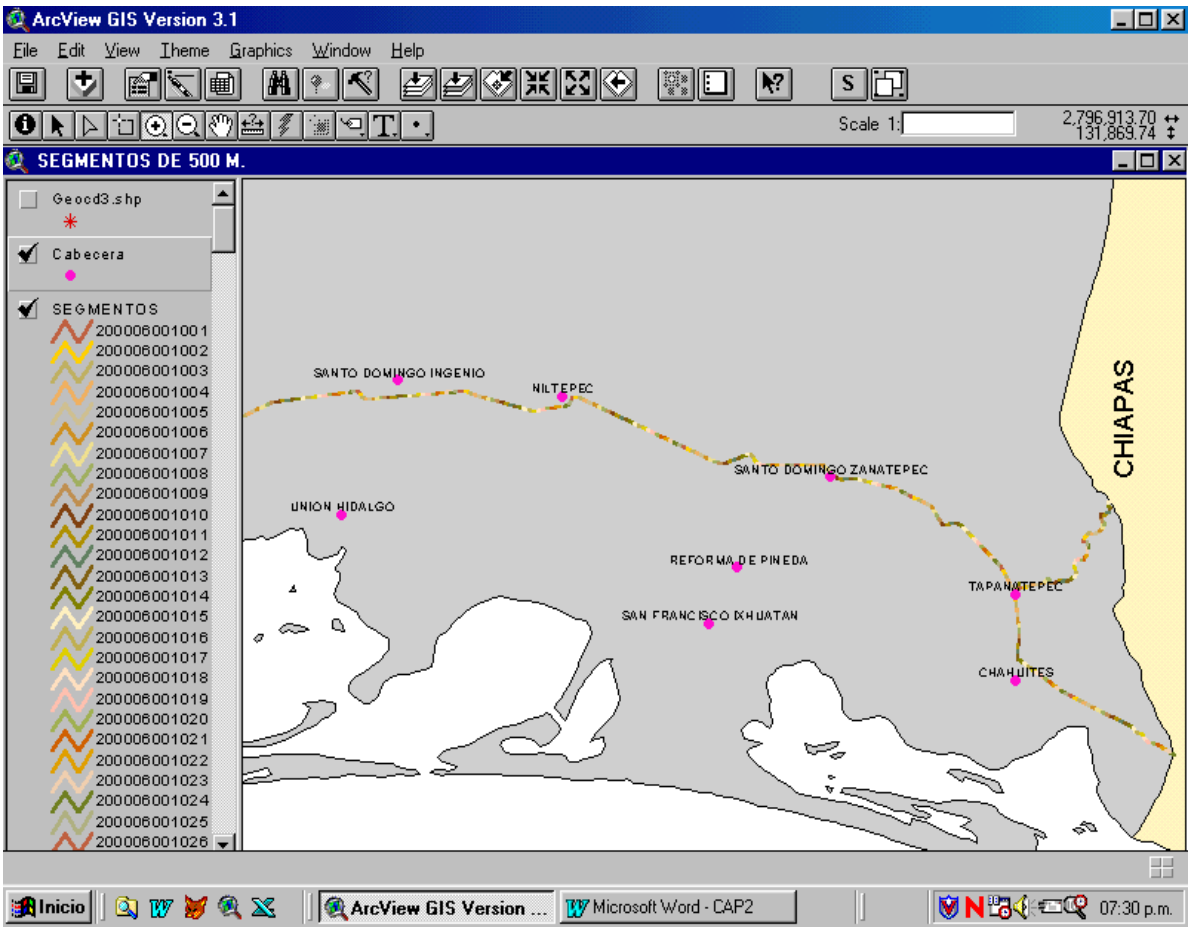

Figura 2.5
Segmentos de 500 mts de la Red Federal que Pertenecen al Estado de Oaxaca

2.2 Integración de Archivos Electrónicos Tabulares

2.2.1 Aforos y Composición Vehicular

El siguiente paso en la construcción del sistema fue añadir a las cuatro vistas elaboradas anteriormente (por rutas, por carreteras, por tramos y por segmentos de 500 metros), la información de aforos y composición vehicular generada por la DGST para la Red Carretera Federal para 1997 [Ref. 2.4]. 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 (ruta, carretera, tramo o segmento, según fuese el tipo de elemento o vista). La información de aforos y composición vehicular de la DGST se encuentra contenida en forma de tabla (tabular) en un archivo computacional compatible con el formato de base electrónica de datos (DBASE). En esta tabla, los aforos corresponden al "Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)" en diferentes sitios (o estaciones) y la composición vehicular a 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 2.4 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). Las bases de datos de los otros tres tipos de elementos (ruta, carretera y segmento) tienen estructura similar a la de tramos.

Para cada una de las segmentaciones, el proceso de vinculación consistió en, primero, generar la tabla (o base de datos) de valores ponderados; después, colocar el identificador de ArcView en esta tabla para cada elemento carretero (o rasgo geográfico); y, finalmente, establecer los vínculos a 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 de 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 que sólo se establece una liga entre su Tabla de Atributos y el archivo tabular vinculado.

En el capítulo siguiente se ilustran algunas alternativas de visualización de la información vinculada en las 4 segmentaciones, que ArcView permite.

Tabla 2.4
Estructura de la Base de Datos de Valores Ponderados de Aforo y Composición Vehicular Para Cada Elemento

CAMPO	NOMBRE	TIPO	ANCHO DE CAMPO	DESCRIPCIÓN
1	NO	Carácter	3	Número de registro
2	NOMBRE_TRA	Carácter	46	Nombre del tramo 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 3 ejes con semirremolque de 2 ejes
13	T3-S3	Numérico	5	Porcentaje de tractocamiones de 3 ejes con semirremolque de 3 ejes
14	T3-S2-R4	Numérico	5	% de tractocamiones de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes y remolque de 4 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

2.2.2 Información de Accidentes

2.2.2.1 Bases de Datos

La información de accidentes que se utiliza en este trabajo fue obtenida a partir de un archivo electrónico generado por la Policía Federal de Caminos (PFC), con información proveniente de los reportes de los accidentes que esa Corporación registró en 1997 en las Carreteras Federales.

En realidad, el archivo electrónico de la PFC es una base de datos en la que cada registro corresponde a un participante (ya sea vehículo o peatón) en un accidente. A partir de esta base de datos fue posible construir dos subbases fraccionarias, una de accidentes y otra de participantes, que en su conjunto almacenan toda la información contenida en la base de datos original. Estas dos nuevas bases de datos, una denominada “ACCIDENTES” y la otra “PARTICIPANTES”, sirvieron de base para el ingreso de la información de accidentes al modelo.

La base de datos “ACCIDENTES” resultó con un total de 1,672 registros, es decir, el número de accidentes ocurridos en 1997 en Carreteras Federales del Estado de Oaxaca. Por su parte, la base de datos “PARTICIPANTES” resultó con 2,515 participantes involucrados en dichos accidentes. De esos participantes, 98 fueron peatones atropellados. Las cifras anteriores son del orden de 2.8% y 4.2% de los correspondientes totales nacionales reportados en el Capítulo 1.

Las Tablas 2.5 y 2.6 muestran algunos elementos de la estructura de estas dos bases de datos, respectivamente.

Tabla 2.5
Estructura de la Base de Datos de Accidentes

CAMPO	NOMBRE	TIPO	ANCHO DE CAMPO	DESCRIPCIÓN
1	NUM_REP	Carácter	10	Número de reporte del accidente (dado en el destacamento)
2	CVE_DES	Carácter	4	Clave del destacamento que registró el accidente
3	COMPARA_A	Carácter	40	Identificador único del accidente, constituido por la unión de los 2 elementos anteriores
4	HORA	Numérico	5	Hora de registro del accidente
5	FECHA	Fecha	8	Fecha en que ocurrió el accidente
6	DIA_SEM	Carácter	9	Día de la semana en que ocurrió el accidente
7	ID_RUTA	Carácter	7	Ruta donde ocurrió el accidente
8	VICTIMA	Carácter	2	Si hubo víctimas o no
9	TOT_PAR	Numérico	2	Total de participantes en el accidente
10	TIPOACC	Carácter	1	Tipo del accidente
11	UBICACIÓN	Fecha	30	Clave del destacamento que registró el accidente
12	ID_CARR	Carácter	5	Carretera donde ocurrió el accidente
13	ID_TRAMO	Carácter	2	Tramo donde ocurrió el accidente
14	KM	Carácter	8	Kilómetro donde ocurrió el accidente
15	MT	Carácter	3	Metros del cadenamiento donde ocurrió el accidente
16	ID_SEG	Carácter	15	Segmento donde ocurrió el accidente

Tabla 2.6
Estructura de la Base de Datos de Participantes

CAMPO	NOMBRE	TIPO	ANCHO DE CAMPO	DESCRIPCIÓN
1	NUM_REP	Carácter	10	Número de reporte del accidente (dado en el destacamento)
2	NUM_VEH	Carácter	2	Número de participante (vehículo o peatón)
3	EXP_25	Carácter	40	Identificador único del accidente, constituido por la clave NUM_VEH y la clave DESTACA0.
4	VEH_M	Numérico	2	Número de muertos en el vehículo
5	VEH_L	Numérico	2	Número de lesionados en el vehículo
6	CVE_MAR	Carácter	30	Marca del vehículo
7	MODELO	Carácter	10	Modelo del vehículo
8	CAR_CON	Carácter	30	Carga transportada
9	EMPRESA	Carácter	50	Empresa propietaria del vehículo
10	CVE_TIS	Carácter	30	Tipo de servicio
11	PER_M	Carácter	1	Si falleció la víctima o no
12	PER_L	Carácter	1	Si resultó lesionada o no
13	SEXO	Carácter	1	Sexo de la víctima
14	EDAD	Numérico	2	Edad de la víctima
15	LICE_TIP	Carácter	22	Licencia tipo y número
16	DAN_CAM1	Numérico	14	Daños materiales relacionados con este vehículo
17	DESTACA0	Carácter	30	Nombre del destacamento que registró el accidente
18	CVE_TIP_B	Carácter	30	Tipo de participante
19	CAUSAS	Carácter	2	Causa del accidente
20	ID_RUTA	Carácter	7	Ruta donde ocurrió el accidente
21	ID_CARR	Carácter	5	Carretera donde ocurrió el accidente
22	ID_TRAMO	Carácter	2	Tramo donde ocurrió el accidente
23	ID_SEG	Carácter	15	Segmento donde ocurrió el accidente

Algunas aclaraciones pertinentes en relación con los campos del archivo ACCIDENTES en la Tabla 2.5, son:

- El número de reporte del accidente contenido en la variable NUM_REP no es único en esta base de datos, ya que cada uno de los destacamentos de la PFC en el Estado genera su propia secuencia numérica (a partir de 1).

- Los accidentes ocurridos en las Carreteras Federales del Estado en 1997 fueron registrados por los Destacamentos 72, 73 y 74, ubicados en las ciudades de Oaxaca, Puerto Escondido y Tehuantepec respectivamente. El número del destacamento que registró el accidente se almacena en la variable UBICACIÓN. Ésta, combinada con la variable NUM_REP, sí generan una clave única de identificación de cada accidente.

- La hora de registro del accidente se almacena en formato de 0:00 a 24:00 horas en la variable HORA.

- La fecha se registra en formato MM/DD/AA en la variable FECHA.

- El nombre del día de la semana en que ocurrió el accidente se registra en la variable DIA_SEM.

- Las variables ID_RUTA, ID_CARR, ID_TRAMO e ID_SEG almacenan los identificadores de la ruta, carretera, tramo y segmento (según sus definiciones indicadas anteriormente) en que ocurrió el accidente.

