

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

“ CARACTERISTICAS GENERALES SOBRE
LA DEMANDA, PLANEACIÓN, REDES Y
PROYECTOS DE LOS SISTEMAS DE
TRANSPORTE ”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

JOSE ALFREDO GONZÁLEZ TAMAYO

MEXICO D.F.

2002



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTTT/183/2001

Señor
JOSÉ ALFREDO GONZÁLEZ TAMAYO
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. OSCAR ENRIQUE MARTINEZ JURADO**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

"CARACTERÍSTICAS GENERALES SOBRE LA DEMANDA, PLANEACIÓN, REDES Y PROYECTOS DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE"

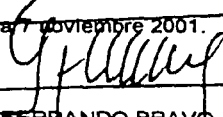
- I. INTRODUCCIÓN
- II. GENERALIDADES
- III. INGENIERÍA DE TRANSPORTE
- IV. DEMANDA DE TRANSPORTE
- V. EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN DEL TRANSPORTE
- VI. REDES DE TRANSPORTE
- VII. PROYECTOS DE TRANSPORTE
- VIII. PRESENTACIÓN AUDIOVISUAL
- COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFÍA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 7 de noviembre 2001.
EL DIRECTOR


M.C. GERARDO FERRNANDO BRAVO
GFB/GMP/mstg.

Agradecimientos

A mis padres, porque sin sus consejos, paciencia, apoyo y amor no hubiera sido posible terminar mis estudios.

A mi hermano, por su compañía y apoyo en todo momento.

A mis compañeros y amigos, por su amistad, apoyo y sugerencias.

A la Facultad de Ingeniería, por haberme formado y darme todos los elementos para ser un hombre de provecho.

Al Ingeniero Oscar E. Martínez Jurado, por las sugerencias, aportaciones y tiempo que dedicó en la dirección de este trabajo.

Al Ingeniero Francisco G. Alvarado Arias, por su ayuda y apoyo en la elaboración de esta tesis.

CARACTERÍSTICAS GENERALES SOBRE LA DEMANDA, PLANEACIÓN, REDES Y PROYECTOS DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE

INTRODUCCIÓN

I.	GENERALIDADES.	1
I.1	Definiciones elementales y clasificación de los transportes.	1
I.2	Función e importancia del transporte.	5
I.3	El sistema de transporte.	10
II.	INGENIERÍA DE TRANSPORTE.	13
II.1	El concepto de servicio y capacidad en los sistemas de transporte.	13
II.2	Factores que intervienen en la evolución de los transportes.	20
II.3	Características de los problemas de transporte.	25
II.4	Características generales de operación de cada uno de los modos de transporte.	29
III.	DEMANDA DE TRANSPORTE.	87
III.1	Características generales de la demanda.	87
III.2	Fuentes de información y recopilación de datos.	88
III.3	El modelo de demanda del transporte.	93
III.4	Errores de modelación y predicción.	102
III.5	El modelo del transporte moderno.	104
III.6	Administración de la demanda de viajes en la Zona Metropolitana del Valle de México.	106
IV.	EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN DEL TRANSPORTE.	116
IV.1	Metodología de planeación en los transportes.	117
IV.2	Modelos utilizados en la planeación del transporte.	129
IV.3	Utilización de paquetes de computo en la planificación de los transportes.	130
V.	REDES DE TRANSPORTE.	144
V.1	Características y elementos de una red de transporte.	144
V.2	Análisis de redes de transporte mediante modelos de asignación.	148
V.3	Criterios generales para estructurar una red de plataformas logísticas en México.	155
VI.	PROYECTOS DE TRANSPORTE.	164
VI.1	Fases de un proyecto.	164
VI.2	La evaluación de proyectos de transporte.	166
VI.3	Criterios económicos para evaluar proyectos.	172
VI.4	La evaluación ambiental de los proyectos de transporte.	179
VII.	PRESENTACIÓN AUDIOVISUAL.	189
VIII.	COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES	190
	BIBLIOGRAFÍA.	194

INTRODUCCION

INTRODUCCION.

El transporte constituye uno de los subsectores de mayor importancia en el Sistema Nacional de toda sociedad. Desempeña un papel destacado en la transportación de las personas, así como en todos los aspectos de la producción, distribución y consumo de bienes. Los transportes no son un fin en sí mismos, sino un eslabón en la cadena producción – consumo y un mecanismo de integración social, que está condicionado por otros sectores y por las motivaciones de los seres humanos.

A su vez el conjunto de objetos y actividades que tienen como función mover una mayor cantidad de bienes y personas, de manera más económica, eficiente y cómoda, recibe el nombre de Sistema de Transporte.

El propósito del presente trabajo, es dar una herramienta de apoyo al estudio del transporte, buscando reunir las principales características generales sobre los Sistemas de Transporte. Mi interés por desarrollar éste tema se fundamenta en el hecho de que no existe un material de apoyo único en el cual basarse para el estudio de la asignatura "Sistemas de Transporte", que se imparte en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

En general existe una carencia de literatura sobre el tema del transporte, en particular en idioma español y sobre todo con enfoque hacia nuestro país, en especial de material técnico que presente los conceptos básicos y aplicaciones reales sobre los Sistemas de Transporte.

El estudio de los Sistemas de Transporte involucra un campo muy amplio de análisis, por lo que este trabajo delimita sus alcances a ciertos temas específicos solamente. Los temas que se estudian proporcionan las bases del estudio de los Sistemas de Transporte. Además, al final de algunos capítulos se muestra una aplicación del tema observado, buscando hacer notar la importancia del estudio de los Sistemas de Transporte como un elemento que tiene como objetivo el beneficio y progreso de la sociedad.

La estructura de este trabajo de investigación esta dividida en 8 capítulos. La integración de los capítulos se llevó a cabo buscando que el orden en el que se presentan ayude a un mejor entendimiento de los temas que se tratan. A continuación se describe brevemente el contenido de cada uno de estos capítulos.

El primero de ellos busca definir conceptos básicos en el estudio de los transportes, así como ilustrar la importancia del transporte en la sociedad. Y una vez estudiados los conceptos básicos y la importancia del transporte definir lo que es un Sistema de Transporte.

En el capítulo II se tratan los aspectos más importantes acerca de los conceptos de servicio y capacidad, se exponen los diversos factores que intervienen en la evolución de los transportes así como las diversas características que presentan los problemas de transporte de las zonas urbanas principalmente. Por último se realiza un resumen de las características generales de operación e infraestructura de los modos de transporte más importantes en nuestro país.

El capítulo III expone que la demanda de transporte se debe estudiar a partir de las actividades socioeconómicas que la producen, para ello debemos contar con fuentes de información que nos permitan determinarla. Se presentan algunas técnicas de análisis y diagnóstico de la demanda en Sistemas de Transporte, sobre todo los métodos de generación y distribución de viajes. Al usar estos modelos se puede caer en errores por lo que se hace un estudio de los posibles errores de modelación y predicción en los que se puede caer. Por último se presenta un resumen de la definición de estrategias de la Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad respecto al establecimiento de políticas en la administración de demanda de viajes, en el transporte de carga, público, en la tecnología de vehículos y combustibles.

Por lo que respecta al capítulo IV, se presenta una breve explicación del proceso de planeación del transporte y de sus etapas básicas, las cuales servirán como marco para el desarrollo de los siguientes capítulos. Se exponen tres modelos de planeación del transporte, uno de ellos la planeación estratégica que ha tenido gran aceptación en fechas recientes. Este capítulo se complementa con la utilización de paquetería de cómputo en el proceso de planeación del transporte, estos nuevos paquetes incorporan gráficas en pantalla, edición y administración de bases de datos, tienen aplicaciones o funciones variadas y algo muy importante permiten una simulación en corto tiempo de diversas situaciones que se pudieran presentar en el proyecto.

El capítulo V estudia las redes de transporte, enfocándose en definir las características y elementos que conforman una red de transporte, tales como nodos, arcos, rutas, etc. Para analizar las redes de transporte se exponen los principales modelos de asignación de viajes que representan la última etapa del proceso de modelación clásico. Se presenta al final del capítulo un ejemplo de aplicación del estudio de redes de transporte mediante la implantación de una red de plataformas logísticas en México, con la cual se pretende elevar el nivel de eficiencia de nuestro sistema de transporte de carga.

En el capítulo VI, una vez que se han analizado los componentes, la operación, la demanda y la estructuración del Sistema de Transporte, es necesario evaluar desde diferentes puntos de vista los proyectos o alternativas de solución a los problemas encontrados. Por lo que en este capítulo se estudian las fases de un proyecto, los principales criterios económicos, sociales y ambientales que se observan para evaluar un proyecto. En el caso del análisis económico se presentan algunos ejemplos sencillos pero ilustrativos sobre su aplicación.

El capítulo VII se compone de una presentación elaborada en Microsoft PowerPoint 97 que sintetiza el contenido del presente trabajo. Este material queda contenido en el CD que se anexa.

Finalmente, las conclusiones y recomendaciones derivadas de la realización de esta Tesis Profesional quedan contenidas en el capítulo VIII.

CAPITULO I

GENERALIDADES

I. GENERALIDADES.

Por sus características y sus funciones, en el transporte se concentran la participación, los intereses y las ideologías de múltiples grupos. Usuarios, operadores, concesionarios y gobierno, perciben el transporte e intervienen en él de diferentes maneras, de acuerdo a su muy particular posición e interpretación de la realidad. Al existir múltiples interpretaciones de la realidad, cada una de ellas matizada por un velado juego de intereses, resulta difícil distinguir con certeza los elementos verdaderos de los ficticios y en consecuencia formular hipótesis concretas que sirvan como punto de partida para comprender mejor los Sistemas de Transporte.

I.1 Definiciones elementales y clasificación de los Transportes.

El propósito de este capítulo consiste en sentar las bases del estudio de los sistemas de transporte a través de las definiciones básicas relacionadas como lo son las de transporte, sistema y sistema de transporte, así como buscar la clasificación más adecuada de los transportes.

I.1.1 Definición de Transporte.

El transporte ha desempeñado un papel muy importante en el desarrollo de las civilizaciones antigua y moderna. En la medida que la sociedad se ha venido tomando más compleja, se ha incrementado la necesidad de unir las distintas actividades que se llevan a cabo en lugares distintos —orígenes y destinos— en busca de una utilidad o beneficio, mediante el transporte de personas y mercancías sobre diversos modos. El éxito en satisfacer esta necesidad ha sido y será uno de los principales contribuyentes en la elevación del nivel de vida de las sociedades de todos los países del mundo.

Como abarca un enorme sector de la ingeniería, el transporte es una actividad que ejerce una influencia predominante en las condiciones económicas, sociales, administrativas y políticas, constituyendo uno de los elementos esenciales de la infraestructura de los países. Si bien el concepto de transporte es amplio y abarca una gran cantidad de elementos, el transporte puede adaptarse a diversos conceptos, según el punto de vista desde el que se considere.

- En su concepto *mecánico*, el transporte significa desplazar personas o bienes de un punto a otro en el espacio, siguiendo una trayectoria determinada y bajo la acción de fuerzas exteriores. El transporte de una mercancía se mide por el trabajo que se requiere para mover una unidad de masa a una distancia,
- Para los *economistas*, el transporte está incluido en la infraestructura económica del país, siendo una de las medidas para determinar su desarrollo, pues de él depende el desplazamiento de los bienes y servicios indispensables en las actividades de los distintos sectores económicos.
- Para los *comerciantes*, el transporte representa el medio de obtener mercancías de las fuentes de producción y de distribuirlas a sus clientes

- Para los militares, entre cuyas actividades figura la creación y facilitación de medios de transporte para la seguridad y defensa de la Nación, lo indispensable de los transportes se dramatiza en épocas de guerra, pues los beligerantes dedican sus esfuerzos más enérgicos a destruir los sistemas de transporte del enemigo.
- Para los *ingenieros*, el transporte es el movimiento de personas y mercancías por los medios que se utilizan para ese fin. Los transportes no son un fin en sí mismos, sino una actividad – medio, un eslabón en la cadena producción – consumo y un mecanismo de integración social, que está condicionado por otros sectores y por las motivaciones de los seres humanos.

1.1.2 Definición de Sistema, Ingeniería de Transporte y Sistema de Transporte.

Un sistema se puede definir como un grupo o conjunto de elementos que se utilizan para un propósito común tan interrelacionado que el cambio de una de las componentes causa un efecto o retroalimentación en las otras componentes. Esto es, sistema "es la combinación de los elementos interrelacionados entre sí que integran un todo y funcionan como tal".

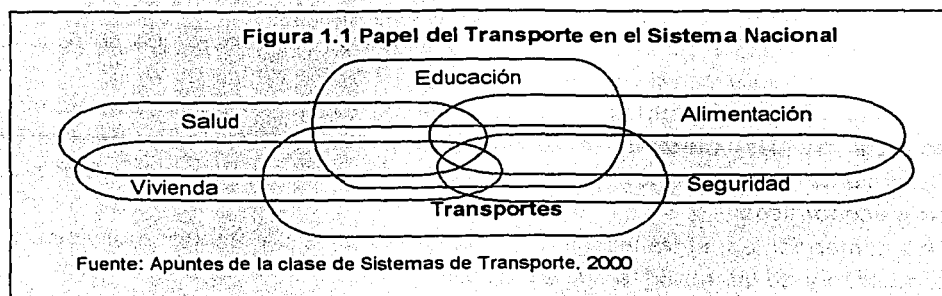
Por otra parte, de acuerdo con el Instituto de Ingenieros de Transporte (ITE), la Ingeniería de transporte puede quedar definida de la siguiente manera:

"Ingeniería de Transporte es la aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional, a la operación y a la administración de las diversas partes de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, confortable, conveniente, económica y compatible con el medio ambiente".

Para M.L. Manheim, el análisis de Sistemas de Transporte debe apoyarse en dos condiciones elementales:

- El sistema global de transporte de una región debe ser visto como un sistema multimodal simple.
- El análisis del Sistema de Transporte no puede separarse del análisis del sistema social, económico y político de la región.

En la figura 1.1 se ilustra la relación existente entre el transporte y las principales actividades socioeconómicas de un país.



Es importante destacar que, en el análisis del sistema global de transporte, se deben considerar:

- Todos los modos de transporte.
- Todos los elementos del Sistema de Transporte: las personas y mercancías a ser transportadas; los vehículos en que son transportados; la red de infraestructura sobre la cual son movilizados los vehículos, incluyendo las terminales y los puntos de transferencia.
- Todos los movimientos a través del sistema, incluyendo los flujos de pasajeros y mercancías desde todos los orígenes hasta todos los destinos.
- El viaje total, para cada flujo específico.

Recapitulando todo, podemos definir al Sistema de Transporte como:

"El conjunto de objetos y actividades cuyo objetivo es el de mover una mayor cantidad de bienes y personas, más económicamente, más eficientemente y de una manera más cómoda y segura".

El Sistema de Transporte de una región está estrechamente relacionado con su sistema socioeconómico. Esto es, el Sistema de Transporte comúnmente afecta la manera como los sistemas socioeconómicos crecen y cambian, y viceversa

En lo que coinciden todos los autores es en que la sociedad utiliza el transporte como un servicio que satisface una necesidad, que se efectúa mediante la interacción de los múltiples lugares donde se llevan a cabo las distintas actividades.

1.1.3 Clasificación de los Transportes.

La clasificación más simple de los transportes sería enfocándolo técnicamente por modalidades, en las que se distinguen las siguientes:

- Por carretera. La característica principal de la tecnología que utilizan los automóviles es la rueda con llanta de hule que gira sobre el pavimento firme y liso. Esta tecnología la comparten los automóviles con los autobuses, camiones y bicicletas.
- Por ferrocarril. Este modo utiliza la tecnología adecuada para las ruedas metálicas sobre rieles. Los rieles pueden ser rígidos o flexibles para el caso de los teleféricos.
- Por agua (marítimos, fluviales y lacustres). Los canales y masas de agua, naturales o artificiales, sirven también de modo de transporte. Los barcos de diversos diseños y para diversos propósitos, así como barcazas, remolques, hidroplanos, submarinos y remolcadores, flotan sobre el agua o viajan debajo de ella.
- Por aire. El uso del espacio aéreo a cierta altura sobre el nivel del suelo es básico para este tipo de tecnología. Los ejemplos comunes son las aeronaves comerciales de propulsión a chorro, los helicópteros y dirigibles.
- Por tuberías (acueductos, oleoductos, gasoductos, etc.). La carga por lo regular se bombea en forma líquida, haciéndose circular a través de largas tuberías que sirven de depósito al mismo tiempo que de conducto.

- Cuasitransporte. (Siendo la transmisión la calificación más apropiada para este tipo de transporte). El ejemplo más clásico son las redes eléctricas que llevan la electricidad desde el punto de generación hasta el centro de consumo. Aunque también utiliza este modo de transporte el teléfono y el telégrafo.
- Transportadores industriales (elevadores, escaleras eléctricas, bandas transportadoras, planos inclinados, tubos neumáticos, etc.). Las bandas transportadoras sobre las cuales se coloca una carga y se transporta impulsada por rodillos constituyen la forma usual que adopta esta tecnología.
- Sistemas multimodales. Estos combinan uno o más modos para prestar un servicio y ser de utilidad. Como ejemplos tenemos los remolques de carretera, así como los diferentes tipos de contenedores.

En relación con el camino que recorren los medios de transporte, se distinguen los tipos de vía:

- Vías terrestres, con desplazamiento sobre la superficie de la tierra.
- Vías acuáticas (marítimas, fluviales y lacustres), con desplazamiento sobre la superficie del agua.
- Vías aéreas, con desplazamientos en la atmósfera.
- Vías subterráneas, con desplazamiento bajo la superficie de la tierra.
- Vías submarinas, con desplazamiento bajo la superficie del agua.
- Vías estratosféricas, con desplazamientos por encima de la atmósfera.

Por las regiones y localidades a que dan servicio, los transportes se clasifican en:

- Transportes urbanos, cuando funcionan dentro de los límites del núcleo urbano.
- Transportes suburbanos, cuando se realizan entre núcleos urbanos y sus zonas adyacentes.
- Transportes rurales, cuando enlazan dos núcleos urbanos y los suburbios con las zonas rurales.
- Transportes regionales o estatales, que enlazan los estados o zonas productivas de un país.
- Transportes municipales, cuando el servicio de transporte se presta sólo dentro de los límites del municipio.
- Transportes internacionales, cuando enlazan áreas o zonas de diferentes países entre sí.

Una clasificación obvia sería por tipo de tránsito, principalmente de carga y de pasajeros. Los sistemas de carga se pueden clasificar atendiendo a las mercancías que manejan o como productores, receptores y transportistas de carga.

Otro argumento posible es el siguiente: Sistemas de Transporte de alquiler o privados.

- El transporte privado, se presta en vehículos operados por el dueño de la unidad, circulando en la vialidad proporcionada, operada y mantenida por el Estado.
- El transporte de alquiler, es el que puede ser utilizado por cualquier persona que pague una tarifa en vehículos proporcionados por un operador, chofer o empleado.

El grupo de alquiler se puede clasificar a su vez en transportadores comunes, por contrato y exentos de reglamentación.

Se puede hacer una clasificación también de acuerdo con el tipo de potencia motriz: motor de combustión interna, de propulsión a chorro, eléctricos, de vapor, etc.

Asimismo, se les puede clasificar en virtud de su potencia motriz y espacio disponible, en unidades múltiples o ensambladas (vehículos ensamblados a trenes o grúas) y sistemas de flujo continuo en los que el camino sirve de depósito de la carga, como ocurre con los conductos o los transportadores.

Nótese que ninguna de estas clasificaciones es absoluta o exclusiva. Los grupos no están perfectamente diferenciados y es difícil hacer una clasificación precisa.

1.2 Función e importancia del Transporte.

El transporte constituye uno de los subsectores más importantes en toda sociedad industrial moderna, y desempeña un destacado papel en todos los aspectos de la producción, la distribución y el consumo de productos.

Los transportes poseen características y atributos que determinan sus funciones e importancia específicos. Una función primordial es la de relacionar los factores de población y uso del suelo. Como factor de integración y coordinación en nuestra sociedad altamente compleja e industrializada, el transporte tiene gran importancia para la distribución de mercancías. Estas carecen de valor a menos que sean útiles; esto es, a menos que puedan satisfacer necesidades. El transporte es útil en dos aspectos: utilidad de lugar y utilidad de tiempo, términos económicos que significan, sencillamente, contar con las mercancías en el lugar y en el momento en que se necesitan. Las funciones, efectos e importancia del transporte son principalmente de carácter económico, político y social.

1.2.1 Función Económica.

La economía se ocupa principalmente de la producción, distribución y consumo de bienes, y como ya se dijo, el transporte desempeña una función importante en el desarrollo de esas actividades. Ello se debe a la desigualdad geográfica en la dotación de los recursos naturales, que obliga a que para satisfacer las necesidades o para producir ciertos bienes, se requiera la movilización de productos (materias primas y/o productos manufacturados) hasta el punto donde habrán de ser utilizados o consumidos.

El transporte apoya el desarrollo de los procesos de producción, distribución y consumo de bienes dándoles utilidad en el tiempo, en el espacio y en calidad a los bienes y a las personas que mueve.

Además, el transporte posibilita la especialización regional de la producción al reducir los costos de transporte y permitir colocar los productos en el mercado a un precio más accesible para los consumidores. Relacionado con este aspecto si el Sistema de Transporte mejora por reparación y mantenimiento su infraestructura, equipos u operación, los costos por transporte se pueden abatir.

En la medida que una sociedad tiene un mayor ingreso per cápita y su producto nacional bruto tiene un crecimiento constante, las grandes obras de ingeniería como los son las carreteras, los aeropuertos y los puentes acompañarán a las comunidades para poder distribuir de mejor manera las materias primas, bienes o personas. Además de contribuir a la formación de ciudades creando nuevos polos de desarrollo.

Para comprender mejor el párrafo anterior se definirán los conceptos elementales de la macroeconomía que son el Producto Nacional Bruto y el Producto Interno Bruto.

El Producto Nacional Bruto (PNB), es el valor de todos los bienes y servicios producidos por nacionales a precios corrientes y vendidos en el mercado durante un intervalo particular de tiempo.

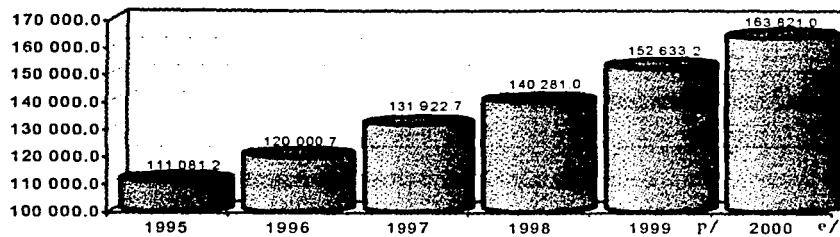
Por otra parte, el Producto Interno Bruto (PIB), es el valor de los bienes y servicios producidos en el interior de un país, en un determinado periodo de tiempo. En este caso, se contabilizan todos los bienes y servicios producidos por los residentes de un país, independientemente de que sean nacionales o extranjeros.

En México a partir de la crisis de 1982 se producen cambios sustanciales en nuestro modelo económico que conducen, entre otras cosas, a una rápida apertura comercial de México hacia el exterior. Los aranceles se reducen notablemente a partir de 1985, cuando el país ingresa al GATT; se liberaliza el flujo de capitales y se estimula el ingreso de la inversión extranjera. Estas medidas se adicionan a la creciente privatización y desregulación de la economía, elemento indispensable para reemplazar el anterior modelo de desarrollo basado en la sustitución de importaciones y la protección del mercado interno.

El transporte como actividad económica, tiene una participación en la formación del PIB, que fue del orden del 2.5% entre 1952 y 1969 y alrededor del 6.0% entre 1970 y 1986. Con esta comparación se puede apreciar mejor el dinamismo que ha tenido el transporte en el PIB. En la figura 1.2 se muestra la evolución del PIB en México en los últimos cinco años. De 1994 a 1999 el Producto Interno Bruto del transporte creció 30.6% en términos reales, lo anterior es resultado del mayor volumen de carga transportada por autotransporte, ferrocarril y vía marítima.

En 1980, las exportaciones de nuestro país hacia los Estados Unidos solo constituían el 65.3% del total, contra el 85.4% que alcanzaron en 1997. Reduciéndose hacia otros destinos como por ejemplo la Unión Europea que en 1980 acaparaban el 16.1% de nuestras exportaciones para pasar en 1997 a sólo 3.6%.

Figura 1.2 Producto interno bruto de transporte, almacenaje y comunicaciones, 1995-2000
(Millones de pesos de 1993)



p/ Cifras preliminares
e/ Cifras estimadas
Fuente: SCT, 2000

Los datos al primer semestre del año 2000 confirman el dinamismo del sector, al presentar una tasa de crecimiento real anual del 11.9%. Todas estas variaciones se pueden observar mejor en la tabla 1.1 que muestra el lugar de México en el ámbito mundial, respecto a sus importaciones y exportaciones. Es importante destacar el ritmo de crecimiento de las exportaciones mexicanas, que en el periodo de 1993 - 1997 fue de 109%, hecho que permitió a México ubicarse en 1997 en el puesto 19º como país exportador. Este crecimiento en las exportaciones mexicanas tuvo como principal destino América del Norte.

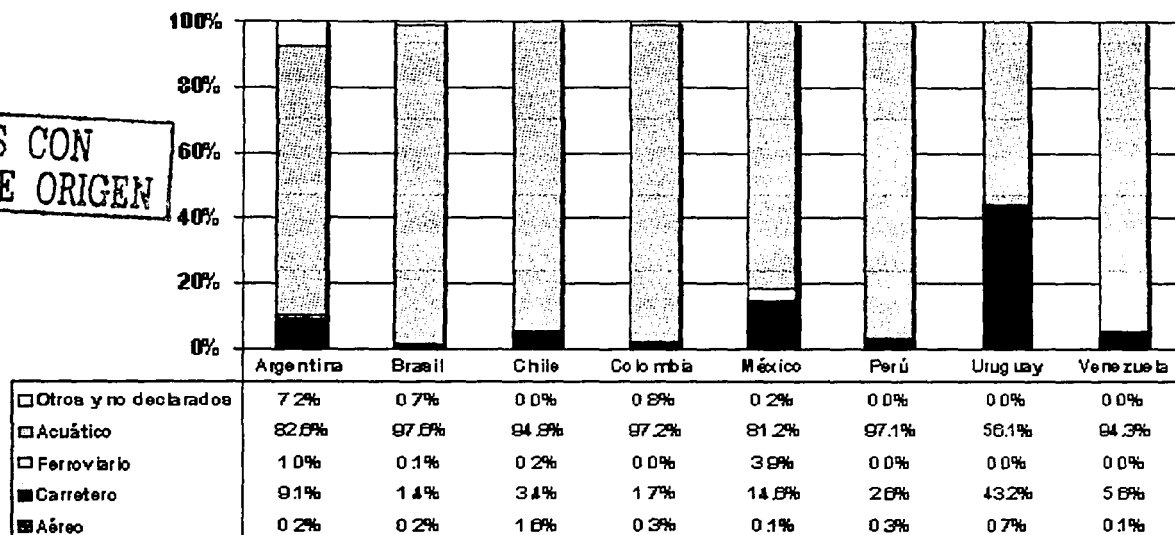
Tabla 1.1 Principales países exportadores (Millones de dólares)

	País	Exportación	Participación %	Importación	Participación %	Total	Participación %
1	E.U.A.	688,697	12.60	899,020	15.93	1,587,717	14.29
2	Alemania	512,427	9.37	445,488	7.89	957,915	8.62
3	Japón	420,957	7.70	338,754	6.00	759,711	6.84
4	Francia	289,842	5.30	269,216	4.77	559,058	5.03
5	Inglaterra	281,513	50.15	312,920	5.54	594,433	5.35
6	Italia	238,240	4.36	208,114	3.69	446,354	4.02
7	Canadá	214,422	3.92	200,929	3.56	415,351	3.74
8	Holanda	194,008	3.55	177,373	3.14	371,381	3.34
9	Hong Kong	188,063	3.44	208,616	3.70	396,679	3.57
10	China	182,877	3.34	142,189	2.52	325,066	2.93
11	Bélgica	170,292	3.11	156,436	2.77	326,728	2.94
12	Corea	136,617	2.50	144,636	2.56	281,253	2.53
13	Singapur	124,986	2.29	132,437	2.35	257,423	2.32
14	Taiwán	121,301	2.22	113,437	2.02	235,231	2.12
15	España	104,363	1.91	122,717	2.17	227,080	2.04
16	Rusia	87,368	1.60	67,619	1.20	154,987	1.39
17	Suecia	82,739	1.51	78,418	1.16	148,222	1.33
18	Malasia	78,327	1.43	73,487	1.39	156,745	1.41
19	México	74,069	1.35	71,086	1.30	147,556	1.33
20	Suiza	72,498	1.33	70,356	1.26	143,562	1.29
	Total Mundial	5,467,500	100.00	5,645,300	100.00	11,112,800	100.00

Fuente: Fondo Monetario Internacional, 1998

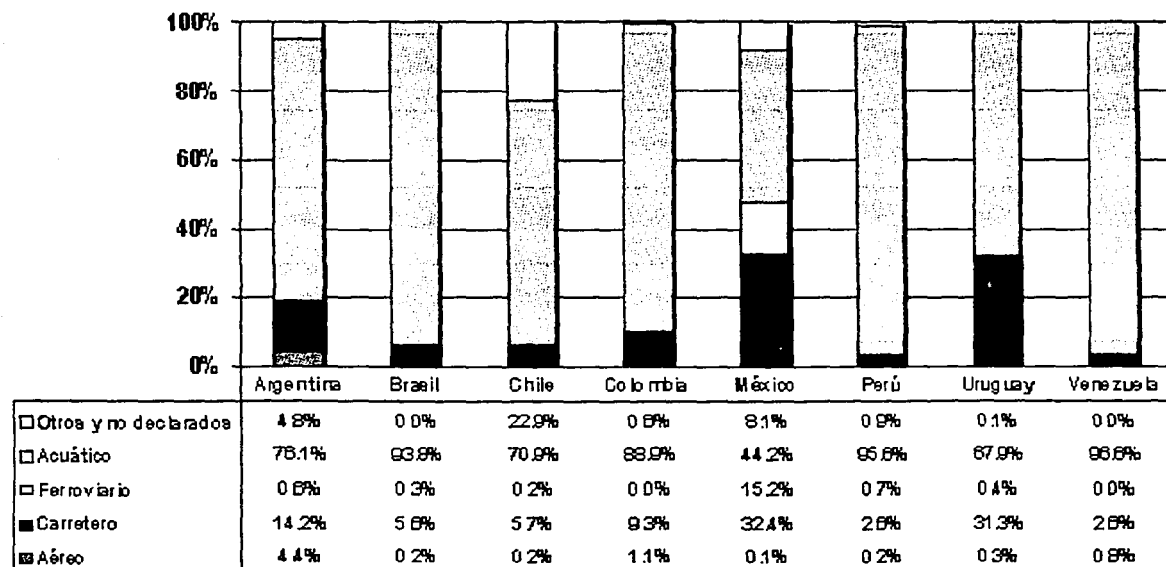
En las figuras 1.3 y 1.4 se detallan los modos de transporte que se utilizan para realizar el comercio internacional en México y su comparación con otros países Latinoamericanos.

Figura 1.3 Exportaciones de México por modo de transporte y su comparación con otros países.



Fuente: CEPAL, 1999

Figura 1.4 Importaciones de México por modo de transporte y su comparación con otros países.



Fuente: CEPAL, 1999

I.2.2 Función Social.

Originalmente el hombre era nómada. No tenía un lugar fijo donde vivir, por lo que se trasladaba de un sitio a otro para poder sostenerse buscando los materiales básicos para vivir. Cuando empezó a dominar la agricultura y la ganadería, y cuando pudo transportar y almacenar los alimentos y combustibles con facilidad se convirtió en sedentario.

Al aumentar la población y mejorar el transporte fue posible abastecer a las comunidades con productos provenientes de sitios más lejanos.

El tamaño de las ciudades no solo depende de sus posibilidades de abastecimiento, sino también del movimiento de personas y bienes dentro de ellas. En este sentido, es claro que la evolución tecnológica del transporte ha tenido un efecto significativo en la configuración y magnitud de las urbes modernas.

La facilidad de movilización dentro de las áreas urbanas ha acarreado diversos efectos sociales adicionales. Entre los positivos destacan la amplitud de las posibilidades de elección del lugar de residencia y el impulso a la descentralización de la vida urbana. Entre los negativos, los más relevantes son el abandono de las zonas centrales de las ciudades y sus consiguientes efectos financieros y la disgregación social provocada por el aislamiento natural del usuario del automóvil.

El transporte interurbano propicia la actividad cultural mediante el intercambio de ideas entre las regiones y fomentando la formación de una identidad nacional, pues gracias al desarrollo tecnológico del transporte, se ha permitido integrar a la vida nacional regiones apartadas o de difícil acceso. Ello se debe en gran parte al desarrollo de la aviación, que ha vuelto posible el transporte rápido de personas a distancias largas. De igual forma el mejoramiento de las comunicaciones por vía terrestre proporciona al usuario la posibilidad de hacer viajes de longitudes y sitios tales que no hubiera sido posible con tal comodidad en décadas pasadas.

En resumen, la evolución tecnológica del transporte, que ha resultado en incrementos de velocidad de traslado, mayor seguridad y comodidad ha abatido los costos y diversificado la distribución espacial de las actividades humanas. La migración de los medios rurales a los urbanos, así como la creciente dispersión de los habitantes de las ciudades, son fenómenos que en parte se deben al transporte.

I.2.3 Función Política.

Dentro de las funciones que desempeña un Sistema de Transporte, la función política dependerá en gran medida de las características de la sociedad a la que sirve. La decisión respecto a la forma que adopta un Sistema de Transporte es política por necesidad, ya que se relaciona en forma estrecha con asuntos económicos y sociales. El Sistema de Transporte de un país en general influye en, y es influido por, el régimen de gobierno existente. Un Sistema de Transporte puede desempeñar funciones de comunicación, militares, para el movimiento de personas o para el traslado de mercancías.

Entre las funciones políticas del transporte se observa que facilita la función de gobierno por parte de una autoridad central y promueve la aplicación uniforme de la ley y la justicia. El transporte apoya el desarrollo de actividades militares, a grado tal que éstas motivan su desarrollo en algunos casos, como el desarrollo del ferrocarril en México durante el Porfiriato y la consecuente pacificación del país. El transporte expresa en el territorio el proyecto político de una nación. En este sentido, una red radial de carreteras o ferrocarriles expresa una tendencia al centralismo.

El financiamiento del transporte también implica juicios políticos. Dados los elevados costos del desarrollo de las instalaciones y tecnologías para el transporte. A pesar de que en el pasado, y en algunos países todavía hoy en día, se han ensayado diversas fórmulas para el financiamiento del transporte, en la actualidad lo común es que ese financiamiento recaiga, al menos en parte, en los usuarios del sistema.

En resumen, el transporte tiene dos funciones políticas fundamentales; la primera, que ejerce junto con las comunicaciones, de facilitar la función de gobierno por parte de una autoridad central, permite el desarrollo de actividades militares y con éstas el control y conservación del poder, además de promover la aplicación uniforme de la ley. Por otro lado, la cantidad de tecnologías de transporte disponibles, aunada a la complejidad de opciones que hace posible, implica decisiones políticas que deben adoptarse en el seno de cada sociedad.

