ISSN 0188-7297

SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA PARA EL ANALISIS DE COSTOS DE OPERACION DE VEHICULOS DE CARGA EN CARRETERAS FEDERALES. CASO ESTADO DE VERACRUZ

Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Instituto Mexicano del Transporte

Publicación Técnica No. 153
San Fandila, Qro. 2000

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Sistema de Información Geográfica para el Análisis de Costos de Operación de Vehículos de Carga en Carreteras Federales. Caso Estado de Veracruz

Publicación Técnica No. 153
San Fandila, Qro. 2000

Este trabajo fue realizado por Aarón A. Aburto Aguilar y Alberto Mendoza Díaz. Se tuvo la colaboración de Emilio F. Mayoral Grajeda.

Resumen

El presente trabajo muestra el desarrollo de un sistema para la estimación de los costos de operación de los vehículos de carga en la Red Federal de Carreteras, usando la plataforma computacional proveída por el Sistema de Información Geográfica (SIG) conocido como Arcview.

La estimación de los Costos de Operación Vehicular (COVs) es realizada tomando como base el modelo del Banco Mundial "Vehicular Operating Costs (VOC)" calibrado para los vehículos mexicanos, calculando una serie de características físicas y operativas de los caminos. Los alineamientos horizontal y vertical de los caminos fueron obtenidos de un inventario georreferenciado levantado con Sistemas de Posicionamiento Global (SPG) por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a través del Instituto Mexicano del Transporte. La estimación de los COVs para cualquier posible ruta a lo largo de la Red está basada en agregaciones de estimaciones hechas al nivel de segmentos de 500 m de longitud. Aunque los resultados presentados en este trabajo han sido ya completados para el total de la Red Federal de Carreteras, por razones de brevedad sólo son mostrados los resultados obtenidos de la fracción de la Red dentro del Estado de Veracruz.

Se describe la selección de los vehículos considerados para el análisis y se presenta el desarrollo de una serie de ecuaciones de regresión que permiten evaluar los COVs en función de una serie de características de las carreteras y los vehículos. Se describe la integración de una serie de elementos, incluyendo las ecuaciones anteriores, para producir el sistema para la evaluación de los costos de operación de los vehículos de carga a través de diferentes opciones de viaje. Se muestra el uso del sistema para la generación de algunos resultados importantes. Se presentan algunas conclusiones.

Abstract

Presentation is made of development of a system for assessing truck operating costs on the Federal Network, by using the computing platform provided by the GIS known as ArcView.

Assessment of Vehicle Operating Costs (COVs as written in Spanish) is carried out taking as a basis the World Bank model "Vehicular Operating Costs (VOC)" calibrated for Mexican vehicle, assuming a series of physical and operative characteristics of the roads. Vertical and horizontal alignments of the roads were obtained from a geographical referenced inventory made with GPS by the Ministry of Communications and Transport through the Mexican Transportation Institute. Assessment of COVs for any possible route along the Network is based on aggregations of estimates made at the level of 500-m long segments. Even though the results presented herein have already been obtained for the whole Federal Road Network, for the sake of brevity only the findings for its fraction within the State of Veracruz are shown.

Selection of the vehicles considered is described. Development of a set of regression equations for assessment of COVs from a series of characteristics of the roads and the vehicles, is presented. Description is made of the the integration of a set of elements, including the former equations, to produce the system for evaluating operating costs of trucks through different travel options. Use of this system for generation of some important results is shown. Some conclusions are drawn.

Introducción

En este trabajo se presenta el desarrollo de una metodología para estimar los costos de operación de vehículos de carga por la Red Carretera Federal de México, utilizando la plataforma computacional proporcionada por un Sistema de Información Geográfica (SIG). Para el desarrollo de este trabajo se seleccionó el SIG denominado ArcView [1]. También se utiliza la extensión de ArcView para el análisis de redes [2]. En este trabajo se entenderá por costo de operación de un vehículo determinado aquél en que se incurre por mantenerlo funcionando, por unidad de longitud recorrida.

La estimación de costos de operación vehicular (COVs) se realiza con base en el Modelo del Banco Mundial "Costos de Operación Vehicular" (VOC, por sus siglas en inglés") [3] calibrado para vehículos mexicanos [4], considerando una serie de características físicas y operativas de los caminos. De éstas, las referentes a los alineamientos vertical y horizontal de las carreteras fueron obtenidas de un inventario georreferenciado (en coordenadas geográficas) realizado con base en Sistemas de Posicionamiento Global (SPG) (vía satélite), por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) a través del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) [5]. La estimación de COVs para cualquier trayectoria posible en la Red se basa en agregaciones de estimaciones realizadas al nivel de segmentos de 500 metros. Aunque lo mostrado en este artículo ya ha sido completado para toda la Red Carretera Federal, por razones de brevedad sólo se presentará lo correspondiente a su fracción ubicada dentro del Estado de Veracruz.

Inicialmente se describe la selección de vehículos considerados en este trabajo. Se presenta el desarrollo de un conjunto de ecuaciones de regresión, utilizadas por el sistema generado para la estimación del costo de operación vehicular (COV) en cada segmento. Se describe la integración de un conjunto de elementos (vistas con la segmentación de la Red a sus 4 niveles de clasificación, las ecuaciones de regresión anteriores, aforos con clasificación vehicular, cuotas cobradas en las autopistas de cuota, etc.) para conformar el SIG que permite evaluar los costos de operación de los camiones de carga a través de diferentes alternativas de viaje. Posteriormente se muestra el uso de este SIG para la generación de algunos resultados importantes. Finalmente se presentan algunas conclusiones.

Este trabajo se justifica como una fase inicial de proyectos de investigación y desarrollo de mayores alcances (p. ej. en la elaboración de modelos de asignación del tráfico multiproducto sobre la Red Carretera Federal). Encuentra también una amplia justificación en el hecho de que proporciona información valiosa para los operadores del autotransporte de carga sobre sus costos operativos, los operadores de autopistas de cuota sobre la conveniencia de ciertos niveles de peaje, y los planeadores de la infraestructura carretera. La información que se maneja en este trabajo corresponde básicamente al año 2000.

Costos de Operación Vehicular

Selección de Vehículos

De las distintas configuraciones vehiculares autorizadas en Carreteras Federales por el Reglamento de Pesos y Dimensiones Máximos vigente [6], los tipos C-2, C-3, T3-S2, T3-S3 y T3-S2-R4 muestran los mayores porcentajes promedio de participación en los flujos vehiculares de carga (32.2, 21.4, 22.7, 18.3 y 2.8% respectivamente) así como en el transporte de toneladas-kilómetro (7.2, 13.3, 32.3, 36.5 y 8.4% respectivamente) [7]. De ellas, las que presentan mayores participaciones en el transporte de toneladas-kilómetro corresponden a las configuraciones T3-S2 y T3-S3, con porcentajes de participación relativamente similares.

Se selecciona al T3-S2 para las condiciones de operación de plena carga (hasta donde permite el peso máximo autorizado por el Reglamento a esta configuración) y en vacío, como casos de referencia para la mayoría de los análisis que serán efectuados. Lo anterior, considerando las participaciones relativas de las configuraciones así como otras ventajas económicas y operativas del T3-S2 (p. ej., es la configuración que más participa en el comercio internacional con Estados Unidos [8]).

Casos de Referencia

Para los casos de referencia seleccionados (T3-S2 en condiciones de operación de plena carga así como en vacío), se ingresaron en el programa VOC una serie de datos de entrada sobre las características físicas y operativas del vehículo y sus costos unitarios debidos a los siguientes consumos y gastos: combustible, lubricantes, llantas, mantenimiento, salario de tripulantes, tiempo de pasajeros, mano de obra de mantenimiento, refacciones, depreciación, interés, e indirectos. Los costos unitarios son precios actuales obtenidos del mercado, en tanto que las características físicas y operativas fueron tomadas de estudios anteriores [4,9]. Para la condición de plena carga de este vehículo se ingresó el dato de "carga transportada (o carga útil)" igual a 28.8 ton, que junto con el "peso del vehículo vacío (o tara)" de 15.2 ton, hacen un peso bruto vehicular (PBV) total de 44 ton, el cual es el máximo permitido a esta configuración vehicular por el Reglamento de Pesos y Dimensiones vigente [6]. Para la condición de operación en vacío se ingresó en el programa una "carga transportada" igual a 0 ton.

Algunos estudios anteriores han demostrado que existe una correlación muy estrecha entre el COV y la velocidad de operación (VO) [4]. Se ha demostrado también que, además del peso de la "carga transportada", las características relevantes que más influyen en la VO de un vehículo de carga en un segmento carretero corto (p. ej. de 500 m) de todo un trayecto, son la pendiente del segmento (M); su curvatura (Q), medida por el cociente de la suma de los valores

absolutos de las deflexiones de las curvas a lo largo del segmento entre la longitud del mismo; la calidad de la superficie de rodamiento, que puede medirse mediante el Indice Internacional de Rugosidad (IRI) [9]; el límite de velocidad (LV); y el nivel de servicio (S), que es un reflejo del cociente de la intensidad del flujo vehicular entre la capacidad efectiva del segmento [10].

El enfoque que se decidió para este trabajo fue el de generar, utilizando el VOC, un conjunto de valores de COV y VO correspondientes a diferentes combinaciones de distintos niveles de las variables M, Q, IRI y LV. Esto fue realizado para el T3-S2, primero a plena carga y luego en vacío. Tres niveles (bajo, medio y alto) fueron seleccionados para las variables Q (0, 500 y 1,000 °/km), IRI (2, 7 y 12 m/km) y LV (10, 60 y 110 km/h), en tanto que para la variable M se seleccionaron cuatro niveles (-6, -2, 0 y 6%). Para la variable M fue necesario seleccionar un nivel intermedio adicional correspondiente a una pendiente descendente ligera de –2, con el fin de tomar en cuenta específicamente el comportamiento en esta condición para la que el vehículo es menos demandado por contar con la inercia a su favor, pero sin tener aún grandes requerimientos de frenado. Con base en los niveles anteriores para las distintas variables, se obtiene un total de 108 combinaciones (4x3x3x3) para cada condición de carga.

Se decidió que la integración de la información anterior al Sistema de Información Geográfica (SIG), por razones prácticas, se realizara a través de ecuaciones de interpolación obtenidas mediante regresión lineal múltiple, condicionando esto a que las mismas se ajustasen adecuadamente a los resultados generados con el VOC. Por esta razón, con base en dichos resultados se generaron para ambos casos de referencia, una ecuación de regresión para la relación del COV contra la VO, y otra para la relación de la VO contra las variables M, Q, IRI y LV. Asimismo, para ambos casos, se decidió incluir el efecto del nivel de servicio (S) mediante un factor de reducción de la VO para niveles inferiores al A. Este factor se calculará mediante otra ecuación de regresión, generada a partir de información contenida en el Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos [10]. En varios de los análisis efectuados, se realizaron transformaciones logarítmicas y exponenciales de las variables originales (la dependiente y las independientes).

Para el caso del T3-S2 a plena carga, las mejores ecuaciones de interpolación obtenidas son como sigue.

Para la VO contra las variables M, Q, IRI y LV:

$$\mathbf{VO = 10.3235 - 1.9331\,M + 0.6137\,LV - 0.03411\,IRI\,LV + 0.00219\,M\,Q - 0.000361\,Q\,LV + 0.0000295\,IRI\,Q\,LV - 0.0000196\,M\,Q\,LV} \qquad \textbf{Ec. 1}$$

donde:

VO es la velocidad de operación (en km/h)
M es la pendiente (en %)
Q es la curvatura del segmento (en grados/km)
IRI es el índice internacional de rugosidad (en m/km)
LV es el límite de velocidad (en km/h)

La ecuación anterior se obtuvo con un coeficiente de determinación R^2 (indicativo de la calidad del ajuste) de 0.87.

Para el COV contra la VO:

$$\mathbf{COV = 1{,}000 + e^{-53.695} (300 - VO)^{10.903}} \qquad \textbf{Ec. 2}$$

donde:

COV es el COV por cada 1000 veh-km (en dólares/1000 veh-km)
e es la base de los logaritmos naturales, es decir, 2.71828
VO es como ya se definió

La ecuación anterior se obtuvo con un R^2 de 0.93.

Ecuaciones similares a las 1 y 2 anteriores fueron obtenidas para el caso del T3-S2 en vacío. También se obtuvieron muy buenos valores de R^2 para estas ecuaciones.

La relación obtenida para tomar en cuenta el efecto en la VO de niveles de servicio menores que A, es:

$$\mathbf{FV = [\, 2.67\, (S + 0.8)^{0.0663} \,] - 2} \qquad \textbf{Ec. 3}$$

donde:

FV es el factor de reducción de la VO para niveles de servicio inferiores al A
S es igual a 5 si el nivel de servicio es A, 4 si es B, 3 si es C, 2 si es D, 1 si es E y 0.1 si es F

La ecuación anterior se obtuvo con un R^2 de 1.

La cercanía con 1 de los R^2 de todas las ecuaciones anteriores (de aquí en adelante referidas sólo como ecuaciones de regresión), indica que las mismas se ajustaron muy bien a los datos a partir de los cuales fueron generadas. Lo anterior valida que dichas ecuaciones puedan ser utilizadas para integrar la información de COVs al SIG que será desarrollado más adelante.

Otros Casos

Las 108 corridas del VOC fueron también efectuadas para los casos de plena carga y en vacío de las otras configuraciones vehiculares consideradas (C2, C3, T3-S3 y T3-S2-R4). Como los COVs de plena carga de estas configuraciones mostraron una relación bastante constante con los COVs de plena carga del T3-S2 y como lo mismo sucedió para la condición en vacío, se decidió considerar dichas configuraciones a partir del desarrollo de un conjunto de factores para obtener sus COVs a partir de los del T3-S2. Dado que los dos factores para las condiciones de plena carga y en vacío de estas configuraciones resultaron muy similares, la Tabla 1 presenta sus valores promedio, los cuales, con base en este resultado, pueden utilizarse de manera global para cualquier porcentaje de llenado (total, parcial o vacío). Los valores de COV obtenidos para estas configuraciones a partir de la aplicación de tales factores, serían para la misma tasa de ocupación (carga útil transportada entre carga útil máxima, según el PBV máximo permitido a la configuración) a la correspondiente al COV del T3-S2.

El resultado anterior sugiere la posibilidad de evaluar los COVs para cualquier tasa de ocupación, realizando la interpolación correspondiente entre los COVs en vacío y de plena carga estimados mediante las ecuaciones de regresión anteriores. Este será el enfoque que se aplicará en análisis presentados más adelante. Con el fin de facilitar estas interpolaciones, la Tabla 1 reproduce las cargas útiles máximas asumidas en este trabajo para la condición de plena carga de las 5 configuraciones consideradas. Esta tabla también muestra las taras (pesos propios en vacío) y los PBV máximos reglamentados considerados en este trabajo, así como los valores promedio de PBV, carga útil y tasa de ocupación según se registraron en campo para las distintas configuraciones [10].

Desarrollo del Sistema de Información Geográfica

El SIG que permite evaluar los costos de operación de los camiones de carga para la fracción de la Red Carretera Federal comprendida dentro del Estado de Veracruz, se generó integrando en el SIG denominado ArcView [1] un conjunto de datos de dicha fracción, tales como representación cartográfica, clasificación y nomenclatura de carreteras, aforos y composición vehicular e información de las características físicas y operativas de las mismas. La fracción de la Red de Carreteras Federales en el Estado de Veracruz tiene una longitud total de 3,187 kilómetros (6.4% de la Red Carretera Federal).

Tabla 1
Factores Promedio de COV Relativos al T3-S2 y otros Datos Importantes para las Configuraciones Consideradas

Tipo de Vehículo	Factores de COV Relativos al T3-S2	Peso Bruto Vehicular Máximo (Ton)	Peso Bruto Vehicular Promedio (Ton)	Tara (Ton)	Carga Util Máxima (Ton)	Carga Util Promedio (Ton)	Tasa de ocupación Promedio (%)
C2	0.529	17.5	7.7	4.1	13.4	3.6	26.9
C3	0.590	26.0	16.4	8.3	17.7	8.1	45.8
T3-S2	1.000	44.0	28.4	15.2	28.8	13.2	45.8
T3-S3	1.062	48.5	39.7	18.8	29.7	20.9	70.4
T3-S2-R4	1.265	66.5	54.0	23.9	42.6	30.1	70.7

Generación de la Representación Cartográfica

Cartografía Básica

La cartografía para la elaboración de este trabajo fue generada a partir de la información espacial registrada con Sistemas de Posicionamiento Geográfico (SPG) por los Centros SCT en los Estados. Esta información fue recopilada bajo la supervisión del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) como parte del desarrollo del proyecto "Sistemas de Información Geoestadística para el Transporte (SIGET)" [5], el cual ha tenido por objeto inventariar con SPG la infraestructura de los diferentes modos de transporte del país. El inventario de la infraestructura carretera ha incluido, entre otros:

- Registro de alineamientos de las carreteras.
- Identificación de secciones con diferentes tipos de pavimento y número de carriles.
- Ubicación de puentes y alcantarillas.
- Ubicación de intersecciones a nivel y desnivel, y cruces ferroviarios.
- Ubicación de terminales y paradas de autobuses de pasajeros y camiones de carga.
- Ubicación de casetas de cobro de peajes en autopistas de peaje.
- Ubicación de estaciones de servicio (gasolineras, servicio automotriz, etc.).

Una vez que la información es levantada en campo por los Centros SCT, es almacenada por el IMT en archivos computacionales en el formato de datos espaciales del SIG denominado ArcInfo [11]. 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, tales como su complementación con otros datos geográficos existentes de interés (límites territoriales, ubicación de poblaciones, etc.), a fin de quedar lista para ser utilizada por diferentes tipos de usuarios.

En ArcView, una vista o representación cartográfica se genera integrando conjuntos 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 los rasgos geográficos (registros). Tablas o bases de datos pueden ser vinculadas o ligadas a la tabla de atributos de cualquier tema. También pueden generase tablas, gráficas o mapas como resultado de procesos efectuados sobre los datos relacionados con los rasgos geográficos. Un proyecto es un archivo que almacena referencias sobre la ubicación de los archivos de 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. Estos contienen en su nombre la extensión "shp", que es un distintivo que ArcView utiliza para identificar los archivos que siguen su formato de datos espaciales ("shapefiles"):

- "Límites.shp". Esta es una base de datos en la cual cada registro corresponde a un polígono. El conjunto de todos los polígonos define la división política (o por Estados) de la República Mexicana.

- "Veracruz.shp". En esta base de datos, también cada registro corresponde a un polígono. El conjunto de todos los polígonos define la forma del Estado de Veracruz.

- "Cabecera.shp". En esta base de datos cada registro corresponde a un punto que representa una cabecera municipal.

- "Caseta.shp". En esta base de datos cada registro corresponde a un punto que representa una caseta de cobro de un tramo de autopista de cuota.

- "Fver.shp". En esta base de datos 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: libre de dos carriles, libre de cuatro carriles, de cuota de dos carriles, y de cuota de cuatro carriles. Cabe aclarar que en el archivo "Fver.shp" originalmente importado del SIGET, cada elemento poligonal (o rasgo geográfico) es un segmento de carretera seleccionado arbitrariamente (sin ningún criterio en particular).

Una vez importados los temas anteriores y activados dentro de una vista ("Carreteras") del proyecto generado ("Veracruz.apr"), se obtuvo el mapa que se ilustra en la Figura 1. La Tabla de Contenidos, a la izquierda del mapa, indica los temas incluidos en la vista.

Segmentación e Integración de la Clasificación de las Carreteras Federales

La mayoría de los análisis mostrados en este trabajo se basan en la agregación de los COVs de elementos de 500 metros. Por esta razón, será fundamental la división de la Red bajo estudio en elementos o segmentos de esa longitud. Sin embargo, con el fin de expandir las posibilidades de análisis, será también necesario que el sistema maneje información a los siguientes 3 niveles territoriales: ruta, carretera y tramo. La Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) [12] de la SCT clasifica la Red Federal Básica, de alrededor de

Figura 1
Rasgos Geográficos Importados de ArcInfo

50,000 kilómetros de longitud, en 147 rutas, éstas a su vez en 561 carreteras y estas últimas en 2,538 tramos. La Red tiene, asimismo, alrededor de 100,000 segmentos de 500 metros. La fracción de la Red dentro del Estado de Veracruz involucra 18 de dichas rutas, 48 carreteras, 145 tramos y alrededor de 6,300 segmentos de 500 metros.

Para cada uno de los 4 niveles anteriores fue necesario preparar una segmentación de la Red de Carreteras Federales del Estado, a partir de la cartografía básica antes descrita. En el contexto anterior, "segmentar" significa redefinir los elementos poligonales que constituyen el tema "Fver.shp" de acuerdo con un nuevo sistema de elementos carreteros (de rutas, de carreteras, de tramos o de segmentos de 500 metros, en este caso). La segmentación para cada uno de los niveles anteriores fue preparada en una vista diferente.

La primera segmentación elaborada fue la segmentación por tramos, derivándose a partir de ella las otras 3 segmentaciones (por rutas, por carreteras y por segmentos). Al preparar cada segmentación, se asignó un identificador a cada uno de los nuevos elementos (polígonos abiertos) resultantes. El identificador de ruta es un número de 3 dígitos utilizado para designar cada una de las 147 rutas federales del sistema de clasificación de la DGST (precedido por el término "MEX-"). El identificador de carretera está constituido por la clave de la carretera en la clasificación de la DGST, precedida por el número 30 que es un identificador dado al Estado de Veracruz en la misma clasificación. El identificador de 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. 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.

En la tabla de atributo del tema de cada segmentación, cada elemento (p. ej. segmento) no sólo tiene registrado su propio identificador sino también el de los elementos de mayor nivel de agregación a los que pertenece (p. ej. tramo, carretera y ruta). Esto hace posible realizar las transferencias requeridas de información (agregada) de segmentaciones más finas hacia otras menos finas o (más desagregada) en sentido opuesto (como es en el caso de la información de aforos y composición vehicular, que se describe enseguida).

Integración de Archivos Electrónicos Tabulares

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 el 2000 [12]. Los aforos corresponden al "Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)" en un sitio (o estación) de cada tramo 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 ese TDPA.

Para la segmentación por tramos, el proceso de vinculación consistió en añadir a la tabla de aforos y composición vehicular de la DGST, el identificador de ArcView de cada tramo; y establecer los vínculos a nivel de cada tramo ("uno-a-uno") entre este archivo (archivo fuente) y el tema de esta segmentación (archivo destino). Cabe aclarar que en este último paso no se transfieren realmente datos del archivo de la DGST hacia el tema de la segmentación, sino que sólo se establece una liga entre su Tabla de Atributos y el archivo tabular vinculado. El elemento común de vinculación entre estos dos archivos es el identificador de ArcView para cada tramo.

Para la segmentación por elementos de 500 metros, a cada segmento se le ligó la información de aforo y composición vehicular del tramo del que forma parte mediante una liga "uno-a-muchos" de la tabla de la DGST, con el identificador de ArcView de cada tramo (archivo fuente), a la Tabla de Atributos del tema de esta segmentación (archivo destino).

Para la segmentación por carreteras, se obtuvieron valores ponderados de TDPA y porcentajes de composición vehicular para cada una de las carreteras en términos de la longitud de sus tramos componentes, a partir de la segmentación por tramos. Tales valores fueron posteriormente sumados por carretera (tomando como referencia el campo de identificadores de las carreteras en que se encuentran los tramos), almacenándose en una tabla las sumas obtenidas a nivel de carreteras. Esta tabla fue posteriormente vinculada ("uno-a-uno") al tema de la segmentación por carreteras, tomando como referencia ahora el identificador de cada carretera. Un procedimiento similar se siguió para la segmentación por rutas.

Variables que Influyen en el COV

El siguiente paso consistió en la vinculación a la vista de segmentos de 500 metros, de las variables en las ecuaciones de regresión, a partir de las cuales puede calcularse el COV en cada segmento para el vehículo de referencia (T3-S2). Este proceso se describe como sigue.

Pendiente

La información de las pendientes de las Carreteras Federales del Estado de Veracruz fue obtenida a partir de la Residencia General de Conservación de Carreteras del Centro SCT en ese Estado [13]. Con base en esta información proporcionada, se generó un archivo electrónico de base de datos conteniendo

para cada segmento (según su identificador de ArcView) la pendiente del mismo en la dirección en que fue viajado durante el proceso de levantamiento en campo (con SPG) del inventario carretero del SIGET [5].

Curvatura

La información de curvatura horizontal que las ecuaciones de regresión utilizan para el cálculo de los COVs es la misma que la que el programa VOC usa para el mismo fin. En un segmento carretero determinado, esa información corresponde a la suma de los valores absolutos de las deflexiones de las curvas en dicho segmento entre la longitud del mismo.

En base a la información del SIGET, se decidió evaluar esta variable a partir del trazo horizontal de las carreteras contenido en la segmentación por elementos de 500 metros.

Para cada segmento de 500 metros, el dato requerido fue aproximado asumiendo que cada segmento es una porción de circunferencia, con longitud de curva (LC) de alrededor de 500 metros (proporcionada de manera exacta por ArcView) y cuerda definida por la línea recta que une los puntos de inicio y terminación de esa porción de circunferencia. La longitud de esta cuerda (C) fue evaluada a partir de las coordenadas de dichos puntos, obtenidas de los archivos de ArcInfo del (SIGET) [5]. Evidentemente, la aproximación anterior es mejor entre más cortos son los segmentos. Para el caso de las carreteras, dicha aproximación se juzgó adecuada para la longitud de segmento de 500 metros. De esta manera, combinando tres ecuaciones del trazo geométrico de curvas simples horizontales en carreteras (longitud de cuerda (C) en función de radio (R), longitud de curva (LC) en función de deflexión (Δ) y grado de curvatura (G), y radio (R) en función de grado de curvatura (G)), fue posible obtener la siguiente solución de forma abierta para el cálculo del parámetro requerido Q ($=\Delta/LC$) de cada segmento:

$$Q = (\Delta/LC) = [1146/(10*C)] * Sen\,[(\Delta/LC)*(LC/2)] \qquad \text{Ec. 4}$$

En la expresión anterior, todos los parámetros ya han sido definidos. Asimismo, el término *Sen* se refiere a la función seno. En dicha expresión, C y LC son conocidos para todos los segmentos, pudiéndose valuar Q ($=\Delta/LC$) por iteraciones.

El parámetro Q fue calculado para todos los segmentos según los principios anteriores, y el resultado final de este proceso fue una base de datos, conteniendo para cada segmento (según su identificador de ArcView) su correspondiente valor de Q, expresada en grados por kilómetro y posteriormente vinculada al tema de la segmentación por elementos de 500 metros, de la misma manera que para el caso de las pendientes.

Indice Internacional de Rugosidad

Se obtuvo de la Unidad General de Servicios Técnicos del Centro SCT en el Estado de Veracruz [14], la Calificación de Servicio Actual (CSA) del pavimento de todas las Carreteras Federales del Estado. Como las ecuaciones de regresión, así como el programa VOC, usan Indice Internacional de Rugosidad (IRI) en vez de CSA para evaluar los COVs, la información proporcionada tuvo que ser transformada primero a IRI, utilizándose para ello la siguiente expresión [9]:

$$IRI = 12 - [(11/5) * CSA] \qquad \text{Ec. 5}$$

En la expresión anterior, todos los parámetros ya han sido definidos.

La información de IRI así obtenida, fue posteriormente procesada de manera similar que para el caso de las pendientes, para vincularla a nivel de segmentos de 500 metros al tema de la segmentación correspondiente.

Límite de Velocidad

De acuerdo con el Reglamento de Tránsito de Carreteras Federales [15] y prácticas de velocidad de operación de los conductores de camiones de carga [16], se ingresaron a la vista de la segmentación por elementos de 500 metros como valores de límite de velocidad, 100 Km/h para segmentos de carreteras libres y 120 Km/h para segmentos de autopistas de cuota.

Congestionamiento o Nivel de Servicio

Esta información para las Carreteras Federales del Estado de Veracruz, fue obtenida de la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) [17] de la SCT, siendo procesada de manera similar que para el caso de las pendientes para vincularla a nivel de segmentos de 500 metros al tema de la segmentación correspondiente.

Cuotas de las Autopistas

La información de las cuotas cobradas en los puentes y autopistas de cuota del Estado de Veracruz, fue obtenida del Organismo Federal Paraestatal "Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE)" [18]. En todos los casos, la cuota cobrada en un puente o tramo fue convertida a dólares (usando una paridad de 9.5 pesos por dólar) y prorrateada en términos de la longitud de sus segmentos componentes, procediéndose a vincular las cuotas por segmento así obtenidas (contenidas en un archivo en formato de base de datos) a la segmentación por elementos de 500 metros, de manera similar que para el caso de las pendientes.

Integración de la Información de COV

El último paso en la construcción del sistema consistió en integrar a la segmentación, por elementos de 500 metros, las ecuaciones de regresión, con el fin de generar la información de COVs requerida para cada segmento. El proceso efectuado con este propósito consistió en exportar a un archivo electrónico, en el formato de base electrónica de datos, la tabla de atributos del Tema de Segmentos; y con base en la información contenida en dicho archivo (pendiente, IRI, etc.), calcular las siguientes variables:

- Velocidad de operación del vehículo de referencia (T3-S2) a plena carga, antes de afectarla por nivel de servicio (menor que el A), para la pendiente en el sentido de levantamiento del SIGET. Esta variable fue calculada mediante la Ecuación 1.

- Velocidad en el punto anterior, después de afectarla por nivel de servicio mediante la aplicación de la Ecuación 3.

- COV por kilómetro para el T3-S2 a plena carga, para la pendiente en el sentido de levantamiento del SIGET. Esta variable fue calculada mediante la Ecuación 2 (dividiendo también su resultado entre 1,000).

- COV del T3-S2 para el segmento, obtenido de multiplicar el COV en el punto anterior por la longitud del segmento (en kilómetros).

Variables similares a las anteriores fueron determinadas, a través de las correspondientes ecuaciones de regresión, para el T3-S2 a plena carga en el sentido contrario al de levantamiento del SIGET, así como para el T3-S2 en vacío en ambas direcciones (o sea, 16 variables totales).

Después de eliminar de la base de datos todas las variables, excepto las antes mencionadas y el identificador de ArcView de cada segmento, la base de datos resultante fue vinculada de vuelta al tema de la segmentación por elementos de 500 metros (con base en el identificador de segmentos).

Como es evidente, la información de COV vinculada corresponde a los 4 casos resultantes de combinar las 2 condiciones de carga asumidas para el T3-S2 (vacío y plena carga) con los 2 sentidos de circulación de las carreteras. A partir de los COVs del T3-S2 para las condiciones de vacío y plena carga, puede obtenerse por interpolación lineal el costo de operación de ese mismo tipo de vehículo para cualquier otro porcentaje de llenado (o tasa de ocupación). Asimismo, como ya se indicó, a partir del COV del T3-S2 para una condición específica de llenado, pueden obtenerse los COVs de las otras configuraciones vehiculares más

representativas para esa misma condición de llenado, utilizando los factores de relación en la Tabla 1.

Algunos Resultados Relevantes

COVs Totales del T3-S2 a Plena Carga a Nivel de Segmentos

A la vista de la segmentación por elementos de 500 metros se le añadieron dos temas referentes a los COV totales (COV + peaje) del T3-S2 a plena carga en toda la red para ambos sentidos de circulación respectivamente. Tanto las cuotas como los COV en la vista generada, son en dólares americanos.

En la Figura 2 se ilustra la vista generada, habiéndose activado en ella el tema de COV totales por segmento en la dirección de levantamiento del SIGET. En la figura los segmentos están clasificados de acuerdo con 5 rangos de frecuencia. Dichos rangos fueron definidos de manera automática por ArcView con base en los valores mínimo y máximo de TDPA registrados en la Tabla de Atributos de dicho tema y las 4 posiciones de la lista ordenada de rutas por jerarquía creciente de TDPA en las que se presentaron los saltos o cambios más fuertes ("Natural Breaks").

Se reitera que la información de cuotas y COV en ambos sentidos en esta segmentación por elementos de 500 metros, constituye la base de estimaciones de costos para otros niveles de agregación (tramos, carreteras o rutas). En este sentido, dicha información se considera uno de los resultados más relevantes de este trabajo.

COVs Totales del Flujo de Vehiculos de Carga (CTF) y por Tonelada-Kilómetro (TK) a Nivel de Carreteras

A partir de la información en la segmentación por elementos de 500 metros, se aproximaron los COVs totales del flujo de vehiculos de carga (CTF) a través de cada segmento. Esto se basó en evaluar, a partir de las tasas de ocupación (en la Tabla 1) registradas en campo para las diferentes configuraciones [8], los COVs del T3-S2 para esas tasas de ocupación utilizando interpolación lineal entre los resultados de las ecuaciones de regresión para las condiciones en vacio y de plena carga. Los valores de COV así obtenidos fueron posteriormente convertidos a los COVs de las configuraciones respectivas con base en los factores de relación del COV de las distintas configuraciones en relación con el T3-S2 en la Tabla 1. Lo anterior fue efectuado para ambas direcciones de viaje, obteniendo así el correspondiente COV promedio para cada configuración. Estos últimos COVs fueron finalmente aplicados a la información de flujos diarios de las diferentes configuraciones en cada segmento (información ya vinculada a esta segmentación).

Figura 2
COVs Totales del T3-S2 a Plena Carga por Segmento
(Dólares)

Así mismo, a partir de la información en la misma segmentación se calcularon las toneladas-kilómetro de carga (TK) circulando diariamente por cada uno de los segmentos. Esto fue obtenido de multiplicar los flujos diarios de las distintas configuraciones en el segmento, por sus correspondientes cargas útiles promedio (en la Tabla 1) según se registraron en campo, y por la longitud del segmento.

Los dos valores anteriores (CTF y TK) para todos los segmentos fueron calculados a partir de información en una base de datos (en formato de dBASE) obtenida de la exportación de la tabla de atributos de la segmentación por elementos de 500 metros. Después de eliminar de este archivo todas las variables excepto los dos valores antes calculados y el identificador de ArcView de cada segmento, la base de datos resultante fue vinculada de vuelta a la tabla de atributo del tema de esta segmentación. Esos dos valores fueron agregados posteriormente para los segmentos componentes de cada tramo, generándose una base de datos de CTF y TK totales por tramo que fue vinculada a la segmentación por tramos. Lo anterior fue repetido entre esta segmentación y la segmentación por carreteras, procediéndose finalmente a generar los temas correspondientes en esta última (CTF y TK por carretera).

A partir de la información obtenida para CTF y TK se obtiene que por las Carreteras Federales del Estado de Veracruz se genera un CTF de 4'062,669 de dólares por día, en la transportación diaria de 32'249,260 toneladas-kilómetro de carga. Las cifras anteriores representan un CTF/TK promedio de 0.126 dólares/tonelada-kilómetro, el cual resulta 30% por debajo de su correspondiente valor promedio reportado para Estados Unidos [19] y 20% por encima del de Canadá [20].

De los diferentes componentes del COV (ya mencionados), México tiene ventaja competitiva sobre Estados Unidos y Canadá en lo referente a los costos por salario de tripulantes (que es del orden de una octava parte de lo que es en dichos países), tiempo de pasajeros y mano de obra de mantenimiento. Estados Unidos (EUA) y Canadá tienen la ventaja competitiva en los demás componentes, particularmente en los costos por depreciación (que considera el costo inicial, el cual es del orden de 30% más elevado en Mèxico), interés (que es entre 2 y 3 veces mayor en Mèxico), refacciones e indirectos. En donde sí resultan francamente más ventajosas las condiciones para EUA y Canadá, es en otros factores que no son parte del COV, pero que sí lo son del costo de transporte. Uno de los más importantes de éstos son los costos de aseguramiento de la carga, los cuales son significativamente mayores en México, fundamentalmente por los problemas de inseguridad en las carreteras nacionales (robos, accidentes, etc.). Estos costos llegan a ser de hasta 2 y 3 veces el monto del COV para algunos productos de elevado valor unitario, transportados por recorridos de alto riesgo. Otro de ellos es el costo logístico.

Análisis de Peajes en Autopistas de Cuota

El sistema desarrollado permitió evaluar la conveniencia, para el T3-S2 en vacío y a plena carga, de utilizar los tres recorridos de cuota más importantes en el Estado contra sus alternativas más económicas por carreteras libres, para distintos valores de los peajes cobrados en los primeros. Esto fue realizado a partir de un archivo de línea (archivo de rasgos lineales vinculados en sucesiones continuas) que define la Red de interés.

Los recorridos considerados en este análisis fueron los correspondientes a las alternativas entre Veracruz y Tamarindo, de cuota (1) y libre (2); Veracruz y Orizaba, de cuota (3) y libre (4); y La Tinaja-Cosoleacaque, de cuota (5) y libre (6). Como es evidente, estos 6 recorridos constituyen 3 sistemas (I, II y III respectivamente) de un recorrido de cuota y su alternativa libre. Cabe aclarar que en los recorridos de cuota, no necesariamente se cobran peajes en toda su longitud.

Para cada uno de los tres sistemas "cuota-libre" considerados, el análisis efectuado consistió en multiplicar los peajes de sus segmentos componentes en la base de datos de esa información, por diferentes factores multiplicativos hasta igualar el COV total de la alternativa de cuota con el de su correspondiente libre. Lo anterior fue efectuado para el T3-S2 a plena carga y en vacío, así como para la dirección de levantamiento del SIGET y la opuesta. Cada combinación de estas variantes y de los distintos factores multiplicativos considerados, representa un escenario diferente. Para cada escenario los COV totales de su correspondiente alternativa de recorrido fueron obtenidos mediante la extensión para el análisis de redes de ArcView, señalando a ésta los sitios específicos de inicio y terminación de dicho recorrido. Como puntos de referencia iniciales de este análisis, se indica que por las alternativas de cuota Veracruz-Tamarindo se cobran actualmente 95 pesos (10 dólares aproximadamente); Veracruz- Orizaba, 319 pesos (33.58 dólares); y La Tinaja-Cosoleacaque, 530 pesos (55.79 dólares).

La Tabla 2 resume los resultados obtenidos, mostrando, para las dos condiciones de carga del vehículo así como los dos sentidos de circulación y los tres sistemas "cuota-libre" considerados, los factores por los que habría que multiplicar los peajes anteriores para igualar los COVs totales en ambas alternativas; la tabla también presenta los COVs totales de igualación. Como es evidente a partir de esta tabla, los peajes actuales del T3-S2 por la alternativa de cuota Veracruz-Tamarindo tolerarían ser multiplicados hasta por 4 ó 5 (entre 300 y 400% de incremento) antes de igualarse sus COVs totales con los de su correspondiente alternativa libre. Para los otros 2 recorridos de cuota (Veracruz-Orizaba y La Tinaja-Cosoleacaque), los factores multiplicativos obtenidos resultaron menores, oscilando entre 1.8 y 2.7 (80 y 170% de incremento).

Tabla 2
Factores de Peajes y COVs Totales de Igualación para los Casos Considerados

CASOS	SISTEMA I (Alternativas 1 y 2)		SISTEMA II (Alternativas 3 y 4)		SISTEMA III (Alternativas 5 y 6)	
	Factor Multiplicativo del Peaje Actual	COV Total de Igualación (US$)	Factor Multiplicativo del Peaje Actual	COV Total de Igualación (US$)	Factor Multiplicativo del Peaje Actual	COV Total de Igualación (US$)
T3-S2 Plena Carga, Circ. en Dirección al Levant. del SIGET	5.27	122.53	2.58	293.71	2.67	507.83
T3-S2 Vacío, Circ. en Dirección al Levant. del SIGET	4.07	99.73	1.85	241.63	2.00	410.42
T3-S2 Plena Carga, Circ. en Dirección Opuesta al Levant. del SIGET	4.18	122.39	2.08	322.55	1.83	484.97
T3-S2 Vacío, Circ. en Dirección Opuesta al Levant. del SIGET	3.91	98.83	1.75	244.23	1.85	401.88

Se aclara que los análisis anteriores de ninguna manera buscan identificar nichos en donde las cuotas pudiesen incrementarse. Tampoco buscan convencer de que la circulación por autopistas de cuota sea más conveniente en todos los casos, ya que cada autopista existente en el país tiene sus condiciones muy particulares. Como ya se indicó, lo que buscan es simplemente plantear una metodología para valuar la conveniencia de utilizar recorridos de cuota para un nivel de peaje determinado. Se ha demostrado que para los 3 sistemas "cuota-libre" y las condiciones específicas consideradas (T3-S2, etc.), la circulación por los recorridos de peaje sí es más conveniente, soportando incluso incrementos significativos las cuotas en ellos antes de que los COV totales entre ambas alternativas de cada sistema lleguen a igualarse.

Conclusiones

En este trabajo se ha presentado el desarrollo de una metodología para estimar los costos de operación de vehículos de carga por la Red Carretera Federal, utilizando la plataforma computacional proporcionada por el SIG denominado ArcView. Se reconoce que existen algunos factores no considerados (externos) que pudiesen afectar la evaluación de COVs en este trabajo. Quizás el más importante de ellos se refiere al costo de los accidentes ocurridos en los diferentes caminos de la Red analizada. Al respecto se tiene la sensación de que el recorrido por autopistas de cuota es más seguro (con probabilidades más bajas de accidentalidad) que por carreteras libres.

REFERENCIAS

1. *ArcView 3.1 GIS*, Enviromental System Research Institute, Inc.
2. *ArcView Network Analyst. Optimum Routing, Closest Facility and Service Area Analysis*. Enviromental Systems Research Institute.
3. *The Highway Design and Maintenance Standards Series, VOC Model, Versión 3.0*. The World Bank, Washington, D.C., 1989.
4. Aguerrebere, R., and F. Cepeda. *Highway Design Elements and Vehicle Operating Costs (in Spanish)*. Technical Publication No. 20. Mexican Transportation Institute, Querétaro, México, 1991.
5. *Geo-Statistical Information System for Transportation (in Spanish)*. Mexican Transportation Institute, Ministry of Communications and Transports (SCT), Mexico D.F., 1997.
6. *Reglamento Sobre el Peso, Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que Transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1997.
7. Mendoza D., A. y J. G. Reyes G. *Estudio de Pesos y Dimensiones de los Vehículos que Circulan Sobre las Carreteras Nacionales. Impactos*

Económicos de la Reglamentación y el Control de Pesos. Instituto Mexicano del Transporte. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Publicación Técnica No. 51. Querétaro. México. 1994.

8. Gutiérrez H., J. L., A. Mendoza D. y P. Dontchev K. *Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional. Análisis Estadístico de la Información Recopilada en las Estaciones Instaladas en 1995 y 1996.* Instituto Mexicano del Transporte. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Documento Técnico No. 20. Querétaro, México, 1999.

9. Arriaga P., M. C. *Indice Internacional de Rugosidad, Aplicación en la Red Carretera de México.* Publicación Técnica No. 108 Instituto Mexicano del Transporte. Querétaro, México; 1998.

10. *Manual de Capacidad de Carreteras. Highway Capacity Manual.* Transportation Research Board. National Research Council. Washington D.C. 1985.

11. *ArcInfo GIS,* Enviromental System Research Institute, Inc., 1992.

12. *Datos Viales 2000,* Dirección General de Servicios Técnicos (DGST), Subsecretaría de Infraestructura, Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

13. *Registro de la Geometría de la Carretera.* Residencia General de Conservación de Carreteras. Centro SCT Veracruz, 1999.

14. *Calificación de la Red Carretera Básica Troncal Nacional 1999.* Dirección General de Servicios Técnicos. Dirección de Vialidad y Proyectos. Centro SCT Veracruz.

15. *Reglamento de Tránsito de Carreteras Federales.* Presidencia de la República, 1976.

16. Chavarría V., J. M., A. Mendoza D. y E. Mayoral G. *Algunas Medidas para Mejorar la Seguridad Vial en las Carreteras Nacionales.* Publicación Técnica No. 89, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Qro., 1996.

17. *Capacidad y Niveles de Servicio 2000,* Dirección General de Servicios Técnicos (DGST), Subsecretaría de Infraestructura, Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT).

18. *Cuotas en Puentes y Autopistas de Cuota 2000.* Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE) http://www.capufe.gob.mx/.

19. *National Transportation Statistics 1999.* Bureau of Transportation Statistics, US Department of Transportation (http://206.4.84.245/btsproducts/category.cfm?Category=102).

20. *Transportation Statistics Report 1999.* Transport Canada. (http://www.tc.gc.ca/en/menu.htm).

Índice

	Página
Resumen	V
Abstract	VII
Resumen Ejecutivo	IX
1 Introducción	1
2 Costos de Operación	11
2.1 Conceptos Básicos	11
2.2 Selección de Vehículos	17
2.3 Análisis de Costos de Operación Vehicular	20
3 Desarrollo de la Representación Cartográfica	29
3.1 Generación de la Representación Cartográfica	29
3.2 Integración de Archivos Electrónicos Tabulares	45
3.3 Integración de la Información de Costos de Operación	52
4 Generación de Algunos Resultados Relevantes	57
4.1 Algunos Resultados Obtenidos con Arcview	57
4.2 Algunos Resultados Obtenidos con la Extensión para el Análisis de Redes	82
5 Conclusiones	93
Anexo A (Datos de Entrada y salida del VOC)	97
Anexo B (Valores de Costos de Operación Vehicular obtenidos con diferentes niveles de variables, resultantes de las corridas del VOC)	117

1 Introducción

1.1 Descripción del Problema

Para el desarrollo permanente en el ámbito económico de un país, es de gran importancia contar con un sistema de transporte adecuado a sus necesidades de crecimiento y por ende con una infraestructura que permita realizar el movimiento de mercancías de una manera rápida, confiable, segura y, a su vez, lo más eficiente posible.

La actual política de México de seguir un esquema de apertura económica globalizada, hace indispensable proveer a nuestro país de una moderna red de carreteras que permita llevar a cabo el tráfico de mercancías de la forma más eficiente posible para poder incrementar los flujos comerciales de México con los demás países (particularmente con los paises vecinos).

Se tiene la sensación de que gran parte de nuestras carreteras generan costos de operación muy altos en los vehículos actuales, debido principalmente a que fueron construidas hace ya muchos años y su alineamiento, tanto vertical como horizontal, resulta insuficiente para tales vehículos; además, el estado superficial que presentan muchos de los caminos nacionales es inadecuado por escaso mantenimiento.

Es por ello que en este trabajo se pretenden estimar los costos de operación de los vehículos de carga que circulan por algunos Caminos Federales, tomando en cuenta la información sobre las características físicas y operativas de los mismos más apegada a la realidad con que se cuente. Este trabajo es, en esencia, un proyecto piloto para generar la metodología de estimación de costos de operación vehicular (COV) bajo las premisas mencionadas. Se desarrollará sobre la fracción de la Red Carretera Federal perteneciente al Estado de Veracruz. Algunas de las características físicas de la infraestructura y de operación del transporte que pudiesen considerarse en la estimación de los costos de operación, son: curvatura, pendiente, nivel de servicio (saturación), rugosidad del pavimento y cuotas en las carreteras de peaje. La estimación de costos para cualquier trayectoria posible en la red carretera considerada se basará en agregaciones de estimaciones realizadas al nivel de segmentos de 500 metros.