- El tipo del accidente se almacena en la variable TIPO_ACC, de acuerdo con el siguiente sistema de claves:

TIPO_ACC	DESCRIPCIÓN
1	Salida del camino
2	Volcadura
3	Caída de pasajero
4	Incendio
5	Choque
6	Otros
7	Atropellamiento

Algunas aclaraciones necesarias sobre los campos del archivo PARTICIPANTES en la Tabla 2.6, son:

- La variable NUM_REP registra el número de reporte del accidente.

- La variable NUM_VEH almacena un número secuencial dado a cada participante (vehículo o peatón) del accidente.

- La variable DESTACA0 almacena el número del destacamento que registró el accidente. Ésta, combinada con las variables NUM_REP y NUM_VEH, generan una clave única de identificación de cada participante de los accidentes.

- Las variables VEH_M y VEH_L registran, respectivamente, los números de muertos y heridos asociados con el participante.

- La marca del vehículo participante en el accidente se almacena en la variable CVE_MAR. El modelo o año del vehículo se almacena en la variable MODELO.

- La variable CAR_CON contiene la descripción de la carga transportada (si el participante es un vehículo de carga).

- La variable EMPRESA almacena una clave de identificación de la empresa propietaria del vehículo participante en el accidente.

- La variable CVE_TIS registra la descripción del tipo de servicio autorizado al vehículo participante (privado, público federal, público local, otro y no reportado).

- PER_M y PER_L son variables binarias cuyo valor depende de si la víctima principal asociada con este participante (el conductor si se trata de un vehículo o el peatón en este caso) falleció o resultó lesionada respectivamente (0 si no, 1 si sí).

- La variable SEXO registra el sexo de la víctima principal (definida esta última en el inicio anterior).

- La variable EDAD registra la edad de la víctima principal.

- La variable LICE_TIP describe el tipo de licencia del conductor asociado con el vehículo participante.

- La variable DAN_CAM1 almacena el monto de los daños materiales asociados con el vehículo participante, en dólares americanos.

- La variable CVE_TIP_B registra el tipo de participante, entre los siguientes:

TIPO DE PARTICIPANTE
Automóvil-Sedán
Bicicleta
Camión-Caja
Camión-Caseta
Camión-Otros
Camión-Pick-up
Camión-Plataforma
Camión-Redilas
Camión-Volteo
Diversos-Otro equipo especial
Motocicleta
No identificado
Omnibus-Microbús
Omnibus-Omnibus
Peatón
Remolque-Caja
Remolque-Otros
Remolque-Plataforma
Remolque-Tanque
Remolque-Tolva

- La causa del accidente, que puede deberse al conductor, al vehículo o al estado de la carretera, se almacena en la variable CAUSAS, de acuerdo con el sistema de claves que se describe a continuación:

CAUSAS (CLAVE)	DESCRIPCIÓN
CONDUCTOR	
1	Imprudencia o Intención
2	Velocidad excesiva
3	Invadió carril contrario
4	Rebasó indebidamente
5	No respetó señal de alto
6	No respetó semáforo
7	No cedió el paso
8	No guardó distancia
9	Viró indebidamente
10	Mal estacionado
11	Estado de ebriedad
12	Bajo efecto de drogas
13	Dormitando
14	Deslumbramiento
VEHÍCULO	
15	Llantas
16	Frenos
17	Dirección
18	Suspensión
19	Luces
20	Ejes
21	Transmisión
22	Motor
23	S/cupo o s/cargado
24	Exceso de dimensión
CAMINO	
25	Irrupción de ganado
26	Desperfectos del camino
27	Falta de señales
28	Objetos en el camino
29	Pavimento mojado
30	Pavimento resbaloso
31	Otras al camino
32	Lluvia
33	Nieve o granizo
34	Niebla o humo
35	Tolvanera
36	Vientos fuertes
37	Otras en general

Además, en esta variable se registra la clave “AA” cuando la causa asociada con este participante es la misma del participante inmediato anterior del mismo accidente.

- Las variables ID_RUTA, ID_CARR, ID_TRAMO e ID_SEG almacenan los identificadores de la ruta, carretera, tramo y segmento, respectivamente, en que ocurrió el accidente.

2.2.2.2 Geocodificación

"Geocodificación" es el proceso mediante el cual se añaden puntos de determinada ubicación en un mapa, de acuerdo con un cierto sistema de direcciones (o domicilios) contenido en dicho mapa. Por lo tanto, para poder realizar este proceso, se requiere de la dirección específica de los puntos a geocodificar así como del mapa con el sistema de direcciones.

En este trabajo es de relevancia geocodificar tanto el archivo de accidentes como el de participantes, descritos anteriormente. En ambos casos, cada punto a geocodificar es cada uno de los registros contenidos en los respectivos archivos o bases de datos.

Antes de realizar la geocodificación de un archivo de puntos, es necesario contar con el mapa del sistema de direcciones. En el esquema operativo de ArcView, este mapa debe estar contenido en un Tema de Referencia denominado como "de Índices de Geocodificación" (de aquí en adelante referido sólo como TRÍG). Para ninguna de las dos bases de datos anteriores se cuenta con el TRÍG sobre el cual realizar la geocodificación. En esta circunstancia, ArcView permite generar dicho tema, ya sea que éste haga posible la ubicación exacta de los puntos o sólo aproximada. Lo primero es posible si la generación del TRÍG se realiza sobre una segmentación (dinámica) preparada con ArcInfo. En este caso, la colocación precisa de los puntos se realiza con base en su distancia (o cadenamiento) a lo largo de las rutas o carreteras. Lo segundo es la única alternativa si la segmentación fue preparada con ArcView, como es la situación en este trabajo. En este último caso, ArcView basa la generación del TRÍG en la ubicación de cada uno de los segmentos en la segmentación utilizada. Por lo tanto, en la Tabla de Atributos del tema de esta segmentación debe existir un identificador único para cada segmento. Asimismo, en el archivo de puntos a geocodificar, cada punto debe tener el identificador único del segmento en el que se localiza.

Al realizarse la geocodificación de un archivo de puntos con base en el TRÍG generado de la manera antes descrita, ArcView coloca cada punto en

el centro del segmento en el que se localiza. Por esta razón y con el fin de obtener la geocodificación más exacta permitida por las segmentaciones preparadas, se seleccionó la segmentación a nivel de segmentos de 500 metros (la más fina elaborada) para generar el TRÍG correspondiente y posteriormente geocodificar ambas bases de datos (ACCIDENTES y PARTICIPANTES).

Como salida de la geocodificación de un archivo de puntos se genera un nuevo tema, el cual, al ser activado, muestra la representación geográfica de los puntos. La Tabla de Atributos de este tema es el mismo archivo de puntos geocodificado, adicionado con una serie de campos que califican qué tan bien ubicó ArcView cada uno de los puntos en el TRÍG (Av_add, Av_status, Av_score, etc.). El tema generado es un archivo que sigue el formato de datos espaciales de ArcView ("shapefile"). Por esta razón, en el caso de la geocodificación de las bases de datos ACCIDENTES y PARTICIPANTES, los temas resultantes obtenidos, a pesar de haber sido generados sobre la vista de segmentos de 500 metros, pueden ser copiados y representados en las vistas de las segmentaciones correspondientes a los otros tres niveles (por rutas, por carreteras y por tramos) con resultados y potencialidades similares.

La Figura 2.6 ilustra el tipo de representación que se genera al activar en la vista de la segmentación por tramos, el tema que se produce al realizarse la geocodificación del archivo ACCIDENTES. ArcView dio automáticamente a este tema el nombre GEOACCIDENTES. Una vista similar fue obtenida para la geocodificación del archivo PARTICIPANTES. Correspondientemente, ArcView dio el nombre GEOPARTICIPANTES al tema generado en este caso.

Las ventajas obtenidas de la geocodificación de los dos archivos anteriores residen en que con ella, los datos contenidos en ambos son ingresados al sistema, pudiendo ser analizados, consultados o representados geográficamente, como aquéllos contenidos en cualquier otro tema de cualquier vista del proyecto. Algunos de los resultados obtenidos a partir de este proceso, se describirán con detalle en el capítulo siguiente.

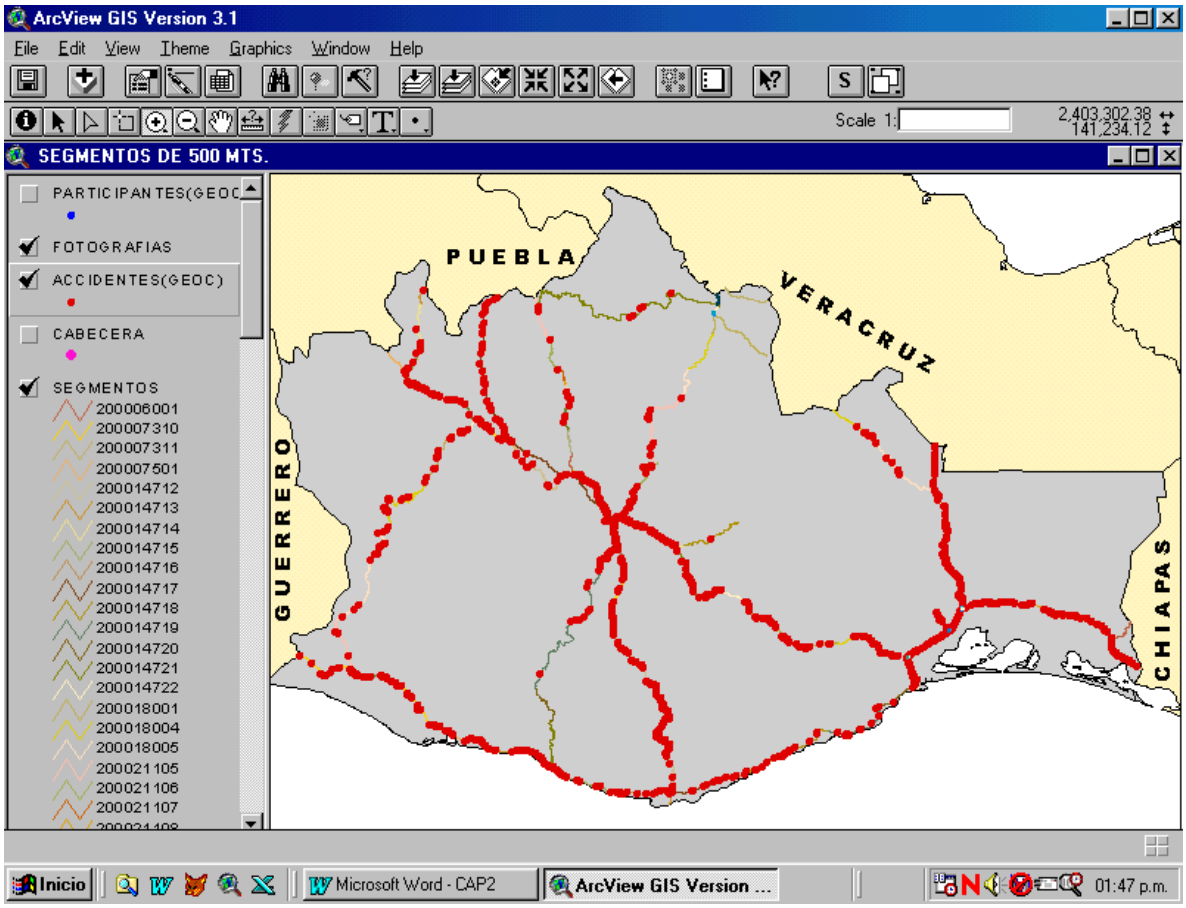

Figura 2.6
Geocodificacción del Archivo de Accidentes

2.2.3 Centros de Atención de Emergencia a Lesionados

Se generó un tema de puntos con la ubicación de 28 centros existentes de atención de emergencia a lesionados en accidentes ocurridos en las Carreteras Federales del Estado de Oaxaca, utilizando herramientas de ArcView para la creación, entre otros datos espaciales, de temas de puntos ("New Theme" del menú "View"). Dado que todos los centros se encuentran en cabeceras municipales, se utilizó como referencia la ubicación de éstas, contenida en el tema "cabecera.shp" ya descrito, para ingresar al sistema la ubicación geográfica de los centros. Al nuevo tema de centros de atención de emergencia a lesionados se le dio el nombre CENTROS DE EMERGENCIA. La información sobre estos centros fue obtenida a partir de la Unidad de Protección Civil del Gobierno del Estado [Ref. 2.5]. El tema anterior puede ser importado a cualquiera de las vistas o segmentaciones generadas, para la realización de análisis y consultas. En el capítulo siguiente se describen algunas aplicaciones de este tema en el análisis de ciertos aspectos de interés (p. ej. oportunidad de la atención médica, etc.).