1.3 El Sistema de Transporte.

Recordando la definición de Sistema de Transporte vista anteriormente, podemos definir al Sistema de Transporte como "el conjunto de objetos y actividades cuyo objetivo es el de mover una mayor cantidad de bienes y personas, más económicamente, más eficientemente y de una manera más cómoda y segura".

El Sistema de Transporte esta formado por diversos subsistemas, también llamados subsectores, que comprenden el transporte marítimo, el transporte aéreo, el transporte ferroviario, el transporte carretero y el transporte por ductos. En todos los casos los subsistemas enumerados pueden idealizarse tanto para el transporte de carga como el de pasajeros. Todos ellos se analizarán más adelante.

Un Sistema de Transporte esta formado por cinco componentes principales: vehículos, fuerza motriz, ruta, terminales y sistemas de control. La capacidad de un vehículo de transporte depende, del tamaño y la velocidad que pueda desarrollar dicho vehículo. El tamaño y la capacidad del vehículo determinan, a su vez, la fuerza motriz que se requiere (y viceversa). También el tamaño del vehículo y su carga se relacionan con la capacidad de carga y estabilidad de la carretera, así como el número de vehículos por hora (capacidad de ruta) es una función del número de vías (carriles, senderos o canales) de la carretera, lo mismo que el sistema de control de operaciones (reglamentos, señales). En la tabla 1.2 se pueden apreciar mejor los componentes que forman un Sistema de Transporte.

Tabla 1.2 Componentes de un Sistema de Transporte

Componentes	MODOS				
	Carretero	Ferroviario	Urbano	Fluvio Marítimo	Aéreo
Vehículo	Automóvil Autobús Tractocamiones Camiones	Ferrocarril	Automóvil Autobús Metro Trolebús Tren Ligero Motocicletas	Embarcaciones	Aeronaves Helicópteros
Fuerza Motriz	Motores de gasolina, diesel, gas y eléctricos	Locomotoras de vapor, diesel y eléctricas.	Motores de gasolina, diesel, gas y eléctricos	Motores de diesel, combustóleo y nucleares	Turbinas Turbo – Hélice Motor – Hélice
Camino o Vía	Carreteras Autopistas Brechas	Vía férrea	Calles Avenidas Calzadas	Vía Marítima Ruta de navegación	Espacio aéreo Ruta aérea
Terminal	Central de autobuses Central de carga	Estación terminal ferroviaria	Paraderos Bases Sitios Estacionamientos	Puerto	Aeropuerto Helipuerto
Sistema de Control	Señalización Casetas Normatividad	Normatividad Señalamiento	Semáforos Señalización Normatividad	Radars Normatividad	Torre de control Señalamientos Normatividad

Fuente: Apuntes de la clase de Sistemas de Transporte. 2000

1.3.1 Sistemas y Modos de Transporte.

Ya se señaló que un Sistema de Transporte esta formado por diversos subsistemas, también llamados subsectores, que comprenden el transporte marítimo, el transporte aéreo, el transporte ferroviario, el transporte carretero y el transporte por ductos. Estos subsectores o subsistemas también reciben el nombre de modos de transporte.

Se conciben tres características que permiten distinguir y comparar diferentes subsistemas o modos de transporte entre sí.

1. Ubicación.

Es el grado de accesibilidad al sistema, facilidad de rutas directas entre dos puntos extremos y facilidad para acomodar un tránsito variado.

2. Movilidad.

Cantidad de tránsito que puede atender el sistema (capacidad) y la rapidez con la que éste puede transportar.

3. Eficiencia.

Es la relación entre los costos totales (directos más indirectos) del transporte y su productividad. En general, se dice que todo sistema posee las siguientes propiedades características: estabilidad, adaptabilidad, eficiencia y sinergia. En estas propiedades se fundamentan los principios básicos de todo sistema, que son: subsidiariedad, interacción, determinismo y equifinalidad.

- Por estabilidad, se entiende que es la cualidad por la cual el sistema permanece en funcionamiento eficaz frente a las acciones de los factores externos al mismo.
- La adaptabilidad es la propiedad por la cual el sistema es capaz de evolucionar dinámicamente con arreglo en su entorno.
- La cualidad por la cual el sistema atiende a su objetivo con economía de medios se denomina eficiencia.
- La sinergia es la característica por la cual la capacidad de actuación del sistema es superior a la de sus componentes sumados individualmente.
- En cuanto a los principios, se define a la subsidiariedad como el hecho de que ningún sistema es completo en sí mismo; ya que todo sistema es subsidiario, en su delimitación y en sus aportes, de otros sistemas en virtud de los cuales actúa y que forman su entorno.
- La interacción se refiere a que todos los sistemas están mutuamente relacionados, trascendiendo los efectos a lo largo de todo el sistema total.
- El determinismo implica que todo fenómeno de conjunto que actúe en o a través de los sistemas, es resultado de causas definidas y constatables.
- El que todo sistema esta diseñado de tal manera que pueda alcanzar un objetivo a través de medios y acciones diferentes entre sí se denomina equifinalidad.

En la tabla 1.3 se presenta una visión global del Sistema de Transporte mostrando sus medios, atributos, modos y los tipos de servicio que prestan.

Sistema	Medio	Ubicación	Movilidad	Eficiencia	Modo	Servicio de pasajeros	Servicio de carga
Carretero.	Carreteras y calles.	Muy alta. Acceso directo a la propiedad. Rutas directas limitadas por la topografía y el uso del suelo.	Velocidades limitadas por factores humanos. Baja capacidad vehicular, pero alta disponibilidad de vehículos.	No tan alta en terminos de seguridad, energia y otros costos.	Camión.		Interurbano a centros de procesamiento y mercados. Cargas pequeñas y contenedores.
					Autobús.	Interurbano y local.	Paquetes.
					Automóvil.	Interurbano y local.	Objetos personales.
					Bicicleta.	Local.	Insignificante.
Ferroviario.	Rieles.	Limitada por la alta inversión en la estructura de rutas y por la topografía.	Mayor velocidad y capacidad que los modos carreteros.	Generalmente alta, pero los costos laborales pueden bajar la eficiencia.	Ferrocarril.	Interurbano.	Interurbano. En volumen. Contenedores.
					Metro.	Regional y urbano.	Ninguno.
Aéreo.	Aire.	Los costos de operación de los aeropuertos reducen la accesibilidad. Rutas directas.	Las velocidades son las más altas, con capacidad vehicular limitada.	Moderadamente baja en términos de seguridad y costos de operación.	Aviación Comercial.	Interurbano a grandes distancias. Transoceánico.	Mercancías de alto valor.
					Aviación General.	Interurbano, recreacional y de negocios.	Poco.
Acuático.	Mares, rios y lagunas.	Rutas directas. Accesibilidad limitada por la disponibilidad de mares y rios navegables y puertos.	Baja velocidad. Capacidad muy alta por vehículo.	Muy alta por los bajos costos y poco consumo de energía. La seguridad es variable.	Embarcaciones.	Tránsito de crucero.	En volumen. Contenedores.
					Cabotaje y fluvial.	Transbordo en lanchas y barcazas.	Volúmenes medianos de carga.
Flujos continuos.	Ductos. Rodillos. Cables.	Limitadas a pocas rutas y puntos de acceso.	Bajas velocidades. Alta capacidad.	Generalmente alta. Bajos costos por consumo de energía.	Ductos.	Ninguno.	Líquidos y gases.
					Bandas.	Escaleras y bandas a nivel.	Manejo de materiales.
					Cables.	Cabinas.	Manejo de materiales.

Fuente: Ingeniería de Tránsito, Cal y Mayor. 1994

CAPITULO II

INGENIERIA DE TRANSPORTE

II. INGENIERÍA DE TRANSPORTE.

Una vez definido el concepto de Ingeniería de Transporte como: "La aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional, a la operación y a la administración de las diversas partes de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, confortable, conveniente, económica y compatible con el medio ambiente", también se debe distinguir lo que es la operación del transporte y el servicio de transporte. En el primer caso, se entiende por operación del transporte el punto de vista del prestatario o regulador de transporte en el que se incluye el establecimiento de horarios, la asignación de jornadas de trabajo o roles, la supervisión y operación diaria de las unidades de transporte, la recolección de las tarifas y el mantenimiento del mismo sistema. Por otra parte, se entiende por servicio de transporte la forma en que el usuario cautivo, eventual y potencial ve al transporte e integra conceptos como la calidad de servicio, la capacidad, la información que se le proporciona, entre otros aspectos.

Para ello estudiaremos a continuación el concepto de servicio y capacidad en los Sistemas de Transporte.

II.1 El concepto de servicio y capacidad en los Sistemas de Transporte.

Cuando un Sistema de Transporte tiene la suficiente capacidad (oferta) para alojar el flujo vehicular presente (demanda), y no se tienen demoras excesivas para los usuarios y se tiene una velocidad constante, se dice que el sistema trabaja adecuadamente. Cuando los valores de los flujos vehiculares están muy próximos a los de la capacidad, el tránsito se torna inestable y la congestión se hace presente. Más aún, los flujos vehiculares inferiores a la capacidad, que circulan a velocidades bajas y densidades altas, representan condiciones de operación forzada, produciendo bajos niveles de operación. Por otro lado, las mejores condiciones de operación se logran con la presencia de algunos vehículos circulando en el sistema vial a velocidades de flujo libre.

Para determinar la capacidad de un sistema, no sólo es necesario conocer sus características físicas o geométricas, sino también las características de los flujos vehiculares, bajo una variedad de condiciones físicas y de operación.

Así mismo, no puede tratarse la capacidad de un sistema vial sin hacer referencia a otras consideraciones importantes que tienen que ver con la calidad del servicio proporcionado.

Por lo tanto, un estudio de capacidad de un sistema es al mismo tiempo un estudio cuantitativo y cualitativo, el cual permite evaluar la suficiencia (cuantitativo) y la calidad (cualitativo) del servicio ofrecido por el sistema (oferta) a los usuarios (demanda).

II.1.1 El concepto de Capacidad.

Un requisito fundamental de cualquier Sistema de Transporte es que sea capaz de satisfacer el volumen de la demanda. La capacidad de tránsito de un sistema se mide por la cantidad de carga o el número de pasajeros que puede transportar por hora o por día entre dos puntos, mediante cierta combinación de planta y equipo en cantidades fijas. La capacidad de tránsito es una función de la capacidad del vehículo, de la velocidad y del número de vehículos, trenes o naves que se puedan encontrar en una vía en un momento determinado. A continuación se examinan los efectos combinados de la velocidad y la capacidad del vehículo.

La capacidad de una nave o vehículo determinado es en buena medida un problema de carga de ruedas, empuje o flotabilidad, potencia y utilización del espacio. Se busca la relación más alta posible entre carga útil y carga muerta; pero cuando se transportan personas los factores de comodidad pueden limitar la capacidad diseñada. La anchura, longitud y carga de los vehículos y naves están restringidos por la ley, normas, reglamentos, resistencia de la vía y la economía de la operación.

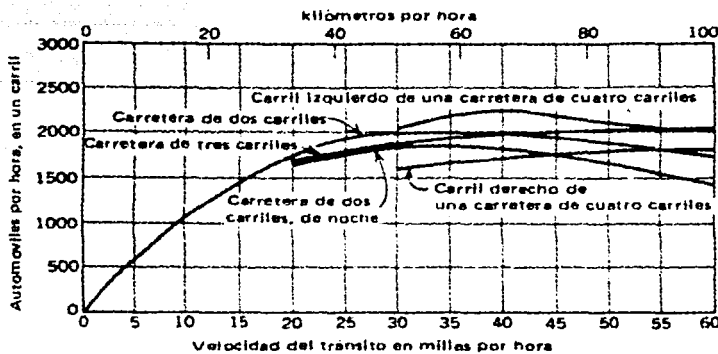
La capacidad de un vehículo se puede medir por su eficiencia para transportar carga a una velocidad determinada, es decir, *toneladas netas por vehículo x la velocidad*. Esta medida de productividad se puede maximizar de varias maneras:

- Colocando el mayor tonelaje posible en una unidad transportadora. Intervienen en ello la habilidad para acomodar la carga y el pleno aprovechamiento de la fuerza de propulsión y potencia del vehículo. Las tuberías y bandas transportadoras mueven grandes cantidades en un día debido a la utilización plena y continua de la fuerza propulsora y la potencia.
- Construyendo el vehículo lo suficientemente grande para que tenga una gran capacidad de carga. En el caso de los aviones y barcos se ha dado este fenómeno, más no así para trenes y automóviles. El aumento en la capacidad de carga implicaría un daño a la infraestructura de vía de ambos modos de transporte.
- Aumentando la velocidad del vehículo. Esto exige cargas ligeras combinadas con alta velocidad.

Capacidad de las carreteras.

La capacidad de las carreteras, expresada por el número de vehículos que pasan en una hora por un punto dado, varía con la velocidad y la separación. El conductor de un automóvil tiende a aumentar la separación cuando la velocidad aumenta. Debe haber por lo tanto una velocidad óptima que permita que un número máximo de vehículos pase por un punto en una hora. Diversos estudios han demostrado que la capacidad teórica máxima de un solo carril es de unos 2000 vehículos a 50 kilómetros por hora en condiciones ideales. Hay que hacer notar que capacidad máxima no es sinónima de densidad máxima, y que esta última generalmente da lugar a una menor capacidad. En la figura 2.1 se muestra la capacidad de diferentes tipos de carreteras y carriles, con vehículos circulando a velocidades diversas (condiciones ideales).

Figura 2.1 Capacidad de las carreteras.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Fuente: Vías de Comunicación, Crespo. 1996.

Capacidad en las vías acuáticas.

En las vías acuáticas abiertas, el tránsito rara vez es lo suficientemente intenso como para que haya necesidad de imponer serias restricciones a la capacidad. No obstante, los canales angostos, las esclusas y las entradas a los puertos pueden imponer limitaciones bastantes serias. El tránsito se limitará entonces al que se pueda mover a través de la sección crítica en un tiempo dado. En los canales abiertos se tiene que observar una separación dictada por la distancia necesaria para hacer alto. Al pasar las esclusas se impone automáticamente una separación igual al tiempo necesario para pasar un navío o convoy.

Capacidad de las aerovías.

Las vías aéreas obtienen capacidad máxima, y a la vez seguridad, dividiendo el espacio aéreo en niveles de 1000 y 500 pies (305 y 152 metros) y asignando a cada aeronave a su nivel apropiado de acuerdo con su dirección y clase. Las posibilidades que tiene un campo de aterrizaje de recibir y despachar aviones por costumbre han impuesto limitaciones a la capacidad restringida cuando el clima desfavorable obliga al aterrizaje por instrumentos, que exige más tiempo que el aterrizaje por contacto en determinadas situaciones; aparte que los aviones que llegan deben de apilarse sobre el campo. Pero el mayor número de aviones que surcan el aire, así como las velocidades de vuelo cada vez mayores, junto con el incremento del espacio necesario para volar y maniobrar con seguridad, está imponiendo ya limitaciones a la capacidad aérea de las rutas.

Las pistas de aterrizaje pueden manejar cargas máximas de 40 a 60 aterrizajes por hora en condiciones de visibilidad, y de 25 a 35 cuando es necesario recurrir a los instrumentos. Por lo tanto la capacidad del aeropuerto y en forma indirecta de la ruta es función del número de pistas y de la capacidad del aeropuerto.

Otras modalidades.

Las capacidades de las tuberías que componen una ruta constituyen una función de la capacidad de una línea que depende de la presión de bombeo, de la resistencia al flujo, etc., y los números de líneas. Muchos sistemas se componen de dos, tres y hasta cuatro o más líneas de tubo. Por lo tanto la capacidad es un múltiplo de la que ofrece una línea.

Las capacidades de líneas transportadoras se basan en la carga por metro de banda (que es función, a su vez, de la anchura y resistencia de la misma) y en su velocidad.

Los transportadores por cable tienen una capacidad relativamente fija, ya que en determinada instalación hay poca variación de velocidad. La capacidad depende de la carga por vagón, del número de vagones y de la velocidad del cable.

Es necesario tener en cuenta el carácter probabilístico de la capacidad, por lo que puede ser mayor o menor en un instante dado. La capacidad se define para condiciones prevalecientes, que son factores que al variar la modifican; éstos se agrupan en tres tipos generales.

1. Condiciones de la infraestructura vial.

Son las características físicas de la carretera, calle o vía (de tránsito continuo o discontinuo, con o sin control de accesos), el desarrollo de su entorno, las características geométricas (ancho de carriles y acotamientos, obstrucciones laterales, profundidad, altitud, materiales, etc.), y el tipo de terreno donde se aloja la obra.

2. Condiciones del tránsito.

Se refiere a la distribución del tránsito en el tiempo y en el espacio, y a su composición en tipos de vehículos como livianos, camiones, etc.

3. Condiciones de control.

Hace referencia a los dispositivos de control del tránsito, tales como semáforos, señales restrictivas, banderas, boyas, etc.

II.1.2 El concepto de Servicio en los Sistemas de Transporte.

Esta categoría es una medida general que integra a todas las características del servicio de transporte que afectan al usuario. Se distinguen dos ramas que son el nivel de servicio que se requiere para satisfacer el volumen de la demanda: capacidad, rapidez, accesibilidad, flexibilidad y frecuencia; y la otra la calidad del servicio que involucra: seguridad, confiabilidad, velocidad, aceleración, tiempo de viaje, comodidad, uso de energía, uso del terreno y efectos a la comunidad.

Desde un punto de vista de la capacidad existen dos aspectos relativos al nivel de servicio que deben considerarse: uno es el número de pasajeros por unidad de transporte y otro es el número de vehículos por hora, los cuales deben ser reflejados por los criterios relacionados de la capacidad con los niveles de servicio.

Desde el enfoque de capacidad vial, el número de vehículos puede estar cercano a la capacidad de vía, aún cuando operan casi vacíos. Por otra parte, unas cuantas unidades pueden ir saturadas, lo que representa un nivel de servicio bajo desde el punto de vista de la comodidad del usuario. A su vez, los tiempos de espera demasiado largos pueden afectar el nivel de servicio esperado. Lo anterior se puede observar mejor en la figura 2.2.

Figura 2.2 Relación entre el nivel de servicio y capacidad.

		Unidades saturadas						
		Sobrecarga	pocas unidades					Cantidad máxima de usuarios x unidad
Capacidad vehicular (nivel de servicio)	F							Influencia de la operación en las horas de máxima demanda
	E	Carga máxima						
	D							
	C							Muchas unidades pocos usuarios
	B							
	A							
		A	B	C	D	E	F	
		Frecuencia (nivel de servicio)						

Fuente: Transporte Público, Molinero – Sánchez. 1998.

Accesibilidad, flexibilidad y frecuencia.

Para que un Sistema de Transporte tenga un nivel de servicio adecuado no sólo debe tener la capacidad (ya definida anteriormente) adecuada sino que esa capacidad se debe encontrar a una distancia razonable del presunto usuario. De otro modo, es como si el servicio no existiera. Así pues, la accesibilidad es una función de la ubicación de ruta y el diseño de la red de transporte. La disponibilidad y flexibilidad de ruta que posee un automóvil explican en gran parte su popularidad.

En la actualidad las comunidades procuran estar al lado o cerca de una carretera, igual que las antiguas comunidades procuraban estar próximas a un ferrocarril. No sólo la proximidad de ruta es importante, sino que lo son también los medios de acceso a la misma, el número de estaciones y paradas en una línea de ferrocarril o de autobuses y la frecuencia y el espaciamiento de las rampas de entrada o salida de una autopista.

La ubicación de los aeropuertos puede apoyar o anular la ventaja que ofrece la rapidez del viaje por aire. Pero desafortunadamente a menudo resulta cierto, que el tiempo que se invierte en ir o venir del aeropuerto es igual o mayor que el que requiere el viaje a bordo de la aeronave.

La falta de accesibilidad se puede contrarrestar en parte mediante sistemas alimentadores, colectores y distribuidores.

Dentro de la ciudad, donde se depende de la marcha a pie hasta la línea de servicio público, las líneas de autobuses y otras como para que el tiempo de marcha no exceda de cinco a diez minutos. Esto exige separaciones de 400 a 800 metros. Estos espaciamientos se ajustan de acuerdo con los estudios origen – destino y de asignación de tránsito.

En ciertos casos toda la capacidad de transporte que se requiere en un día se podría combinar en un solo navío, tren o avión de grandes dimensiones, o en una serie de ellos moviéndose en rápida sucesión. Sin embargo, no se habrían satisfecho las necesidades de la demanda. La capacidad debe estar disponible cuando se necesita. Esto sólo es posible cuando existe una frecuencia de movimiento adecuada. La frecuencia adecuada plantea problemas de programación y disponibilidad de vehículos.

Para el propietario (operador de un automóvil o camión), la frecuencia no constituye un problema. El vehículo está ahí, listo cuando se le necesite. Pero la frecuencia es un problema para los sistemas de servicio público o de renta. Para la operación programada se presenta el problema de con qué frecuencia deberán operar los autobuses, trenes, aviones, y a qué horas.

Aquí surge el problema de adaptar la frecuencia a la demanda. Habrá desperdicio si se proporcionan más servicios de los que se necesitan, y un servicio insuficiente representa un nivel inadecuado. Luego, la rapidez se convierte en un factor. No sólo se trata de la velocidad de recorrido, sino de la rapidez en manejar un avión, automóvil, camión en medio del proceso de cargarlo, descargarlo y darle servicio, es decir, la velocidad de rotación.

Como ciertas clases de equipo implican grandes inversiones de capital y altos costos de operación, hay tendencia a reducir la frecuencia del servicio con el fin de lograr la utilización intensiva del equipo de gran capacidad. Un avión de 400 pasajeros puede ser una buena inversión cuando hay demanda suficiente para llenarlo con frecuencia razonable. Sin embargo, cuando es necesario disminuir el número de vuelos con el fin de acumular pasajeros suficientes para ocupar todos los asientos el nivel de servicio ha sufrido deterioro. Resultarían más convenientes aviones más pequeños volando con más frecuencia. El problema radica en afrontar el factor de carga económica que se requiere para una operación rentable con el nivel de servicio. La frecuencia de servicio necesaria se debe determinar durante el análisis de los datos que se obtengan del estudio de la demanda.

Finalmente otro aspecto que afecta el nivel de servicio y que está relacionado con los anteriores es la asequibilidad del transporte, es decir, el monto de las tarifas, cuotas y gastos de transportación.

El nivel de servicio es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los conductores y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en factores tales como la velocidad, accesibilidad y frecuencia, vistas anteriormente.

Para el caso de carreteras y caminos el Manual de Capacidad de Carreteras de 1985, Reporte Especial 209, del TRB ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor.

1. Nivel de servicio A.

Representa una circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El nivel general de comodidad y conveniencia es excelente.

2. Nivel de servicio B.

Esta dentro del rango de flujo estable, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra en relación con la del nivel de servicio A. El nivel de comodidad y conveniencia es un poco menor al del nivel A.

3. Nivel de servicio C.

Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.

4. Nivel de servicio D.

Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos del flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento.

5. Nivel de servicio E.

El funcionamiento está en ó cerca del límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a un vehículo o peatón a "ceder el paso". Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores o peatones. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños incrementos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

6. Nivel de servicio F.

Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él.

En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables.

El nivel de servicio indica la cantidad de transportación para satisfacer cierta demanda. La calidad del servicio refleja la manera en que esa cantidad se encuentra disponible, incluyendo aspectos tales como seguridad y confiabilidad, flexibilidad, etc.

Confiabilidad. La confiabilidad se refiere a la transportación y entrega, con seguridad y a tiempo, de la mercancía y pasajeros, sin retrasos y libres de daños causados en el camino. Es una de las características más importantes que puede ofrecer un transportador. Las demoras en el transporte son costosas, tanto para el usuario como para el transportista.

II.2 Factores que intervienen en la evolución de los Transportes.

Los transportes evolucionan debido a diversos factores que con frecuencia se superponen. A continuación se examinarán los factores según los aspectos económico, geográfico, político, militar, tecnológico, competitivo y urbano, siendo todos importantes en el desarrollo de los transportes.

II.2.1 Factores económicos.

Casi toda la evolución de los transportes es de origen económico. La principal preocupación de los primeros seres humanos fue la obtención de alimentos, habitación y vestido. Al evolucionar más la civilización, sus demandas aumentaron, a menudo más de lo que su economía podía permitirles. Se tuvieron que idear medios para transportar mercancías desde lugares lejanos, provocándose así el alza de los costos de dichas mercancías. También surgió la necesidad de transportar individuos a lugares más distantes.

Hoy en día, el 10 ó 15% del precio de cualquier producto se debe a los costos de transporte y distribución. Los costos de transporte en función del número de vehículos y de los viajes diarios entre ciudades pueden representar entre el 10 y 20% del presupuesto de un hogar moderno.

El aumento de la productividad de los transportes y la disminución de precios unitarios se han logrado a lo largo de los años al transformarse y hacerse más complejos los sistemas de transporte.

Un ejemplo de los efectos del transporte en la especialización regional y en la localización de las actividades productivas que se observa en el desarrollo de las industrias de maquila y en la globalización de la producción.

II.2.2 Factores geográficos.

La geografía esta ligada a la economía. La ubicación geográfica de los recursos naturales determina las rutas de transporte que dan acceso a esos recursos y crean una utilidad económica, esto es, utilidad de tiempo y lugar, tomándolos de una ubicación en la que su valor es pequeño y transportándolos a otras áreas para su procesamiento y consumo, en las que su valor aumenta considerablemente.

Un ejemplo son la Gran Bretaña y Japón los cuales al estar rodeados por agua obligó a sus habitantes a buscar en otras tierras alimentos y materias primas, así como mercados para su producción industrial. Esto convirtió a los habitantes de ambos países en hábiles navegantes y constructores de barcos. Ambos países establecieron rutas marítimas para llegar a sus posesiones coloniales, construyeron puertos y estaciones para abastecerse de combustible.

II.2.3 Factores políticos.

Las políticas gubernamentales a menudo tienen una importancia decisiva en el desarrollo del transporte. Para esto es claro el caso de nuestro país donde a partir de la apertura comercial con los Estados Unidos y Canadá, así como otros acuerdos comerciales con Europa, Asia y países latinoamericanos han dado un impulso al desarrollo portuario nacional, el cual estaba en el olvido, lleno de burocracia y corrupción. Los ferrocarriles también estaban en el olvido cargando con un nomina enorme y siendo poco eficientes. Y así con la mayoría de los sistemas de transporte nacionales.

En general las últimas administraciones han acertado en el proceso de toma de decisiones, y han logrado con ello reducir el rezago enorme que tenía nuestro país. Esto queda de manifiesto en las estadísticas, donde es posible apreciar que los volúmenes de carga que actualmente circulan por nuestro país son cada vez mayores.

II.2.4 Factores militares.

El poder militar de una nación sirve, principalmente, para apoyar las políticas gubernamentales y defender el país. Por esto la estrategia y las tácticas militares a menudo tienen una influencia directa en la evolución de los transportes. La cobertura del transporte es fundamental para preservar la integridad territorial de un país. No es casual que las instalaciones del sistema de transporte sean estratégicas, tanto por su relevancia para la comunicación y el acceso a las regiones del territorio, como para permitir la movilización de elementos de control, vigilancia y auxilio.

No es raro pues que en las guerras sea táctica destruir los caminos, puentes y medios de transporte en retirada o para romper el abastecimiento de materiales del enemigo. Además que los países desarrollen infraestructura de transporte a lo largo de sus fronteras y costas para proteger a sus naciones.

Las guerras también han significado el principal motivo de desarrollo tecnológico y funcional de los transportes (cohetes, radares, aviones, transportes anfibios, etc.) en especial en las últimas dos grandes guerras mundiales.

Que otro ejemplo más ilustrativo de la importancia de contar con una infraestructura de transporte para defender un país, es el caso de la guerra entre México y Estados Unidos en 1847 donde se perdió más de la mitad del territorio (Arizona, Nuevo México, California, Texas, Colorado y Nevada) ya que México no contaba ni siquiera con una red de caminos que comunicaran el centro con estas provincias aisladas, haciendo muy difícil su defensa. Haciendo notar que después de una década de perdidos estos territorios los Estados Unidos comunicaron con ferrocarril los dos grandes océanos, mientras que en México el primer tramo de ferrocarril se tuvo a principios del siglo pasado en la época del Porfiriato.

II.2.5 Factores tecnológicos.

El progreso de las tecnologías directas o de apoyo ha tenido, obviamente, un papel importante en el desarrollo de los transportes. Los primeros marineros debían navegar bordeando, para guiarse con el contorno de los continentes. La invención del astrolabio permitió mantener el rumbo aunque no tuvieran tierra firme a la vista.

El moderno sistema de carreteras existe debido a la invención de motores de gasolina potentes, confiables y ligeros, debido a los neumáticos y al uso de materiales bituminosos y concreto que se emplean en las superficies de las carreteras. El futuro del automóvil depende, en parte, de la capacidad que se demuestre en el diseño de vehículos seguros y aceptables desde el punto de vista ecológico.

El descubrimiento del petróleo creó la necesidad tecnológica de los oleoductos. La fabricación de tubería de acero sin uniones. Así como de la soldadura eléctrica de uniones, hizo posible la fabricación de las modernas tuberías, capaces de soportar altas presiones de bombeo y suficientemente fuertes para transportar productos refinados con un alto grado de viscosidad. El adelanto que se obtuvo en la aviación se ha debido en su mayor parte a la fabricación de motores potentes ligeros y confiables.

El transporte aéreo está en deuda, además con los metales ligeros, los motores de propulsión a chorro y los diversos auxiliares electrónicos de comunicación y navegación, además del conocimiento de la ingeniería de suelos y el diseño de pavimentos. Estos últimos han permitido la construcción de pistas de aterrizaje capaces de soportar grandes cargas a través de las ruedas, la vibración y el impacto de las grandes aeronaves.

La tecnología ha permitido a través del desarrollo de nuevos aportes a los Sistemas de Información, la posibilidad de ampliar la capacidad del ser humano de interrelacionar piezas de información generando relaciones o cruces entre datos numéricos, alfabéticos, geográficos, etc., gracias a las computadoras, los programas bajo ambiente gráfico, y las comunicaciones electrónicas.

La incorporación en años recientes de las telecomunicaciones e informática en sistemas de transporte ha dado lugar a un nuevo concepto: los llamados Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se espera que por medio de la aplicación de tecnologías de proceso de información, comunicaciones, control y electrónica, los SIG creen caminos, vehículos y usuarios "más inteligentes". Se espera también que la aplicación de estas tecnologías mejore la operación y seguridad de los Sistemas de Transporte al proveer rutas más eficientes y mecanismos de advertencia de colisiones.

Se tienen avances en la identificación de tecnologías que pudiesen mejorar la seguridad en carreteras. Como localización de vehículos por medio de mapa digitalizado para dar servicio de emergencia. Se está trabajando en el diseño de un sistema estadístico para manejar la información de accidentes viales de carreteras. Actualmente solo se cuenta con una base de datos de accidentes manejada por la Policía Federal de Caminos. Se cuenta con una base de datos que contiene peso, dimensiones, tipo de carga, origen y destino de más de un millón de vehículos de carga en carreteras.

Existen bases de datos sobre el estado físico actual de la Red de Carreteras, datos de aforos, origen y destino de viajes de carga, además de difundir los sistemas como SIPUMEX, SISTER y SIMAP.

Esta en proceso de desarrollo un Sistema de Información Geoestadística para el Transporte, el cual consta de un inventario de la infraestructura levantado con GPS principalmente en carreteras, manejado a través de SIG. Esta en proceso de desarrollo el Sistema de Control de Peso y Dimensionamiento para todo el país, lo cual permitirá controlar los vehículos sobrecargados que circulen por las carreteras.

Algunos aparatos y equipos que integran los Sistemas Avanzados de Manejo de Tráfico son: sensores de bobina de inductancia, sistemas de detección de hielo, equipo electrónico para el cobro de cuotas, pesaje en movimiento, tableros con mensajes variables. Existen equipos instalados al lado de la carretera, conectados a un centro de operación de tráfico. Estos centros, mediante los Sistemas Avanzados de Manejo de Tráfico reúnen información de los servicios de emergencia, sistemas de semáforos, sitios en construcción y otras fuentes y pueden proporcionar información a los servicios de emergencia. Pueden también monitorear las carreteras por medio de cámaras de televisión de circuito cerrado o con ayuda de sensores electrónicos, para de esta forma ajustar la operación de accesos.

Sistemas de mapas en pantalla. Estos sistemas muestran un mapa de calles en una pantalla dentro del vehículo, que destaca la ubicación del auto y da información de los alrededores. Algunos sistemas están conectados a un centro de información que proporciona al conductor información sobre accidentes y retrasos. Esto permite cambiar de ruta en caso necesario. Además, estos sistemas incluirán todos los tipos de líneas férreas, transbordadores y rutas de autobuses.

Sistemas de guía en ruta. Una vez que se escoge la ruta, el sistema describe al viajero cada uno de las maniobras de la ruta seleccionada. Las instrucciones pueden ser escritas o mostradas en la pantalla, un dibujo de la ruta en general, una pantalla para cada maniobra y/o comandos en voz sintetizada para cada una de las maniobras.

Información de la red de transporte en tiempo real. Esta es la fuente de información sobre el flujo del tráfico, congestionamientos y retrasos en el transporte público o cambios de horario, actualizada minuto a minuto.

Para el caso del transporte público se aplican tecnologías electrónicas para la operación de vehículos de alta ocupación, incluyendo autobuses y trenes. Las tecnologías desarrolladas para los **Sistemas Avanzados de Manejo de Tráfico** y los **Sistemas Avanzados de Información para Viajeros** tienen un gran potencial para mejorar los servicios de transporte masivo y se usarán para informar a los viajeros acerca de los horarios y costos disponibles para cualquier viaje, incluyendo las rutas más adecuadas. Los **Sistemas Avanzados de Transporte Público** pueden también manejar los cobros, y mantendrán informado al viajero, en tiempo real, de cualquier cambio en los sistemas de transporte y responderán a cambios en los planes del viajero. Además, ayudarán a los administradores del sistema a contar con una flota más segura y eficiente y a planear servicios que atiendan a las diversas necesidades de los consumidores. Permitirán a las comunidades manejar sus caminos con provisión especial para vehículos de alta ocupación. Permitirán a los administradores del transporte público proveer un servicio más flexible, a costo reducido y más amigable para sus usuarios.

Algunas características específicas de los **Sistemas Avanzados de Transporte Público** incluyen:

- Información de los sistemas de transporte masivo y de viajes compartidos que es exacta, actualizada, de fácil acceso, fácil de entender y adecuada a las necesidades de los usuarios.
- Información que permita la flexibilidad de cambiar planes en un corto tiempo, aún durante el viaje.
- Sistemas de transporte público que eliminen la necesidad de contar con cantidades exactas de dinero o complicados sistemas de reservación y pago.
- Controles de tráfico que den tratamiento preferente a vehículos de alta ocupación, reduciendo así retrasos para los usuarios de transporte público.
- Métodos de cobro de tarifas que permitan el rápido ascenso y descenso de pasajeros y mantengan registros para cobro a terceros, promoción o planeación.
- Monitoreo automático y supervisión del uso de carriles exclusivos.
- Mejor planeación de operaciones de las flotillas, basadas en una mayor información.
- Optimización de operaciones mediante el uso de monitoreo en tiempo real.
- Manejo de la flotilla que responde a las necesidades del usuario.
- Control automatizado de vehículos.