Como la información más fidedigna con que actualmente se cuenta en México para algunas de las variables anteriores en las Carreteras Federales, es la contenida en un inventario georeferenciado (en coordenadas geográficas) realizado con base en Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) (por satélite) por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) a través del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), esta información será la que primordialmente se utilice en el desarrollo de este trabajo [Referencia 1.1].

La mayoría de los desarrollos serán realizados en la plataforma computacional proporcionada por el Sistema de Información Geográfico (GIS) denominado ArcView. Más específicamente, se desarrollará una vista geográfica en ArcView que incluya la segmentación en elementos de 500 metros, de la Red de Carreteras Federales del Estado de Veracruz. Sobre esta vista se irán vaciando las características físicas de la infraestructura y operativas del transporte de carga, correspondientes a cada segmento de 500 metros. Esta información hará posible evaluar los costos operativos del transporte de carga a través de diferentes alternativas de viaje. A partir de estas evaluaciones podrán realizarse diversos tipos de análisis (p. ej. comparación de costos operativos entre alternativas libres y de cuota) [Referencia 1.2].

También se prepararán vistas con las segmentaciones de la Red a los niveles de rutas, carreteras y tramos, que son los otros tres niveles en los que se clasifica la Red Carretera Federal del país. A pesar de lo anterior, las estimaciones de los COV, así como la mayoría de los análisis en este trabajo, serán efectuados en relación con la segmentación por elementos de 500 metros, ya que de todas las segmentaciones preparadas, ésta es la de elementos más pequeños, permitiendo una mejor aproximación a la realidad y por lo mismo estimaciones más precisas de los COV. Cabe señalar que la Red Carretera Federal total tiene una longitud aproximada de 50,000 kilómetros, clasificándose en 147 rutas, éstas en 561 carreteras, éstas en 2,538 tramos y estos últimos en alrededor de 100,000 segmentos de 500 metros.

Por todo lo antes indicado, el mayor valor de este trabajo residirá en el desarrollo de la metodologia para estimar los COV según los principios señalados.

I.2 Antecedentes

Por la infraestructura carretera del país se transportan más del 70% de la carga y aproximadamente el 95% de los pasajeros siendo así el medio de transporte más importante en México.

Por otro lado cabe enfatizar que durante mucho tiempo el objetivo del gobierno era que existiera comunicación básica entre las capitales de los diferentes estados con el centro del país y las principales ciudades. Fue así entonces que por las necesidades de comunicación se llevó a cabo una política de realizar proyectos al más bajo costo de construcción; esa política que prevaleció durante mucho tiempo, hace que actualmente el transporte nacional se encuentre con el problema de pagar costos de operación muy altos.

Como ya se indicó anteriormente, este trabajo representa una fase inicial de un esfuerzo global que eventualmente permitirá a la SCT contar con información precisa sobre los costos de operación del autotransporte de carga por toda la Red Carretera Federal del país. Los antecedentes más relevantes en el desarrollo de esta fase inicial, son los referentes a el sistema que se empleará para el cálculo de los costos de operación de los vehículos de carga, el GIS en el que se realizarán la mayoría de los desarrollos de este trabajo y el inventario a partir del cual se tomarán las características físicas de la infraestructura carretera considerada. A continuación se describen algunos antecedentes importantes en relación con estos tres elementos.

- Para el análisis de los costos de operación se cuenta con el paquete de cómputo denominado Costos de Operación Vehicular (VOC por sus siglas en inglés). Este paquete fue elaborado por el Banco Mundial, con el fin de proporcionar a los planeadores una herramienta para la generación de información de dichos costos que pudiese contribuir a una mejor evaluación técnico-económica de sus opciones de inversión. Con base en estudios realizados en diversos países, varios de ellos con sistema de transporte carretero con condiciones similares al de México (por ejemplo Brasil), se construyeron una serie de modelos matemáticos para diferentes tipos de vehículos (desde automóviles hasta camiones de pasajeros y carga) con los que el Banco Mundial estructuró posteriormente este programa de cómputo. Algunos de los modelos generados son de consumo de combustibles, de consumo de lubricantes, de consumo de llantas, de salario de tripulantes, de mantenimiento vehicular (incluyendo mano de obra y refacciones), de depreciación del vehiculo, de costos financieros, de costo de oportunidad del tiempo invertido en viajar por los pasajeros y la carga transportados, etc. Varios de los modelos anteriores generan consumos, a partir de los cuales se estiman los costos correspondientes, utilizando también para esto una serie de costos unitarios para dichos consumos, ingresados por el usuario del programa. Para un vehiculo deseado determinado (especificado por el usuario), el programa genera, entre otras salidas, los estimados de los consumos mencionados así como el costo total por kilómetro de operación y la distribución porcentual de los diferentes conceptos que lo componen [Referencia 1.3].

- Con la reciente tecnología, se cuenta actualmente con herramientas que facilitan las tareas de manejo, análisis y administración de información, tales como los sistemas geográficos de información (GIS). Estos permiten:

  a) Relacionar datos espaciales (vinculados con una ubicación de acuerdo a un sistema de coordenadas) con no-espaciales.

b) Organizar y combinar la información proveniente de fuentes a través de capas.
c) Representar y analizar geográficamente los datos.
d) Automatizar el manejo de la información.

Para el desarrollo de este trabajo se seleccionó el SIG denominado ArcView, atendiendo a consideraciones de capacidad contra precio [Referencia 1.2]. Como herramientas auxiliares de ArcView, en este trabajo también se utilizarán manejadores de bases de datos y hojas de cálculo [Referencias 1.4, 1.5].

- El último antecedente lo constituye el Sistema de Información GeoEstadística para el Transporte (SIGET), 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 (GPS), 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 GIS denominado ArcInfo, para esta aplicación se seleccionó ArcView por las razones ya señaladas.

I.3 Justificación

El desarrollo de este trabajo se justifica fundamentalmente por las siguientes tres razones:

1. Haciendo una reflexión de los criterios de construcción actuales de las vías de comunicación de nuestro país, es necesario realizar un cambio de filosofía para el desarrollo de proyectos mejor estructurados, para que reflejen verdaderamente un ahorro al país durante toda su vida útil y no un supuesto y fugaz ahorro inicial al momento de la construcción de un camino.

   En general cálculos detallados recientemente, demuestran que en un tramo de carretera con las características de tránsito y una clasificación vehicular correspondiente a nuestro país, construido en un terreno mitad lomerio y mitad montañoso con los antecedentes de construcción actuales en comparación a realizar la construcción en el mismo terreno pero con especificaciones de pendiente y curvatura correspondiente a terreno suave, la diferencia arrojada en los costos de construcción entre ambos sería de alrededor de 2.5 veces más económico el camino con especificaciones menos exigentes. Sin embargo, al hacer la comparación

incluyendo los costos de operación, se observa que tan solo al quinto año de vida, el camino de mejores especificaciones iguala el costo total del otro [Referencias 1.6, 1.7].

Resulta pues conveniente para el país, gastar más inicialmente en la construcción de las carreteras y contar con una vía más segura, cómoda y económica para los usuarios, que realizar menores inversiones de construcción, repercutiendo en los altos costos de operación para los usuarios y por consecuencia para el país entero durante la vida útil del camino.

Es como se justifica entonces la modernización de las carreteras de México que cuentan con un alineamiento abrupto, para proveerlas de un mejor trazo.

En términos generales, el panorama anterior justifica la importancia de realizar este análisis de los costos de operación de los vehículos de carga en todo el país, por ser el área del transporte más afectada. Este trabajo, al permitir evaluar y comparar los costos de operación del transporte de carga entre rutas de diferentes características, aportará evidencias cuantitativas de la conveniencia de construir caminos con buenas especificaciones.

2. Como ya se indicó, el trabajo también se justifica como una fase inicial de proyectos de investigación y desarrollo de mayores alcances; por ejemplo, permitirá desarrollar la metodología de evaluación de costos operativos sobre la fracción carretera considerada, que posteriormente se aplicará a todas las Carreteras Federales del país. Será también una primera fase en la elaboración de modelos de asignación del tráfico multiproducto sobre la Red Carretera Federal.

3. El trabajo también encuentra una amplia justificación en el hecho de que proporcionará información valiosa a los operadores del autotransporte sobre los costos operativos del transporte de carga a través de diferentes rutas.

I.4 Fundamentación Teórica

Los fundamentos teóricos para este trabajo de análisis de costos de operación de los vehículos de carga a partir de un inventario georeferenciado de la Red de Carreteras Federales del Estado de Veracruz son:

- En el proceso de análisis de los costos de operación mediante el programa de cómputo denominado VOC, son parte fundamental las

características físicas de la carretera, como la pendiente, grados de curvatura y el estado actual de la superficie de rodamiento, siendo representados estos parámetros en %, grados/km y el último por el Indice Internacional de Rugosidad en m/km [Referencia 1.3].

- Se realizará la segmentación de la Red de Carreteras Federales del Estado de Veracruz, basándose en los sistemas geográficos de información (GIS) que son instrumentos técnicos con diversas capacidades, diseñados para inventariar, administrar y manejar información geográfica. Específicamente, se utilizará el paquete de cómputo ArcView [Referencia 1.2], incluyendo su extensión para el análisis de redes [Referencia 1.8]. El uso de esta última es indispensable para los propósitos de este trabajo.

- Los sistemas de información geográfica trabajan con el respaldo de la información adquirida, como se ha comentado anteriormente, utilizando sistemas de posicionamiento global (GPS); en este caso, el levantamiento de la Red de Carreteras Federales [Referencia 1.1].

I.5 Objetivos

El objetivo general de este trabajo es generar una metodología para la evaluación de los costos de operación de vehículos de carga, con relación a las características físicas y operativas del camino. El trabajo se desarrollará tomando como marco de referencia las Carreteras Federales del Estado en estudio. El trabajo desarrollado será una herramienta de apoyo para identificar las rutas más económicas del Estado seleccionado en cuanto a la operación de los vehículos de carga.

Lo anterior con el fin de contar con una mejor y más detallada organización de todos los involucrados en el sistema del transporte (autoridades competentes, transportistas, usuarios en general y prestadores de servicios auxiliares), para poder contar finalmente con la adecuada planeación que conlleve a una acertada toma de decisiones para el futuro en cuanto a la construcción, mantenimiento y prioridades de conservación de toda la Red Federal de Carreteras, así como a la operación del autotransporte de carga.

Por otro lado, este trabajo involucra otros objetivos particulares:

a) Aprender el uso del programa de cómputo VOC del Banco Mundial.
b) Lograr el dominio del uso de un GIS en el transporte.
c) Determinar y realizar la representación (mediante tablas, gráficas y mapas) de los costos de operación en la Red de Carreteras Federales de dicho Estado.

I.6 Hipótesis

A partir del trabajo propuesto será posible consultar y analizar las rutas de un Estado para conocer acertadamente la influencia de varias características de las carreteras (las pendientes principalmente), en los costos de operación de los transportistas.

Se asume que se facilitará el conocimiento e identificación de los tramos en los cuales se requiera un mejoramiento en sus características, y así poder reducir los costos de operación para contar con una más moderna Red de Carreteras Federales.

Se parte de la hipótesis de que las rutas donde existen carreteras con mejores especificaciones, tienen costos de operación más bajos. Se intentará confirmar lo anterior, particularmente en lo referente a las rutas sobre las que existen carreteras de cuota en comparación con sus alternativas libres.

I.7 Metodología y Alcances

La metodología del presente trabajo se llevará a cabo como se enumera en los siguientes pasos:

1) Se seleccionarán las configuraciones vehiculares de carga para las cuales se realizará este estudio. En general, éstas serán las de mayor presencia en los flujos vehiculares de carga en las Carreteras Federales.

2) Utilizando el programa VOC, se identificarán las variables independientes más relevantes para explicar los COV de los diferentes tipos de vehículos considerados. A partir de corridas del VOC y utilizando técnicas de regresión lineal, se generarán modelos estadísticos (ecuaciones o soluciones de "forma cerrada") que permitan obtener los costos operativos de estos vehículos a partir de las variables independientes identificadas.

3) Se preparará la vista geográfica de ArcView de la segmentación por elementos de 500 metros, para la Red de Carreteras Federales del Estado de Veracruz. También se generarán vistas para segmentaciones a los niveles de rutas, carreteras y tramos.

4) Se recabará toda la información correspondiente a las características físicas y de operación actuales de los caminos a estudiar, ya sea a partir de la Dirección General de Conservación de Carreteras (DGCC), de la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST), ambas de la SCT, o del mismo IMT.

5) Se investigarán los montos de las cuotas de todas las carreteras de peaje del Estado de Veracruz, a partir de CAPUFE (Caminos y Puentes Federales) o de otros organismos concesionarios de estas carreteras.

6) La información en los dos puntos anteriores, así como cualquier otra requerida (variables independientes), será vaciada fundamentalmente en la vista de la segmentación por elementos de 500 metros. Se hará también lo correspondiente en relación con las vistas de los otros tres niveles de clasificación de la Red.

7) La base de datos de la vista por elementos de 500 metros complementada en el punto anterior y los modelos de costo de operación generados en el punto dos, permitirán estimar los costos de operación de los diferentes tipos de vehículos en cada segmento de 500 metros de la Red considerada.

8) Con las herramientas generadas en los dos puntos anteriores se realizarán diferentes tipos de análisis, tales como comparaciones entre diferentes trayectos para conocer los que representen menores costos. Asimismo se obtendrán diversos tipos de representaciones geográficas, para los 4 niveles de clasificación de la Red.

Los puntos anteriores se desarrollarán en los siguientes capítulos que constituyen este trabajo:

- El Capítulo 1, bajo el título "Costos de Operación Vehicular", contendrá los principios del cálculo de estos costos así como lo correspondiente a los puntos 1 y 2 arriba indicados.

- En el Capítulo 2, titulado "Desarrollo del Sistema de Manejo de Información", se describirán los puntos 3 a 6.

- El Capítulo 3, bajo el título "Algunos Análisis y Resultados Relevantes", mostrará lo correspondiente a los puntos 7 y 8.

Además, este trabajo se complementa con esta introducción y con una sección final de conclusiones y recomendaciones.

I.8 Utilidad del Proyecto

Como ya se señaló, la utilidad primordial de este trabajo gravitará en torno a la valiosa información que generará sobre el conocimiento de los costos de operación por las rutas de toda la Red de Carreteras Federales del Estado considerado. Se identificarán las rutas que presenten menores costos de

operación para los vehículos de carga. Todo lo anterior será de gran ayuda para diferentes actores involucrados en la planeación de los sistemas de transporte de nuestro país, tanto dependencias de gobierno (SCT) como diferentes organizaciones de la iniciativa privada.

Este trabajo, como se ha mencionado anteriormente, es el inicio de un proyecto de magna utilidad para poder seleccionar las rutas más adecuadas para cada tipo de comercialización según en las diferentes regiones del país. También será de gran utilidad como el paso inicial de otros proyectos de gran importancia nacional (generación de modelos de redes, estudios de demanda, etc.).

Referencias

1.1 *Los Sistemas de Información Geográfica y el Transporte.* Instituto Mexicano del Transporte. Publicación Técnica No. 32. Querétaro, México; 1992.

1.2 *ArcView GIS. The Geographic Information System for Everyone.* Enviromental Systems Research Institute.

1.3 *The Highway Design and Maintenance Standards Series, VOC Model, Versión 3.0.* The World Bank, Washington, D.C., 1989.

1.4 *Sistema de Programación de Bases de datos Relacionales Versión 5.0.* Visual Fox Pro. Microsoft.

1.5 *Excel 97.* Microsoft Corporation, Inc.

1.6 *Elementos de Proyecto y Costos de Operación en Carreteras.* Instituto Mexicano del Transporte. Publicación Técnica No. 20. Querétaro, México; 1991.

1.7 *Estado Superficial y Costos de Operación en Carreteras.* Instituto Mexicano del Transporte. Publicación Técnica No. 30. Querétaro, México; 1991.

1.8 *ArcView Network Analyst. Optimum Routing, Closest Facility and Service Area Analysis.* Enviromental Systems Research Institute.

2 Costos de Operación

En este capítulo inicialmente se describen los conceptos básicos del cálculo de costos de operación vehicular (COV), seguidos en este trabajo. Posteriormente se seleccionan los vehículos de carga a considerar, buscando que éstos sean los más representativos en las carreteras mexicanas. Finalmente se calculan las relaciones de COV contra los factores relevantes de la operación vehicular y las características físicas de las carreteras que serán utilizadas.

2.1 Conceptos Básicos

2.1.1 Principios

El costo de operación de un vehículo determinado es aquél en que se incurre por mantenerlo funcionando por unidad de longitud recorrida. Consiste en el costo de recorrido más los costos fijos.

Es fundamental iniciar este trabajo con el análisis de los costos de operación de las configuraciones vehiculares a considerar, así como de las variables que influyen en ellos. El análisis de los costos de operación se realiza en este trabajo con el paquete de cómputo denominado Costos de Operación Vehicular (VOC, por sus siglas en inglés) (Referencia 2.1). Este constituye una de las herramientas más acreditadas en el momento presente para la valuación de dichos costos.

Con base en estudios realizados en diversos países, varios de ellos con un sistema de transporte carretero con condiciones similares al de México (p. ej. Brasil), se construyeron una serie de modelos matemáticos para diferentes tipos de vehículos (desde automóviles hasta camiones de pasajeros y carga), con los que el Banco Mundial estructuró el programa de cómputo antes mencionado.

La función del modelo VOC es simular los efectos de las características físicas y condiciones del camino en las velocidades de operación de varios tipos de vehículos, en sus consumos de combustibles y lubricantes, en sus requerimientos de mantenimiento, etc., y determinar sus costos totales de operación. El modelo calcula las cantidades consumidas de recursos, tales como litros de combustible, número de llantas, horas-hombre (h-h) de trabajo, etc., así como la velocidad del vehículo como función de las características de cada tipo de vehículo y la geometría, tipo de superficie y condición actual del camino.

Los pasos seguidos por el modelo en el cálculo de la velocidad, uso de recursos y costos de operación para un tipo de vehículo dado y una sección del camino determinada, son:

1) Calcular la velocidad de operación promedio para el vehículo.

2) Calcular las cantidades de recursos utilizadas por cada 1,000 vehículos-kilómetro (veh-km) para los siguientes componentes:

   A) Consumo de combustibles
   B) Consumo de lubricantes
   C) Consumo de llantas
   D) Tiempo de los tripulantes
   E) Tiempo de los pasajeros
   F) Tiempo o retención de la carga
   G) Mano de obra de mantenimiento
   H) Refacciones
   I) Depreciación
   J) Interés
   K) Indirectos

3) Aplicar costos unitarios a las cantidades consumidas de recursos para obtener el costo de operación por cada 1,000 veh-km para cada componente.

4) Sumar los costos de operación para cada componente con el fin de calcular el costo de operación vehicular total por cada 1,000 veh-km.

A continuación se describen brevemente los principios del cálculo de la velocidad de operación y los costos por cada uno de los conceptos anteriores. En casi todos los casos el VOC utiliza valores y modelos matemáticos generados en Brasil.

2.1.2 Velocidad de Operación

El programa propone una velocidad de operación deseada por el conductor (con base en aspectos psicológicos, económicos, de seguridad y otras consideraciones) y después la ajusta para tomar en cuenta las siguientes condiciones de restricción:

- La velocidad máxima posible para una pendiente y una potencia de motor determinadas.
- La velocidad máxima posible para una pendiente y una capacidad de frenado.
- La velocidad máxima posible en una curvatura determinada.

- La velocidad máxima posible en una carretera de rugosidad determinada.
- El ancho de carril cuando se trata de una carretera de un solo carril.

2.1.3 Consumo de Combustible

El programa expresa el consumo de combustible por cada 1,000 veh-km recorridos (FL) como el número de litros consumidos por cada 1,000 veh-km. A partir de este consumo, el programa calcula el costo de consumo de combustible como:

> Costo de combustible por cada 1,000 veh-km recorridos = FL x costo por litro de combustible.

El modelo de predicción del consumo de combustible usa el concepto de unidad de consumo de combustible representada por UFC (en ml por segundo). Los principios básicos de intervalos de combustión del motor sugieren que bajo condiciones ambientales ideales, la unidad de consumo de combustible es una función de la potencia medida en HP y la velocidad del motor en RPM.

En el consumo promedio de combustible FL en litros por cada 1,000 veh-km de un vehículo operando en una sección dada de camino con un alineamiento geométrico específico, intervienen los siguientes factores:

- Unidades de consumo de combustible para segmentos en ascenso.
- Unidades de consumo de combustible para segmentos en descenso.
- Las velocidades estimadas en ascenso y descenso.

2.1.4 Consumo de Lubricantes

El programa expresa el consumo de lubricantes por cada 1,000 veh-km (AOIL) como el número de litros de lubricantes consumidos por cada 1,000 veh-km. El costo de consumo de lubricantes está dado por:

> Costo de lubricantes por cada 1,000 veh-km = AOIL x costo por litro de lubricante.

El estudio de consumo de lubricantes no fue parte de la investigación de Brasil. En este consumo se considera que intervienen, entre otros factores:

- La rugosidad del pavimento, expresada mediante el Indice Internacional de Rugosidad (medida indirecta del nivel de rugosidad del pavimento).
- Temperatura relacionada con el lubricante del motor, el cual depende del tipo de vehículo seleccionado.

2.1.5 Consumo de Llantas

El programa expresa el consumo de llantas por cada 1,000 veh-km (EQNT) en términos del número de llantas nuevas equivalentes por cada 1,000 veh-km. El costo del consumo de llantas por cada 1,000 veh-km recorridos está dado por:

Costo de llantas por cada 1,000 veh-km = EQNT x costo por llanta nueva.

El modelo emplea dos relaciones obtenidas en el estudio de Brasil para predecir el consumo de llantas: uno para automóviles y vehiculos utilitarios (pick-ups, vans, etc.), y otro para autobuses y camiones de carga (vehículos pesados).

- Para automóviles y vehiculos utilitarios, el consumo de llantas queda dado por el número de llantas del vehículo, el tipo del vehículo y la rugosidad del pavimento medida a través del Indice Internacional de Rugosidad (IRI) en m/km.
- Para vehículos pesados, de gasolina o diesel, el consumo de llantas queda dado por el número de llantas del vehículo, el tipo del vehículo, las velocidades de operación, las pendientes verticales (ascendentes y descendentes), las curvaturas horizontales (suma de los valores absolutos de las deflexiones por kilómetro de recorrido), el estado superficial del pavimento y un factor de costo relativo de cubrir la vida útil de una llanta con sus renovaciones posibles entre el costo de cubrir ese mismo periodo sólo con llantas nuevas.

2.1.6 Tiempo de Tripulación

El programa expresa los requerimientos de tripulación por cada 1,000 veh-km (CRH) en términos del número de horas de tripulación empleadas al viajar cada 1,000 veh-km. El costo de tripulación por cada 1,000 veh-km recorridos está dado por:

Costo de tripulación por cada 1,000 veh-km = CRH x costo por hora de tripulación.

Obviamente, CRH depende de la velocidad vehicular calculada. El costo por hora de tripulación se refiere al salario de la misma por hora.

2.1.7 Tiempo de Pasajeros

El programa expresa el tiempo invertido por los pasajeros por cada 1,000 veh-km (PXH) en términos del número de horas de pasajeros transcurridas al viajar cada 1,000 veh-km. El costo de la demora de los pasajeros por cada 1,000 veh-km recorridos está dado por:

> Costo de pasajeros por cada 1,000 veh-km = PXH x costo por hora del tiempo de pasajeros.

PXH depende del número de pasajeros por vehículo y de la velocidad vehicular calculada. El costo por hora del tiempo de pasajeros se refiere al costo promedio de oportunidad por hora para los pasajeros (o sea, lo que ganarían si invirtiesen ese tiempo en labores productivas).

2.1.8 Tiempo de la Carga

El programa expresa el tiempo de traslado de la carga por cada 1,000 veh-km (VCH) en términos del número de horas-vehículo que pasa la carga transitando por cada 1,000 veh-km. El costo del tiempo de traslado de la carga por cada 1,000 veh-km recorridos está dado por:

> Costo del valor de la carga por cada 1,000 veh-km = VCH x costo por hora de traslado de la carga.

VCH depende de la velocidad vehicular calculada. El costo por hora del tiempo de traslado de la carga se refiere al costo de oportunidad por hora para la carga (o sea, lo que generaría de intereses si su valor económico se invirtiese en el mercado de dinero).

2.1.9 Refacciones

El programa expresa el consumo de refacciones por cada 1,000 veh-km (PC) en términos de un porcentaje del costo promedio del vehículo nuevo. El costo de las refacciones por cada 1,000 veh-km recorridos está dado por:

> Costo del consumo de refacciones por cada 1,000 veh-km = (PC / 100) x costo del vehículo nuevo.

El consumo de refacciones está en relación con la rugosidad del pavimento y la edad del propio vehículo.

2.1.10 Mano de Obra de Mantenimiento

El programa expresa los requerimientos de mano de obra de mantenimiento del vehículo por cada 1,000 veh-km (LH) en términos del número de horas de mano de obra para mantenimiento requeridas por cada 1,000 veh-km (LH). El costo de la mano de obra para mantenimiento del vehículo por cada 1,000 veh-km recorridos está dado por:

> Costo de la mano de obra para mantenimiento del vehículo por cada 1,000 veh-km = LH x costo de la mano de obra por hora.

El costo de la mano de obra se refiere fundamentalmente a salarios por este concepto.

2.1.11 Depreciación del Vehículo

El programa expresa la depreciación por cada 1,000 veh-km (DEP) mediante un porcentaje del costo promedio del vehículo nuevo. El costo de la depreciación por cada 1,000 veh-km recorridos queda determinado como sigue:

> Costo por 1,000 veh-km = (DEP / 100) x costo del vehículo nuevo

A su vez, el término DEP es igual a:

> DEP = (1,000 ADEP) / AKM; donde ADEP es el porcentaje de depreciación anual promedio y se calcula como el inverso de la vida del vehículo en años, multiplicado por 100; y AKM es el número promedio de kilómetros recorridos por año.

2.1.12 Costos del Interés

El programa expresa los intereses cobrados por cada 1,000 veh-km (INT) mediante un porcentaje del costo promedio del vehículo nuevo. El costo del interés por cada 1,000 veh-km queda determinado como sigue:

> Costo de los intereses por cada 1,000 veh-km = (INT / 100) x costo del vehículo nuevo.

A su vez, el término INT es igual a:

> INT = (1,000 AINT) / AKM; donde AINT es igual a la mitad de la tasa anual de interés (en porcentaje) pagada sobre el precio de compra del

vehículo nuevo; y AKM es el número promedio de kilómetros recorridos por año.

2.1.13 Costos Indirectos

El programa expresa los indirectos por cada 1,000 veh-km (OVER) mediante la suma explícita de los costos indirectos por veh-km. El costo por indirectos por cada 1,000 veh-km recorridos queda determinado como sigue:

Costo por indirectos por cada 1,000 veh-km = OVER / 1,000.

Los costos anteriores incluyen el aseguramiento de vehículos, costos de oficinas, gastos administrativos, etc.

2.2 Selección de Vehículos

Se efectúa con base en las siguientes dos fuentes de información.

2.2.1 Registros de la Dirección General de Autotransporte Federal

El Autotransporte Federal de carga registró para 1998 una flota vehicular que ascendió a 312,117 vehículos de los cuales el 64.6% corresponden a unidades motrices y el restante 35.4% a unidades de arrastre (Referencia 2.2). La Tabla 2.1 muestra, para ambas categorías anteriores, el número de unidades registradas en la Dirección General de Autotransporte Federal (DGAF) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) en 1998. En esta tabla puede notarse que el mayor número de unidades registradas que circulan por las carreteras de nuestro país, corresponde a la unidad motriz T-3 (tracto camión de tres ejes); de la misma forma, la unidad de arrastre con mayor número de unidades registradas en la DGAF es la del tipo S-2 (semirremolque de dos ejes).

En lo que respecta a la productividad del autotransporte de carga para el año de 1998, se estima que movilizó 380.8 millones de toneladas, siendo la T-3 la clase de unidad motriz más utilizada para transportar la carga, tanto en número de toneladas como de toneladas-km. La Tabla 2.2 muestra la contribución de las distintas unidades motrices al transporte de toneladas y toneladas-km movidas por el autotransporte público federal. La Figura 2.1 ilustra la contribución porcentual de dichas unidades al movimiento de toneladas. Tanto en la tabla como en la figura anteriores, destaca la participación de las unidades motrices T-3.

Tabla 2.1
Flota Vehicular de Carga por Tipo de Unidad

TIPO DE UNIDAD	NOMEN-CLATURA	TOTAL NACIONAL		%
UNIDADES MOTRICES			***201,587***	***64.6***
CAMION DE DOS EJES	C-2	49,486		
CAMION DE TRES EJES	C-3	46,985		
CAMION DE CUATRO EJES	C-4	166		
TRACTOCAMION DE DOS EJES	T-2	1,375		
TRACTOCAMION DE TRES EJES	T-3	103,575		
UNIDADES DE ARRASTRE			***110,530***	***35.4***
SEMIRREMOLQUE DE UN EJE	S-1	1,083		
SEMIRREMOLQUE DE DOS EJES	S-2	65,386		
SEMIRREMOLQUE DE TRES EJES	S-3	42,968		
SEMIRREMOLQUE DE CUATRO EJES	S-4	65		
SEMIRREMOLQUE DE SEIS EJES	S-6	17		
REMOLQUE DE DOS EJES	R-2	580		
REMOLQUE DE TRES EJES	R-3	373		
REMOLQUE DE CUATRO EJES	R-4	52		
REMOLQUE DE SEIS EJES	R-6	6		
TOTAL			***312,117***	***100.0***

Tabla 2.2
Participación de las Distintas Unidades Motrices en el Transporte Nacional de Toneladas y Toneladas-Km de Carga

UNIDADES MOTRICES	TONELADAS (MILES)	TONELADAS-KM (MILES)
C-2	51,069	9'192,519
C-3	72,733	16'364,876
C-4	299	74,948
T-2	2,838	1'135,200
T-3	253,862	152'317,395
TOTAL	**380,801**	**179'084,938**

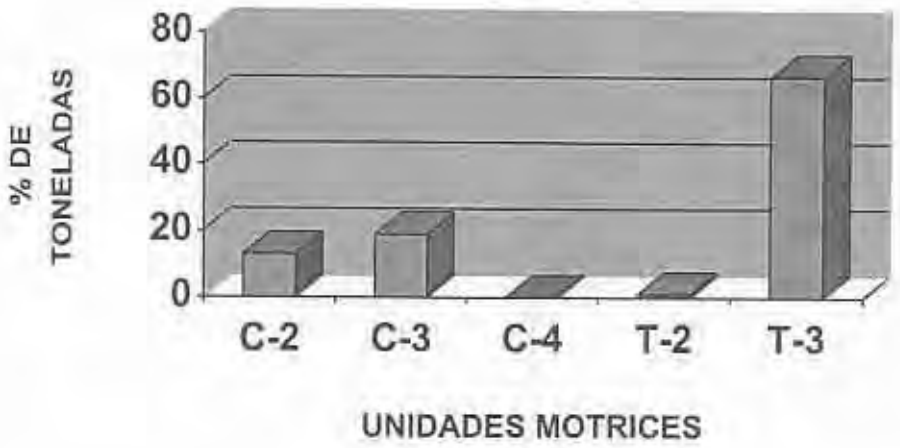


Figura 2.1
Contribución Porcentual de las Distintas Unidades Motrices en el Movimiento de Toneladas de Carga

2.2.2 Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional

Otras fuentes (Referencias 2.3 y 2.4) reportan los porcentajes de participación en el transporte de toneladas-km de carga indicados en la Tabla 2.3, para las distintas configuraciones vehiculares autorizadas en Carreteras Federales por el Reglamento vigente de Pesos y Dimensiones Máximos (Referencia 2.5). Esta tabla confirma los resultados ya reportados sobre la participación de las distintas unidades motrices, haciendo a la vez evidente que, de todas las configuraciones autorizadas por el Reglamento anterior, las 5 indicadas en esta tabla son las que más contribuyen al movimiento de toneladas-km. Puede observarse en la tabla que las mayores participaciones corresponden a las configuraciones T3-S2 y T3-S3, con porcentajes relativamente similares.

Se selecciona al T3-S2 para las condiciones de operación de plena carga (hasta donde permite el peso máximo autorizado por el Reglamento a esta configuración) y en vacío, como casos de referencia para la mayoría de los análisis que serán efectuados. Lo anterior, considerando las participaciones relativas ya mencionadas de las configuraciones, así como otras ventajas de carácter económico-operativo del T3-S2 (p. ej. observa una mucho menor frecuencia de violaciones al Reglamento de Pesos Máximos que el T3-S3, es la configuración que más participa en el comercio internacional con Estados Unidos (Referencia 2.3), etc.). En la sección siguiente de

determinación de costos de operación vehicular (COV), se obtienen éstos para los casos de referencia así como para las condiciones de operación en vacío y de plena carga de todos los vehículos de carga más comunes (en la Tabla 2.3). A partir de esta información se obtienen factores de equivalencia en relación con los casos de referencia, para todos los vehículos y para ambas condiciones de operación.

Tabla 2.3
Participación de las Distintas Configuraciones en el Transporte Nacional de Toneladas-Km de Carga

TIPO DE VEHICULO	%	% CARGADOS	PESO CARGA (TON)	DISTANCIA MEDIA CON CARGA (KM)	DISTRIB. RELATIVA DE TON-KM TRANSPOR-TADAS	%
C-2	32.2	67.2	5.8	421.0	528.4	7.2
C-3	21.4	71.2	11.3	566.0	974.5	13.3
T3-S2	22.7	76.7	18.5	738.0	2,377.1	32.3
T3-S3	18.3	75.7	27.0	718.0	2,685.6	36.5
T3-S2-R4	2.8	78.4	38.9	726.0	620.0	8.4
Otros	2.6	72.2	14.9	591.0	165.3	2.2
	100.0				**7,350.8**	**100.0**

2.3 Análisis de Costos de Operación Vehicular

2.3.1 Casos de Referencia

Como ya se indicó, los casos de referencia seleccionados corresponden al T3-S2 en condiciones de operación de plena carga, así como en vacío. Para cada uno de estos dos casos, se ingresaron en el programa VOC los costos unitarios correspondientes a los distintos conceptos señalados en la Sección 2.1 así como una serie de datos sobre las características físicas y operativas del vehículo y sus neumáticos. Los costos unitarios son precios actuales obtenidos del mercado, en tanto que las características físicas y operativas fueron tomadas de estudios anteriores (Referencias 2.6 y 2.7). El conjunto de todos los costos y datos ingresados para la condición de plena carga de este vehículo, se reporta en el Anexo A. Como es evidente en este anexo, para la condición de plena carga se ingresó el dato de "carga

transportada" igual a 28.8 ton, que junto con el "peso del vehículo vacío" de 15.2 ton, hacen un peso bruto vehicular total de 44 ton, el cual es el máximo permitido a esta configuración vehicular por el Reglamento de Pesos y Dimensiones vigente (Referencia 2.5). Evidentemente, para la condición de operación en vacío, se ingresó en el programa una "carga transportada" igual a 0 ton.

Algunos estudios anteriores han demostrado que existe una correlación muy estrecha entre el COV y la velocidad de operación (VO) (Referencias 2.6 y 2.7). Ha sido también demostrado que, además del peso de la "carga transportada" (variable que ya está tomada en cuenta en la condición de plena carga o en vacío), las características relevantes de este estudio que más influyen en la VO de un vehículo de carga en un segmento carretero corto (p. ej. de 500 m, que es la longitud de los segmentos en que se dividirá la Red de interés para este estudio) de todo un trayecto, son: la pendiente del segmento (M); su curvatura (Q), medida por el cociente de la suma de los valores absolutos de las deflexiones de las curvas a lo largo del segmento entre la longitud del mismo; la calidad de la superficie de rodamiento, que puede medirse mediante el Indice Internacional de Rugosidad (IRI) (Referencia 2.8); el límite de velocidad (LV) y el nivel de servicio o saturación (S), que es un reflejo del cociente de la intensidad del flujo vehicular entre la capacidad efectiva del segmento (Referencia 2.9).

A partir de los resultados anteriores, el enfoque que se seleccionó para este trabajo fue el de generar, utilizando el VOC con los datos de entrada en el Anexo A, un conjunto de valores de COV y VO correspondientes a diferentes combinaciones de distintos niveles de las variables M, Q, IRI y LV. Esto fue realizado primero para el T3-S2 a plena carga y luego en vacío. La Tabla 2.4 presenta los niveles seleccionados para estas variables. Puede observarse que en tanto para las variables Q, IRI y LV se escogieron tres niveles (bajo, medio y alto), para la variable M fue necesario seleccionar un nivel intermedio adicional correspondiente a una pendiente descendente ligera de –2, con el fin de tomar en cuenta específicamente el comportamiento en esta condición, para la que el vehículo es menos demandado por contar con la inercia a su favor, pero sin tener aún grandes requerimientos de frenado. Con los distintos niveles en la tabla para las diferentes variables, se obtienen un total de 108 combinaciones (4 x 3 x 3 x 3) para cada condición de operación. Para todas estas combinaciones, en el Anexo B se reportan los valores de COV y VO generados con el VOC para ambos casos de referencia.

Tabla 2.4
Niveles Seleccionados para las Variables

Variables	Niveles			
	Bajo	Medio		Alto
Pendiente **M** (%)	-6	-2	0	6
Curvatura **Q** (°/km)	0	500		1,000
Rugosidad **IRI** (IRI)	2	7		12
Límite de Velocidad **LV** (km/h)	10	60		110

De las diferentes alternativas de integración de la información anterior (ingreso directo de la base de datos en el Anexo B, programación, etc.) al Sistema de Información Geográfica (SIG) que será desarrollado para la Red de interés de este estudio (Red de Carreteras Federales del Estado de Veracruz), por razones prácticas se seleccionó que dicha integración se realizase a través de ecuaciones de interpolación obtenidas mediante regresión lineal múltiple, condicionando esto a que las mismas se ajustasen adecuadamente a los datos en el Anexo B. Por esta razón, con base en los datos en el anexo, se generaron para ambos casos de referencia, una ecuación de regresión para la relación del COV contra la VO y otra para la relación de la VO contra las variables M, Q, IRI y LV. Asimismo, para ambos casos, se decidió incluir el efecto del nivel de servicio (S) mediante un factor de reducción de la VO para niveles inferiores al A. Este factor se calculará mediante otra ecuación de regresión, generada a partir de información contenida en el Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (Referencia 2.9). Todos los análisis para la obtención de las ecuaciones de regresión fueron realizados utilizando el programa Excel (Referencia 2.10).

En varios de ellos (Ecuaciones 2.2, 2.4 y 2.5, abajo), se realizaron transformaciones logarítmicas o exponenciales de las variables originales (la dependiente y las independientes).

Aunque los COV generados con el programa VOC (Anexo B) son en pesos del 2000, se prefirió que el COV en las ecuaciones de regresión de COV contra VO fuese en dólares, con el fin de que las cifras monetarias mostradas en lo sucesivo en este trabajo sean más estables con el tiempo. La paridad utilizada para realizar las conversiones correspondientes es de 9.5 pesos por dólar.

Para el caso del T3-S2 a plena carga, las mejores ecuaciones de interpolación obtenidas son como sigue.

Para la VO contra las variables M, Q, IRI y LV:

$$\mathbf{VO = 10.3235 - 1.9331\,M + 0.6137\,LV - 0.03411\,IRI\,LV + 0.00219\,M\,Q - 0.000361\,Q\,LV + 0.0000295\,IRI\,Q\,LV - 0.0000196\,M\,Q\,LV} \qquad \textit{Ec. 2.1}$$

donde:

VO es la velocidad de operación (en kilómetros/h)
M es la pendiente (en %)
Q es la curvatura del segmento (en grados/km)
IRI es el Indice Internacional de Rugosidad (en m/km)
LV es el límite de velocidad (en kilómetros/h)

La ecuación anterior se obtuvo con un coeficiente de determinación R^2 (indicativo de la calidad del ajuste) de 0.87.

Para el COV contra la VO:

$$\mathbf{COV = 1{,}000 + e^{-53.695}\,(300 - VO)^{10.903}} \qquad \textit{Ec. 2.2}$$

donde:

COV es el COV por cada 1000 veh-km (en dólares/1000 veh-km)
e es la base de los logaritmos naturales, es decir, 2.71828
VO es como ya se definió

La ecuación anterior se obtuvo con un R^2 de 0.93.

Para el caso del T3-S2 en vacío, las mejores ecuaciones de interpolación obtenidas son como se indica enseguida.

Para la VO contra las variables M, Q, IRI y LV:

$$VO = 10.6633 + 0.7754\ LV - 0.04401\ IRI\ LV - 0.03458\ M\ LV - 0.000399\ Q\ LV + 0.00302\ IRI\ M\ LV + 0.0000334\ IRI\ Q\ LV + 0.0000343\ M\ Q\ LV - 0.00000312\ IRI\ M\ Q\ LV \qquad \textit{Ec. 2.3}$$

donde:

todas las variables son como ya fueron definidas.

La ecuación anterior se obtuvo con un R^2 de 0.94.

Para el COV contra la VO:

$$COV = 1{,}000 + e^{-48.165}(300 - VO)^{9.896} \qquad \textit{Ec. 2.4}$$

donde:

todas las variables ya fueron definidas.

La ecuación anterior se obtuvo con un R^2 de 0.90.

La relación obtenida para tomar en cuenta el efecto en la VO de niveles de servicio menores que A, es:

$$FV = [\ 2.67\ (S + 0.8)^{0.0663}\ ] - 2 \qquad \textit{Ec. 2.5}$$

donde:

FV es el factor de reducción de la VO para niveles de servicio inferiores al A
S es igual a 5 si el nivel de servicio es A, 4 si es B, 3 si es C, 2 si es D, 1 si es E y 0.1 si es F

La ecuación anterior se obtuvo con un R^2 de 1.

La cercanía con 1 de los R^2 de todas las ecuaciones anteriores, indica que las mismas se ajustaron muy bien a los datos a partir de los cuales fueron generadas. Lo anterior valida que dichas ecuaciones puedan ser utilizadas para integrar la información de COV al SIG que será desarrollado más adelante.

2.3.2 Otros Casos

Las 108 corridas del VOC fueron también efectuadas para los casos de plena carga y en vacío de las otras configuraciones vehiculares consideradas (C2, C3, T3-S3 y T3-S2-R4). En el Anexo B se reportan los valores de COV y VO obtenidos para ellas. Como los COV de plena carga de estas configuraciones correlacionaron muy bien con los COV de plena carga del T3-S2 y como lo mismo sucedió para la condición en vacio, se decidió considerar dichas configuraciones en este trabajo a través del desarrollo de un conjunto de factores para obtener sus COV a partir de los del T3-S2. La Tabla 2.5 muestra el mejor conjunto de estos factores, generado con base en la información en el anexo. Como puede observarse en la tabla, para cada configuración se reportan dos factores, uno para la condición de plena carga y otro para la condición en vacío. Esto obedece a que (de acuerdo con la información en el Anexo B) el comportamiento del COV para un mismo vehículo entre esas dos condiciones, sí es significativamente diferente.

En la Tabla 2.5 es también evidente que los dos factores de cada vehículo son muy similares, por lo que en la última columna se presenta el promedio de ambos, el cual, con base en este resultado, puede utilizarse de manera global para cualquier porcentaje de llenado, a condición de que éste sea el mismo entre la configuración de referencia (T3-S2) y aquélla para la cual se obtiene el COV a partir del COV del T3-S2.

El resultado anterior sugiere la posibilidad de evaluar los COV para cualquier porcentaje de llenado, realizando la interpolación correspondiente entre los COV en vacío y de plena carga estimados mediante las ecuaciones antes mostradas. Este será el enfoque que se aplicará en análisis presentados más adelante. Con el fin de facilitar estas interpolaciones, la Tabla 2.6 reproduce, del Anexo A, los tonelajes de carga transportada asumidos en este trabajo para la condición de plena carga (100% de llenado) de las 5 configuraciones consideradas. Se muestran también en la tabla las taras (pesos propios en vacío) y los pesos brutos vehiculares de plena carga (máximos reglamentados) considerados en este trabajo.

Tabla 2.5
Factores de Relación del COV de Diferentes Tipos de Vehículos en relación con el T3-S2

CONFIGURACIÓN	Factor de Relación del COV de cada Configuración entre el del T3-S2		
	CONDICION DE PLENA CARGA	CONDICION EN VACIO	PROMEDIO
C2	0.537	0.521	0.529
C3	0.599	0.581	0.590
T3-S3	1.063	1.061	1.062
T3-S2-R4	1.289	1.241	1.265

Tabla 2.6
Tara, Tonelaje Máximo de Carga y Peso Bruto Vehicular Máximo Considerados para las Configuraciones

CONFIGURACIÓN	TARA (Ton)	TONELAJE MAXIMO DE CARGA (Ton)	PESO BRUTO VEHICULAR MAXIMO (Ton)
C2	4.1	13.4	17.5
C3	8.3	17.7	26.0
T3-S2	15.2	28.8	44.0
T3-S3	18.8	29.7	48.5
T3-S2-R4	23.9	42.6	66.5

Rerefencias

2.1 *The Highway Design and Maintenance Standards Series, VOC Model, Versión 3.0.* The World Bank, Washington, D.C., 1989.

2.2 *Estadística Básica del Autotransporte Federal.* Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Dirección General de Autotransporte Federal. 1998.

2.3 Gutiérrez H., J. L., A. Mendoza D. y P. Dontchev K. *Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional. Análisis Estadístico de la Información Recopilada en las Estaciones Instaladas en 1995 y 1996.* Instituto Mexicano del Transporte. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Documento Técnico No. 20. Querétaro. México. 1999.

2.4 Mendoza D., A. y J. G. Reyes G. *Estudio de Pesos y Dimensiones de los Vehículos que Circulan Sobre las Carreteras Nacionales. Impactos Económicos de la Reglamentación y el Control de Pesos.* Instituto Mexicano del Transporte. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Publicación Técnica No. 51. Querétaro. México. 1994.

2.5 *Reglamento Sobre el Peso, Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que Transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal.* Secretaría de Comunicaciones y Transportes. 1997.

2.6 Aguerrebere S., R. y F. Cepeda N. *Elementos de Proyecto y Costos de Operación en Carreteras.* Instituto Mexicano del Transporte. Publicación Técnica No. 20. Querétaro, México; 1991.

2.7 Aguerrebere S., R. y F. Cepeda N. *Estado Superficial y Costos de Operación en Carreteras.* Instituto Mexicano del Transporte. Publicación Técnica No. 30. Querétaro, México; 1991.

2.8 Arriaga P., M. C. *Indice Internacional de Rugosidad, Aplicación en la Red Carretera de México.* Instituto Mexicano del Transporte. Publicación Técnica No. 108. Querétaro, México; 1998.