2.2.4 Fotografías

El sistema también fue alimentado con una serie de 16 fotografías de la Red Carretera Federal en el Estado, las cuales fueron ingresadas (como "Hot Links") dentro de la vista correspondiente a la segmentación a nivel de segmentos de 500 m. Las 16 fotografías fueron ingresadas en segmentos diferentes. En la Figura 2.7 se ilustra una de estas fotografías. Todas ellas pueden ser accesadas en la vista antes mencionada, mediante la herramienta "Hot Links" de ArcView, señalando con el puntero del "mouse" el segmento en el que se encuentra almacenada la dirección del archivo que contiene la fotografía. Dentro del esquema global del sistema (o de un proyecto dado), estas fotografías pueden ser de utilidad como recordatorio en gabinete de las condiciones físicas y operativas imperantes en el segmento (sobre todo si éste observa saldos elevados de accidentes).

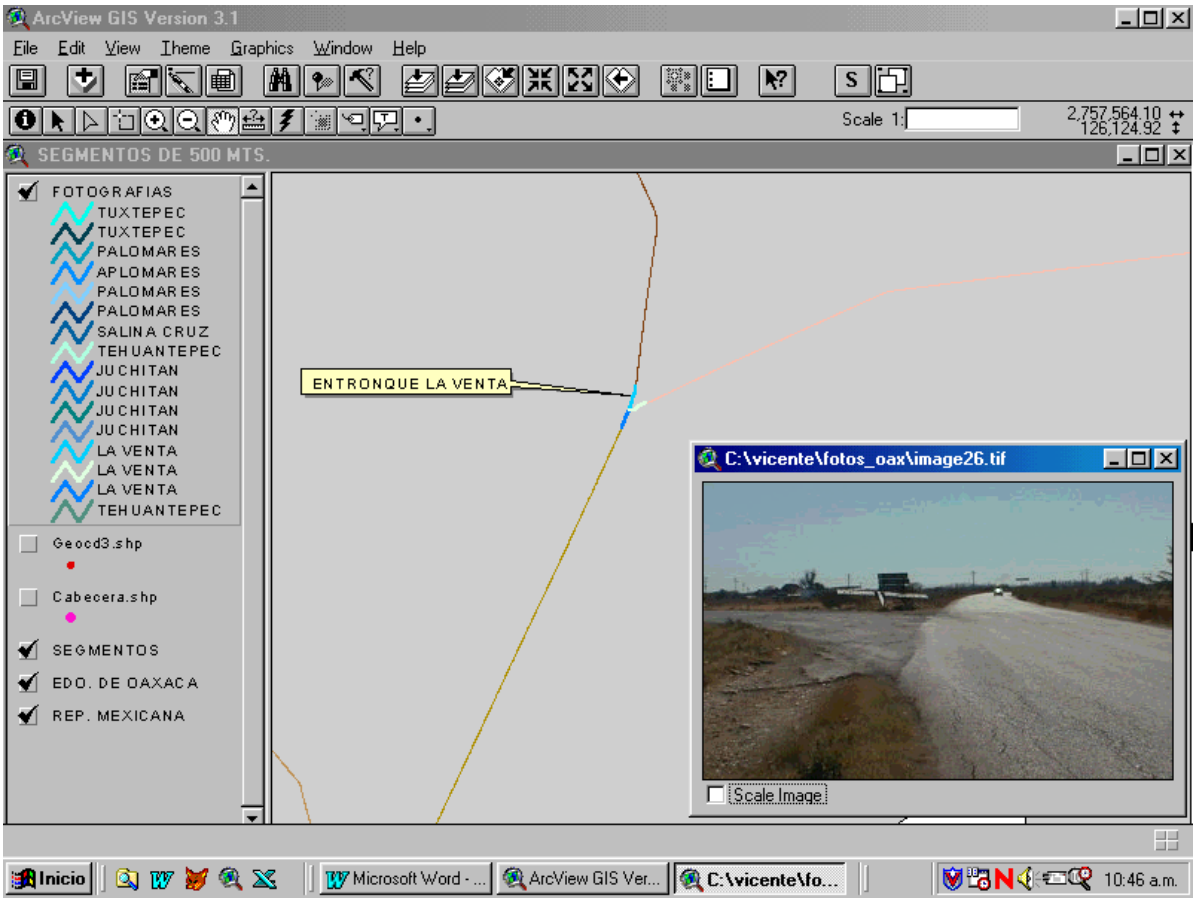

Figura 2.7
Entronque la Venta

REFERENCIAS

[2.1] ArcView GIS 3.2 Copyright 1996, Enviromental System Research Institute, Inc., 380 New York Street, Redlands CA 92373 USA.

[2.2] Sistema de Información GeoEstadística para el Transporte (SIGET), Instituto Mexicano del Transporte. Querétaro, México 1997.

[2.3] Arc Info GIS, Enviromental System Research Institute, Inc.

[2.4] Datos Viales 1998, Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Dirección General de Servicios Técnicos (DGST), Subsecretaría de Infraestructura.

[2.5] Ubicación de los centros de atención médica a lesionados – Departamento de Planeación y Logística de la Unidad de Protección Civil del Estado de Oaxaca.

3 Generación de Algunos Resultados

Este capítulo muestra, consecutivamente, algunas de las representaciones y resultados que pueden generarse a partir del sistema desarrollado en el capítulo anterior. Primero se presentan algunas alternativas de diseño de vistas o representaciones, con base en la información de aforos y composición vehicular. Después se muestran algunos resultados (valores, vistas, etc.) obtenidos a partir de herramientas específicas de ArcView para realizar consultas y resolver problemas [Ref. 3.1], utilizando en este caso la información de accidentes fundamentalmente. Las alternativas de ambos tipos que el sistema permite generar no se limitan de ninguna manera a las que se presentan, sino que sólo se muestran algunas de las que se consideran de mayor relevancia según la información que se maneja en este trabajo. Finalmente se comentan algunas capacidades adicionales del sistema.

3.1 Algunas Alternativas de Representación de la Información de Aforos y Composición Vehicular

3.1.1 A Nivel de Tramos

Como ya se indicó en el Capítulo 2, a la vista correspondiente a la segmentación por tramos de la Red de Carreteras Federales del Estado de Oaxaca, se le vinculó la información de aforos y clasificación vehicular de la DGST de la SCT, procediéndose a la elaboración del mapa (o vista) mostrado en la Figura 3.1 mediante el editor de títulos de ArcView (“Legend Editor”). En ésta, los aforos (TDPA) circulantes por los diferentes tramos son representados mediante líneas de cualquiera de 5 anchos distintos dependientes de la magnitud del TDPA. Cada uno de los 5 anchos considerados corresponde a cada uno de los 5 rangos de TDPA indicados en la Tabla de Contenidos, a la izquierda del mapa. Dichos rangos fueron definidos de manera automática por ArcView con base en los valores mínimo y máximo de TDPA registrados en los tramos (187 y 13,921 respectivamente) y las 4 posiciones de la lista ordenada de tramos por jerarquía creciente de TDPA en las que se presentaron los saltos o cambios más fuertes de TDPA (“Natural Breaks”). En la vista también se identifican 3 tramos de acuerdo con sus indicadores (202005615, de la carretera Huajuapan de León-Oaxaca; 202000903, de la carretera TC (Oaxaca-Puerto Angel)-Pto. Escondido; y 200014717, de la carretera Coatzacoalcos-Salina Cruz), correspondientes a los niveles alto, medio y bajo de TDPA respectivamente según el rango de valores registrados para este parámetro dentro del conjunto de todos los tramos. Para estos tramos, sobre la misma

vista, se indican tabularmente sus valores de TDPA y porcentajes de composición vehicular (A, B y C) así como una gráfica de columnas que compara estos porcentajes entre los tres tramos. A partir de esta última información es evidente que no existen grandes variaciones en los porcentajes de composición vehicular para los diferentes niveles de TDPA de los 3 tramos considerados.

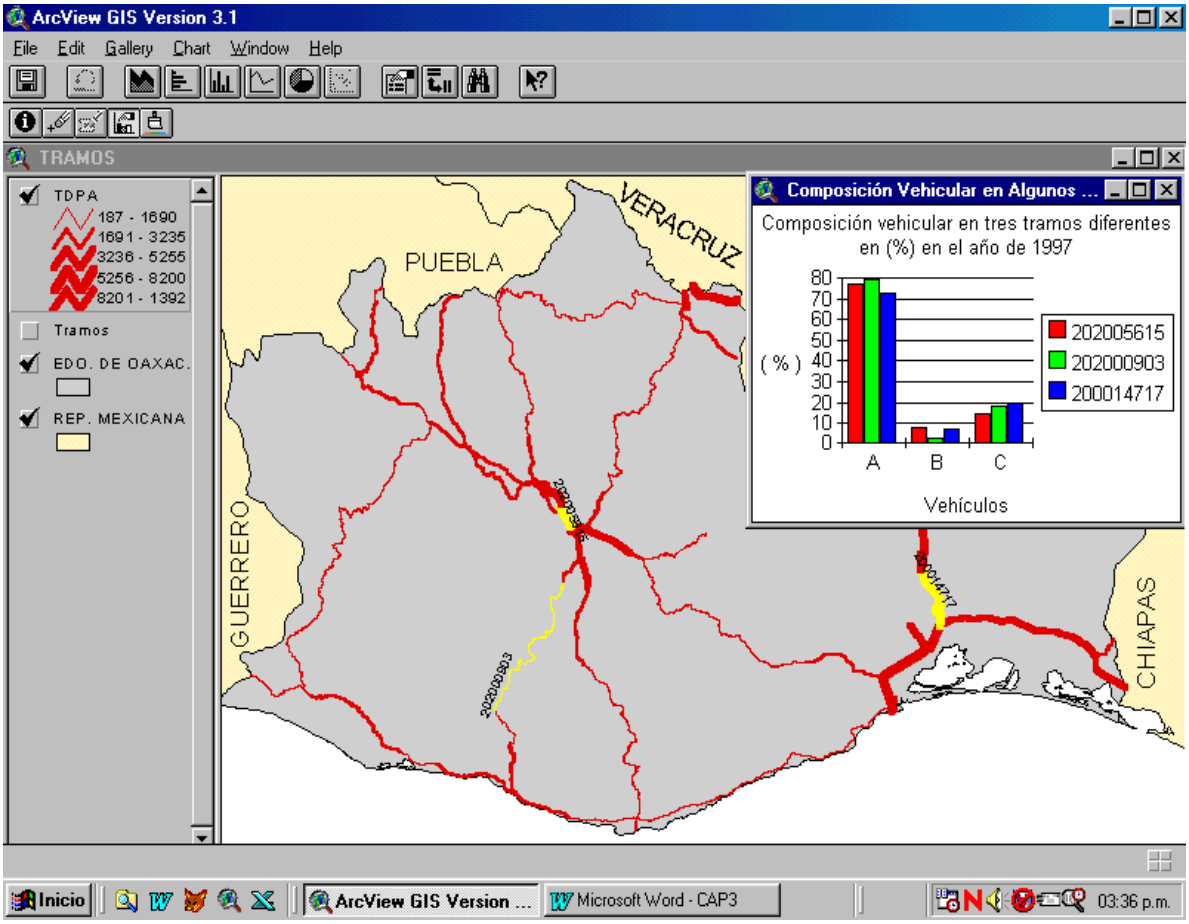

Figura 3.1
TDPA y Porcentaje de Composición Vehicular en Tres Diferentes Tramos que Pertenece a la Red Federal del Estado de Oaxaca