II.2.6 Otros factores.

En nuestra sociedad capitalista y globalizada la competencia a dado un ímpetu poderoso al desarrollo de los transportes. Los Sistemas de Transportes de un propio país compiten por atraer al cliente, ofreciendo mejores servicios. La competencia entre productos e industrias, relativas al transporte, fomenta también el desarrollo de éste. Así se tienen los ejemplos de los distintos tipos de locomotoras, el diseño de pavimentos rígidos y flexibles, los tipos de combustible, etc.

El acelerado crecimiento de las zonas urbanas debido a la expansión, aún mayor, de la población, es un fenómeno que no se puede descuidar, entre los factores de desarrollo de los transportes. La accesibilidad a ciertas zonas, así como la intensidad en el uso del suelo, se relaciona íntimamente con la disponibilidad de los transportes. Como ejemplo se tiene el desarrollo de los llamados camiones articulados, para el transporte de más pasajeros y trenes urbanos.

II.3 Características de los Problemas de Transporte.

La Ingeniería de Transporte tiene el reto de solucionar muchos problemas de diferente índole. Se necesita contar con vehículos más rápidos y seguros con mayor capacidad para el transporte de carga y unidades más pequeñas y flexibles para el transporte urbano. Se requieren mayores carreteras para soportar mayores cargas y proporcionar la posibilidad de una capacidad mayor. Existen problemas de dinámica de carreteras y vehículos, estabilidad de carreteras, reducción de contaminación y mejoramiento de sistemas de terminales.

El financiamiento privado del transporte de alquiler no ha resultado del todo adecuado. La necesidad de financiamiento gubernamental es necesaria en el transporte. Sin embargo el transporte debe competir con otros servicios públicos en la asignación de fondos: educación, salud, defensa, etc.

Con frecuencia las prioridades se deciden con base en argumentos políticos y en medio de demandas conflictivas dentro de la propia área de los transportes. Diversos intereses ejercen presiones con el fin de obtener fondos gubernamentales para utilizarlos en distintas áreas.

II.3.1 Factores que intervienen en el problema del Tránsito.

Muchas veces los sistemas carreteros, calles y avenidas tienen que operar por arriba de su capacidad, con el fin de satisfacer los incrementos de demanda por servicios de transporte, ya sea para tránsito de vehículos livianos, transporte de carga, transporte público, etc., originando obviamente problemas de tránsito, cuya severidad se puede medir en términos de accidentes y congestionamientos.

A pesar de que en los últimos tiempos con los avances tecnológicos se han logrado proyectar y construir sistemas viales más acordes con los vehículos que los utilizan, los problemas de tránsito en muchos lugares aún persisten.

A continuación se enuncian cinco factores que podrían incrementar estos problemas y que deben ser tomados en cuenta en cualquier intento de solucionarlos.

1. Diferentes tipos de vehículos en la misma vialidad.

- Diferentes dimensiones, velocidades y características de aceleración.
- Automóviles diversos.
- Camiones y autobuses, de alta velocidad.
- Camiones pesados, de baja velocidad, incluyendo remolques.
- Vehículos tirados por animales, en algunas zonas de nuestro país.
- Motocicletas, bicicletas, etc.

2. Superposición del tránsito motorizado en vialidades inadecuadas.

- Relativamente pocos cambios en el trazo urbano y en algunas carreteras.
- Calles angostas, curvas cerradas y pronunciadas pendientes.
- Aceras y acotamientos insuficientes.
- Carreteras que no han evolucionado.

3. Falta de planificación en el tránsito.

- Calles, carreteras y puentes que se siguen construyendo con especificaciones anticuadas.
- Intersecciones proyectadas sin bases técnicas.
- Previsión casi nula para el estacionamiento.
- Localización inapropiada de zonas residenciales en relación con zonas industriales o comerciales.

4. El automóvil no considerado como una necesidad pública.

- Falta de apreciación de las autoridades sobre la necesidad del vehículo dentro de la economía del transporte.
- Falta de apreciación del público en general de la importancia del vehículo automotor.

5. Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario.

- Legislación y reglamentos de tránsito anacrónicos que tienden más al usuario de los mismos, que adaptarse a las necesidades del usuario.
- Falta de educación vial del conductor y del peatón.

11.3.2 Problemática del transporte público.

La situación que guarda el transporte público es sumamente complicada y deficiente. El servicio de taxis puede servir solamente a una fracción muy pequeña de la población. A su vez el servicio de transporte público, cuando existe, ofrece una cobertura limitada y un servicio irregular tanto en

horarios como en la coordinación de los transbordos. Como resultado el transporte público se vuelve inconveniente para muchos viajes.

1. Transformación de la estructura urbana y de la demanda de transporte.

Con relación a los movimientos demográficos se observan dos fenómenos. Por una parte el que aún se presenta un éxodo de la población rural a las zonas urbanas. Y por otro lado, el incremento de la autonomía del hombre en sus desplazamientos a consecuencia de la generalización del automóvil ha ensanchado los límites de las ciudades, produciendo una descentralización de las zonas residenciales. Además la zona centro de las ciudades va siendo utilizada cada vez en mayor medida para oficinas y locales comerciales, lo que crea grandes corrientes de tránsito de la periferia hacia el centro de las ciudades.

De aquí resulta uno de los problemas planteados por la demanda de transporte: el de su localización tanto en el tiempo como en el espacio. En el tiempo porque los horarios de entrada y salida del trabajo suelen coincidir con pequeñas variaciones, y en el espacio por la centralización de las zonas de trabajo y la descentralización de las zonas residenciales. Además que la mayoría de estos centros de las ciudades tienen un trazo antiguo, poco útil para la circulación masiva y constante.

2. Transformación de la estructura de los transportes.

Otro problema que presentan las urbes es el de la transformación de la estructura de los transportes como consecuencia de la generalización del uso del automóvil. El impresionante aumento ha sido muy notorio en los últimos años. Un número cada vez mayor de personas utiliza este medio de transporte para sus desplazamientos, es decir, se está produciendo una transferencia de viajeros de los transportes públicos al privado. En México el crecimiento del parque vehicular de 1940 a 1990 fue de un 7000%.

Ya en 1963 Sir Colin Buchanan, demostraba que no era posible acomodar todos los viajes de una ciudad media si éstos se debían realizar en auto (que era la estrategia implícita en ciudades como Caracas y Los Angeles). Curiosamente muchas autoridades de ciudades en países en desarrollo ignoran no sólo esta demostración teórica, sino que también la amplia evidencia empírica que demuestra que las soluciones que van por el lado de favorecer el uso del automóvil conducen al fracaso.

Además este aumento del nivel de motorización no ha sido seguido de una forma paralela por el aumento de la superficie de rodamiento, que sólo ha aumentado en forma muy moderada. Una consecuencia de esto es la disminución de las velocidades de recorrido.

Si los problemas que plantea el automóvil desplazándose son graves, aún lo son mucho mayores los que plantea su estacionamiento. Una gran parte de la superficie de nuestras calles está ocupada por los automóviles estacionados, dificultando la circulación.

3. Disminución del número de viajeros en los transportes públicos.

En los últimos años se ha presentado una disminución en el uso de los transportes públicos, en parte como ya se mencionó al creciente uso del automóvil, pero también al uso de otros medios de transporte concesionados.

Tal es el caso de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México en donde el 84% de los viajes se realiza en el transporte público, pero de estos el 56% se realiza en colectivos (microbuses y combis) y sólo el 18% en transportes eléctricos (metro, tren ligero, trolebuses).

El crecimiento desmesurado y la evidente desorganización del transporte concesionado en el Distrito Federal, contribuyeron al deterioro de la convivencia ciudadana.

De 2000 peseros existentes en el Distrito Federal en 1980 se pasó a 27,100 unidades, distribuidas en: 22834 microbuses, 4140 vagonetas y 126 autobuses en 1996. En aquellas fechas se realizaba por este medio el 9% de viajes/persona / día, mientras que en 1996 trasladaba al 49.34% del total de viajes.

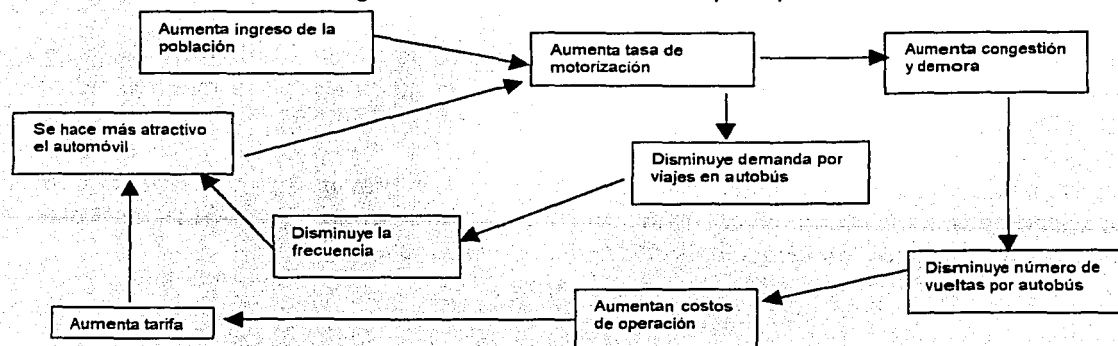
Cabe destacar que ante la falta de integración entre las diferentes modalidades de transportación colectiva y debido a la escasa planeación que por años ha persistido en el sector, el sistema concesionado se ha desarrollado anárquicamente, generando vacíos de autoridad y caos.

Ello implicó que gran parte de las concesiones se otorgarán sin soportes técnicos que consideraran la oferta y la demanda del servicio. Se reconoce que el servicio que actualmente se presta a través de este modo de transporte no satisface ni al público, concesionario ni a la autoridad.

4. El círculo vicioso del transporte público.

La figura 2.3 ilustra en forma simplificada el fenómeno de crisis del transporte público que se ha experimentado en países industrializados, y que desgraciadamente se está repitiendo en forma muy similar en los países en desarrollo como el nuestro.

Figura 2.3 Círculo vicioso del transporte público.



Fuente: Transporte Público, Molinero – Sánchez. 1998.

Es importante señalar que en países como México, donde afortunadamente una importante proporción de los viajes urbanos se realizan en transportes públicos, todavía estamos a tiempo de evitar cometer los errores de los países industrializados, desincentivando el uso del automóvil particular y mejorando sustantivamente los Sistemas de Transporte masivo, a fin de que se constituyan en reales alternativas para solucionar éste problema.

II.4 Características generales de operación de cada uno de los Sistemas de Transporte.

El contenido de este capítulo presenta los aspectos tecnológicos y operativos de los Sistemas de Transporte. Como ya sea mencionado en líneas anteriores, durante las últimas dos décadas el mercado de infraestructura en México ha crecido en forma considerable debido a la participación de la iniciativa privada y del gobierno en una gran cantidad de obras. La apertura del país, la globalización económica y financiera, así como el fortalecimiento de la economía de mercado han estimulado una mayor participación de inversionistas y empresas privadas en la construcción, operación y mantenimiento de los distintos Sistemas de Transporte.

II.4.1 El Sistema de Transporte Carretero.

La carretera se puede definir como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el rodamiento adecuado de los vehículos para los cuales ha sido acondicionada.

II.4.1.1 Clasificación de las Carreteras.

Las carreteras se han clasificado de diferentes maneras en diferentes lugares del mundo, ya sea con arreglo al fin que con ellas se persigue o por su transitabilidad.

En la práctica vial mexicana se pueden distinguir varias clasificaciones, algunas de las cuales coinciden con las clasificaciones de otros países. Ellas son: Clasificación por transitabilidad, por aspecto administrativo, clasificación técnica oficial, por su importancia y por su función.

a) Clasificación por Transitabilidad.

La clasificación por transitabilidad corresponde a las etapas de construcción de la carretera y se divide en:

1. **Terracerías:** cuando se ha construido la sección de proyecto hasta su nivel de subrasante transitable en tiempo de secas.
2. **Revestidas:** cuando sobre la subrasante se ha colocado ya una o varias capas de material granular y es transitable en todo tiempo.

3. Pavimentada: cuando sobre la subrasante se ha construido ya totalmente el pavimento.

b) Clasificación Administrativa.

Por su aspecto administrativo las carreteras se clasifican en:

1. Federales: cuando son costeadas íntegramente por la Federación y se encuentran por lo tanto a su cargo.
2. Estatales: cuando las carreteras son construidas por el sistema de cooperación a razón de 50% aportado por el estado donde se construye y el 50% por la Federación. Estas carreteras quedan a cargo de los Centros SCT.
3. Vecinales o rurales: cuando son construidos con la cooperación de los vecinos beneficiados pagando éstos un tercio de su valor, otro tercio lo aporta la Federación y el tercio restante el estado en que se ubique la carretera. Su construcción y conservación queda a cargo de los Centros SCT.
4. De cuota: las cuales quedan unas a cargo de la dependencia oficial centralizada denominada Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE), y otras carreteras o autopistas concesionadas a la iniciativa privada por un tiempo determinado, siendo la inversión recuperable a través de las cuotas.

c) Clasificación Técnica.

Esta clasificación permite distinguir en forma precisa la categoría física de los caminos, ya que toma en cuenta los volúmenes de tránsito sobre el camino al final del período económico del mismo y las especificaciones geométricas aplicadas. En México, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) clasifica técnicamente a las carreteras de la manera siguiente:

1. Tipo Especial: para un tránsito diario promedio anual superior a 3000 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 360 vehículos o más (12% del tdp)
2. Tipo A: para un tránsito diario promedio anual de 1500 a 3000 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos (12% del tdp).
3. Tipo B: para un tránsito diario promedio anual de 500 a 1500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos
4. Tipo C: para un tránsito diario promedio anual de 50 a 500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 6 a 60 vehículos.

d) Clasificación por su Importancia.

1. Troncales: Interestatales o de largo itinerario.
2. Alimentadoras o secundarias: Funcionan como tributarias de las troncales y a su vez éstas tienen ramales en toda la región a que dan servicio.
3. Terciarias: Son ramales con acceso a las troncales y alimentadoras que sirven a pequeñas regiones con poco tránsito. Llegan a un lugar y ahí se truncan.

e) Clasificación por su Función.

- Carreteras de función social: Su fin es integrar al resto del país, las zonas de bajo potencial económico pero tomando en cuenta los núcleos de población de cierta importancia.
- Carreteras de penetración económica: Su objetivo es romper la situación de autoconsumo e incorporar las zonas potencialmente productivas a la economía del mercado nacional, dado que son obras de iniciación al desarrollo que establecen las bases para que en esas regiones se efectúen inversiones en otros sectores.
- Carreteras en zonas desarrolladas: Su objetivo es la reducción de insumos al proporcionar ahorros en los costos de transporte. Los beneficios directos que aportan a la colectividad son ahorros en costos de tracción, tiempo, energéticos, etc.

II.4.1.2 Etapas de una Carretera.

En el estudio de una carretera es necesario distinguir varias etapas que a continuación se indican:

1. Planeación	{	Estudios geográficos – físicos Estudios económicos – sociales Estudios políticos
2. Proyecto	{	Estudios topográficos (selección de ruta) Anteproyecto Proyecto constructivo (estudios de Mecánica de Suelos y Estructurales)
3. Construcción	{	Dirección técnica Ejecución de la obra Seguimiento operacional - financiero
4. Operación	{	Conservación Estudios de tránsito Estudios de Mecánica de Suelos Reconstrucción
5. Administración Estratégica	{	Seguimiento de la infraestructura Corrección de problemas de operación Modernización

II.4.1.3 Tipos de Pavimentos.

Los pavimentos de carreteras se clasifican en rígidos y flexibles. La diferencia entre rígido y flexible es sólo cuestión de grados.

Los pavimentos se pueden definir así: "Estructura formada por una o más capas, que tienen como función el permitir el tránsito de vehículos con seguridad, comodidad, eficiencia y al menor costo".

Características de los pavimentos:

- Superficie uniforme.
- Superficie impermeable.
- Color y textura adecuados.
- Resistencia a la acción del medio ambiente.
- Que no transmita a la terracería esfuerzos mayores a su resistencia.

a) Pavimentos flexibles.

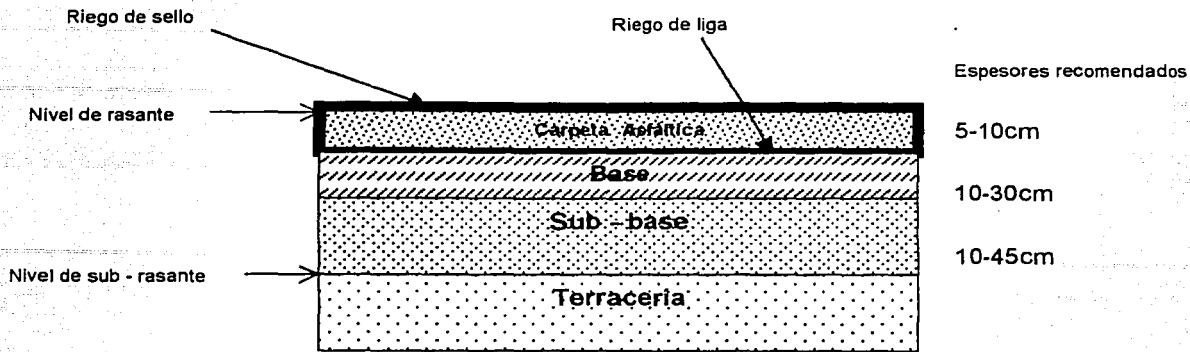
Son aquellos contruidos con materiales asfálticos y materiales granulares. Una carpeta asfáltica proporciona la superficie de rodamiento; las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores se distribuyen por medio de las características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales; y la carpeta asfáltica se pliega a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa. Las capas que forman un pavimento flexible son: carpeta asfáltica, base y sub – base, las cuales se construyen sobre la capa subrasante.

En las capas superiores donde los esfuerzos son mayores, se utilizan materiales de mejor calidad y en las capas inferiores donde los esfuerzos son menores se utilizan materiales de menor calidad. Este uso de materiales de menor calidad permite el uso de materiales locales, dando como resultado un diseño más económico. En la figura 2.4 se muestran los espesores y capas recomendadas para un pavimento flexible.

La principal ventaja del pavimento flexible es su precio, mucho más económico que el rígido de concreto, considerando a parte que México es un país petrolero, pudiendo así obtener gran cantidad de asfalto. Otra ventaja es su rápido tendido, su pronta utilización y su capacidad de aceptar deformaciones.

Sus desventajas son su poca duración, su poca resistencia a soportar grandes cargas, debe llevar una base debajo de la carpeta asfáltica para ayudar con el soporte de las cargas. Costoso en mantenimiento.

Figura 2.4 Espesores recomendados y capas que conforman un pavimento flexible.



Fuente: Vías de Comunicación, Crespo. 1996.

b) Pavimentos rígidos.

La superficie de rodamiento de un pavimento rígido es proporcionada por losas de concreto hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes, que trabajan en conjunto con la que recibe directamente las cargas. Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores sin que se presente la falla estructural. Aunque en teoría las losas de concreto hidráulico pueden colocarse en forma directa sobre la sub-rasante, es necesario construir una capa de sub-base para evitar que los finos sean bombeados hacia la superficie de rodamiento al pasar los vehículos, lo cual puede provocar fallas de esquina o de orilla en la losa. La sección transversal de un pavimento rígido está constituida por una losa de concreto hidráulico y la sub-base, que se construye sobre la capa sub-rasante.

La alta rigidez de la losa de concreto permite distribuir las cargas sobre un área mayor, transmitiendo presiones muy bajas a las capas inferiores. Los bajos niveles de esfuerzo bajo el pavimento, hacen necesario contar con materiales de cimentación resistentes, inclusive hace posible la colocación de la losa directamente sobre la subrasante.

Los pavimentos de concreto se clasifican de acuerdo al modo en que controlan las ocurrencias de agrietamiento transversal:

- Convencionales.
- Con refuerzo por contracción y/o temperatura.
- Con refuerzo estructural.

Las ventajas de los pavimentos rígidos son: su alta durabilidad en cuanto al soporte de cargas y tráfico y una mayor resistencia a fenómenos climáticos. El pavimento de concreto hidráulico refleja la luz, incrementando la visibilidad del usuario.

El texturizado longitudinal del pavimento de concreto ofrece una superficie rugosa mejorando el contacto con las llantas teniendo como resultado que la distancia de frenado es menor que en el asfalto en un 25%. Poca inversión en mantenimiento.

Sus desventajas son: su precio elevado debido a la utilización de cemento, el ruido que provoca al pasar los neumáticos entre cada losa, su falta de capacidad de aceptar deformaciones, el tiempo de fraguado que lleva el concreto hace más lenta su construcción. En la figura 2.5 se muestran los espesores y capas típicas para un pavimento rígido.

Figura 2.5 Espesores recomendados y capas que conforman un pavimento rígido.



Fuente: Vías de Comunicación, Crespo. 1996.

c) Comparación entre pavimentos flexibles y rígidos.

El punto de vista que sirve de partida a estas reflexiones es que ambas modalidades pueden resolver satisfactoriamente los requerimientos de una carretera que se construya en el México actual, con tal de que cualquiera de las dos modalidades se proyecte o se realice convenientemente. De esta manera, los criterios diferenciales entre las dos alternativas tendrán que caer necesariamente en una de las dos vertientes siguientes:

- *La económica*, que se refiere al costo inicial de cada alternativa, al costo de conservación de la misma en un determinado ciclo de vida y al costo de operación de los vehículos que transiten sobre el pavimento considerado, con énfasis especial en los vehículos de carga.
- *La funcional*, entendiéndose por tal, la desventaja o inconveniente que se tenga por las dificultades de tránsito que emanen de acciones de conservación importantes que conlleven interrupciones en la fluidez del mismo.

Los análisis se realizan para una serie de alternativas obtenidas de variar la magnitud del flujo vehicular, la resistencia estructural del pavimento y los períodos entre intervenciones de conservación mayor. Se mantienen constantes a valores reales observados, la distribución vehicular, el peso y coeficiente de daño promedio de cada tipo de vehículo y la tasa de crecimiento anual del tránsito. Para todas las alternativas se diseña el pavimento y se evalúa su comportamiento durante el horizonte de análisis del índice internacional de rugosidad vs. tiempo utilizando los métodos de la AASHTO. Se calculan costos de construcción y mantenimiento, costos de operación vehicular y costos totales durante el horizonte de análisis o ciclo de vida.

El texturizado longitudinal del pavimento de concreto ofrece una superficie rugosa mejorando el contacto con las llantas teniendo como resultado que la distancia de frenado es menor que en el asfalto en un 25%. Poca inversión en mantenimiento.

Sus desventajas son: su precio elevado debido a la utilización de cemento, el ruido que provoca al pasar los neumáticos entre cada losa, su falta de capacidad de aceptar deformaciones, el tiempo de fraguado que lleva el concreto hace más lenta su construcción. En la figura 2.5 se muestran los espesores y capas típicas para un pavimento rígido.

Figura 2.5 Espesores recomendados y capas que conforman un pavimento rígido.



Fuente: Vías de Comunicación, Crespo. 1996.

c) Comparación entre pavimentos flexibles y rígidos.

El punto de vista que sirve de partida a estas reflexiones es que ambas modalidades pueden resolver satisfactoriamente los requerimientos de una carretera que se construya en el México actual, con tal de que cualquiera de las dos modalidades se proyecte o se realice convenientemente. De esta manera, los criterios diferenciales entre las dos alternativas tendrán que caer necesariamente en una de las dos vertientes siguientes:

- *La económica*, que se refiere al costo inicial de cada alternativa, al costo de conservación de la misma en un determinado ciclo de vida y al costo de operación de los vehículos que transiten sobre el pavimento considerado, con énfasis especial en los vehículos de carga.
- *La funcional*, entendiendo por tal, la desventaja o inconveniente que se tenga por las dificultades de tránsito que emanen de acciones de conservación importantes que conlleven interrupciones en la fluidez del mismo.

Los análisis se realizan para una serie de alternativas obtenidas de variar la magnitud del flujo vehicular, la resistencia estructural del pavimento y los períodos entre intervenciones de conservación mayor. Se mantienen constantes a valores reales observados, la distribución vehicular, el peso y coeficiente de daño promedio de cada tipo de vehículo y la tasa de crecimiento anual del tránsito. Para todas las alternativas se diseña el pavimento y se evalúa su comportamiento durante el horizonte de análisis del índice internacional de rugosidad vs. tiempo utilizando los métodos de la AASHTO. Se calculan costos de construcción y mantenimiento, costos de operación vehicular y costos totales durante el horizonte de análisis o ciclo de vida.

Las alternativas de pavimentos flexibles consideradas abarcan tránsitos de 10 mil, 30 mil y 50 mil vehículos diarios. La sección estructural de los pavimentos flexibles, se conformó por un cuerpo de terraplén, una subrasante, una subbase, una base y una carpeta asfáltica. Se diseñaron los espesores de cada una de estas capas, de tal manera que las acciones de conservación mayor sean realizadas reforzando la sección estructural únicamente con adiciones hacia arriba, es decir a la base y carpeta asfáltica, de manera que en cada acción se aproveche una subestructura básica constituida por la subrasante y la subbase iniciales.

A manera de ejemplo de los análisis realizados para cada alternativa, se presenta la Tabla 1, la cual muestra, para la alternativa 1 de pavimento flexible, el tránsito asumido al inicio del período de análisis; los intervalos entre acciones de conservación mayor; El número estructural AASHTO requerido para afrontar el tránsito de cada intervalo (el cual crece de acuerdo con la tasa anual de crecimiento asumida); los costos de construcción y conservación por kilómetro de cada intervalo (no descontados y descontados); los costos de operación vehicular descontados; el IIR promedio y la suma de los costos anteriores para todo el ciclo de vida.

De los análisis realizados para los pavimentos flexibles se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- La sección estructural del pavimento, entendida en el sentido amplio que involucra todo el conjunto de capas hasta el cuerpo de terraplén, juega un papel supremo en el comportamiento de una carretera en cualquier horizonte temporal. Una sección estructural resistente y apropiada conduce a costos de conservación menores en la vida del pavimento y, sobre todo, a menores costos de operación; especialmente en este último caso, lo anterior es tanto más cierto cuanto mayor sea el tránsito. De lo atrás escrito se deduce que la adopción de criterios que permitan construir secciones estructurales de amplio horizonte, que puedan crecer únicamente por sucesivas adiciones, pero aprovechando siempre lo antes construido, constituye un criterio fundamental de proyecto.

Al contemplar horizontes de vida amplios, no se requiere preparar inicialmente al camino para ellos, pero sí adoptar secciones estructurales capaces de crecer con el tiempo, con utilización plena de lo antes hecho.

- Ciertas políticas de conservación no pueden realizarse por haber partido de una sección estructural débil; sin embargo, una acción oportuna y adecuada de conservación puede enderezar las cosas.

En general, las acciones oportunas de conservación impiden un deterioro excesivo de la carretera que induciría a trabajos posteriores de un costo mucho mayor, tanto en conservación como en operación.

- La mayor frecuencia de acciones de conservación importantes conduce a mayores costos de conservación y a mayores costos de operación.
- En plazos largos, los costos de conservación y de operación crecen significativamente cuanto mayor sea el deterioro al que se permite llegar el estado superficial de la carretera.

Las alternativas de pavimentos rígidos abarcan tránsitos de 5 mil, 10 mil, 20 mil, 30 mil, 40 mil y 50 mil vehículos diarios en ambas direcciones. En todos los casos se consideró una tasa de crecimiento del tránsito de 3% anual y la utilización de concretos de 300 kg/cm² de resistencia a la compresión (f_c). En todos los casos se consideró una losa de concreto simple con pasajuntas, apoyada siempre en una subbase; a dicha subbase se le consideró en todos los análisis un VRS de 50%; también en todos los casos se consideró la existencia de una subrasante con VRS de 20%. Para estas alternativas también se evaluó el comportamiento, así como los costos de construcción y mantenimiento, de operación vehicular y totales durante el horizonte de análisis.

Se confrontaron los resultados obtenidos entre los pavimentos flexibles y rígidos, obteniéndose las siguientes conclusiones de interés:

- En ambos tipos de estructura parece no poder existir una política más perjudicial que el ahorro en la inversión inicial de construcción, sin su debido balanceo con los costos de conservación y de operación del transporte. Este balanceo puede aceptar diversas opciones estratégicas, de acuerdo con los correspondientes análisis de planeación.
- Los dos tipos de pavimento ofrecen opciones posibles para la buena construcción de carreteras.

El pavimento rígido empieza a resultar preferente a medida que los tránsitos van siendo mayores. Esta preferencia va acentuándose para tránsitos de 20 mil vehículos o mayores. Debe notarse a este respecto que en cualquier caso los pavimentos rígidos requieren de acciones de conservación mayor más espaciadas y que esas acciones implican costos no considerados en este trabajo y que se deben a dilaciones y molestias del tránsito durante los periodos de reparación. Este hecho tiende a acentuar la ventaja del uso de los pavimentos rígidos bajo tránsitos importantes.

En general, el costo de construcción inicial en el período de 30 años es mayor en los pavimentos rígidos que en los flexibles, si bien para tránsitos elevados el rígido presenta un ahorro en conservación y operación que le permite resultar más ventajoso en el balance total.

II.4.1.4 Técnicas de conservación y mantenimiento para pavimentos carreteros.

Las vías terrestres se proyectan y construyen para que estén en servicio por un determinado número de años, llamado vida útil de la obra. Al concluir este tiempo, los caminos se reconstruyen con objeto de aumentar su servicio por más tiempo. Al estar en servicio la obra se deteriora poco a poco y presenta diferentes condiciones de servicio a través de los años. Los deterioros pueden ser pequeños al principio, pero con el transcurso del tiempo se vuelven más serios acelerando la falla de la vía; por esto, una obra requiere mantenimiento o conservación, para cuando menos asegurar su vida de proyecto y proporcionar un servicio adecuado.

El deterioro se observa y califica en una escala del 1 al 5, llamado índice de servicio; cuando una obra comienza a funcionar debe tener una calificación de 4 a 4.5.

Cuando un camino llega a un orden de 2.5 a 2, se tienen problemas de tránsito y la comodidad llega a un punto mínimo. En este momento la obra alcanza su falla funcional, si el camino sigue en servicio sin ninguna reparación se llega a la falla estructural.

Para que una obra deteriorada con el tiempo no llegue a la falla estructural, es necesario rehabilitarla cuando alcance la falla funcional y su calificación sea de 2.5 para vías principales y de 2 para caminos secundarios.

Se pueden hacer diversos trabajos de mantenimiento para aumentar la vida útil, pero habrá un momento donde la estructura este tan dañada que necesitará una reconstrucción. Pues la eficiencia de rehabilitación será cada vez menor.

Para calificar un camino se utiliza el método visual, tomando en cuenta la cantidad de grietas, baches y deficiencias de la estructura. Otro método es hacer pruebas para calcular la deformabilidad de la estructura.

a) Pavimentos Flexibles.

La construcción de las vías terrestres debe ser tal que soporten el tránsito con una conservación normal y las rehabilitaciones programadas, durante el tiempo considerado de vida útil.

Si al principio de la operación aparecen baches muy aislados, debidos a pequeños problemas durante la construcción se debe abrir una caja hasta donde sea necesario y rellenarla con materiales de buena calidad. La carpeta asfáltica que se reponga, debe ser del mismo tipo que la que se colocó en el resto del tramo.

Si la carpeta presentó agrietamientos por algún motivo; pero la superficie está firme no se deberá colocar otra carpeta asfáltica. En este caso, se levanta la carpeta y se desecha o incorpora a la base, previa escarificación, para colocar la nueva carpeta después de compactarla. Un sistema que se está usando mucho para sobreencarpetar un tramo con la superficie de rodamiento con grietas ligeras y medianas, es colocar un producto geotextil impregnado y construir sobre él la nueva carpeta; estas telas trabajan a la tensión por lo que no aparecen grietas en la superficie de rodamientos.

Por diversos motivos, principalmente escasez de recursos, la conservación que se da a este tipo de pavimentos es deficiente; de esta manera, con el paso del tiempo se dañan las vías en forma considerable y se necesitan diversos trabajos como mantenimiento preventivo, reconstrucción aislada, rehabilitación y reconstrucción.

- **Mantenimiento Preventivo.**

Se proporciona en los tramos que no presentan deformaciones ni agrietamientos fuertes; se lleva a cabo por medio de riegos de sello, los cuales en promedio deben durar 3 años, si se utilizan los materiales adecuados.

Se encuentran también los trabajos de bacheo y renivelaciones ligeras, que se requieren en un tramo que no ha contado con trabajos de mayor envergadura. Otro trabajo es el de señalamiento, sobre todo el de pintar las rayas que se pintan sobre la superficie de rodamientos.

- **Reconstrucciones aisladas.**

Se realiza en tramos distantes, no hay una falla generalizada. Tiene longitudes de 50 a 300 metros, y se pueden reconstruir mediante renivelaciones con mezcla asfáltica, o poner otra carpeta sobre la ya existente.

- **Reconstrucción.**

Se da cuando los tramos son de 5, 10 o más kilómetros, predominan las graves deformaciones y agrietamientos.

En general se debe retirar la carpeta asfáltica que se puede incorporar al material de base al disgregarla una vez escarificada.

b) Pavimentos Rígidos.

Mantener los pavimentos rígidos es bastante simple, si están bien proyectados; es decir, si se ha relacionado en forma conveniente los elementos correspondientes al tránsito y las resistencias del concreto y de la capa subrasante.

Las actividades principales para mantener pavimentos rígidos son:

- **Limpieza de juntas.** Debido a que los productos utilizados para sellar las juntas longitudinales y transversales se endurecen y agrietan con el tiempo, es necesario limpiarlas por lo menos cada 3 años y extraerles tanto el sello anterior como cualquier material extraño, enseguida la junta se vuelve a sellar con material fresco.
- Cuando hay indicios que se está presentando el fenómeno de bombeo o de plano, debido a una fractura de la losa que quedó sin apoyo al salir el material que la sustentaba, es necesario realizar inyecciones de mortero para llenar los huecos. Si la losa está fracturada, es conveniente renivelar la zona antes de la inyección. Es necesario calafatear los agrietamientos que se hayan presentado por el fenómeno anterior, para evitar la entrada de agua y material.
- Cuando por efecto del gradiente de la losa, ésta se alabea con la concavidad hacia arriba, es necesario rebajar las orillas de las losas para nivelarlas y evitar un tránsito defectuoso. Cuando la concavidad está hacia abajo, el rebaje se hace hacia el centro de las losas si es necesario, pues esta deformación es casi siempre menor a la anterior. Cuando el pavimento rígido presenta un fuerte descarnado de la superficie de rodamientos, se puede desintegrar la losa, por lo que es necesario construir en este caso una carpeta asfáltica de 3 a 5 cm de espesor, para evitar que el concreto se siga deteriorando.
- Por último si un pavimento rígido se ha comportado de manera adecuada, pero se prevé un tránsito más intenso en los años siguientes o se requiere aumentar la vida útil del camino, es posible construir una sobrelosa; para ello es necesario asegurar la unión entre el concreto antiguo y el nuevo, por lo que se corruga primero la superficie de rodamiento actual.

II.4.1.5 Costos de una carretera.