2.9 *Manual de Capacidad de Carreteras. Highway Capacity* Manual. Transportation Research Board. National Research Council. Washington D.C. 1985.

2.10 *Excel 97.* Microsoft Corporation, Inc.

3 Desarrollo 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 Veracruz, que permitirá generar los distintos tipos de análisis de COV del transporte de carga que son objeto de este trabajo. El sistema se generará integrando en el Sistema Geográfico de Información (SGI) denominado ArcView [Referencia 3.1] un conjunto de datos de dicha fracción, tales como representación cartográfica, clasificación y nomenclatura de carreteras, aforos y composición vehicular e información de las características físicas y operativas de las mismas. La fracción de la Red de Carreteras Federales en el Estado de Veracruz tiene una longitud de 3,186.9 kilómetros (alrededor de 7% de la longitud de la Red Federal Básica total, como se indica más adelante). La información que se maneja en este trabajo corresponde, en general, al año 2000.

3.1 Generación de la Representación Cartográfica

3.1.1 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 (GPS) 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) [Referencia 3.2]. 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 [Referencia 3.3]. Este 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 especifica.

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. Estos 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 ("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.

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

- "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.

- "Fver.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: libre de dos carriles, libre de cuatro carriles, de cuota de dos carriles y (IV) de cuota de cuatro carriles. Cabe aclarar que en el archivo "Fver.shp", originalmente importado del SIGET, cada elemento poligonal (o rasgo geográfico) es un segmento de carretera seleccionado arbitrariamente (sin ningún criterio en particular).

- "Ever.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 ("Veracruz.apr"), se obtuvo el mapa

que se ilustra en la Figura 3.1. 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.

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 ("Fver.shp"), al contorno del Estado de Veracruz ("Veracruz.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.

3.1.2 Segmentación e Integración de la Clasificación de las Carreteras Federales

Como ya se indicó, la mayoría de los análisis mostrados en este trabajo se basan en la agregación de los COV de elementos de 500 metros. Por esta razón, será fundamental la división de la Red bajo estudio en elementos o segmentos de esa longitud. Sin embargo, con el fin de expandir las posibilidades de análisis, será también necesario que el sistema maneje información a los siguientes otros 3 niveles territoriales: ruta, carretera y tramo. Por lo tanto, para cada uno de los 4 niveles anteriores, 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 "Fver.shp" de acuerdo con un nuevo sistema de elementos carreteros (de rutas, de carreteras, de tramos o de segmentos de 500 metros, en este caso). La segmentación para cada uno de los niveles anteriores fue preparada en una vista diferente (en todos los casos se utilizaron las herramientas de ArcView "Start Editing" del menú "Theme", "Union Feature" del menú "Edit" y algunas de las opciones del botón "Draw Line"). Enseguida se describe la generación de dichas segmentaciones o vistas.

Figura 3.1
Rasgos Geográficos Importados de ArcInfo

La primera segmentación elaborada fue la segmentación por tramos, derivándose a partir de ella las otras 3 segmentaciones (por rutas, por carreteras y por segmentos). 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) [Referencia 3.4], es decir, primero rutas, luego carreteras, luego tramos y finalmente segmentos de 500 metros. En ella, la Red Federal Básica, de alrededor de 50,000 kilómetros de longitud, se divide en 147 rutas, éstas en 561 carreteras y estas últimas en 2,538 tramos. El Estado de Veracruz contiene del orden del 7% de la Red Carretera Federal.

- Segmentación por Rutas. La Tabla 3.1 muestra las rutas a las que pertenece la Red de Carreteras Federales del Estado de Veracruz 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; 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 Veracruz registrada en ArcView es de 3,186.9 kilómetros. Esta segmentación fue almacenada dentro de la vista denominada "RUTAS", del proyecto "Veracruz.apr". El mapa en la Figura 3.2 ilustra la segmentación obtenida, indicándose con diferentes colores 18 distintas rutas identificadas.

- Segmentación por Carreteras. La Tabla 3.2 presenta las Carreteras Federales del Estado de Veracruz 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; 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 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 30 que es un identificador dado al Estado de Veracruz en la misma clasificación. En el último renglón de esta tabla se obtiene la misma longitud total de 3,186.9 kilómetros. Esta segmentación fue almacenada dentro de la vista denominada "CARRETERAS FEDERALES". El mapa en la Figura 3.3 ilustra la segmentación ahora obtenida, indicándose con diferentes colores 48 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 3.1
Rutas Nacionales a las que Pertenecen las Carreteras Federales del Estado de Veracruz

No.	RUTA (DGST)	NOMBRE DE LA RUTA	ID en Arc View	LONGITUD (km)
1	MEX-070	TAMPICO-TLALTENANGO DE SANCHEZ ROMAN	MEX-070	50.29
2	MEX-105	PACHUCA-TAMPICO	MEX-105	135.29
3	MEX-123	ORIZABA-ZONGOLICA	MEX-123	36.19
4	MEX-125	TEHUACAN-PINOTEPA NACIONAL	MEX-125	118.74
5	MEX-127	MARTINEZ DE LA TORRE-TEMPOAL	MEX-127	148.81
6	MEX-129	AMOZOC-NAUTLA	MEX-129	117.80
7	MEX-130	MEXICO-POZA RICA	MEX-130	104.48
8	MEX-131	TEZIHUTLAN-PEROTE	MEX-131	31.31
9	MEX-136	MEXICO-ZACATEPEC	MEX-136	42.82
10	MEX-140	PUEBLA-VERACRUZ	MEX-140	187.84
11	MEX-145-D	LA TINAJA-CINTALAPA	MEX-145-D	421.08
12	MEX-147	TUXTEPEC-PALOMARES	MEX-147	50.05
13	MEX-150-D	MEXICO-VERACRUZ	MEX-150-D	367.37
14	MEX-172	MINATITLAN-COATZACOALCOS	MEX-172	26.85
15	MEX-175	BUENAVISTA-PUERTO ANGEL	MEX-175	113.56
16	MEX-179	MITLA-SANTIAGO TUXTLA	MEX-179	116.63
17	MEX-180	MATAMOROS-PUERTO JUAREZ	MEX-180	1,111.93
18	MEX-185	COATZACOALCOS-SALINA CRUZ	MEX-185	5.83
		LONGITUD TOTAL		**3,186.88**

Figura 3.2
Segmentación de la Red Carretera Federal del Estado de Veracruz a Nivel de Rutas

Tabla 3.2
Carreteras Federales que Pertenecen al Estado de Veracruz

No.	Clave (DGST)	NOMBRE DE LA CARRETERA	IDENTIFICADO en Arc View	LONGITUD (km)	RUTA (DGST)
1	00113	PACHUCA – TEMPOAL	300011316	43.02	MEX-105
2	00138	CD. VALLES – TAMPICO	300013805	50.29	MEX-070
3	00144	PEROTE – NAUTLA	300014401	111.04	MEX-129
4	00147	COATZACOALCOS – SALINA CRUZ	300014701	136.89	MEX-180
5	00180	TUXTEPEC – ENT. PALOMARES	300018002	50.05	MEX-147
6	00301	CD. ALEMAN – SAYULA	300030103	106.69	MEX-145
7	00485	PUEBLA – CORDOBA	300048502	62.47	MEX-150-D
8	00486	ZACATEPEC – XALAPA	300048603	69.72	MEX-140
9	00528	COATZACOALCOS – VILLAHERMOSA	300052801	41.30	MEX-180
10	00529	TUXPAN – TAMPICO	300052901	190.24	MEX-180
11	00534	TEHUACAN – CORDABA	300053403	60.50	MEX-150
12	00608	TULANCINGO – TUXPAN	300060815	64.53	MEX-130
13	00624	BUENAVISTA-TUXTEPEC	300062401	113.56	MEX-175
14	30007	COATZACOALCOS-MINATITLAN (VIA ANTICAS)	303000701	26.85	MEX-172
15	30013	RAMAL A EL HIGO	303001301	11.97	MEX-105
16	30025	SANTIAGO TUXTLA – PLAYA VICENTE	303002501	116.63	MEX-179
17	30068	COSOLEACAQUE – SOTEAPAN	303006801	42.41	MEX-180
18	30075	POZA RICA – CAZONES	303007501	26.49	MEX-180
19	30132	TIHUATLAN – POTRERO DEL LLANO	303013201	55.75	MEX-127
20	30141	ALAZAN – TEMPOAL DE SANCHEZ	303014101	93.06	MEX-127
21	30142	TEMPOAL – CANOAS	303014201	80.31	MEX-105
22	30143	FORTÍN – CONEJOS	303014301	105.72	MEX-125
23	30145	POZA RICA – T.C.(TULANCINGO-TUXPAN)	303014501	2.74	MEX-180
24	30146	POZA RICA – VERACRUZ	303014601	243.85	MEX-180
25	30153	LA TINAJA - SANTA CRUZ	303015301	78.65	MEX-145
26	30193	TAMARINDO - JOSÉ CARDEL	303019301	13.99	MEX-180
27	30277	RAMAL A ANTON LIZARDO	303027701	15.11	MEX-150
28	30525	CORDABA - ENT. BOTICARIA	303052501	124.21	MEX-150
29	30526	JALAPA – VERACRUZ	303052601	118.12	MEX-140
30	30527	PASO DEL TORO – ACAYUCAN	303052701	227.36	MEX-180
31	30531	GUTIERREZ ZAMORA - LA GUADALUPE	303053101	25.02	MEX-180
32	30708	ORIZABA – ZONGOLICA	303070801	36.19	MEX-123
33	30726	RAMAL A LAS CHOAPAS	303072601	14.15	MEX-180
34	30730	T.C. (COATZACOALCOS-SALINA CRUZ) – NUEVO TEAPA	303073001	27.36	MEX-180
35	30741	ALTOTONGA – TLAPACOYAN	303074101	31.31	MEX-131
36	30743	TUXPAN - BARRA DE TUXPAN	303074301	10.60	MEX-180
37	30745	PASO DEL TORO - LAGUNA DE SAN JULIAN	303074501	31.98	MEX-180
38	5009	CORDOBA - ENT. LA TINAJA	305009001	105.08	MEX-150
39	5019	LIBRAMIENTO MARTINEZ DE LA TORRE	305019001	6.77	MEX-129
40	5049	LIBRAMIENTO TIHUATLAN	305049001	1.95	MEX-130
41	5055	LA TINAJA - X.C.(COATZACOALCOS-SALINA CRUZ)	305055001	228.10	MEX-145
42	5072	RAMAL A JESUS CARRANZA	305072001	5.83	MEX-185
43	5096	RAMAL AGUA DULCE	305096001	24.38	MEX-180
44	5109	T.C. (POZA RICA-BARRA DE CAZONES) – COBOS	305109001	38.00	MEX-130
45	5113	RAMAL EMILIANO ZAPATA	305113001	42.82	MEX-136
46	5126	RAMAL MANUEL GONZALEZ	305126001	13.03	MEX-125
47	5135	RAMAL NANCHITAL - LAS CHOAPAS	305135001	53.15	MEX-180
48	5151	RAMAL TEMASCAL (EN VERACRUZ)	305151001	7.64	MEX-145
		LONGITUD TOTAL =		**3,186.88**	

Figura 3.3
Segmentación de la Red Federal del Estado de Veracruz a Nivel de Carreteras

- Segmentación por Tramos. La Tabla 3.3 muestra los tramos de la Red Federal del Estado de Veracruz 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 3,186.9 kilómetros. Esta segmentación fue almacenada dentro de la vista denominada "TRAMOS". El mapa en la Figura 3.4 ilustra la segmentación ahora obtenida, indicándose con diferentes colores 145 tramos identificados.

- Segmentación por Segmentos de 500 Metros. Esta se obtuvo de segmentar cada uno de los tramos de la Red Federal del Estado en elementos de 500 metros. 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 3.5 ilustra una porción de la segmentación ahora obtenida. En la segmentación total se indicaron con diferentes colores 6,287 segmentos generados, de acuerdo con la longitud total de red manejada (3,186.9 Km.). En esta vista se ha adicionado un tema con las cabeceras municipales del Estado. Como ya se indicó en la sección de "INTRODUCCIÓN", la estimación de COV y la mayoría de los análisis realizados en este trabajo giran en torno a esta segmentación, por ser la de elementos más pequeños y que por lo mismo genera los resultados más precisos.

Tabla 3.3
Tramos de la Red Federal que Pertenecen al Estado de Veracruz

No.	NOMBRE DEL TRAMO	ID EN Arc View	LON-GITUD (km)	RUTA (DGST)	CARR. (DGST)
1	LIM. EDOS. HGO./VER. - T.C.(ALAZAN-TEMPOAL)	300011316	43.02	MEX-105	00113
2	LIM. EDOS. S.L.P./VER. - T. DER. PANUCO	300013805	20.01	MEX-070	00138
3	T. DER. PANUCO - T. IZQ. FUNDIDORA AUTLAN	300013806	19.61	MEX-070	00138
4	T. IZQ. FUNDIDORA AUTLAN - LIM. EDOS. VER./TAMPS.	300013807	10.68	MEX-070	00138
5	PEROTE – ALTOTONGA	300014401	22.37	MEX-129	00144
6	ALTOTONGA – JALACINGO	300014402	14.09	MEX-129	00144
7	JALACINGO - LIM. EDOS. VER./PUE.	300014403	1.21	MEX-129	00144
8	LIM. EDOS. PUE./VER. – TLAPACOYAN	300014405	12.51	MEX-129	00144
9	TLAPACOYAN - T. C. (POZA RICA-NAUTLA)	300014406	60.87	MEX-129	00144
10	COATZACOALCOS – MINATITLAN	300014701	21.39	MEX-180	00147
11	MINATITLAN – COSOLEACAQUE	300014702	8.01	MEX-180	00147
12	COSOLEACAQUE – JALTIPAN	300014703	9.74	MEX-180	00147
13	JALTIPAN – ACAYUCAN	300014704	19.07	MEX-180	00147
14	ACAYUCAN – SAYULA	300014705	10.17	MEX-180	00147
15	SAYULA - CAMPO NUEVO	300014706	25.92	MEX-180	00147
16	CAMPO NUEVO - T. DER. BENITO JUAREZ	300014707	1.97	MEX-180	00147
17	T.DER. BENITO JUAREZ - T.IZQ. COL. NUEVO MORELOS	300014708	20.58	MEX-180	00147
18	T.IZQ. COL. NUEVO MORELOS - T.IZQ. JESUS CARRANZA	300014709	9.98	MEX-180	00147
19	T.IZQ. JESUS CARRANZA - T.IZQ. SUCHILAPAN	300014710	8.94	MEX-180	00147
20	T.IZQ. SUCHILAPAN - LIM.EDOS. VER./OAX.	300014711	1.12	MEX-180	00147
21	LIM. EDOS. OAX./VER.-X.C.(PLAYA VICENTE-EL TOMATE)	300018002	8.40	MEX-147	00180
22	X.C.(PLAYA VICENTE-EL TOMATE)-LIM.EDOS.VER/OAX.	300018003	41.65	MEX-147	00180
23	LIM. EDOS. OAX./VER. - T. IZQ. TESECHOACAN	300030103	25.38	MEX-145	00301
24	T. IZQ. TESECHOACAN - X.C.(SANTIAGO TUXTLA - PLAYA VICENTE)	300030104	15.20	MEX-145	00301
25	X.C.(SANTIAGO TUXTLA - PLAYA VICENTE) – SAYULA DE ALEMAN	300030105	66.12	MEX-145	00301
26	LIM. EDOS. PUE./VER. - T. DER. CD. MENDOZA	300048502	31.01	MEX-150	00485
27	T. DER. CD. MENDOZA - T. IZQ. ORIZABA	300048503	13.39	MEX-150	00485
28	T. IZQ. ORIZABA – CORDOBA	300048504	18.08	MEX-150	00485
29	LIM. EDOS. PUE./VER. – PEROTE	300048603	17.67	MEX-140	00486
30	PEROTE - T.IZQ. MAGUEYITOS	300048604	8.37	MEX-140	00486
31	T. IZQ. MAGUEYITOS - 1A. T.IZQ. RAFAEL RAMIREZ	300048605	4.34	MEX-140	00486
32	1A. T. IZQ. RAFAEL RAMIREZ - 2A.T.IZQ. R. RAMIREZ	300048606	4.95	MEX-140	00486
33	2A. T. IZQ. RAFAEL RAMIREZ - T. DER. BANDERILLAS	300048607	26.98	MEX-140	00486
34	T. DER. BANDERILLAS – JALAPA	300048608	7.42	MEX-140	00486
35	COATZACOALCOS - X.C. (PAJARITOS – NANCHITAL)	300052801	6.60	MEX-180	00528
36	X.C.(PAJARITOS-NANCHITAL)-T.IZQ. AGUA DULCE	300052802	7.36	MEX-180	00528
37	T.IZQ. AGUA DULCE - LIM.EDOS. VER./TAB.	300052803	27.34	MEX-180	00528
38	TUXPAN - T. DER. POZA RICA	300052901	6.28	MEX-180	00529
39	T. DER. POZA RICA - T. DER. CHALAHUITES	300052902	16.29	MEX-180	00529
40	T. DER. CHALAHUITES - LA ALAJUELA	300052903	7.47	MEX-180	00529

Tabla 3.3
Tramos de la Red Federal que Pertenecen al Estado de Veracruz (Continuación)

No.	NOMBRE DEL TRAMO	ID EN Arc View	LON-GITUD (km)	RUTA (DGST)	CARR. (DGST)
41	LA ALAJUELA - POTRERO DEL LLANO	300052904	13.23	MEX-180	00529
42	POTRERO DEL LLANO - T.IZQ.CARR. (ALAZAN-TEMPOAL)	300052905	1.81	MEX-180	00529
43	T. IZQ. CARR. (ALAZAN-TEMPOAL) - CERRO AZUL	300052906	10.81	MEX-180	00529
44	CERRO AZUL – ZACAMIXTLE	300052907	8.56	MEX-180	00529
45	ZACAMIXTLE - T. IZQ. NARANJOS	300052908	15.34	MEX-180	00529
46	T. IZQ. NARANJOS - T. DER. LA LAJITA	300052909	19.08	MEX-180	00529
47	T. DER. LA LAJITA - T. DER. OZULUAMA	300052910	25.31	MEX-180	00529
48	T. DER. OZULUAMA - TAMPICO ALTO	300052911	53.60	MEX-180	00529
49	TAMPICO ALTO-X.(RIO PANUCO-LIM.EDOS. VER./TAMPS.)	300052912	12.46	MEX-180	00529
50	LIM. EDOS. PUE./VER. – ORIZABA	300053403	37.14	MEX-150	00534
51	ORIZABA – FORTIN	300053404	16.38	MEX-150	00534
52	FORTIN – CORDOBA	300053405	6.97	MEX-150	00534
53	LIM.EDOS. PUE./VER.-T.IZQ. CASTILLO DE TEAYO	300060815	22.80	MEX-130	00608
54	T.IZQ. CASTILLO DE TEAYO - T.IZQ. TIHUATLAN	300060816	7.83	MEX-130	00608
55	T.IZQ. TIHUATLAN – TUXPAN	300060817	33.90	MEX-130	00608
56	T.C. (PASO DEL TORO-ACAYUCAN)-COSAMALOAPAN	300062401	59.32	MEX-175	00624
57	COSAMALOAPAN - CD. ALEMAN	300062402	47.37	MEX-175	00624
58	CD. ALEMAN – LIM. EDOS. VER./OAX.	300062403	6.86	MEX-175	00624
59	COATZACOALCOS-MINATITLAN	303000701	26.85	MEX-172	30007
60	T.C. (TEMPOAL-CANOAS) - EL HIGO	303001301	11.97	MEX-105	30013
61	SANTIAGO TUXTLA-T.C.(CD.ALEMAN-SAYULA)	303002501	58.63	MEX-179	30025
62	T.C.(CD.ALEMAN-SAYULA)-ISLA	303002502	3.80	MEX-179	30025
63	ISLA-PLAYA VICENTE	303002503	47.76	MEX-179	30025
64	PLAYA VICENTE - X.C.(TUXTEPEC-T. PALOMARES)	303002504	6.44	MEX-179	30025
65	T.C. (COATZACOALCOS-SALINA CRUZ)-CHINAMECA	303006801	5.20	MEX-180	30068
66	CHINAMECA-SOTEAPAN	303006802	37.21	MEX-180	30068
67	POZA RICA-CAZONES	303007501	26.49	MEX-180	30075
68	TIHUATLAN-ALAMO	303013201	31.07	MEX-127	30132
69	ALAMO-T.C. (TUXPAN-TAMPICO)	303013202	24.68	MEX-127	30132
70	T.C.(TUXPAN-TAMPICO)-T.IZQ.CHICONTEPEC	303014101	48.17	MEX-127	30141
71	T.IZQ.CHICONTEPEC – TANTOYUCA	303014102	18.37	MEX-127	30141
72	TANTOYUCA – TEMPOAL	303014103	26.52	MEX-127	30141
73	TEMPOAL - T. IZQ. No. 2 TEMPOAL	303014201	3.99	MEX-105	30142
74	T. IZQ. No. 2 TEMPOAL - T. IZQ. EL HIGO	303014202	23.48	MEX-105	30142
75	T. IZQ. EL HIGO – PANUCO	303014203	38.96	MEX-105	30142
76	PANUCO - CASETA DE COBRO	303014204	4.88	MEX-105	30142
77	CASETA DE COBRO - T.C. (CD. VALLES – TAMPICO)	303014205	9.00	MEX-105	30142
78	FORTIN – COSCOMATEPEC	303014301	22.09	MEX-125	30143
79	COSCOMATEPEC – HUATUSCO	303014302	20.00	MEX-125	30143
80	HUATUSCO - T. IZQ. TOTUTLA	303014303	10.38	MEX-125	30143

Tabla 3.3
Tramos de la Red Federal que Pertenecen al Estado de Veracruz (Continuación)

No.	NOMBRE DEL TRAMO	ID EN Arc View	LON-GITUD (km)	RUTA (DGST)	CARR. (DGST)
81	T. IZQ. TOTUTLA – CONEJOS	303014304	53.25	MEX-125	30143
82	POZA RICA - T.C.(TULANCINGO-TUXPAN)	303014501	2.74	MEX-180	30145
83	T. C. (TULANCINGO-TUXPAN) – PAPANTLA	303014601	21.50	MEX-180	30146
84	PAPANTLA - T. IZQ. GUTIERREZ ZAMORA	303014602	26.78	MEX-180	30146
85	T.IZQ. GUTIERREZ ZAMORA-T.DER. MTZ. DE LA TORRE	303014603	41.41	MEX-180	30146
86	T. DER. MTZ. DE LA TORRE – NAUTLA	303014604	3.57	MEX-180	30146
87	NAUTLA - VEGA DE LA TORRE	303014605	26.14	MEX-180	30146
88	VEGA DE LA TORRE-T. DER. PLAN DE LAS HAYAS	303014606	38.49	MEX-180	30146
89	T.DER. PLAN DE LAS HAYAS-T. DER. ZEMPOALA	303014607	44.43	MEX-180	30146
90	T. DER. ZEMPOALA-T. DER. JOSE CARDEL	303014608	8.21	MEX-180	30146
91	T. DER. JOSE CARDEL – VERACRUZ	303014609	33.33	MEX-180	30146
92	LA TINAJA - T. IZQ. SAN JOAQUIN	303015301	14.64	MEX-145	30153
93	T. IZQ. SAN JOAQUIN - T. DER. EL AMATE	303015302	11.51	MEX-145	30153
94	T. DER. EL AMATE - TIERRA BLANCA	303015303	10.14	MEX-145	30153
95	TIERRA BLANCA - T. DER. EL TEMASCAL	303015304	14.61	MEX-145	30153
96	T. DER. EL TEMASCAL - T.C.(BUENAVISTA-TUXTEPEC)	303015305	27.74	MEX-145	30153
97	TAMARINDO-JOSE CARDEL	303019301	13.99	MEX-180	30193
98	T.C. (CORDOBA-ENT. BOTICARIA)-ANTON LIZARDO	303027701	15.11	MEX-150	30277
99	CORDOBA - KM 3	303052501	4.41	MEX-150	30525
100	KM. 3 – YANGA	303052502	12.54	MEX-150	30525
101	YANGA - T. DER. LIBRAMIENTO DE CUITLAHUAC (1ó ACCESO)	303052503	9.06	MEX-150	30525
102	T. DER. LIBRAMIENTO DE CUITLAHUAC (1ó ACCESO)-ENT. LA TINAJA	303052504	32.64	MEX-150	30525
103	ENT. LA TINAJA-T. DER. IGNACIO DE LA LLAVE	303052505	17.70	MEX-150	30525
104	T. DER. IGNACIO DE LA LLAVE-PASO DEL TORO	303052506	31.41	MEX-150	30525
105	PASO DEL TORO - ENT. LA BOTICARIA	303052507	16.47	MEX-150	30525
106	JALAPA - T. DER. COATEPEC	303052601	7.18	MEX-140	30526
107	T. DER. COATEPEC - DOS RIOS	303052602	8.74	MEX-140	30526
108	DOS RIOS - PLAN DEL RIO	303052603	20.75	MEX-140	30526
109	PLAN DEL RIO - T. IZQ. ACTOPAN	303052604	5.39	MEX-140	30526
110	T. IZQ. ACTOPAN - T. IZQ. CARDEL	303052605	15.30	MEX-140	30526
111	T. IZQ. CARDEL - T. DER. FORTIN	303052606	4.73	MEX-140	30526
112	T. DER. FORTIN – TOLOME	303052607	16.97	MEX-140	30526
113	TOLOME - T. DER. SOLEDAD DOBLADO	303052608	18.00	MEX-140	30526
114	T.DER. SOLEDAD DOBLADO - T.IZQ. BLVD. M. ALEMAN	303052609	12.77	MEX-140	30526
115	T. IZQ. BLVD. M. ALEMAN - ENT. BOTICARIA	303052610	2.15	MEX-140	30526
116	ENT. BOTICARIA – VERACRUZ	303052611	6.13	MEX-140	30526
117	PASO DEL TORO – SALINAS	303052701	25.72	MEX-180	30527
118	SALINAS - SANTIAGO TUXTLA	303052702	93.16	MEX-180	30527
119	SANTIAGO TUXTLA - CATEMACO	303052703	26.92	MEX-180	30527
120	CATEMACO - ACAYUCAN	303052704	81.55	MEX-180	30527

Tabla 3.3
Tramos de la Red Federal que Pertenecen al Estado de Veracruz (Continuación)

No.	NOMBRE DEL TRAMO	ID EN Arc View	LONGI-TUD (km)	RUTA (DGST)	CARR. (DGST)
121	GUTIERREZ ZAMORA-TECOLUTLA	303053101	11.07	MEX-180	30531
122	TECOLUTLA-LA GUADALUPE	303053102	13.95	MEX-180	30531
123	ORIZABA-ZONGOLICA	303070801	36.19	MEX-123	30708
124	T.C. (COATZACOALCOS-VILLAHERMOSA)-LAS CHOAPAS	303072601	14.15	MEX-180	30726
125	T.C. (COATZACOALCOS-SALINA CRUZ)-T. DER. MINATITLAN	303073001	1.99	MEX-180	30730
126	T DER. MINATITLAN - NUEVO TEAPA	303073002	25.37	MEX-180	30730
127	T.C. (PEROTE-NAUTLA)-ATZALAN	303074101	1.56	MEX-131	30741
128	ATZALAN-TLAPACOYAN	303074102	29.75	MEX-131	30741
129	TUXPAN-BARRA DE TUXPAN	303074301	10.60	MEX-180	30743
130	PASO DEL TORO-T.C. (JALAPA-VERACRUZ)	303074501	23.84	MEX-180	30745
131	T.C. (JALAPA-VERACRUZ)-T.C. (POZA RICA-VERACRUZ)	303074502	6.59	MEX-180	30745
132	T.C. (POZA RICA-VERACRUZ)-SAN JULIAN	303074503	1.56	MEX-180	30745
133	CORDOBA-ENT. LA TINAJA	305009001	52.60	MEX-150	5009
134	ENT. LA TINAJA – VERACRUZ	305009002	52.48	MEX-150	5009
135	LIBRAMIENTO MARTINEZ DE LA TORRE	305019001	6.77	MEX-129	5019
136	LIBRAMIENTO TIHUATLAN	305049001	1.95	MEX-130	5049
137	LA TINAJA- X.C.(COATZACOALCOS-SALINA CRUZ)	305055001	189.00	MEX-145	5055
138	X.C.(COATZACOALCOS-SALINA CRUZ) – COSOLEACAQUE	305055002	39.10	MEX-145	5055
139	RAMAL A JESUS CARRANZA	305072001	5.83	MEX-185	5072
140	RAMAL AGUA DULCE	305096001	24.38	MEX-180	5096
141	T.C. (POZA RICA-BARRA DE CAZONES)-COBOS	305109001	38.00	MEX-130	5109
142	RAMAL EMILIANO ZAPATA	305113001	42.82	MEX-136	5113
143	RAMAL MANUEL GONZALEZ	305126001	13.03	MEX-125	5126
144	RAMAL NANCHITAL-LAS CHOAPAS	305135001	53.15	MEX-180	5135
145	RAMAL TEMASCAL (EN VERACRUZ)	305151001	7.64	MEX-145	5151
	LONGITUD TOTAL =		**3,186.88**		

Figura 3.4
Segmentación de la Red Carretera Federal del Estado de Veracruz a Nivel de Tramos

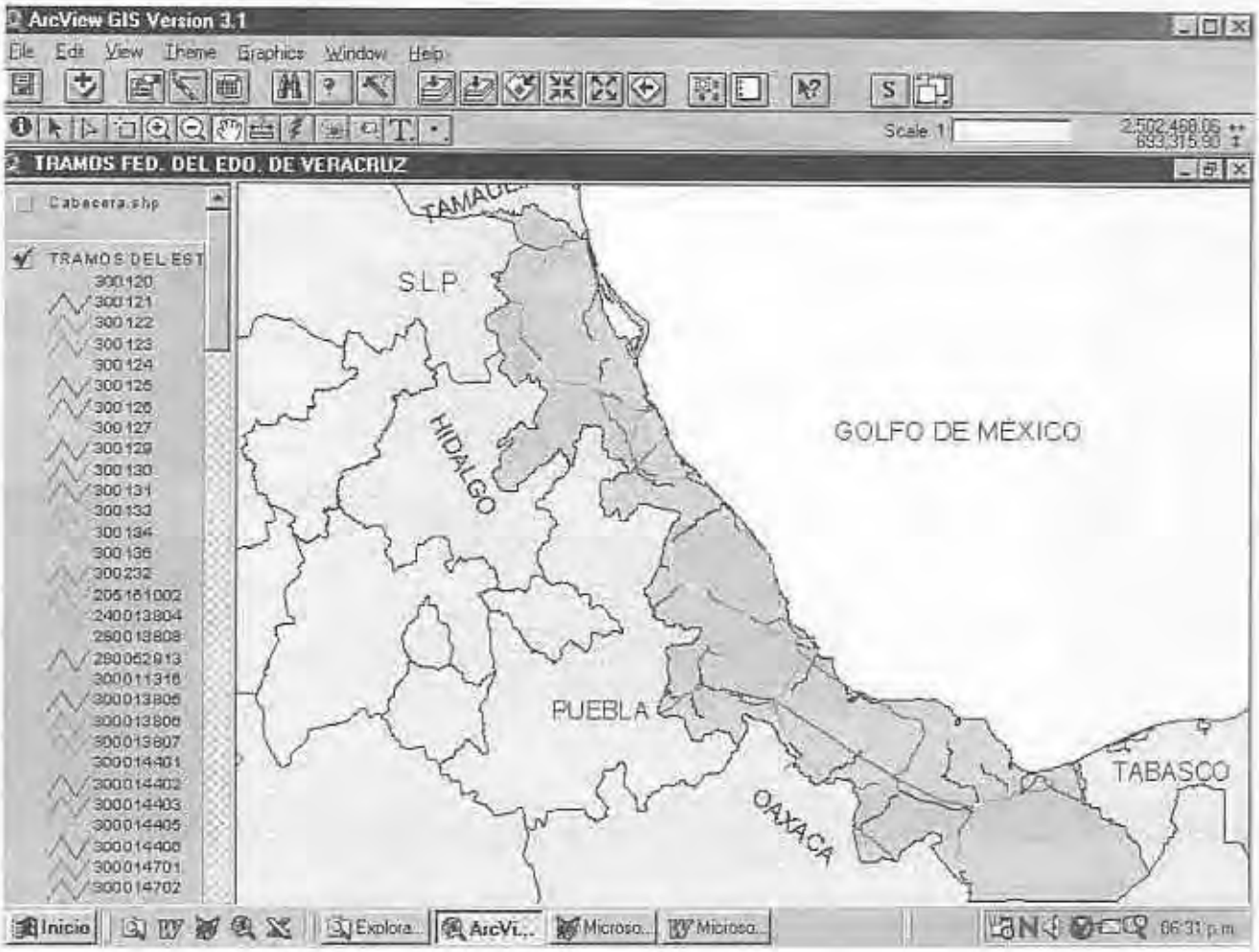
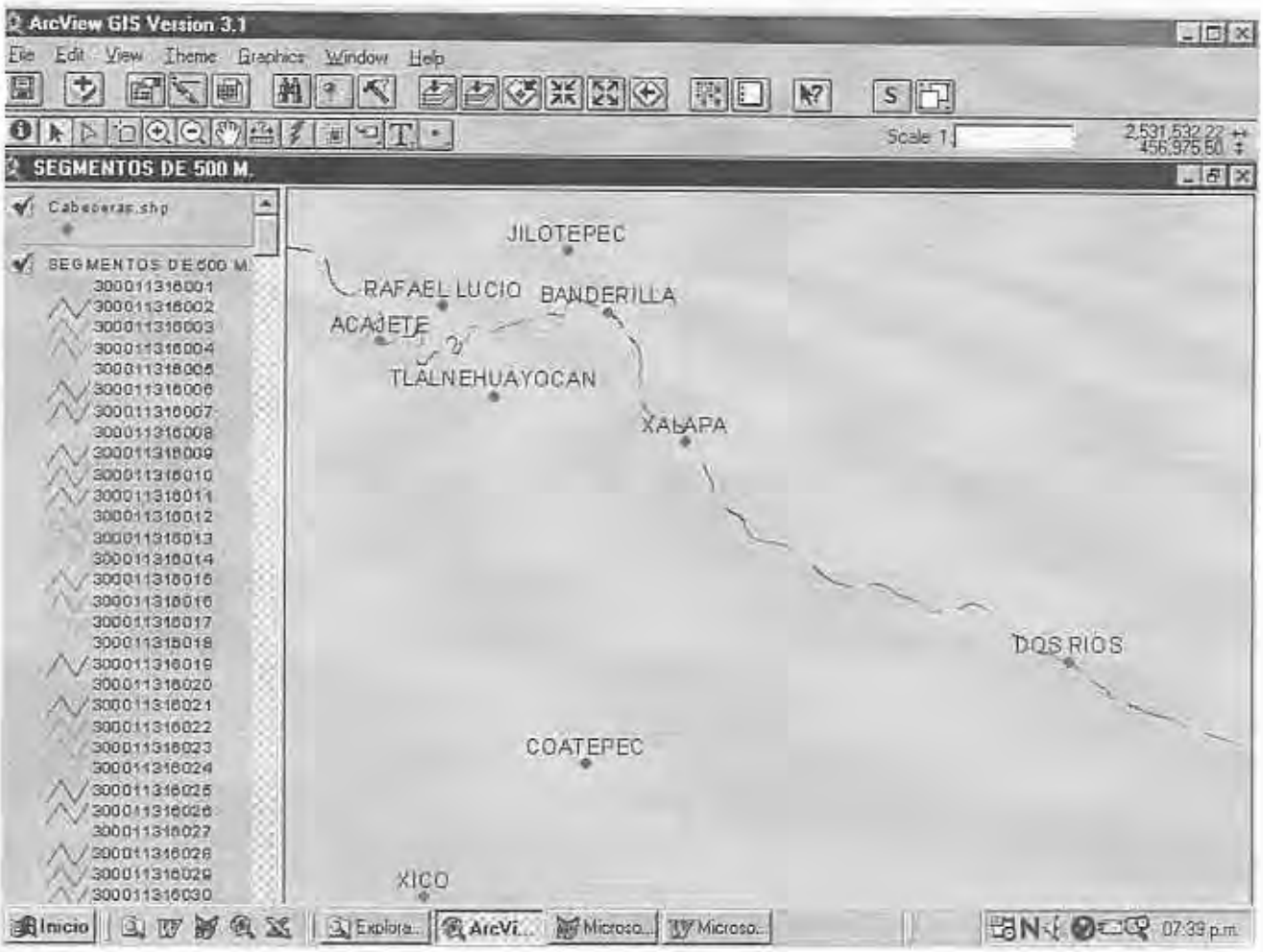


Figura 3.5
Porción de la Segmentación de la Red Carretera Federal del Estado de Veracruz a Nivel de Segmentos de 500 m



3.2 Integración de Archivos Electrónicos Tabulares

3.2.1 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 el 2000 [Referencia 3.4]. En realidad lo que se añadió a cada vista fue una ponderación por la longitud, de una serie de aforos e información de aforos y composición vehicular de la DGST que 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 3.4 ilustra la estructura de la base de datos de valores ponderados para los tramos. En este caso, la ponderación fue realizada en términos de las distancias de influencia de una serie de sitios de aforo (o puntos generadores). 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.

El capítulo siguiente muestra algunas aplicaciones de la información vinculada en las 4 segmentaciones consideradas.

Tabla 3.4
Estructura de la Base de Datos de Valores Ponderados de Aforo y Composición Vehicular para cada Elemento

CAMPO	NOMBRE	TIPO	ANCHO DE CAMPO	DESCRIPCION
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_2000	Carácter	6	Ponderación del TDPA 2000
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

3.2.2 Variables que Influyen en el COV

El siguiente paso consistió en la vinculación a la vista de segmentos de 500 metros, de las variables en las Ecuaciones 2.1 a 2.5 (Capítulo 2), a partir de las cuales puede calcularse el COV en cada segmento para el vehiculo de referencia (T3-S2). Este proceso se describe como sigue.

Pendiente

La información de las pendientes de las Carreteras Federales del Estado de Veracruz fue obtenida a partir de la Residencia General de Conservación de Carreteras del Centro SCT en ese Estado [Referencia 3.5]. Con base en esta información proporcionada, se generó un archivo electrónico del manejador de bases de datos Visual Fox Pro [Referencia 3.6], conteniendo para cada segmento (según su identificador de ArcView) la pendiente del mismo en la dirección en que fue viajado durante el proceso de levantamiento en campo (con GPS) del inventario carretero del SIGET [Referencia 3.2]. Este archivo fue elaborado exportando primero en el formato DBASE, la tabla de atributos del Tema de Segmentos de 500 metros (mediante la herramienta "Export" del menú "File" de tablas de atributos), integrando posteriormente a ésta las pendientes y vinculándola de vuelta (con base en el identificador de segmentos) al tema de la segmentación por elementos de 500 metros mediante la herramienta "Join" (del menú "Table").

Curvatura

La información de curvatura horizontal que las Ecuaciones 2.1 a 2.5 utilizan para el cálculo de los COV es la misma que la que el programa VOC usa para el mismo fin. En un segmento carretero determinado, esa información corresponde a la suma de los valores absolutos de las deflexiones de las curvas en dicho segmento entre la longitud del mismo.

Como la mejor información sobre el alineamiento horizontal de las carreteras con que se cuenta actualmente en México es la proveniente del SIGET, se decidió evaluar la información anterior a partir del trazo horizontal de las carreteras contenido en la segmentación por elementos de 500 metros.

Para cada segmento de 500 metros, el dato requerido fue aproximado, asumiendo que cada segmento es una porción de circunferencia, con longitud de curva (LC) de alrededor de 500 metros (proporcionada de manera exacta por ArcView) y cuerda definida por la línea recta que une los puntos de inicio y terminación de esa porción de circunferencia. La longitud de esta cuerda (C) fue evaluada a partir de las coordenadas de dichos

puntos, obtenidas de los archivos de ArcInfo del (SIGET) [Referencia 3.3]. Evidentemente, la aproximación anterior es mejor entre más cortos son los segmentos. Para el caso de las carreteras, dicha aproximación se juzgó adecuada para la longitud de segmento de 500 metros. De esta manera, combinando tres ecuaciones del trazo geométrico de curvas simples horizontales en carreteras [longitud de cuerda (C) en función de radio (R), longitud de curva (LC) en función de deflexión (Δ) y grado de curvatura (G), y radio (R) en función de grado de curvatura (G)], fue posible obtener la siguiente solución de forma abierta para el cálculo del parámetro requerido Q (=Δ/LC) de cada segmento:

$$Q = (\Delta/LC) = [1146/(10*C)] * Sen\ [(\Delta/LC)*(LC/2)] \qquad \textit{Ec. 3.1}$$

En la expresión anterior, todos los parámetros ya han sido definidos. Asimismo, el término *Sen* se refiere a la función seno. En dicha expresión, C y LC son conocidos para todos los segmentos, pudiéndose valuar Q (=Δ/LC) por iteraciones.

El parámetro Q fue calculado para todos los segmentos según los principios anteriores, mediante un programa en el lenguaje del manejador de bases de datos Visual Fox Pro [Referencia 3.6]. El resultado final de este proceso fue una base de datos, conteniendo para cada segmento (según su identificador de ArcView) su correspondiente valor de Q. Como C y LC fueron ingresados en el proceso anterior en metros, se generaron valores de Q en grados por metro, los cuales debieron ser convertidos posteriormente a grados por kilómetro, que es la unidad en la que se ingresa dicho parámetro en el VOC y en las Ecuaciones 2.1 a 2.5 para el cálculo de los COV. La base de datos con los valores de Q en grados por kilómetro fue posteriormente vinculada al tema de la segmentación por elementos de 500 metros, de la misma manera que para el caso de las pendientes.

Indice Internacional de Rugosidad

Se obtuvo de la Unidad General de Servicios Técnicos del Centro SCT en el Estado de Veracruz [Referencia 3.7], la Calificación de Servicio Actual (CSA) del pavimento de todas las Carreteras Federales del Estado. Como las Ecuaciones 2.1 a 2.5, así como el programa VOC, usan Indice Internacional de Rugosidad (IRI) en vez de CSA para evaluar los COV, la información proporcionada tuvo que ser transformada primero a IRI, utilizándose para ello la siguiente expresión:

$$IRI = 12 - [(11/5) * CSA] \qquad \textit{Ec. 3.2}$$

En la expresión anterior, todos los parámetros ya han sido definidos.

La información de IRI así obtenida, fue posteriormente procesada de manera similar que para el caso de las pendientes, para vincularla a nivel de segmentos de 500 metros al tema de la segmentación correspondiente.

Limite de Velocidad

De acuerdo con el Reglamento de Tránsito de Carreteras Federales [Referencia 3.8] y prácticas de velocidad de operación de los conductores de camiones de carga [Referencia 3.9], se ingresaron a la vista de la segmentación por elementos de 500 metros como valores de límite de velocidad, 100 Km/h para segmentos de carreteras libres y 120 Km/h para segmentos de autopistas de cuota. Lo anterior fue efectuado utilizando las herramientas "Add Field" y "Calculate" del menú "Field" y "Query" del menú "Table" (de los menús de tablas de atributos).

Congestionamiento o Nivel de Servicio

Esta información para las Carreteras Federales del Estado de Veracruz, fue obtenida de la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) [Referencia 3.10] de la SCT, siendo procesada de manera similar que para el caso de las pendientes para vincularla a nivel de segmentos de 500 metros al tema de la segmentación correspondiente.

Cuotas de las Autopistas

La información de las cuotas cobradas en las autopistas y puentes de cuota del Estado de Veracruz, fue obtenida del Organismo Federal Paraestatal "Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE)" [Referencia 3.11]. Esta información se reproduce en la Tabla 3.5 y en la Tabla 3.6, respectivamente. En todos los casos, la cuota cobrada en un puente o tramo fue convertida a dólares (usando una paridad de 9.5 pesos por dólar) y prorrateada en términos de la longitud de sus segmentos componentes, procediéndose a vincular las cuotas por segmento así obtenidas (contenidas en una archivo de DBASE o formato de base de datos) a la segmentación por elementos de 500 metros, de manera similar que para el caso de las pendientes.

Tabla 3.5
Cuotas Cobradas en las Autopistas de Cuota del Estado de Veracruz
(Pesos Mexicanos)

					CARRETERAS											
Ruta	Id-carr	Nombre Carretera (ST)	Nombre Autopista	Tramo	A	B-2	B-3	B-4	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9
150	00485	Puebla-Córdoba (cuota)	Puebla-Orizaba	Puebla-Acatzingo	37	75	75	75	75	75	135	135	195	195	195	195
				Acatzingo-Esperanza	37	75	75	75	75	75	147	147	209	209	209	209
				Acatzingo-Orizaba	77	152	152	152	152	152	293	293	418	418	418	418
			Orizaba-Córdoba	Orizaba-Fortín	7	23	23	23	23	23	42	42	60	60	60	60
				Orizaba-Córdoba	15	37	37	37	37	37	64	64	88	88	88	88
150	5009	Córdoba-Veracruz (cuota)	Córdoba-Veracruz	Córdoba-Cuitláhuac	23	26	26	26	26	26	41	41	45	45	45	45
				Córdoba-La Tinaja	65	80	80	80	80	80	125	125	140	140	140	140
				La Tinaja-Paso del Toro	50	75	75	75	75	75	110	110	130	130	130	130
				Paso del Toro-Veracruz	10	15	15	15	15	15	20	20	25	25	25	25
				La Tinaja-Veracruz	60	90	90	90	90	90	130	130	155	155	155	155
180	30146	Poza Rica-Veracruz	Cardel-Veracruz	Cardel-Veracruz	25	40	40	40	40	40	40	95	95	140	140	140
				Veracruz-San Julián	8	19	19	19	19	19	19	38	38	44	44	44
			Libramiento Norponiente de Cardel		Incluido en la tarifa de Cardel-Veracruz											
145	5055	La Tinaja-Cosoleacaque (cuota)	La Tinaja-Cosoleacaque	La Tinaja-Cosamaloapan	95	135	135	135	135	135	225	225	285	285	285	285
				Cosamaloapan-Isla	20	35	35	35	35	35	45	45	60	60	60	60
				La Tinaja-Isla	115	170	170	170	170	170	270	270	345	345	345	345
				Isla-Cosoleacaque	110	155	155	155	155	155	260	260	315	315	315	315
				Isla-Acayucan	70	95	95	95	95	95	155	155	195	195	195	195
				Acayucan-Cosoleacaque	40	60	60	60	60	60	105	105	120	120	120	120
180	30730	T.C. (Coatzacoalcos-Salina Cruz)-Nuevo Teapa	Nuevo Teapa-Cosoleacaque		Incluida en el Puente Dovali Jaime											
130	00608	Tulancingo-Tuxpan	Tihuatlán-Tuxpan	Tihuatlán-Tuxpan	19	41	41	41	41	41	83	83	122	122	122	122
180	00528	Coatzacoalcos-Villahermosa	Cárdenas-Ent. Agua Dulce		En Construcción											

Tabla 3.6
Cuotas Cobradas en los Puentes de Cuota del Estado de Veracruz
(Pesos Mexicanos)

Nombre del Puente	A	B-2	B-3	B-4	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9
Alvarado	15	27	27	27	27	27	55	55	80	80	80	80
Caracol	15	27	27	27	27	27	55	55	80	80	80	80
Coatzacoalcos	10	20	20	20	20	20	39	39	58	58	58	58
Dovalí Jaime	10	20	20	20	20	20	38	38	60	60	60	60
Nautla	15	27	27	27	27	27	55	55	80	80	80	80
Pánuco	13	25	25	25	25	25	47	47	70	70	70	70
Papaloapan	15	27	27	27	27	27	55	55	80	80	80	80
Tampico	24	47	47	47	47	47	90	90	125	125	125	125
Tecolutla	15	27	27	27	27	27	55	55	80	80	80	80
Tlacotalpan	15	27	27	27	27	27	55	55	80	80	80	80
Tuxpan	Incluido en la tarifa de Tihuatlán-Tuxpan											

3.3 Integración de la Información de Costos de Operación

El último paso en la construcción del sistema consistió en integrar a la segmentación por elementos de 500 metros, las Ecuaciones 2.1 a 2.5 (desarrolladas en el capítulo anterior), con el fin de generar la información de costos de operación vehicular requerida para cada segmento. El proceso efectuado con este propósito consistió en exportar a un archivo electrónico en el formato DBASE (base electrónica de datos), la tabla de atributos del Tema de Segmentos (mediante la herramienta "Export" del menú "File" de tablas de atributos) y, con base en la información contenida en dicho archivo (pendiente, IRI, etc.), calcular las diferentes variables indicadas en la Tabla 3.7, utilizando las herramientas del manejador de bases de datos Visual Fox Pro [Referencia 3.6]. Esta última tabla muestra la estructura de la base de datos obtenida después de eliminarle los insumos de las Ecuaciones 2.1 a 2.5, quedándose sólo con los valores calculados. En ella figuran, además del identificador de cada segmento (ID_SEG):

- La velocidad de operación del vehículo de referencia (T3-S2) en condiciones de plena carga (100% de llenado), antes de afectarla por niveles de servicio menores que A, para la pendiente del segmento en la dirección en que fue viajado durante el levantamiento en campo (con GPS) del SIGET. Esta variable se denota como VO_SS_MP_L en la Tabla 3.7 y fue calculada mediante la Ecuación 2.1.