3.1.2 A Nivel de Carreteras

La Figura 3.2 muestra el resultado de la vinculación de la información de aforos y clasificación vehicular, pero ahora a la vista correspondiente a la segmentación por carreteras. Con el fin de ilustrar las alternativas de representación geográfica de un cierto tipo de información que permite ArcView, en este caso los aforos promedio (TDPA) en las distintas carreteras son representados mediante líneas de color (de un mismo ancho) de cualquiera de 5 diferentes tonalidades dependientes de la magnitud del TDPA. Cada una de estas 5 tonalidades corresponde a cada uno de los 5 rangos de TDPA indicados en la Tabla de Contenidos del mapa elaborado. En este caso, los 5 rangos fueron definidos automáticamente por ArcView de acuerdo con los mismos principios antes indicados para el caso de los tramos. Con el fin de presentar información más específica sobre los valores de los aforos promedio en las distintas carreteras, éstos se proporcionan para las carreteras para las que tales valores no se empalmaron en la vista. Sobre el mapa se muestran también los datos específicos de aforo y composición vehicular para una carretera seleccionada (Huajuapan de León-Oaxaca, con identificador 2020056).

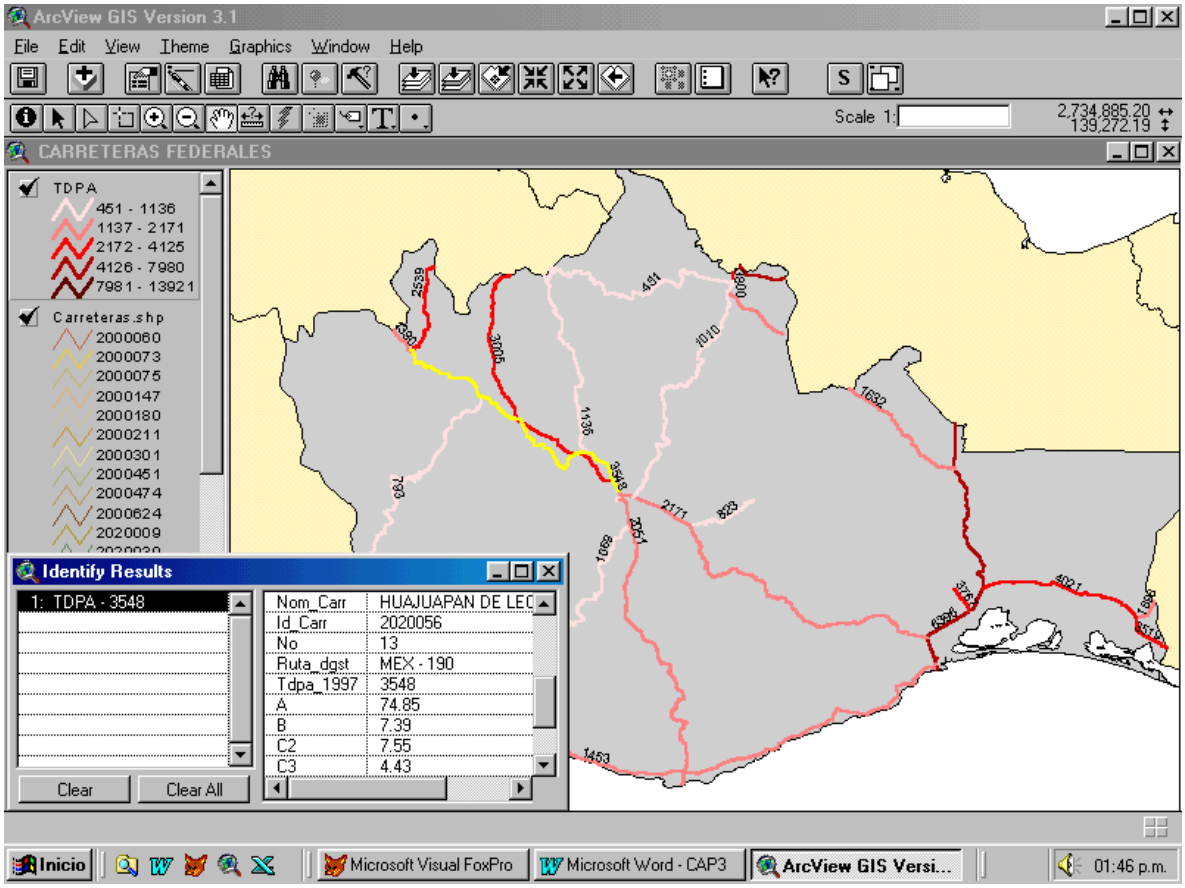

Figura 3.2
Información de Aforo (TDPA) y Clasificación Vehicular, Correspondiente a la Segmentación por Carreteras

3.1.3 A Nivel de Rutas

La Figura 3.3 presenta información similar a los dos casos anteriores, pero ahora para la vinculación de la información de aforos y clasificación vehicular a la vista correspondiente a la segmentación por rutas. En la vista o mapa elaborado en este caso, los aforos promedio (TDPA) y los porcentajes de automóviles (A1), autobuses (B1) y camiones (C1) en las diferentes rutas son representados mediante gráficas de “pastel”. En éstas, el tamaño (área) del “pastel” es proporcional a la magnitud del TDPA y el ángulo de las “rebanadas” a la magnitud del flujo de los 3 tipos de vehículos considerados. De manera similar a lo señalado para algunos tramos anteriormente, los ángulos de las rebanadas indicaron que la composición vehicular no tiene variaciones significativas entre las distintas rutas. También en este caso se proporciona información más específica sobre los aforos promedio en las rutas para las que tales valores no se empalmaron en la vista. El cuadro inferior izquierdo del mapa muestra los datos específicos de la fracción de la Ruta MEX-175 (Buena vista - Puerto Angel) dentro del Estado.

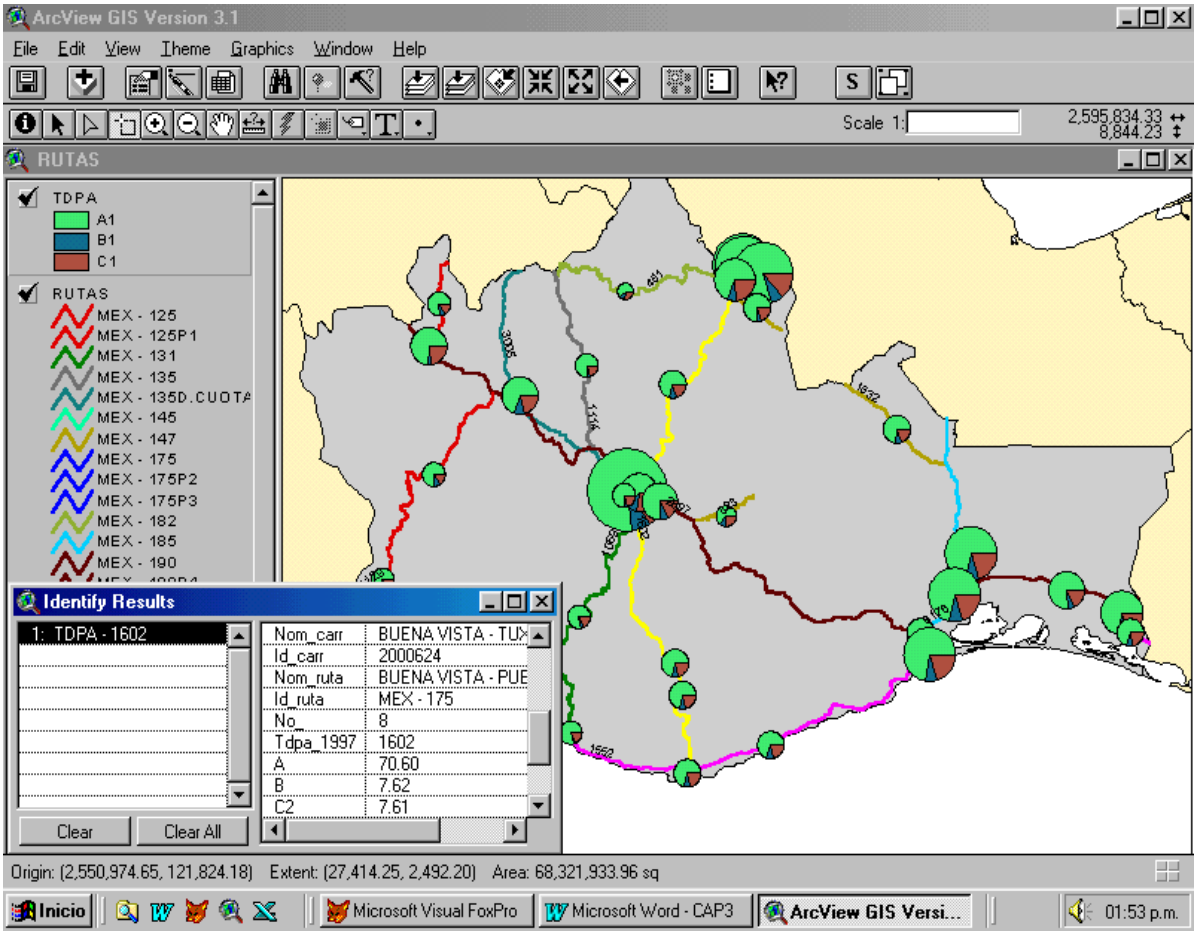

Figura 3.3
Información de Aforos (TDPA) y Clasificación Vehicular Correspondiente a la Segmentación por Rutas

La información de aforos y clasificación vehicular también fue vinculada a la vista correspondiente a la segmentación por elementos de 500 m. Dado que esta vinculación se basó en la información de aforos y clasificación vehicular a nivel de tramos (a todos los segmentos de 500 m de un tramo se les puso la misma información del tramo), la vista generada para representar esta información resultó igual a la antes obtenida para los tramos. Por esta razón no se presenta esta vista o mapa, aunque esta vinculación será utilizada más adelante.

3.2 Algunas Alternativas de Consulta

3.2.1 Vehículos-Kilómetro Recorridos

Este primer valor de interés fue obtenido de realizar un conjunto de operaciones aritméticas sobre todos los segmentos de 500 m de este tipo de segmentación. Dichas operaciones consistieron en la multiplicación del TDPA por la longitud de ArcView de cada segmento y el almacenamiento de los valores así obtenidos en un nuevo campo de la Tabla de Atributos de esta segmentación (denominado V_kmarcv), siendo estos últimos posteriormente sumados para obtener el resultado deseado. Estas operaciones se realizaron utilizando las herramientas de creación y definición de campos nuevos (“Add Field” del menú “Edit”) y suma de valores en un campo (“Statistics” del menú “Field”) de la Tabla de Atributos de temas del sistema.