El costo de una carretera a lo largo de su ciclo de vida tiene tres componentes:

1. Costo inicial: Es el costo de construcción de la carretera. El costo de la estructura de pavimento es sólo el 15% del costo inicial, pero su adecuado diseño para el tránsito y carga esperada, repercute no sólo en el costo inicial, sino también en los costos de operación y mantenimiento.
2. Costo de conservación: Son los gastos en que incurre el responsable del buen funcionamiento de la carretera para lograr niveles adecuados de transitabilidad. Se estima que el costo de mantenimiento es 10 veces el costo de construcción.
3. Costo de operación: Es lo que le cuesta al usuario transportarse por esa carretera durante el lapso de su vida útil. Incluye costos de lubricantes, costos de energéticos y costos de tiempo. Se considera que el costo de operación es más de 200 veces superior al costo de construcción.

Véanse las tablas 2.1 y 2.2 para apreciar mejor los costos del ciclo de vida de una carretera.

Tabla 2.1 Costos del ciclo de vida de una carretera.

Componentes	¿Qué incluye?	Costo Relativo
Construcción inicial	Costo total del proyecto al momento de su inauguración	1
Conservación	Reparaciones, rehabilitaciones, ampliaciones y modernizaciones	10
Costos operación	Operación de los vehículos, consumo de combustible, composturas, tiempos de recorrido y accidentes	200

Fuente: CEMEX, 2001

Tabla 2.2 Análisis del costo del ciclo de vida para pavimentos rígidos y flexibles.

Concepto	Asfalto	Concreto	Diferencia
Costo inicial	100.0%	114.4%	14.4%
Conservación	85.1%	19.1%	(66.0%)
Costo Actual	184.1%	133.6%	(50.5%)
Valor Presente	156.1	125.9	(30.2%)

Fuente: CEMEX, 2001

II.4.1.6 Infraestructura del Sector Carretero en México.

El automóvil hizo su aparición en México en el año de 1906, trayendo consigo la revolución de los viejos conceptos del transporte, sin embargo, en nuestro país no significó ninguna mejora para los caminos existentes, pues la situación económica no lo permitía.

En 1917 se creó la Dirección de Caminos y Puentes, como organismo especializado dentro de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. Primero se pugnó por comunicar la capital mexicana con las ciudades, puertos y aduanas más importantes del país.

Por lo que respecta a la evolución de los transportes carreteros, gracias a la construcción de los caminos que se consideraron en esa época, como los más importantes, se comunicaron tres áreas: la Ciudad de México con las de Pachuca, Toluca y Acapulco; la de Mérida con Puerto Progreso y Valladolid, y la de Monterrey con Nuevo Laredo.

Es entre 1925 y 1930, cuando se realizaron los primeros 1420 kilómetros de carretera que unían a los puntos arriba mencionados, en este último año se había integrado al tráfico automovilístico el uno por ciento del territorio nacional.

El sistema de carreteras de altas especificaciones que operan en la República Mexicana fueron proyectadas para mejorar los índices de seguridad, de velocidad y economía. Cuentan con mejores especificaciones geométricas de curvatura, mayor distancia de visibilidad, pendientes moderadas, señalamientos, mayores dimensiones en sus carriles.

El sistema de carreteras de altas especificaciones ha permitido solucionar problemas de congestión en las vías libres, de las que son rutas alternas y alivian por medio de la cuota la presión financiera directa sobre el presupuesto gubernamental, además contribuye al crecimiento económico de las regiones del país y se convierten en agentes de desarrollo.

El Sistema Nacional de Carreteras sigue consolidándose como el principal medio para el desplazamiento de personas y bienes a través de todo el país, constituyéndose además como el principal instrumento para la integración social, económica y cultural. Las estadísticas del transporte demuestran la importante participación del sistema carretero troncal, en la agilización de las cadenas de producción y distribución de mercancías en el territorio nacional, así como en la atención de las actividades de exportación y del turismo.

Por su parte, la red de carreteras alimentadoras permite completar las cadenas e integrar a las localidades rurales, propiciando su desarrollo.

En 1998, el servicio de autotransporte de carga transportó 380.5 millones de toneladas, cifra superior en 15 por ciento a la registrada en 1997. Durante 1998, el movimiento de pasajeros por autotransporte, ascendió a cerca de 2500 millones de personas, es decir, 12 por ciento más que en 1997.

Para apoyar y expandir la movilización de personas y mercancías a lo largo de todo el territorio nacional, el programa carretero se centra en la modernización y el mantenimiento de carreteras, otorgando prioridad a la red básica nacional y a la integración de los 10 ejes troncales principales con carreteras de altas especificaciones. Al otorgar esta prioridad, la SCT busca ofrecer caminos más modernos y más seguros, que permitan disminuir los tiempos de recorrido, los costos del transporte y la incidencia de accidentes carreteros.

De 1994 a 1998, se han modernizado y puesto en operación aproximadamente 4700 kilómetros de carreteras federales, de los cuales alrededor de 1,580 kilómetros se ubican a lo largo de los ejes troncales y el resto, en otras rutas de importancia nacional.

Al mismo tiempo, se ha realizado un esfuerzo importante para mantener la red federal, por lo que cada año se conservan los 43 mil kilómetros que la componen, se reconstruyeron alrededor de 1,200 kilómetros y más de 150 puentes, con objeto de mantener el nivel de servicio de la red en condiciones adecuadas.

En 1998, la red nacional de carreteras había alcanzado una longitud total de 331,635 kilómetros. Esta red está integrada por carreteras libres, atendidas por los gobiernos federal y estatal; carreteras de cuota, a cargo del organismo descentralizado CAPUFE, concesionadas y otras de jurisdicción estatal, así como caminos rurales y brechas, cuya atención corresponde a los gobiernos estatales.

La clasificación e integración de estos grupos de carreteras, que conforman la red nacional, considera el tipo de operación libre o de cuota, las características geométricas, los volúmenes de tránsito y su función en el transporte de carga y de personas, así como su papel de impulsoras del desarrollo económico local, regional o nacional, ampliando así el criterio tradicional de definir el régimen de las carreteras con base en el origen de los recursos utilizados para su construcción, conservación y vigilancia.

Con el propósito de jerarquizar las inversiones y las acciones correspondientes, a partir de una imagen objetivo formulada para los periodos 1995-2000-2010, las redes de caminos existentes se clasificaron en diferentes grupos según su importancia. En tal virtud, se definieron dos grandes tipos de redes de infraestructura carretera: la red básica y la red estatal. La primera está integrada por las carreteras federales libres de importancia nacional, las que están a cargo de CAPUFE y las carreteras de cuota concesionadas; en tanto que la segunda red está integrada por las carreteras estatales, federales de importancia regional o estatal y los caminos rurales.

Para identificar las carreteras o tramos federales pertenecientes a la red básica nacional, se partió del criterio de que esta red, como conjunto, debe asegurar la comunicación directa entre entidades federativas, sirviendo también a litorales y fronteras, enlazando a las capitales de los estados y a los principales puertos marítimos y fronterizos; además, los tramos de la red básica deben dar continuidad a los flujos que circulan por los ejes troncales nacionales, por lo que soportan los mayores volúmenes de tránsito, con una elevada presencia de vehículos pesados.

La aplicación de los criterios anteriores permitió identificar un conjunto de tramos y carreteras cuya longitud total es de 28,284 kilómetros, de los cuales 22,744 kilómetros corresponden a la Red Federal Libre y 5,540 kilómetros son autopistas de cuota. Estos tramos conforman la red básica de la infraestructura carretera nacional. En la tabla 2.3 se muestra la evolución de la infraestructura carretera, así como en la figura 2.6 se observa el movimiento vehicular en las carreteras de cuota.

Tabla 2.3 Infraestructura carretera 1/

Concepto	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000 ^{4/}
RED NACIONAL DE CARRETERAS											
Inversión (Millones de 1993)	3 157.1	8 791.7	8 704.7	9 663.6	14 695.4	4 617.1	5 392.8	2 943.4	2 913.1	2 457.4	2 559.4
Construcción, modernización y reconstrucción	2 780.0	8 374.0	8 445.8	8 696.2	13 893.1	3 833.1	4 513.3	2 224.7	1 742.1	1 478.4	1 486.9
Conservación	377.1	417.7	258.6	967.3	802.4	784.0	879.4	718.6	1 171.0	979.0	1 072.5
Longitud total (Kilómetros) ^{3/}	239 235	241 962	243 856	245 183	304 592	306 404	310 591	313 604	319 792	329 532	333 112
Por tipo de camino											
Federal	47 504	48 485	49 278	49 954	46 643	46 959	47 370	47 805	48 041	48 194	47 664
- Cuota ^{4/}	1 761	2 662	3 470	4 668	6 294	6 308	6 356	6 394	6 388	6 429	5 798
- Libre	45 743	45 823	45 808	45 286	40 349	40 651	41 014	41 411	41 653	41 765	41 866
Estatad	61 108	61 108	61 736	61 998	56 062	56 901	59 258	60 984	61 872	62 344	64 706
Rural	97 503	99 249	99 722	100 111	151 351	151 942	153 531	153 584	157 463	166 002	160 185
Brechas mejoradas	33 120	33 120	33 120	33 120	50 536	50 602	50 432	51 231	52 416	52 992	60 557
Por estado superficial											
Pavimentado	83 925	85 931	87 433	88 371	93 868	95 916	98 717	102 250	104 023	108 086	107 688
Revestimiento ^{5/}	118 472	119 610	120 245	120 666	150 437	150 100	151 664	148 336	151 541	145 907	145 350
Otros ^{6/}	36 838	36 421	36 178	36 146	60 287	60 388	60 210	63 018	64 228	75 539	80 047
Por carriles ^{7/}											
Dos carriles	75 995	76 734	77 331	77 921	81 019	82 605	84 684	87 364	88 243	89 250	97 815
Cuatro o más carriles	5 522	6 702	7 607	7 955	8 263	8 449	8 912	9 295	9 434	10 055	9 873
Movimiento de vehículos en las principales carreteras de cuota											
Concesionadas ^{8/}	328 750	361 977	376 992	428 789	532 988	463 645	494 797	538 377	587 228	634 031	772 227
No concesionadas	283 985	282 348	282 026	314 463	298 478	236 681	247 697	264 491	282 478	296 528	408 638
Rescatadas ^{9/}							66 040	80 873	100 926	115 927	130 691
PORCENTAJES											
Inversión en construcción, modernización y reconstrucción, respecto a la inversión total	88.1	95.2	97.0	90.0	94.5	83.0	83.7	75.6	59.8	60.2	58.1
Inversión en conservación respecto a la inversión total	11.9	4.8	3.0	10.0	5.5	17.0	16.3	24.4	40.2	39.8	41.9

1/ La suma de los parciales puede no coincidir con el total debido al redondeo de las cifras

2/ Incluye la inversión de los gobiernos de los estados en el rubro de construcción y modernización y hasta 1996 incluye la de particulares en obras concesionadas en construcción de nuevos tramos en modernización. Cifras deflactadas con el Índice de Precios Implícito del PIB, con la BASE 1993=100. Para el 2000, cifras deflactadas con el Índice de Precios del PIB estimado en los Criterios Generales de Política Económica para el 2000.

3/ A partir de 1994 las cifras no son comparables con años anteriores, debido al cambio de metodología en la captación de la información a cargo de la dependencia. Hasta 1993 se consignan cifras proporcionadas por las unidades centrales de la SCT, y desde 1994 se reportan datos de los 31 Centros SCT, en este caso las cifras asentadas corresponden a kilómetros de carretera en operación.

4/ Incluye los datos de la red a cargo de CAPUFE, de Autopistas Concesionadas y Estatales de Cuota.

5/ Se realizan en todos los caminos rurales, en caminos alimentadores estatales y de la red troncal.

6/ Incluye tenacera y brechas mejoradas.

7/ Solo incluye carreteras troncales federales y alimentadoras estatales pavimentadas y excluye caminos rurales.

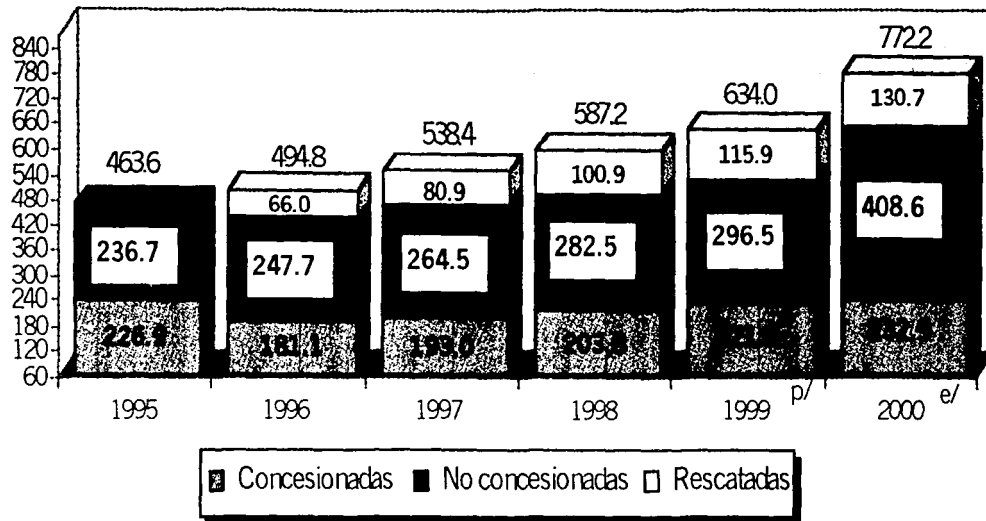
8/ Se refiere al tránsito diario promedio anual.

9/ Se refiere al aforo vehicular de las 23 autopistas rescatadas en agosto de 1997.

4/ Cifras estimadas.

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. 2000.

Figura 2.6 Mvimiento vehicular en las principales carreteras de cuota, 1995-2000
 (Miles de vehículos) ^{1/}



1/Se refiere al tránsito diario promedio anual.

p/ Cifras preliminares

e/ Cifras estimadas

Fuente: SCT. 2000.

II.4.1.7 La Red Troncal (10 Ejes Carreteros)

Uno de los componentes más importantes de la red básica nacional lo constituye el conjunto *de los 10 ejes troncales principales, que suman una longitud total de 15,831 kilómetros*, sin duplicar los tramos que comparten entre ellos. Esta longitud representa cerca del 56 por ciento de la red básica nacional y ha recibido atención prioritaria como parte de la estrategia carretera de la presente administración.

Los 10 ejes están integrados por vías que comunican las principales zonas de producción industrial y agropecuaria y los centros urbanos y turísticos más importantes del territorio nacional. Cada uno de ellos se ha denominado según sus puntos extremos, y algunos incluyen ramales de gran importancia nacional, que en conjunto aseguran su cobertura de la mayor parte del territorio nacional.

Para programar las acciones a realizar en cada uno de los ejes durante el periodo 1995-2000, se evaluó la importancia de cada uno de sus tramos mediante indicadores de operatividad y competitividad. La evaluación permitió establecer un orden de prioridades para las acciones de construcción y modernización, constituyéndose así en un elemento de jerarquización y programación.

En otros términos, en la definición e identificación de los ejes troncales principales, se consideró como objetivo colateral la creación de una herramienta de planeación para asignar y aplicar los recursos disponibles en forma racional y consistente, tomando en cuenta las necesidades de transporte que se derivan de los centros de producción y consumo ubicados en las diferentes regiones del territorio nacional.

El hecho de que los ejes se integren con las vías de comunicación más importantes del país, obliga a que sus tramos cuenten con altas especificaciones en toda su longitud, siendo también necesario que ofrezcan continuidad en la circulación. Por ello, se ha considerado conveniente contar con libramientos de las ciudades de más de 30 mil habitantes, carreteras alternas para rutas congestionadas y, en lo posible, vías de acceso controlado mediante soluciones adecuadas en entronques y cruces con otras carreteras principales y con vías férreas.

Ofrecer las características señaladas en todos los tramos que conforman los ejes troncales de la comunicación nacional, es fundamental para asegurar que tengan los menores costos y tiempos de recorrido y altos niveles de seguridad y confiabilidad de la operación, puesto que las carreteras de altas especificaciones contribuyen a mejorar la competitividad de la economía nacional y son un instrumento fundamental para el desarrollo integral de México.

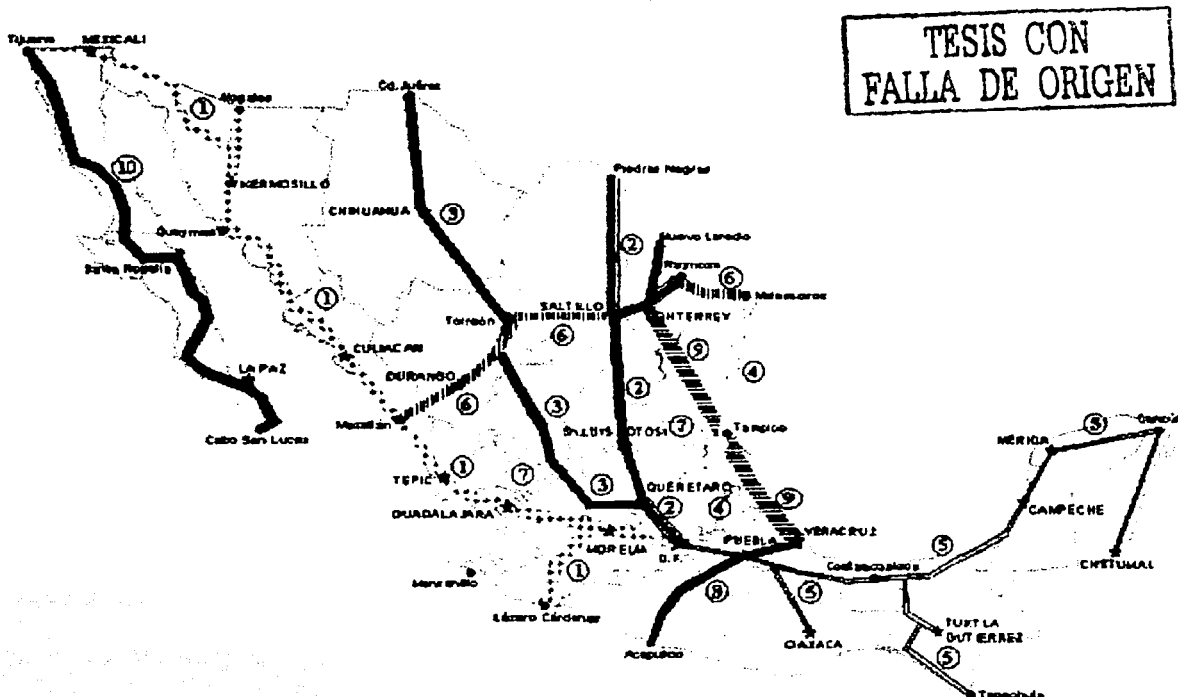
El diagnóstico de cada uno de los ejes troncales se basó en el análisis de 20 indicadores de operatividad y competitividad, que cubren aspectos relacionados con las características geométricas de los tramos que los integran, la intensidad de uso expresada en términos del tránsito diario promedio anual, su cobertura, su estado físico de conservación y su seguridad.

En el periodo 1995-1998, siguiendo el Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes 1995-2000, la SCT enfocó sus esfuerzos a construir y modernizar tramos ubicados en los 10 ejes troncales principales.

Considerando los avances logrados en dicho periodo, la longitud modernizada en los 10 ejes troncales fue de 9,508.5 kilómetros, que representan el 60 por ciento de su longitud total. Para el periodo 1999-2000 se modernizaron 1,437 kilómetros más, con lo cual al final del periodo se tuvo una longitud modernizada de 10,945.5 kilómetros, equivalentes al 69 por ciento de la longitud total. En la figura 2.7 se observa la trayectoria de los 10 ejes troncales:

1. México – Nogales	6. Mazatlán – Matamoros
2. México – Nuevo Laredo	7. Manzanillo - Tampico
3. Querétaro – Ciudad Juárez	8. Acapulco - Veracruz
4. Acapulco – Tuxpan	9. Veracruz - Monterrey
5. México – Chetumal	10. Transpeninsular

Figura 2.7 Los ejes troncales.

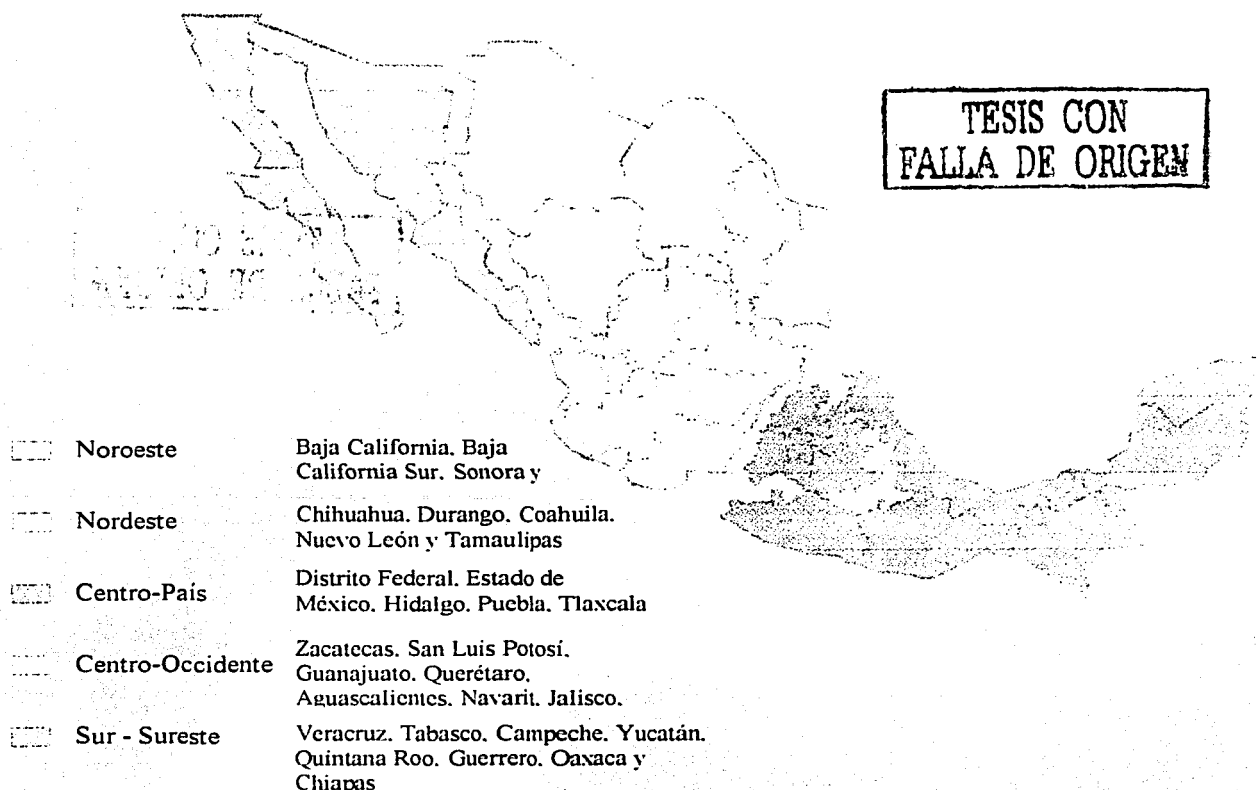


Fuente: SCT. 2000.

II.4.1.8 Corredores carreteros.

El nuevo Gobierno Federal ha tratado de dar un nuevo impulso a la administración pública en base ha programas, proyectos y planes de desarrollo, que impulsen el desarrollo homogéneo de todo el país y no solamente de la región norte y centro del mismo, para ello en el Plan Nacional de Desarrollo 2000 – 2006 ha propuesto la división del país en regiones. Esta planeación de desarrollo regional es un proceso continuo y permanente que fortalece la planeación nacional, maximiza las potencialidades de cada región y reduce los desequilibrios de las mismas. Otro objetivo que se plantea con estas regiones geográficas es de proporcionarles accesibilidad a puertos, mercados de producción y consumo, así como lograr una interconexión entre ellas para desarrollarlas integralmente. La división de estas regiones se muestra en la figura 2.8.

Figura 2.8 Meso – Regiones propuestas en la Planeación de Desarrollo Regional.



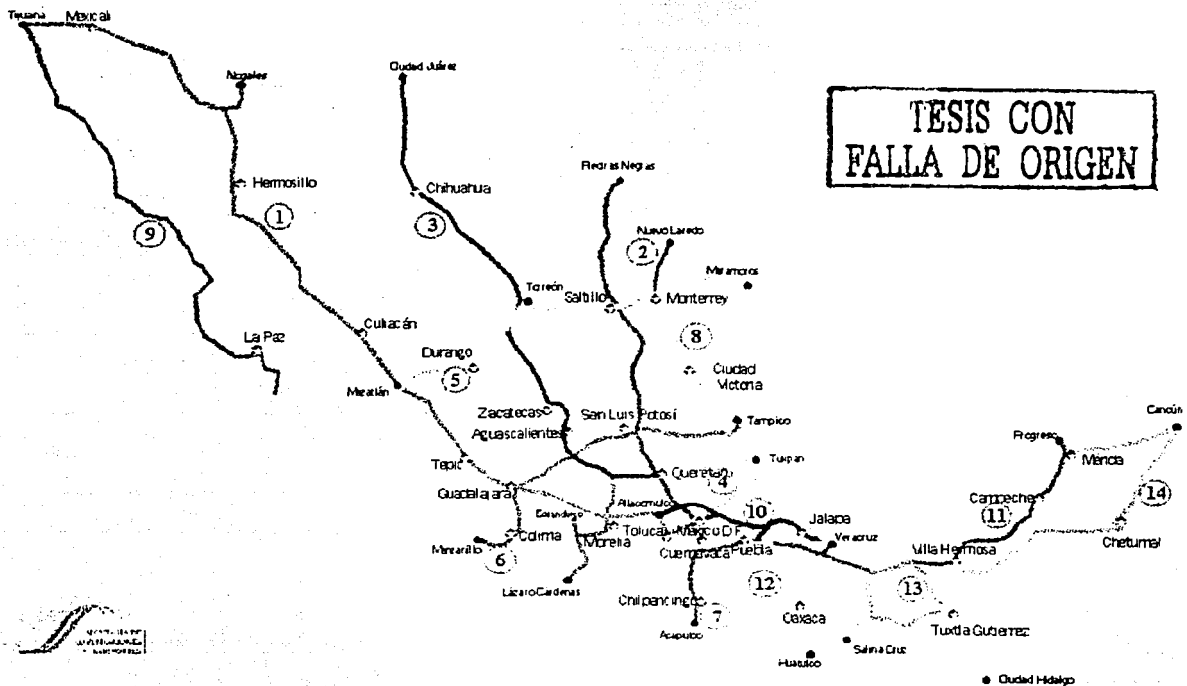
Fuente: Planeación de Corredores Carreteros. IV Seminario de Ingeniería Vial "La Planeación Estratégica en la Infraestructura Carretera". 2001.

El Plan Nacional de Desarrollo, el Plan Sectorial de Comunicaciones y Transportes y el Plan Regional están orientados hacia:

- Conservar la infraestructura existente.
- Ampliar la cobertura de la red federal de carreteras.
- Modernizar la red mediante proyectos de cobertura regional.
- Acordar programas de inversión en carreteras con los gobiernos de los estados.
- Consolidar corredores carreteros que permitan mejorar el acceso a las diferentes regiones del país, ciudades, fronteras, puertos marítimos y puntos de conexión con otros medios de transporte.
- Aprovechar en forma más eficiente y segura la infraestructura de la que se dispone.
- Integrar proyectos del sector y de otros sectores en regiones.

Para cumplir con estos objetivos es que se dividió el país en las regiones ya descritas, y se complementaron los 10 ejes troncales carreteros (vistos anteriormente) con un sistema de corredores carreteros, aumentando la cobertura y mejorando el acceso interregional. Estos corredores cuentan con 19245.3 km. En la figura 2.9 se muestran los principales corredores propuestos para el sistema carretero nacional.

Figura 2.9 Principales corredores del sistema carretero nacional.



Fuente: Planeación de Corredores Carreteros. IV Seminario de Ingeniería Vial "La Planeación Estratégica en la Infraestructura Carretera". 2001.

1. - México – Nogales, con ramal a Tijuana
2. - México – Nuevo Laredo, con ramal Piedras Negras
3. - Querétaro – Ciudad Juárez
4. - Acapulco - Tuxpan
5. - Mazatlán - Matamoros
6. - Manzanillo – Tampico, con ramales a Lázaro Cárdenas y Ecuandureo
7. - Acapulco - Veracruz
8. - Veracruz – Monterrey, con ramal a Matamoros
9. - Transpeninsular de Baja California
10. - Altiplano
11. - Puebla - Progreso
12. - Puebla – Oaxaca – Ciudad Hidalgo
13. - Circuito Transísmico
14. - Peninsular de Yucatán

La importancia de cada corredor según su uso se muestra en la tabla 2.4:

CORREDOR	LONGITUD (km)	VEHÍCULOS - KILÓMETRO (mill. Veh-km/año)	% RESPECTO AL TOTAL DE VEH-KM GENERADO EN LA RED FEDERAL
México -Nogales con ramal a Tijuana	3,074.5	5,590.0	8.95
México -Nuevo Laredo con ramal a Piedras Negras	1,734.9	5,242.0	8.39
Querétaro -Ciudad Juárez	1,755.2	4,293.0	6.87
Veracruz -Monterrey con ramal a Matamoros	1,296.8	4,154.0	6.65
Puebla -Progreso	1,319.5	3,725.0	5.96
Mazatlán -Matamoros	1,241.0	1,855.0	2.97
Puebla -Oaxaca -Ciudad Hidalgo	1,007.0	1,849.0	2.96
Manzanillo - Tampico con ramal a Lázaro Cárdenas y Ecuandureo	1,856.4	1,742.0	2.78
Transísmico	702.4	1,413.0	2.26
Acapulco -Tuxpan	830.4	1,371.0	2.19
Acapulco -Veracruz	851.0	1,288.0	2.06
Altiplano	581.0	1,243.0	1.98
Transpeninsular de Baja California	1,776.2	323.0	0.51
Peninsular de Yucatán	1,219.0	292.0	0.46
TOTAL CORREDORES	19,245.3	34,380.0	54.99

Fuente: Planeación de Corredores Carreteros. IV Seminario de Ingeniería Vial "La Planeación Estratégica en la Infraestructura Carretera". 2001.

II.4.2 El Sistema de Transporte Ferroviario.

Un ferrocarril se puede definir como la vía provista de guías paralelas, denominados rieles, sobre las que se deslizan una serie de trenes movidos por tracción mecánica.

II.4.2.1 Clasificación de los ferrocarriles.

Se puede clasificar a los ferrocarriles por sus líneas en:

- Líneas principales y secundarias. Las principales son aquellas que forman las grandes líneas troncales y las líneas secundarias las que complementan la red.
- Líneas de vía angosta y líneas de vía ancha. Esta clasificación corresponde al aspecto económico de su construcción sin tener en cuenta si es principal o secundaria.
- Líneas de tránsito general. Líneas suburbanas y líneas urbanas. Esta es una clasificación relativa al servicio público que prestan y así se tiene que las líneas de tránsito general corresponden al servicio nacional o internacional.

Las líneas suburbanas son aquellas que ligan una población con sus zonas de influencia cercanas. Las líneas urbanas son las que prestan servicio dentro de las poblaciones y pueden ser sobre la superficie o subterráneos.

- Líneas de servicio particular. Son líneas dedicadas únicamente al servicio de algunas empresas de carácter privado.

Las locomotoras se pueden clasificar, por su tracción en:

- De vapor
- Diesel eléctricas
- Diesel hidráulicas
- Eléctricas

Por su trabajo en:

- Locomotoras de patio
- Locomotoras de patio – camino
- Locomotoras de camino

II.4.2.2 Constitución de la vía.

La vía de un ferrocarril se compone de dos partes principales: las terracerías y la superestructura. Las terracerías son el conjunto de obras formadas por cortes y terraplenes para llegar al nivel de la subrasante, y la superestructura, o vía, es la parte que va arriba de la terracería y le forman dos hileras de rieles sujetos a piezas transversales llamadas durmientes, que a su vez descansan sobre un lecho de material pétreo llamado balasto, a lo que hay que agregar los accesorios de la vía tales como placas, planchuelas, tornillos.

a) El riel.

El riel viene designado por el número de kilos de peso por cada metro de longitud. El riel está formado por tres partes que son: la cabeza u hongo del riel, el alma y el patín. La cabeza del riel esta diseñada para estar en contacto con las pestañas de las ruedas. El alma de los rieles es la parte que ha sido diseñada no solamente con el fin de absorber los efectos del corte sino también los efectos flectores que se producen por la acción de las cargas transversales. El patín debe darle al riel su resistencia máxima y una superficie contra las fuerzas transversales que provocan su volteo.

Los rieles son generalmente laminados de 12 m de longitud. Sin embargo, a mayor longitud se disminuye la cantidad de juntas y por lo tanto se disminuyen los puntos débiles de las vías. Las juntas entre rieles pueden ser de dos maneras: suspendidas o apoyadas.

En México se emplea la junta suspendida que es más elástica, pues si se empleara la junta apoyada sobre el durmiente, resultaría muy rígida. En las juntas las tuercas se alteran de los dos lados. Los rieles se fijan a los durmientes por medio de clavos que se ponen contrapeados para que no se raje el durmiente.

b) El balasto.

Se llama balasto a cierto tipo de material escogido, tal como piedra triturada, grava, escoria, cenizas, etc. Que se coloca sobre las terracerías compactadas para dar apoyo y estabilidad a los durmientes. El balasto mantiene a los durmientes alineados y nivelados, permitiendo que el agua de lluvias se drene y haciendo posible el alineamiento, nivelación y elevación de la vía o bien la renovación de los durmientes sin afectar el lecho. La selección del tipo de material esta en función de la disponibilidad del mismo así como de los precios de éste. El espesor de la capa de balasto debe ser tal que proporcione firme asiento a los durmientes y distribuya las presiones uniformemente a la terracería. En el caso de las vías mexicanas el espesor de balasto es de 40 a 60 cm de espesor.

c) Los durmientes.

Se llaman durmientes o traviesas a las piezas que se colocan transversalmente sobre el balasto para proporcionar a los rieles de la vía un soporte adecuado. Los durmientes no sólo soportan los rieles de la vía, sino que además, proporcionan un medio para que los rieles se conserven con seguridad a la distancia correcta. La mayor parte de los rieles que se emplean en ferrocarriles son de madera. Aunque también existen de metal y de concreto.

En México las medidas reglamentarias de los durmientes son de 0.18 x 0.21 x 2.44 metros.

El espaciamiento de los durmientes varía de acuerdo con su tamaño y la densidad del tráfico que se vaya a presentar. Por lo general los espaciamientos entre durmientes van de los 25 a 45 cm.

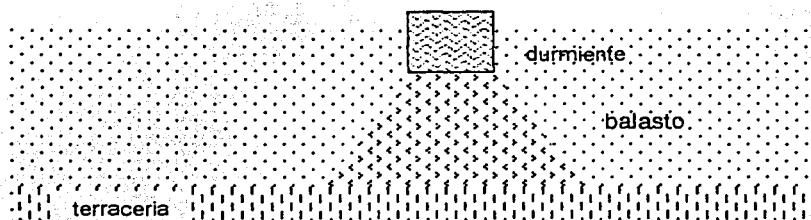
Para mantener la vida útil de los durmientes se les agrega cloruro de zinc y creosota. La mayor parte de la madera utilizada en México es aserrada y sólo excepcionalmente se recurre al método de labrar madera.

d) Placas para durmientes.