- La velocidad en el punto anterior, después de afectarla por niveles de servicio menores que A aplicando la Ecuación 2.5. Esta variable se denota como VO_CS_MP_L en la Tabla 3.7.

- El costo de operación por kilómetro para el T3-S2 en condiciones de plena carga, para la pendiente del segmento en la dirección de levantamiento del SIGET. Esta variable se denota como COV_MP_L_K en la Tabla 3.7 y fue calculada mediante la Ecuación 2.2.

- El costo de operación del T3-S2 para el segmento, obtenido de multiplicar el costo en el punto anterior por la longitud del segmento (en kilómetros). Esta variable se denota como COV_MP_L en la Tabla 3.7.

- La velocidad de operación del T3-S2 en condiciones de plena carga, antes de afectarla por niveles de servicio menores que A, para la pendiente del segmento en sentido contrario al de levantamiento del SIGET (negativo de las pendientes utilizadas en los puntos anteriores). Esta variable se denota como VO_SS_MN_L en la Tabla 3.7 y fue calculada mediante la Ecuación 2.1.

Tabla 3.7
Estructura de la Base de Datos de Velocidades y Costos de Operación del Vehículo de Referencia (T3-S2)

CAMPO	NOMBRE	TIPO	ANCHO DE CAMPO	DESCRIPCIÓN
1	ID-SEG	Numérico	15	Identificador del segmento.
2	VO_SS_MP_L	Numérico	11	Velocidad de operación a plena carga, antes de afectarla por nivel de servicio, para la pendiente en el sentido de levantamiento del SIGET.
3	VO_CS_MP_L	Numérico	11	Velocidad de operación en el campo anterior, después de afectarla por nivel de servicio.
4	COV_MP_L_K	Numérico	11	COV por kilómetro para la velocidad de operación en el campo 3.
5	COV_MP_L	Numérico	11	COV en el campo anterior por la longitud del segmento en kilómetros.
6	VO_SS_MN_L	Numérico	11	Velocidad de operación a plena carga, antes de afectarla por nivel de servicio, para la pendiente en sentido contrario al de levantamiento del SIGET.
7	VO_CS_MN_L	Numérico	11	Velocidad de operación en el campo anterior, después de afectarla por nivel de servicio.
8	COV_MN_L_K	Numérico	11	COV por kilómetro para la velocidad de operación en el campo 7.
9	COV_MN_L	Numérico	11	COV en el campo anterior por la longitud del segmento en kilómetros.
10	VO_SS_MP_V	Numérico	11	Velocidad de operación en vació, antes de afectarla por nivel de servicio, para la pendiente en el sentido de levantamiento del SIGET.
11	VO_CS_MP_V	Numérico	11	Velocidad de operación en el campo anterior, después de afectarla por nivel de servicio.
12	COV_MP_V_K	Numérico	11	COV por kilómetro para la velocidad de operación en el campo 11.
13	COV_MP_V	Numérico	11	COV en el campo anterior por la longitud del segmento en kilómetros.
14	VO_SS_MN_V	Numérico	11	Velocidad de operación en vació, antes de afectarla por nivel de servicio, para la pendiente en el sentido contrario al de levantamiento del SIGET.
15	VO_CS_MN_V	Numérico	11	Velocidad de operación en el campo anterior, después de afectarla por nivel de servicio.
16	COV_MN_V_K	Numérico	11	COV por kilómetro para la velocidad de operación en el campo 15.
17	COV_MN_V	Numérico	192	COV en el campo anterior por la longitud del segmento en kilómetros.

- La velocidad en el punto anterior, después de afectarla por niveles de servicio menores que A aplicando la Ecuación 2.5. Esta variable se denota como VO_CS_MN_L en la Tabla 3.7.

- El costo de operación por kilómetro para el T3-S2 en condiciones de plena carga, para la pendiente del segmento en la dirección de levantamiento del SIGET. Esta variable se denota como COV_MN_L_K en la Tabla 3.7 y fue calculada mediante la Ecuación 2.2.

- El costo de operación del T3-S2 para el segmento, obtenido de multiplicar el costo en el punto anterior por la longitud del segmento (en kilómetros). Esta variable se denota como COV_MN_L en la Tabla 3.7.

- La velocidad de operación del vehículo de referencia (T3-S2) en condiciones de vacío (0% de porcentaje de llenado), antes de afectarla por niveles de servicio menores que A, para la pendiente del segmento en la dirección de levantamiento del SIGET. Esta variable se denota como VO_SS_MP_V en la Tabla 3.7 y fue calculada mediante la Ecuación 2.3.

- La velocidad en el punto anterior, después de afectarla por niveles de servicio menores que A aplicando la Ecuación 2.5. Esta variable se denota como VO_CS_MP_V en la Tabla 3.7.

- El costo de operación por kilómetro para el T3-S2 en condiciones de vacío, para la pendiente del segmento en la dirección de levantamiento del SIGET. Esta variable se denota como COV_MP_V_K en la Tabla 3.7 y fue calculada mediante la Ecuación 2.4.

- El costo de operación del T3-S2 para el segmento, obtenido de multiplicar el costo en el punto anterior por la longitud del segmento (en kilómetros). Esta variable se denota como COV_MP_V en la Tabla 3.7.

- La velocidad de operación del T3-S2 en condiciones de vacío, antes de afectarla por niveles de servicio menores que A, para la pendiente del segmento en sentido opuesto al de levantamiento del SIGET. Esta variable se denota como VO_SS_MN_V en la Tabla 3.7 y fue calculada mediante la Ecuación 2.3.

- La velocidad en el punto anterior, después de afectarla por niveles de servicio menores que A aplicando la Ecuación 2.5. Esta variable se denota como VO_CS_MN_V en la Tabla 3.7.

- El costo de operación por kilómetro para el T3-S2 en condiciones de vacío, para la pendiente del segmento en sentido opuesto al de levantamiento del SIGET. Esta variable se denota como COV_MN_V_K en la Tabla 3.7 y fue calculada mediante la Ecuación 2.4.

- El costo de operación del T3-S2 para el segmento, obtenido de multiplicar el costo en el punto anterior por la longitud del segmento (en kilómetros). Esta variable se denota como COV_MN_V en la Tabla 3.7.

Una vez obtenido el archivo para todos los segmentos con la estructura indicada en la Tabla 3.7, éste fue vinculado de nuelta al tema de la segmentación por elementos de 500 metros (con base en el identificador de segmentos) mediante la herramienta "Join" (del menú "Table"). De esta manera se concluyó la elaboración del sistema o proyecto, quedando preparado para la generación de una serie de resultados permitidos por ArcView [Referencia 3.1] y su extensión para el análisis de redes [Referencia 3.12], tales como valores, tablas, gráficas, representaciones cartográficas, etc. En el capítulo siguiente se presentan algunos de estos resultados que se consideran más relevantes.

Como es evidente en la Tabla 3.7, la información de COV vinculada corresponde a los 4 casos resultantes de combinar las 2 condiciones de carga asumidas para el T3-S2 (vacío y plena carga) con los 2 sentidos de circulación de las carreteras. Cabe destacar que a partir de los COV del T3-S2 para las condiciones de vacío y plena carga, puede obtenerse por interpolación lineal el costo de operación de ese mismo tipo de vehículo para cualquier otro porcentaje de llenado. Asimismo, como se indicó en al Capítulo 2, a partir del COV del T3-S2 para una condición específica de llenado, pueden obtenerse los COV de las otras configuraciones vehiculares más representativas para esa misma condición de llenado, utilizando los factores de relación en la Tabla 2.5 (Capítulo 2).

Referencias

3.1 *ArcView 3.1 GIS*, Enviromental System Research Institute, Inc.

3.2 *Sistema de Información GeoEstadística para el Transporte (SIGET)*, Instituto Mexicano del Transporte. Querétaro, México 1999.

3.3 *ArcInfo GIS*, Enviromental System Research Institute, Inc.

3.4 *Datos Viales 2000*, Dirección General de Servicios Técnicos (DGST), Subsecretaría de Infraestructura, Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT).

3.5 *Registro de la Geometría de la Carretera*. Residencia General de Conservación de Carreteras. Centro SCT Veracruz. 1999.

3.6 *Sistema de Programación de Bases de datos Relacionales Versión 5.0*. Visual Fox Pro. Microsoft.

3.7 *Calificación de la Red Carretera Básica Troncal Nacional 1999*. Dirección General de Servicios Técnicos. Dirección de Vialidad y Proyectos. Centro SCT Veracruz.

3.8 *Reglamento de Tránsito de Carreteras Federales*. Presidencia de la República, 1976.

3.9 Chavarria V., J. M., A. Mendoza D. y E. Mayoral G. *Algunas Medidas para Mejorar la Seguridad Vial en las Carreteras Nacionales*. Publicación Técnica No. 89, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Qro., 1996.

3.10 *Capacidad y Niveles de Servicio 1999*, Dirección General de Servicios Técnicos (DGST), Subsecretaría de Infraestructura, Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT).

3.11 *Cuotas en Puentes y Autopistas de Cuota 2000*. Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE) http://www.capufe.gob.mx/.

3.12 *ArcView Network Analyst. Optimum Routing, Closest Facility and Service Area Analysis*, Enviromental Systems Research Institute.

4 Generación de Algunos Resultados Relevantes

Enseguida se presentan algunos de los resultados más relevantes obtenidos a partir del sistema desarrollado. Las posibilidades completas de análisis que permite el sistema, son las muy numerosas que hacen posible ArcView [Referencia 4.1] y su extensión para el análisis de redes [Referencia 4.2]. Inicialmente se muestran algunos resultados generados con el primero y posteriormente otros obtenidos con la segunda.

4.1 Algunos Resultados Obtenidos con Arcview

Primero se presentan algunos resultados (vistas, gráficas, etc.) que se obtienen de manera prácticamente directa a partir de la información vaciada a cualquiera de las vistas de las cuatro segmentaciones generadas. Posteriormente se muestran otros cuya obtención requiere algo más de procesamiento.

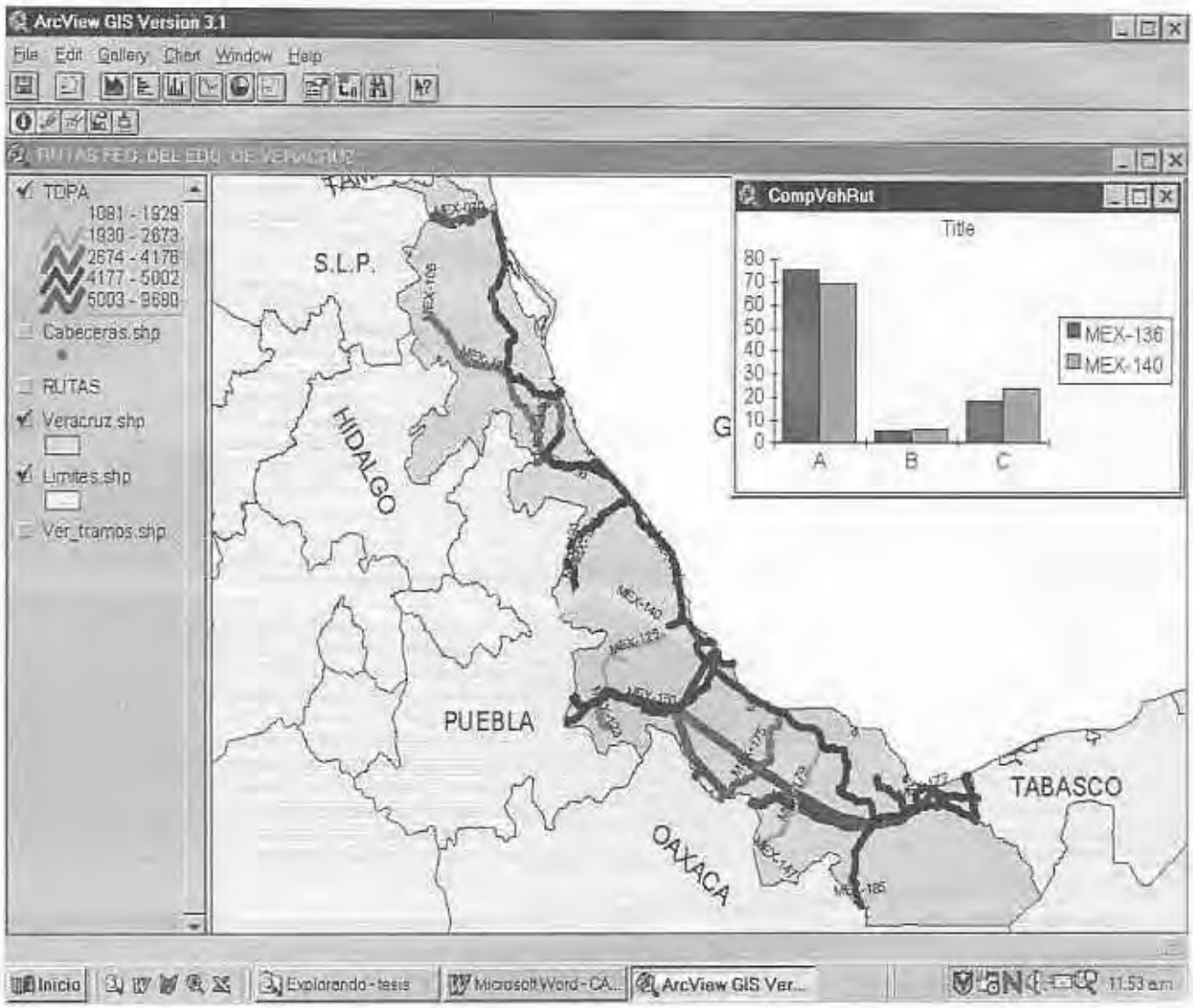
4.1.1 Resultados Prácticamente Directos

TDPA a Nivel de Rutas

La Figura 4.1 muestra una vista que clasifica las diferentes Rutas Federales del Estado de Veracruz de acuerdo con 5 rangos de TDPA (ponderado por la longitud a partir del nivel de tramos). Fue generada de copiar en la misma vista el tema de la segmentación por rutas (mediante "Copy Themes" y "Paste" del menú "Edit" de vistas), visualizándolo posteriormente (mediante el "Legend Editor") de acuerdo con los 5 rangos de TDPA considerados. Dichos rangos fueron definidos de manera automática por ArcView con base en los valores mínimo y máximo de TDPA registrados en la Tabla de Atributos de dicho tema y las 4 posiciones de la lista ordenada de rutas por jerarquía creciente de TDPA en las que se presentaron los saltos o cambios más fuertes ("Natural Breaks"). Como es evidente en la figura, en la parte izquierda de la vista se presenta su denominada "Tabla de Contenidos", la cual enlista los diferentes temas contenidos en la vista. Puede también observarse que, con una marca, se señalan los temas activados o representados en la vista.

Para cada rango de TDPA definido, se asignó un color y un ancho de línea diferente. La Figura muestra que las Rutas Federales más transitadas en el Estado son la MEX-140 (que sale del Puerto de Veracruz con dirección a Puebla, pasando por Xalapa), la MEX 145 (que sale de la Tinaja, pasando por Sayula y Cosoleacaque) y la MEX-070 (que sale de Tampico con dirección a San Luis Potosí).

Figura 4.1
TDPA de las Diferentes Rutas Federales del Estado
(Promedio Ponderado)



En la Figura 4.1 también se ha incluido una gráfica que muestra los porcentajes de automóviles (A), autobuses de pasajeros (B) y camiones de carga (C) en la composición vehicular de las rutas MEX-140 y MEX-136 (que sale de Poza Rica y se dirige hacia Papantla), las cuales resultaron con máximo y mínimo TDPA ponderado respectivamente. Justamente la gráfica permite comparar la composición vehicular entre rutas con valores extremos de TDPA. En la gráfica es evidente que en tanto la ruta más transitada del Estado (MEX-140) presenta una mayor participación de vehículos pesados (B + C) que la menos transitada (MEX-136), las diferencias en composición vehicular entre ambas son bastante marginales. Esto último señala un comportamiento que parece ser general entre las diferentes rutas del Estado.

Cuotas en Autopistas y Puentes de Peaje y COV Totales del T3-S2 a Plena Carga a Nivel de Segmentos

A la vista de la segmentación por elementos de 500 metros se le añadieron tres temas, uno correspondiente a las cuotas prorrateadas entre los diferentes segmentos de las autopistas y puentes de peaje, y otros dos referentes a los COV totales (COV + peaje) del T3-S2 a plena carga en toda la red para ambos sentidos de circulación respectivamente. Tanto las cuotas como los COV en la vista generada, son en dólares americanos.

En la Figura 4.2 se ilustra la vista generada, habiéndose activado en ella el primero de los tres temas antes señalados. En esta figura se muestran los segmentos de toda la red que son de cuota, clasificándose los mismos de acuerdo con 5 distintos rangos de peaje cobrados por segmento. Como es evidente en la figura, a cada uno de dichos rangos se le asignó un ancho de línea diferente. En la figura se destacan 477 kilómetros de infraestructura carretera de cuota, los cuales representan alrededor del 15% de la longitud total de la Red Carretera Federal en el Estado.

La Figura 4.3. presenta la misma vista anterior, pero ahora habiéndose activado en ella el tema de COV totales por segmento en la dirección de levantamiento del SIGET.

Se reitera que la información de cuotas y COV en ambos sentidos en esta segmentación por elementos de 500 metros, constituye la base de estimaciones de costos para otros niveles de agregación (tramos, carreteras o rutas). En este sentido, dicha información se considera uno de los resultados más relevantes de este trabajo.

Figura 4.2
Cuotas por Segmento en las Autopistas y Puentes de Peaje
(en Dólares)

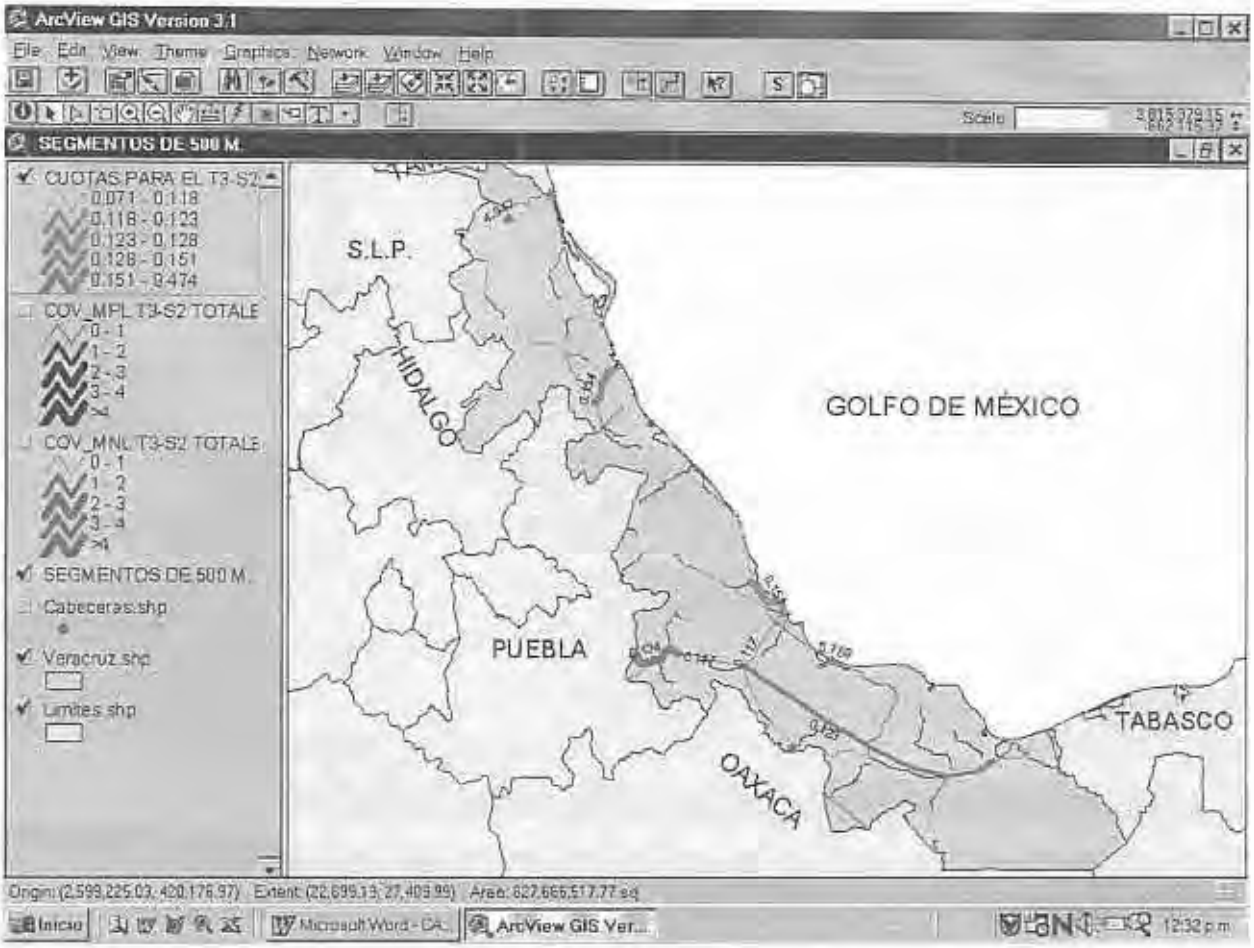


Figura 4.3
COV Totales del T3-S2 a Plena Carga por Segmento
(Dólares)

4.1.2 Resultados Derivados de Procesos

Aforo de Vehículos de Carga a Nivel de Carreteras

La Figura 4.4 presenta una vista que contiene información sobre el Flujo Diario de Vehículos de Carga circulando por las diferentes Carreteras Federales del Estado de Veracruz. Dicha vista fue generada de añadir a la vista de la segmentación por carreteras, un nuevo campo denominado "Tdpa00_C"; de almacenar en ese campo el producto del aforo promedio en la carretera por la suma de los porcentajes (divididos entre 100) de los distintos tipos de vehículos de carga (C2, C3, T3-S2, T3-S3, T3-S2-R4 y otros) y de copiar en la misma vista el tema de la segmentación por carreteras, visualizándolo posteriormente de acuerdo con 5 rangos de los valores en el campo generado. Como es evidente, para cada rango de Tdpa00_C considerado, se asignó un color y un ancho de línea diferente. En la vista en la Figura 4.4 se ha activado un tema que contiene las ubicaciones de las cabeceras municipales del Estado.

La Figura 4.4 indica que las Carreteras Federales con mayor flujo de vehículos de carga están asociadas con la comunicación de los puertos marítimos más importantes del Estado (Veracruz, Coatzacoalcos y Tuxpan). La Tabla 4.1 reporta las 8 Carreteras Federales con mayor Tdpa00_C obtenidas, de las 48 existentes.

Curvatura Horizontal a Nivel de Tramos

Se decidió generar una vista de la curvatura horizontal ($Q = \Delta/LC$), por considerarse que éste es uno de los parámetros estimados con mayor precisión, al provenir del trazo horizontal de las carreteras en el SIGET, el cual es el tipo de información que los GPS registran con mayor precisión. El nivel de segmentación seleccionado para esta vista fue el de tramos, mostrándose realmente en ella valores ponderados de dicho parámetro a lo largo de cada tramo.

El procedimiento seguido para lo anterior consistió en añadir un campo a la segmentación por elementos de 500 metros en el que se almacenó la multiplicación de Q por la longitud de cada segmento; agregar los valores en dichos campos con base en el identificador del tramo de cada segmento (utilizando la herramienta "Summarize by Sum" del menú "Field" de la Tabla de Atributos de temas), generándose un archivo con la suma de dichas multiplicaciones; vincular este último a la segmentación por tramos (con base en el identificador de tramos) y generar un nuevo campo en esta última segmentación, almacenando en éste la división de los valores en el archivo vinculado entre la longitud de los tramos.

Figura 4.4
Flujo Diario de Vehículos de Carga por las Diferentes Carreteras Federales del Estado

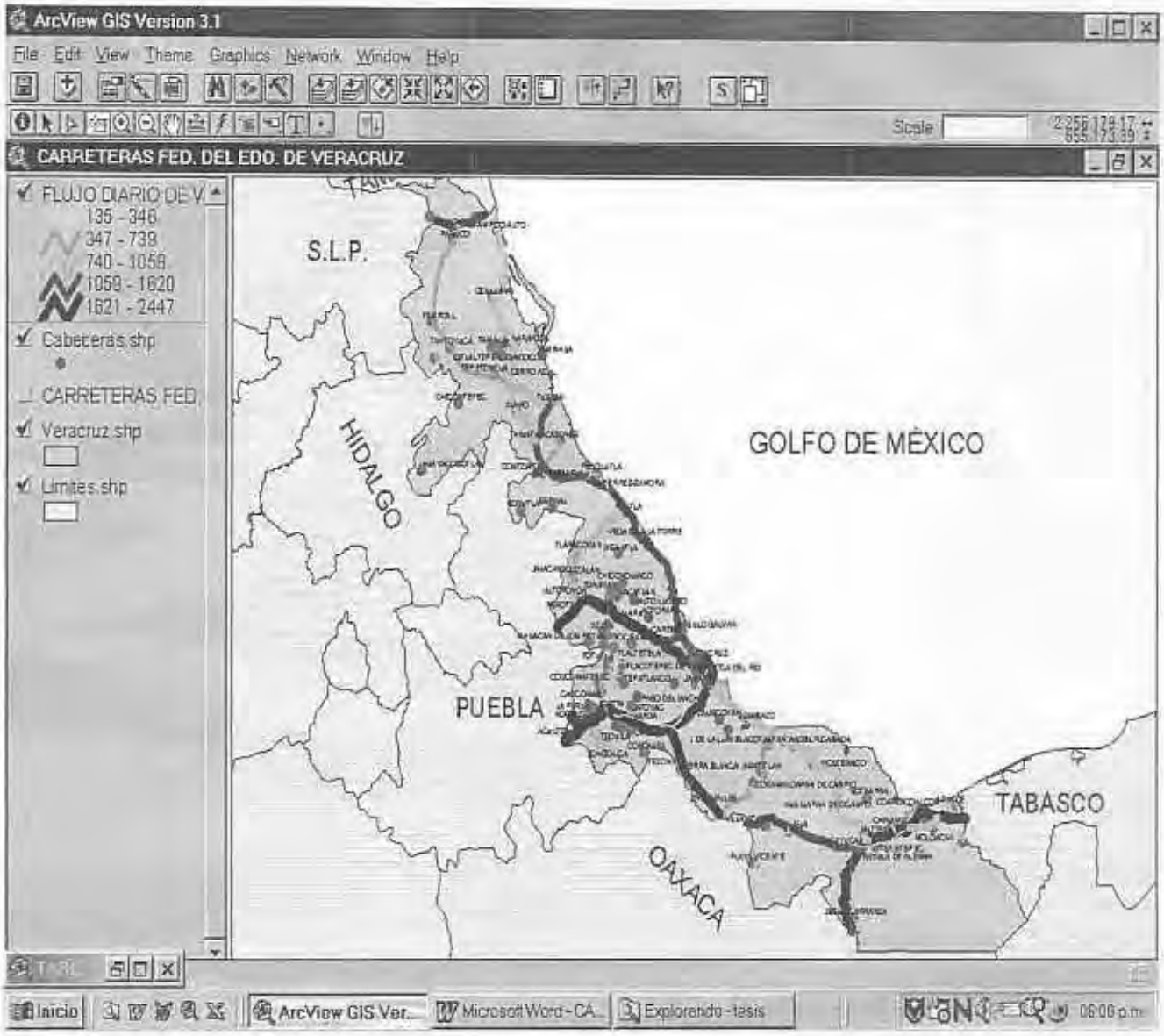


Tabla 4.1
Carreteras Federales con Mayor Flujo Diario de Vehículos de Carga (Tdpa00_C)

IDENTIFI-CADOR	NOMBRE DE LA CARRETERA	RUTA	CUOTA	TDPA97_C
300014701	COATZACOALCOS – MINATITLAN	MEX-180		2,088
300048502	LIM. EDOS. PUE./VER. - T. DER. CD. MENDOZA	MEX-150	D	1,789
300048603	LIM. EDOS. PUE./VER. – PEROTE	MEX-140		2,419
300052801	COATZACOALCOS - X.C. (PAJARITOS – NANCHITAL)	MEX-180		1,993
300053403	LIM. EDOS. PUE./VER. – ORIZABA	MEX-150		1,938
303015301	LA TINAJA - T. IZQ. SAN JOAQUIN	MEX-145		2,447
303052501	CORDOBA - KM 3	MEX-150		1,785
303052601	JALAPA - T. DER. COATEPEC	MEX-140		2,205

La Figura 4.5 ilustra la vista obtenida. En ésta los tramos han sido clasificados de acuerdo con 5 diferentes rangos de Q, asignándose a cada rango un ancho de línea diferente. En la figura es muy evidente que los valores de este parámetro son mayores en tramos sinuosos que en aquéllos en los que el trazo horizontal se aprecia más recto.

Velocidades de Operación (VO) del T3-S2 a Plena Carga a Nivel de Tramos

Se generó una vista por tramos con las VO (después de afectarlas por congestionamiento o nivel de servicio) del vehículo de referencia (T3-S2) a plena carga en ambas direcciones de circulación. En la Figura 4.6 se ha activado el tema correspondiente a las VO en la dirección de levantamiento del SIGET. Según ilustra la figura, los tramos fueron clasificados en esta vista de acuerdo con 5 rangos elegidos automáticamente por ArcView, asignándose a cada rango un color y un ancho de línea diferente. Para ambas direcciones, en realidad se generaron valores ponderados de la VO a lo largo de cada tramo. La vista fue obtenida a partir de la información de VO en cada dirección en la segmentación a nivel de elementos de 500 metros, siguiendo un procedimiento similar al antes descrito para las curvaturas horizontales por tramo. La figura muestra un acercamiento de la vista que abarca las inmediaciones de la autopista de cuota Puebla-Veracruz (por Ciudad Mendoza y Córdoba). En la figura se selecciona esta autopista con línea amarilla, identificándose además la ubicación de sus 7 tramos componentes con base en el identificador de cada tramo. En el recuadro inferior izquierdo de la vista se han seleccionado los datos de estos tramos (utilizando el "identificador de rasgos con el ratón" del menú de vistas), pudiendo ser desplegados directamente a partir del mismo (también con el "ratón").

Con el fin de comparar las VO en ambas direcciones, la Figura 4.7 muestra una gráfica con las VO en la dirección de levantamiento del SIGET (vompl) y en la opuesta (vomnl) para la secuencia de tramos que componen la autopista indicada. Como es lógico, las VO resultan mayores en la dirección de Puebla hacia Veracruz (vompl) que en la opuesta (vomnl), debido a que en la primera las pendientes son generalmente descendentes, siendo por consiguiente ascendentes en la segunda.

COV Totales del T3-S2 a Plena Carga a Nivel de Tramos

Se obtuvo la información de los COV totales (incluyendo peajes) del T3-S2 a plena carga en ambas direcciones, para los 145 tramos que componen la Red Carretera Federal del Estado de Veracruz.

Figura 4.5
Curvatura Horizontal a Nivel de Tramos
(Grados/Km)

Figura 4.6
Velocidades de Operación (VO) del T3-S2 a Plena Carga
a Nivel de Tramos
(Km/H)

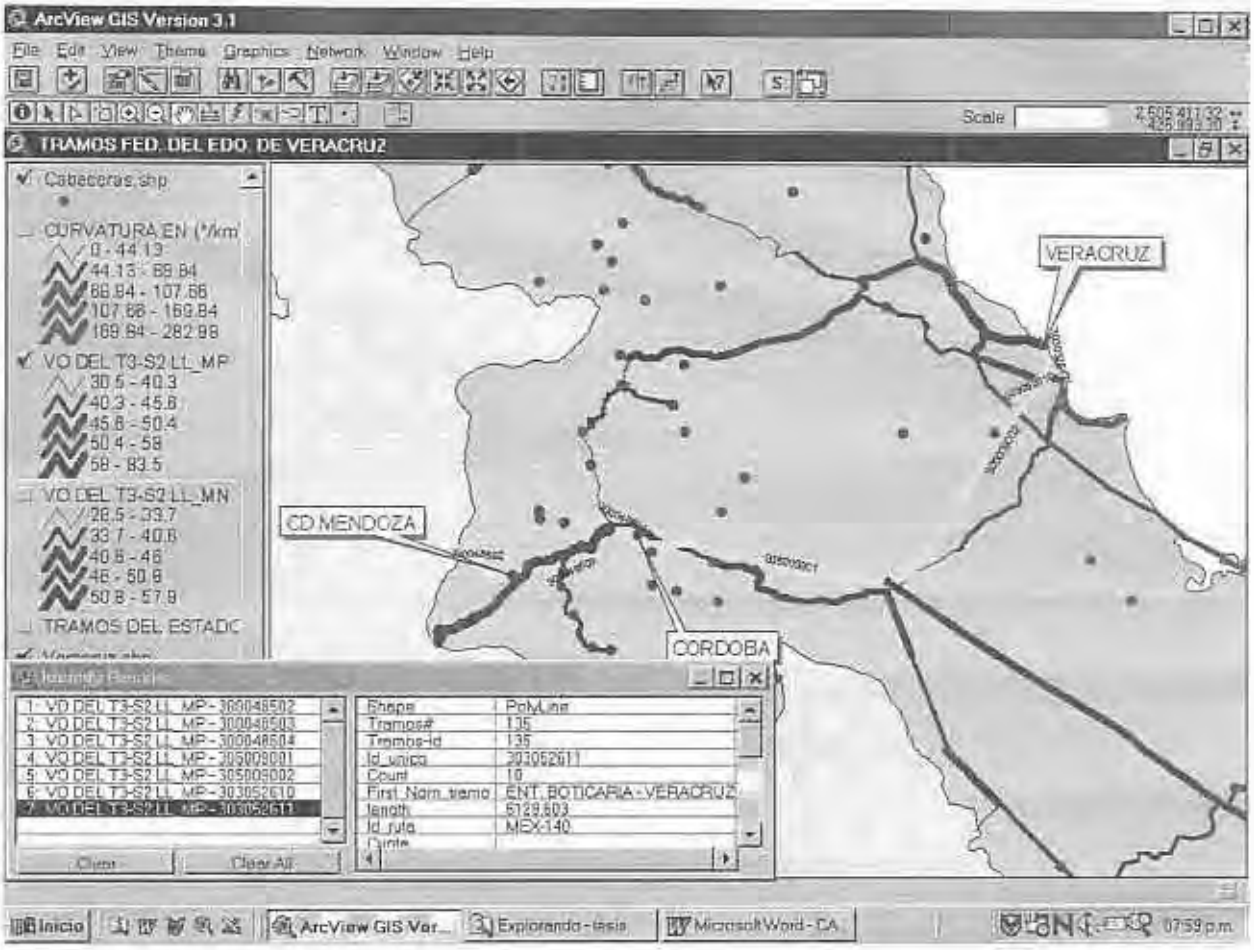
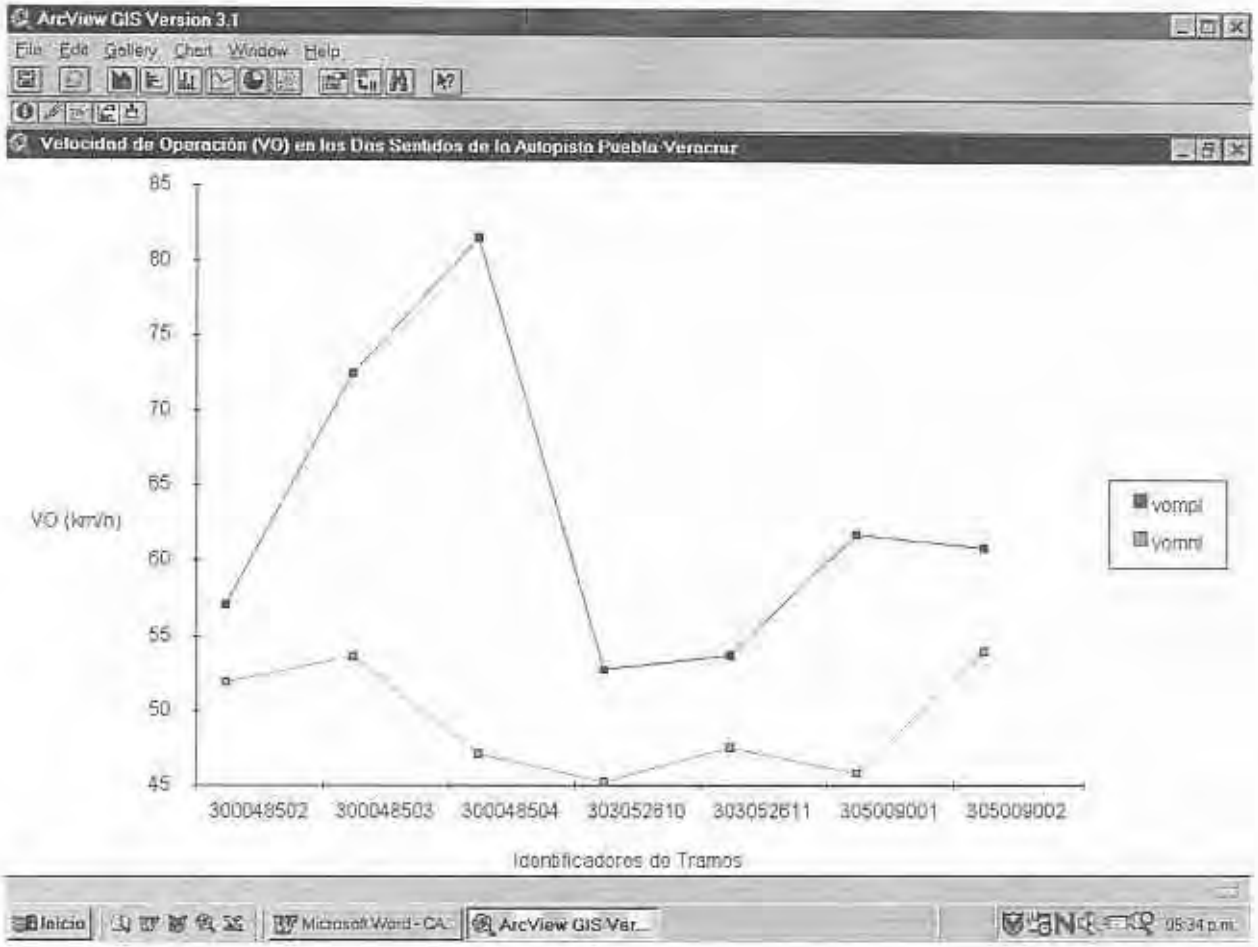


Figura 4.7
Comparación de las VO en la Dirección de Levantamiento del SIGET (vompl) y en la Opuesta (vomnl) para la Secuencia de Tramos de la Autopista Puebla-Veracruz



Para cada dirección, lo anterior fue efectuado mediante la agregación de los COV totales de los segmentos componentes de cada tramo, a partir de la segmentación por elementos de 500 metros (utilizando la herramienta "Summarize by Sum" del menú "Field" de la Tabla de Atributos de temas), generándose una base de datos de COV totales por tramo que fue vinculada posteriormente a la segmentación por tramos, procediéndose a generar el tema correspondiente en la misma.

La vista en la Figura 4.8 es similar a la 4.6, pero ahora en términos de COV totales. Esta vista ha sido preparada de tal manera que permite identificar claramente cada uno de los tramos de la red, así como desplegar junto a cada tramo el COV total calculado, en la dirección de levantamiento del SIGET o en la otra, dependiendo del tema activado. El tema activado en la vista de la Figura 4.8 corresponde a la primera de las dos direcciones anteriores. De manera similar que la Figura 4.6, la 4.8 muestra un acercamiento de la vista que abarca las inmediaciones de la autopista de cuota Puebla-Veracruz. La conjunción de ambas figuras permite la identificación completa de la ubicación de los tramos de esta autopista, pues en tanto la 4.6 presenta los identificadores de los mismos pero no su inicio y terminación, la 4.8 sí muestra estos últimos datos pero no dichos identificadores. La vista de la Figura 4.8 reporta los COV totales (en dólares) de todos los tramos incluidos en ella.

Con propósitos similares a los de la Figura 4.7, la 4.9 presenta una gráfica que compara los COV totales en la dirección de levantamiento del SIGET (Sum_covmpl_tot) y en la opuesta (Sum_covmnl_tot) para la secuencia de los 7 tramos que componen la autopista anterior. Como una consecuencia del comportamiento observado para las velocidades en uno y otro sentido, en este caso los COV totales resultan mayores en la dirección Veracruz - Puebla (en la que las velocidades son menores) que en la otra.

La información de COV totales por tramo en la Figura 4.8 se considera otro de los resultados importantes de este trabajo, pues potencialmente permite estimar el COV total del autotransporte de carga a través de distintos recorridos por las Carreteras Federales del Estado, mediante la agregación de los COV totales de sus tramos componentes.