Se obtuvo que por las Carreteras Federales del Estado de Oaxaca se generan un promedio de 6,071,512 vehículos-kilómetro por día, es decir, del orden de 3% del total nacional reportado en el Capítulo 1.

3.2.2 Sitios de Mayor Ocurrencia de Accidentes

La identificación de estos sitios puede realizarse con base en las 4 segmentaciones de la Red preparadas (por rutas, por carreteras, por tramos y por segmentos de 500 m). Debido a que este tipo de identificaciones son más útiles entre más puntualmente sean realizadas (por hacer así mejor referencia a ubicaciones y problemas más específicos), enseguida se presentan algunas alternativas para ellas, considerando sólo las segmentaciones por tramos y por segmentos de 500 m. Cabe señalar, sin embargo, que el sistema de consultas de ArcView permite realizar análisis

similares para los otros dos niveles de segmentación, aunque en estos casos tendrían menos sentido de efectuarse, no sólo por lo antes mencionado, sino porque muchas de las rutas y carreteras que atraviesan el Estado, en una gran parte de su longitud, quedan fuera del mismo. En estas circunstancias, los saldos e índices que se generasen para ellas, no necesariamente reflejarían la situación dentro del Estado.

3.2.2.1 A Nivel de Segmentos de 500 Metros

Fue posible contabilizar el número de accidentes en cada segmento de 500 metros a partir de la Tabla de Atributos del tema GEOACCIDENTES, así como los respectivos saldos de participantes (vehículos y peatones), muertos, heridos y daños materiales (en dólares) a partir de la Tabla de Atributos del tema GEOPARTICIPANTES, utilizando las herramientas de ArcView para obtener estadísticas resumen de los valores de un campo de la Tabla de Atributos de un tema ("Summarize" del menú "Field") con base en los distintos valores de otro campo tomado como referencia (en este caso, este último es el campo de identificadores únicos de los segmentos). Como resultado de estos procesos se obtuvieron dos tablas (una con el número de accidentes en cada segmento y la otra con los saldos correspondientes) que fueron consecutivamente vinculadas a la segmentación por segmentos de 500 metros, mediante la herramienta "Join".

A partir de los saldos de muertos, heridos y daños materiales, se calculó posteriormente el costo de los accidentes en cada segmento, utilizando costos promedio de 100,000 dólares por cada muerto y 3,000 por cada herido [Ref. 3.2]. Lo anterior fue efectuado, añadiendo un campo a la Tabla de Atributos del tema de la segmentación a nivel de 500 m para almacenar dicho costo, mediante la herramienta "Add Field" (del menú "Edit") y posteriormente realizando la operación de cálculo correspondiente mediante la herramienta "Field Calculator" (del menú "Field").

Con la información anterior, es posible clasificar los segmentos de acuerdo con una gran variedad de criterios para calificar su peligrosidad. Las posibilidades en este sentido incluyen el número de accidentes registrado en cada segmento, el costo de los mismos así como sus correspondientes índices por vehículo-kilómetro. De todas estas posibilidades, para este tipo de segmentación se eligió generar las vistas correspondientes a la clasificación de los segmentos según los dos primeros criterios antes

indicados (número y costo de los accidentes). Estas dos vistas normalizan la peligrosidad de los segmentos según la longitud, ya que ésta es la misma para casi todos los segmentos (500 m).

La Figura 3.4 ilustra la vista correspondiente a la clasificación de los segmentos según la frecuencia o número de accidentes ocurridos en ellos en 1997. Dicha clasificación fue realizada por ArcView de acuerdo con los 5 rangos de frecuencia indicados en la vista, definiendo éstos automáticamente de acuerdo con el método “Natural Breaks” ya mencionado. En la vista pueden identificarse con el color rojo más obscuro, los segmentos que resultaron con mayor frecuencia de accidentes (25 ó más). Como la información espacial de esta vista fue obtenida con GPS, estos mismos sistemas pueden utilizarse para identificar esos segmentos en campo con toda precisión. Asimismo, se distingue que casi todos los segmentos del tramo Mitla-Zacatepec Mixes (205056001) de la Ruta MEX-197, caen dentro de los rangos de mayor peligrosidad de acuerdo con este criterio.

La Figura 3.5 ilustra la vista generada para la clasificación de los segmentos según el criterio del costo de los accidentes ocurridos en ellos. Se observa un comportamiento similar al del análisis según frecuencia de los accidentes. Resalta aún más, según este criterio, la peligrosidad de los segmentos del tramo Mitla-Zacatepec Mixes.

Las vinculaciones de los archivos de saldos efectuadas sobre esta segmentación permitieron determinar que en 1997, en las Carreteras Federales del Estado de Oaxaca, ocurrieron 1,672 accidentes, generando saldos de 2,515 participantes involucrados, 136 muertos, 1,079 lesionados, 3.25 millones de dólares de daños materiales y 20 millones de costo total. Las cifras anteriores representan participaciones de 2.87, 2.82, 2.76, 3.31, 3.18 y 2.88% respectivamente, en relación con los correspondientes valores nacionales reportados en el Capítulo 1.

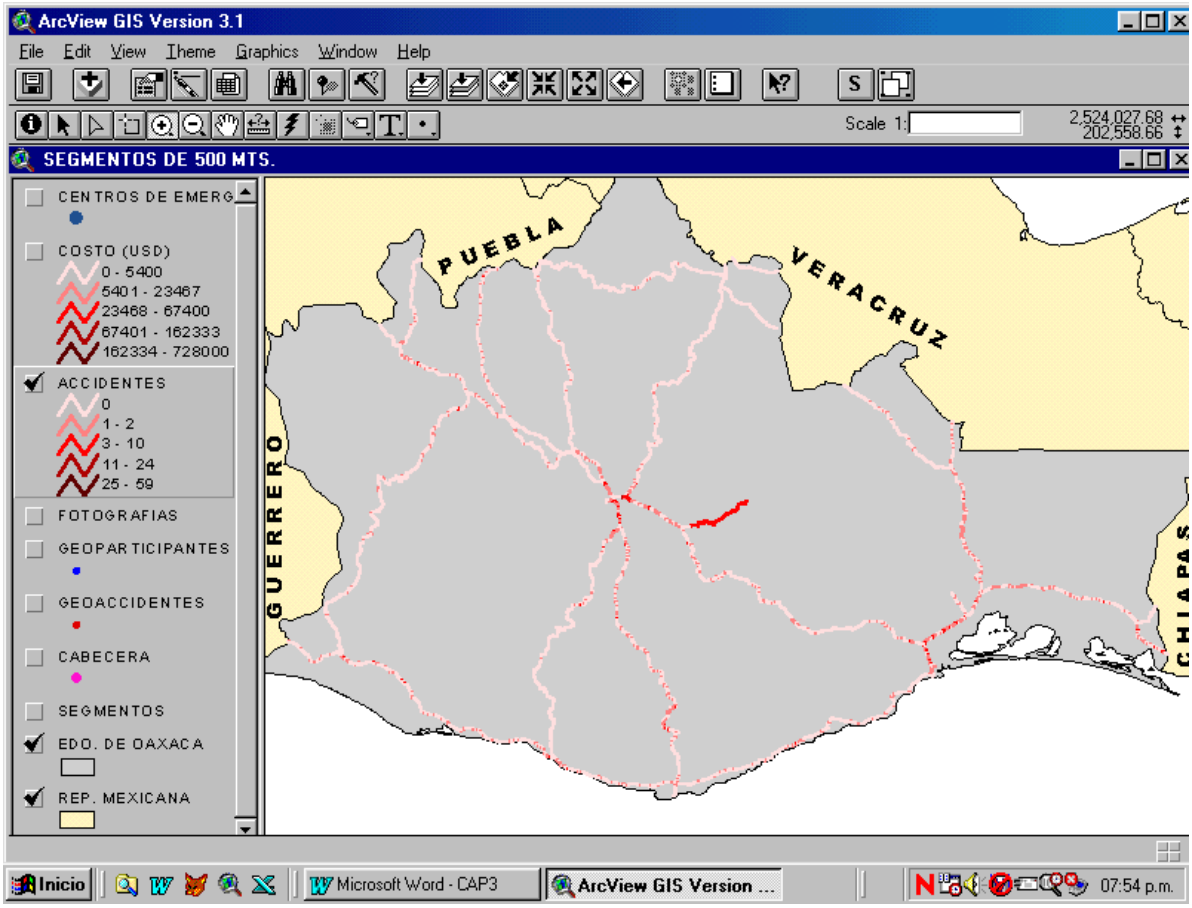

Figura 3.4
La Vista Correspondiente a la Clasificación de los Segmentos Según la Frecuencia o Número de Accidentes Ocurridos en Ellos en 1997

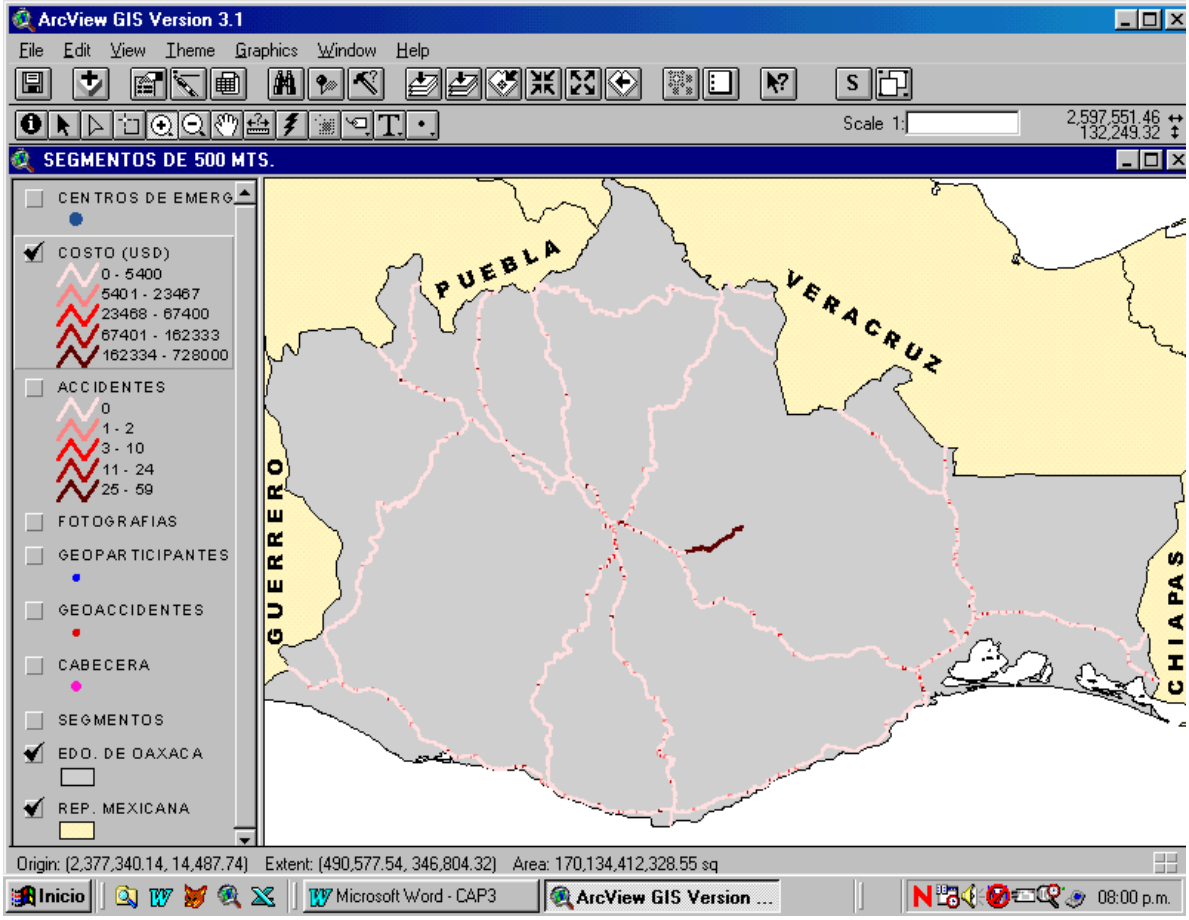

Figura 3.5
Vista Generada para la Clasificación de los Segmentos Según el Criterio del Costo de los Accidentes Ocurridos en Ellos en 1997

3.2.2.2 A Nivel de Tramos

Con base en los saldos de accidentes, participantes, muertos, heridos, daños materiales y costos, contenidos en la segmentación por segmentos de 500 metros, fue posible generar una tabla que contabilizara esos mismos conceptos pero ahora a nivel de tramos. Lo anterior fue realizado utilizando la herramienta "Summarize", tomando como referencia el campo de identificadores únicos de los tramos en que se encuentran los segmentos. Esta tabla fue posteriormente vinculada a la segmentación por tramos mediante la herramienta "Join", tomando como referencia ahora el identificador de cada tramo.