Sirven para controlar el desgaste mecánico de los durmientes. Las placas modernas tienen espesores de 0.5 pulgadas a 15/16 pulgadas, el ancho es de 7.5 pulgadas y la longitud es de 10 a 14 pulgadas.

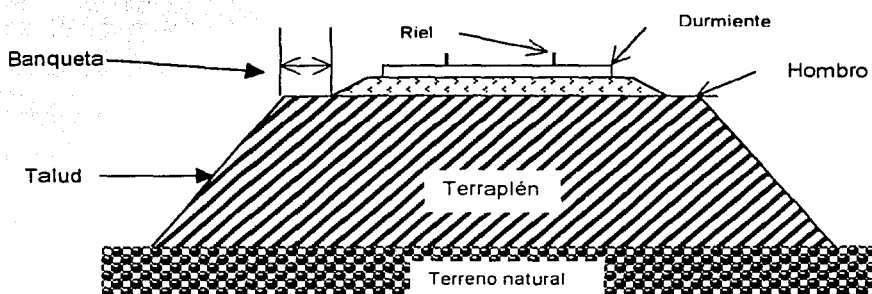
En las figuras 2.10 y 2.11 se pueden apreciar las partes que conforman la vía del ferrocarril.

Figura 2.10 Sección de una vía férrea.



Fuente: Vías de Comunicación, Crespo. 1996.

Figura 2.11 Sección transversal de una vía férrea.



Fuente: FNM. 1985.

II.4.2.3 Especificaciones y tamaños para las estaciones, patios y terminales ferroviarias.

• Especificaciones y tamaño para las estaciones y patios.

Cada país debe definir sus propias necesidades derivadas de sus costumbres, clima, cantidad y crecimiento de su tráfico clasificado de carga y pasajeros. Una red férrea nacional con determinada longitud de vías troncales, puede tener entre un 20% y 40% adicional de kilometraje para vías auxiliares, según el grado de desarrollo industrial y según el porcentaje del uso del ferrocarril respecto al tráfico total de cada país.

- **Estaciones, patios y terminales.**

Comprenden las áreas del Ferrocarril, donde se atienden los servicios públicos de carga y de pasajeros, contiguas a zonas destinadas a servicios de inspección, mantenimiento, aprovisionamiento y formación de trenes de carga y de pasajeros.

El mínimo servicio público se establece mediante un corto andén y una caseta con tejado, para una pequeña localidad. Estas paradas ("de bandera") carecen de laderos de paso y de Agente y sólo a medida que el tráfico se incrementa, se les dota de más servicios.

El desarrollo regional, la competencia con otros medios y un estudio de mercadotecnia permitirán proyectar edificios, vías e instalaciones con un tamaño tal que admita el crecimiento del tráfico durante la vida útil de las obras.

El proyecto de grandes estaciones, demanda visión económica de conjunto, donde el ferrocarril exhibe sólo sus necesidades y su derecho a prestar un servicio eficiente a las grandes Ciudades e industrias adecuadamente localizadas.

En estaciones de mediana importancia se pueden proyectar servicios de pasajeros y de carga, relativamente próximos, debiendo emplear túnel para peatones y amplio andén intermedio entre dos vías para atender trenes en dos direcciones.

En ocasiones las estaciones de pasajeros se denominan de "cola", localizando el eje del peine de las vías de los andenes, como un ramal que se apoya con una "Y" en la troncal. La disponibilidad del terreno determina la clase de solución donde las de "paso" son las más recomendables. Tanto las terminales de pasajeros como las de cargas, en sus dimensiones están determinadas por el largo de los trenes y la "entrevía" que se adopte para los andenes cubiertos.

Los trenes de carga precisan de grandes patios de maniobras en donde se les recibe y clasifican de acuerdo a sus diversos destinos y se forman nuevos grupos para hacerlos llegar a diversas formaciones.

Los patios tienen dimensión para cada necesidad específica: muelles para mercancías en general; de granos agrícolas, minerales, petróleo, etc. Para su diseño se debe tener en cuenta el volumen de tráfico y las tasas de crecimiento, además de conocer las especificaciones del equipo a utilizar.

- **Patios de "joroba"**

En los pequeños patios y terminales, se deben utilizar 1 o 2 locomotoras para clasificar los carros que se reciben y formar los nuevos trenes según su destino. Estas maniobras resultan lentas y costosas, por lo que es recomendable la construcción de un patio de gravedad o de joroba.

- **Localización de los patios.**

Debe alojarse el patio donde exista una loma o ondulación natural de 5 o 6 metros, en donde se construye la joroba para impulsar los carros hacia las vías de clasificación.

- **Proyecto patios de clasificación.**

El tamaño del patio representa un serio problema que debe resolverse adecuadamente, además de preverse su posible ampliación. Una terminal consta de patio de recibo; otro de clasificación; de reclasificación y de salida ó despacho, además de vías para la circulación, talleres, servicios y desde luego torre de control.

Se toma como unidad al carro cargado, o vacío y se calculan los volúmenes diarios, separadamente para los carros entrantes y los salientes. La vida útil del tamaño inicial de la terminal depende del límite del número de carros que sea posible manejar diariamente durante los días y horas de mayor tráfico. El tiempo de permanencia de un carro debe ser el estrictamente necesario para las maniobras y servicios y ello define el número de empleados, vías y elementos para el patio analizado.

Los patios de recibo funcionan en serie y por ello sus capacidades deben ser congruentes con el flujo constante de carros que se requiere a través de diversas áreas de la terminal, y por ello, la velocidad de goteo de carros a través de la joroba, determinará la capacidad del patio de recibo y cuando ya no se puede reducir la holgura para incrementar ese goteo se debe construir otra joroba.

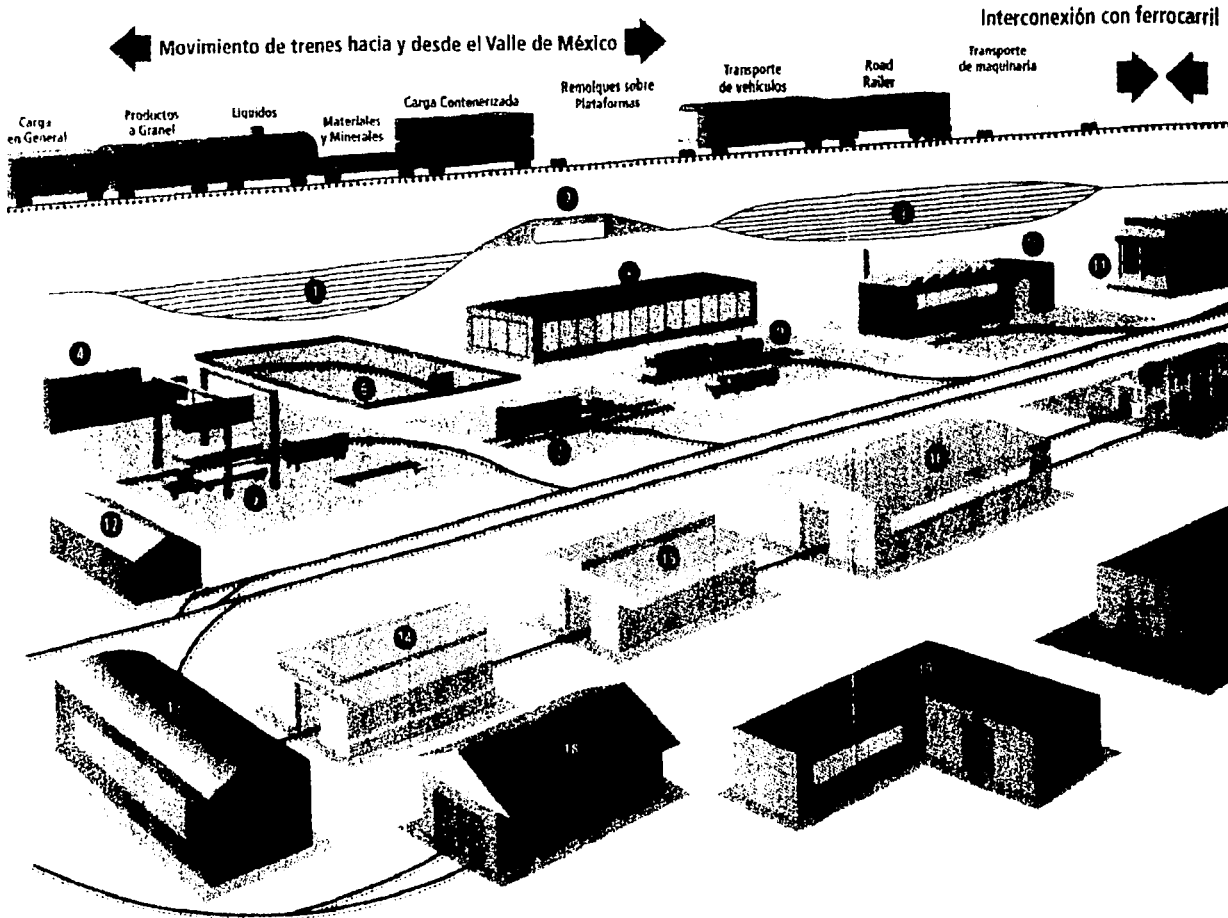
Cada patio es diferente, donde el número de carros por tren, define las dimensiones del patio de clasificación y donde precisa conocer los tipos de retardadores, el viento dominante, clase, peso y modelo de los carros.

El costo de operar un gran patio puede equivaler a operar entre 50 y 100 km de vía troncal. La operación óptima de un patio moderno puede reducir a la mitad el tiempo y costo de una terminal anticuada donde el ferrocarril deja de aprovechar su equipo y malgasta mano de obra y combustibles.

En la figura 2.12 se observa la configuración general de la Terminal Ferroviaria del Valle de México (TFVM). Además que en la parte superior de la figura se pueden apreciar los diferentes tipos de carros. Correspondiendo la simbología de la figura a las siguientes zonas, espacios y patios:

1. Recibo de trenes	6. Áreas asignadas en exclusiva	11. Carga y descarga en estaciones	16. Talleres de locomotoras
2. Clasificación por gravedad (joroba)	7. Rampas automotrices	12. Almacenes fiscales	17. Abastecimiento a locomotoras
3. Despacho de trenes	8. Oficinas generales	13. Consolidación y desconsolidación de carga	18. Centros de distribución
4. Almacenamiento de contenedores	9. Terminales de trasvase	14. Taller de maquinaria pesada	19. Centro de Evaluación de la Calidad de la Industria Ferroviaria
5. Servicio intermodal	10. Servicios a la industria	15. Talleres de carros.	20. Instituto de Capacitación Ferrocarrilera

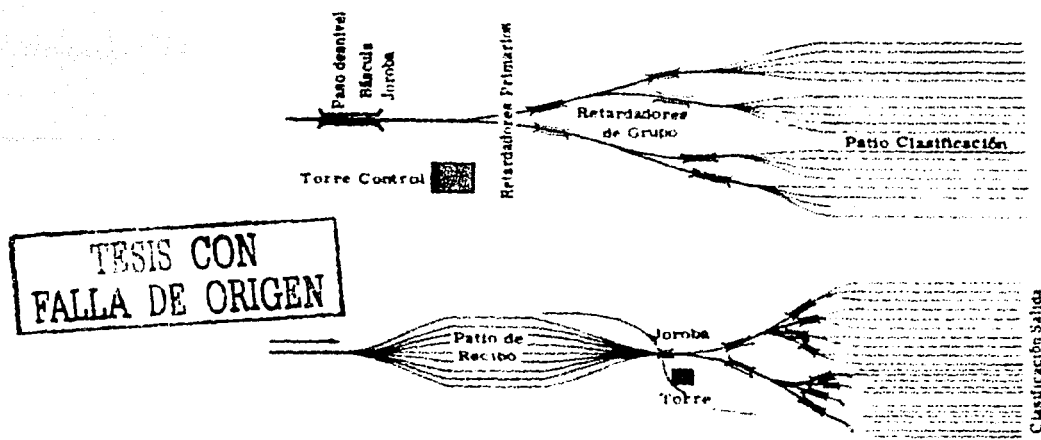
Figura 2.12 Configuración de la Terminal Ferroviaria del Valle de México



Fuente: TFVM. 2000.

En la figura 2.13 se muestran diversas configuraciones de los diversos patios que conforman una estación ferroviaria.

Figura 2.13 Ejemplos de la distribución de espacios y patios en una estación de ferrocarriles.



Fuente: Ferrocarriles, Togno. 1982.

- **Talleres de locomotoras en patios terminales.**

Constan de talleres para locomotoras diesel y casa de máquinas para reparaciones en general, además del cobertizo para aprovisionamiento. Se distinguen dos tipos de reparaciones: las ligeras o de conservación aplicables al 10% de los carros recibidos y las mayores que se aplican el 3% de los carros recibidos.

Las capacidades de los talleres es de aproximadamente tres carros, con tres turnos de siete horas. Talleres para locomotoras y carros, anexos a los grandes patios han sido modernizados mediante los métodos del "spot system" que duplican la eficiencia de los antiguos talleres. Se les localiza en áreas compactas de los grandes patios, empleando entre el 10 y 15% de la superficie de la terminal, donde se usan grúas, máquinas de patio y mesas giratorias.

Los carros que van al taller son inspeccionados en el patio de recibo y a través de la joroba se les manda a los talleres. En los talleres se les da lavado automático, engrase, pintura, se les pueden quitar los trucks mediante el empleo de gatos hidráulicos, etc.

II.4.2.4 Infraestructura ferroviaria.

La infraestructura ferroviaria construida en su mayor parte en el siglo pasado y principios del actual, quedó en un estado deplorable después de la Revolución Mexicana. Su mejoramiento y rehabilitación, se había hecho con las limitaciones impuestas por las condiciones económicas del momento. De esa manera el estado físico constituía un elemento de ineficiencia, pues afectaba la velocidad comercial, la seguridad y la capacidad de circulación.

Los gobiernos posteriores elaboraron y aplicaron planes para rehabilitar el transporte ferroviario, así el tráfico del ferrocarril volvió a crecer con estas acciones, pero el uso del equipo, caracterizado por muchos años de servicio y poca capacidad, hacía que el mantenimiento y reparación fueran sumamente costosos.

Lázaro Cárdenas decretó en 1937 la expropiación de los bienes de los Ferrocarriles Nacionales de México. En años posteriores, se sustituyó definitivamente la fuerza tractiva de vapor por diesel; se elevó la potencialidad de trabajo de las vías; se construyeron nuevas terminales de carga y pasajeros; se logró eficiencia en el mantenimiento.

Al paso de los años la infraestructura ferroviaria siguió creciendo en diferentes regiones geográficas, conformando en total cinco:

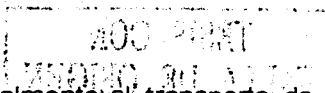
1. Ferrocarril de Sonora a Baja California (inaugurada en 1948).
2. Ferrocarril del Sureste.
3. Ferrocarril de Chihuahua al Pacífico (terminado en 1961).
4. Ferrocarril Transísmico.
5. Ferrocarril Mexicano.

Por acuerdo presidencial de enero de 1977, las cinco empresas ferroviarias antes mencionadas quedaron bajo la responsabilidad de Ferrocarriles Nacionales de México (Ferroviales). En años recientes la empresa fue concesionada a particulares en las siguientes unidades de negocios:

1. Ferrocarril del Noreste (Transportación Ferroviaria Mexicana).
2. Ferrocarril del Pacífico Norte (Ferromex).
3. Ferrocarril del Sureste (Ferroviales).
4. Terminal Ferroviaria del Valle de México (Ferrovalle).
5. Ferrocarril Chiapas Mayab.

En tan sólo un siglo el ferrocarril ha evolucionado desde aquellos convoyes compuestos de pocos vagones arrastrados por máquinas de vapor por combustión de leña y carbón, hasta las actuales eléctricas o de diesel. Ahora estos trenes corren sobre vía elástica y se apoyan sobre durmientes de concreto, en vez de los de madera usados hasta hace poco más de una década. Con todo ello se ha propiciado que la eficiencia de este medio de transporte sea cada vez, más grande, en lo referente a ahorro de tiempo de recorrido y costos, sobre todo para carga y a largas distancias. Cuenta también con sistemas de telex y radiocomunicación directa entre estaciones. El equipo moderno y su infraestructura proporcionan mayor rapidez en el desplazamiento.

Para superar las limitaciones, los servicios tienden a actualizarse permanentemente. La modernización, ampliación y conservación de la infraestructura requieren de una atención continua. La coordinación multimodal en el transporte ferroviario propicia el fortalecimiento de su posición dentro de los sistemas de transporte, ya que le permite incrementar la utilización del equipo.



Los ferrocarriles en México están dedicados fundamentalmente al transporte de mercancías, y atendiendo a un fenómeno mundial mediante el cual el tráfico por ferrocarril ha seguido una tendencia creciente, se ha obligado a las empresas operadoras del servicio a ampliar sus existencias de equipo de transporte.

La participación del ferrocarril en el mercado del transporte terrestre de carga es del 20%, medida en toneladas - kilómetro. Durante el año de 1998, se movilizaron por ferrocarril un total de 75.91 millones de toneladas y 46,873.3 millones de toneladas - kilómetro. En la tabla 2.4 se muestra la evolución de la longitud de las vías férreas en México desde 1989 al año 2000

Tabla 2.5 Longitud de vías.

Año	Principales	Secundarias	Particulares	Total	Vía ancha	Vía Angosta
1989	20 351	4 537	1 473	26 361	26 182	179
1990	20 351	4 537	1 473	26 361	26 182	179
1991	20 324	4 537	1 473	26 334	26 163	171
1992	20 445	4 460	1 540	26 445	26 274	171
1993	20 445	4 460	1 540	26 445	26 274	171
1994	20 477	4 460	1 540	26 477	26 310	167
1995	20 687	4 380	1 545	26 612	26 445	167
1996	20 687	4 380	1 555	26 622	26 455	167
1997	20 687	4 380	1 555	26 622	26 455	167
1998	20 687	4 380	1 555	26 622	26 455	167
1999	20 687	4 380	1 555	26 622	26 455	145
2000	20 688	4 413	1 555	26 656	26 510	145

Fuente: Ferrocarriles Nacionales de México (1988-1996), Ferrocarriles Nacionales de México y Transportación Ferroviaria Mexicana, S.A. de C.V. (1997) y Concesionarios Ferroviarios y Ferrocarriles Nacionales de México (1998).

En la figura 2.14 se observa la red ferroviaria nacional, así como su conexión con los ferrocarriles norteamericanos. Además en la figura 2.15 se muestra un mapa de la República Mexicana donde se indican las rutas de las empresas ferrocarrileras del país.

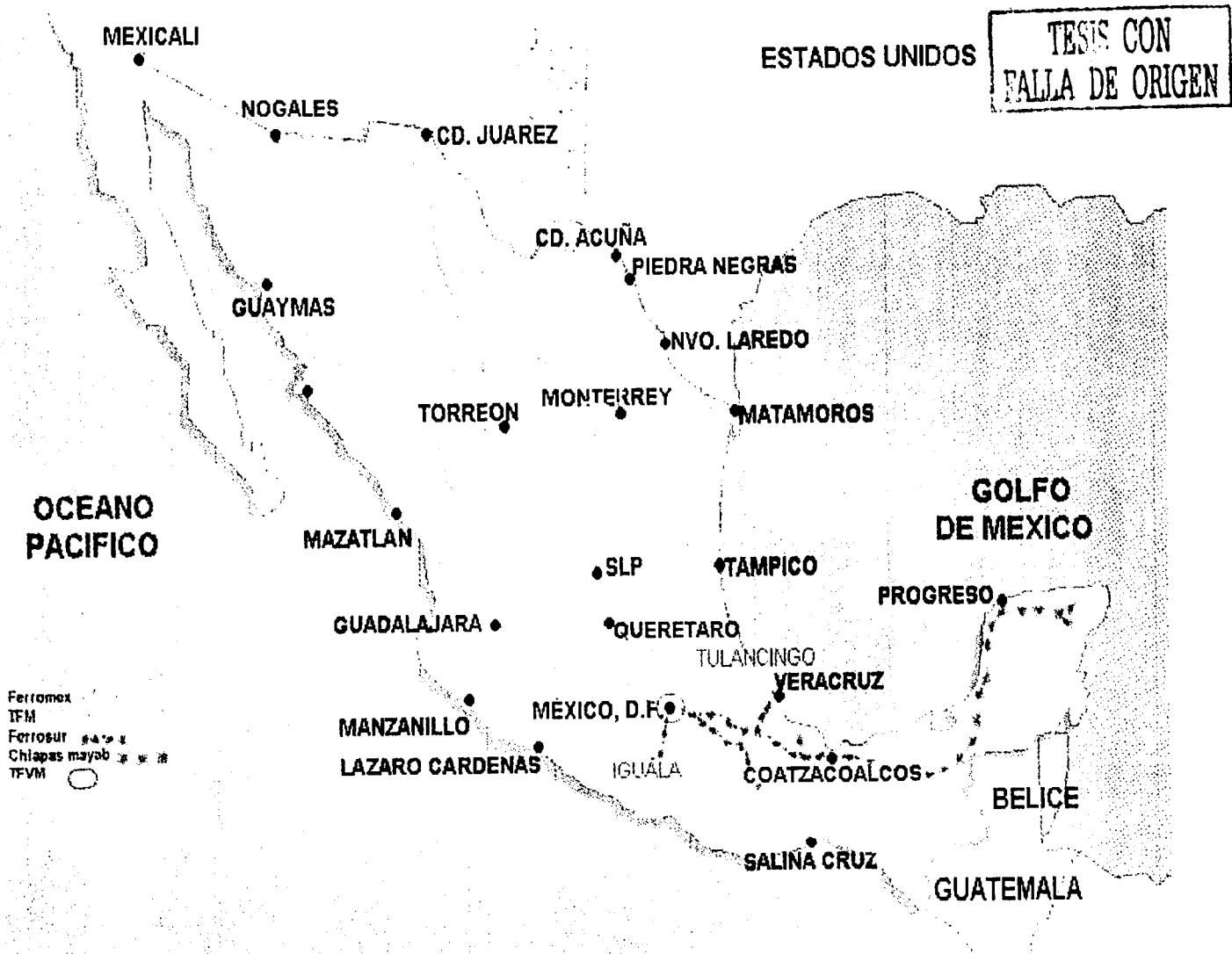
Para tener una idea más clara de la importancia del ferrocarril en la economía mexicana se pueden observar las tablas 2.6 y 2.7 que muestran la evolución de la infraestructura ferroviaria, el volumen y el tipo de carga que maneja el ferrocarril en función del tipo de comercio. Así mismo en las figuras 2.16 y 2.17 se muestra el volumen de carga que maneja el Sistema Ferroviario, además de indicar el volumen de carga manejado en cada uno de los tipos de comercio (interno, exportación e importación).

Figura 2.14 Red ferroviaria nacional.



Fuente: FNM. 1997.

Figura 2.15 Red ferroviaria dividida por empresas concesionarias.



Fuente: FNM. 2000.

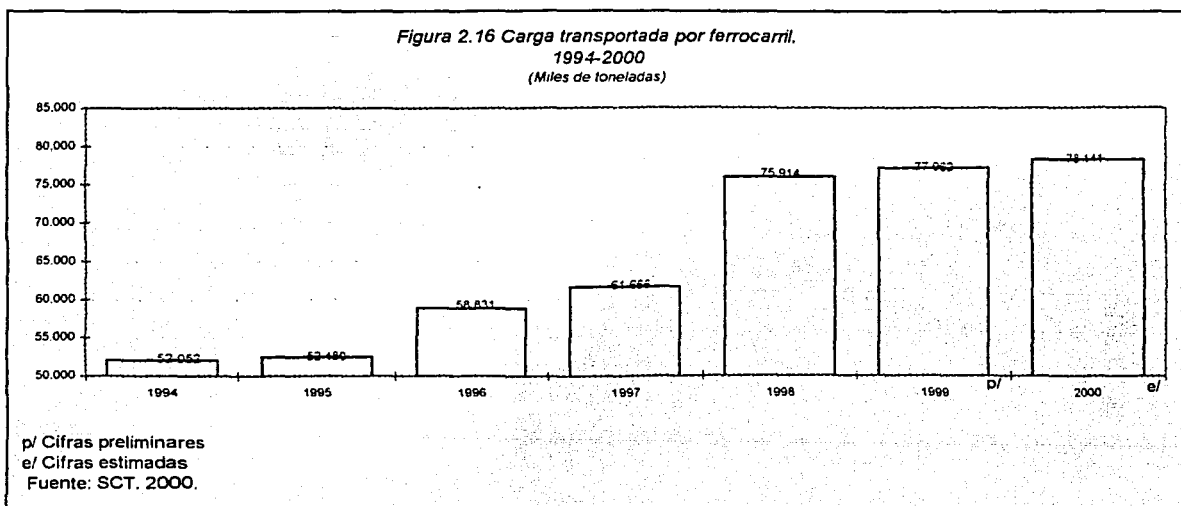
Tabla 2.6 Sistema Ferroviario Mexicano

Concepto	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000 ^{e/}
INFRAESTRUCTURA Y OPERACION FERROVIARIA											
Longitud total de la red (Kms) 1/ 2/	26 361	26 334	26 445	26 445	26 477	26 612	26 622	26 622	26 622	26 622	26 622
Vía principal 2/	20 351	20 324	20 445	20 445	20 477	20 687	20 687	20 687	20 687	20 687	20 687
Vías secundarias	4 537	4 537	4 460	4 460	4 460	4 380	4 380	4 380	4 380	4 380	4 380
Vías particulares	1 473	1 473	1 540	1 540	1 540	1 545	1 555	1 555	1 555	1 555	1 555
Empleo											
Personal ocupado 3/	63 290	78 114	58 626	55 664	49 323	46 283	45 544	35 583	23 376	17 465	16 880
Pasajeros transportados (Millones de pasajeros-km) 4/	5 336	4 686	4 794	3 219	1 655	1 699	1 799	1 508	460	254	91
Carga comercial transportada (Millones de toneladas-km) 5/	36 417	32 698	34 197	35 672	37 315	37 613	41 723	42 442	46 873	47 273	46 916
Carga transportada por el sistema ferroviario nacional (Miles de Tons.)											
Total	50 960	46 405	48 705	50 377	52 052	52 480	58 831	61 666	75 914	77 062	78 141
Terminados de acero	979	1 003	1 270	977	1 291	1 621	2 283	2 344	2 693	2 990	3 032
Productos agrarios, mineros y agrícolas	11 495	10 848	13 029	13 501	14 925	13 308	14 795	14 714	19 799	19 380	19 511
Transportación de contenedores	475	616	932	1 309	1 235	1 529	1 899	1 146	2 164	2 487	2 522
Cementos y derivados	7 335	6 659	7 475	8 496	8 342	7 695	8 363	9 953	11 641	12 264	12 508
Derivados del petróleo y petroquímica	4 411	4 257	4 735	4 955	4 589	4 227	4 227	5 322	7 488	7 537	7 709
Papel y derivados	2 004	2 005	2 183	2 057	2 218	2 487	2 330	2 369	2 988	3 052	3 125
Productos pesados e industriales	23 869	20 238	18 509	18 584	18 849	20 447	23 169	25 010	27 988	28 050	28 469
Otros productos 6/	592	563	572	498	603	664	765	808	1 193	1 302	1 265
PROPORCIONES											
Miles de toneladas-km transportadas por persona empleada 7/	437.2	418.6	583.3	640.8	756.5	812.7	916.1	1 192.8	2 005.2	2 706.7	2 880.8
Miles de pasajeros-km transportados por persona empleada 7/	64.1	60.0	81.8	57.8	37.6	41.0	39.5	42.4	19.7	14.5	5.4

1/ Incluye líneas electrificadas y no electrificadas.
 2/ A partir de 1995 cifras actualizadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes respecto al Quinto Informe de Gobierno.
 3/ A partir de 1998, se refiere al número de personas de honorarios actualmente contratadas por las empresas privadas. Para 1996 cifra actualizada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes respecto al Quinto Informe de Gobierno. La disminución observada a partir de 1995 se debe al proceso de reestructuración del Sistema Ferroviario y a partir de 1996 a su privatización. En el año 2000 ya no se incluye personal de Ferrocarriles Nacionales de México.
 4/ La disminución observada a partir de 1998 se debe a la privatización del Sistema Ferroviario que ha enfocado sus servicios al transporte de carga.
 5/ No incluye equipaje expres.
 6/ Incluye productos forestales y de la ganadería.
 7/ Para 1996 cifra actualizada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes respecto al Quinto Informe de Gobierno.
 p/ Cifras preliminares.
 e/ Cifras estimadas.
 Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes 2000.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Figura 2.16 Carga transportada por ferrocarril, 1994-2000 (Miles de toneladas)



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Tabla 2.7 Carga de comercio exterior transportada por ferrocarril

(Miles de toneladas)

Concepto	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000 e/
TOTAL	16 226	14 397	17 186	17 995	19 821	21 739	28 851	26 220	34 156	37 229	38 499
Importación	11 848	10 854	13 348	13 194	14 757	14 738	19 521	18 017	24 674	27 999	29 103
Sorgo	1 787	1 705	2 555	2 022	1 854	1 295	977	944	1 829	2 077	2 158
Frijol	279	21	19	3	32	11	66	73	141	589	612
Frijol soya	540	1 000	1 235	1 354	1 533	1 428	1 759	1 455	1 556	1 898	1 973
Malz	2 230	724	723	170	1 459	1 922	3 983	2 259	4 680	4 928	5 122
Trigo	202	320	679	975	881	969	1 522	954	2 341	2 050	2 131
Arroz	120	81	239	216	211	235	333	249	372	458	476
Chatarra	411	405	323	412	317	391	396	534	338	161	166
Material de ensamble	444	683	724	707	544	408	433	789	234	243	253
Vehiculos automotores	11	16	8	15	79	36	134	200	495	124	131
Forrajes y pastas	274	267	379	239	310	275	218	59	92	244	254
Celulosa	273	285	331	484	473	488	384	232	340	159	185
Láminas/planchas de acero	188	275	382	230	303	408	583	234	117	364	379
Otros productos	5 091	5 072	5 751	6 367	6 761	6 874	8 733	10 035	12 139	14 704	15 283
Exportación	4 378	3 543	3 838	4 801	4 864	7 001	9 130	8 203	9 482	9 230	9 396
Cemento	1 987	1 243	1 372	1 447	1 558	2 243	3 483	2 021	1 482	1 674	1 704
Vehiculos automotores	443	527	468	572	599	967	1 348	1 340	1 667	1 427	1 453
Contenedores en plataforma	233	413	364	574	388	591	704	457	682	1 056	1 075
Cerveza	209	173	198	256	303	417	548	879	1 445	838	853
Espatoflúor/fluorita	340	200	166	120	172	308	281	352	659	371	377
Productos quimicos	87	85	124	110	135	182	189	135	378	407	414
Otros productos	1 079	902	1 146	1 722	1 709	2 293	2 577	3 019	3 171	3 457	3 520
PORCENTAJES											
Participación de la carga de comercio exterior en el total de carga transportada por el sistema ferroviario	31.8	31.0	35.3	35.7	37.7	41.4	48.7	42.5	45.0	48.3	49.3
Participación de la carga de importación en el total de carga transportada por el sistema ferroviario	23.2	23.4	27.4	26.2	28.4	28.1	33.2	29.2	32.5	36.3	37.2
Participación de la carga de exportación en el total de carga transportada por el sistema ferroviario	8.6	7.8	7.9	9.5	9.3	13.3	15.5	13.3	12.5	12.0	12.0

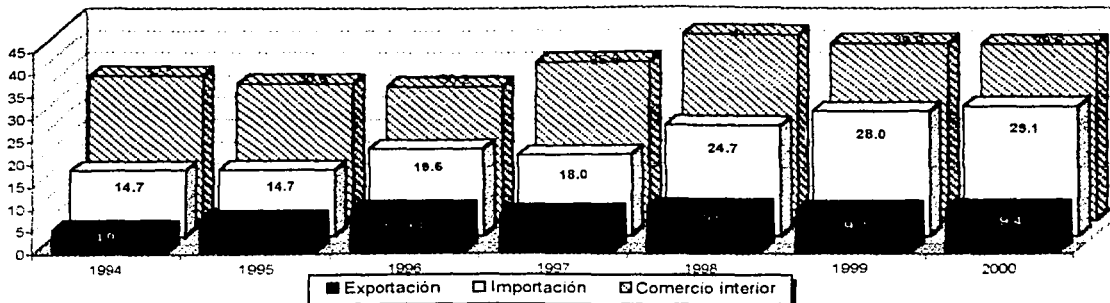
p/ Cifras preliminares

e/ Cifras estimadas

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. 2000.

Figura 2.17 Carga transportada por ferrocarril, 1994-2000

(Millones de toneladas)



/ Cifras preliminares

e/ Cifras estimadas

Fuente: SCT 2000

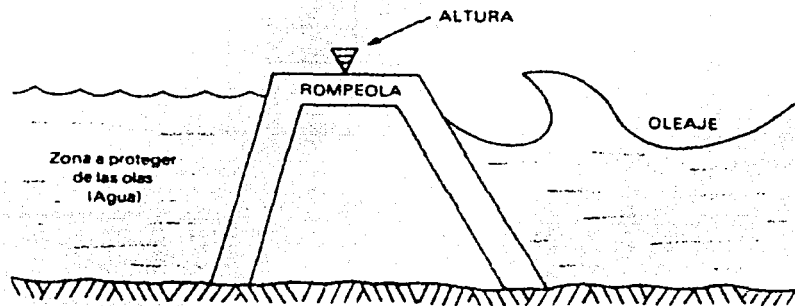
II.4.3 El Sistema Portuario.

Se dice que por sus características, el transporte marítimo es el medio más importante en los sistemas de transporte mundial y su cuantía puede apreciarse cuando se observa que en los últimos años el volumen total transportado por vía marítima ha crecido significativamente.

En términos generales, puede decirse que el mar como medio de comunicación ofrece grandes ventajas, pero para que ellas sean aprovechadas adecuadamente debe antes contarse con elementos que permitan su utilización como lo son la existencia de puertos para el refugio de las embarcaciones y una flota adecuada en cuanto a características, tamaño y operación. Es pues, necesario efectuar estudios, hacer planeaciones, desarrollar proyectos y realizar las obras portuarias marítimas y fluviales pertinentes. Estas obras son las siguientes:

- Las portuarias, que se refieren a la creación de nuevos puertos y al mejoramiento de los existentes, para que a través de ellos se realice el comercio y puedan ser aprovechadas por la industria pesquera y el turismo.
- Las de protección de costas, y las que sirven para conservar y mejorar los esteros y las lagunas costeras, mejorando sus condiciones ambientales. Un ejemplo de estas obras son las "rompeolas", que como su nombre lo indica tiene la función de proteger las obras disipando la energía que lleva el oleaje. En la figura 2.18 muestra el esquema de una "rompeola".

Figura 2.18 Rompeola.



Fuente: Vías de Comunicación, Crespo. 1996.

Podemos definir al puerto como el conjunto de obras, instalaciones y organizaciones que permiten al hombre aprovechar un lugar de la costa más o menos favorable para realizar operaciones de comercio entre diversos lugares, auxiliándose de medios de transportes terrestres y marítimos.

II.4.3.1 Clasificación de los Puertos.

A) Por sus características físicas.