Dentro de los usos que puede tener la información anterior así como otros datos de COV generados en este trabajo, existen diversos relacionados con la planeación de las operaciones del autotransporte de carga del país. Una utilización de este tipo consiste en comparar los COV totales antes obtenidos con las tarifas típicas cobradas por el autotransporte público en algunos recorridos. Por ejemplo, la Tabla 4.2 establece esta clase de comparación entre las alternativas libre y de cuota de los recorridos

Figura 4.8
COV Totales del T3-S2 a Plena Carga a Nivel de Tramos
(Dólares)

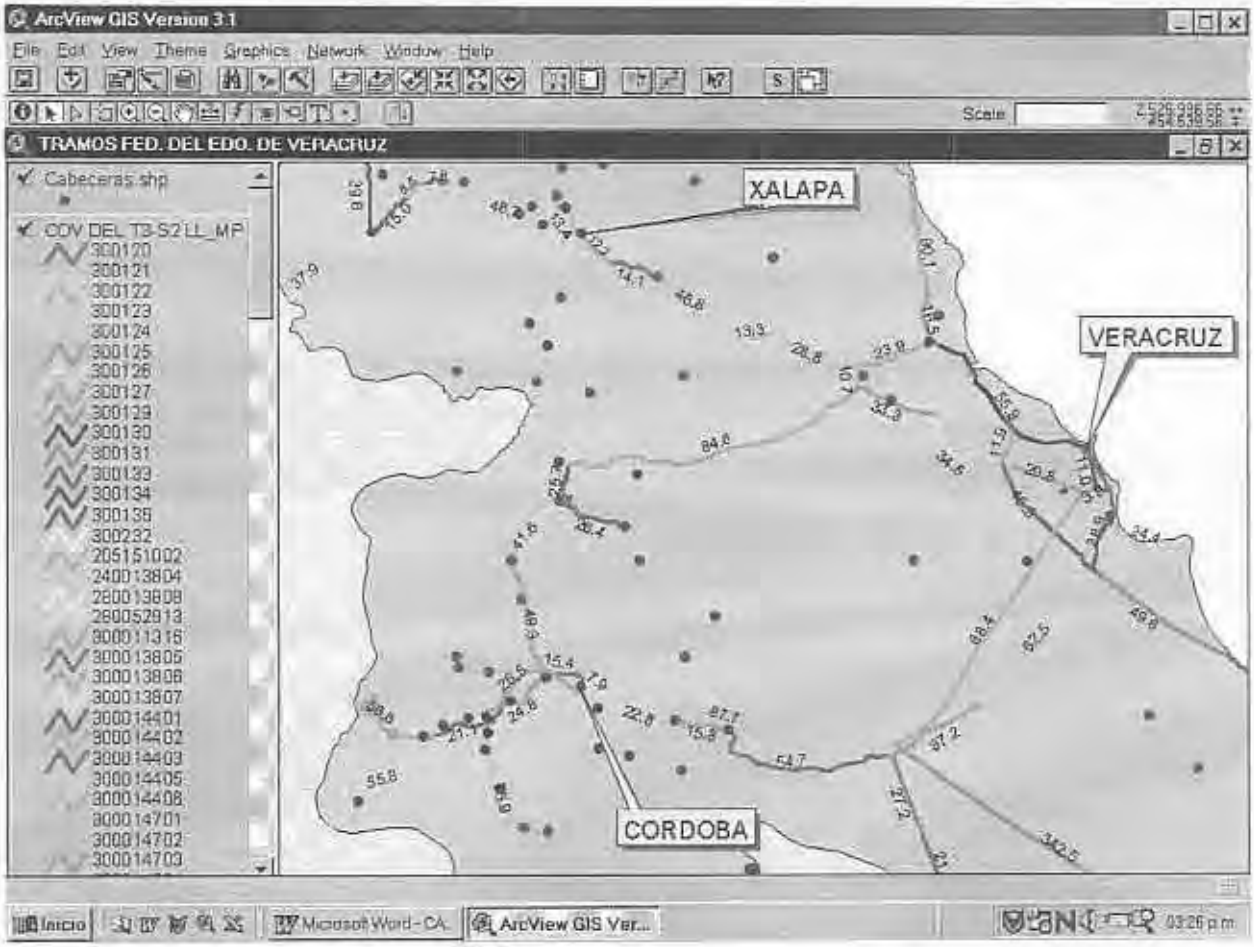


Figura 4.9
Comparación de las VO en la Dirección de Levantamiento del SIGET (vompl) y en la Opuesta (vomnl) para la Secuencia de Tramos de la Autopista Puebla-Veracruz

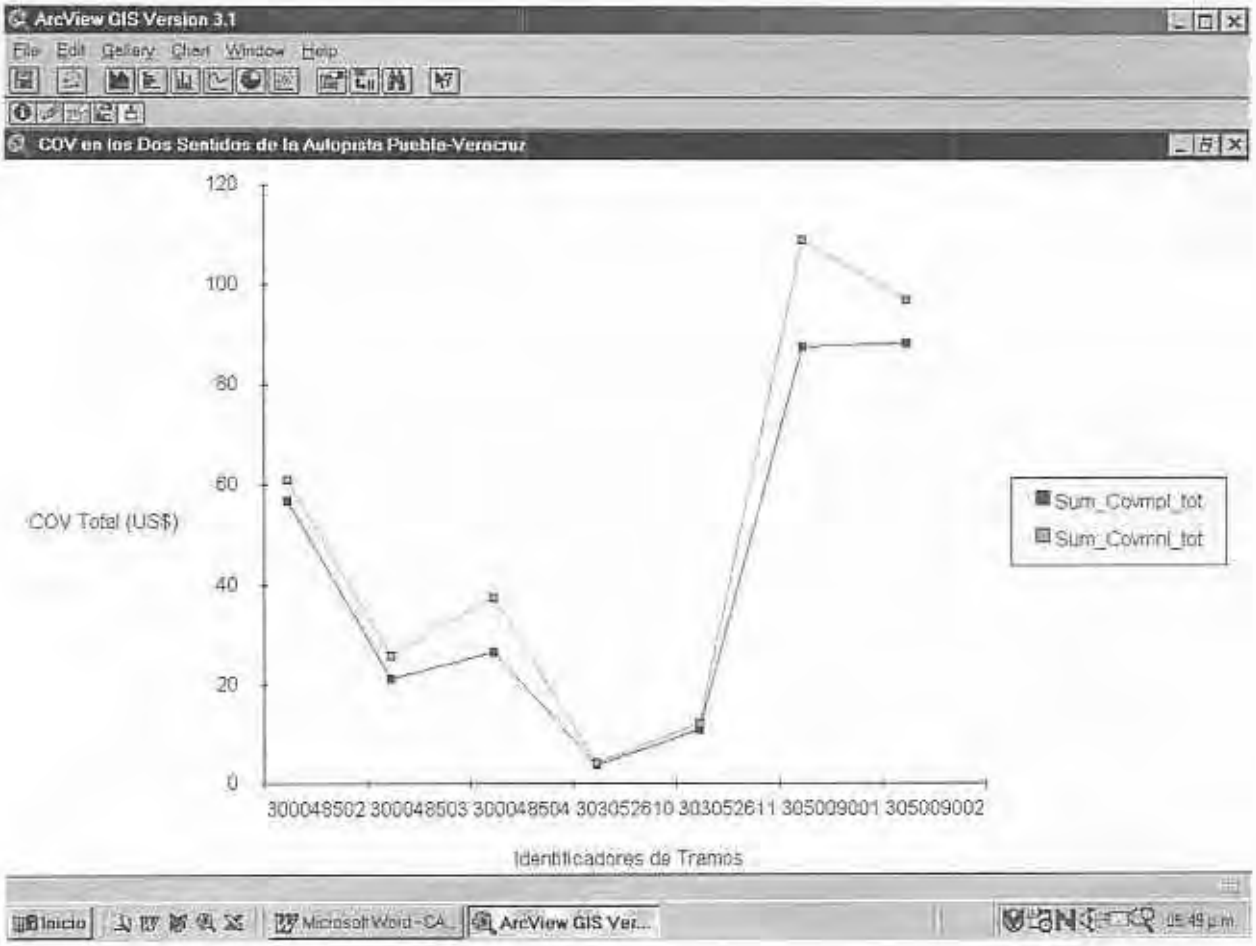


Tabla 4.2
COV Totales y Tarifas del Autotransporte para Algunos Recorridos por Carreteras Federales del Estado de Veracruz
(Dólares)

CONCEPTO	RECORRIDOS			
	CORDOBA-VERACRUZ		JALAPA-VERACRUZ	
	Libre	Cuota	Libre	Cuota
COV Total	229.80	191.00	229.40	195.00
Tarifa Típica del Autotransporte	273.68	289.47	289.47	289.47
Tarifa/COV Total	1.19	1.52	1.26	1.48

Córdoba-Veracruz y Jalapa-Veracruz (ambos generalmente descendentes). A partir de esta tabla es evidente que la alternativa de cuota es la de menor COV total (incluyendo peajes) en los dos casos, resultando 15 y 17% más barata, respectivamente, que su alternativa libre. Así mismo, la tarifa cobrada por el autotransporte [Referencia 4.3] es ligeramente mayor que el COV total en el caso de las alternativas libres (19 y 26% respectivamente), pero lo es francamente mayor para el caso de las alternativas de cuota (52 y 48%). Esto último obedece a que en el establecimiento de sus tarifas, el autotransportista no sólo no reconoce que tiene menores COV totales por las alternativas de cuota de ambos casos anteriores, sino que además cobra los peajes adicionalmente. Más adelante se extienden los análisis sobre la conveniencia económica de utilizar las autopistas de cuota en relación con sus alternativas libres.

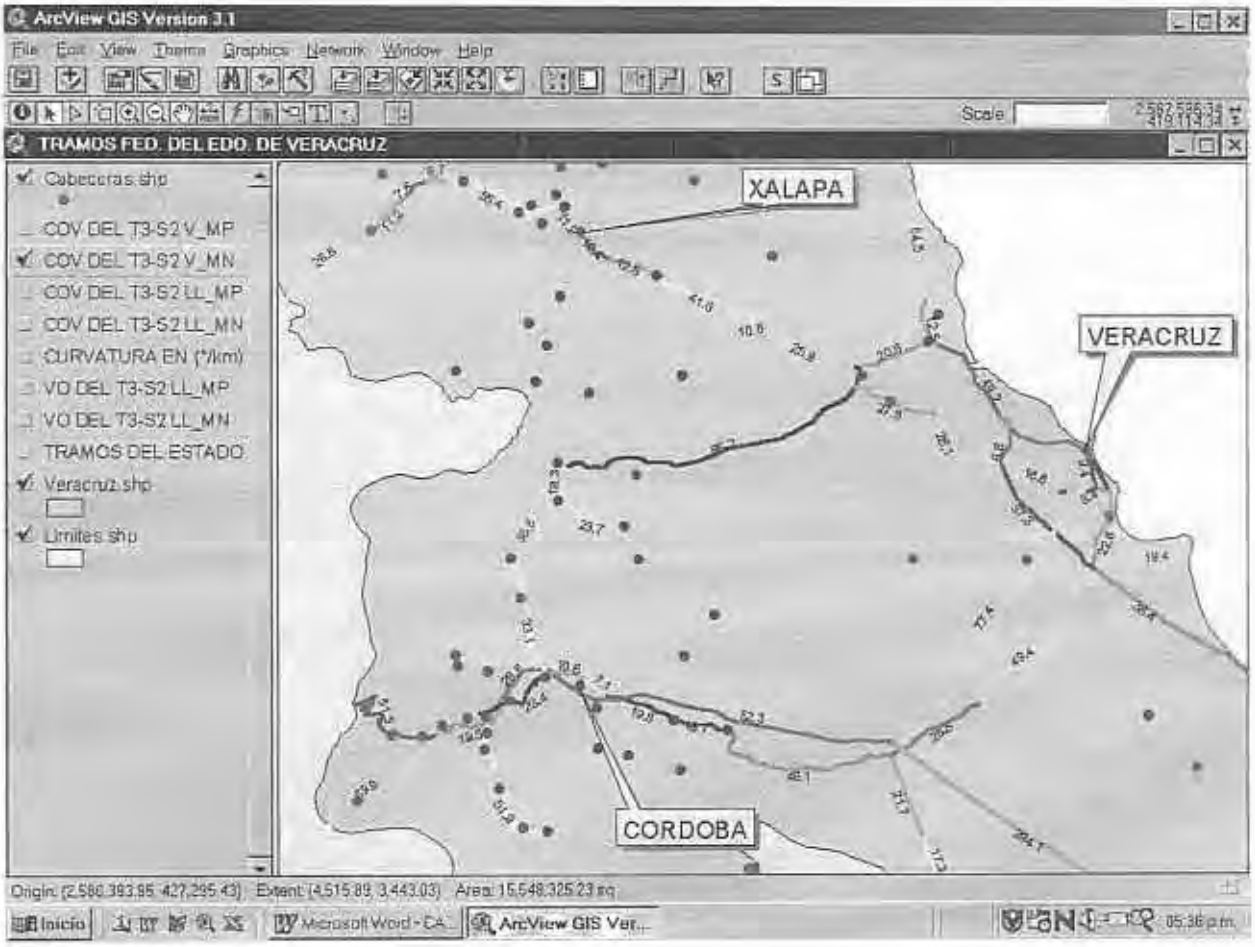
Cabe señalar que las tarifas del autotransporte consideradas en la Tabla 4.2 corresponden al caso en que se aprovecha el regreso (es decir, el cliente contrata también el viaje de regreso a plena carga). En este caso, los COV totales y las tarifas del autotransporte para el viaje redondo son prácticamente el doble de los mostrados en la tabla, con lo cual se mantienen los porcentajes de ganancia. Por supuesto, dichos porcentajes (19, 26, 52 y 48%) se verían reducidos ante eventuales regresos en vacío.

La Tabla 4.3 presenta los valores correspondientes a los recorridos anteriores, pero ahora para viajes redondos en los que el regreso es en vacío. La Figura 4.10 muestra la vista con los COV totales para el T3-S2 en vacío en el sentido opuesto al levantamiento del SIGET. A partir de esta vista se complementó la información de COV requerida para la elaboración de la Tabla 4.3. En la tabla es evidente que en este último caso (recorridos a plena carga generalmente descendentes con regresos en vacío ascendentes), el porcentaje de ganancia es prácticamente nulo en las alternativas de cuota mientras que en las libres se registran pérdidas. En la realidad esta situación es inusual, ya que al quedar libre el autotransportista en el destino del primer viaje, frecuentemente contrata el regreso con carga (57% de las veces según las tarifas del autotransporte consideradas en las Tablas 4.2 y 4.3).

Tabla 4.3
COV Totales y Tarifas del Autotransporte para Algunos Recorridos en Redondo con Viaje de Regreso en Vacío (Dólares)

CONCEPTO	RECORRIDOS REDONDOS			
	CORDOBA-VERACRUZ-CORDOBA		JALAPA-VERACRUZ-JALAPA	
	Libre	Cuota	Libre	Cuota
COV Total	229.80+187.20 =417.00	191.00+172.50 =363.50	229.40+194.50 =423.90	195.00+171.1 0 =366.10
Tarifa Típica del Autotransporte	336.84	368.42	368.42	368.42
Tarifa/COV Total	0.81	1.01	0.87	1.01

Figura 4.10
COV Totales del T3-S2 en Vacío a Nivel de Tramos
(Dólares)



COV Totales del Flujo de Vehículos de Carga (CTF) y por Tonelada-Kilómetro (TK) a Nivel de Carreteras

A partir de la información en la segmentación por elementos de 500 metros sobre el flujo diario de los diferentes tipos de vehículos de carga y como sus pesos brutos vehiculares promedio con que circulan por las carreteras y sus correspondientes porcentajes de llenado en la Tabla 4.4 [Referencia 4.4], los COV del T3-S2 vacío y a plena carga para ambos sentidos de circulación, los peajes en las autopistas y puentes de cuota para las distintas configuraciones y los factores de relación del COV de las diferentes configuraciones en relación con el T3-S2 (Tabla 2.5 en el Capítulo 2), se aproximaron los COV totales del flujo de vehículos de carga (CTF) a través de cada segmento mediante la siguiente ecuación:

$$
\begin{aligned}
\mathbf{CTF} = & \\
& \left[0.529 \times \left(\mathbf{TDPA} \times \frac{\%\mathbf{C2}}{100}\right) \times \left(\mathbf{CV} + \frac{\%\mathbf{LC2}}{100}(\mathbf{CL}-\mathbf{CV}) + \mathbf{CuoC2}\right)\right] + \\
& \left[0.569 \times \left(\mathbf{TDPA} \times \frac{\%\mathbf{C3}}{100}\right) \times \left(\mathbf{CV} + \frac{\%\mathbf{LC3}}{100}(\mathbf{CL}-\mathbf{CV}) + \mathbf{CuoC3}\right)\right] + \\
& \left[1.000 \times \left(\mathbf{TDPA} \times \frac{\%\mathbf{T3S2}}{100}\right) \times \left(\mathbf{CV} + \frac{\%\mathbf{LT3S2}}{100}(\mathbf{CL}-\mathbf{CV}) + \mathbf{CuoT3S2}\right)\right] + \\
& \left[1.062 \times \left(\mathbf{TDPA} \times \frac{\%\mathbf{T3S3}}{100}\right) \times \left(\mathbf{CV} + \frac{\%\mathbf{LT3S3}}{100}(\mathbf{CL}-\mathbf{CV}) + \mathbf{CuoT3S3}\right)\right] + \\
& \left[1.265 \times \left(\mathbf{TDPA} \times \frac{\%\mathbf{T3S2R4}}{100}\right) \times \left(\mathbf{CV} + \frac{\%\mathbf{LT3S2R4}}{100}(\mathbf{CL}-\mathbf{CV}) + \mathbf{CuoT3S2R4}\right)\right] \qquad \textbf{Ec.4.}
\end{aligned}
$$

en la que:

CTF es el COV total del flujo diario de vehículos de carga en el segmento (US$)

TDPA es el Tránsito Diario Promedio Anual (vehículos)

%C2 es el porcentaje de vehículos C2 en la composición vehicular

%C3 es el porcentaje de vehículos C3 en la composición vehicular

%T3S2 es el porcentaje de vehículos T3-S2 en la composición vehicular

%T3S3 es el porcentaje de vehículos T3-S3 en la composición vehicular

%T3S2R4 es el porcentaje de vehículos T3-S2-R4 en la composición vehicular

CV es el promedio de los COV del T3-S2 en vacío en ambas direcciones del segmento (US$)

CL es el promedio de los COV del T3-S2 a plena carga en ambas direcciones del segmento (US$)

%LC2 es el porcentaje de llenado promedio del vehículo C2

%LC3 es el porcentaje de llenado promedio del vehículo C3

%LT3S2 es el porcentaje de llenado promedio del vehículo T3-S2

%LT3S3 es el porcentaje de llenado promedio del vehículo T3-S3

%LT3S2R4 es el porcentaje de llenado promedio del vehículo T3-S2-R4

CuoC2 es el peaje para el vehículo C2 en el segmento (US$)

CuoC3 es el peaje para el vehículo C3 en el segmento (US$)

CuoT3S2 es el peaje para el vehículo T3-S2 en el segmento (US$)

CuoT3S3 es el peaje para el vehículo T3-S3 en el segmento (US$)

CuoT3S2R4 es el peaje para el vehículo T3-S2-R4 en el segmento (US$)

Asimismo a partir de la información en la misma segmentación sobre el flujo diario de los diferentes tipos de vehículos de carga y sus correspondientes tonelajes promedio de carga transportados en la Tabla 4.4 y la longitud de los segmentos, se obtuvieron las toneladas-kilómetro de carga (TK) circulando diariamente por cada segmento mediante la siguiente expresión:

Tabla 4.4
Porcentajes Promedio de Llenado de las Diferentes Configuraciones

TIPO DE VEHICULO	PBV PROMEDIO (TON)	TARA (TON)	CARGA PROMEDIO (TON)	TONELAJE MAXIMO DE CARGA	% DE LLENADO
C2	7.7	4.1	3.6	13.4	26.9
C3	16.4	8.3	8.1	17.7	45.8
T3-S2	28.4	15.2	13.2	28.8	45.8
T3-S3	39.7	18.8	20.9	29.7	70.4
T3-S2-R4	54.0	23.9	30.1	42.6	70.7

$$TK = \left[\begin{array}{l}(\%C2 \times PC2) + (\%C3 \times PC3) + (\%T3S2 \times PT3S2) + \\ (\%T3S3 \times PT3S3) + (\%T3S2R4 \times PT3S2R4)\end{array}\right] \times \frac{TDPA}{100} \times \frac{LAV}{1000} \qquad \text{Ec. 4.2}$$

donde:

TK son las toneladas-kilómetro de carga circulando diariamente por el segmento

PC2 es el tonelaje promedio de carga transportado por el vehículo C2

PC3 es el tonelaje promedio de carga transportado por el vehículo C3

PT3S2 es el tonelaje promedio de carga transportado por el vehículo T3S2

PT3S3 es el tonelaje promedio de carga transportado por el vehículo T3S3

PT3S2R4 es el tonelaje promedio de carga transportado por el vehículo T3S2R4

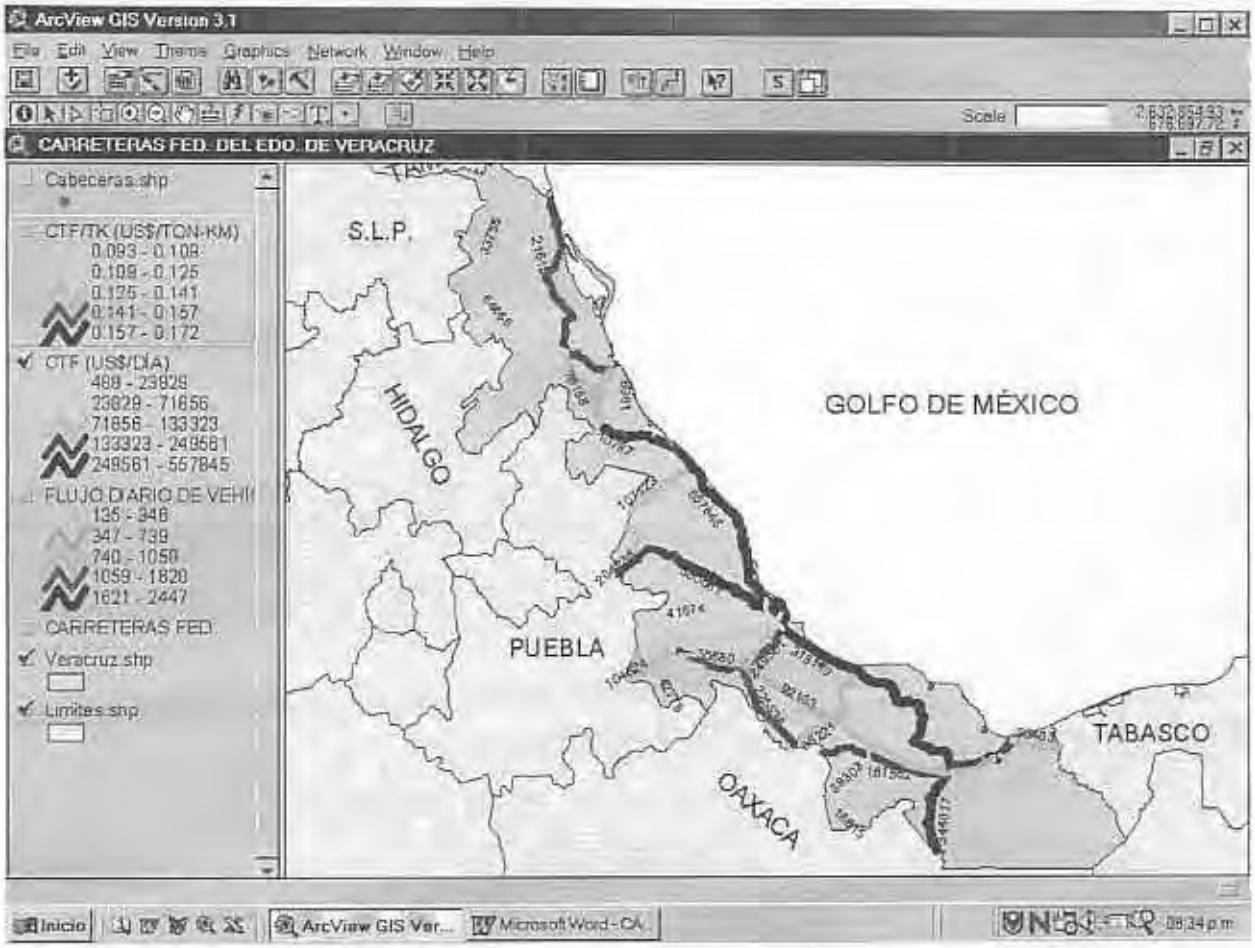
LAV es la longitud del segmento en metros

Las demás variables son como ya fueron definidas

Los dos valores anteriores (CTF y TK) para todos los segmentos fueron calculados con Visual Fox Pro [Referencia 4.5], a partir de la información en un archivo en formato DBASE obtenido de la exportación de la tabla de atributos de la segmentación por elementos de 500 metros. Una vez obtenidos esos valores en dicho archivo, éste fue vinculado de nuevo a la tabla de atributos de la segmentación anterior. Esos dos valores fueron agregados posteriormente para los segmentos componentes de cada tramo (utilizando la herramienta "Summarize by Sum" del menú "Field" de la Tabla de Atributos de temas), generándose una base de datos de CTF y TK totales por tramo que fue vinculada a la segmentación por tramos. Lo anterior fue repetido entre esta segmentación y la segmentación por carreteras, procediéndose finalmente a generar los temas correspondientes en esta última (CTF y TK por carretera).

La Figura 4.11, generada a partir del tema de CTF antes obtenido, visualiza las Carreteras Federales del Estado, clasificándolas en 5 diferentes rangos de dicho parámetro. Sobre la vista en la figura, se muestra el valor del CTF para algunas de las carreteras. Evidentemente existe una relación muy estrecha entre el parámetro anterior y los TDPA promedio y las toneladas-kilómetro de carga circulantes por las carreteras.

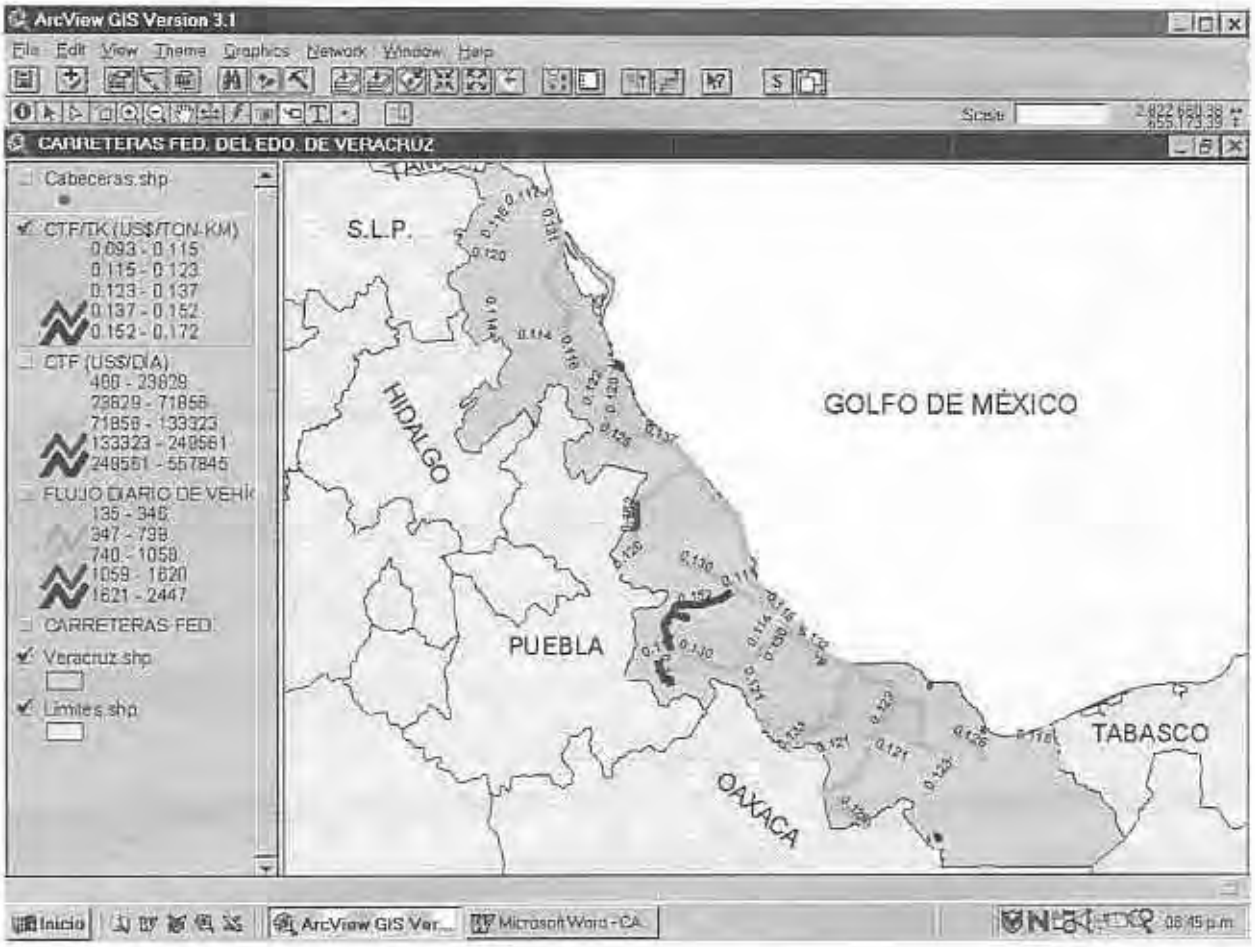
Figura 4.11
COV Totales del Flujo Diario de Vehículos de Carga (CTF)
a Nivel de Carreteras
(Dólares/Día)



La Figura 4.12 presenta la vista que se obtiene de normalizar los valores de CTF entre los de TK en la segmentación por carreteras. La visualización en este caso se realiza también a cinco diferentes rangos del cociente anterior. En la vista anterior es aparente que varias de las autopistas de cuota se encuentran dentro de las carreteras de menor CTF/TK.

A partir de cualquiera de las segmentaciones en las que se generaron los valores de CTF y TK segmentos, tramos y rutas, se obtiene que por las Carreteras Federales del Estado de Veracruz se genera un CTF de 4'062,669 de dólares por dia, en la transportación diaria de 32'249,260 toneladas-kilómetro de carga. Las cifras anteriores representan un CTF/TK promedio de 0.126 dólares/tonelada-kilómetro, el cual resulta 30% por debajo de su correspondiente valor promedio reportado para Estados Unidos [Referencia 4.6] y 20% por encima del de Canadá [Referencia 4.7]. De los diferentes componentes del COV (citados en la Sección 2.1.1, Capítulo 2), México tiene ventaja competitiva sobre esos países en lo referente a los costos por salario de tripulantes (que es del orden de una octava parte de lo que es en ellos), tiempo de pasajeros y mano de obra de mantenimiento. Estados Unidos y Canadá tienen la ventaja competitiva en los demás componentes, particularmente en los costos por depreciación (que considera el costo inicial, el cual es del orden de 30% más elevado en México), interés (que es entre 2 y 3 veces mayor en México), refacciones e indirectos. En donde sí resultan más ventajosas las condiciones para Estados Unidos y Canadá, es en otros factores que son parte del costo de transporte. Uno de los más importantes de éstos son los costos de aseguramiento de la carga, los cuales son significativamente mayores en México, fundamentalmente por los consabidos problemas de inseguridad en las carreteras nacionales (robos, accidentes, etc.). Estos costos llegan a ser de hasta 2 y 3 veces el monto del COV para algunos productos de elevado valor unitario, transportados por recorridos de alto riesgo.

Figura 4.12
COV Totales/Tonelada-Kilómetro (CTF/TK)
a Nivel de Carreteras
(Dólares/Ton-Km)



4.2 Algunos Resultados Obtenidos con la Extensión para el Análisis de Redes

Tomando como base un archivo de línea (archivo de rasgos lineales ligados en sucesiones continuas) que define la red de interés, esta extensión permite realizar los siguientes procesos:

- Identificación del mejor recorrido que pase por una serie de puntos de la red, no sólo en términos de los caminos más convenientes (más cortos, de menor tiempo, de menor costo, etc.) sino también de la secuencia óptima de visita de esos puntos; el uso de esta última potencialidad es opcional. Como parte de este proceso, la extensión de redes también proporciona la distancia (o tiempo, o costo, etc.) del recorrido óptimo identificado.

- De una serie de centros de atención de cierto tipo de emergencia (mecánica, médica, etc.), identificación de aquél más conveniente desde el que se brinde auxilio a un sitio de la red en el que se genera una petición de emergencia de ese tipo de servicio. Incluye también la identificación del recorrido más conveniente entre ese centro y dicho sitio.

- Generación de las instrucciones o direcciones por escrito, para seguir en campo los recorridos más convenientes definidos.

- Identificación de los contornos con igual distancia (o tiempo, o costo, etc.) desde un sitio determinado a través de la red. Esta herramienta permite evaluar la accesibilidad de un sitio determinado, proporcionada por la red.

Enseguida se muestran algunas aplicaciones de los procesos anteriores, que son pertinentes a los objetivos de este trabajo. Todas ellas corresponden al T3-S2, tomando como archivo de línea la segmentación por elementos de 500 metros. Ésta proporciona valores de COV total para el T3-S2 a plena carga y en vacío, para ambos sentidos de circulación.

4.2.1 Recorridos Optimos

A manera de ejemplo sobre las potencialidades de esta extensión de ArcView para identificar recorridos óptimos sobre un archivo de línea (red), se generaron las vistas en las Figuras 4.13 y 4.14.

Figura 4.13
Recorridos de Mínimo COV Total (en Dólares)
para los Casos (I) y (II)

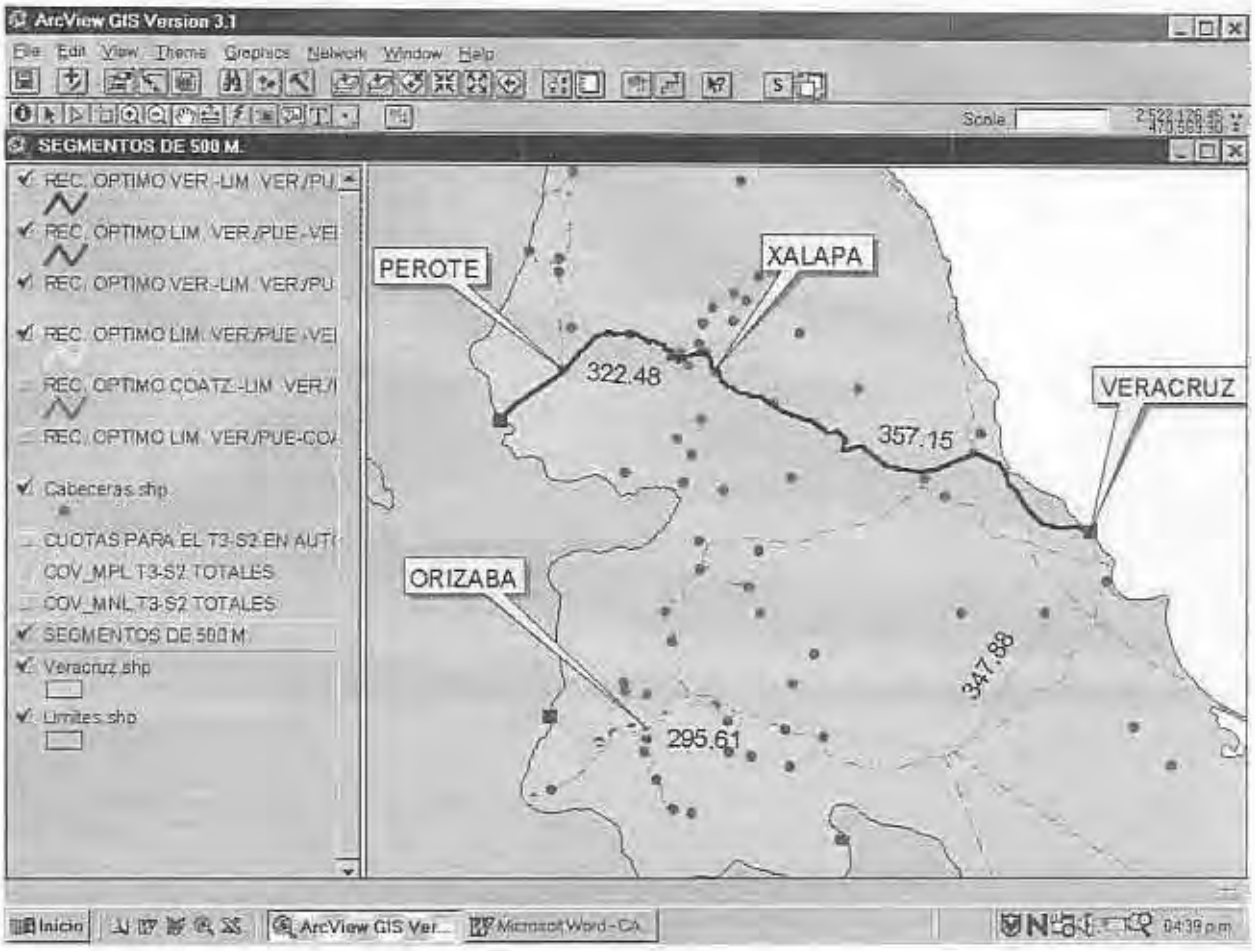
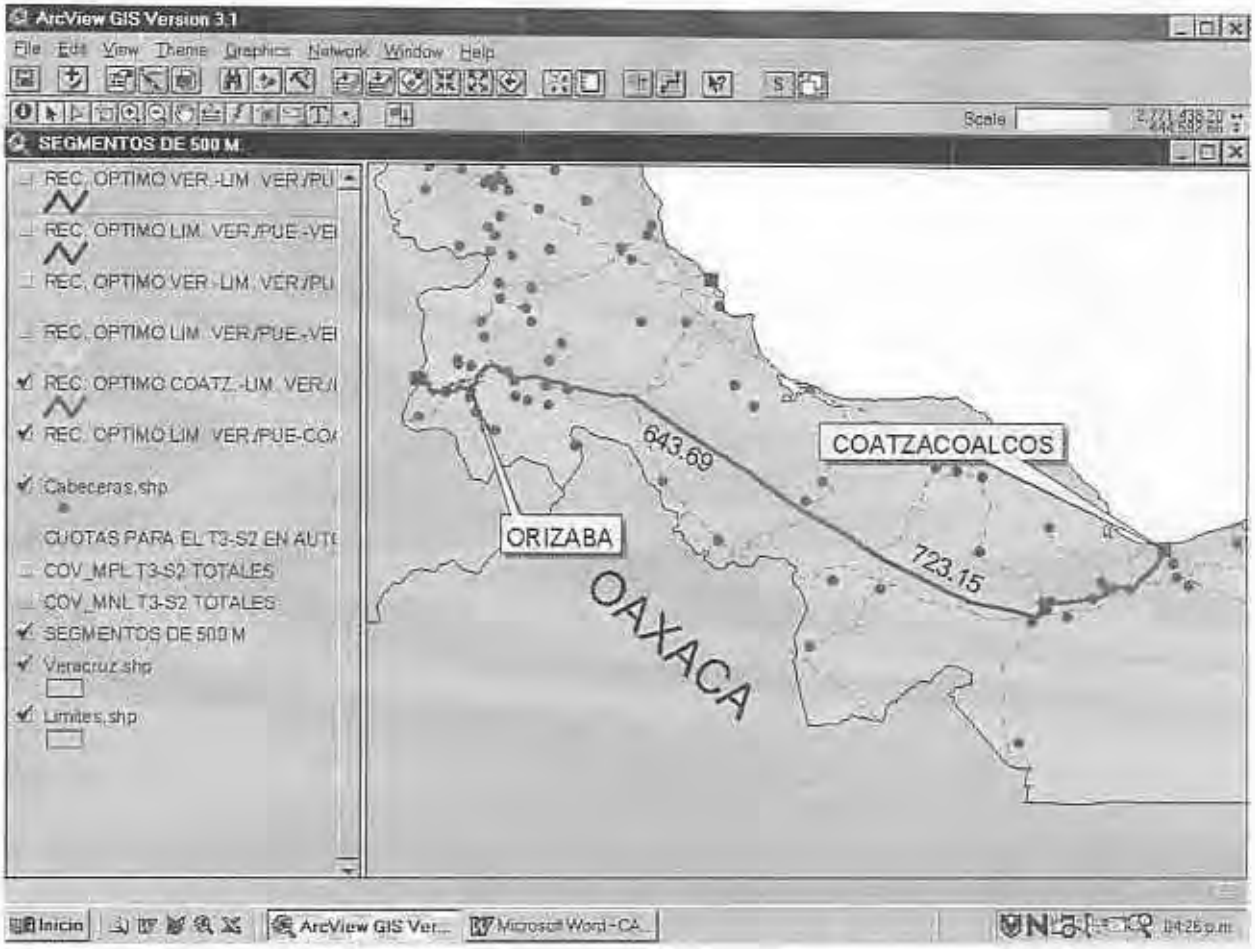


Figura 4.14
Recorridos de Mínimo COV Total (en Dólares) para el Caso (III)



La Figura 4.13 muestra los recorridos de mínimo COV total para el T3-S2 a plena carga, para ambos sentidos de circulación entre (I) el Puerto de Veracruz y los límites de los Estados de Puebla y Veracruz, pasando por Xalapa; y (II) el Puerto de Veracruz y los límites de los Estados de Puebla y Veracruz, pasando por Orizaba; por otra parte, la Figuras 4.14 presenta el mismo tipo de información, pero ahora entre (III) Coatzacoalcos y los límites de los Estados de Puebla y Veracruz, pasando por Orizaba. Cada uno de los tres casos anteriores involucra una alternativa constituida por algunas de las autopistas de cuota más importantes del Estado (Cardel-Veracruz, para el primer caso; Puebla-Veracruz, para el segundo; y La Tinaja-Sayula y Puebla-Veracruz, para el tercero).

Los tres recorridos óptimos anteriores fueron generados directamente por la extensión de redes de ArcView, a partir de indicar a ésta los sitios de inicio y terminación de cada recorrido deseado. La determinación de recorridos óptimos se efectúa mediante la herramienta "Find Best Route" del menú "Networks".

Para los tres casos anteriores, las dos figuras ilustran (a la derecha del sentido de circulación) los valores de COV total (en dólares) para los recorridos óptimos identificados en cada dirección. Es notable que para los tres casos, el recorrido de mínimo COV total se obtuvo a través de la alternativa que involucra autopistas de cuota.

En las Figuras 4.13 y 4.14 es evidente que, en los casos (II) y (III) respectivamente, el recorrido óptimo en un sentido no fue enteramente el mismo que en el sentido contrario (resultando diferente entre Ciudad Mendoza y Fortín). En las dos figuras es también evidente que en los tres casos, el COV total resultó mayor en el sentido ascendente (de la costa hacia el altiplano).

4.2.2. Análisis de Peajes en Autopistas de Cuota

El sistema desarrollado permitió evaluar la conveniencia para el T3-S2 en vacío y a plena carga, de utilizar los tres recorridos de cuota más importantes en el Estado contra sus alternativas más económicas por carreteras libres, para distintos valores de los peajes cobrados en los primeros.

Los recorridos considerados en este análisis fueron los 6 indicados en la Figura 4.15, sobre la vista de la segmentación por elementos de 500 metros, correspondientes a las alternativas entre Veracruz y Tamarindo, de cuota (1) y libre (2); Veracruz y Orizaba, de cuota (3) y libre (4); y La Tinaja-Cosoleacaque, de cuota (5) y libre (6). Como es evidente, estos 6 recorridos constituyen 3 sistemas "recorrido de cuota-alternativa libre". Cabe aclarar que en los recorridos de cuota, no necesariamente se cobran peajes en toda su longitud; de hecho, la Figura 4.15 sobrepone una línea naranja en la fracción de esos recorridos en la que se cobran peajes.

Para cada uno de los tres sistemas "cuota-libre" considerados, el análisis efectuado consistió en multiplicar los peajes de sus segmentos componentes en la base de datos de esa información (vinculada a la segmentación por elementos de 500 metros), por diferentes factores multiplicativos hasta igualar el COV total de la alternativa de cuota con el de su correspondiente libre. Lo anterior fue efectuado para el T3-S2 a plena carga y en vacío, así como para la dirección de levantamiento del SIGET y la opuesta. Cada combinación de estas variantes y de los distintos factores multiplicativos considerados, representa un escenario diferente. Para cada escenario, los COV totales de su correspondiente alternativa de recorrido fueron obtenidos mediante la herramienta "Find Best Route" del menú "Networks", señalando a ArcView los sitios específicos de inicio y terminación de dicho recorrido. Como puntos de referencia iniciales de este análisis, la Tabla 3.5 (Capítulo 3) indica que por las alternativas de cuota Veracruz-Tamarindo se cobran actualmente 95 pesos (10 dólares aproximadamente); Veracruz- Orizaba, 319 pesos (33.58 dólares); y La Tinaja-Cosoleacaque, 530 pesos (55.79 dólares).

La Tabla 4.5 resume los resultados obtenidos, mostrando, para las dos condiciones de carga del vehículo así como los dos sentidos de circulación y los tres sistemas "cuota-libre" considerados, los factores por los que habría que multiplicar los peajes anteriores correspondientes para igualar los COV totales en ambas alternativas; la tabla también presenta los COV totales de igualación. Como es evidente a partir de esta tabla, los peajes actuales del T3-S2 por la alternativa de cuota Veracruz-Tamarindo tolerarían ser multiplicados hasta por 4 ó 5 (entre 300 y 400% de incremento) antes de igualarse sus COV totales con los de su correspondiente alternativa libre. Para los otros 2 recorridos de cuota (Veracruz-Orizaba y La Tinaja-Cosoleacaque), los factores multiplicativos obtenidos resultaron menores, oscilando entre 1.8 y 2.7 (80 y 170% de incremento).