La información anterior vinculada, permitió generar los índices por vehículo-kilómetro correspondientes. Para esta segmentación se prefirió la obtención de este tipo de índices en vez de valores no normalizados, con el fin de tasar la ocurrencia de accidentes y sus consecuencias en términos de la longitud y el nivel de tránsito de cada tramo, ya que estos parámetros son muy variables entre tramos. Las cifras de vehículos-kilómetro para cada tramo fueron generadas de la misma manera como ya se indicó para el caso de los segmentos, utilizando las herramientas de creación y definición de campos nuevos ("Add Field") y suma de valores en un campo ("Statistics") de la Tabla de Atributos de temas.

Una vez calculados los índices anteriores más relevantes, se procedió a elaborar las vistas correspondientes mediante el editor de títulos de ArcView ("Legend Editor"). Dos de dichas vistas se ilustran en las Figuras 3.6 y 3.7. La primera de ellas clasifica los tramos de acuerdo con 5 diferentes rangos del índice de accidentes ($x10^6$) por vehículo-kilómetro, permitiendo la identificación de los más peligrosos según este criterio (con dicho índice igual o mayor a 23.2) con color rojo obscuro. La segunda vista, por su parte, clasifica los tramos según 5 rangos de costo de los accidentes por vehículo-kilómetro, haciendo posible la identificación de los más críticos según este criterio (con este índice igual o mayor a 0.185), también con color rojo obscuro. Como es evidente, la identificación de los tramos más peligrosos resulta un poco más conspicua en la segunda de las 2 vistas anteriores.

Los saldos vinculados en esta segmentación permitieron obtener que en las Carreteras Federales del Estado de Oaxaca se tienen índices de 0.75 accidentes y 0.009 dólares por vehículo-kilómetro. Estas cifras son muy similares a las globales nacionales reportadas en el Capítulo 1 (0.71 y 0.0085, respectivamente).

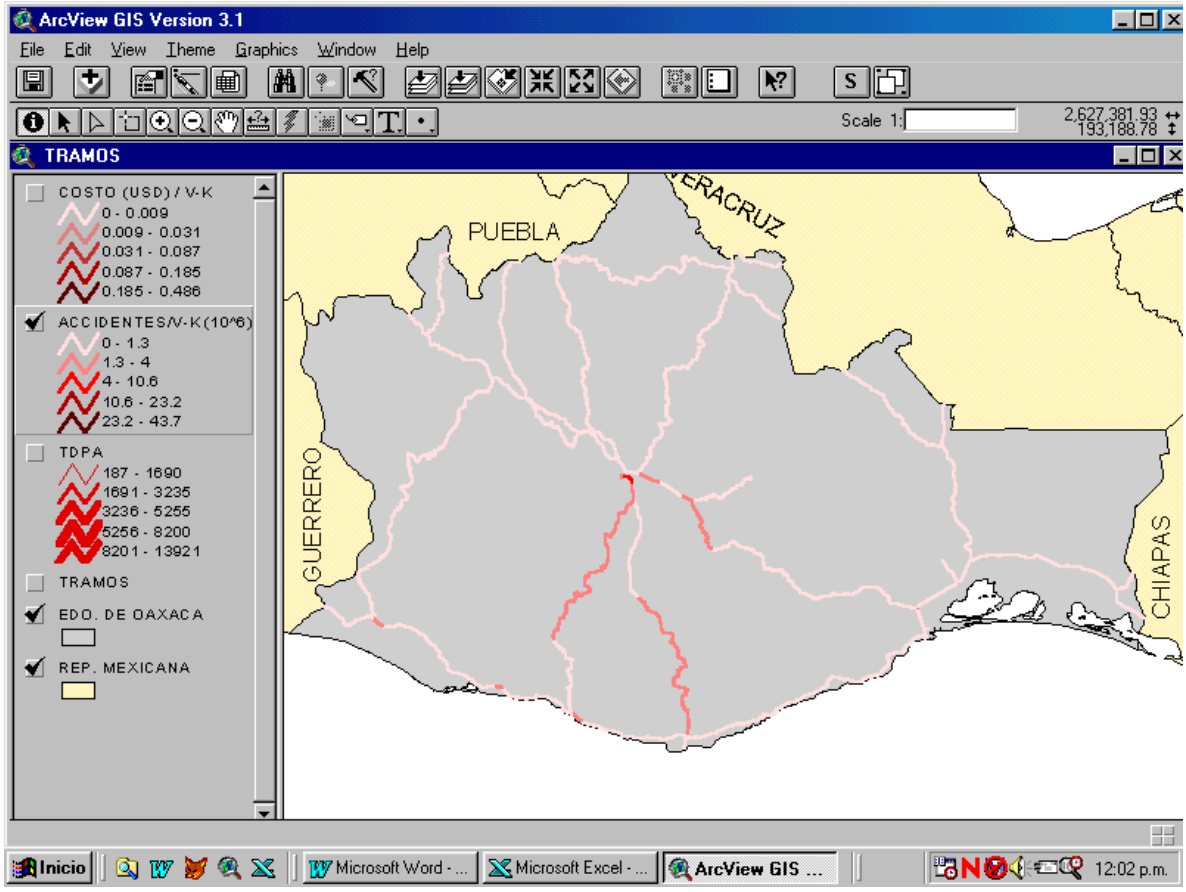

Figura 3.6
Clasificación de los Tramos de Acuerdo con 5 Diferentes Rangos del Índice de Accidentes (x 10^6) por Vehículo-Kilómetro

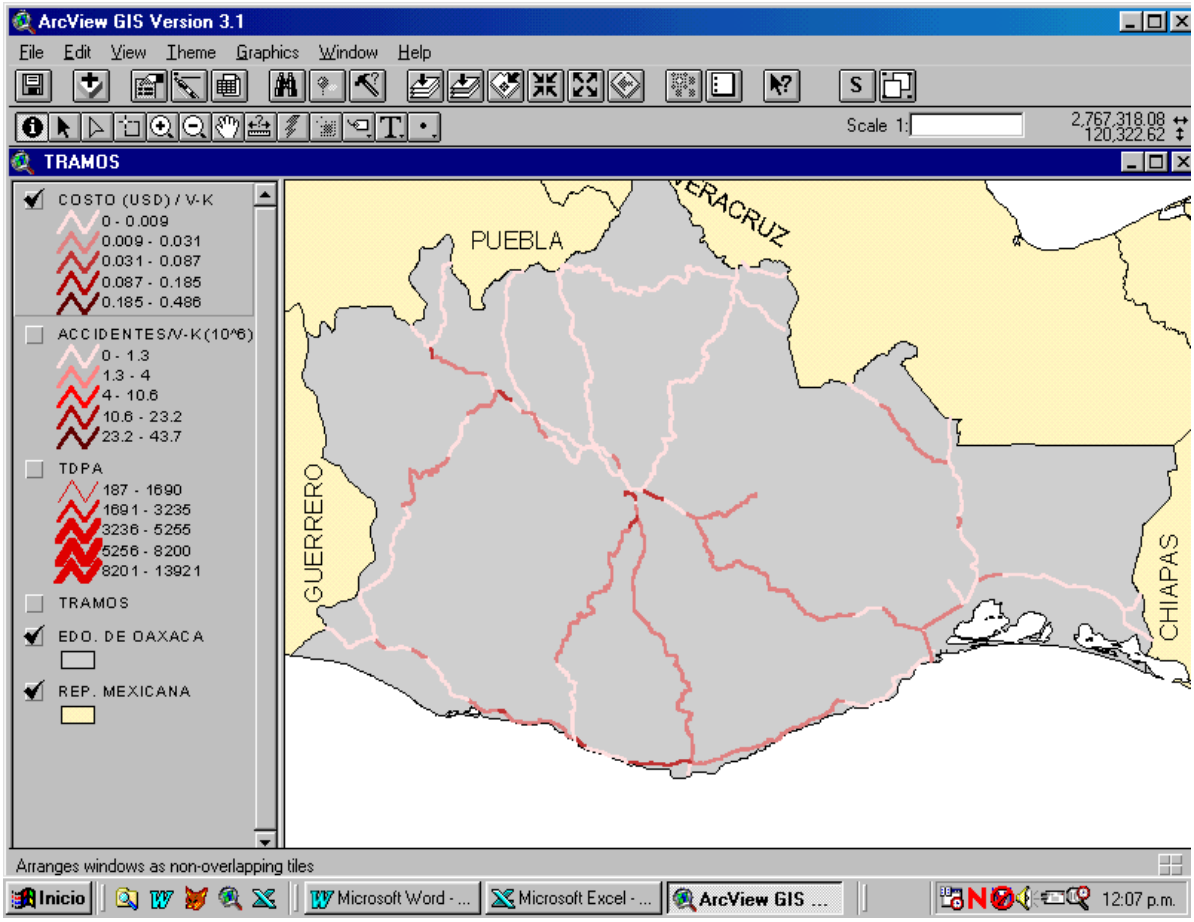

Figura 3.7
Clasificación de los Tramos Según 5 Rangos, de Costo de los Accidentes por Vehículo-Kilómetro

3.2.3 Atención Médica a Lesionados

Otra de las consultas de interés que pueden realizarse se refiere a la determinación de indicadores relativos a las distancias entre los sitios de ocurrencia de los accidentes y los centros de atención médica de emergencia (ingresados estos últimos en una vista del sistema según se indicó en el capítulo anterior) o a los tiempos de arribo de la atención médica a dichos sitios. Al respecto, pueden generase varios tipos de indicadores. El más común de ellos se refiere al percentil 95 de los tiempos que tarda la atención médica en llegar a los sitios de los accidentes. Según estándares internacionales [Ref. 3.3], el valor anterior no debe exceder de 30 minutos en áreas rurales y de 10 minutos en áreas urbanas (es decir, 95% de las llamadas de emergencia deben ser atendidas dentro de esos tiempos). Para las áreas rurales, que es el caso que compete a este estudio, si se asume una velocidad efectiva (incluyendo retrasos) de 50 km/h en las carreteras, se obtiene una distancia equivalente de 25 km para el percentil 95 de 30 minutos. Otros indicadores comunes son la distancia promedio de los sitios de los accidentes al centro de atención médica más cercano a cada uno de ellos (relacionada con los problemas de ubicación de medianas o de estaciones de servicios que no son de emergencia), y la distancia del accidente más alejado a cualquiera de los centros de atención médica (relacionada con los problemas “minimax”, o de ubicación de centros o de estaciones de servicios que son de emergencia).