Una primera clasificación podría ser por sus características físicas. Así se tendrá:

1. Por la naturaleza de la protección de las instalaciones.

Se consideran *Puertos Naturales*, si la conformación de la costa, proporciona una adecuada protección a las instalaciones portuarias de la acción del oleaje y existen las profundidades adecuadas para permitir la navegación de las embarcaciones.

Puertos Artificiales, son aquellos en que es necesario construir las obras de protección (rompeolas, escolleras); los dragados y los rellenos para las áreas de desarrollo terrestre de las instalaciones. Los puertos artificiales se construyen ganando terrenos al mar.

2. Por el influjo de las corrientes marítimas y las mareas es posible clasificar a los puertos como:

Puertos Abiertos, aquellos que reciben la influencia de las mareas y las corrientes marítimas.

Puertos Cerrados, son puertos que controlan sus niveles de agua, con esclusas que sólo se abren durante el tiempo en que ésta es superior a cierto nivel.

3. Por su ubicación en las costas y ríos, se pueden clasificar a los puertos como:

Puertos Marítimos, son aquellos que están localizados en las costas, protegidos artificialmente o de forma natural, del flujo directo del oleaje y las corrientes marinas.

Puertos Interiores. Son los que se construyen en la ribera de un río, que están sujetos exclusivamente al régimen de avenidas del río. Los puertos interiores localizados sobre la margen de un río son también llamados fluviales, y si se localizan en la margen de un lago se les denomina lacustres.

Puertos Fluviomarítimos. Son los que se localizan en la ribera de un río y reciben el influjo de las mareas.

B) Por su función económica.

Otro criterio para clasificar a los puertos es el que se refiere a la naturaleza de su función económica, sin que ello signifique que no puedan darse otras dentro de sus recintos portuarios. Así se tiene:

- De altura, cuando atienden embarcaciones, personas y bienes en navegación entre puertos o puntos nacionales e internacionales.
- De cabotaje, cuando solo atienden embarcaciones, personas y bienes en navegación entre puertos nacionales.
- Puertos comerciales, son los puertos más significantes a lo largo de las costas.
- Puertos petroleros, son aquellos que reciben o envían crudos o derivados para que sean transformados o distribuidos en la zona de influencia.
- Puertos industriales, son aquellos que a través de sus instalaciones sirven a las industrias establecidas en sus inmediaciones y que los aprovechan para mover grandes volúmenes de materias primas, insumos o sus productos manufacturados.

- Puertos pesqueros, es este tipo de puertos la principal actividad es la pesca, complementada con plantas industriales que procesan o congelan los productos capturados en el mar.
- Puertos turísticos, como su nombre lo indica la principal actividad realizada en el puerto es el arribo de turistas nacionales o internacionales.

II.4.3.2 Los usuarios de un Sistema Portuario.

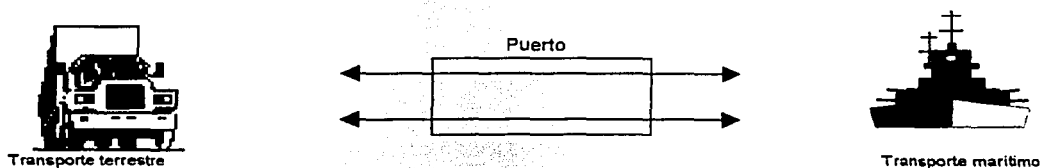
Una condición que define y dimensiona un sistema portuario esta relacionado con la atención que se da a los usuarios fundamentales de una terminal. La significación de cada uno de ellos permitirá asignar la función que tendrá el sistema, de allí la importancia de analizar tales usuarios.

Los usuarios fundamentales son:

- El pasajero y la carga.
- El barco.
- El transporte terrestre.

Los usuarios del Sistema Portuario pueden esquematizarse como lo muestra la figura 2.19.

Figura 2.19 Usuarios de un Sistema Portuario.



Fuente: Operación, Administración y Planeación Portuarias, López Gutiérrez. 1999.

Ocasionalmente, y si la función predominante del puerto no es la comercial, pueden existir otros usuarios no menos importantes, tal es el caso de las áreas industriales en los puertos industriales, la pesca en los puertos pesqueros, etc.

a) El pasajero y la carga.

Son los usuarios fundamentales del puerto, ya que por ser el objeto del transporte condicionan no sólo al puerto sino también a los restantes usuarios. En términos generales, el movimiento de pasajeros en recorridos transoceánicos ha perdido significación a causa del desarrollo de la aviación comercial de gran capacidad. En cambio, en traslados de cabotaje o de altura, en corta distancia, manifiesta tendencias crecientes, especialmente en países de actividad costera muy intensa como Japón o naciones del norte de Europa. Lo anterior motiva que se destinen áreas exclusivas del puerto para este tipo de flujo. Un segundo tipo de movimiento de pasajeros que también ha presentado incrementos muy sensibles es el de los cruceros turísticos lo cual ha generado demandas para transformar instalaciones y dar servicios para esta forma de transportes de pasajeros.

Por lo que toca a la carga, el rasgo fundamental que condiciona instalaciones y equipamiento es su forma de presentación. Pueden distinguirse dos grandes grupos, cuando la carga se maneja

Figura 2.20 El barco.



Fuente: Infoport. 2001.

La evolución tecnológica operada para diseñar buques tanque de gran capacidad, permitió con relativa facilidad aplicarla al caso de barcos para graneles sólidos también de gran capacidad. Este incremento tuvo sus efectos inmediatos en la reducción del costo del transporte.

En el manejo de carga en general, tomando en cuenta las nuevas condiciones de competitividad que imponía el comercio mundial actual, los cambios principales se operaron en el manejo de la carga en forma de contenedores y en embarcaciones cuya rapidez y capacidad asegure al productor esa posibilidad de competencia, no obstante el alto costo que representa la construcción y operación de este tipo de barcos. En este ámbito del manejo de la carga general y siguiendo el principio de la unitización de la carga, se ha destacado el crecimiento de las embarcaciones (Ro/Ro) que son buques en que la carga y la descarga se hace por rodadura sea desde los propios vehículos de transporte terrestre o simplemente contenedores sobre plataformas.

Demandas del barco.

Según los diversos tipos de carga y de barcos examinados, cada uno de ellos plantea demandas diversas sobre el punto de vista de la infraestructura y los servicios portuarios.

c) Transporte Terrestre.

Las formas usuales para desalojar o llevar la carga de o a un puerto son:

1. Carretera.

Con mucho el transporte por carretera constituye el principal medio terrestre para el manejo al interior de la carga del puerto. Se utiliza principalmente para manejo de carga general debido a su baja capacidad de transporte. Circunstancialmente puede emplearse en el manejo de graneles pero ello causa bajo rendimiento en la descarga y congestión en el puerto por el número de vehículos que deben emplearse para descargar un buque.

El transporte carretero cobra popularidad a raíz de la introducción de transporte de contenedores y el uso de barcos Ro/Ro sobre todo en las primeras etapas de operación de una terminal para el manejo de estos contenedores. En la figura 2.21 se muestra la descarga de contenedores a través de tractocamiones.

por unidades generalmente embaladas y cuando se hace en grandes volúmenes sin un elemento de empaque específico.

El primer tipo recibe el nombre de carga general, tiene como características adicionales: heterogeneidad en su forma de presentación, facilidad de deterioro y gran irregularidad en tamaño. Ello demanda la necesidad de un almacenamiento en puerto, manipulación para agrupar cargamentos, envasado, operación individualizada y gran cantidad de mano de obra.

La segunda, denominada, carga a granel, tiene características opuestas a la anterior: homogeneidad, regularidad y de ser difícilmente deteriorable. Las necesidades principales son: amplias zonas de almacenamiento, moverse en grandes volúmenes, que puede estar fuera de la zona de puerto y puede llevarse en bandas o tuberías; barcos de gran calado, empleo de poca mano de obra.

Se puede establecer la siguiente clasificación de la carga y pasajeros:

Pasajeros.

Por tipo de navegación y tráfico.

- Transporte transoceánico de larga distancia.
- Transporte de cabotaje o de altura de corta distancia.
- Cruceros turísticos.

Carga.

Carga general.

- Suelta (cajas, sacos, tambores, piezas de maquinaria, etc.)
- Unitaria. En plataformas de madera y contenedores.

Especial.

En barcas transportadas en barcos especiales.

Graneles.

- Sólidos. Productos agrícolas y minerales; en granos de diferentes diámetros y en polvo.
- Líquidos, Productos petrolíferos, gases licuados, varios.

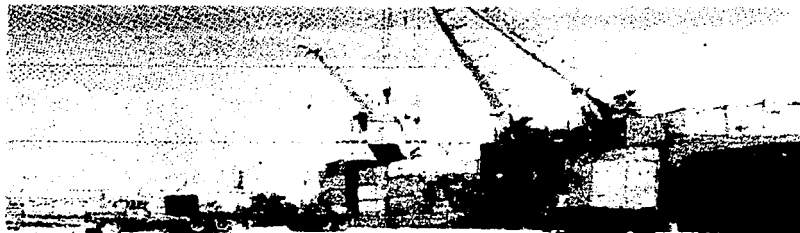
Perecederos.

Pesca, verduras, frutas, carnes. Frescas o congeladas.

b) El barco.

El barco constituye uno de los elementos más importantes de análisis de un sistema portuario. Sus dimensiones, su capacidad y su costo hacen que la planeación, diseño y operación de un puerto giren en buena medida alrededor de este usuario. La figura 2.20 muestra distintos tipos de barcos, que implican diversos tipos de infraestructura y servicios

Figura 2.21 El transporte terrestre.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fuente: Infoport. 2001.

2. Ferrocarril.

Si bien ofrece la ventaja de una mayor capacidad y de posibilidad de manejar distintos tipos de carga, tiene una gran rigidez por su forma de operar lo cual sino se dispone de áreas exclusivas de formado de trenes, puede generar congestionamientos con el movimiento de otros vehículos y molestias para las áreas urbanas inmediatas al puerto.

3. Canales y ríos.

Es muy adecuado para el transporte de grandes volúmenes de industrias ubicadas en sus márgenes o en sus vecindades. Conviene destacar que las demandas de profundidad que plantean las embarcaciones que prestan este tipo de servicio, rara vez exceden los 3 metros. Por otro lado este modo de transporte permite el manejo directo de la carga sin transbordo cuando se emplean en el puerto final barcos Lash.

4. Tuberías.

Ofrecen un sinnúmero de ventajas en relación con su capacidad, trazo para su localización y automatismo en su operación. Su uso más frecuente es en el manejo de productos petroleros.

5. Bandas transportadoras.

Se utiliza para el transporte de graneles sólidos minerales desde los sitios de explotación a los puntos de embarque.

II.4.3.3 Componentes de un Puerto.

Los puertos desde el punto de vista de la ingeniería son un conjunto de estructuras que realizan una función básica bien definida y que agrupadas permiten lograr los índices de alta eficiencia que son requeridos en toda unidad de producción. Los componentes para cumplir con estos objetivos se clasifican en dos grupos: la infraestructura y la superestructura.

La infraestructura portuaria la componen las instalaciones físicas, tales como las estructuras que le dan protección y que permiten las maniobras de las embarcaciones en aguas calmadas, así como las que permiten su atraque, el almacenamiento de la carga, los servicios generales, el señalamiento portuario para dar seguridad a la navegación.

Los componentes de la superestructura, son los elementos que permiten realizar el transbordo y manejo de carga dentro del puerto como son: la maquinaria, grúas, tractocamiones así como los recursos humanos. En un puerto se tienen diversas áreas o zonas:

a) Áreas de agua de un puerto.

Accesos al puerto

- Bocana.
- Canal de navegación principal.
- Antepuerto y fondeadero.

Áreas de maniobras

- Dársena de ciaboga.
- Dársena de maniobras.
- Canales secundarios.

Áreas de servicios

- Dársena de servicios.

Bocana.

Es la entrada de mar abierto a la zona abrigada, puede ser natural o artificial, en cuyo caso será limitada por rompeolas o escolleras.

Canal de navegación principal.

Es la navegable más importante del puerto, en ella el barco en movimiento pasa de mar abierto a la zona protegida, y debe además realizar la maniobra de parada.

Antepuerto. Es el área de agua ubicada cerca de la entrada, generalmente es atravesado por el canal de acceso, su función es propiciar una expansión de la energía de oleaje que pase por la bocana y dar servicio para maniobras o fondeo de las embarcaciones.

Fondeadero.

Sirven para el anclaje, cuando los barcos tienen que esperar un lugar de atraque, el abordaje de tripulación y abastecimientos. Su ubicación debe ser estratégica, aunque generalmente se ubican junto a los canales de navegación.

Dársena de Ciaboga.

Es el área dentro del puerto, donde los barcos hacen las maniobras de giro y revire con el fin de enfilarse hacia las distintas áreas de desembarque.

Dársena de Maniobras.

Son áreas destinadas a maniobras de preparación para el acercamiento o despliegue del muelle, generalmente las maniobras se realizan con ayuda de remolcadores.

Canales secundarios.

Son las vías navegables dentro del puerto que permiten que las embarcaciones realicen su entrada o salida.

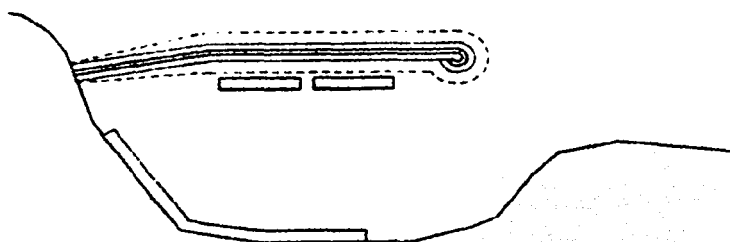
Dársena de servicios.

Comprende las áreas de agua contiguas a los muelles y las complementarias para permitir las reparaciones a flote.

b) Obras de Protección.

- a) Obras paralelas a la costa. Se usa en puertos exteriores ganados al mar. Se puede observar en la figura inferior. Se muestra un ejemplo en la figura 2.22.
- b) Obras convergentes. Este tipo es muy utilizado en busca del calado necesario para la boca de la entrada.
- c) Obras perpendiculares a la costa. Este tipo se proyecta generalmente en puertos creados en tierra o en fluviales.

Figura 2.22 Obras de protección paralelas a la costa.



Fuente Manual de Dimensionamiento Portuario. SCT. 1992.

Atracadero.

Paraje o instalación donde pueden atracarse las embarcaciones generalmente mayores. Atracar es arrimar el costado de una embarcación al muelle.

Muelle.

Obra o construcción formada artificialmente a la orilla del mar, río, lago, laguna, etc. Que puede ser utilizada para atracar embarcaciones, para facilitar el embarque o desembarque de mercancías y personas.

Escollera.

Estructura que penetra en mar abierto y es proyectada para evitar el azolvamiento de un canal por los materiales del acarreo del litoral, así como dirigir y encauzar una corriente.

Espigón.

Es una estructura protectora de la costa construida perpendicularmente a la línea de la playa para retardar la erosión.

Bodega.

Depósito cubierto para guardar mercancías con riesgos mínimos.

Cobertizo.

Espacio cubierto que carece de muros.

Patio.

Area dentro del puerto donde se depositan mercancías que pueden permanecer a la intemperie.

Zona de desarrollo portuario.

Area constituida por los terrenos de propiedad privada, de la Federación, Estado o Municipio, para establecimiento de instalaciones industriales y de servicios relacionados con la función portuaria y/o ampliación del puerto.

Faro.

Torre alta, construida en un sitio elevado, con luces que guían. En la figura 2.23 se muestra un esquema con las principales áreas que conforman por lo general una instalación portuaria.

II.4.3.4 Sistema Portuario Mexicano.

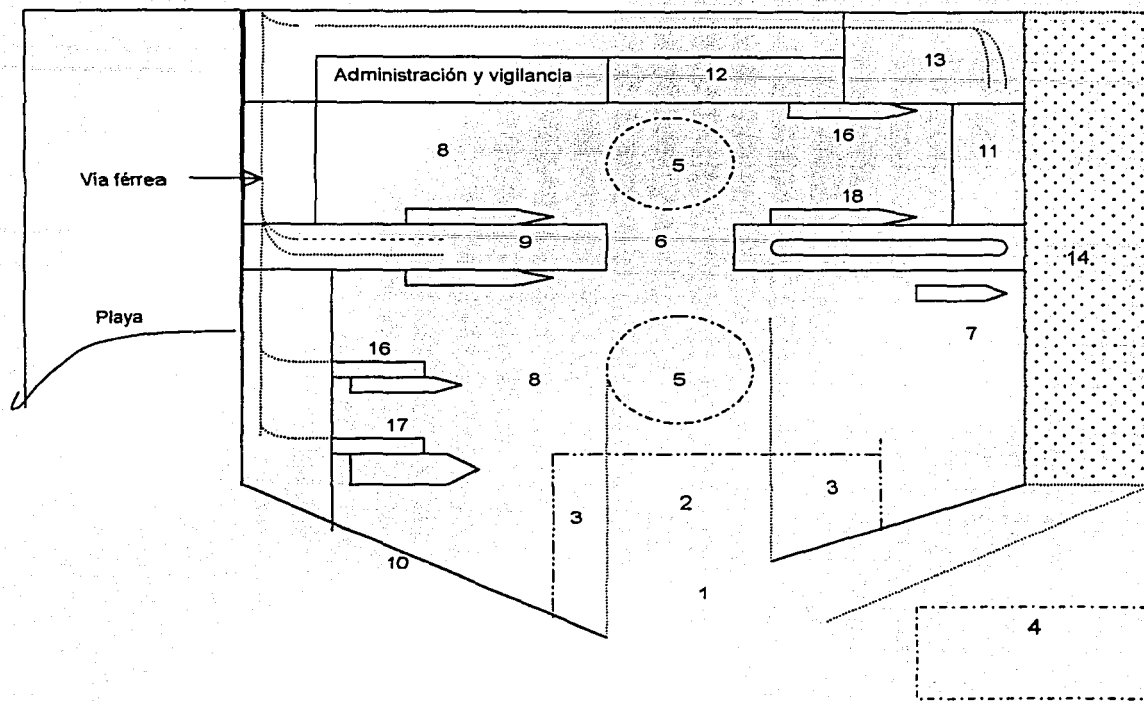
El sistema portuario nacional está conformado por 108 puertos y terminales habilitados como tales, con una longitud total de muelles que asciende a 110 kilómetros. En la tabla 2.8 se muestra la infraestructura del Sistema Portuario Mexicano.

Los puertos mexicanos son puntos clave de la actividad comercial con el exterior, a través de ellos transitan 85 % del volumen total de exportaciones y el 67% de las importaciones. Diversas e importantes mercancías como petróleo, petroquímicos y derivados, acero, sal, yeso, cemento, azufre, automóviles, sorgo, soya, trigo y maíz, además del movimiento de pasajeros, requieren de los servicios portuarios.

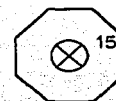
Por ellos se movilizan más de 236 millones de toneladas, una tercera parte de la carga manejada por todos los medios de transporte que llega a ser de 625 millones de toneladas. En la tabla 2.9 y la figura 2.24 se muestra el movimiento de carga por vía marítima en México. A través del sistema portuario se realizan importantes actividades económicas, entre las cuales destacan:

- El transporte de mercancías de comercio interior y exterior.
- La extracción y exploración de petróleo.
- La actividad pesquera de más de 140 mil embarcaciones.
- La producción de sal y de otros productos minerales.
- El turismo internacional de cruceros, en el que México participa en un 20% de los pasajeros atendidos.
- El turismo, con la operación de un gran número de embarcaciones e instalaciones de recreo, como lanchas y yates.

Figura 2.23 Áreas que por lo general conforman un puerto.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Simbología:

1. Bocana.	7. Dársena de servicios.	13. Patio.
2. Canal de navegación principal.	8. Dársena de maniobras.	14. Zona de desarrollo portuario.
3. Antepuerto.	9. Muelle de contenedores.	15. Faro.
4. Fondeadero.	10. Obras de protección.	16. Muelle de mercancías en general.
5. Dársenas de ciaboga.	11. Bodega.	17. Muelle granelero.
6. Canal de navegación secundario.	12. Cobertizo.	18. Muelle de cruceros.

Fuente: Elaboración propia, 2001.

Tabla 2.8 Infraestructura marítimo-portuaria

Concepto	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000 ^{e/}
INFRAESTRUCTURA PORTUARIA											
Puertos ^{1/}											
Marítimos ^{2/}	76	76	76	76	76	76	76	98	86	97	97
Fluviales	9	9	9	9	9	9	9	11	11	11	11
Longitud de los muelles (Miles de metros) ^{3/}											
Litoral del Pacífico	49.2	50.0	50.2	50.2	58.4	50.2	50.2	101.5	102.6	104.1	104.9
Litoral del Golfo	59.6	59.9	59.9	60.3	60.3	59.9	59.9	75.0	76.6	77.3	78.1
Capacidad de bodega (Miles de m²)											
Litoral del Pacífico	178.1	186.2	186.1	186.1	186.1	186.1	186.1	192.0	171.2	154.4	154.4
Litoral del Golfo	195.1	195.1	195.1	195.1	195.2	195.1	195.1	242.1	208.3	215.2	215.2
Recintos fiscales (Miles de m²) ^{4/}	7 519.7	7 519.7	7 519.7	7 519.7	7 519.7	7 519.7	7 519.7	7 509.7	7 509.7		
EMBARCACIONES NACIONALES ^{5/}											
Total	2 001	1 983	1 973	1 974	1 982	1 975	1 960	2 004	2 065	2 135	2 136
Pesqueras	1 437	1 419	1 396	1 396	1 387	1 393	1 392	1 421	1 455	1 490	1 492
Buques tanque ^{6/}	47	48	45	45	47	46	45	46	45	44	43
Buques de carga ^{7/}	155	149	165	165	178	172	171	178	201	220	222
Otros ^{8/}	362	367	367	368	370	364	352	359	364	381	379
Capacidad de carga (Miles de toneladas de registro bruto)											
Total	1 598.0	1 578.4	1 522.7	1 523.4	1 671.7	1 734.2	1 719.8	1 719.8	1 708.1	1 581.0	1 640.0
Pesqueras	252.1	251.8	248.3	248.3	251.6	244.2	244.1	252.4	258.9	264.0	265.0
Buques tanque ^{6/}	731.0	757.0	731.0	731.2	763.0	711.3	698.5	690.6	677.9	600.0	560.0
Buques de carga ^{7/}	382.4	326.5	301.7	301.8	414.4	545.2	546.6	543.6	535.3	479.0	479.0
Otros ^{8/}	232.5	243.1	241.7	242.1	242.7	233.5	230.6	233.2	236.0	238.0	236.0

1/ El incremento en 1997, se debe a la aplicación de nuevas normas de clasificación contenidas en el decreto de habilitación de puertos publicado en julio de 1997

2/ Incluye puertos de altura, cabotaje, terminales de transbordadores y puertos de pesca

3/ El incremento en 1997, se debe a la aplicación de nuevas normas de clasificación contenidas en el decreto de habilitación de puertos publicado en julio de 1997

4/ A partir de 1999 la Coordinación General de Puertos y Marina Mercante ya no genera esta información.

5/ Se refiere a embarcaciones nacionales matriculadas, mayores de 100 toneladas de registro bruto

6/ Incluye azufreros, gaseros, químicos y tanques

7/ Se refiere a los buques de carga blanca que incluye carga general, graneleros y portacontenedores, así como de carga, pasajeros y auxiliares (abastecedores, contra incendios, investigación, pasaje y unidades móviles de perforación)

8/ Incluye remolcadores, dragas, chalanes, transbordadores y embarcaciones para recreo

e/ Cifras estimadas

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes 2000

Tabla 2.9 Movimiento de carga por vía marítima
(Miles de toneladas)

Concepto	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000 e/
MOVIMIENTO DE CARGA POR VÍA MARÍTIMA 1/											
Total 2/	169 140	174 283	182 008	183 450	185 375	188 260	208 581	219 853	237 380	231 440	241 115
De altura 2/	107 917	113 509	118 984	121 929	122 675	123 051	145 131	158 888	168 867	164 098	171 240
Carga general 2/	7 272	7 149	8 208	8 547	8 645	9 847	12 833	13 785	15 009	15 803	15 855
Granel agrícola 2/	8 247	4 880	6 184	4 766	4 968	5 081	9 101	8 595	9 356	10 136	10 036
Granel mineral	17 483	15 999	17 397	18 535	18 558	27 048	34 868	32 202	33 134	30 591	32 749
Flúidos 3/	76 935	85 482	87 195	90 081	90 504	81 075	88 329	106 326	111 368	107 568	112 600
De cabotaje	81 223	60 774	83 024	81 521	62 700	63 209	63 450	60 765	68 513	67 342	69 875
Carga general	3 317	3 022	3 317	3 688	3 781	3 529	2 435	4 660	4 945	5 723	5 493
Granel agrícola	499	466	292	206	237	178	277	1 462	1 107	58	588
Granel mineral	16 086	15 462	17 692	17 328	17 692	17 847	18 147	19 339	20 965	21 236	21 709
Flúidos 3/	41 321	41 804	41 723	40 299	40 990	41 654	42 591	35 304	41 496	40 325	42 085
CARGA TRANSPORTADA DE COMERCIO EXTERIOR											
Total 3/ 4/	107 917	113 509	118 984	121 929	122 675	123 051	145 131	158 888	168 867	164 098	171 240
Importación	19 020	19 069	21 520	20 241	21 918	19 696	27 533	33 317	43 185	44 814	45 276
Uitoral del Pacífico	7 843	7 186	8 349	7 923	9 019	7 650	9 901	12 712	16 526	15 298	16 392
Uitoral del Golfo	11 177	11 883	13 171	12 318	12 899	12 046	17 632	20 605	26 659	29 516	28 884
Exportación	88 897	94 440	97 464	101 688	100 757	103 355	117 598	125 571	125 682	119 284	125 964
Uitoral del Pacífico	19 631	18 819	18 246	18 645	21 619	22 388	25 410	23 949	18 836	20 192	20 104
Uitoral del Golfo	69 266	75 621	79 218	83 043	79 138	80 967	92 188	101 622	106 846	99 092	105 860
PORCENTAJES											
Participación del movimiento de altura en el total de carga por vía marítima	63.8	65.1	65.4	66.5	66.2	66.1	69.6	72.3	71.1	70.9	71.0
Participación del movimiento de cabotaje en el total de carga por vía marítima	36.2	34.9	34.6	33.5	33.8	33.9	30.4	27.7	28.9	29.1	29.0
Participación de la carga transportada de importación en el total de carga por vía marítima	11.2	10.9	11.8	11.0	11.8	10.8	13.2	15.2	18.2	19.4	18.8
Participación de la carga transportada de exportación en el total de carga por vía marítima	52.6	54.2	53.5	55.4	54.4	55.5	56.4	57.2	52.9	51.5	52.2

1/ Se refiere a lo realizado por embarcaciones nacionales y extranjeras.

2/ Para 1990 y 1991 cifras actualizadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, respecto al Quinto Informe de Gobierno.

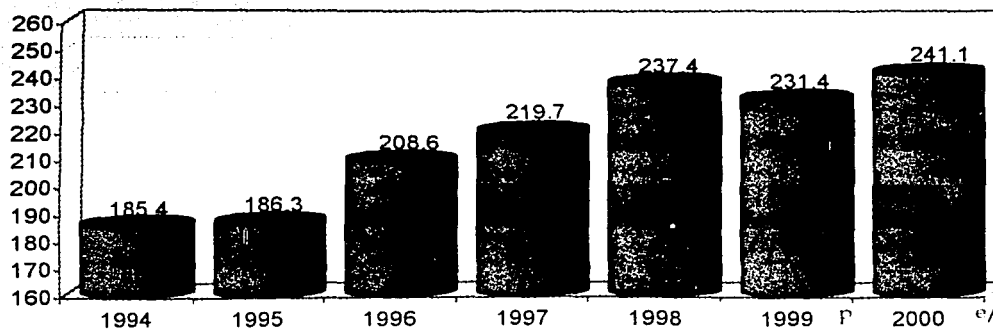
3/ Incluye petróleo, derivados y otros flúidos.

4/ Para 1991 cifra actualizada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, respecto al Quinto Informe de Gobierno.

e/ Cifras estimadas.

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2000.

Figura 2.24 Movimiento de carga por vía marítima, 1994-2000
(Millones de toneladas)



p/ Cifras preliminares

e/ Cifras estimadas

Fuente: SCT.2000.

El transporte marítimo es fundamental para las exportaciones de petróleo y derivados, productos de acero, automóviles, sal, yeso, azufre, cemento, y para las importaciones de derivados del petróleo, graneles agrícolas, fertilizantes y productos químicos, entre otros. También es importante para el turismo: se atiende a más de 2.6 millones de turistas que arriban en cruceros, y se transportan más de 4.6 millones de pasajeros entre distintas zonas de playa.

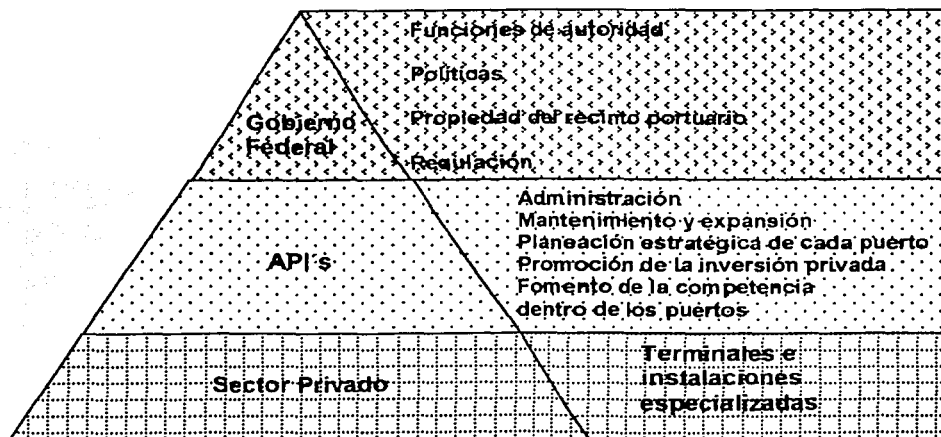
El sistema portuario nacional vive a partir de las recientes administraciones federales una nueva etapa. El modelo de organización y operación de los puertos establecido en estos últimos años impulsa la eficiencia y la competitividad, además que asegura el crecimiento y modernización de la infraestructura para atender la creciente demanda actual y futura.

Los puertos comerciales, industriales y turísticos del país cuentan con una administración propia, con autonomía de gestión y autosuficiencia financiera (figura representada por la Administración Portuaria Integral (API), que no sólo opera sin subsidios sino que genera utilidades, paga impuestos y realiza nuevas obras de infraestructura en función de la demanda de servicios. En la figura 2.25 se muestra como se estructura el Sistema Portuario Mexicano, a través de las API's.

Las API's son sociedades mercantiles encargadas de la planeación, programación, desarrollo y demás actos relativos a los bienes y servicios de un puerto. A través de ellas se impulsa la participación privada de la construcción de infraestructura y prestación de servicios.

Las Administraciones Portuarias son autónomas en su gestión operativa y financiera y están inmersas a un Programa de desarrollo en el que se observarán, los usos, destinos y modos de operación para las diferentes zonas del puerto y también las medidas y previsiones necesarias para garantizar una eficiente explotación de los espacios portuarios.

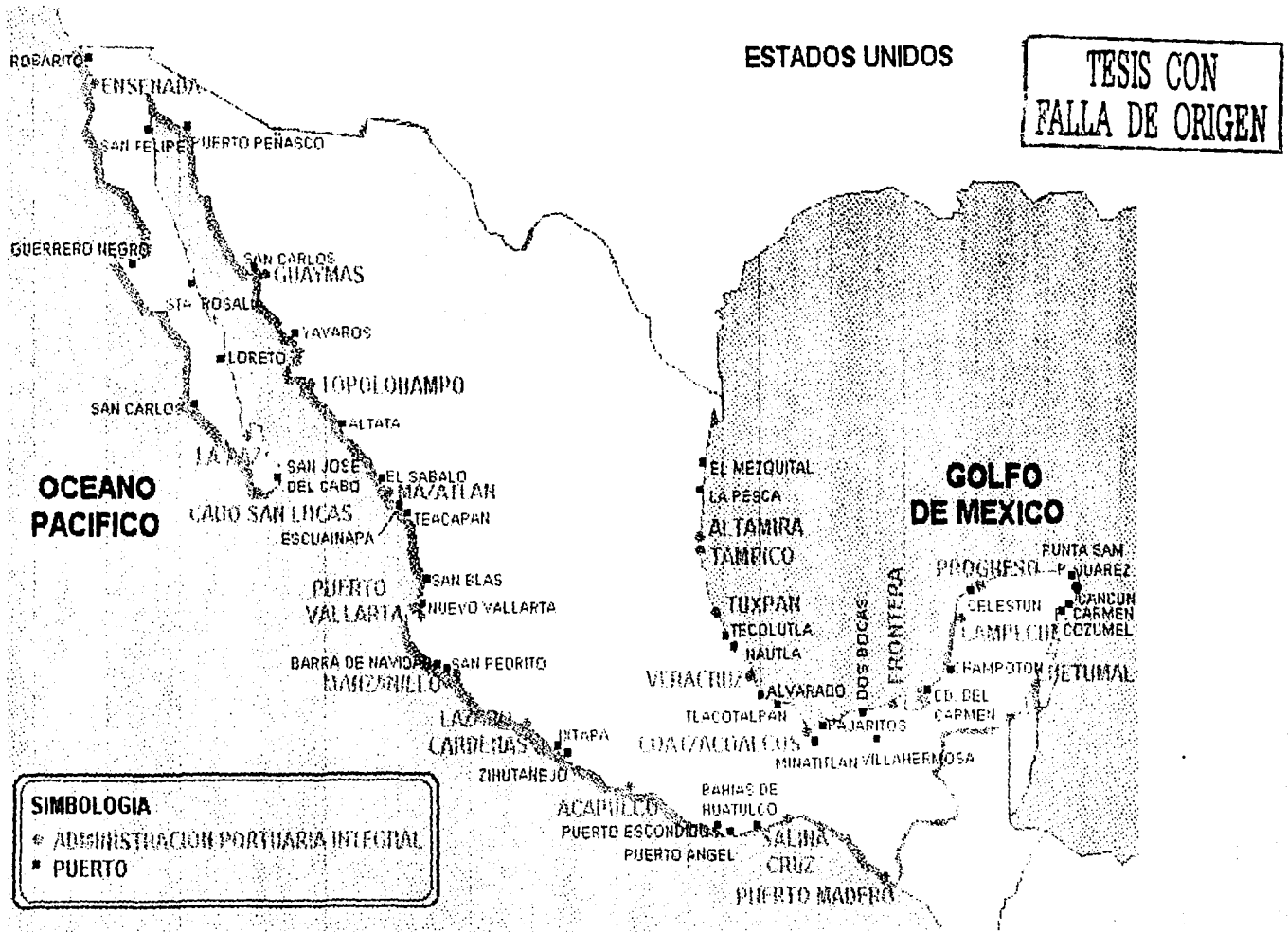
Figura 2.25 Estructuración del Sistema Portuario Nacional.



Fuente: Infoport. 2001.

Actualmente existen 24 API's. De las 16 API's federales, 15 operan con utilidades y realizan inversiones en la modernización y ampliación de la infraestructura. En la figura 2.26 se muestra un mapa con los puertos que conforman el Sistema Portuario Mexicano, señalando cuáles cuentan con Administración Portuaria.