Figura 4.15
Recorridos Considerados en el Análisis Comparativo de COV Totales entre Alternativas de Cuota y Libres

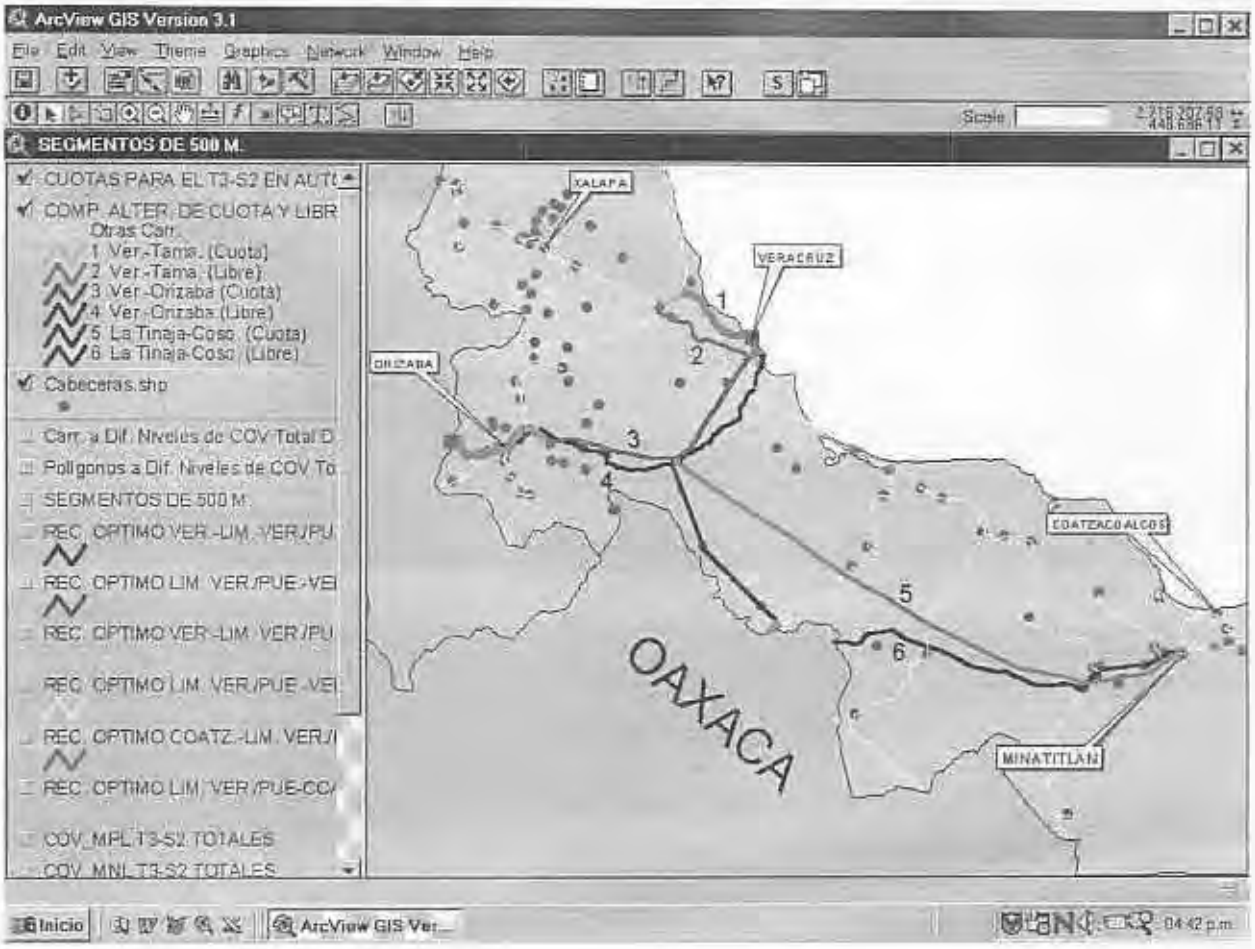


Tabla 4.5
Factores Multiplicativos de los Peajes y COV Totales de Igualación entre Ambas Alternativas (de Cuota y Libre)

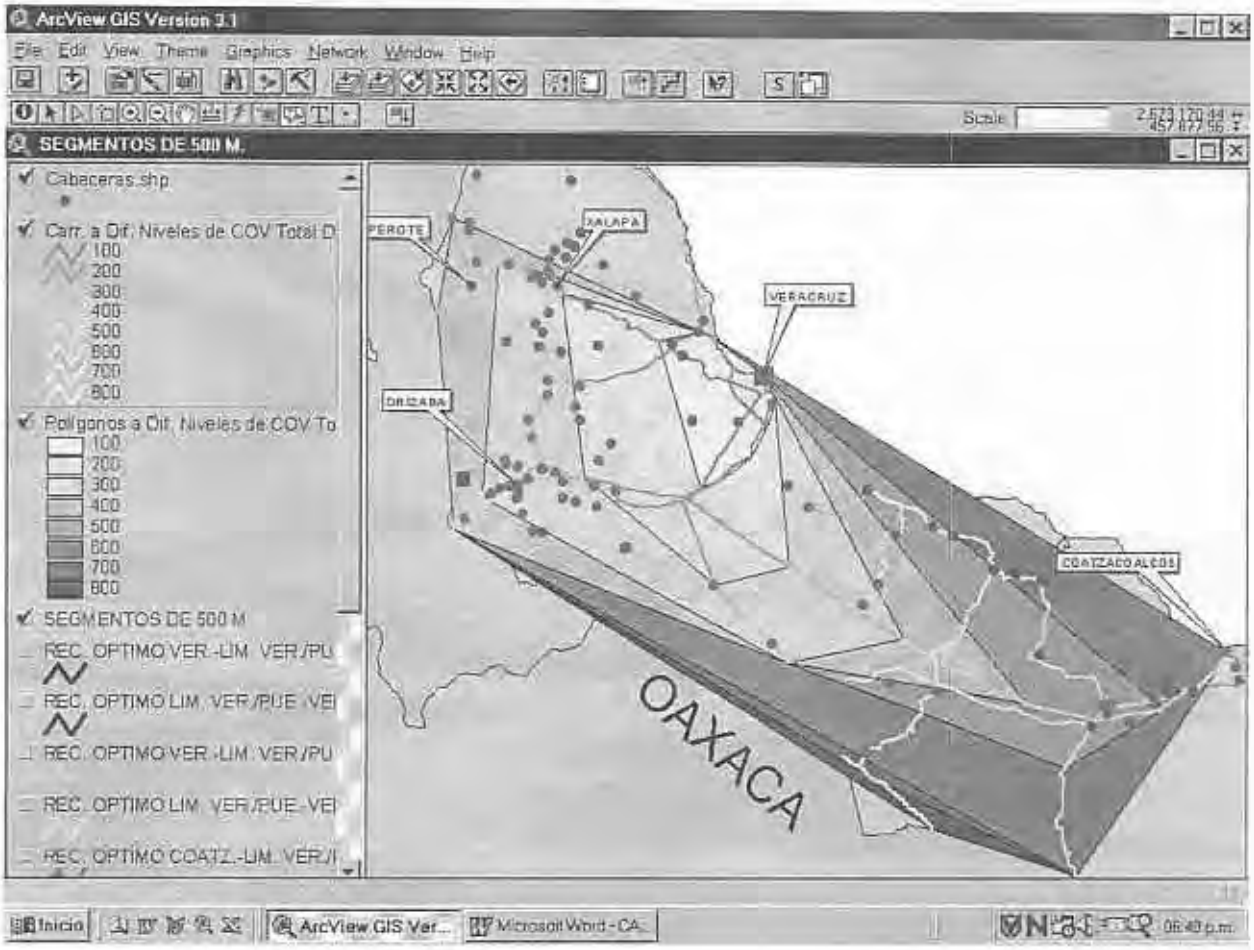
CASOS	SISTEMA I (Recorridos 1 y 2)		SISTEMA II (Recorridos 3 y 4)		SISTEMA III (Recorridos 5 y 6)	
	Factor Multiplicativo del Peaje Actual	COV Total de Igualación (US$)	Factor Multiplicativo del Peaje Actual	COV Total de Igualación (US$)	Factor Multiplicativo del Peaje Actual	COV Total de Igualación (US$)
T3-S2 Plena Carga, Circ. en Dirección al Levant. del SIGET	5.27	122.53	2.58	293.71	2.67	507.83
T3-S2 Vacío, Circ. en Dirección al Levant. del SIGET	4.07	99.73	1.85	241.63	2.00	410.42
T3-S2 Plena Carga, Circ. en Dirección Opuesta al Levant. del SIGET	4.18	122.39	2.08	322.55	1.83	484.97
T3-S2 Vacío, Circ. en Dirección Opuesta al Levant. del SIGET	3.91	98.83	1.75	244.23	1.85	401.88

Se aclara que los análisis anteriores de ninguna manera buscan identificar nichos en donde las cuotas pudiesen incrementarse. Tampoco buscan convencer de que la circulación por autopistas de cuota sea más conveniente en todos los casos, ya que cada autopista existente en el país tiene sus condiciones muy particulares. Como ya se indicó, lo que buscan es simplemente plantear una metodología para valuar la conveniencia de utilizar recorridos de cuota para un nivel de peaje determinado. Se ha demostrado que para los 3 sistemas "cuota-libre" y las condiciones específicas consideradas (T3-S2, etc.), la circulación por los recorridos de peaje sí es más conveniente, soportando incluso incrementos significativos las cuotas en ellos antes de que los COV totales entre ambas alternativas de cada sistema lleguen a igualarse.

4.2.3 Accesibilidad del Puerto de Veracruz

Con el fin de ejemplificar las herramientas que proporciona ArcView para valuar la accesibilidad de un sitio suministrada por la red, se generó la vista en la Figura 4.16 que muestra las carreteras y los contornos (definiendo polígonos) representativos de diferentes niveles de COV total (T3-S2 a plena carga) desde el Puerto de Veracruz. En la figura son evidentes las carreteras y las direcciones en las que la accesibilidad desde Veracruz resulta más económica (desde el punto de vista de los factores considerados en este trabajo). La vista anterior fue generada mediante la herramienta "Find Service Area" del menú "Networks", a partir de la información de COV totales en la segmentación por elementos de 500 metros. Análisis y vistas similares pueden generarse en el sentido opuesto (hacia Veracruz), así como para otros puertos o sitios importantes del Estado (la Capital, etc.).

Figura 4.16
Carreteras y Polígonos a Diferentes Niveles de COV Total (en Dólares) desde el Puerto de Veracruz



Referencias

4.1 *ArcView 3.1 GIS*, Enviromental System Research Institute, Inc.

4.2 *ArcView Network Analyst. Optimum Routing, Closest Facility and Service Area Analysis.* Enviromental Systems Research Institute.

4.3 *Entrevistas Telefónicas con Empresas Autotransportistas del Estado de Veracruz.* Mayo de 2000.

4.4 Gutiérrez H., J. L., A. Mendoza D. y P. Dontchev K. *Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional. Análisis Estadístico de la Información Recopilada en las Estaciones Instaladas en 1995 y 1996.* Instituto Mexicano del Transporte. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Documento Técnico No. 20. Querétaro, Qro.1999.

4.5 *Sistema de Programación de Bases de Datos Relacionales Versión 5.0.* Visual Fox Pro. Microsoft.

4.6 *National Transportation Statistics 1999.* Bureau of Transportation Statistics, US Department of Transportation (http://206.4.84.245/btsproducts/category.cfm?Category=102).

4.7 *Transportation Statistics Report 1999.* Transport Canada. (http://www.tc.gc.ca/en/menu.htm).

5 Conclusiones

Enseguida se enumeran las conclusiones más relevantes derivadas de este trabajo:

- Se reconoce que existen algunos factores no considerados (externos) que pudiesen afectar la evaluación de costos de operación vehicular (COV) en este trabajo. Quizás el más importante de ellos se refiere al costo de los accidentes ocurridos en los diferentes caminos de la red analizada. Al respecto se tiene la sensación de que el recorrido por autopistas de cuota es más seguro (con probabilidades más bajas de accidentalidad) que por carreteras libres.

- A partir de la información recopilada en este trabajo sobre las características físicas y de operación de las carreteras federal del Estado de Veracruz por medio del (SIG) ArcView, se pueden conocer los diferentes rangos de severidad que presenta cada camino e identificar los casos más graves, en cuanto a pendiente, curvatura, IRI, límite de velocidad, nivel de servicio, cuotas, TDPA y composición vehicular. Como ya se ha comentado, la información anterior se puede visualizar a diferentes niveles de segmentación de la red considerada (rutas, carreteras, tramos y por segmentos de 500 metros). Por lo tanto, con esto podría elaborarse un programa de prioridades de mejoramiento de estas carreteras.

- Cabe señalar que con la construcción de este sistema de datos cuantitativos (velocidades y costos de operación de los 5 vehículos de carga considerados, en los dos sentidos de circulación y a cualquier porcentaje de llenado) obtenidos a partir de la información anterior, se logra una visión más clara y tangible de los gastos que generan dichos costos en la Red Carretera Federal del Estado.

- Como se pudo observar en las comparaciones de COV entre recorridos de cuota con sus alternativas libres para el T3-S2, resultó que los COV totales de las carreteras libres son significativamente mayores. Por lo tanto, es más económico para los transportistas transitar por las de peaje, incluyendo cuotas, generando así alrededor del 30% más de ahorros en éstas que en las alternativas libres. A pesar de ello, en la realidad se da la incongruencia de que el mayor flujo de vehículos de carga transita por carreteras libres. Otra situación relevante que se notó en estas comparaciones, es que realmente las cuotas de las carreteras de peaje todavía pueden incrementarse entre 80 y 400% dependiendo del caso, antes de igualarse los COV entre ambas alternativas.

- Es oportuno ratificar que por las Carreteras Federales de Veracruz se genera un valor promedio de costo de operación de 0.126 dólares/ton.-km., siendo que el promedio de E.U. resultó 30% más elevado. Esto responde a que, a pesar de que en México el costo de la mayor parte de los consumos es mayor (consumo de combustible, lubricantes, llantas, refacciones, depreciación e interés), el valor en nuestro país es menor por el factor determinante de la gran diferencia que existe entre los salarios de los operadores, siendo éstos ocho veces mayores en E.U. En Canadá, el parámetro promedio anterior resultó ser un 20% menor que en México. Si dichos valores se presentan de manera parecida en todo el país, puede afirmarse que México tiene COV del autotransporte de carga en buenas condiciones para competir con empresas transportistas extranjeras. Sin embargo, otros componentes del costo de transporte (p. ej. aseguramiento de vehículos y carga) pueden restarle competitividad al autotransporte nacional de carga en relación con el de los 2 países anteriores.

- Se logra mayor comprensión en la información de los gastos que se generan por costos de operación vehicular (COV) al transitar a través de las Carreteras Federales de Veracruz, ya que se puede presentar dicha información en forma de mapas (o vistas), gráficas y tablas.

- La facilidad del manejo de la Extensión de Redes de ArcView que proporciona "Recorridos óptimos", permite calcular y comparar los COV totales del autotransporte de carga a través de diferentes recorridos, disminuyendo así el tiempo de planeación de las operaciones del Autotransporte de carga dentro del Estado, con lo que se puede agilizar la toma de decisiones.

- Es necesario recordar que toda la información que se generó en este trabajo y la metodología que se empleó, sustentan una base de gran interés para realizar estudios de mayor alcance ya que éste fue sólo un primer esfuerzo de recopilación y análisis de información de COV del transporte de carga para el Estado de Veracruz. Partiendo de este Sistema, se puede lograr estructurar uno más completo que contenga información actualizada para toda la República Mexicana. 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 específicos de la Red Básica de Carreteras.

- Este trabajo también servirá de base para la construcción de modelos de simulación de las operaciones del autotransporte de carga sobre la Red Carretera Nacional, útiles para las actividades de planeación del

mejoramiento de la infraestructura y los servicios de ese modo de transporte.

A continuación se describen las recomendaciones más sobresalientes de este trabajo:

- Los procesos de organización y planeación del transporte se deben realizar utilizando sistemas eficientes de manejo de información, en términos de velocidad de procesamiento. Por lo anterior, se recomienda seguir utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) vía satélite, que son herramientas que pueden seguirse explorando y adecuando a necesidades especificas del transporte por su facilidad de permitir la administración, evaluación y análisis de gran cantidad de información basada en referencias geográficas.

- Es conveniente continuar con este análisis para todos los demás tipos de vehiculos y ampliarlo para todo el país, lo cual contribuiría a realizar la planeación de los proyectos de una manera más rápida y eficiente.

- Difundir entre las empresas transportistas la conveniencia económica de que circulen sus unidades por los caminos de cuota y con ello mejorar las condiciones de operación, así como reducir riesgo de accidentes en las alternativas libres.

- Como se pudo ver en el desarrollo de este trabajo, los COV son muy significativos. Es por ello que se recomienda definitivamente que en la planeación y evaluación de los proyectos a futuro, se tomen en cuenta de manera primordial los gastos generados por los COV.

- Sería conveniente seguir trabajando con la Extensión de ArcView para el Análisis de Redes, por su facilidad y rapidez de solución para identificar los recorridos más convenientes para el sistema de transporte carretero entre diferentes sitios de origen y destino en el país.

TIPO DE VEHÍCULO C2.

Reporte de Datos de Entrada 1/2

Características de la Carretera

1	Tipo de superficie	Código: 1-Pav. 0-No pav.	1.000
2	Rugosidad promedio (IIR)	m/km	2.000
3	Pendiente media ascendente	%	0.000
4	Pendiente media descendente	%	0.000
5	Proporción de viaje ascendente	%	0.000
6	Curvatura horizontal promedio	grados/km	0.000
7	Sobrelevación promedio (peralte)	fracción	0.000
8	Altitud del terreno	m	1,000.000
9	Número efectivo de carriles	Código: 1-Uno 0-M s de uno	0.000

Selección del vehículo Tipo de vehículo: 8.000

1	Auto pequeño	(Volkswagen 1300)
2	Auto mediano	(Chevrolet Opala)
3	Auto grande	(Chrysler Dodge Dart)
4	Utilitario	(Volkswagen Panel/Combi)
5	Autobús	(Masa 2030-F/Mercedes-Benz O-362)
6	Camión ligero gasolina	(Ford F-350/F-400)
7	Camión ligero diesel	(Ford F-4000)
8	Camión mediano	(Dina S-551/Mercedes-Benz 2 ejes)
9	Camión pesado	(Mercedes-Benz 3 ejes)
10	Camión articulado	(Dina 861/Scania 110-39)

Características del vehículo

1	Peso del vehículo vacío	kg	4,100.000
2	Carga transportada	kg	13,400.000
3	Potencia máxima en operación	HP métricos	106.400
4	Potencia máxima del freno	HP métricos	181.000
5	Velocidad deseada	km/hora	10.000
6	Coeficiente aerodinámico de arrastre	adimensional	0.850
7	Area frontal proyectada	m^2	5.700
8	Velocidad calibrada del motor	RPM	1,800.000
9	Factor de eficiencia energética	adimensional	1.000
10	Factor de ajuste de combustible	adimensional	1.150

Características de los neumáticos

1	Número de llantas por vehículo	#	6.000
2	Volumen de hule utilizable por llanta	dm^3	7.600
3	Costo de renovación/costo llanta nueva	fracción	0.300
4	Máximo número de renovaciones	adimensional	3.390
5	Término const. del modelo de desgaste	dm^3/m	0.164
6	Coeficiente de desgaste	10E-3 dm^3/kj	12.780

Reporte de Datos de Entrada 2/2

Datos Sobre la Utilización del Vehículo

1 Número de km conducidos por año	km		100,000.000
2 Número de horas conducidas por año	horas		2,100.000
3 Indice de utilización horaria	fracción		0.850
4 Vida útil promedio de servicio	años		10.000
5 Usar vida útil constante? Código:	1-Si	0-No	1.000
6 Edad del vehículo en kilómetros	km		600,000.000
7 Número de pasajeros por vehículo	#		0.000

Costos Unitarios

1 Precio del vehículo nuevo	$	373,190.000
2 Costo del combustible	$/litro	1.580
3 Costo de los lubricantes	$/litro	12.600
4 Costo por llanta nueva	$/llanta	2,700.000
5 Tiempo de los operarios	$/hora	35.000
6 Tiempo de los pasajeros	$/hora	0.000
7 Mano de obra de mantenimiento	$/hora	21.000
8 Retención de la carga	$/hora	1.000
9 Tasa de interés anual real	%	17.000
10 Costos indirectos por vehículo-km	$	0.000

Coeficientes Adicionales

1 KP	Refacciones		0.371
2 CPo	Refacciones	10E-6	1.490
3 CPq	Refacciones	10E-3	251.790
4 QIPo	Refacciones		0.000
5 CLo	Mantenimiento		242.030
6 CLp	Mantenimiento		0.519
7 CLq	Mantenimiento		0.000
8 COo	Lubricantes		3.070
9 FRATIO0	VCURVE		0.292
10 FRATIO1	VCURVE	10E-4	0.094
11 ARVMAX	VROUGH		177.700
1 BW	VDESIR		1.000
2 BETA	Velocidad		0.310
3 E0	Velocidad		1.013
4 A0	Combustible		-22,955.000
5 A1	Combustible		95.000
6 A2	Combustible		0.000
7 A3	Combustible		3,758.000
8 A4	Combustible		0.000
9 A5	Combustible		19.120
10 A6	Combustible		2,394.000
11 A7	Combustible		13.760
12 NH0	Combustible		-85.000

Reporte de Resultados 1/2

Consumos por cada 1000 vehículo-km

Consumo de combustible	litros	758.982
Uso de lubricantes	litros	3.372
Consumo de llantas	no. equivalente de llantas nuevas	0.106
Tiempo de los operarios	horas	98.761
Tiempo de los pasajeros	horas	0.000
Retención de la carga	horas	98.761
Mano de obra de mantenimiento	horas	8.470
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.157
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.415
Intereses	% precio vehículo nuevo	0.353
Velocidad del Vehículo	km/hora	10.125

Costo de Operación por 1000 vehículo-km	$	8,708.048
Consumo de combustible	$	1,199.192
Uso de lubricantes	$	42.484
Consumo de llantas	$	285.517
Tiempo de los operarios	$	3,456.622
Tiempo de los pasajeros	$	0.000
Retención de la carga	$	98.761
Mano de obra de mantenimiento	$	177.869
Refacciones	$	584.195
Depreciación	$	1,547.788
Intereses	$	1,315.620
Costos indirectos	$	0.000
Costo de Operación Total del Vehículo	%	100.000
Consumo de combustible	%	13.771
Uso de lubricantes	%	0.488
Consumo de llantas	%	3.279
Tiempo de los operarios	%	39.695
Tiempo de los pasajeros	%	0.000
Retención de la carga	%	1.134
Mano de obra de mantenimiento	%	2.043
Refacciones	%	6.709
Depreciación	%	17.774
Intereses	%	15.108
Costos indirectos	%	0.000

Otros Valores Estimados

VDRIVEu		km/hr	76.434
VDRIVEd		km/hr	76.434
VBRAKE		km/hr	3,600,000,000.000
VCURVE		km/hr	3,600,000,000.000
VROUGH		km/hr	278.964
VDESIR		km/hr	10.000
SPEED		km/hr	10.125
GFu	Resistencia gravitacional	N	0.000
GFd	Resistencia gravitacional	N	0.000
RR	Resistencia al rodamiento	N	2,474.661

Reporte de Resultados 2/2

AFu	Resistencia del viento	N	21.300
AFd	Resistencia del viento	N	21.300
DFu	Fuerza motriz	N	2,495.961
DFd	Fuerza motriz	N	2,495.961
HPu	Potencia del vehículo	HP métricos	9.538
HPd	Potencia del vehículo	HP métricos	9.538
UFCu	Consumo de combustible agregado	litros/1000veh-km	1,856.297
UFCd	Consumo de combustible agregado	litros/1000veh-km	1,856.297
CFT^2/NFT	Energía circunferencial por llanta	J	6.048
TWT	Volumen de hule gastado	dm3/1000km	0.241
NR	Número de renovaciones	#	3.116
DISTOT	Vida de la armadura en km	1000km	129.637
EQNT	Número de llantas nuevas	llantas/1000km	0.018
AKM	Utilización anual estimada	km	24,111.178
LIFE	Vida de servicio estimada	años	10.000

TIPO DE VEHÍCULO C3

Reporte de Datos de Entrada 1/2

Características de la Carretera

1	Tipo de superficie	Código: 1-Pav. 0-No pav.	1.000
2	Rugosidad promedio (IIR)	m/km	2.000
3	Pendiente media ascendente	%	0.000
4	Pendiente media descendente	%	0.000
5	Proporción de viaje ascendente	%	0.000
6	Curvatura horizontal promedio	grados/km	0.000
7	Sobrelevación promedio (peralte)	fracción	0.000
8	Altitud del terreno	m	1,000.000
9	Número efectivo de carriles	Código: 1-Uno 0-M s de uno	0.000

Selección del vehículo Tipo de vehículo: 9.000

1	Auto pequeño	(Volkswagen 1300)
2	Auto mediano	(Chevrolet Opala)
3	Auto grande	(Chrysler Dodge Dart)
4	Utilitario	(Volkswagen Panel/Combi)
5	Autobús	(Maea 2030-F/Mercedes-Benz O-362)
6	Camión ligero gasolina	(Ford F-350/F-400)
7	Camión ligero diesel	(Ford F-4000)
8	Camión mediano	(Dina S-551/Mercedes-Benz 2 ejes)
9	Camión pesado	(Mercedes-Benz 3 ejes)
10	Camión articulado	(Dina 861/Scania 110-39)

Características del vehículo

1	Peso del vehículo vacío	kg	8,300.000
2	Carga transportada	kg	15,700.000
3	Potencia máxima en operación	HP métricos	100.000
4	Potencia máxima del freno	HP métricos	250.000
5	Velocidad deseada	km/hora	10.000
6	Coeficiente aerodinámico de arrastre	adimensional	0.850
7	Area frontal proyectada	m^2	5.200
8	Velocidad calibrada del motor	RPM	1,800.000
9	Factor de eficiencia energética	adimensional	1.000
10	Factor de ajuste de combustible	adimensional	1.150

Características de los neumáticos

1	Número de llantas por vehículo	#	10.000
2	Volumen de hule utilizable por llanta	dm^3	7.300
3	Costo de renovación/costo llanta nueva	fracción	0.150
4	Máximo número de renovaciones	adimensional	2.390
5	Término const. del modelo de desgaste	dm^3/m	0.164
6	Coeficiente de desgaste	10E-3 dm^3/kj	12.780

Reporte de Datos de Entrada 2/2

Datos Sobre la Utilización del Vehículo

1 Número de km conducidos por año	km		100,000.000
2 Número de horas conducidas por año	horas		2,100.000
3 Indice de utilización horaria	fracción		0.850
4 Vida útil promedio de servicio	años		10.000
5 Usar vida útil constante? Código:	1-Si	0-No	1.000
6 Edad del vehículo en kilómetros	km		600,000.000
7 Número de pasajeros por vehículo	#		0.000

Costos Unitarios

1 Precio del vehículo nuevo	$	445,550.000
2 Costo del combustible	$/litro	1.580
3 Costo de los lubricantes	$/litro	12.600
4 Costo por llanta nueva	$/llanta	2,700.000
5 Tiempo de los operarios	$/hora	35.000
6 Tiempo de los pasajeros	$/hora	0.000
7 Mano de obra de mantenimiento	$/hora	21.000
8 Retención de la carga	$/hora	1.000
9 Tasa de interés anual real	%	17.000
10 Costos indirectos por vehículo-km	$	0.000

Coeficientes Adicionales

1 KP	Refacciones		0.371
2 CPo	Refacciones	10E-6	1.490
3 CPq	Refacciones	10E-3	251.790
4 QIPo	Refacciones		0.000
5 CLo	Mantenimiento		242.030
6 CLp	Mantenimiento		0.519
7 CLq	Mantenimiento		0.000
8 COo	Lubricantes		3.070
9 FRATIO0	VCURVE		0.292
10 FRATIO1	VCURVE	10E-4	0.094
11 ARVMAX	VROUGH		177.700
1 BW	VDESIR		1.000
2 BETA	Velocidad		0.310
3 E0	Velocidad		1.013
4 A0	Combustible		-22,955.000
5 A1	Combustible		95.000
6 A2	Combustible		0.000
7 A3	Combustible		3,758.000
8 A4	Combustible		0.000
9 A5	Combustible		19.120
10 A6	Combustible		2,394.000
11 A7	Combustible		13.760
12 NHU	Combustible		-85.000

Reporte de Resultados 1/2

Consumos por cada 1000 vehículo-km

Consumo de combustible	litros	819.240
Uso de lubricantes	litros	3.372
Consumo de llantas	no. equivalente de llantas nuevas	0.157
Tiempo de los operarios	horas	98.795
Tiempo de los pasajeros	horas	0.000
Retención de la carga	horas	98.795
Mano de obra de mantenimiento	horas	8.470
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.157
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.415
Intereses	% precio vehículo nuevo	0.353
Velocidad del Vehículo	km/hora	10.122

Costo de Operación por 1000 vehículo-km	$	9,612.370
Consumo de combustible	$	1,294.400
Uso de lubricantes	$	42.484
Consumo de llantas	$	423.745
Tiempo de los operarios	$	3,457.838
Tiempo de los pasajeros	$	0.000
Retención de la carga	$	98.795
Mano de obra de mantenimiento	$	177.869
Refacciones	$	697.469
Depreciación	$	1,848.525
Intereses	$	1,571.246
Costos indirectos	$	0.000
Costo de Operación Total del Vehículo	%	100.000
Consumo de combustible	%	13.466
Uso de lubricantes	%	0.442
Consumo de llantas	%	4.408
Tiempo de los operarios	%	35.973
Tiempo de los pasajeros	%	0.000
Retención de la carga	%	1.028
Mano de obra de mantenimiento	%	1.850
Refacciones	%	7.256
Depreciación	%	19.231
Intereses	%	16.346
Costos indirectos	%	0.000
Otros Valores Estimados		
VDRIVEu	km/hr	63.662
VDRIVEd	km/hr	63.662
VBRAKE	km/hr	3,600,000,000.000
VCURVE	km/hr	3,600,000,000.000
VROUGH	km/hr	278.964
VDESIR	km/hr	10.000
SPEED	km/hr	10.122
GFu Resistencia gravitacional	N	0.000
GFd Resistencia gravitacional	N	0.000
RR Resistencia al rodamiento	N	3,393.821

Reporte de Resultados 2/2

AFu	Resistencia del viento	N	19.418
AFd	Resistencia del viento	N	19.418
DFu	Fuerza motriz	N	3,413.239
DFd	Fuerza motriz	N	3,413.239
HPu	Potencia del vehículo	HP métricos	13.039
HPd	Potencia del vehículo	HP métricos	13.039
UFCu	Consumo de combustible agregado	litros/1000veh-km	2,002.970
UFCd	Consumo de combustible agregado	litros/1000veh-km	2,002.970
CFT^2/NFT	Energía circunferencial por llanta	J	4.948
TWT	Volumen de hule gastado	dm3/1000km	0.227
NR	Número de renovaciones	#	2.178
DISTOT	Vida de la armadura en km	1000km	102.103
EQNT	Numero de llantas nuevas	llantas/1000km	0.016
AKM	Utilización anual estimada	km	24,103.006
LIFE	Vida de servicio estimada	años	10.000

TIPO DE VEHÍCULO T3-S2

Reporte de Datos de Entrada 1/2

Características de la Carretera

1	Tipo de superficie	Código: 1-Pav. 0-No pav.	1.000
2	Rugosidad promedio (IIR)	m/km	2.000
3	Pendiente media ascendente	%	0.000
4	Pendiente media descendente	%	0.000
5	Proporción de viaje ascendente	%	0.000
6	Curvatura horizontal promedio	grados/km	0.000
7	Sobrelevación promedio (peralte)	fracción	0.000
8	Altitud del terreno	m	1,000.000
9	Número efectivo de carriles	Código: 1-Uno 0-M s de uno	0.000

Selección del vehículo Tipo de vehículo : 10.000

1	Auto pequeño	(Volkswagen 1300)
2	Auto mediano	(Chevrolet Opala)
3	Auto grande	(Chrysler Dodge Dart)
4	Utilitario	(Volkswagen Panel/Combi)
5	Autobús	(Masa 2030-F/Mercedes-Benz O-362)
6	Camión ligero gasolina	(Ford F-350/F-400)
7	Camión ligero diesel	(Ford F-4000)
8	Camión mediano	(Dina S-551/Mercedes-Benz 2 ejes)
9	Camión pesado	(Mercedes-Benz 3 ejes)
10	Camión articulado	(Dina 861/Scania 110-39)

Características del vehículo

1	Peso del vehículo vacío	kg	15,200.000
2	Carga transportada	kg	28,800.000
3	Potencia máxima en operación	HP métricos	248.500
4	Potencia máxima del freno	HP métricos	763.600
5	Velocidad deseada	km/hora	10.000
6	Coeficiente aerodinámico de arrastre	adimensional	0.630
7	Area frontal proyectada	m^2	8.640
8	Velocidad calibrada del motor	RPM	1,600.000
9	Factor de eficiencia energética	adimensional	0.900
10	Factor de ajuste de combustible	adimensional	1.150

Características de los neumáticos

1	Número de llantas por vehículo	#	18.000
2	Volumen de hule utilizable por llanta	dm^3	8.390
3	Costo de renovación/costo llanta nueva	fracción	0.300
4	Máximo número de renovaciones	adimensional	3.570
5	Término const. del modelo de desgaste	dm^3/m	0.164
6	Coeficiente de desgaste	10E-3 dm^3/kj	12.780

Reporte de Datos de Entrada 2/2

Datos Sobre la Utilización del Vehículo

1 Número de km conducidos por año	km		100,000.000
2 Número de horas conducidas por año	horas		2,100.000
3 Indice de utilización horaria	fracción		0.850
4 Vida útil promedio de servicio	años		10.000
5 Usar vida útil constante? Código:	1-Si	0-No	1.000
6 Edad del vehículo en kilómetros	km		600,000.000
7 Número de pasajeros por vehículo	#		0.000

Costos Unitarios

1 Precio del vehículo nuevo	$	779,880.000
2 Costo del combustible	$/litro	1.580
3 Costo de los lubricantes	$/litro	12.600
4 Costo por llanta nueva	$/llanta	2,700.000
5 Tiempo de los operarios	$/hora	35.000
6 Tiempo de los pasajeros	$/hora	0.000
7 Mano de obra de mantenimiento	$/hora	21.000
8 Retención de la carga	$/hora	2.000
9 Tasa de interés anual real	%	17.000
10 Costos indirectos por vehículo -km	$	0.000

Coeficientes Adicionales

1 KP	Refacciones		0.371
2 CPo	Refacciones	10E-6	13.940
3 CPq	Refacciones	10E-3	15.650
4 QIPo	Refacciones		0.000
5 CLo	Mantenimiento		652.510
6 CLp	Mantenimiento		0.519
7 CLq	Mantenimiento		0.000
8 COo	Lubricantes		5.150
9 FRATIO0	VCURVE		0.179
10 FRATIO1	VCURVE	10E-4	0.023
11 ARVMAX	VROUGH		130.900
1 BW	VDESIR		1.000
2 BETA	Velocidad		0.244
3 E0	Velocidad		1.018
4 A0	Combustible		-30,559.000
5 A1	Combustible		156.100
6 A2	Combustible		0.000
7 A3	Combustible		4,002.000
8 A4	Combustible		0.000
9 A5	Combustible		4.410
10 A6	Combustible		4,435.000
11 A7	Combustible		26.080
12 NH0	Combustible		-85.000

Reporte de Resultados 1/2

Consumos por cada 1000 vehículo-km

Consumo de combustible	litros	1,163.154
Uso de lubricantes	litros	5.452
Consumo de llantas	no. equivalente de llantas nuevas	0.275
Tiempo de los operarios	horas	98.236
Tiempo de los pasajeros	horas	0.000
Retención de la carga	horas	98.236
Mano de obra de mantenimiento	horas	30.478
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.273
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.413
Intereses	% precio vehículo nuevo	0.351
Velocidad del Vehículo	km/hora	10.180

Costo de Operación por 1000 vehículo-km	$	15,007.480
Consumo de combustible	$	1,837.784
Uso de lubricantes	$	68.692
Consumo de llantas	$	743.676
Tiempo de los operarios	$	3,438.255
Tiempo de los pasajeros	$	0.000
Retención de la carga	$	196.472
Mano de obra de mantenimiento	$	640.036
Refacciones	$	2,129.354
Depreciación	$	3,217.952
Intereses	$	2,735.259
Costos indirectos	$	0.000
Costo de Operación Total del Vehículo	%	100.000
Consumo de combustible	%	12.246
Uso de lubricantes	%	0.458
Consumo de llantas	%	4.955
Tiempo de los operarios	%	22.910
Tiempo de los pasajeros	%	0.000
Retención de la carga	%	1.309
Mano de obra de mantenimiento	%	4.265
Refacciones	%	14.189
Depreciación	%	21.442
Intereses	%	18.226
Costos indirectos	%	0.000

Otros Valores Estimados

VDRIVEu	km/hr	83.770
VDRIVEd	km/hr	83.770
VBRAKE	km/hr	3,600,000,000.000
VCURVE	km/hr	3,600,000,000.000
VROUGH	km/hr	205.494
VDESIR	km/hr	10.000
SPEED	km/hr	10.180
GFu Resistencia gravitacional	N	0.000
GFd Resistencia gravitacional	N	0.000
RR Resistencia al rodamiento	N	6,222.005

Reporte de Resultados 2/2

AFu	Resistencia del viento	N	24.186
AFd	Resistencia del viento	N	24.186
DFu	Fuerza motriz	N	6,246.191
DFd	Fuerza motriz	N	6,246.191
HPu	Potencia del vehículo	HP métricos	23.997
HPd	Potencia del vehículo	HP métricos	23.997
UFCu	Consumo de combustible agregado	litros/1000veh-km	3,177.784
UFCd	Consumo de combustible agregado	litros/1000veh-km	3,177.784
CFT^2/NPT	Energía circunferencial por llanta	J	5.022
TWT	Volumen de hule gastado	dm3/1000km	0.228
NR	Número de renovaciones	#	3.285
DISTOT	Vida de la armadura en km	1000km	157.546
EQNT	Número de llantas nuevas	llantas/1000km	0.015
AKM	Utilización anual estimada	km	24,235.291
LIFE	Vida de servicio estimada	años	10.000

TIPO DE VEHÍCULO T3-S3

Reporte de Datos de Entrada 1/2

Características de la Carretera

1	Tipo de superficie	Código: 1-Pav. 0-No pav.	1.000
2	Rugosidad promedio (IIR)	m/km	2.000
3	Pendiente media ascendente	%	0.000
4	Pendiente media descendente	%	0.000
5	Proporción de viaje ascendente	%	0.000
6	Curvatura horizontal promedio	grados/km	0.000
7	Sobrelevación promedio (peralte)	fracción	0.000
8	Altitud del terreno	m	1,000.000
9	Número efectivo de carriles	Código: 1-Uno 0-M s de uno	0.000

Selección del vehículo Tipo de vehículo : 10.000

1	Auto pequeño	(Volkswagen 1300)
2	Auto mediano	(Chevrolet Opala)
3	Auto grande	(Chrysler Dodge Dart)
4	Utilitario	(Volkswagen Panel/Combi)
5	Autobús	(Masa 2030-F/Mercedes-Benz O-362)
6	Camión ligero gasolina	(Ford F-350/F-400)
7	Camión ligero diesel	(Ford F-4000)
8	Camión mediano	(Dina S-551/Mercedes-Benz 2 ejes)
9	Camión pesado	(Mercedes-Benz 3 ejes)
10	Camión articulado	(Dina 861/Scania 110-39)

Características del vehículo

1	Peso del vehículo vacío	kg	18,800.000
2	Carga transportada	kg	29,700.000
3	Potencia máxima en operación	HP métricos	248.500
4	Potencia máxima del freno	HP m,ricos	763.600
5	Velocidad deseada	km/hora	10.000
6	Coeficiente aerodinámico de arrastre	adimensional	0.630
7	Area frontal proyectada	m^2	8.640
8	Velocidad calibrada del motor	RPM	1,600.000
9	Factor de eficiencia energética	adimensional	0.900
10	Factor de ajuste de combustible	adimensional	1.150

Características de los neumáticos

1	Número de llantas por vehículo	#	22.000
2	Volumen de hule utilizable por llanta	dm^3	8.390
3	Costo de renovación/costo llanta nueva	fracción	0.300
4	Máximo número de renovaciones	adimensional	3.570
5	Término const. del modelo de desgaste	dm^3/m	0.164
6	Coeficiente de desgaste	10E-3 dm^3/kj	12.780

Reporte de Datos de Entrada 2/2

Datos Sobre la Utilización del Vehículo

1 Número de km conducidos por año	km			100,000.000
2 Número de horas conducidas por año	horas			2,100.000
3 Indice de utilización horaria	fracción			0.850
4 Vida útil promedio de servicio	años			10.000
5 Usar vida útil constante?	Código:	1-Si	0-No	1.000
6 Edad del vehículo en kilómetros	km			600,000.000
7 Número de pasajeros por vehículo	#			0.000

Costos Unitarios

1 Precio del vehículo nuevo	$	822,760.000
2 Costo del combustible	$/litro	1.580
3 Costo de los lubricantes	$/litro	12.600
4 Costo por llanta nueva	$/llanta	2,700.000
5 Tiempo de los operarios	$/hora	35.000
6 Tiempo de los pasajeros	$/hora	0.000
7 Mano de obra de mantenimiento	$/hora	21.000
8 Retención de la carga	$/hora	2.000
9 Tasa de interés anual real	%	17.000
10 Costos indirectos por vehículo-km	$	0.000

Coeficientes Adicionales

1 KP	Refacciones		0.371
2 CPo	Refacciones	10E-6	13.940
3 CPq	Refacciones	10E-3	15.650
4 QIPo	Refacciones		0.000
5 CLo	Mantenimiento		652.510
6 CLp	Mantenimiento		0.519
7 CLq	Mantenimiento		0.000
8 COo	Lubricantes		5.150
9 FRATIO0	VCURVE		0.179
10 FRATIO1	VCURVE	10E-4	0.023
11 ARVMAX	VROUGH		130.900
1 BW	VDESIR		1.000
2 BETA	Velocidad		0.244
3 E0	Velocidad		1.018
4 A0	Combustible		-30,559.000
5 A1	Combustible		156.100
6 A2	Combustible		0.000
7 A3	Combustible		4,002.000
8 A4	Combustible		0.000
9 A5	Combustible		4.410
10 A6	Combustible		4,435.000
11 A7	Combustible		26.080
12 NH0	Combustible		-85.000

Reporte de Resultados 1/2

Consumos por cada 1000 vehículo-km

Consumo de combustible	litros	1,200.965
Uso de lubricantes	litros	5.452
Consumo de llantas	no. equivalente de llantas nuevas	0.329
Tiempo de los operarios	horas	98.237
Tiempo de los pasajeros	horas	0.000
Retención de la carga	horas	98.237
Mano de obra de mantenimiento	horas	30.478
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.273
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.413
Intereses	% precio vehículo nuevo	0.351
Velocidad del Vehículo	km/hora	10.179

Costo de Operación por 1000 vehículo-km	$	15,656.188
Consumo de combustible	$	1,897.525
Uso de lubricantes	$	68.692
Consumo de llantas	$	888.139
Tiempo de los operarios	$	3,438.292
Tiempo de los pasajeros	$	0.000
Retención de la carga	$	196.474
Mano de obra de mantenimiento	$	640.036
Refacciones	$	2,246.432
Depreciación	$	3,394.918
Intereses	$	2,885.681
Costos indirectos	$	0.000
Costo de Operación Total del Vehículo	%	100.000
Consumo de combustible	%	12.120
Uso de lubricantes	%	0.439
Consumo de llantas	%	5.673
Tiempo de los operarios	%	21.961
Tiempo de los pasajeros	%	0.000
Retención de la carga	%	1.255
Mano de obra de mantenimiento	%	4.088
Refacciones	%	14.349
Depreciación	%	21.684
Intereses	%	18.432
Costos indirectos	%	0.000

Otros Valores Estimados

VDRIVEu		km/hr	79.137
VDRIVEd		km/hr	79.137
VBRAKE		km/hr	3,600,000,000.000
VCURVE		km/hr	3,600,000,000.000
VROUGH		km/hr	205.494
VDESIR		km/hr	10.000
SPEED		km/hr	10.179
GFu	Resistencia gravitacional	N	0.000
GFd	Resistencia gravitacional	N	0.000
RR	Resistencia al rodamiento	N	6,858.346

Reporte de Resultados 2/2

AFu	Resistencia del viento	N	24.186
AFd	Resistencia del viento	N	24.186
DFu	Fuerza motriz	N	6,882.532
DFd	Fuerza motriz	N	6,882.532
HPu	Potencia del vehículo	HP métricos	26.442
HPd	Potencia del vehículo	HP métricos	26.442
UFCu	Consumo de combustible agregado	litros/1000veh-km	3,281.050
UFCd	Consumo de combustible agregado	litros/1000veh-km	3,281.050
CFT^2/NFT	Energía circunferencial por llanta	J	4.525
TWT	Volumen de hule gastado	dm3/1000km	0.222
NR	Número de renovaciones	#	3.285
DISTOT	Vida de la armadura en km	1000km	162.048
EQNT	Número de llantas nuevas	llantas/1000km	0.015
AKM	Utilización anual estimada	km	24,235.045
LIFE	Vida de servicio estimada	años	10.000

TIPO DE VEHÍCULO T3-S2-R4

Reporte de Datos de Entrada 1/2

Características de la Carretera

1	Tipo de superficie	Código: 1-Pav. 0-No pav.	1.000
2	Rugosidad promedio (IIR)	m/km	2.000
3	Pendiente media ascendente	%	0.000
4	Pendiente media descendente	%	0.000
5	Proporción de viaje ascendente	%	0.000
6	Curvatura horizontal promedio	grados/km	0.000
7	Sobrelevación promedio (peralte)	fracción	0.000
8	Altitud del terreno	m	1,000.000
9	Número efectivo de carriles	Código: 1-Uno 0-M s de uno	0.000

Selección del vehículo Tipo de vehículo : 10.000

1	Auto pequeño	(Volkswagen 1300)
2	Auto mediano	(Chevrolet Opala)
3	Auto grande	(Chrysler Dodge Dart)
4	Utilitario	(Volkswagen Panel/Combi)
5	Autobús	(Masa 2030-F/Mercedes-Benz O-362)
6	Camión ligero gasolina	(Ford F-350/F-400)
7	Camión ligero diesel	(Ford F-4000)
8	Camión mediano	(Dina S-551/Mercedes-Benz 2 ejes)
9	Camión pesado	(Mercedes-Benz 3 ejes)
10	Camión articulado	(Dina 861/Scania 110-39)

Características del vehículo

1	Peso del vehículo vacío	kg	23,900.000
2	Carga transportada	kg	42,600.000
3	Potencia máxima en operación	HP métricos	248.500
4	Potencia máxima del freno	HP métricos	763.600
5	Velocidad deseada	km/hora	10.000
6	Coeficiente aerodinámico de arrastre	adimensional	0.630
7	Area frontal proyectada	m^2	8.640
8	Velocidad calibrada del motor	RPM	1,600.000
9	Factor de eficiencia energética	adimensional	0.900
10	Factor de ajuste de combustible	adimensional	1.150

Características de los neumáticos

1	Número de llantas por vehículo	#	34.000
2	Volumen de hule utilizable por llanta	dm^3	8.390
3	Costo de renovación/costo llanta nueva	fracción	0.300
4	Máximo número de renovaciones	adimensional	3.570
5	Término const. del modelo de desgaste	dm^3/m	0.164
6	Coeficiente de desgaste	10E-3 dm^3/kj	12.780

Reporte de Datos de Entrada 2/2

Datos Sobre la Utilización del Vehículo

1 Número de km conducidos por año	km		100,000.000
2 Número de horas conducidas por año	horas		2,100.000
3 Indice de utilización horaria	fracción		0.850
4 Vida útil promedio de servicio	años		10.000
5 Usar vida útil constante? Código:	1-Si	0-No	1.000
6 Edad del vehículo en kilómetros	km		600,000.000
7 Número de pasajeros por vehículo	#		0.000

Costos Unitarios

1 Precio del vehículo nuevo	$	959,440.000
2 Costo del combustible	$/litro	1.580
3 Costo de los lubricantes	$/litro	12.600
4 Costo por llanta nueva	$/llanta	2,700.000
5 Tiempo de los operarios	$/hora	35.000
6 Tiempo de los pasajeros	$/hora	0.000
7 Mano de obra de mantenimiento	$/hora	21.000
8 Retención de la carga	$/hora	3.000
9 Tasa de interés anual real	%	17.000
10 Costos indirectos por vehículo-km	$	0.000

Coeficientes Adicionales

1 KP	Refacciones		0.371
2 CPo	Refacciones	10E-6	13.940
3 CPq	Refacciones	10E-3	15.650
4 QIPo	Refacciones		0.000
5 CLo	Mantenimiento		652.510
6 CLp	Mantenimiento		0.519
7 CLq	Mantenimiento		0.000
8 COo	Lubricantes		5.150
9 FRATIO0	VCURVE		0.179
10 FRATIO1	VCURVE	10E-4	0.023
11 ARVMAX	VROUGH		130.900
1 BW	VDESIR		1.000
2 BETA	Velocidad		0.244
3 E0	Velocidad		1.018
4 A0	Combustible		-30,559.000
5 A1	Combustible		156.100
6 A2	Combustible		0.000
7 A3	Combustible		4,002.000
8 A4	Combustible		0.000
9 A5	Combustible		4.410
10 A6	Combustible		4,435.000
11 A7	Combustible		26.080
12 NH0	Combustible		-85.000

Reporte de Resultados 1/2

Consumos por cada 1000 vehículo-km

Consumo de combustible	litros	1,354.162
Uso de lubricantes	litros	5.452
Consumo de llantas	no. equivalente de llantas nuevas	0.496
Tiempo de los operarios	horas	98.244
Tiempo de los pasajeros	horas	0.000
Retención de la carga	horas	98.244
Mano de obra de mantenimiento	horas	30.478
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.273
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.413
Intereses	% precio vehículo nuevo	0.351
Velocidad del Vehículo	km/hora	10.179

Costo de Operación por 1000 vehículo-km	$	17,864.680
Consumo de combustible	$	2,139.576
Uso de lubricantes	$	68.692
Consumo de llantas	$	1,339.009
Tiempo de los operarios	$	3,438.544
Tiempo de los pasajeros	$	0.000
Retención de la carga	$	294.732
Mano de obra de mantenimiento	$	640.036
Refacciones	$	2,619.617
Depreciación	$	3,959.175
Intereses	$	3,365.298
Costos indirectos	$	0.000
Costo de Operación Total del Vehículo	%	100.000
Consumo de combustible	%	11.977
Uso de lubricantes	%	0.385
Consumo de llantas	%	7.495
Tiempo de los operarios	%	19.248
Tiempo de los pasajeros	%	0.000
Retención de la carga	%	1.650
Mano de obra de mantenimiento	%	3.583
Refacciones	%	14.664
Depreciación	%	22.162
Intereses	%	18.838
Costos indirectos	%	0.000

Otros Valores Estimados

VDRIVEu	km/hr	63.625
VDRIVEd	km/hr	63.625
VBRAKE	km/hr	3,600,000,000.000
VCURVE	km/hr	3,600,000,000.000
VROUGH	km/hr	205.494
VDESIR	km/hr	10.000
SPEED	km/hr	10.179
GFu Resistencia gravitacional	N	0.000
GFd Resistencia gravitacional	N	0.000
RR Resistencia al rodamiento	N	9,403.712