En este trabajo sólo se hará referencia al primero de los 3 indicadores anteriores. De cualquier manera, el sistema permite calcular los tres. En los 3 casos es necesario, primero, que ArcView calcule y almacene en cada registro de los accidentes, en el tema GEOACCIDENTES, la distancia entre éstos y el centro de atención médica (en el tema CENTROS DE EMERGENCIA) más cercano a ellos. Lo anterior fue realizado a través de una vinculación espacial (“Spatial Join”) del segundo de los temas anteriores hacia el primero. Este proceso es una vinculación similar a la convencional ya referida (“Join”), sólo que en este caso la vinculación entre las Tablas de Atributos de los temas se realiza a través de los campos en ellos que contienen los rasgos espaciales (“shape fields”). Éstos representan puntos en el tema GEOACCIDENTES así como en el tema CENTROS DE EMERGENCIA.

Como el proceso anterior debe ser realizado en términos de distancias sobre la Red Carretera (en vez de distancias geográficas o en línea recta entre los rasgos de los dos temas), el mismo tuvo que ser efectuado a

través del Módulo de Redes de ArcView [Ref. 3.4]. Éste es una extensión de ArcView que permite realizar las operaciones convencionales de dicho programa, pero restringiéndolas a la topología y las propiedades de la Red.

Una vez que las distancias anteriores fueron obtenidas para todos los accidentes del tema GEOACCIDENTES, ellas fueron exportadas a un archivo del programa Excel [Ref. 3.5] mediante la herramienta “Export” (del menú “File”) de ArcView. Posteriormente se procedió a generar en dicho programa la distribución acumulada de frecuencias relativas de las distancias, mostrada en la Figura 3.8. En ésta es evidente que el percentil 95 de las distancias es del orden de 100 km, es decir, 4 veces mayor al valor de 25 km estimado para el estándar internacional en áreas rurales. En la Figura 3.8 es también evidente que a la distancia de 25 km corresponde el percentil 50 aproximadamente, lo cual implica que con el esquema de centros de atención médica actuales, sólo el 50% de los casos pueden ser alcanzados dentro de los 30 minutos establecidos por el estándar internacional. Para cumplir con éste, en números gruesos sería necesario contar con una estación a cada 50 km (o un radio de acción de 25 km para cada estación), es decir, alrededor de 59 estaciones para la Red de Carreteras Federales del Estado de Oaxaca de 2,929.2 km de longitud. De lo anterior se desprende que se requieren prácticamente el doble de los centros de atención actuales (28). Cabe señalar que el esquema actual no sólo adolece de esta insuficiencia de centros, sino que además varios de los 28 existentes se encuentran ubicados en los mismos sitios (principalmente la capital del Estado) llegando a cubrir apenas 11 ubicaciones diferentes. La vista en la Figura 3.9 clasifica con diferentes colores los accidentes del tema GEOACCIDENTES que según ArcView se encuentran más cercanos a cada uno de los centros. (Por claridad de presentación de los distintos resultados que van siendo obtenidos en el desarrollo de este trabajo, la vista en la Figura 3.9 en realidad fue generada a partir de una copia del tema GEOACCIDENTES, denominada CLASIFICACIÓN DE LOS ACCIDENTES SEGÚN SU CENTRO DE ATENCIÓN MÁS CERCANO).

Por lo antes dicho, puede decirse que en la Red Carretera Federal del Estado de Oaxaca no sólo se requiere duplicar prácticamente el número de centros existentes de atención médica a lesionados, sino que también sería necesario redistribuirlos para alcanzar una cobertura total de la Red con un centro a cada 50 km.

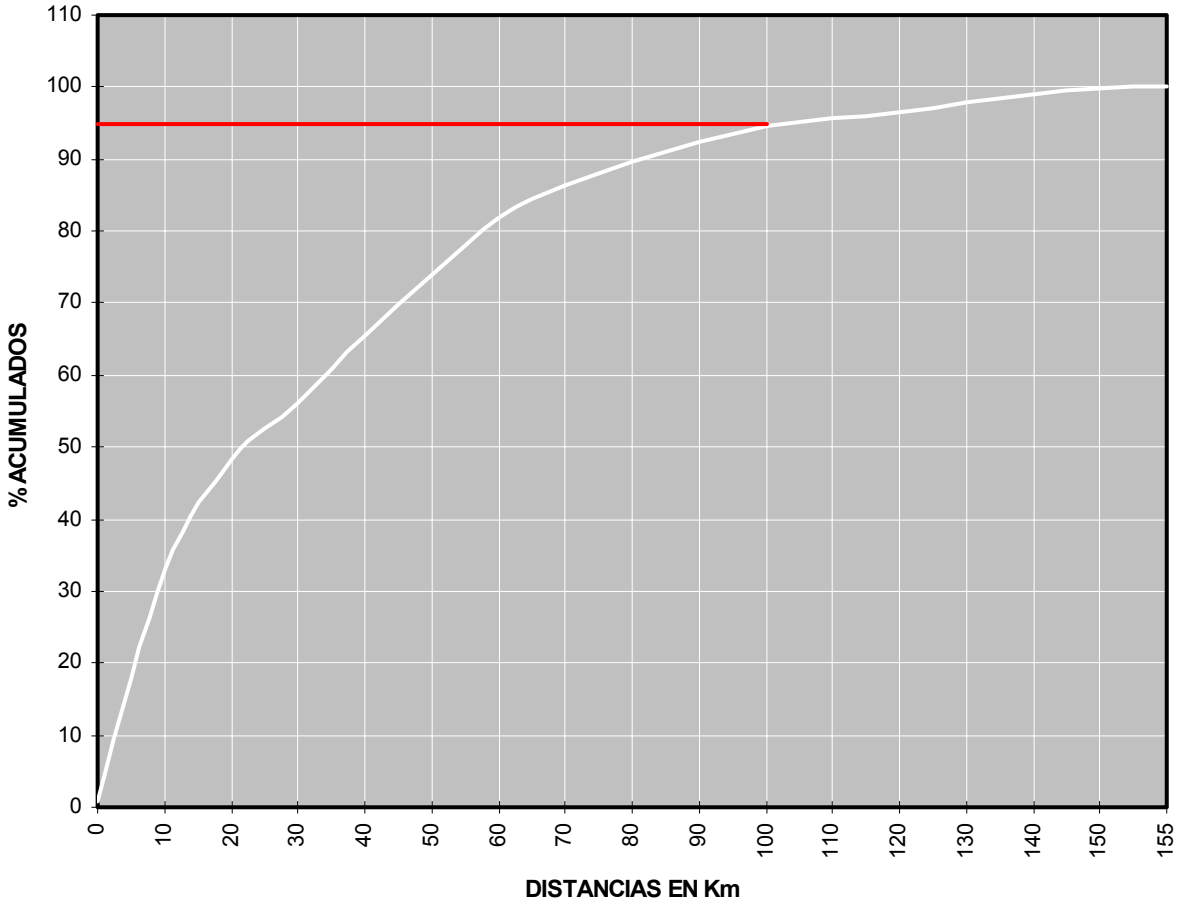

Figura 3.8
Distribución Acumulada de Frecuencias Relativas de las Distancias

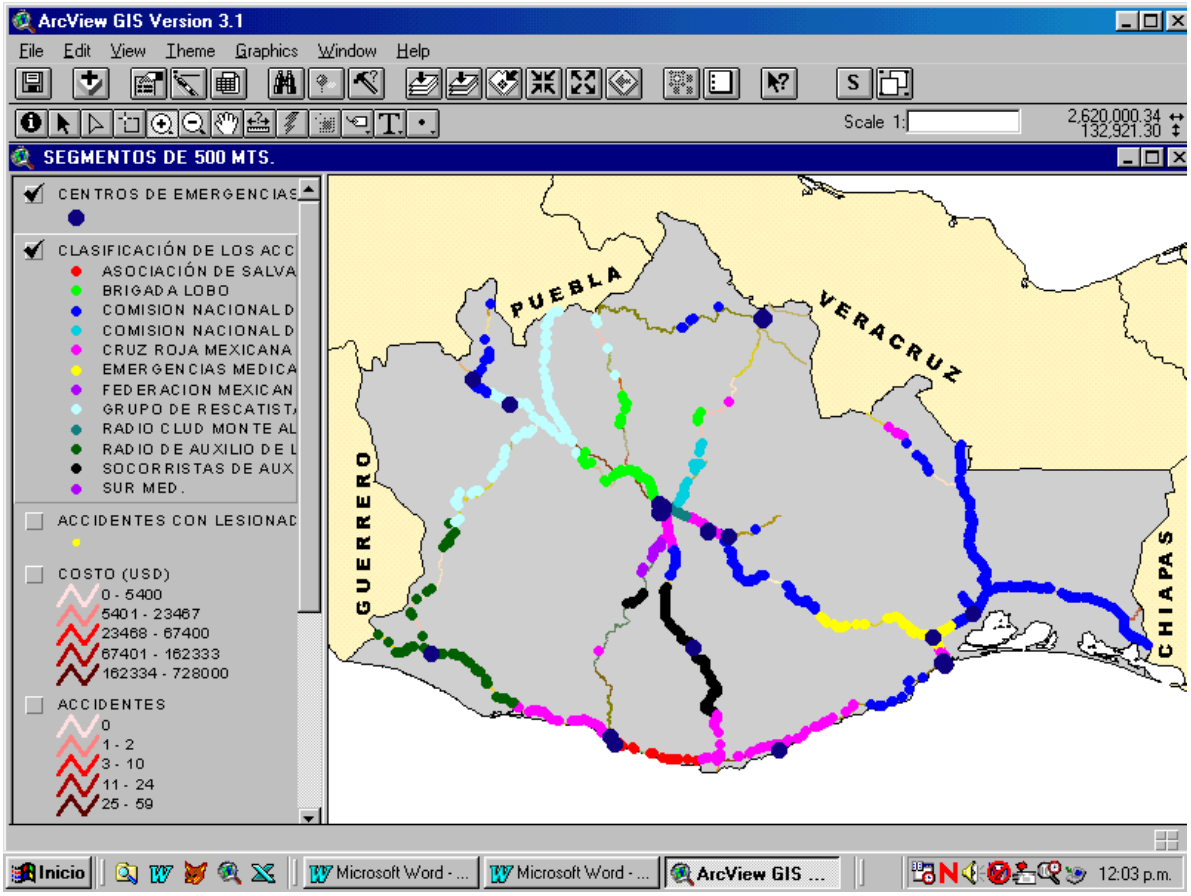

Figura 3.9
Clasificación de los Accidentes Según su Centro de Atención más Cercano