Figura 2.26 Puertos Mexicanos según tipo de Administración.



Fuente: Infoport. 2001.

II.4.4 Sistema Aeroportuario.

El transporte aéreo es un medio especializado para el desplazamiento de las personas y en menor escala, para el intercambio de mercancías de elevado valor, con peso y volumen reducidos. Las condiciones que lo caracterizan son el impresionante incremento de la demanda de sus servicios, la constante y rápida evolución del equipo, y como consecuencia, la permanente necesidad de adaptar instalaciones terrestres a las nuevas exigencias.

La planificación de un aeropuerto es un proceso tan complejo que el análisis de una de sus actividades, sin tener en cuenta la repercusión que puede tener en las demás, puede acarrear soluciones que no resulten aceptables.

Un aeropuerto lleva consigo una amplia gama de actividades que presentan diferentes y a veces conflictivas necesidades; estas actividades son independientes y por lo tanto una sola de ellas puede limitar la capacidad del complejo.

El primer paso para la elaboración del proyecto de un aeropuerto es la búsqueda de lugares apropiados para su construcción. Para escoger el lugar más apropiado para el emplazamiento de un aeropuerto es necesario estudiar:

- Su situación con la región o zona urbana a la que va dar servicio.

Se debe estudiar la distancia del aeropuerto a las principales ciudades a las que dará servicio o en su caso la cercanía con el centro urbano que atenderá, así como su orientación. Aquí se considera que el tiempo que debe perder un pasajero aéreo en un viaje del centro urbano al aeropuerto debe ser a lo máximo el 30% de la duración de su vuelo. Con relación a la orientación del aeropuerto con respecto a las ciudades, es necesario tratar de evitar que el aeropuerto quede localizado de tal modo que los vientos dominantes soplen de las zonas industriales hacia al mismo, ya que ello sería causa de la formación de bancos de humos y nieblas.

- Las condiciones meteorológicas del lugar.

Se deben tener datos estadísticos de la intensidad, frecuencia de dirección y duración de los vientos, así como las temperaturas y precipitación de la zona.

- La economía en la construcción.

Depende del tipo de material encontrado en la zona elegida, así como que el terreno tenga la facilidad para drenar.

- El impacto ambiental que pueda ocasionar.

Se refiere a las consecuencias que ocasionaría el aeropuerto en los ecosistemas de la zona.

II.4.4.1 Áreas o sistemas que conforman una terminal aeroportuaria.

Un aeropuerto típico está formado por un conjunto de sistemas que permiten su operación con eficiencia. Estos son:

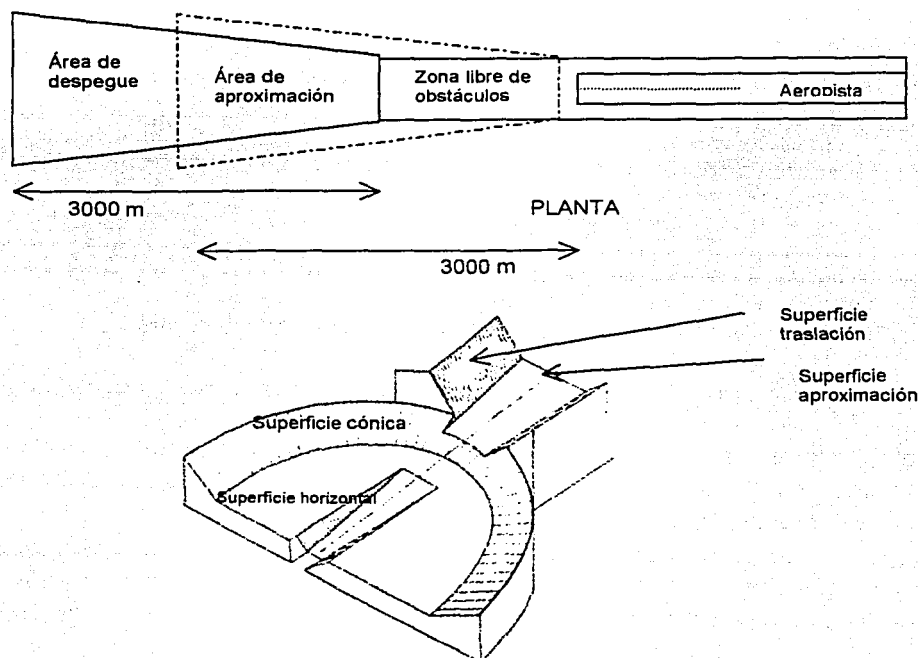
a) Sistema de espacios aéreos.

El espacio aéreo comprende las zonas libres de obstáculos, donde el avión puede realizar todas sus operaciones aeronáuticas. Estas zonas o superficies son:

- Superficie de ascenso en el despegue.
- Superficie de aproximación.
- Superficie de aterrizaje interrumpido.
- Superficie horizontal interna.
- Superficie cónica.
- Superficie de transición.
- Superficie de transición interna.

En la figura 2.27 se muestran en planta y en tres dimensiones las principales superficies imaginarias que conforman un aeropuerto.

Figura 2.27 Superficies imaginarias.



El tamaño del espacio aéreo, depende del número de pistas, condiciones meteorológicas que prevalecen en la zona, tipo de aviones que harán uso del aeropuerto y de la cercanía con otros aeropuertos.

b) Sistema aeronáutico terrestre.

- Pista.

Se denomina pista de un aeropuerto al área rectangular, despejada, libre de obstáculos, adecuada para el despegue y aterrizaje de las aeronaves.

El sistema de pista de un aeropuerto consta de un pavimento estructural que soporta el peso del avión y permite el control y la estabilidad del mismo. Las pistas cuenta también con una sección contra chorro diseñada para prevenir la erosión provocada por el chorro de los reactores.

Las cabezas de pistas o zonas de parada es una longitud adicional de pavimento, por lo regular de 100 a 150 metros, donde las aeronaves paran a calentar motores para su posterior despegue.

La longitud real de una pista aérea se obtendrá corrigiendo la longitud básica, por elevación, temperatura y pendiente. Así la longitud básica de una pista se aumentará 0.023% de longitud por cada metro sobre el nivel del mar en que este ubicada.

La longitud corregida anteriormente por la elevación, se aumentará en 1% por cada grado centígrado que la temperatura exceda a la temperatura tipo que corresponda a la elevación de la pista. La temperatura tipo se obtiene con la siguiente formula:

$$T_0 = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{3}$$

Donde:

T_0 = Temperatura de referencia del aeropuerto.

T_1 = Temperatura media del mes más caluroso.

T_2 = Temperatura media mensual de la temperatura diaria máxima del mismo mes.

Y por último a esta longitud corregida se le aumenta un 6% por cada 1% de pendiente longitudinal.

Es importante que la pista principal este orientada en la dirección del viento predominante. Es fundamental que un avión al despegar y aterrizar, sea capaz de maniobrar en la longitud de pista, siempre que la componente de viento cruzado no sea excesiva.

Las pistas deben estar orientadas por lo menos 95% del tiempo como componentes de viento cruzado que no exceda los 17 km/hr para aviones cuya longitud de pista sea de 1500 metros.

- Calles de Rodaje.

Son el enlace entre la pista y la plataforma. Las aeronaves pueden transitar por ellas ya sea con propulsión propia o tracción ajena. En las calles de rodaje las velocidades son pequeñas, por lo tanto los criterios en cuanto a dimensiones son menores que en el caso de las pistas.

La función de las calles de rodaje de salida es reducir al mínimo el tiempo de ocupación de las pistas por las aeronaves que aterrizan. Las calles de rodaje se pueden enlazar a las llamadas "gotas de retorno" o cabeceras para permitir el despegue de las aeronaves.

El número y tipo de las calles de rodaje dependerá del número de operaciones que tenga el aeropuerto. A las calles de rodaje que permiten el desalojo de los aviones de la pista se les llama de salida. Puede haber calles de rodaje perpendicular a la pista

La localización de las calles de rodaje dependerá en gran medida del tipo de aeronaves que reciba, de su aproximación a la pista, la velocidad de salida y el número de operaciones. Se pueden tener calles de rodaje paralelas, perpendiculares a la pista o con diferentes ángulos.

- Plataformas.

Se puede definir a las plataformas como las áreas definidas, en un aeropuerto, destinadas a dar cabida a las aeronaves para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, abastecimiento de combustible, estacionamiento y mantenimiento.

A continuación se mencionan los diferentes tipos de plataformas existentes:

Plataforma terminal. Es un área designada para las maniobras y estacionamiento de las aeronaves situadas junto a las instalaciones de la terminal de pasajeros, desde esta área los pasajeros que salen del edificio se embarcan en las aeronaves. La unión entre la plataforma y el edificio terminal se puede dar mediante posiciones remotas (cuando los pasajeros deben caminar por la plataforma para llegar al edificio terminal) o posiciones de contacto (cuando existe una conexión directa entre el avión y el edificio terminal).

Plataforma de carga. Para las aeronaves que solo transportan carga y correo puede establecerse una plataforma de carga separada junto al edificio terminal.

Plataforma de estacionamiento para pernoctar. En estas áreas los aviones pueden pasar largos periodos de tiempo, estas plataformas se utilizan durante la parada de estancia de la tripulación o mientras se efectúa servicio y mantenimiento menor.

Plataformas de servicio y hangares. Es un área descubierta adyacente a un hangar de reparaciones en el que puede efectuarse el mantenimiento de aeronaves.

Plataforma para la aviación general. Las aeronaves de la aviación general son las que efectúan vuelos de carácter de negocios o personales. Por lo regular son de tamaño más pequeño que las de la aviación comercial.

- Edificio Terminal.

La función primaria de una terminal es proveer circulación, procesos y espacios de mantenimiento para operar fluidamente las operaciones y garantizar así un máximo nivel de servicio. Los usuarios de una terminal aérea son los pasajeros y acompañantes, la línea aérea y los operadores del aeropuerto.

El edificio terminal debe contar por lo menos con los siguientes servicios: sala de espera general, sanitarios, teléfonos, centro de información, primeros auxilios, cafetería, renta de autos y casa de cambio.

- Torre de Control.

Es el lugar donde se realiza toda la logística de las aeronaves. Se controlan despegues, aterrizajes, entrada y salida de calles de rodamiento, sobrevuelo sobre espacio aéreo y aspectos técnicos.

Todos los componentes que forman parte de un aeropuerto, mencionados anteriormente se pueden apreciar mejor en la figura 2.28.

c) Sistemas de ayudas visuales.

Se debe proporcionar a los pilotos de aviones ayudas visuales que les permitan tener información visual durante el aterrizaje así como en el despegue. Esto se logra proporcionando las siguientes ayudas en los casos de baja visibilidad:

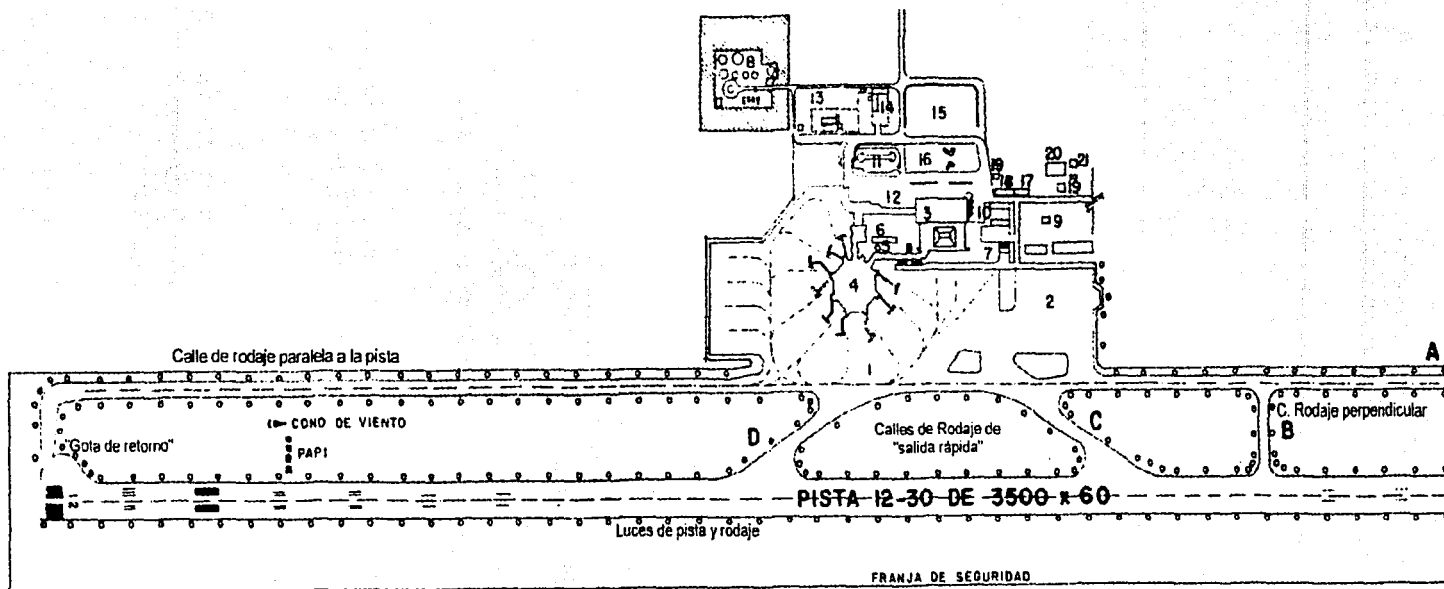
- Iluminación de aproximación.
- Iluminación del umbral de la pista y borde de pista.
- La línea central de pista y luces de área de toque.
- Borde de calles de rodaje, iluminación de la línea central y sistema de señales.

La iluminación es requerida principalmente en condiciones de baja visibilidad y durante la noche. Desde el aire el pilote ve la pista como una larga y estrecha tira de lados rectos y libre de obstáculos. Conforme se aproxima a tierra las marcas son usadas por el piloto como ayudas visuales.

Una vez que aterriza la aeronave las ayudas visuales de pista deben estar diseñadas para dar al piloto información sobre alineación, trayectoria lateral, rodaje y distancias.

Figura 2.28 Componentes de un aeropuerto.

1. Plataforma de aviación comercial	7. CREI	13. Estacionamiento de arrendadoras	19. Bodega
2. Plataforma de aviación general	8. Zona de combustibles	14. Estacionamiento transportación terrestre	20. Taller
3. Edificio terminal	9. Zona de aduana	15. Estacionamiento remoto	21. Concesiones
4. Edificio satélite	10. Planta de energía	16. Almacenamiento de agua	22. A - Rodaje Alfa
5. Torre de control	11. Estacionamiento aviación comercial	17. Comedor	23. B - Rodaje Beta
6. Edificio anexo	12. Estacionamiento de autobuses	18. Almacén	24. C - Rodaje Coca



Fuente: Plan Maestro de Cancún. 1991.

Para el marcado se usa color blanco para pistas y amarillo para calles de rodaje. El final de cada pista es marcado con un número el cual indica el acimut magnético.

Los vehículos y otros objetos móviles en tierra deben señalarse ya que se consideran obstáculos. Para obstáculos fijos se utilizan señalamientos con cuadros rojos y blancos, así como banderolas.

Parte importante de un aeropuerto es el servicio de rescate y extinción de incendios CREI cuya terminal debe tener acceso directo a la pista para actuar ante cualquier emergencia.

Las ayudas visuales se pueden clasificar en:

- Ayudas visuales luminosas.

Faro de identificación, luces guía para el vuelo sin circuito, sistema indicador de pendientes, protector de techos, equipo luminoso auxiliar para la torre de control, iluminación de pistas, PAPI (sistema para aproximaciones visuales de precisión).

- Ayudas visuales no luminosas.

Paneles de señales terrestres, señales designadoras de pistas, señales de placa, señales de orientación, etc.

II.4.4.2 El sistema Aeroportuario Mexicano.

En el proceso de apertura a la inversión en el Sistema Aeroportuario Mexicano, que tuvo su fundamento en Plan Nacional de Desarrollo 1995 – 2000, se definió que este proceso debería tener los siguientes objetivos:

- Conservar, modernizar y ampliar la infraestructura aeroportuaria nacional.
- Elevar los niveles de seguridad y eficiencia.
- Mejorar la calidad de los servicios aeroportuarios, complementarios y comerciales.
- Fomentar el desarrollo de la industria aérea y aeroportuaria en el ámbito regional.
- Asegurar permanentemente la continuidad en la operación de todos los aeropuertos que forman la red.

En la tabla 2.10 se muestra la evolución del Sistema Aeroportuario Mexicano de 1990 al año 2000, así mismo en la figura 2.29 se observa el movimiento de pasajeros y carga, durante el mismo periodo de tiempo.

Los cuatro grupos aeroportuarios que se abren a la inversión privada comprenden los más importantes, quedando fuera 23 aeropuertos mismos que se mantienen bajo la administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), que aún atendiendo bajos movimientos respecto de los del resto del sistema, tienen importancia como enlaces para propiciar el desarrollo regional.

Tabla 2.10 Infraestructura Aérea

Concepto	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000 ^e
INFRAESTRUCTURA Y OPERACION AEREA											
Total de aeropuertos 1/	2 168	2 426	2 501	2 514	1 749	1 809	1 116	1 280	1 309	1 333	1 353
Nacionales	40	38	39	35	33	33	30	29	29	29	29
Internacionales	42	44	44	48	50	50	53	54	55	55	56
Aeródromos	2 086	2 344	2 418	2 431	1 666	1 726	1 033	1 197	1 225	1 249	1 268
Empresas aéreas comerciales	43	46	64	62	66	63	62	60	68	67	67
Nacionales 2/	15	19	24	30	32	27	26	23	21	20	19
Extranjeras	28	27	30	32	34	36	36	37	37	37	38
Total de aeronaves 3/	5 874	6 123	6 310	6 383	6 407	6 426	6 255	6 429	6 014	6 224	6 373
Comerciales	847	1 020	1 123	1 203	1 309	1 283	1 184	1 271	1 055	1 155	1 220
Oficiales	585	611	621	609	589	623	534	536	389	412	431
Particulares	4 442	4 492	4 566	4 551	4 529	4 520	4 537	4 622	4 570	4 657	4 722
Servicio a vuelos (Miles de operaciones) 4/	1 087	1 239	1 278	1 427	1 500	1 345	1 346	1 380	1 420	1 461	1 504
Nacionales 5/	945	1 090	1 121	1 250	1 240	1 087	1 067	1 090	1 116	1 157	1 183
Internacionales	142	149	155	177	260	258	279	290	304	304	321
Pasajeros transportados (Miles) 6/	20 449	22 485	24 423	25 152	29 131	25 192	26 493	28 898	30 922	32 662	33 864
Servicio nacional	11 438	12 892	14 281	14 972	18 394	14 857	14 199	15 428	17 048	18 248	18 920
Servicio internacional	9 011	9 573	10 142	10 180	10 737	10 335	12 294	13 468	13 875	14 414	14 944
Carga transportada (Miles de tons.)	164	178	202	227	237	262	295	336	388	407	422
Servicio nacional	63	71	78	74	70	85	94	103	112	116	120
Servicio internacional	101	107	124	153	167	187	191	232	276	291	302
PROPORCIONES											
Miles de pasajeros transportados por aeronave comercial	24.1	22.0	21.7	20.9	22.3	19.6	22.4	22.7	29.3	26.3	27.8
Toneladas de carga transportada por aeronave comercial	193.6	174.5	179.9	188.7	181.1	196.4	240.7	263.6	367.8	352.4	345.9
PORCENTAJES											
Participación del servicio nacional en el total de pasajeros transportados	55.9	57.4	58.5	59.5	63.1	59.0	53.6	53.4	55.1	55.9	55.9
Participación del servicio internacional en el total de pasajeros transportados	44.1	42.6	41.5	40.5	36.9	41.0	46.4	46.6	44.9	44.1	44.1

1/ La disminución en el número de aeropuertos observada en 1996 se debe a que 693 aeródromos no renovaron su permiso de operación en los términos establecidos por la ley, por lo que fueron inhabilitados.

2/ Incluye troncales, regionales y empresas de servicio especializado y no regular. Para 1990 sólo se registran empresas troncales y regionales.

3/ De acuerdo a la nueva reglamentación, dejaron de operar algunas aeronaves por no cumplir con los requerimientos.

4/ Se refiere a operaciones de aterrizaje, despegue y movimiento de aeronaves.

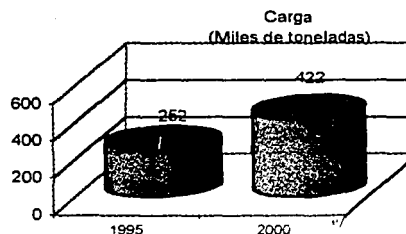
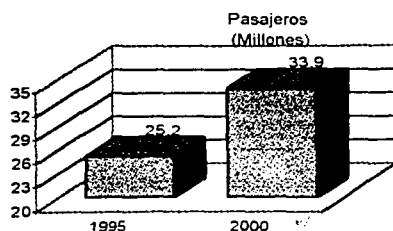
5/ Incluye las operaciones de los vuelos charters.

6/ El concepto de pasajeros transportados se refiere al número de personas que se trasladan en cada uno de los vuelos realizados por las empresas aéreas comerciales, tanto nacionales como extranjeras. Este concepto difiere de los pasajeros atendidos por ASA, el cual comprende a las personas movilizadas y registradas en los aeropuertos en sus puntos de origen, destino e intermedios.

e/ Cifras estimadas.

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes 2000

Figura 2.29 Transporte aéreo, 1995-2000



e/ Cifras estimadas
Fuente: SCT

Para desarrollar este proceso, se conformaron cuatro grupos de aeropuertos (unidades de negocios), los cuales son:

❖ **Grupo Ciudad de México (solamente el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México).**

❖ **Grupo Aeroportuario del Pacífico.**

• Tijuana	• Mexicali	• La Paz	• San José Del Cabo
• Hermosillo	• Los Mochis	• Puerto Vallarta	• Manzanillo
• Guadalajara	• Aguascalientes	• Guanajuato	• Morelia

❖ **Grupo Aeroportuario del Sureste.**

• Veracruz.	• Minatitlán	• Villahermosa
• Oaxaca	• Tapachula	• Bahías de Huatulco
• Mérida	• Cancún	• Cozumel

❖ **Grupo Aeroportuario Corporativo ASA.**

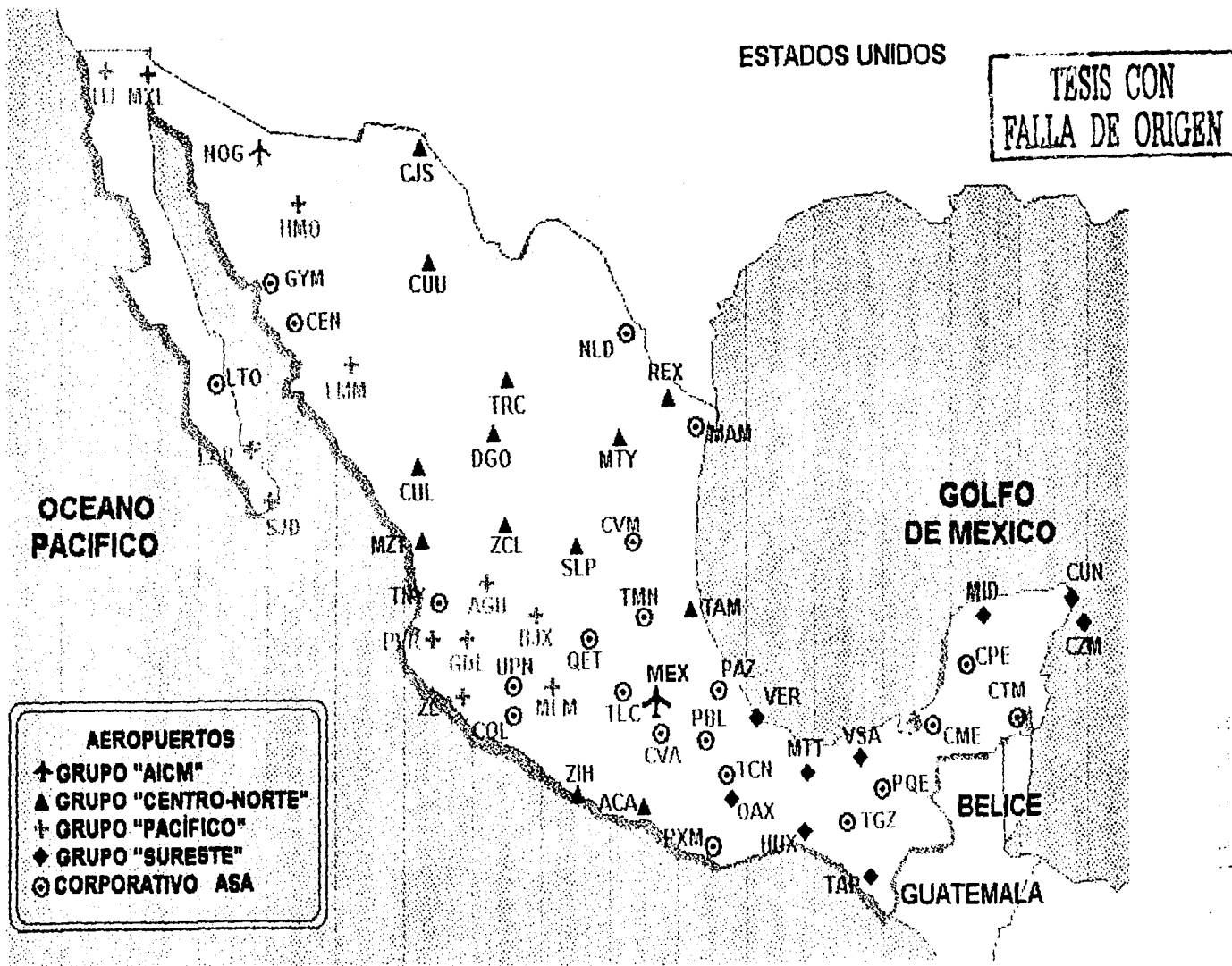
• Poza Rica	• Ciudad Obregón	• Nuevo Laredo
• Nogales	• Guaymas	• Matamoros
• Ciudad Victoria	• Tepic	• Querétaro
• Tamuín	• Loreto	• Uruapan
• Colima	• Puebla	• Toluca
• Cuernavaca	• Tehuacán	• Puerto Escondido
• Tuxtla Gutiérrez	• Chetumal	• San Cristóbal
• Campeche	• Palenque	• Ciudad del Carmen

❖ **Grupo Aeroportuario Centro – Norte.**

• Acapulco	• Mazatlán	• Torreón
• Chihuahua	• Monterrey	• Zacatecas
• Ciudad Juárez	• Reynosa	• Zihuatanejo
• Culiacán	• San Luis Potosí	
• Durango	• Tampico	

Por último en la figura 2.30 se puede apreciar un mapa de la República Mexicana en donde se señalan los diferentes aeropuertos que conforman la red nacional, señalando en cada uno al grupo aeroportuario al que pertenece.

Figura 2.30 Red Nacional de Aeropuertos.

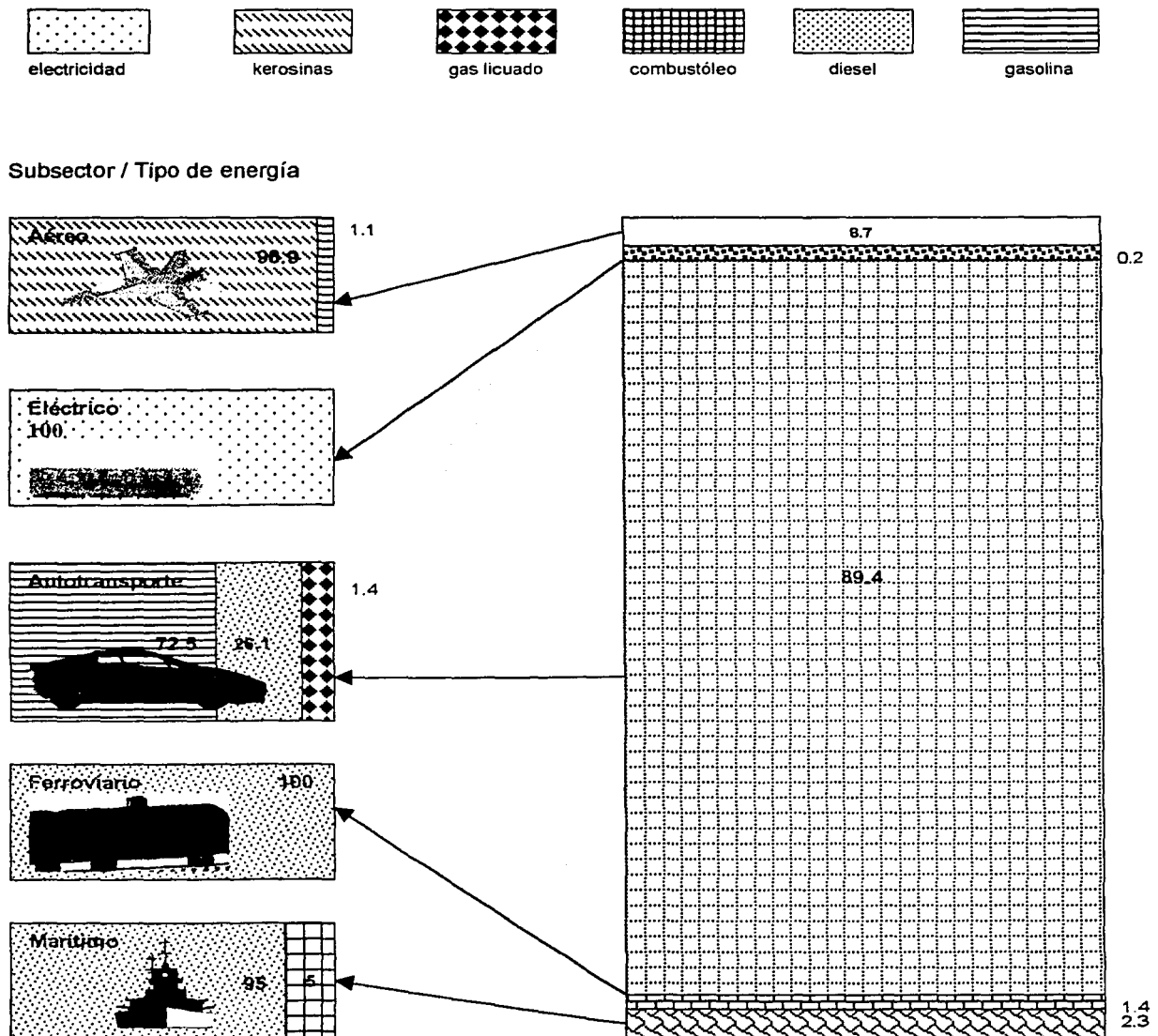


Fuente: ASA, 2001.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Finalmente y a manera de comparación se puede ver la figura 2.31 donde se ilustran los tipos de combustible empleados por los distintos modos de transporte, así como la distribución porcentual del consumo de energía. En gráficas anteriores se observó que el autotransporte participa con más del 50% del movimiento de carga, el transporte marítimo aproximadamente un 30%, el ferroviario un 15% y el resto es para la aviación; se observa pues la poca eficiencia en el consumo de energía que tiene el autotransporte y la aviación, no así el alto rendimiento energético del sistema ferroviario y marítimo.

Figura 2.31 Distribución porcentual del consumo de energía por modo de transporte.



Fuente: Secretaría de Energía. Balance Nacional de Energía. México, 1998.

CAPITULO III

DEMANDA DE TRANSPORTE

III. DEMANDA DE TRANSPORTE.

Una de las áreas más importantes del análisis de Sistemas de Transporte consiste en determinar la demanda de servicios de transporte. En el estudio de la relación entre las actividades socioeconómicas y las necesidades de transporte se pretende encontrar una medida de esas actividades, es decir, se busca predecir la cantidad de usuarios, por tipo, características y fin, que emplea un determinado medio de transporte, dado un conjunto de circunstancias. Así, el análisis de la demanda de transporte consiste en estudiarla a partir de las actividades socioeconómicas que la producen. El resultado de este análisis lo constituyen relaciones entre las medidas de las actividades y las medidas de demanda de transporte.

III. 1 Características generales de la Demanda.

El estudio de la demanda parte de las siguientes bases:

- La demanda de transporte está estrechamente ligada con el sistema de actividades, por lo que puede estudiarse empleando las siguientes relaciones básicas propuestas: (1) la que se establece entre las actividades socioeconómicas existentes y la demanda de transporte a corto plazo; y (2) la que refleja la influencia del transporte en la distribución de las actividades a largo plazo.
- La demanda de transporte es una demanda derivada, que parte de la necesidad de moverse para cumplir con un fin o propósito más amplio; "nadie se transporta por el simple gusto de hacerlo".
- Para plantear el estudio de la demanda es necesario remitirse a aspectos básicos del contexto individual o empresarial que dan origen al transporte. En efecto, al nivel más elevado el individuo debe elegir el estilo de vida que prefiere y, en consecuencia el tipo de actividades que debe desempeñar. Para poder realizar esas actividades el individuo debe estar en distintos lugares a diferentes tiempos, lo que lleva a seleccionar localizaciones específicas y convenientes, como su lugar de residencia o trabajo. Por último, para poder efectuar las actividades deseadas en las localizaciones elegidas, requiere tomar decisiones sobre dónde, cuándo y cómo viajar.

La información de la demanda de viajes y su relación con la oferta, permitirá conocer las características y necesidades de transporte en el área de estudio, así como los niveles de servicio y de calidad ofrecidos.

En la mayoría de las ciudades la demanda de los desplazamientos crece con el aumento de la población y los niveles de vida (mayores ingresos, más tiempo libre, más actividades y por lo tanto más viajes).

El determinar la demanda lo más preciso posible, permite conocer la capacidad global de la infraestructura necesaria y el tamaño de las inversiones necesarias.

En el caso de la sobreestimación de la demanda, las obras de infraestructura vial quedarán sobradas, pero con una acción inmediata correctiva hará posible retrasar algunas obras en el tiempo, con el fin de dar cabida al crecimiento real, rediseñando las redes de transporte con una mejor orientación hacia el equilibrio. En el caso contrario de una subestimación de la demanda, la situación es mucho más preocupante ya que la falta de infraestructura traerá consigo una insuficiencia en la oferta de transporte.

III.2 Fuentes de información y recopilación de datos.

Dentro del proceso de planificación el conocimiento de la demanda es uno de los puntos más importantes que el planificador deberá obtener y manejar.

Una forma de obtener información sobre la demanda de viajes y su relación con la oferta es a través de las estadísticas de empresas transportistas y de encuestas. Esta información permitirá conocer las características y necesidades de transporte en el área de estudio, así como, los niveles de calidad y servicio ofrecidos.

III.2.1 Consideraciones prácticas.

Las limitaciones prácticas tienen fuerte influencia en determinar cuál es el tipo de encuesta más apropiada en una situación determinada. En lo que sigue, se revisan las restricciones principales más frecuentes en estudios de transporte:

- Duración del estudio: Tiene obviamente gran importancia, ya que determina indirectamente cuánto tiempo y esfuerzo es posible dedicar a la etapa de recolección de datos.
- Horizonte de predicción: Si el año de diseño está muy cerca no va a haber mucho tiempo disponible para realizar el estudio. Normalmente en estudios estratégicos se busca predecir a 20 años.
- Límites del área de estudio: Debe diferenciarse entre el área de interés y área de estudio en detalle. La primera es generalmente mayor, ya que en 20 años se debiera esperar que el área de estudio se desarrolle.
- Recursos: Se necesita tener una idea más o menos clara de cuánto personal y de qué nivel estará disponible para el estudio.