Reporte de Resultados 2/2

AFu	Resistencia del viento	N	24.182
AFd	Resistencia del viento	N	24.182
DFu	Fuerza motriz	N	9,427.895
DFd	Fuerza motriz	N	9,427.895
HPu	Potencia del vehículo	HP métricos	36.218
HPd	Potencia del vehículo	HP métricos	36.218
UFCu	Consumo de combustible agregado	litros/1000veh-km	3,699.315
UFCd	Consumo de combustible agregado	litros/1000veh-km	3,699.315
CFT^2/NPT	Energía circunferencial por llanta	J	4.007
TWT	Volumen de hule gastado	dm3/1000km	0.215
NR	Número de renovaciones	#	3.285
DISTOT	Vida de la armadura en km	1000km	167.034
EQNT	Número de llantas nuevas	llantas/1000km	0.015
AKM	Utilización anual estimada	km	24,233.334
LIFE	Vida de servicio estimada	años	10.000

Anexo B (Valores de Costo de Operación Vehicular obtenidos con diferentes niveles de variables resultantes de las corridas del VOC)

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDI-CIÓN DE CARGA	RUGO-SIDAD (IRI) M/KM	PEN-DIENTE %	CURVA-TURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUS-TIBLE
1	C2	lleno	2	0	0	10	10.13	18,112.74	13.77
2	C2	lleno	2	0	0	60	53.99	6,187.65	18.70
3	C2	lleno	2	0	0	110	70.97	5,805.68	22.21
4	C2	lleno	2	0	500	10	10.11	18,206.64	13.71
5	C2	lleno	2	0	500	60	45.10	6,719.81	17.05
6	C2	lleno	2	0	500	110	50.01	6,401.49	17.94
7	C2	lleno	2	0	1000	10	10.10	18,224.75	13.71
8	C2	lleno	2	0	1000	60	39.93	7,102.66	16.37
9	C2	lleno	2	0	1000	110	43.15	6,850.98	16.78
10	C2	lleno	2	6	0	10	9.89	25,107.08	20.34
11	C2	lleno	2	6	0	60	21.92	17,425.68	27.26
12	C2	lleno	2	6	0	110	22.14	17,371.43	27.37
13	C2	lleno	2	6	500	10	9.88	25,825.38	19.78
14	C2	lleno	2	6	500	60	21.64	18,208.22	26.05
15	C2	lleno	2	6	500	110	21.85	18,155.30	26.15
16	C2	lleno	2	6	1000	10	9.87	25,841.92	19.77
17	C2	lleno	2	6	1000	60	21.34	18,284.45	25.91
18	C2	lleno	2	6	1000	110	21.54	18,232.70	26.00
19	C2	lleno	2	-6	0	10	10.12	18,233.78	6.55
20	C2	lleno	2	-6	0	60	49.35	6,523.80	1.86
21	C2	lleno	2	-6	0	110	59.01	5,981.54	1.70
22	C2	lleno	2	-6	500	10	10.11	18,544.84	6.46
23	C2	lleno	2	-6	500	60	42.75	7,279.67	1.92
24	C2	lleno	2	-6	500	110	47.25	6,932.95	1.83
25	C2	lleno	2	-6	1000	10	10.10	18,562.81	6.46
26	C2	lleno	2	-6	1000	60	38.47	7,673.22	2.03
27	C2	lleno	2	-6	1000	110	41.17	7,416.57	1.96
28	C2	lleno	2	-2	0	10	10.13	17,351.24	10.81
29	C2	lleno	2	-2	0	60	58.96	4,892.28	6.41
30	C2	lleno	2	-2	0	110	94.06	4,166.43	9.86
31	C2	lleno	2	-2	500	10	10.12	17,423.91	10.78
32	C2	lleno	2	-2	500	60	47.23	5,566.45	6.62
33	C2	lleno	2	-2	500	110	54.78	5,133.46	6.39
34	C2	lleno	2	-2	1000	10	10.11	17,442.09	10.78
35	C2	lleno	2	-2	1000	60	41.16	6,035.49	6.94
36	C2	lleno	2	-2	1000	110	44.89	5,731.63	6.73
37	C2	lleno	7	0	0	10	10.12	21,187.92	12.00
38	C2	lleno	7	0	0	60	49.90	9,475.21	12.81
39	C2	lleno	7	0	0	110	59.75	9,114.29	13.85
40	C2	lleno	7	0	500	10	10.11	21,300.70	11.94
41	C2	lleno	7	0	500	60	42.94	9,979.88	12.16
42	C2	lleno	7	0	500	110	47.53	9,694.53	12.49
43	C2	lleno	7	0	1000	10	10.10	21,318.77	11.95
44	C2	lleno	7	0	1000	60	38.59	10,331.11	11.92
45	C2	lleno	7	0	1000	110	41.33	10,099.27	12.07
46	C2	lleno	7	6	0	10	9.88	28,599.23	18.08
47	C2	lleno	7	6	0	60	21.48	21,035.39	22.95
48	C2	lleno	7	6	0	110	21.68	20,983.48	23.03
49	C2	lleno	7	6	500	10	9.87	29,467.07	17.55
50	C2	lleno	7	6	500	60	21.22	21,965.65	21.95
51	C2	lleno	7	6	500	110	21.41	21,914.96	22.02
52	C2	lleno	7	6	1000	10	9.85	29,483.52	17.55
53	C2	lleno	7	6	1000	60	20.95	22,038.76	21.85
54	C2	lleno	7	6	1000	110	21.13	21,989.12	21.92
55	C2	lleno	7	-6	0	10	10.12	21,242.29	5.71

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDICIÓN DE CARGA	RUGOSIDAD (IRI) M/KM	PENDIENTE %	CURVATURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUSTIBLE
56	C2	lleno	7	-6	0	60	47.14	9,652.84	1.31
57	C2	lleno	7	-6	0	110	54.62	9,187.63	1.19
58	C2	lleno	7	-6	500	10	10.11	21,589.03	5.63
59	C2	lleno	7	-6	500	60	41.50	10,401.39	1.39
60	C2	lleno	7	-6	500	110	45.39	10,082.18	1.31
61	C2	lleno	7	-6	1000	10	10.09	21,606.98	5.64
62	C2	lleno	7	-6	1000	60	37.66	10,772.67	1.47
63	C2	lleno	7	-6	1000	110	40.10	10,529.65	1.42
64	C2	lleno	7	-2	0	10	10.13	20,354.46	9.35
65	C2	lleno	7	-2	0	60	53.56	8,144.22	4.41
66	C2	lleno	7	-2	0	110	69.63	7,556.91	4.54
67	C2	lleno	7	-2	500	10	10.11	20,435.23	9.32
68	C2	lleno	7	-2	500	60	44.89	8,739.81	4.70
69	C2	lleno	7	-2	500	110	50.67	8,362.64	4.46
70	C2	lleno	7	-2	1000	10	10.10	20,453.39	9.32
71	C2	lleno	7	-2	1000	60	39.80	9,167.60	4.99
72	C2	lleno	7	-2	1000	110	42.98	8,888.61	4.80
73	C2	lleno	12	0	0	10	10.10	24,203.73	10.71
74	C2	lleno	12	0	0	60	40.00	13,113.67	9.81
75	C2	lleno	12	0	0	110	43.25	12,866.38	9.94
76	C2	lleno	12	0	500	10	10.09	24,340.12	10.66
77	C2	lleno	12	0	500	60	36.88	13,530.32	9.63
78	C2	lleno	12	0	500	110	39.10	13,321.48	9.69
79	C2	lleno	12	0	1000	10	10.08	24,358.11	10.66
80	C2	lleno	12	0	1000	60	34.41	13,801.80	9.59
81	C2	lleno	12	0	1000	110	36.01	13,620.86	9.61
82	C2	lleno	12	6	0	10	9.85	32,093.05	16.33
83	C2	lleno	12	6	0	60	20.75	24,709.60	19.83
84	C2	lleno	12	6	0	110	20.93	24,661.23	19.89
85	C2	lleno	12	6	500	10	9.84	33,141.74	15.81
86	C2	lleno	12	6	500	60	20.52	25,817.58	18.96
87	C2	lleno	12	6	500	110	20.69	25,770.10	19.01
88	C2	lleno	12	6	1000	10	9.83	33,158.05	15.81
89	C2	lleno	12	6	1000	60	20.29	25,886.18	18.89
90	C2	lleno	12	6	1000	110	20.45	25,839.59	18.94
91	C2	lleno	12	-6	0	10	10.10	24,189.36	5.11
92	C2	lleno	12	-6	0	60	39.34	13,191.84	1.15
93	C2	lleno	12	-6	0	110	42.33	12,920.59	1.09
94	C2	lleno	12	-6	500	10	10.09	24,575.68	5.03
95	C2	lleno	12	-6	500	60	36.41	13,844.94	1.19
96	C2	lleno	12	-6	500	110	38.49	13,622.21	1.14
97	C2	lleno	12	-6	1000	10	10.08	24,593.59	5.04
98	C2	lleno	12	-6	1000	60	34.05	14,126.63	1.24
99	C2	lleno	12	-6	1000	110	35.58	13,939.76	1.21
100	C2	lleno	12	-2	0	10	10.11	23,290.86	8.30
101	C2	lleno	12	-2	0	60	41.63	11,851.38	3.92
102	C2	lleno	12	-2	0	110	45.58	11,541.00	3.64
103	C2	lleno	12	-2	500	10	10.10	23,381.32	8.28
104	C2	lleno	12	-2	500	60	38.02	12,267.38	4.11
105	C2	lleno	12	-2	500	110	40.57	12,018.51	3.95
106	C2	lleno	12	-2	1000	10	10.08	23,399.40	8.28
107	C2	lleno	12	-2	1000	60	35.24	12,580.65	4.30
108	C2	lleno	12	-2	1000	110	37.03	12,372.98	4.17
109	C2	vacío	2	0	0	10	10.13	17,394.44	12.11
110	C2	vacío	2	0	0	60	57.65	5,399.66	11.65

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDI-CIÓN DE CARGA	RUGO-SIDAD (IRI) M/KM	PEN-DIENTE %	CURVA-TURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUS-TIBLE
111	C2	vacío	2	0	0	110	85.93	5,123.04	15.31
112	C2	vacío	2	0	500	10	10.12	17,461.14	12.07
113	C2	vacío	2	0	500	60	51.10	5,731.46	11.07
114	C2	vacío	2	0	500	110	62.97	5,340.82	11.92
115	C2	vacío	2	0	1000	10	10.12	17,472.17	12.07
116	C2	vacío	2	0	1000	60	45.61	6,029.57	10.85
117	C2	vacío	2	0	1000	110	51.87	5,696.25	11.11
118	C2	vacío	2	6	0	10	10.12	18,861.90	13.81
119	C2	vacío	2	6	0	60	52.44	7,539.40	17.49
120	C2	vacío	2	6	0	110	66.41	7,413.66	19.34
121	C2	vacío	2	6	500	10	10.12	19,076.55	13.66
122	C2	vacío	2	6	500	60	47.77	7,949.03	16.40
123	C2	vacío	2	6	500	110	55.82	7,744.61	17.27
124	C2	vacío	2	6	1000	10	10.11	19,087.52	13.66
125	C2	vacío	2	6	1000	60	43.46	8,147.28	15.97
126	C2	vacío	2	6	1000	110	48.35	7,927.55	16.46
127	C2	vacío	2	-6	0	10	10.13	17,384.33	10.21
128	C2	vacío	2	-6	0	60	59.25	4,889.29	4.57
129	C2	vacío	2	-6	0	110	96.23	3,910.11	5.81
130	C2	vacío	2	-6	500	10	10.12	17,500.62	10.15
131	C2	vacío	2	-6	500	60	52.04	5,349.05	4.73
132	C2	vacío	2	-6	500	110	65.34	4,699.45	4.42
133	C2	vacío	2	-6	1000	10	10.12	17,511.67	10.15
134	C2	vacío	2	-6	1000	60	46.18	5,744.36	5.03
135	C2	vacío	2	-6	1000	110	52.88	5,298.92	4.70
136	C2	vacío	2	-2	0	10	10.13	17,216.14	11.41
137	C2	vacío	2	-2	0	60	58.47	5,030.27	8.81
138	C2	vacío	2	-2	0	110	90.71	4,591.02	12.69
139	C2	vacío	2	-2	500	10	10.12	17,277.42	11.37
140	C2	vacío	2	-2	500	60	50.58	5,382.04	8.47
141	C2	vacío	2	-2	500	110	64.17	4,910.30	9.06
142	C2	vacío	2	-2	1000	10	10.12	17,288.46	11.37
143	C2	vacío	2	-2	1000	60	45.90	5,712.82	8.41
144	C2	vacío	2	-2	1000	110	52.39	5,341.90	8.49
145	C2	vacío	7	0	0	10	10.12	20,400.35	10.38
146	C2	vacío	7	0	0	60	52.71	8,600.68	7.49
147	C2	vacío	7	0	0	110	67.16	8,203.54	8.09
148	C2	vacío	7	0	500	10	10.12	20,478.60	10.34
149	C2	vacío	7	0	500	60	47.96	8,918.23	7.36
150	C2	vacío	7	0	500	110	56.18	8,562.74	7.49
151	C2	vacío	7	0	1000	10	10.11	20,489.62	10.34
152	C2	vacío	7	0	1000	60	43.59	9,188.77	7.37
153	C2	vacío	7	0	1000	110	48.55	8,886.53	7.36
154	C2	vacío	7	6	0	10	10.12	21,959.16	11.92
155	C2	vacío	7	6	0	60	48.88	10,774.32	12.38
156	C2	vacío	7	6	0	110	58.03	10,574.30	12.97
157	C2	vacío	7	6	500	10	10.11	22,216.21	11.79
158	C2	vacío	7	6	500	60	45.28	11,225.09	11.73
159	C2	vacío	7	6	500	110	51.32	11,016.72	12.08
160	C2	vacío	7	6	1000	10	10.11	22,227.17	11.79
161	C2	vacío	7	6	1000	60	41.74	11,412.44	11.56
162	C2	vacío	7	6	1000	110	45.74	11,204.52	11.75
163	C2	vacío	7	-6	0	10	10.13	20,376.93	8.74
164	C2	vacío	7	-6	0	60	53.83	8,145.92	3.06
165	C2	vacío	7	-6	0	110	70.47	7,429.72	2.75

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDI-CIÓN DE CARGA	RUGO-SIDAD (IRI) M/KM	PEN-DIENTE %	CURVA-TURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUS-TIBLE
166	C2	vacío	7	-6	500	10	10.12	20,508.45	8.69
167	C2	vacío	7	-6	500	60	48.70	8,556.48	3.23
168	C2	vacío	7	-6	500	110	57.66	8,030.80	2.91
169	C2	vacío	7	-6	1000	10	10.11	20,519.49	8.69
170	C2	vacío	7	-6	1000	60	44.08	8,904.06	3.48
171	C2	vacío	7	-6	1000	110	49.33	8,513.65	3.20
172	C2	vacío	7	-2	0	10	10.12	20,206.10	9.75
173	C2	vacío	7	-2	0	60	53.28	8,241.02	5.61
174	C2	vacío	7	-2	0	110	68.80	7,747.63	6.01
175	C2	vacío	7	-2	500	10	10.12	20,276.32	9.73
176	C2	vacío	7	-2	500	60	48.34	8,564.05	5.59
177	C2	vacío	7	-2	500	110	56.93	8,153.18	5.59
178	C2	vacío	7	-2	1000	10	10.11	20,287.36	9.73
179	C2	vacío	7	-2	1000	60	43.84	8,860.74	5.69
180	C2	vacío	7	-2	1000	110	48.95	8,528.62	5.58
181	C2	vacío	12	0	0	10	10.11	23,339.33	9.13
182	C2	vacío	12	0	0	60	41.35	12,196.77	5.77
183	C2	vacío	12	0	0	110	45.17	11,923.79	5.70
184	C2	vacío	12	0	500	10	10.10	23,431.45	9.10
185	C2	vacío	12	0	500	60	39.46	12,452.13	5.78
186	C2	vacío	12	0	500	110	42.50	12,206.79	5.70
187	C2	vacío	12	0	1000	10	10.09	23,442.43	9.10
188	C2	vacío	12	0	1000	60	37.37	12,648.77	5.85
189	C2	vacío	12	0	1000	110	39.72	12,429.73	5.77
190	C2	vacío	12	6	0	10	10.10	25,004.14	10.53
191	C2	vacío	12	6	0	60	39.82	14,293.30	9.38
192	C2	vacío	12	6	0	110	42.99	14,090.71	9.46
193	C2	vacío	12	6	500	10	10.10	25,312.21	10.40
194	C2	vacío	12	6	500	60	38.19	14,760.93	9.13
195	C2	vacío	12	6	500	110	40.79	14,575.75	9.17
196	C2	vacío	12	6	1000	10	10.09	25,323.13	10.40
197	C2	vacío	12	6	1000	60	36.34	14,916.84	9.10
198	C2	vacío	12	6	1000	110	38.41	14,743.56	9.13
199	C2	vacío	12	-6	0	10	10.11	23,302.07	7.68
200	C2	vacío	12	-6	0	60	41.76	11,896.31	2.82
201	C2	vacío	12	-6	0	110	45.76	11,563.95	2.61
202	C2	vacío	12	-6	500	10	10.10	23,450.98	7.64
203	C2	vacío	12	-6	500	60	39.79	12,200.93	2.91
204	C2	vacío	12	-6	500	110	42.96	11,905.32	2.72
205	C2	vacío	12	-6	1000	10	10.09	23,461.98	7.64
206	C2	vacío	12	-6	1000	60	37.63	12,429.62	3.05
207	C2	vacío	12	-6	1000	110	40.06	12,174.47	2.89
208	C2	vacío	12	-2	0	10	10.11	23,127.40	8.56
209	C2	vacío	12	-2	0	60	41.56	11,879.96	4.47
210	C2	vacío	12	-2	0	110	45.47	11,586.47	4.35
211	C2	vacío	12	-2	500	10	10.10	23,208.16	8.54
212	C2	vacío	12	-2	500	60	39.63	12,122.03	4.52
213	C2	vacío	12	-2	500	110	42.74	11,859.31	4.40
214	C2	vacío	12	-2	1000	10	10.09	23,219.14	8.54
215	C2	vacío	12	-2	1000	60	37.50	12,329.89	4.63
216	C2	vacío	12	-2	1000	110	39.89	12,098.22	4.51

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDI-CIÓN DE CARGA	RUGO-SIDAD (IRI) M/KM	PEN-DIENTE %	CURVA-TURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUS-TIBLE
1	C3	lleno	2	0	0	10	10.12	19,993.73	13.47
2	C3	lleno	2	0	0	60	50.37	7,398.37	19.30
3	C3	lleno	2	0	0	110	61.27	6,996.77	21.49
4	C3	lleno	2	0	500	10	10.11	20,213.25	13.33
5	C3	lleno	2	0	500	60	42.42	8,112.96	17.44
6	C3	lleno	2	0	500	110	46.75	7,812.29	18.14
7	C3	lleno	2	0	1000	10	10.10	20,234.55	13.33
8	C3	lleno	2	0	1000	60	37.94	8,516.19	16.76
9	C3	lleno	2	0	1000	110	40.47	8,275.78	17.14
10	C3	lleno	2	6	0	10	10.12	19,993.73	13.47
11	C3	lleno	2	6	0	60	50.37	7,398.37	19.30
12	C3	lleno	2	6	0	110	61.27	6,996.77	21.49
13	C3	lleno	2	6	500	10	10.11	20,213.25	13.33
14	C3	lleno	2	6	500	60	42.42	8,112.96	17.44
15	C3	lleno	2	6	500	110	46.75	7,812.29	18.44
16	C3	lleno	2	6	1000	10	10.10	20,234.55	13.33
17	C3	lleno	2	6	1000	60	37.94	8,516.19	16.76
18	C3	lleno	2	6	1000	110	40.47	8,275.78	17.14
19	C3	lleno	2	-6	0	10	10.12	20,083.27	4.89
20	C3	lleno	2	-6	0	60	49.57	7,713.12	1.56
21	C3	lleno	2	-6	0	110	59.49	7,135.07	1.41
22	C3	lleno	2	-6	500	10	10.11	20,791.66	4.74
23	C3	lleno	2	-6	500	60	42.03	8,960.33	1.59
24	C3	lleno	2	-6	500	110	46.17	8,608.33	1.51
25	C3	lleno	2	-6	1000	10	10.09	20,812.65	4.40
26	C3	lleno	2	-6	1000	60	37.69	9,401.89	1.69
27	C3	lleno	2	-6	1000	110	40.14	9,141.87	1.63
28	C3	lleno	2	-2	0	10	10.13	18,951.21	9.68
29	C3	lleno	2	-2	0	60	59.24	5,553.97	4.80
30	C3	lleno	2	-2	0	110	96.17	4,648.92	6.47
31	C3	lleno	2	-2	500	10	10.12	19,123.54	9.60
32	C3	lleno	2	-2	500	60	46.08	6,472.44	5.18
33	C3	lleno	2	-2	500	110	52.70	6,033.33	4.87
34	C3	lleno	2	-2	1000	10	10.10	19,144.92	9.61
35	C3	lleno	2	-2	1000	60	40.10	6,997.72	5.56
36	C3	lleno	2	-2	1000	110	43.38	6,690.96	5.34
37	C3	lleno	7	0	0	10	10.12	23,661.62	11.66
38	C3	lleno	7	0	0	60	46.46	11,321.36	13.39
39	C3	lleno	7	0	0	110	53.37	10,974.08	14.12
40	C3	lleno	7	0	500	10	10.10	23,927.88	11.54
41	C3	lleno	7	0	500	60	40.39	12,025.50	12.57
42	C3	lleno	7	0	500	110	43.80	11,757.84	12.85
43	C3	lleno	7	0	1000	10	10.09	23,949.14	11.55
44	C3	lleno	7	0	1000	60	36.64	12,393.22	12.30
45	C3	lleno	7	0	1000	110	38.78	12,172.89	12.45
46	C3	lleno	7	6	0	10	10.12	23,661.62	11.66
47	C3	lleno	7	6	0	60	46.46	11,321.36	13.39
48	C3	lleno	7	6	0	110	53.37	10,974.08	14.12
49	C3	lleno	7	6	500	10	10.10	23,927.88	11.54
50	C3	lleno	7	6	500	60	40.39	12,025.50	12.57
51	C3	lleno	7	6	500	110	43.80	11,757.84	12.85
52	C3	lleno	7	6	1000	10	10.09	23,949.14	11.55
53	C3	lleno	7	6	1000	60	36.64	12,393.22	12.30
54	C3	lleno	7	6	1000	110	38.78	12,172.89	12.45
55	C3	lleno	7	-6	0	10	10.12	23,736.38	4.23

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDI-CIÓN DE CARGA	RUGO-SIDAD (IRI) M/KM	PEN-DIENTE %	CURVA-TURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUS-TIBLE
56	C3	lleno	7	-6	0	60	47.32	11,489.00	1.10
57	C3	lleno	7	-6	0	110	54.95	10,990.89	0.99
58	C3	lleno	7	-6	500	10	10.10	24,529.42	4.10
59	C3	lleno	7	-6	500	60	40.86	12,771.03	1.15
60	C3	lleno	7	-6	500	110	44.46	12,443.89	1.08
61	C3	lleno	7	-6	1000	10	10.09	24,550.41	4.11
62	C3	lleno	7	-6	1000	60	36.94	13,190.28	1.23
63	C3	lleno	7	-6	1000	110	39.17	12,942.40	1.18
64	C3	lleno	7	-2	0	10	10.13	22,510.90	6.31
65	C3	lleno	7	-2	0	60	53.73	9,382.84	3.42
66	C3	lleno	7	-2	0	110	70.15	8,707.03	3.19
67	C3	lleno	7	-2	500	10	10.11	22,705.80	8.25
68	C3	lleno	7	-2	500	60	43.95	10,217.71	3.76
69	C3	lleno	7	-2	500	110	49.13	9,831.16	3.52
70	C3	lleno	7	-2	1000	10	10.10	22,727.18	8.25
71	C3	lleno	7	-2	1000	60	38.87	10,700.08	4.06
72	C3	lleno	7	-2	1000	110	41.71	10,416.24	3.88
73	C3	lleno	12	0	0	10	10.10	27,287.58	10.37
74	C3	lleno	12	0	0	60	38.30	15,592.12	10.33
75	C3	lleno	12	0	0	110	40.94	15,353.31	10.47
76	C3	lleno	12	0	500	10	10.08	27,612.02	10.26
77	C3	lleno	12	0	500	60	35.26	16,236.33	10.00
78	C3	lleno	12	0	500	110	37.06	16,035.59	10.07
79	C3	lleno	12	0	1000	10	10.07	27,633.17	10.26
80	C3	lleno	12	0	1000	60	33.00	16,525.68	9.91
81	C3	lleno	12	0	1000	110	34.32	16,238.21	9.96
82	C3	lleno	12	6	0	10	10.10	27,287.59	10.37
83	C3	lleno	12	6	0	60	38.30	15,592.12	10.33
84	C3	lleno	12	6	0	110	40.94	15,353.31	10.47
85	C3	lleno	12	6	500	10	10.08	27,612.02	10.26
86	C3	lleno	12	6	500	60	35.26	16,236.33	10.00
87	C3	lleno	12	6	500	110	37.06	16,035.59	10.07
88	C3	lleno	12	6	1000	10	10.07	27,633.17	10.26
89	C3	lleno	12	6	1000	60	33.00	16,525.68	9.91
90	C3	lleno	12	6	1000	110	34.32	16,350.53	9.96
91	C3	lleno	12	-6	0	10	10.10	27,342.79	3.76
92	C3	lleno	12	-6	0	60	39.41	15,725.63	0.97
93	C3	lleno	12	-6	0	110	42.44	15,433.87	0.91
94	C3	lleno	12	-6	500	10	10.09	28,230.18	3.65
95	C3	lleno	12	-6	500	60	36.03	16,941.08	0.98
96	C3	lleno	12	-6	500	110	38.02	16,707.68	0.94
97	C3	lleno	12	-6	1000	10	10.07	28,251.10	3.65
98	C3	lleno	12	-6	1000	60	33.57	17,264.62	1.03
99	C3	lleno	12	-6	1000	110	35.01	17,070.35	1.00
100	C3	lleno	12	-2	0	10	10.11	26,011.79	7.34
101	C3	lleno	12	-2	0	60	41.68	13,719.74	3.19
102	C3	lleno	12	-2	0	110	45.65	13,383.43	3.02
103	C3	lleno	12	-2	500	10	10.09	26,233.69	7.29
104	C3	lleno	12	-2	500	60	37.54	14,348.17	3.37
105	C3	lleno	12	-2	500	110	39.94	14,087.94	3.24
106	C3	lleno	12	-2	1000	10	10.08	26,254.99	7.29
107	C3	lleno	12	-2	1000	60	34.67	14,706.91	3.56
108	C3	lleno	12	-2	1000	110	36.34	14,491.73	3.45
109	C3	vacío	2	0	0	10	10.13	19,386.52	11.47
110	C3	vacío	2	0	0	60	56.78	6,312.30	12.14

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDI-CIÓN DE CARGA	RUGO-SIDAD (IRI) M/KM	PEN-DIENTE %	CURVA-TURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUS-TIBLE
111	C3	vacío	2	0	0	110	81.56	5,808.09	15.42
112	C3	vacío	2	0	500	10	10.12	19,558.12	11.38
113	C3	vacío	2	0	500	60	50.57	6,787.33	11.34
114	C3	vacío	2	0	500	110	61.72	6,330.36	12.23
115	C3	vacío	2	0	1000	10	10.11	19,570.12	11.38
116	C3	vacío	2	0	1000	60	45.28	7,118.24	11.06
117	C3	vacío	2	0	1000	110	51.31	6,747.73	11.39
118	C3	vacío	2	6	0	10	10.13	19,386.52	11.47
119	C3	vacío	2	6	0	60	56.78	6,312.30	12.14
120	C3	vacío	2	6	0	110	81.56	5,808.09	15.42
121	C3	vacío	2	6	500	10	10.12	19,558.12	11.38
122	C3	vacío	2	6	500	60	50.57	6,787.33	11.34
123	C3	vacío	2	6	500	110	61.72	6,330.36	12.23
124	C3	vacío	2	6	1000	10	10.11	19,570.12	11.38
125	C3	vacío	2	6	1000	60	45.28	7,118.24	11.06
126	C3	vacío	2	6	1000	110	51.31	6,747.52	11.39
127	C3	vacío	2	-6	0	10	10.13	19,346.58	8.12
128	C3	vacío	2	-6	0	60	59.46	5,848.86	1.91
129	C3	vacío	2	-6	0	110	97.89	4,566.06	1.46
130	C3	vacío	2	-6	500	10	10.12	19,685.66	7.99
131	C3	vacío	2	-6	500	60	52.16	6,544.41	2.07
132	C3	vacío	2	-6	500	110	65.66	5,820.24	1.68
133	C3	vacío	2	-6	1000	10	10.12	19,697.66	7.99
134	C3	vacío	2	-6	1000	60	46.25	6,971.85	2.35
135	C3	vacío	2	-6	1000	110	53.01	6,489.81	2.03
136	C3	vacío	2	-2	0	10	10.13	19,033.71	10.17
137	C3	vacío	2	-2	0	60	58.73	5,685.33	6.72
138	C3	vacío	2	-2	0	110	92.44	4,962.80	9.86
139	C3	vacío	2	-2	500	10	10.12	19,188.40	10.09
140	C3	vacío	2	-2	500	60	51.73	6,176.33	6.47
141	C3	vacío	2	-2	500	110	64.56	5,609.24	6.76
142	C3	vacío	2	-2	1000	10	10.12	19,200.42	10.09
143	C3	vacío	2	-2	1000	60	46.00	6,555.93	6.58
144	C3	vacío	2	-2	1000	110	52.56	6,130.01	6.47
145	C3	vacío	7	0	0	10	10.12	22,964.93	9.78
146	C3	vacío	7	0	0	60	52.02	10,120.99	7.85
147	C3	vacío	7	0	0	110	65.29	9,643.03	8.47
148	C3	vacío	7	0	500	10	10.12	23,169.20	9.70
149	C3	vacío	7	0	500	60	47.49	10,593.96	7.59
150	C3	vacío	7	0	500	110	55.27	10,193.98	7.78
151	C3	vacío	7	0	1000	10	10.11	23,181.20	9.70
152	C3	vacío	7	0	1000	60	43.27	10,891.38	7.56
153	C3	vacío	7	0	1000	110	48.05	10,558.89	7.60
154	C3	vacío	7	6	0	10	10.12	22,964.93	9.78
155	C3	vacío	7	6	0	60	52.02	10,120.99	7.85
156	C3	vacío	7	6	0	110	65.29	9,643.03	8.47
157	C3	vacío	7	6	500	10	10.12	23,169.20	9.70
158	C3	vacío	7	6	500	60	47.49	10,593.96	7.59
159	C3	vacío	7	6	500	110	55.27	10,193.98	7.78
160	C3	vacío	7	6	1000	10	10.11	23,181.20	9.70
161	C3	vacío	7	6	1000	60	43.27	10,891.38	7.56
162	C3	vacío	7	6	1000	110	48.05	10,558.89	7.60
163	C3	vacío	7	-6	0	10	10.13	22,925.95	6.90
164	C3	vacío	7	-6	0	60	54.00	9,699.56	1.36
165	C3	vacío	7	-6	0	110	70.97	8,889.92	1.02

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDI-CIÓN DE CARGA	RUGO-SIDAD (IRI) M/KM	PEN-DIENTE %	CURVA-TURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUS-TIBLE
166	C3	vacío	7	-6	500	10	10.12	23,310.50	9.80
167	C3	vacío	7	-6	500	60	48.81	10,370.32	1.49
168	C3	vacío	7	-6	500	110	57.88	9,790.50	1.22
169	C3	vacío	7	-6	1000	10	10.11	23,322.50	6.80
170	C3	vacío	7	-6	1000	60	44.15	10,747.28	1.69
171	C3	vacío	7	-6	1000	110	49.44	10,323.62	1.47
172	C3	vacío	7	-2	0	10	10.13	22,514.96	8.63
173	C3	vacío	7	-2	0	60	53.43	9,489.42	4.37
174	C3	vacío	7	-2	0	110	69.25	8,880.54	4.56
175	C3	vacío	7	-2	500	10	10.12	22,756.28	8.57
176	C3	vacío	7	-2	500	60	48.44	9,954.73	4.36
177	C3	vacío	7	-2	500	110	57.13	9,477.81	4.28
178	C3	vacío	7	-2	1000	10	10.11	22,768.28	8.57
179	C3	vacío	7	-2	1000	60	43.91	10,288.95	4.49
180	C3	vacío	7	-2	1000	110	49.05	9,914.42	4.35
181	C3	vacío	12	0	0	10	10.11	26,488.92	8.57
182	C3	vacío	12	0	0	60	41.06	14,375.92	6.00
183	C3	vacío	12	0	0	110	44.75	14,077.94	5.98
184	C3	vacío	12	0	500	10	10.10	26,732.74	8.50
185	C3	vacío	12	0	500	60	39.22	14,800.03	5.93
186	C3	vacío	12	0	500	110	42.18	14,533.13	5.89
187	C3	vacío	12	0	1000	10	10.09	26,744.68	8.50
188	C3	vacío	12	0	1000	60	37.18	15,013.56	5.97
189	C3	vacío	12	0	1000	110	39.47	14,775.70	5.92
190	C3	vacío	12	6	0	10	10.11	26,488.92	8.57
191	C3	vacío	12	6	0	60	41.06	14,375.92	6.00
192	C3	vacío	12	6	0	110	44.75	14,077.94	5.98
193	C3	vacío	12	6	500	10	10.10	26,732.74	8.50
194	C3	vacío	12	6	500	60	39.22	14,800.03	5.93
195	C3	vacío	12	6	500	110	42.18	14,533.13	5.89
196	C3	vacío	12	6	1000	10	10.09	26,744.68	8.50
197	C3	vacío	12	6	1000	60	37.18	15,013.56	5.97
198	C3	vacío	12	6	1000	110	39.47	14,775.70	5.92
199	C3	vacío	12	-6	0	10	10.11	26,449.38	6.04
200	C3	vacío	12	-6	0	60	41.82	14,101.32	1.45
201	C3	vacío	12	-6	0	110	45.86	13,742.93	1.28
202	C3	vacío	12	-6	500	10	10.10	26,885.62	5.95
203	C3	vacío	12	-6	500	60	39.84	14,693.49	1.50
204	C3	vacío	12	-6	500	110	43.03	14,373.05	1.35
205	C3	vacío	12	-6	1000	10	10.09	26,897.56	5.95
206	C3	vacío	12	-6	1000	60	37.67	14,940.76	1.62
207	C3	vacío	12	-6	1000	110	40.11	14,664.85	1.49
208	C3	vacío	12	-2	0	10	10.11	26,080.86	7.54
209	C3	vacío	12	-2	0	60	41.60	13,785.91	3.63
210	C3	vacío	12	-2	0	110	45.54	13,458.39	3.50
211	C3	vacío	12	-2	500	10	10.10	26,268.40	7.49
212	C3	vacío	12	-2	500	60	39.67	14,170.71	3.66
213	C3	vacío	12	-2	500	110	42.79	13,878.59	3.53
214	C3	vacío	12	-2	1000	10	10.09	26,280.36	7.49
215	C3	vacío	12	-2	1000	60	37.53	14,400.57	3.76
216	C3	vacío	12	-2	1000	110	39.93	14,144.31	3.64

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDI-CIÓN DE CARGA	RUGO-SIDAD (IRI) M/KM	PEN-DIENTE %	CURVA-TURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUS-TIBLE
1	T3-S2	lleno	2	0	0	10	10.18	31,215.56	12.25
2	T3-S2	lleno	2	0	0	60	57.72	13,406.87	14.75
3	T3-S2	lleno	2	0	0	110	79.22	12,709.92	16.68
4	T3-S2	lleno	2	0	500	10	10.18	31,413.57	12.17
5	T3-S2	lleno	2	0	500	60	45.51	14,501.64	13.70
6	T3-S2	lleno	2	0	500	110	49.21	14,172.87	13.94
7	T3-S2	lleno	2	0	1000	10	10.17	31,422.60	12.17
8	T3-S2	lleno	2	0	1000	60	39.55	15,182.71	13.36
9	T3-S2	lleno	2	0	1000	110	41.21	14,971.20	13.45
10	T3-S2	lleno	2	6	0	10	10.05	46,186.11	20.38
11	T3-S2	lleno	2	6	0	60	20.74	35,551.80	25.06
12	T3-S2	lleno	2	6	0	110	20.80	35,527.56	25.08
13	T3-S2	lleno	2	6	500	10	10.05	47,750.96	19.72
14	T3-S2	lleno	2	6	500	60	20.62	37,170.99	23.96
15	T3-S2	lleno	2	6	500	110	20.67	37,147.18	23.98
16	T3-S2	lleno	2	6	1000	10	10.04	47,759.32	19.71
17	T3-S2	lleno	2	6	1000	60	20.47	37,237.45	23.91
18	T3-S2	lleno	2	6	1000	110	20.52	37,214.09	23.93
19	T3-S2	lleno	2	-6	0	10	10.18	30,978.15	1.28
20	T3-S2	lleno	2	-6	0	60	59.44	14,206.75	0.44
21	T3-S2	lleno	2	-6	0	110	90.34	12,680.18	0.33
22	T3-S2	lleno	2	-6	500	10	10.18	31,653.11	1.26
23	T3-S2	lleno	2	-6	500	60	46.00	15,959.99	0.51
24	T3-S2	lleno	2	-6	500	110	49.95	15,576.48	0.48
25	T3-S2	lleno	2	-6	1000	10	10.17	31,681.43	1.26
26	T3-S2	lleno	2	-6	1000	60	39.79	16,695.91	0.57
27	T3-S2	lleno	2	-6	1000	110	41.50	16,473.52	0.55
28	T3-S2	lleno	2	-2	0	10	10.18	29,260.15	7.43
29	T3-S2	lleno	2	-2	0	60	60.75	11,020.67	1.73
30	T3-S2	lleno	2	-2	0	110	105.74	9,709.86	3.00
31	T3-S2	lleno	2	-2	500	10	10.18	29,412.45	7.39
32	T3-S2	lleno	2	-2	500	60	46.34	12,264.51	2.16
33	T3-S2	lleno	2	-2	500	110	50.47	11,880.54	1.98
34	T3-S2	lleno	2	-2	1000	10	10.17	29,421.39	7.40
35	T3-S2	lleno	2	-2	1000	60	39.95	13,018.93	2.53
36	T3-S2	lleno	2	-2	1000	110	41.70	12,788.88	2.42
37	T3-S2	lleno	7	0	0	10	10.18	35,133.74	11.19
38	T3-S2	lleno	7	0	0	60	49.31	17,912.79	11.77
39	T3-S2	lleno	7	0	0	110	55.43	17,492.28	12.06
40	T3-S2	lleno	7	0	500	10	10.17	35,376.85	11.12
41	T3-S2	lleno	7	0	500	60	42.35	18,823.33	11.33
42	T3-S2	lleno	7	0	500	110	44.78	18,564.15	11.42
43	T3-S2	lleno	7	0	1000	10	10.17	35,385.88	11.12
44	T3-S2	lleno	7	0	1000	60	37.89	19,399.45	11.19
45	T3-S2	lleno	7	0	1000	110	39.19	19,215.87	11.23
46	T3-S2	lleno	7	6	0	10	10.04	50,988.83	18.72
47	T3-S2	lleno	7	6	0	60	20.34	40,544.63	22.35
48	T3-S2	lleno	7	6	0	110	20.39	40,521.79	22.36
49	T3-S2	lleno	7	6	500	10	10.04	52,884.40	18.05
50	T3-S2	lleno	7	6	500	60	20.23	42,492.34	21.32
51	T3-S2	lleno	7	6	500	110	20.27	42,469.90	21.33
52	T3-S2	lleno	7	6	1000	10	10.03	52,892.74	18.05
53	T3-S2	lleno	7	6	1000	60	20.09	42,555.03	21.28
54	T3-S2	lleno	7	6	1000	110	20.14	42,533.00	21.29
55	T3-S2	lleno	7	-6	0	10	10.18	34,717.70	1.19

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDICIÓN DE CARGA	RUGOSIDAD (IRI) M/KM	PENDIENTE %	CURVATURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUSTIBLE
56	T3-S2	lleno	7	-6	0	60	50.43	18,610.51	0.40
57	T3-S2	lleno	7	-6	0	110	57.56	18,049.62	0.36
58	T3-S2	lleno	7	-6	500	10	10.17	35,474.77	1.16
59	T3-S2	lleno	7	-6	500	60	42.86	20,104.74	0.44
60	T3-S2	lleno	7	-6	500	110	45.46	19,812.02	0.42
61	T3-S2	lleno	7	-6	1000	10	10.17	35,483.16	1.16
62	T3-S2	lleno	7	-6	1000	60	38.17	20,721.42	0.47
63	T3-S2	lleno	7	-6	1000	110	39.53	20,528.91	0.46
64	T3-S2	lleno	7	-2	0	10	10.18	33,060.35	6.89
65	T3-S2	lleno	7	-2	0	60	50.90	15,475.62	1.99
66	T3-S2	lleno	7	-2	0	110	58.49	14,930.36	1.82
67	T3-S2	lleno	7	-2	500	10	10.17	33,234.14	6.86
68	T3-S2	lleno	7	-2	500	60	43.06	16,418.85	2.26
69	T3-S2	lleno	7	-2	500	110	45.73	16,121.93	2.14
70	T3-S2	lleno	7	-2	1000	10	10.17	33,243.18	6.86
71	T3-S2	lleno	7	-2	1000	60	38.28	17,056.02	2.53
72	T3-S2	lleno	7	-2	1000	110	39.66	16,855.63	2.44
73	T3-S2	lleno	12	0	0	10	10.16	39,027.04	10.36
74	T3-S2	lleno	12	0	0	60	33.78	23,721.98	9.91
75	T3-S2	lleno	12	0	0	110	34.48	23,593.56	9.92
76	T3-S2	lleno	12	0	500	10	10.16	39,326.29	10.29
77	T3-S2	lleno	12	0	500	60	32.42	24,286.12	9.77
78	T3-S2	lleno	12	0	500	110	32.98	24,173.18	9.78
79	T3-S2	lleno	12	0	1000	10	10.16	39,335.28	10.29
80	T3-S2	lleno	12	0	1000	60	31.05	24,578.05	9.76
81	T3-S2	lleno	12	0	1000	110	31.50	24,479.08	9.76
82	T3-S2	lleno	12	6	0	10	10.02	55,902.14	17.32
83	T3-S2	lleno	12	6	0	60	19.59	45,796.88	20.10
84	T3-S2	lleno	12	6	0	110	19.63	45,776.41	20.11
85	T3-S2	lleno	12	6	500	10	10.02	58,197.61	16.64
86	T3-S2	lleno	12	6	500	60	19.49	48,139.98	19.12
87	T3-S2	lleno	12	6	500	110	19.53	48,119.82	19.13
88	T3-S2	lleno	12	6	1000	10	10.01	58,205.87	16.64
89	T3-S2	lleno	12	6	1000	60	19.38	48,196.41	19.09
90	T3-S2	lleno	12	6	1000	110	19.42	48,176.56	19.10
91	T3-S2	lleno	12	-6	0	10	10.16	38,428.94	1.12
92	T3-S2	lleno	12	-6	0	60	33.99	24,329.45	0.45
93	T3-S2	lleno	12	-6	0	110	34.72	24,200.57	0.45
94	T3-S2	lleno	12	-6	500	10	10.16	39,277.62	1.10
95	T3-S2	lleno	12	-6	500	60	32.59	25,419.87	0.45
96	T3-S2	lleno	12	-6	500	110	33.17	25,305.70	0.45
97	T3-S2	lleno	12	-6	1000	10	10.16	39,285.98	1.10
98	T3-S2	lleno	12	-6	1000	60	31.19	25,708.40	0.47
99	T3-S2	lleno	12	-6	1000	110	31.65	25,610.98	0.46
100	T3-S2	lleno	12	-2	0	10	10.16	36,821.99	6.48
101	T3-S2	lleno	12	-2	0	60	34.04	21,328.94	2.78
102	T3-S2	lleno	12	-2	0	110	34.78	21,191.73	2.74
103	T3-S2	lleno	12	-2	500	10	10.16	37,021.61	6.45
104	T3-S2	lleno	12	-2	500	60	32.63	21,802.54	2.86
105	T3-S2	lleno	12	-2	500	110	33.22	21,682.61	2.82
106	T3-S2	lleno	12	-2	1000	10	10.16	37,030.59	6.45
107	T3-S2	lleno	12	-2	1000	60	31.22	22,110.75	2.97
108	T3-S2	lleno	12	-2	1000	110	31.68	32,406.52	2.93
109	T3-S2	vacío	2	0	0	10	10.18	30,202.10	10.07
110	T3-S2	vacío	2	0	0	60	60.14	12,120.78	8.59