3.2.4 Otras Consultas

El sistema permite realizar diversos tipos de consultas, a través de diferentes herramientas con que cuenta para ello. Quizá la más importante y poderosa de éstas es la denominada “Query Builder” (del menú “Table”). Ésta pertenece al conjunto de operaciones que ArcView hace posible efectuar sobre la información en los temas. Dicha herramienta permite ir filtrando la información contenida en un tema, aplicando consecutivamente una serie de criterios. El resultado de este proceso puede dar lugar a la obtención de ciertos valores o a la generación de una nueva vista. Con el fin de mostrar la aplicación de esta herramienta conjuntamente con otras, el proceso descrito en la sección anterior fue repetido, pero ahora considerando sólo los accidentes con lesionados (muertos o heridos). En este caso, primero se utilizó “Query Builder” para seleccionar este tipo de accidentes en el tema GEOPARTICIPANTES. Para estos accidentes, posteriormente se realizó una tabla resumen (utilizando la herramienta “Summarize”) conteniendo la suma de los muertos y heridos para cada accidente, tomando como referencia el identificador del accidente en el tema antes mencionado (Exp_25, según la Tabla 2.6 en el Capítulo 2). A continuación esta tabla fue vinculada, utilizando la herramienta “Join”, a una copia del tema GEOACCIDENTES denominada “ACCIDENTES CON LESIONADOS”. De este último se eliminaron los accidentes sin lesionados (muertos o heridos), procediéndose finalmente a la repetición de los procesos y análisis descritos en la sección anterior, ahora a partir del tema “ACCIDENTES CON LESIONADOS” (en vez de GEOACCIDENTES). Como resultado de esto último, se generó una nueva distribución acumulada de frecuencias relativas de las distancias entre los sitios de ocurrencia de los accidentes con lesionados y los centros de atención médica de emergencia. La Figura 3.10 sobrepone esta nueva distribución, con la mostrada en la Figura 3.8. A partir de las 2 distribuciones relativas en la Figura 3.10, es evidente que ambas son bastante similares, por lo que puede decirse que los análisis y las conclusiones generadas para todos los accidentes en la sección anterior son también válidos para este caso en que sólo se consideran los accidentes con lesionados.

La gran cantidad de información sobre los accidentes y los participantes contenida en los temas GEOACCIDENTES, GEOPARTICIPANTES y otros, hace posible generar una gran diversidad de aplicaciones de “Query Builder” y de análisis similares a los antes mostrados (p. ej. referentes a los accidentes en los que se ven involucrados vehículos pesados, o en los que hay atropellamiento de peatones, o en los que la causa principal es el "Exceso de Velocidad” u otra en particular, etc.).

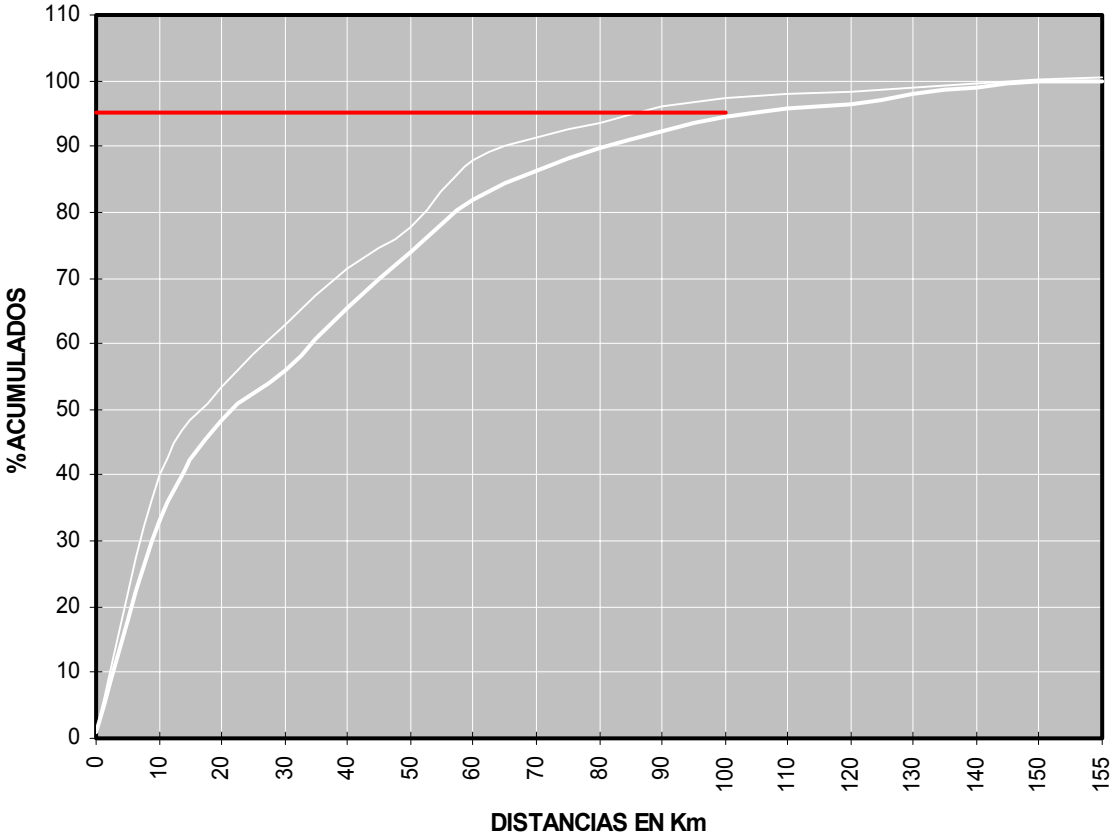

Figura 3.10
Distribución Acumulada de Frecuencias Relativas de las Distancias

3.3 Otras Capacidades del Sistema

Adicionalmente a todo lo ya presentado en relación con el manejo de la información considerada en este trabajo, el sistema permite la ejecución de otras acciones de interés, tales como el diseño e impresión de mapas a diferentes escalas, el intercambio de datos y la interacción con otros programas (p. ej. AUTOCAD) así como con otros equipos (p. ej. DIGITALIZADORES), el manejo de imágenes, etc. Para mayor detalle sobre estas capacidades, el lector es referido a los manuales de ArcView y de sus extensiones [Referencias 3.1, 3.4 y 3.6, 3.7].

REFERENCIAS

[3.1] ArcView GIS 3.2 Copyright 1996, Enviromental System Research Institute, Inc., 380 New York Street, Redlands CA 92373 USA.

[3.2] Algunas Medidas para Mejorar la Seguridad Vial en las Carreteras Nacionales. Instituto Mexicano del Transporte. Publicación Técnica No. 89 J. Chavarría Vega, A. Mendoza y E. Mayoral Grajeda (1996).

[3.3] Emergency Medical Service Systems Act, Congress of the United States, 1973 (pag. 444 de Larson & Odoni).

[3.4] Módulo de Redes de ArcView, Enviromental System Research Institute, Inc., 380 New York Street, Redlands CA 92373 USA.

[3.5] Programa Excel de Microsoft.

[3.6] ArcView Spatial Analyst Extension, Enviromental System Research Institute, Inc., 380 New York Street, Redlands CA 92373 USA.

[3.7] ArcView Network Analyst Extension, Enviromental System Research Institute, Inc., 380 New York Street, Redlands CA 92373 USA..

Conclusiones y Recomendaciones

A continuación se presentan las conclusiones y recomendaciones más relevantes, obtenidas en el desarrollo de este trabajo:

- La complejidad de las redes actuales de transporte hace necesario que la información sobre aspectos operativos y los procesos de planeación, organización, gestión y evaluación del transporte se realicen utilizando sistemas eficientes de manejo y análisis de información, en términos de velocidad de procesamiento, capacidad de almacenamiento, versatilidad, certeza y confiabilidad. Por lo mismo, resulta indispensable que las labores antes mencionadas se realice a través de sistemas de cómputo.

- Como respuesta a las necesidades anteriores, en los últimos años se han desarrollado sistemas automáticos. Entre las tecnologías que han experimentado un avance sin precedentes en la última década, destacan los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) vía satélite. Ambas tecnologías brindan las capacidades deseadas de eficiencia en el manejo de información.

- En el esfuerzo de realización de este trabajo se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcView, donde se almacenó toda la información y se crearon las relaciones entre las bases de datos existentes, como es el caso de la información de accidentes, clasificación y nomenclatura de carreteras, aforo, composición vehicular, su evolución y las características de la Red Carretera Federal que se encuentra el Estado de Oaxaca; todo lo anterior, para el año de 1997.

- Con esta posibilidad de vínculos de información, utilizando ArcView se demuestran las ventajas obtenidas de la sencillez del manejo de una gran cantidad de datos y la disminución de tiempo y esfuerzo para su consulta y análisis, con lo que se puede disminuir el tiempo de respuestas, para la posible solución o recomendación de un problema específico de administración, seguridad vial y gestión en la Red Carretera Federal del Estado de Oaxaca.

- Cabe señalar que con la construcción de este sistema se logra una visión más clara de lo que ocurre en la Red Carretera Federal del Estado, como por ejemplo: se identifican con precisión los sitios más peligrosos (a nivel de rutas, o carreteras, o tramos, o segmentos de

500 metros) según diferentes criterios (frecuencia de accidentes, costo de los accidentes, índices por vehículo-kilómetro, etc.) y las condiciones imperantes en los mismos, ya que se cuenta además con el registro de fotografías en algunos de ellos. Puede obtenerse información similar a la anterior, pero ahora considerando sólo accidentes de cierto tipo como son “Choques”, “Salidas del Camino” u otros, o aquéllos en los que se ven involucrados vehículos pesados, o en los que hay atropellamiento de peatones, o en los que la causa principal es el "Exceso de Velocidad” u otra en particular, etc.). Se logra, asimismo, mayor comprensión en la información de aforos y clasificación vehicular, ya que se puede presentar dicha información en forma de mapas (o vistas) y gráficas. Puede también generarse la distribución de los tiempos de arribo de la atención médica a los sitios de ocurrencia de los accidentes, según las distancias entre éstos y los centros de atención médica; etc.

- Se observó que, en términos del costo de los accidentes por vehículo-kilómetro, la seguridad vial en las Carreteras Federales del Estado de Oaxaca, ocupa un lugar intermedio dentro del conjunto de todos los Estados.

- Un punto a considerar para mejorar la administración de la información para este sistema es la generación de los bancos de datos en medios magnéticos. En este sentido, será conveniente apoyarse más en la utilización de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) para el levantamiento de ubicaciones, tales como los centros de atención de emergencia a lesionados de accidentes en carreteras.

- Como un resultado importante en relación con los centros de atención de emergencia a lesionados existentes en el Estado, puede decirse que éstos (28) no sólo son insuficientes, sino que además muchos de ellos se encuentran ubicados en los mismos sitios, por lo cual su localización actual es ineficiente. Por esta razón, sería necesario duplicar el número actual, redistribuyéndolos además para alcanzar una cobertura total de la Red con un centro a cada 50 km, cuando menos.

- Es necesario recordar que éste es sólo un primer esfuerzo de consulta y análisis de dicha información para el Estado de Oaxaca. Partiendo de este Sistema, se puede lograr estructurar un sistema

más completo que contenga una capa de información para toda la República Mexicana y para diferentes años. Se considera que los avances logrados en este trabajo son ya elementos concretos sobre los cuales se puede empezar a apoyar la generación de alternativas de solución a problemas de seguridad vial, administración y conservación de la Red Carretera Federal.

CIUDAD DE MEXICO

Av. Patriotismo 683
Col. Mixcoac
03730, México, D. F.
Tel (55) 56 15 35 75
55 98 52 18
Fax (55) 55 98 64 57

SANFANDILA

Km. 12+000, Carretera
Querétaro-Galindo
76700, Sanfandila, Qro.
Tel (442) 2 16 97 77
2 16 96 46
Fax (442) 2 16 96 71

Internet: http://www.imt.mx
publicaciones@imt.mx