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDI-CIÓN DE CARGA	RUGO-SIDAD (IRI) M/KM	PEN-DIENTE %	CURVA-TURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUS-TIBLE
111	T3-S2	vacío	2	0	0	110	97.25	11,310.75	10.82
112	T3-S2	vacío	2	0	500	10	10.18	30,361.76	10.02
113	T3-S2	vacío	2	0	500	60	50.76	12,886.47	8.28
114	T3-S2	vacío	2	0	500	110	58.21	12,395.88	8.42
115	T3-S2	vacío	2	0	1000	10	10.18	30,367.77	10.02
116	T3-S2	vacío	2	0	1000	60	43.92	13,517.92	8.25
117	T3-S2	vacío	2	0	1000	110	46.92	13,214.68	8.25
118	T3-S2	vacío	2	6	0	10	10.18	35,116.24	13.64
119	T3-S2	vacío	2	6	0	60	49.52	18,387.10	17.51
120	T3-S2	vacío	2	6	0	110	55.82	18,080.59	18.07
121	T3-S2	vacío	2	6	500	10	10.18	35,749.38	13.40
122	T3-S2	vacío	2	6	500	60	45.21	19,361.97	16.53
123	T3-S2	vacío	2	6	500	110	48.77	19,111.56	16.82
124	T3-S2	vacío	2	6	1000	10	10.17	35,755.37	13.40
125	T3-S2	vacío	2	6	1000	60	40.93	19,756.28	16.18
126	T3-S2	vacío	2	6	1000	110	42.93	19,557.84	16.34
127	T3-S2	vacío	2	-6	0	10	10.18	29,714.34	4.92
128	T3-S2	vacío	2	-6	0	60	60.87	11,798.97	0.52
129	T3-S2	vacío	2	-6	0	110	107.79	9,861.45	0.35
130	T3-S2	vacío	2	-6	500	10	10.18	30,037.80	4.86
131	T3-S2	vacío	2	-6	500	60	51.06	12,809.16	0.57
132	T3-S2	vacío	2	-6	500	110	58.82	12,212.93	0.52
133	T3-S2	vacío	2	-6	1000	10	10.18	30,043.77	4.87
134	T3-S2	vacío	2	-6	1000	60	44.07	13,497.24	0.63
135	T3-S2	vacío	2	-6	1000	110	47.13	13,174.28	0.60
136	T3-S2	vacío	2	-2	0	10	10.18	29,525.33	8.38
137	T3-S2	vacío	2	-2	0	60	60.64	11,261.47	3.97
138	T3-S2	vacío	2	-2	0	110	103.89	10,120.51	5.86
139	T3-S2	vacío	2	-2	500	10	10.18	29,668.79	8.34
140	T3-S2	vacío	2	-2	500	60	50.97	12,055.20	3.99
141	T3-S2	vacío	2	-2	500	110	58.63	11,515.30	3.92
142	T3-S2	vacío	2	-2	1000	10	10.18	29,674.82	8.34
143	T3-S2	vacío	2	-2	1000	60	44.02	12,725.56	4.20
144	T3-S2	vacío	2	-2	1000	110	47.06	12,406.04	4.09
145	T3-S2	vacío	7	0	0	10	10.18	33,987.43	9.06
146	T3-S2	vacío	7	0	0	60	50.64	16,524.64	6.70
147	T3-S2	vacío	7	0	0	110	57.97	16,038.51	6.76
148	T3-S2	vacío	7	0	500	10	10.18	34,178.44	9.01
149	T3-S2	vacío	7	0	500	60	45.90	17,140.32	6.63
150	T3-S2	vacío	7	0	500	110	49.80	16,792.78	6.62
151	T3-S2	vacío	7	0	1000	10	10.17	34,184.45	9.01
152	T3-S2	vacío	7	0	1000	60	41.34	17,643.23	6.69
153	T3-S2	vacío	7	0	1000	110	43.45	17,395.16	6.66
154	T3-S2	vacío	7	6	0	10	10.18	39,196.41	12.32
155	T3-S2	vacío	7	6	0	60	44.90	22,827.04	14.24
156	T3-S2	vacío	7	6	0	110	48.31	22,578.34	14.46
157	T3-S2	vacío	7	6	500	10	10.17	39,959.80	12.09
158	T3-S2	vacío	7	6	500	60	42.09	23,880.77	13.59
159	T3-S2	vacío	7	6	500	110	44.43	23,672.15	13.72
160	T3-S2	vacío	7	6	1000	10	10.17	39,965.76	12.09
161	T3-S2	vacío	7	6	1000	60	38.94	24,219.67	13.41
162	T3-S2	vacío	7	6	1000	110	40.45	24,047.55	13.50
163	T3-S2	vacío	7	-6	0	10	10.18	33,461.46	4.45
164	T3-S2	vacío	7	-6	0	60	50.96	16,238.04	0.45
165	T3-S2	vacío	7	-6	0	110	58.61	15,654.97	0.41

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDICIÓN DE CARGA	RUGOSIDAD (IRI) M/KM	PENDIENTE %	CURVATURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUSTIBLE
166	T3-S2	vacío	7	-6	500	10	10.18	33,828.87	4.40
167	T3-S2	vacío	7	-6	500	60	46.09	17,030.52	0.48
168	T3-S2	vacío	7	-6	500	110	50.09	16,644.22	0.45
169	T3-S2	vacío	7	-6	1000	10	10.17	33,834.84	4.40
170	T3-S2	vacío	7	-6	1000	60	41.45	17,560.15	0.52
171	T3-S2	vacío	7	-6	1000	110	43.60	17,302.33	0.50
172	T3-S2	vacío	7	-2	0	10	10.18	33,273.57	7.55
173	T3-S2	vacío	7	-2	0	60	50.86	15,676.54	3.32
174	T3-S2	vacío	7	-2	0	110	58.41	15,141.30	3.23
175	T3-S2	vacío	7	-2	500	10	10.18	33,440.18	7.51
176	T3-S2	vacío	7	-2	500	60	46.03	16,280.95	3.40
177	T3-S2	vacío	7	-2	500	110	50.00	15,909.65	3.30
178	T3-S2	vacío	7	-2	1000	10	10.17	33,446.21	7.52
179	T3-S2	vacío	7	-2	1000	60	41.42	16,808.98	3.57
180	T3-S2	vacío	7	-2	1000	110	43.55	16,549.62	3.48
181	T3-S2	vacío	12	0	0	10	10.16	37,734.42	8.27
182	T3-S2	vacío	12	0	0	60	34.01	22,295.17	5.96
183	T3-S2	vacío	12	0	0	110	34.74	22,161.07	5.93
184	T3-S2	vacío	12	0	500	10	10.16	37,963.37	8.22
185	T3-S2	vacío	12	0	500	60	33.25	22,673.85	5.93
186	T3-S2	vacío	12	0	500	110	33.90	22,549.18	5.90
187	T3-S2	vacío	12	0	1000	10	10.16	37,969.36	8.22
188	T3-S2	vacío	12	0	1000	60	32.18	22,891.19	5.97
189	T3-S2	vacío	12	0	1000	110	32.73	22,778.54	5.95
190	T3-S2	vacío	12	6	0	10	10.16	43,285.44	11.26
191	T3-S2	vacío	12	6	0	60	32.99	28,394.02	11.74
192	T3-S2	vacío	12	6	0	110	33.61	28,283.86	11.76
193	T3-S2	vacío	12	6	500	10	10.16	44,205.74	11.02
194	T3-S2	vacío	12	6	500	60	32.34	29,460.66	11.34
195	T3-S2	vacío	12	6	500	110	32.90	29,357.66	11.36
196	T3-S2	vacío	12	6	1000	10	10.16	44,211.69	11.02
197	T3-S2	vacío	12	6	1000	60	31.41	29,642.87	11.31
198	T3-S2	vacío	12	6	1000	110	31.88	29,548.02	11.32
199	T3-S2	vacío	12	-6	0	10	10.16	37,168.93	4.09
200	T3-S2	vacío	12	-6	0	60	34.05	21,973.70	0.52
201	T3-S2	vacío	12	-6	0	110	34.79	21,842.60	0.50
202	T3-S2	vacío	12	-6	500	10	10.16	37,586.27	4.05
203	T3-S2	vacío	12	-6	500	60	33.29	22,514.27	0.53
204	T3-S2	vacío	12	-6	500	110	33.94	22,391.57	0.51
205	T3-S2	vacío	12	-6	1000	10	10.16	37,592.21	4.05
206	T3-S2	vacío	12	-6	1000	60	32.22	22,727.85	0.56
207	T3-S2	vacío	12	-6	1000	110	32.76	22,617.21	0.54
208	T3-S2	vacío	12	-2	0	10	10.16	36,978.20	6.91
209	T3-S2	vacío	12	-2	0	60	34.04	21,478.12	3.50
210	T3-S2	vacío	12	-2	0	110	34.77	21,341.07	3.46
211	T3-S2	vacío	12	-2	500	10	10.16	37,172.20	6.87
212	T3-S2	vacío	12	-2	500	60	33.28	21,817.14	3.52
213	T3-S2	vacío	12	-2	500	110	33.93	21,689.62	3.48
214	T3-S2	vacío	12	-2	1000	10	10.16	37,178.19	6.87
215	T3-S2	vacío	12	-2	1000	60	32.21	22,039.10	3.59
216	T3-S2	vacío	12	-2	1000	110	32.75	21,924.12	3.56

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDI-CIÓN DE CARGA	RUGO-SIDAD (IRI) M/KM	PEN-DIENTE %	CURVA-TURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUS-TIBLE
1	T3-S3	lleno	2	0	0	10	10.18	32,564.88	12.12
2	T3-S3	lleno	2	0	0	60	57.00	14,290.27	14.93
3	T3-S3	lleno	2	0	0	110	75.86	13,601.68	16.64
4	T3-S3	lleno	2	0	500	10	10.18	32,799.21	12.04
5	T3-S3	lleno	2	0	500	60	45.12	15,440.82	13.85
6	T3-S3	lleno	2	0	500	110	48.64	15,112.82	14.08
7	T3-S3	lleno	2	0	1000	10	10.17	32,808.63	12.04
8	T3-S3	lleno	2	0	1000	60	39.31	16,134.48	13.48
9	T3-S3	lleno	2	0	1000	110	40.41	15,921.59	13.58
10	T3-S3	lleno	2	6	0	10	9.99	49,262.66	20.71
11	T3-S3	lleno	2	6	0	60	18.85	39,261.23	25.00
12	T3-S3	lleno	2	6	0	110	18.89	39,242.53	25.01
13	T3-S3	lleno	2	6	500	10	9.99	51,003.26	20.01
14	T3-S3	lleno	2	6	500	60	18.77	41,043.35	23.91
15	T3-S3	lleno	2	6	500	110	18.81	41,024.86	23.92
16	T3-S3	lleno	2	6	1000	10	9.99	51,011.77	20.00
17	T3-S3	lleno	2	6	1000	60	18.68	41,095.85	23.87
18	T3-S3	lleno	2	6	1000	110	18.71	41,077.63	23.88
19	T3-S3	lleno	2	-6	0	10	10.18	32,502.97	1.14
20	T3-S3	lleno	2	-6	0	60	58.77	15,261.52	0.42
21	T3-S3	lleno	2	-6	0	110	85.27	13,853.47	0.32
22	T3-S3	lleno	2	-6	500	10	10.18	33,263.13	1.11
23	T3-S3	lleno	2	-6	500	60	45.63	17,125.24	0.48
24	T3-S3	lleno	2	-6	500	110	49.40	16,742.44	0.45
25	T3-S3	lleno	2	-6	1000	10	10.17	33,271.66	1.11
26	T3-S3	lleno	2	-6	1000	60	39.56	17,877.02	0.53
27	T3-S3	lleno	2	-6	1000	110	41.21	17,652.40	0.52
28	T3-S3	lleno	2	-2	0	10	10.18	30,409.25	7.00
29	T3-S3	lleno	2	-2	0	60	60.77	11,639.22	1.40
30	T3-S3	lleno	2	-2	0	110	105.96	10,255.90	2.40
31	T3-S3	lleno	2	-2	500	10	10.18	30,593.16	6.96
32	T3-S3	lleno	2	-2	500	60	46.15	12,967.41	1.83
33	T3-S3	lleno	2	-2	500	110	50.19	12,578.13	1.66
34	T3-S3	lleno	2	-2	1000	10	10.17	30,602.56	6.96
35	T3-S3	lleno	2	-2	1000	60	39.81	13,744.58	2.18
36	T3-S3	lleno	2	-2	1000	110	41.52	13,510.76	2.07
37	T3-S3	lleno	7	0	0	10	10.18	36,693.05	11.09
38	T3-S3	lleno	7	0	0	60	48.87	19,019.35	11.97
39	T3-S3	lleno	7	0	0	110	54.65	18,601.46	12.27
40	T3-S3	lleno	7	0	500	10	10.17	36,979.95	11.00
41	T3-S3	lleno	7	0	500	60	42.03	19,990.88	11.49
42	T3-S3	lleno	7	0	500	110	44.36	19,731.42	11.59
43	T3-S3	lleno	7	0	1000	10	10.17	36,989.35	11.00
44	T3-S3	lleno	7	0	1000	60	37.66	20,578.23	11.33
45	T3-S3	lleno	7	0	1000	110	38.93	20,393.34	11.38
46	T3-S3	lleno	7	6	0	10	9.98	54,375.44	19.04
47	T3-S3	lleno	7	6	0	60	18.50	44,570.99	22.39
48	T3-S3	lleno	7	6	0	110	18.53	44,553.33	22.41
49	T3-S3	lleno	7	6	500	10	9.97	56,483.44	18.33
50	T3-S3	lleno	7	6	500	60	18.43	46,718.80	21.36
51	T3-S3	lleno	7	6	500	110	17.46	46,701.35	21.37
52	T3-S3	lleno	7	6	1000	10	9.97	56,491.91	18.33
53	T3-S3	lleno	7	6	1000	60	18.34	46,768.43	21.33
54	T3-S3	lleno	7	6	1000	110	18.37	46,751.18	21.34
55	T3-S3	lleno	7	-6	0	10	10.18	36,422.30	1.03

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDI-CIÓN DE CARGA	RUGO-SIDAD (IRI) M/KM	PEN-DIENTE %	CURVA-TURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUS-TIBLE
56	T3-S3	lleno	7	-6	0	60	50.17	19,852.14	0.38
57	T3-S3	lleno	7	-6	0	110	57.05	19,288.32	0.34
58	T3-S3	lleno	7	-6	500	10	10.17	37,275.89	1.00
59	T3-S3	lleno	7	-6	500	60	42.62	21,471.76	0.41
60	T3-S3	lleno	7	-6	500	110	45.13	21,176.38	0.39
61	T3-S3	lleno	7	-6	1000	10	10.17	37,284.48	1.00
62	T3-S3	lleno	7	-6	1000	60	37.99	22,105.30	0.45
63	T3-S3	lleno	7	-6	1000	110	39.32	21,910.01	0.44
64	T3-S3	lleno	7	-2	0	10	10.18	34,405.47	6.52
65	T3-S3	lleno	7	-2	0	60	50.91	18,383.54	1.72
66	T3-S3	lleno	7	-2	0	110	58.50	15,740.52	1.55
67	T3-S3	lleno	7	-2	500	10	10.17	34,616.03	6.48
68	T3-S3	lleno	7	-2	500	60	42.93	17,322.53	1.99
69	T3-S3	lleno	7	-2	500	110	45.56	17,019.83	1.88
70	T3-S3	lleno	7	-2	1000	10	10.17	34,625.45	6.48
71	T3-S3	lleno	7	-2	1000	60	38.17	17,981.08	2.25
72	T3-S3	lleno	7	-2	1000	110	39.52	17,776.87	2.17
73	T3-S3	lleno	12	0	0	10	10.16	40,801.49	10.27
74	T3-S3	lleno	12	0	0	60	33.69	25,074.84	10.05
75	T3-S3	lleno	12	0	0	110	34.39	24,944.09	10.07
76	T3-S3	lleno	12	0	500	10	10.16	41,153.63	10.19
77	T3-S3	lleno	12	0	500	60	32.32	25,702.93	9.89
78	T3-S3	lleno	12	0	500	110	32.87	25,588.10	9.90
79	T3-S3	lleno	12	0	1000	10	10.16	41,162.99	10.19
80	T3-S3	lleno	12	0	1000	60	30.95	26,003.85	9.87
81	T3-S3	lleno	12	0	1000	110	31.40	25,903.16	9.88
82	T3-S3	lleno	12	6	0	10	9.95	59,617.60	17.62
83	T3-S3	lleno	12	6	0	60	17.93	50,120.41	20.24
84	T3-S3	lleno	12	6	0	110	17.96	50,104.29	20.25
85	T3-S3	lleno	12	6	500	10	9.95	62,169.70	16.90
86	T3-S3	lleno	12	6	500	60	17.87	52,709.45	19.24
87	T3-S3	lleno	12	6	500	110	17.90	52,693.49	19.25
88	T3-S3	lleno	12	6	1000	10	9.94	62,178.08	16.90
89	T3-S3	lleno	12	6	1000	60	17.80	52,754.81	19.22
90	T3-S3	lleno	12	6	1000	110	17.82	52,739.04	19.23
91	T3-S3	lleno	12	-6	0	10	10.16	40,318.20	0.95
92	T3-S3	lleno	12	-6	0	60	33.96	25,810.76	0.43
93	T3-S3	lleno	12	-6	0	110	34.69	25,678.16	0.42
94	T3-S3	lleno	12	-6	500	10	10.16	41,276.12	0.93
95	T3-S3	lleno	12	-6	500	60	32.54	27,024.30	0.43
96	T3-S3	lleno	12	-6	500	110	33.11	26,908.69	0.42
97	T3-S3	lleno	12	-6	1000	10	10.16	41,284.73	0.93
98	T3-S3	lleno	12	-6	1000	60	31.13	27,324.19	0.44
99	T3-S3	lleno	12	-6	1000	110	31.58	27,224.31	0.44
100	T3-S3	lleno	12	-2	0	10	10.16	38,367.14	6.15
101	T3-S3	lleno	12	-2	0	60	34.05	22,415.87	2.55
102	T3-S3	lleno	12	-2	0	110	34.78	22,274.53	2.50
103	T3-S3	lleno	12	-2	500	10	10.16	38,609.52	6.12
104	T3-S3	lleno	12	-2	500	60	32.60	22,947.04	2.62
105	T3-S3	lleno	12	-2	500	110	33.18	22,823.92	2.58
106	T3-S3	lleno	12	-2	1000	10	10.16	38,618.90	6.12
107	T3-S3	lleno	12	-2	1000	60	31.18	23,267.48	2.73
108	T3-S3	lleno	12	-2	1000	110	31.64	23,160.59	2.69
109	T3-S3	vacío	2	0	0	10	10.18	31,107.13	10.09
110	T3-S3	vacío	2	0	0	60	59.99	12,837.88	8.97

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDI-CIÓN DE CARGA	RUGO-SIDAD (IRI) M/KM	PEN-DIENTE %	CURVA-TURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUS-TIBLE
111	T3-S3	vacío	2	0	0	110	95.55	12,005.74	11.12
112	T3-S3	vacío	2	0	500	10	10.18	31,301.65	10.03
113	T3-S3	vacío	2	0	500	60	50.70	13,641.47	8.60
114	T3-S3	vacío	2	0	500	110	58.08	13,147.76	8.77
115	T3-S3	vacío	2	0	1000	10	10.18	31,307.74	10.03
116	T3-S3	vacío	2	0	1000	60	43.89	14,277.76	8.54
117	T3-S3	vacío	2	0	1000	110	46.88	13,972.09	8.56
118	T3-S3	vacío	2	6	0	10	10.18	37,213.92	14.32
119	T3-S3	vacío	2	6	0	60	43.81	20,888.32	18.72
120	T3-S3	vacío	2	6	0	110	46.77	20,661.39	19.05
121	T3-S3	vacío	2	6	500	10	10.17	37,993.65	14.03
122	T3-S3	vacío	2	6	500	60	41.30	21,931.46	17.76
123	T3-S3	vacío	2	6	500	110	43.41	21,736.96	17.98
124	T3-S3	vacío	2	6	1000	10	10.17	37,999.69	14.03
125	T3-S3	vacío	2	6	1000	60	38.40	22,251.32	17.46
126	T3-S3	vacío	2	6	1000	110	39.80	22,088.29	17.61
127	T3-S3	vacío	2	-6	0	10	10.18	30,568.08	4.07
128	T3-S3	vacío	2	-6	0	60	60.86	12,660.27	0.49
129	T3-S3	vacío	2	-6	0	110	107.66	10,674.50	0.33
130	T3-S3	vacío	2	-6	500	10	10.18	30,965.58	4.02
131	T3-S3	vacío	2	-6	500	60	51.06	13,753.92	0.53
132	T3-S3	vacío	2	-6	500	110	58.81	13,149.68	0.49
133	T3-S3	vacío	2	-6	1000	10	10.18	30,971.60	4.02
134	T3-S3	vacío	2	-6	1000	60	44.07	14,450.70	0.59
135	T3-S3	vacío	2	-6	1000	110	47.12	14,123.70	0.56
136	T3-S3	vacío	2	-2	0	10	10.18	30,270.74	8.04
137	T3-S3	vacío	2	-2	0	60	60.66	11,795.91	3.46
138	T3-S3	vacío	2	-2	0	110	104.16	10,605.61	5.22
139	T3-S3	vacío	2	-2	500	10	10.18	30,445.36	8.00
140	T3-S3	vacío	2	-2	500	60	50.98	12,632.28	3.51
141	T3-S3	vacío	2	-2	500	110	58.64	12,082.41	3.41
142	T3-S3	vacío	2	-2	1000	10	10.18	30,451.45	8.00
143	T3-S3	vacío	2	-2	1000	60	44.03	13,312.44	3.74
144	T3-S3	vacío	2	-2	1000	110	47.07	12,988.46	3.62
145	T3-S3	vacío	7	0	0	10	10.18	35,097.44	9.07
146	T3-S3	vacío	7	0	0	60	50.57	17,452.53	7.01
147	T3-S3	vacío	7	0	0	110	57.82	16,964.13	7.10
148	T3-S3	vacío	7	0	500	10	10.18	35,330.38	9.01
149	T3-S3	vacío	7	0	500	60	45.85	18,112.47	6.91
150	T3-S3	vacío	7	0	500	110	49.73	17,762.60	6.91
151	T3-S3	vacío	7	0	1000	10	10.17	35,336.45	9.01
152	T3-S3	vacío	7	0	1000	60	41.31	18,619.24	6.95
153	T3-S3	vacío	7	0	1000	110	43.42	18,369.21	6.93
154	T3-S3	vacío	7	6	0	10	10.17	41,569.84	12.94
155	T3-S3	vacío	7	6	0	60	40.89	25,548.91	15.49
156	T3-S3	vacío	7	6	0	110	42.88	25,358.28	15.66
157	T3-S3	vacío	7	6	500	10	10.17	42,510.21	12.65
158	T3-S3	vacío	7	6	500	60	39.06	26,721.57	14.79
159	T3-S3	vacío	7	6	500	110	40.60	26,554.17	14.90
160	T3-S3	vacío	7	6	1000	10	10.17	42,516.24	12.65
161	T3-S3	vacío	7	6	1000	60	36.80	27,002.85	14.62
162	T3-S3	vacío	7	6	1000	110	37.91	26,858.60	14.70
163	T3-S3	vacío	7	-6	0	10	10.18	34,507.62	3.69
164	T3-S3	vacío	7	-6	0	60	50.96	17,298.28	0.43
165	T3-S3	vacío	7	-6	0	110	58.61	16,707.33	0.38

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDI-CIÓN DE CARGA	RUGO-SIDAD (IRI) M/KM	PEN-DIENTE %	CURVA-TURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUS-TIBLE
166	T3-S3	vacío	7	-6	500	10	10.18	34,959.16	3.65
167	T3-S3	vacío	7	-6	500	60	46.09	18,180.51	0.45
168	T3-S3	vacío	7	-6	500	110	50.09	17,789.26	0.42
169	T3-S3	vacío	7	-6	1000	10	10.17	34,965.20	3.65
170	T3-S3	vacío	7	-6	1000	60	41.45	18,716.78	0.48
171	T3-S3	vacío	7	-6	1000	110	43.60	18,455.76	0.47
172	T3-S3	vacío	7	-2	0	10	10.18	34,214.65	7.26
173	T3-S3	vacío	7	-2	0	60	50.87	16,417.04	2.98
174	T3-S3	vacío	7	-2	0	110	58.42	15,875.83	2.90
175	T3-S3	vacío	7	-2	500	10	10.18	34,417.55	7.21
176	T3-S3	vacío	7	-2	500	60	46.04	17,064.07	3.07
177	T3-S3	vacío	7	-2	500	110	50.01	16,687.22	2.97
178	T3-S3	vacío	7	-2	1000	10	10.17	34,423.65	7.21
179	T3-S3	vacío	7	-2	1000	60	41.42	17,599.23	3.24
180	T3-S3	vacío	7	-2	1000	110	43.56	17,336.45	3.15
181	T3-S3	vacío	12	0	0	10	10.16	39,053.60	8.28
182	T3-S3	vacío	12	0	0	60	34.00	23,449.40	6.18
183	T3-S3	vacío	12	0	0	110	34.73	23,314.10	6.16
184	T3-S3	vacío	12	0	500	10	10.16	39,332.99	8.22
185	T3-S3	vacío	12	0	500	60	33.24	23,879.75	6.13
186	T3-S3	vacío	12	0	500	110	33.88	23,753.93	6.11
187	T3-S3	vacío	12	0	1000	10	10.16	39,339.06	8.22
188	T3-S3	vacío	12	0	1000	60	32.17	24,099.13	6.17
189	T3-S3	vacío	12	0	1000	110	32.72	23,985.42	6.15
190	T3-S3	vacío	12	6	0	10	10.16	45,949.86	11.82
191	T3-S3	vacío	12	6	0	60	31.95	31,200.40	12.89
192	T3-S3	vacío	12	6	0	110	32.47	31,101.51	12.92
193	T3-S3	vacío	12	6	500	10	10.16	47,083.82	11.54
194	T3-S3	vacío	12	6	500	60	31.39	32,467.03	12.40
195	T3-S3	vacío	12	6	500	110	31.87	32,373.81	12.43
196	T3-S3	vacío	12	6	1000	10	10.15	47,089.81	11.54
197	T3-S3	vacío	12	6	1000	60	30.58	32,633.27	12.36
198	T3-S3	vacío	12	6	1000	110	31.00	32,546.55	12.38
199	T3-S3	vacío	12	-6	0	10	10.16	38,411.36	3.41
200	T3-S3	vacío	12	-6	0	60	34.05	23,249.32	0.47
201	T3-S3	vacío	12	-6	0	110	34.79	23,118.20	0.47
202	T3-S3	vacío	12	-6	500	10	10.16	38,924.33	3.36
203	T3-S3	vacío	12	-6	500	60	33.29	23,884.95	0.47
204	T3-S3	vacío	12	-6	500	110	33.94	23,762.69	0.47
205	T3-S3	vacío	12	-6	1000	10	10.16	38,930.32	3.37
206	T3-S3	vacío	12	-6	1000	60	32.22	24,096.90	0.48
207	T3-S3	vacío	12	-6	1000	110	32.76	23,987.23	0.48
208	T3-S3	vacío	12	-2	0	10	10.16	38,117.96	6.65
209	T3-S3	vacío	12	-2	0	60	34.04	22,443.82	3.26
210	T3-S3	vacío	12	-2	0	110	34.77	22,305.15	3.21
211	T3-S3	vacío	12	-2	500	10	10.16	38,354.31	6.61
212	T3-S3	vacío	12	-2	500	60	33.28	22,826.88	3.27
213	T3-S3	vacío	12	-2	500	110	33.93	22,697.83	3.23
214	T3-S3	vacío	12	-2	1000	10	10.16	38,360.38	6.61
215	T3-S3	vacío	12	-2	1000	60	32.21	23,051.43	3.34
216	T3-S3	vacío	12	-2	1000	110	32.75	22,935.10	3.31

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDI-CIÓN DE CARGA	RUGO-SIDAD (IRI) M/KM	PEN-DIENTE %	CURVA-TURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUS-TIBLE
1	T3-S2-R4	lleno	2	0	0	10	10.18	37,158.53	11.98
2	T3-S2-R4	lleno	2	0	0	60	52.97	17,429.09	15.95
3	T3-S2-R4	lleno	2	0	0	110	63.08	16,846.90	16.94
4	T3-S2-R4	lleno	2	0	500	10	10.17	37,510.84	11.87
5	T3-S2-R4	lleno	2	0	500	60	41.35	18,944.95	14.61
6	T3-S2-R4	lleno	2	0	500	110	43.47	18,301.32	14.79
7	T3-S2-R4	lleno	2	0	1000	10	10.17	37,523.28	11.87
8	T3-S2-R4	lleno	2	0	1000	60	36.66	19,668.67	14.21
9	T3-S2-R4	lleno	2	0	1000	110	37.75	19,482.69	14.31
10	T3-S2-R4	lleno	2	6	0	10	9.57	61,450.23	22.01
11	T3-S2-R4	lleno	2	6	0	60	13.79	54,076.67	24.85
12	T3-S2-R4	lleno	2	6	0	110	13.79	54,068.66	24.85
13	T3-S2-R4	lleno	2	6	500	10	9.57	63,865.28	21.18
14	T3-S2-R4	lleno	2	6	500	60	13.76	56,511.54	23.78
15	T3-S2-R4	lleno	2	6	500	110	13.77	56,503.57	23.78
16	T3-S2-R4	lleno	2	6	1000	10	9.56	63,874.89	21.17
17	T3-S2-R4	lleno	2	6	1000	60	13.74	56,538.85	23.76
18	T3-S2-R4	lleno	2	6	1000	110	13.75	56,530.95	23.77
19	T3-S2-R4	lleno	2	-6	0	10	10.18	37,901.09	0.97
20	T3-S2-R4	lleno	2	-6	0	60	54.42	19,115.43	0.36
21	T3-S2-R4	lleno	2	-6	0	110	66.92	18,194.65	0.31
22	T3-S2-R4	lleno	2	-6	500	10	10.17	38,974.89	0.95
23	T3-S2-R4	lleno	2	-6	500	60	41.75	21,554.15	0.42
24	T3-S2-R4	lleno	2	-6	500	110	43.98	21,252.75	0.40
25	T3-S2-R4	lleno	2	-6	1000	10	10.17	38,986.25	0.95
26	T3-S2-R4	lleno	2	-6	1000	60	36.87	22,326.64	0.46
27	T3-S2-R4	lleno	2	-6	1000	110	37.99	22,132.24	0.45
28	T3-S2-R4	lleno	2	-2	0	10	10.18	34,200.48	5.72
29	T3-S2-R4	lleno	2	-2	0	60	60.81	13,611.29	0.63
30	T3-S2-R4	lleno	2	-2	0	110	106.69	11,965.74	0.61
31	T3-S2-R4	lleno	2	-2	500	10	10.17	34,483.86	5.67
32	T3-S2-R4	lleno	2	-2	500	60	43.11	15,519.69	1.07
33	T3-S2-R4	lleno	2	-2	500	110	45.80	15,185.91	0.97
34	T3-S2-R4	lleno	2	-2	1000	10	10.17	34,496.30	5.68
35	T3-S2-R4	lleno	2	-2	1000	60	37.57	16,361.97	1.36
36	T3-S2-R4	lleno	2	-2	1000	110	38.81	16,151.16	1.29
37	T3-S2-R4	lleno	7	0	0	10	10.18	41,972.55	11.01
38	T3-S2-R4	lleno	7	0	0	60	46.24	22,885.60	13.01
39	T3-S2-R4	lleno	7	0	0	110	50.32	22,511.51	13.29
40	T3-S2-R4	lleno	7	0	500	10	10.17	42,401.99	10.90
41	T3-S2-R4	lleno	7	0	500	60	39.01	24,213.72	12.33
42	T3-S2-R4	lleno	7	0	500	110	40.54	23,991.53	12.42
43	T3-S2-R4	lleno	7	0	1000	10	10.17	42,414.40	10.90
44	T3-S2-R4	lleno	7	0	1000	60	35.32	24,839.96	12.12
45	T3-S2-R4	lleno	7	0	1000	110	36.21	24,675.62	12.17
46	T3-S2-R4	lleno	7	6	0	10	9.53	67,682.24	20.31
47	T3-S2-R4	lleno	7	6	0	60	13.55	60,517.91	22.59
48	T3-S2-R4	lleno	7	6	0	110	13.55	60,510.34	22.59
49	T3-S2-R4	lleno	7	6	500	10	9.53	70,605.83	19.47
50	T3-S2-R4	lleno	7	6	500	60	13.52	63,460.26	21.54
51	T3-S2-R4	lleno	7	6	500	110	13.53	28,092.71	21.54
52	T3-S2-R4	lleno	7	6	1000	10	9.52	70,615.31	19.46
53	T3-S2-R4	lleno	7	6	1000	60	13.50	63,486.16	21.53
54	T3-S2-R4	lleno	7	6	1000	110	13.51	63,478.65	21.53
55	T3-S2-R4	lleno	7	-6	0	10	10.18	42,418.85	0.87

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDI-CIÓN DE CARGA	RUGO-SIDAD (IRI) M/KM	PEN-DIENTE %	CURVA-TURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUS-TIBLE
56	T3-S2-R4	lleno	7	-6	0	60	48.27	24,220.44	0.32
57	T3-S2-R4	lleno	7	-6	0	110	53.60	23,695.38	0.30
58	T3-S2-R4	lleno	7	-6	500	10	10.17	43,625.90	0.85
59	T3-S2-R4	lleno	7	-6	500	60	39.81	26,480.13	0.36
60	T3-S2-R4	lleno	7	-6	500	110	41.53	26,225.43	0.34
61	T3-S2-R4	lleno	7	-6	1000	10	10.17	43,637.24	0.85
62	T3-S2-R4	lleno	7	-6	1000	60	35.79	27,165.38	0.39
63	T3-S2-R4	lleno	7	-6	1000	110	36.75	26,989.33	0.38
64	T3-S2-R4	lleno	7	-2	0	10	10.18	38,822.78	5.42
65	T3-S2-R4	lleno	7	-2	0	60	50.92	18,928.62	1.00
66	T3-S2-R4	lleno	7	-2	0	110	58.53	18,306.23	0.85
67	T3-S2-R4	lleno	7	-2	500	10	10.17	39,147.80	5.38
68	T3-S2-R4	lleno	7	-2	500	60	40.74	20,451.10	1.33
69	T3-S2-R4	lleno	7	-2	500	110	42.68	20,173.07	1.24
70	T3-S2-R4	lleno	7	-2	1000	10	10.17	39,160.24	5.38
71	T3-S2-R4	lleno	7	-2	1000	60	36.32	21,194.47	1.56
72	T3-S2-R4	lleno	7	-2	1000	110	37.36	21,003.90	1.50
73	T3-S2-R4	lleno	12	0	0	10	10.16	46,784.96	10.24
74	T3-S2-R4	lleno	12	0	0	60	33.11	29,681.50	10.90
75	T3-S2-R4	lleno	12	0	0	110	33.74	29,547.38	10.93
76	T3-S2-R4	lleno	12	0	500	10	10.16	47,309.83	10.13
77	T3-S2-R4	lleno	12	0	500	60	31.32	30,612.84	10.64
78	T3-S2-R4	lleno	12	0	500	110	31.79	30,499.68	10.66
79	T3-S2-R4	lleno	12	0	1000	10	10.15	47,322.16	10.13
80	T3-S2-R4	lleno	12	0	1000	60	29.93	30,969.16	10.59
81	T3-S2-R4	lleno	12	0	1000	110	30.30	30,870.53	10.60
82	T3-S2-R4	lleno	12	6	0	10	9.48	74,114.96	18.84
83	T3-S2-R4	lleno	12	6	0	60	13.27	67,192.11	20.68
84	T3-S2-R4	lleno	12	6	0	110	13.27	67,185.87	20.69
85	T3-S2-R4	lleno	12	6	500	10	9.48	77,653.16	17.98
86	T3-S2-R4	lleno	12	6	500	60	13.25	70,747.91	19.64
87	T3-S2-R4	lleno	12	6	500	110	13.25	70,740.84	19.65
88	T3-S2-R4	lleno	12	6	1000	10	9.48	77,662.48	17.98
89	T3-S2-R4	lleno	12	6	1000	60	13.23	70,772.23	19.64
90	T3-S2-R4	lleno	12	6	1000	110	13.23	70,765.18	19.64
91	T3-S2-R4	lleno	12	-6	0	10	10.16	46,925.24	0.79
92	T3-S2-R4	lleno	12	-6	0	60	33.71	30,871.36	0.36
93	T3-S2-R4	lleno	12	-6	0	110	34.41	30,727.99	0.36
94	T3-S2-R4	lleno	12	-6	500	10	10.16	48,281.38	0.77
95	T3-S2-R4	lleno	12	-6	500	60	31.77	32,634.83	0.36
96	T3-S2-R4	lleno	12	-6	500	110	32.27	32,516.45	0.36
97	T3-S2-R4	lleno	12	-6	1000	10	10.15	48,292.67	0.77
98	T3-S2-R4	lleno	12	-6	1000	60	30.28	33,002.86	0.38
99	T3-S2-R4	lleno	12	-6	1000	110	30.68	32,901.65	0.37
100	T3-S2-R4	lleno	12	-2	0	10	10.16	43,424.53	5.21
101	T3-S2-R4	lleno	12	-2	0	60	34.05	25,875.20	1.88
102	T3-S2-R4	lleno	12	-2	0	110	34.78	25,719.72	1.83
103	T3-S2-R4	lleno	12	-2	500	10	10.16	43,799.20	5.16
104	T3-S2-R4	lleno	12	-2	500	60	32.01	26,706.47	1.98
105	T3-S2-R4	lleno	12	-2	500	110	32.54	26,578.68	1.94
106	T3-S2-R4	lleno	12	-2	1000	10	10.15	43,811.60	5.17
107	T3-S2-R4	lleno	12	-2	1000	60	30.47	27,104.04	2.08
108	T3-S2-R4	lleno	12	-2	1000	110	30.88	26,994.68	2.06
109	T3-S2-R4	vacío	2	0	0	10	10.18	35,023.91	9.35
110	T3-S2-R4	vacío	2	0	0	60	59.72	15,052.92	8.70

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDI-CIÓN DE CARGA	RUGO-SIDAD (IRI) M/KM	PEN-DIENTE %	CURVA-TURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUS-TIBLE
111	T3-S2-R4	vacío	2	0	0	110	92.82	14,100.96	10.59
112	T3-S2-R4	vacío	2	0	500	10	10.18	35,316.38	9.28
113	T3-S2-R4	vacío	2	0	500	60	50.58	16,009.55	8.29
114	T3-S2-R4	vacío	2	0	500	110	57.85	15,469.54	8.47
115	T3-S2-R4	vacío	2	0	1000	10	10.18	35,323.04	9.28
116	T3-S2-R4	vacío	2	0	1000	60	43.84	16,704.96	8.20
117	T3-S2-R4	vacío	2	0	1000	110	46.80	16,370.91	8.23
118	T3-S2-R4	vacío	2	6	0	10	10.17	42,847.73	14.26
119	T3-S2-R4	vacío	2	6	0	60	36.54	26,041.33	18.84
120	T3-S2-R4	vacío	2	6	0	110	37.61	25,889.74	18.99
121	T3-S2-R4	vacío	2	6	500	10	10.17	43,883.67	13.92
122	T3-S2-R4	vacío	2	6	500	60	35.46	27,261.89	17.96
123	T3-S2-R4	vacío	2	6	500	110	36.38	27,122.91	18.08
124	T3-S2-R4	vacío	2	6	1000	10	10.16	43,890.25	13.92
125	T3-S2-R4	vacío	2	6	1000	60	34.02	27,502.88	17.77
126	T3-S2-R4	vacío	2	6	1000	110	34.75	27,378.17	17.87
127	T3-S2-R4	vacío	2	-6	0	10	10.18	34,452.58	2.84
128	T3-S2-R4	vacío	2	-6	0	60	60.80	15,070.60	0.41
129	T3-S2-R4	vacío	2	-6	0	110	106.54	12,935.31	0.27
130	T3-S2-R4	vacío	2	-6	500	10	10.18	35,003.53	2.79
131	T3-S2-R4	vacío	2	-6	500	60	51.03	16,384.06	0.45
132	T3-S2-R4	vacío	2	-6	500	110	58.76	15,724.90	0.41
133	T3-S2-R4	vacío	2	-6	1000	10	10.18	35,010.06	2.80
134	T3-S2-R4	vacío	2	-6	1000	60	44.05	17,146.94	0.50
135	T3-S2-R4	vacío	2	-6	1000	110	47.11	16,788.62	0.47
136	T3-S2-R4	vacío	2	-2	0	10	10.18	33,961.28	7.01
137	T3-S2-R4	vacío	2	-2	0	60	60.68	13,743.20	2.59
138	T3-S2-R4	vacío	2	-2	0	110	104.53	12,372.48	4.03
139	T3-S2-R4	vacío	2	-2	500	10	10.18	34,228.58	6.96
140	T3-S2-R4	vacío	2	-2	500	60	50.98	14,743.12	2.67
141	T3-S2-R4	vacío	2	-2	500	110	58.66	14,134.91	2.55
142	T3-S2-R4	vacío	2	-2	1000	10	10.18	34,235.26	6.96
143	T3-S2-R4	vacío	2	-2	1000	60	44.03	15,491.09	2.90
144	T3-S2-R4	vacío	2	-2	1000	110	47.07	15,135.18	2.78
145	T3-S2-R4	vacío	7	0	0	10	10.18	39,636.77	8.41
146	T3-S2-R4	vacío	7	0	0	60	50.43	20,351.18	6.85
147	T3-S2-R4	vacío	7	0	0	110	57.55	19,818.45	6.95
148	T3-S2-R4	vacío	7	0	500	10	10.18	39,986.04	8.34
149	T3-S2-R4	vacío	7	0	500	60	45.77	21,165.04	6.70
150	T3-S2-R4	vacío	7	0	500	110	49.61	20,783.01	6.72
151	T3-S2-R4	vacío	7	0	1000	10	10.17	39,992.70	8.34
152	T3-S2-R4	vacío	7	0	1000	60	41.26	21,718.42	6.71
153	T3-S2-R4	vacío	7	0	1000	110	43.36	21,445.38	6.70
154	T3-S2-R4	vacío	7	6	0	10	10.17	47,927.59	12.88
155	T3-S2-R4	vacío	7	6	0	60	35.00	31,388.05	15.86
156	T3-S2-R4	vacío	7	6	0	110	35.85	31,253.83	15.95
157	T3-S2-R4	vacío	7	6	500	10	10.16	49,175.65	12.56
158	T3-S2-R4	vacío	7	6	500	60	34.13	32,805.72	15.16
159	T3-S2-R4	vacío	7	6	500	110	34.87	32,681.36	15.23
160	T3-S2-R4	vacío	7	6	1000	10	10.16	49,182.20	12.56
161	T3-S2-R4	vacío	7	6	1000	60	32.92	33,023.70	15.04
162	T3-S2-R4	vacío	7	6	1000	110	33.53	32,910.55	15.10
163	T3-S2-R4	vacío	7	-6	0	10	10.18	38,994.36	2.59
164	T3-S2-R4	vacío	7	-6	0	60	50.94	20,375.80	0.36
165	T3-S2-R4	vacío	7	-6	0	110	58.57	19,730.24	0.32

CASO No.	TIPO DE VEHICULO	CONDI-CIÓN DE CARGA	RUGO-SIDAD (IRI) M/KM	PEN-DIENTE %	CURVA-TURA °/km	VEL. DESEADA km/h	VEL. OPERACIÓN km/h	COSTO EN (PESOS 2,000) POR 1,000 VEH/KM	% CONSUMO COMBUS-TIBLE
166	T3-S2-R4	vacío	7	-6	500	10	10.18	39,622.13	2.55
167	T3-S2-R4	vacío	7	-6	500	60	46.08	21,477.89	0.38
168	T3-S2-R4	vacío	7	-6	500	110	50.07	21,049.66	0.36
169	T3-S2-R4	vacío	7	-6	1000	10	10.17	39,628.66	2.55
170	T3-S2-R4	vacío	7	-6	1000	60	41.44	22,065.91	0.41
171	T3-S2-R4	vacío	7	-6	1000	110	43.59	21,779.56	0.40
172	T3-S2-R4	vacío	7	-2	0	10	10.18	38,514.13	6.34
173	T3-S2-R4	vacío	7	-2	0	60	50.87	19,042.17	2.36
174	T3-S2-R4	vacío	7	-2	0	110	58.44	18,443.48	2.26
175	T3-S2-R4	vacío	7	-2	500	10	10.18	38,825.45	6.29
176	T3-S2-R4	vacío	7	-2	500	60	46.04	19,842.47	2.44
177	T3-S2-R4	vacío	7	-2	500	110	50.02	19,427.62	2.34
178	T3-S2-R4	vacío	7	-2	1000	10	10.17	38,832.10	6.29
179	T3-S2-R4	vacío	7	-2	1000	60	41.42	20,430.22	2.60
180	T3-S2-R4	vacío	7	-2	1000	110	43.56	20,141.76	2.52
181	T3-S2-R4	vacío	12	0	0	10	10.16	44,226.94	7.68
182	T3-S2-R4	vacío	12	0	0	60	33.98	27,170.77	5.98
183	T3-S2-R4	vacío	12	0	0	110	34.70	27,023.03	5.96
184	T3-S2-R4	vacío	12	0	500	10	10.16	44,644.70	7.60
185	T3-S2-R4	vacío	12	0	500	60	33.22	27,752.65	5.90
186	T3-S2-R4	vacío	12	0	500	110	33.86	27,615.24	5.89
187	T3-S2-R4	vacío	12	0	1000	10	10.16	44,651.34	7.60
188	T3-S2-R4	vacío	12	0	1000	60	32.16	27,992.27	5.93
189	T3-S2-R4	vacío	12	0	1000	110	32.70	27,868.07	5.62
190	T3-S2-R4	vacío	12	6	0	10	10.15	53,058.76	11.76
191	T3-S2-R4	vacío	12	6	0	60	29.71	37,572.52	13.42
192	T3-S2-R4	vacío	12	6	0	110	30.07	37,486.92	13.45
193	T3-S2-R4	vacío	12	6	500	10	10.15	54,562.23	11.44
194	T3-S2-R4	vacío	12	6	500	60	29.32	39,190.88	12.87
195	T3-S2-R4	vacío	12	6	500	110	29.65	39,108.95	12.89
196	T3-S2-R4	vacío	12	6	1000	10	10.15	54,568.74	11.44
197	T3-S2-R4	vacío	12	6	1000	60	28.74	39,338.85	12.82
198	T3-S2-R4	vacío	12	6	1000	110	29.04	39,261.35	12.84
199	T3-S2-R4	vacío	12	-6	0	10	10.16	43,511.50	2.41
200	T3-S2-R4	vacío	12	-6	0	60	34.05	27,142.48	0.41
201	T3-S2-R4	vacío	12	-6	0	110	34.79	26,998.17	0.40
202	T3-S2-R4	vacío	12	-6	500	10	10.16	44,226.83	2.37
203	T3-S2-R4	vacío	12	-6	500	60	33.29	27,994.45	0.40
204	T3-S2-R4	vacío	12	-6	500	110	33.94	27,859.94	0.40
205	T3-S2-R4	vacío	12	-6	1000	10	10.16	44,233.34	2.37
206	T3-S2-R4	vacío	12	-6	1000	60	32.22	28,227.68	0.41
207	T3-S2-R4	vacío	12	-6	1000	110	32.76	28,107.00	0.41
208	T3-S2-R4	vacío	12	-2	0	10	10.16	43,036.28	5.82
209	T3-S2-R4	vacío	12	-2	0	60	34.04	25,893.34	2.71
210	T3-S2-R4	vacío	12	-2	0	110	34.77	25,741.44	2.67
211	T3-S2-R4	vacío	12	-2	500	10	10.16	43,399.55	5.77
212	T3-S2-R4	vacío	12	-2	500	60	33.28	26,417.29	2.72
213	T3-S2-R4	vacío	12	-2	500	110	33.93	26,275.95	2.68
214	T3-S2-R4	vacío	12	-2	1000	10	10.16	43,406.19	5.77
215	T3-S2-R4	vacío	12	-2	1000	60	32.21	26,663.21	2.78
216	T3-S2-R4	vacío	12	-2	1000	110	32.75	26,535.83	2.75

CIUDAD DE MÉXICO

Av. Patriotismo 683
Col. Mixcoac
03370 México, D.F.
Tel. (01) 56 15 35 75
56 98 52 18
Fax (01) 55 98 64 57

SAN FANDILA

Km 12, Carretera
Querétaro - Galindo
76700 San Fandila, Qro.
Tel. (4) 2 16 97 77
2 16 96 46
Fax (4) 2 16 96 71

Internet: http//www.imt.mx