III.2.2 Delimitación del área de estudio. Zonificación y periodización.

Todo el proceso de planificación del transporte tiene, lógicamente, una referencia espacial, donde se localizan las infraestructuras o los servicios que se planifican. Por ello, el proceso de planificación tiene una tarea previa que es la delimitación del área de estudio y su zonificación.

Para la delimitación del área de estudio se tendrá en cuenta el área de influencia de la infraestructura de transporte que se pretende analizar.

El objetivo de la zonificación es configurar una base espacial para referencia de los flujos de viajes y de las variables explicativas a utilizar, como luego se comentará, en el proceso de modelización.

El nivel de desagregación en la zonificación dependerá del problema (infraestructura que se analiza) y del ámbito o área de estudio. En un plan estatal de carreteras, la zonificación será el municipio y agrupaciones de municipios.

En el estudio de una red arterial, la zonificación será el municipio que, en numerosas ocasiones, se dividirá en varias zonas. En el estudio de una actuación en viario urbano, la zonificación será el barrio y aún divisiones de éste.

En la zonificación se debe procurar:

- Las zonas deben ser homogéneas. En cuanto al uso del suelo y/o la composición de la población.
- Se deben delimitar de acuerdo con las redes de transporte y con existencia de barreras.
- Debe ser compatible con otras zonificaciones existentes: municipios, barrios, secciones censales, etc.
- La forma de las zonas debe permitir una fácil determinación de su centroide.

El número y tamaño de las zonas en que debe dividirse un área depende básicamente de dos factores:

- Carácter del estudio.
- Recursos disponibles.

Como las condiciones de operación varían con los flujos, frecuencias y capacidades, y éstos, a su vez, varían dentro de cada día, semana, mes o año, no es correcto efectuar predicciones o encuestas con los valores promedios de estas variables para la época estudiada, ya que las demoras, consumo de combustible y otros factores no son lineales con el flujo y capacidad. En general, el objetivo de la periodización es encontrar un número limitado de períodos que permita lograr una representación válida de las condiciones de operación del Sistema de Transporte en estudio.

III.2.3 Recopilación de la información.

Si con los modelos de transporte pretendemos explicar cómo se produce la demanda de transporte en todos y cada uno de los aspectos del proceso, un dato básico es conocer ésta con la mayor exactitud posible y las variables que la pueden explicar. Además éstos datos son necesarios para la aplicación y calibración de los modelos de predicción de viajes (demanda) y para evaluar el rendimiento general del sistema.

Esto lleva consigo una amplia recopilación de información, en cada uno de los aspectos de demanda, oferta y variables explicativas.

III.2.3.1 Recopilación de información sobre demanda de transporte.

Objetivo: Cómo se mueven las personas y las mercancías dentro del área de estudio, a fin de estimar la movilidad.

Datos básicos a recoger para cada viaje:

- . Origen y destino del viaje.
- . Motivo o mercancía transportada.
- . Modo de transporte.

Formas básicas de recopilación de información:

- . Encuestas domiciliarias.
- . Encuestas origen- destino.

Encuestas domiciliarias:

Se recoge información sobre los viajes que han realizado los miembros de la familia investigada durante un día determinado: motivo del viaje, modos de transporte utilizados, costo del viaje, etc.

Asimismo, se suele obtener información sobre las características y composición de la familia, lugares de trabajo y estudio, posesión de vehículo, nivel de renta, etc.

Encuestas origen - destino:

Se realizan para un modo de transporte determinado, y a los usuarios que se desplazan en ese momento.

Complementariamente se recogerá información sobre la utilización de las redes, a través de conteos y aforos:

- . Aforos de vehículos que cruzan un cierto punto
- . Conteos de viajeros subidos y bajados por parada y línea
- . Conteo de vehículos que realizan un cierto movimiento
- . Etc.

con un doble objetivo:

A) Conocer cómo se utiliza la oferta.

Objetivo: Aportar información para la explotación de las encuestas.

B) Obtención de información sobre oferta de transporte.

Objetivo: Caracterizar la oferta de transporte como dato básico para su modelización.

Se apoyará en:

- Inventario de redes:

- Características físicas y geométricas de redes viales. Itinerarios, paradas y frecuencias de servicio en redes de transporte público.
- Mediciones de velocidad y/o tiempo de recorrido.

Gran parte de esta información la tienen los organismos con competencia en las infraestructuras, así como los operadores, si bien suele ser necesario una recopilación de información complementaria a través de trabajo de campo: mediciones de velocidad y tiempo de recorrido, condiciones de funcionamiento real de las infraestructuras viales, etc.

C) Recopilación de información sobre datos socioeconómicos.

Objetivo: Recoger información para el posterior ajuste de modelos de generación y atracción.

Datos a obtener: Referidos a un nivel espacial tan desagregado como sea posible.

- Población por sexo y edad.
- Población activa por actividad.
- Empleo por actividad.
- Instalaciones escolares según niveles.
- Instalaciones médico - hospitalarias: número de médicos, camas hospitalarias.
- Instalaciones comerciales: establecimientos comerciales, m² de venta en comercios de grandes superficies, etc.
- Características y dimensiones de grandes centros generadores y atracciones de tráfico: Aeropuertos, centros de abasto, polígonos Industriales, centros de transporte, etc.
- Nivel de motorización/Nivel de renta.

D) Planeamiento vigente urbano y/o regional.

Objetivo: Permitir la prognosis de las variables explicativas de la movilidad: población, empleo, dotaciones, grandes centros, etc., a los años horizonte.

Datos a recoger:

- Planos generales de ordenación urbana (ámbito urbano).
- Planos o esquemas territoriales (ámbito regional).

El objeto básico de las encuestas es obtener la matriz de movilidad expresiva de la demanda de transporte entre cada par de zonas consideradas en la zonificación, lo que exige, en un paso previo, su explotación.

En la explotación de las encuestas cabe diferenciar tres actividades básicas:

- a) Codificación de encuestas.
- b) Cálculo de coeficientes de expansión.
- c) Obtención de matrices de movilidad parciales.

En la codificación, se trata de traducir a datos numéricos la información recogida en la encuesta, siendo particularmente interesante la codificación del origen y destino del viaje, que se apoya en la zonificación del área de estudio y en los códigos de zona que se hayan definido para cada zona. En el cálculo del coeficiente de expansión se trata de establecer, dado que se ha encuestado a sólo una parte de las familias, vehículos y usuarios (muestra), el coeficiente de paso de la muestra al universo (total de familias, vehículos y usuarios).

En las encuestas domiciliarias, el coeficiente de expansión vendrá definido por zona, a través del coeficiente.

$$\frac{\text{Familias residentes en la zona}}{\text{Familias encuestadas en la zona}}$$

En las encuestas origen - destino a vehículos, el coeficiente de expansión vendrá dado por la expresión general.

$$\frac{\text{Usuarios de la parada } p \text{ de la línea } l \text{ en el período } h}{\text{Usuarios encuestados en la parada } p \text{ de la línea } l \text{ en el período } h}$$

En las encuestas origen - destino a usuarios del transporte público, el coeficiente de expansión vendrá dado por la expresión general.

$$\frac{\text{Usuarios de la parada } p \text{ de la línea } l \text{ en el período } h}{\text{Usuarios encuestados en la parada } p \text{ de la línea } l \text{ en el período } h}$$

A cada encuesta realizada se le asignará un coeficiente de expansión que traduce los datos a nivel muestra al universo objeto de investigación.

Con las encuestas así codificadas se obtendrán las matrices expresivas de la movilidad a diferentes niveles:

- De viajes de personas residentes en el área de estudio en cada modo de transporte en la encuesta domiciliaria.
- De flujos de vehículos por tipo de vehículo, referidos al universo vehículos que pasan por el punto de encuesta en las encuestas origen - destino a vehículos.
- De viajes de personas por línea de transporte en las encuestas origen - destino a usuarios del transporte colectivo.

A partir de estas encuestas se obtendrán las matrices de movilidad globales:

- a) Por modos de transporte, de forma directa y completa, a partir de la encuesta domiciliaria.
- b) Para el modo de transporte objeto de investigación, de forma indirecta (exige eliminar viajes con transbordo dentro del modo) y completa a partir de la encuesta a usuarios a un modo de transporte público determinado.

c) Para movilidad por carretera, de forma indirecta (exige un tratamiento específico para los viajes potencialmente encuestables en más de un punto de encuesta) e incompleta (no se captarán la totalidad de relaciones a partir de las encuestas origen - destino a vehículos).

Por otra parte, estas matrices de movilidad se pueden obtener por motivo de viaje, período horario, tipo de vehículo, etc. que permiten caracterizar completamente la demanda de transporte.

III.3 El modelo de demanda del Transporte.

El conocimiento y la interpretación de la demanda actual, expresada por la movilidad, permite definir leyes empíricas llamadas comúnmente modelos, que toman generalmente la forma de relaciones matemáticas y que se utilizan para establecer la demanda futura. La utilización de modelos requiere que se establezcan ciertos supuestos previos de análisis en los pronósticos:

- Conocer lo mejor posible las características:
 - Demográficas (composición y evolución de la población)
 - Económicas (nivel de vida y motorización)
 - Urbanísticas y de uso del suelo (principales actividades de la sociedad)
- Suponer que las leyes que rigen el comportamiento actual de la movilidad en el Sistema de Transporte, serán las mismas que para el horizonte de planificación.
- Considerar de manera implícita o explícita la demanda latente.

El problema de la demanda del transporte puede ser estudiado bajo dos enfoques: en el ámbito individual o a nivel general, por lo que se distinguen dos métodos de pronósticos de demanda:

- Modelos agregados.
- Modelos desagregados.

III.3.1 Modelos agregados.

Los modelos agregados de demanda se basan en relaciones observadas para promedios o agrupaciones de individuos en zonas.

A pesar que la demanda colectiva no es más que la suma de todas las demandas individuales, la adopción de un enfoque de estudio basado en el individuo es, con frecuencia, impracticable, porque llegar a este nivel de análisis es muy oneroso. Los modelos agregados de demanda salvan el obstáculo mencionado mediante el análisis de las demandas colectivas.

Para determinar la demanda de transporte sobre la base de los supuestos indicados y tomando en cuenta la manera de realizar los viajes, se utilizan métodos que se pueden resumir en tres fases de modelos:

- Modelos de generación de viajes.
- Modelos de distribución geográfica.

- Modelos de distribución modal.

III.3.1.1 Modelos de generación de viajes.

La generación de viajes es el proceso analítico que relaciona las actividades humanas y los viajes. Entendiendo como viaje el movimiento en un sentido desde un punto de origen a un punto de destino. El número de viajes esta dado en función de los usos del suelo y las características socioeconómicas de la población y los métodos utilizados permiten estimar la demanda futura de viajes que se generan en una determinada zona al asociarlo con las actividades humanas.

Podemos agrupar los viajes en dos grandes grupos:

- Viajes basados en el hogar: son aquellos que tienen un extremo en el hogar de la persona que realiza el viaje, independientemente de que éste sea el origen o el destino. Representan del 75% al 80% de los viajes.
- Viajes no basados en el hogar: Son aquellos que no tienen un extremo en el hogar del viajero.

a) Método del factor de crecimiento.

Esta es una técnica que puede ser aplicada para predecir el número de viajes. Su ecuación básica es:

$$V_i^f = F_i * V_i^a$$

En que V_i son los viajes actuales (a) o futuros (f) de la zona i, y F_i es un factor de crecimiento.

El problema sólo consiste en estimar F_i . Normalmente se relaciona con variables tales como población (P), ingreso (Y) y tasa de motorización (TM), de acuerdo a la siguiente expresión:

$$F_i = \frac{f(TM_i^f * P_i^f * Y_i^f)}{f(TM_i^a * P_i^a * Y_i^a)}$$

Este modelo se utiliza para predecir los niveles futuros de viajes externos que llegan a un área, ya que en general son pocos y no hay otra forma fácil de hacerlos. El modelo no es muy confiable ya que sobrestima en un 40% los viajes.

b) Análisis de regresión lineal múltiple (RLM).

Relacionan el nivel de generación de viajes con el tipo e intensidad del uso del suelo. Puesto que se acepta que la generación de viajes tiene relación directa con el uso del suelo, los resultados de las proyecciones son más realistas que como se hizo con los factores de crecimiento. El procedimiento exige que se determine la relación entre cada uso particular del suelo y los viajes que genera.

Las ecuaciones que relacionan la generación de viajes como variable dependiente del uso del suelo se han establecido por medio de un análisis de regresión lineal.

$$Y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n + U$$

Donde Y es función lineal (número de viajes) de las variables independientes x_1, x_2 , etc. –tales como el tamaño de población, autos– mientras que U representa un término de error al azar. Los coeficientes a_1, a_2 , se escogen de manera que sea mínima la suma de los cuadrados del error U^2 . La exactitud del procedimiento depende de que se introduzcan todos los factores que pueden significar un cambio.

El método de regresión lineal múltiple es una técnica considerada razonablemente exacta y realista; de hecho su principal problema es estadístico y se debe a que los supuestos del modelo no siempre se cumplen en la práctica.

c) Análisis por categorías.

El método se basa en determinar la respuesta (en nuestro caso, las producciones de viajes) como función de las características del hogar. Requiere gran cantidad de datos obtenidos de una buena encuesta de origen – destino. Su suposición clave es que las tasas de generación son relativamente constantes en el tiempo para determinadas categorías de hogares.

Sea n el tipo de persona y h el tipo de hogar; además, se pueden añadir subíndices para cada período horario y propósito; sea $T(h)$ el promedio de viajes, con el propósito dado y en la hora en cuestión, realizados por miembros de hogares de tipo h y $a_i(h)$ el número de hogares de tipo h en la zona i; por lo tanto, $a_i(h) * T(h)$ es el número de viajes generados por hogares de tipo h en i.

Para construir el modelo se necesitan producciones de viajes por tipo de personas. Sea $H(n)$ el conjunto de hogares de tipo h que contienen personas del tipo n; usando la notación $h \in H(n)$ para denotar a miembros de este conjunto. Con esto, podemos escribir que las producciones de viajes personales tipo n en la zona i (O_i^n), están dadas por:

$$O_i^n = \sum_{h \in H(n)} a_i(h) * T(h)$$

Como ventajas del modelo podemos señalar:

- El concepto básico es muy sencillo e intuitivo.
- No se postulan relaciones matemáticas entre la tasa de generación de viajes y las variables independientes
- Establecer la tasa de generación es un proceso trivial; basta con dividir el número de viajes por el número de personas de cada grupo.

Las desventajas del modelo son:

- Las variables independientes se especifican a priori.
- No se puede verificar la significación de las variables escogidas.
- Se requiere una muestra enorme.
- Es muy difícil predecir el número de hogares en cada categoría a futuro.

A continuación en la tabla 3.1 se muestra una comparación de los dos métodos más tradicionales en el estudio de la generación de viajes.

Tabla 3.1 Comparación de los modelos más tradicionales.

Característica	Análisis de regresión lineal múltiple	Análisis por categorías
Tamaño de la muestra requerida	Mediano	Muy alto
Estabilidad del modelo	Buena	Buena
Capacidad de verificar la significación de las ventajas explicativas	Buena	No se puede
Capacidad de incorporar nuevas variables	Muy buena	Muy difícil
Capacidad de especificar correctamente la forma de la superficie de respuesta	Difícil	El problema no existe
Problemas de intercorrelación entre variables	Considerable	Algunos
Disponibilidad de software	Muy buena	Limitada
Simplicidad conceptual	Razonable	Muy simple

Fuente: Modelos de Demanda de Transporte, Juan de Dios Ortúzar. 2000.

d) Modelos de análisis por categorías.

Generalmente empleados en el estudio de la generación, se considera que la familia es la unidad generadora de viajes, las cuales se clasifican en categorías definidas a través de intervalos de ciertas variables (renta, nivel de motorización, tamaño de la familia, distancia al centro de trabajo desde su domicilio, etc.), obteniéndose a través de la explotación de la encuesta, los índices de viajes generados por cada categoría de familia para cada motivo de viaje. Un análisis similar se puede realizar para la atracción, considerándose, en este caso, como unidad atractiva las industrias según los tipos, los servicios, etc.

III.3.1.2 Modelos de distribución de viajes.

Una vez conocido el número de viajes se distribuyen estos entre todas las zonas del área de estudio, determinándose flujos de viaje entre pares de zonas, hasta llegar a formar una matriz de doble entrada, cuyos elementos sean el número de viajes entre zonas. Los modelos más utilizados para resolver el problema de la distribución de viajes son:

a) Modelos de factor de crecimiento.

Son los modelos más simples y proveen flujos futuros entre un sector de origen y un sector destino, corrigiendo los flujos observados en las encuestas del año base por uno o varios factores de crecimiento.

- Modelo del factor uniforme (es el único no iterativo) supone que toda el área va a crecer en forma uniforme. Es, aun dentro de esta clase simple, muy aproximado y poco realista.

$$V_{ij} = Fv_{ij}$$

Donde V_{ij} es el total de viajes futuros entre las zonas i y j ; v_{ij} viajes actuales entre las zonas i y j ; F es el factor de crecimiento.

- Modelo del factor promedio

$$V_{ij} = \frac{F_i + F_j}{2} * v_{ij}$$

En donde $F_i = \frac{P_i^f * TM_i^f * Y_i^f}{P_i^a * TM_i^a * Y_i^a}$ y lo mismo para F_j . Recordando que P es la población, Y es

el ingreso y TM es la tasa de motorización. La (f) y (a) indican actual o futura.

El proceso se repite hasta que F_i y F_j sean aproximadamente iguales a uno. La exactitud del modelo no es muy alta.

- Modelo de Detroit.

$$V_{ij} = v_{ij} * F_{ij} \text{ donde } F_{ij} = \frac{F_i + F_j}{F} \text{ en que } F = \frac{\sum_v V_v}{\sum_v v_v}$$

Donde F es el factor de crecimiento general del área. El método tiene un procedimiento iterativo y conduce a resultados similares al anterior.

- Modelo de Fratar. Este es mejor que los anteriores ya que requiere menos iteraciones.

$$V_{ij} = v_{ij} * F_i * F_j * \left(\frac{L_i + L_j}{2} \right)$$

Con $L_i = \frac{\sum_j v_{ij}}{\sum_j v_{ij} * F_j}$ y análogamente para L_j .

Para terminar con los modelos de factor de crecimiento, veamos sus ventajas, desventajas y campo de aplicación.

Ventajas:

- Son fáciles de entender y fáciles de aplicar.
- Su proceso iterativo sencillo conduce a un equilibrio relativamente rápido.
- Son razonablemente exactos en el corto plazo y cuando se aplican en áreas en que existe una estructura de desarrollo estable.

Desventajas:

- Requieren como entrada los mismos datos que modelos más sofisticados y producen resultados inexactos.
- No se pueden ocupar en áreas en que se anticipe cambios significativos en la red o en el uso del suelo.
- Suponen que no habrá cambios en el costo de viajar o en la accesibilidad entre zonas.

Aplicaciones:

- Predicciones de corto plazo en áreas estables.
- Actualización de una encuesta de origen – destino reciente.
- Estimación de niveles futuros del tráfico que cruza un área.

b) El modelo gravitacional.

Estos modelos relacionan la demanda de viajes con la separación real entre sectores y se basan en el principio siguiente: el flujo fijo entre dos sectores i, j es proporcional a la generación (población) del sector de origen, por la atracción (población, empleo) del sector origen j y decrece con la distancia que los separa.

$$T_{ij} = P_i \left[\frac{\frac{A_j}{d_{ij}^n}}{\sum_{j=1}^n \frac{A_j}{d_{ij}^n}} \right]$$

donde:

T_{ij} = número de viajes entre i y j

P_i = número de viajes producidos o generados en i

A_j = número de viajes atraídos por la zona j

D_{ij} = dificultad para unir los sectores i y j (puede ser la distancia, el tiempo de trayecto o los costos)

De manera general, dos formulaciones de la función de resistencia de tránsito han sido las más utilizadas:

- En función de una potencia $T_{ij} = k \left[\frac{a_i \cdot b_j}{d_{ij}^\beta} \right]$

Donde:

β = parámetro de ajuste que varía según el tipo de ciudad entre $1.5 < \beta < 3.0$

d_{ij} = costos

a_i = población activa del sector i .

b_j = empleo del sector destino j .

- En función de una exponencial. Si se reemplaza la potencia del denominador por una exponencial y la distancia d_{ij} por el costo generalizado C_{ij} se tiene:

$$T_{ij} = a_i b_j \exp(-\beta C_{ij})$$

Algunas críticas a estos modelos son:

- Los cálculos son muchos, aún con equipo de cómputo.
- El valor de los parámetros (sobre todo el de la dificultad o resistencia) puede variar según las categorías de la población y de los tipos de vías.
- La valoración de que los parámetros quedan constantes en el tiempo.

Sin embargo la principal crítica del modelo gravitacional es que su formulación no es más que un modelo analógico con la Ley de Newton, y no un modelo explicativo del comportamiento de los usuarios.

c) Modelos de oportunidad.

Su fundamento está en determinar la distribución de los viajes en función de analizar la separación relativa con factores socioeconómicos. Tratan de apoyar una explicación del comportamiento de los usuarios, quienes buscan hacer el desplazamiento más corto posible que les permita cumplir con sus objetivos. Para ello, se clasifican los diferentes destinos posibles en orden creciente de distancias. Si d_a es el número de destinos posibles en un sector j y P la probabilidad que este destino satisfaga los objetivos del desplazamiento; el usuario tendrá $P * d_a$ oportunidades de encontrarse en el sector j y si a la vez no elige un destino más próximo, entonces la probabilidad de que llegue al sector j será:

$$dP = (1 - P) * (P * d_j)$$

donde:

$(1-P)$ = probabilidad de no haber seleccionado un destino más próximo

$P * d_j$ = probabilidad de seleccionar el destino

dP = probabilidad de llegar al destino j

III.3.1.3 Modelos de distribución modal de la demanda.

El objetivo de estos modelos consiste en obtener la mayor eficiencia en la utilización de los medios de transporte, así como desarrollar una política que haga a determinado transporte más atractivo y utilizado.

Algunas formulaciones de este tipo de modelos son:

a) Modelos tipo logit multimodal.

$$p_k = \frac{e^{-\alpha_k + C_k}}{\sum_{k=1}^n e^{-\alpha_k + C_k}}$$

En estos modelos, el tanto por uno, p_k de captación de cada modo k en una relación entre dos zonas, i, j , viene dado por la expresión:

En donde α_k son los parámetros a determinar en el ajuste y C_k los costos generalizados de cada modo k , para la citada relación i, j . Como variantes de este método se utilizaron la de tomar un modo de transporte de referencia y tomar como variables explicativas las diferencias de costo generalizado respecto a éste, o la de aplicar modelos de reparto por parejas de modos, en vez de para todos los modos en competencia (tres en el citado estudio), simultáneamente.

b) Modelos tipo probit.

Estos modelos se basan en considerar el valor del tiempo de viaje como una variable estadística con una determinada función de distribución. Frecuentemente, se acepta que esta variable sigue una ley logarítmica - normal de media μ y desviación típica σ . Calculando los valores límites del tiempo que igualan los costes generalizados de los diferentes modos en competencia y conociendo el valor de μ y de σ , se obtienen, a través de la citada función, las participaciones de los diferentes modos en la demanda de transporte de que se trate. En efecto, sean C_1, C_2, C_3 los costes de transporte en los modos 1, 2 y 3, respectivamente (sí se consideran tres modos de transporte, aunque el método es generalizable), y t_1, t_2 y t_3 los tiempos de viaje en dichos modos. Supongamos que sea $C_1 < C_2 < C_3$ y $t_1 > t_2 > t_3$.

Los valores límites del tiempo serán:

.. Entre el modo 1 y el 2

$$C_1 + p_{1,2} t_1 = C_2 + p_{1,2} t_2$$

de donde

$$p_{1,2} = (C_2 - C_1) / (t_1 - t_2)$$

.. Análogamente, entre el modo 2 y 3, el valor límite del tiempo $p_{2,3}$ será:

$$p_{2,3} = (C_3 - C_2) / (t_2 - t_3)$$

$$p = \int_{-\infty}^{p_{1,2}} f(x) dx \quad p_2 = \int_{p_{1,2}}^{p_{2,3}} f(x) dx \quad p_3 = \int_{p_{2,3}}^{\infty} f(x) dx$$

La demanda para la que el valor del tiempo sea inferior a $p_{1,2}$ utilizará el modo 1, la que tenga su valor entre $p_{1,2}$ y $p_{2,3}$ utilizará el modo 2 y la que tenga un valor superior a $p_{2,3}$ empleará el modo 3. En consecuencia, las participaciones p_1, p_2, p_3 será:

En donde $f(x)$ es la función de densidad del valor del tiempo z . Si se acepta la distribución logarítmica - normal y una transformación de variables permiten efectuar el ajuste en la fase de reglaje del modelo y obtener las participaciones p_i en la fase de prognosis.

c) Modelos de elasticidad.

Estos modelos tienen una expresión matemática del tipo:

$$t_{m,ij} = T_{ij} \cdot C_{1,ij}^{a_{1,j}} \cdot C_{2,ij}^{a_{2,j}} \cdot C_{3,ij}^{a_{3,j}} \cdot t_{1,ij}^{b_{m,1}} \cdot t_{2,ij}^{b_{m,2}} \cdot t_{3,ij}$$

en donde:

$T_{m,ij}$ demanda total de viaje en el modo m , para la relación $i-j$.

T_{ij} demanda de viaje entre $i-j$ en todos los modos.

$C_{1,ij}, C_{2,ij}, C_{3,ij}$ costes de viajes entre ij , en los modos 1, 2 y 3, respectivamente.

$t_{1,ij}, t_{2,ij}, t_{3,ij}$ tiempos de viaje entre ij , en los modos 1, 2 y 3, respectivamente.

$a_{m,n}$ elasticidades de la demanda del modo m respecto al costo del modo n .

$b_{m,n}$ elasticidades de la demanda del modo m respecto al tiempo de transporte en el modo n .

El ajuste del modelo consiste en estimar los valores de dichas elasticidades.

En estudios de redes viarias, tanto urbanas como interurbanas, no integradas en estudios integrales de transporte, se suele estudiar específicamente la movilidad en vehículo privado, eliminando modelos de reparto modal.

III.3.2 Modelos desagregados.

A diferencia de los modelos agregados que se han visto hasta ahora, y que se basan en relaciones observadas para promedios o agrupaciones de individuos en zonas, los modelos desagregados —o de elección discreta— tienen su fundamento en las elecciones observadas de viajeros individuales.

III.3.2.1 Algunas propiedades de los modelos desagregados.

- A diferencia de los modelos agregados, que generalmente se calibran con datos que se han agregado de alguna forma, los modelos desagregados se calibran usando observaciones de la conducta de los individuos como datos de entrada.
- Los modelos desagregados pueden ser más eficientes en el uso de la información que los modelos convencionales.
- Al utilizar datos individuales, ocupan toda la variabilidad inherente a la información.
- Los modelos desagregados pueden aplicarse, en principio, a cualquier nivel de agregación.
- Los modelos desagregados son probabilísticos.

III.3.2.2 Primera formulación de modelos desagregados.

En ésta se supone que se cuenta con información “perfecta”, es decir, que se conocen todas las alternativas y sus atributos. Como ayuda en la evaluación de opciones y en la toma de decisiones se utiliza el concepto de utilidad, que es medida adimensional que refleja el valor de cada alternativa ante las preferencias del decisor. Lo anterior se puede representar por medio de la relación:

$$U = t^\beta c^\gamma \alpha$$

donde:

α , β , γ son parámetros.

t y c son los atributos o criterios de evaluación de las alternativas, tiempo y costo.

Esta formulación no siempre es adecuada ya que el conjunto de atributos para caracterizar las opciones nunca estará completo. No se toma en cuenta la aleatoriedad en la toma de decisiones.

Sin embargo, la formulación anterior es útil cuando se conocen las alternativas disponibles al consumidor y los atributos de cada alternativa. Este modelo se apoya en la definición de utilidad y en las curvas de indiferencia, ya que de acuerdo con sus preferencias, el consumidor elegirá aquella alternativa que tenga la mayor utilidad.

III.3.2.3 Segunda formulación de modelos desagregados.

Si se supone que no se dispone de información perfecta, ya que no se conocen todas las alternativas ni todos sus atributos, es decir que en el proceso intervienen elementos aleatorios, podemos representar la función utilidad como:

$$U = t\beta + c\gamma + \alpha + \varepsilon$$

donde ε es un término que permite introducir los factores aleatorios en la decisión. Para efectos prácticos, se supone que ε tiene una distribución probabilística determinada. Introduciendo el factor ε , el resultado práctico es que no se sabe con precisión cuál será la alternativa elegida por el consumidor, ya que no se sabe la utilidad que asignará a cada una de ellas. Esto implica que se debe de hablar de la probabilidad de que el individuo seleccione una alternativa determinada, y no de la alternativa que el consumidor elegirá con seguridad acorde a sus preferencias.

III.4 Errores de modelación y predicción.

La mayoría de los procedimientos estadísticos utilizados en la estimación de modelos asumen, implícita o explícitamente, que tanto los datos como la forma funcional del modelo se conocen en forma exacta. En la práctica sin embargo, a menudo se violan estas condiciones; por lo demás, aun si se satisficieran, existirían errores en las predicciones de los modelos debido simplemente a la inexactitud de los valores estimados para las variables exógenas en el año de diseño.

Como el objetivo último de la modelación es normalmente la predicción, un problema importante que deben enfrentar los diseñadores de modelos es definir la combinación más adecuada de complejidad computacional y precisión de los datos. Es conveniente distinguir dos tipos de errores:

- Aquellos que hacen que incluso un modelo correcto produzca resultados sesgados.
- Aquellos que tienen como resultado la estimación de un modelo incorrecto.

III.4.1 Clasificación de los errores.

A continuación se enumeran los diversos tipos de errores que pueden afectar un modelo predictivo.

- a) Errores de medición, codificación y digitalización de los datos. Este tipo de errores crecen con el refinamiento o sofisticación de las variables a medirse, pero que pueden reducirse invirtiendo más dinero en supervisión y verificación de datos.
- b) Errores de muestreo, provenientes de la consideración de muestras finitas en lugar de la población completa; estos errores tienden a ser proporcionales a la raíz cuadrada del número de observaciones, por lo que su reducción puede ser muy costosa.
- c) Errores de especificación, debidos a que ningún puede pretender representar la realidad en forma exacta; un mejor modelo, más sofisticado, puede reducir este tipo de errores mediante una mayor inversión en la etapa de recolección de información y procesamiento de datos.

- d) Errores de calibración y predicción: los primeros provienen de la utilización de técnicas de calibración inexactas (la generalidad de los modelos, como se vio anteriormente se resuelven mediante iteraciones y no tienen solución matemática exacta) y los segundos, de errores en la predicción a futuro de las variables independientes del modelo.
- e) Errores de agregación de información básica y alternativas.

III.4.2 La validez de un modelo: verificar, validar y calibrar.

Uno de los problemas más difíciles que enfrenta un analista de simulación es obtener un modelo que sea una representación apropiada del sistema real estudiado; dicho de otro modo, su principal preocupación es la de obtener un modelo válido.

La cuestión de la calidad que tenga el modelo como representación del sistema real tiene dos aspectos claramente separados. Por una parte está la verificación del modelo, por otra parte está la validación del mismo. Verificar es construir correctamente el modelo; validar es construir el modelo correcto.

La verificación del modelo tiene que ver con la construcción de un modelo computacional correcto. Esto es, verificar el modelo significa comparar el modelo conceptual del sistema real, que incluye supuestos sobre sus variables, los rangos de valores que toman, las interrelaciones lógicas y matemáticas, etc., con la representación en computadora que implementa dicho modelo.

Aunque conceptualmente la verificación no tiene gran complicación, el esfuerzo real que se debe efectuar para depurar y dejar listo un programa de cómputo que funcione correctamente, es una labor larga y difícil. En esta etapa es muy conveniente contar con apoyo de ingenieros o especialistas en cómputo o en todo caso, seguir las recomendaciones básicas del desarrollo de sistemas que ofrece la literatura de ingeniería de software.

La validación del modelo se ocupa de determinar si el modelo conceptual en que se basa la simulación es una representación precisa del sistema estudiado. La aceptación de un modelo de simulación y sus resultados como válidos por parte de los usuarios y decisores que habitualmente trabajan con el sistema real, corresponde a lo que en la práctica de simulación se conoce como tener un modelo creíble. Esta cualidad, deseable en un modelo de simulación, es el principal motivo por el cual se han difundido ampliamente y con gran popularidad las técnicas de animación para ilustrar los resultados del modelo; ya que la animación resulta una forma muy eficaz de comunicar los detalles operativos y el comportamiento del modelo a los interesados en el modelo.

En sistemas estocásticos, la validación del modelo no debe confundirse con el análisis de resultados. Esta última tarea, más bien tiene que ver con la capacidad del modelo de estimar eficientemente las medidas de interés en el sistema; es un problema estadístico relacionado con determinar el tamaño de las corridas y el número de réplicas que sustenten un nivel de confianza (95% o 99% usualmente) determinado previamente.

La *calibración* de un modelo es la técnica iterativa que consiste en comparar el modelo con el sistema real, efectuando ajustes o aún cambios mayores al modelo, comparando el modelo revisado con la realidad, haciendo ajustes adicionales y comparando de nuevo, y así sucesivamente.

Una posible crítica a la calibración es que el modelo se ha validado solamente para un conjunto de datos determinado; es decir, que el modelo se ajusta a ese conjunto particular de datos. Una forma de mejorar el procedimiento es recopilar un nuevo conjunto de datos del sistema, o en todo caso, reservar una parte de datos del conjunto original para usarse al final de la etapa de validación. De este modo, luego que el modelo se ha calibrado con los datos originales, una validación "final" es efectuada con un segundo conjunto de datos del sistema. Si persisten discrepancias importantes, el modelador debe reiniciar el proceso de calibración hasta lograr resultados aceptables. Los datos históricos usados en el sistema real, son muy adecuados para este propósito. Esta idea de usar un conjunto de datos para calibrar y otro conjunto independiente (pero homogéneo con el primero) de datos para la validación final es una forma común de operar en estudios econométricos o de bioestadística.

Una recomendación adicional sobre la validación, es que el modelador evalúe el posible, aunque no garantizado totalmente, aumento en la precisión de su modelo que logrará contra el costo (dinero y tiempo) del esfuerzo requerido para mejorar la precisión de su ajuste. Por lo general, el modelador y los usuarios y/o decisores del sistema estudiado llegan a un acuerdo sobre cuál es el nivel tolerable de error en los resultados del modelo.

III.5 El modelo de transporte moderno.

La estructura del modelo de transporte clásico se ha mantenido aparentemente inalterada desde que fuera formulada originalmente a fines de los años 60. Sin embargo, esto es engañoso, ya que se han producido, por un lado, importantes avances en la especificación de sus diversos submodelos y, más fundamentalmente, se ha logrado una clara definición de la forma en que éstos deben entrelazarse e interactuar entre sí a fin de garantizar una solución única al complejo problema del equilibrio entre oferta y demanda implícito en la estructura.

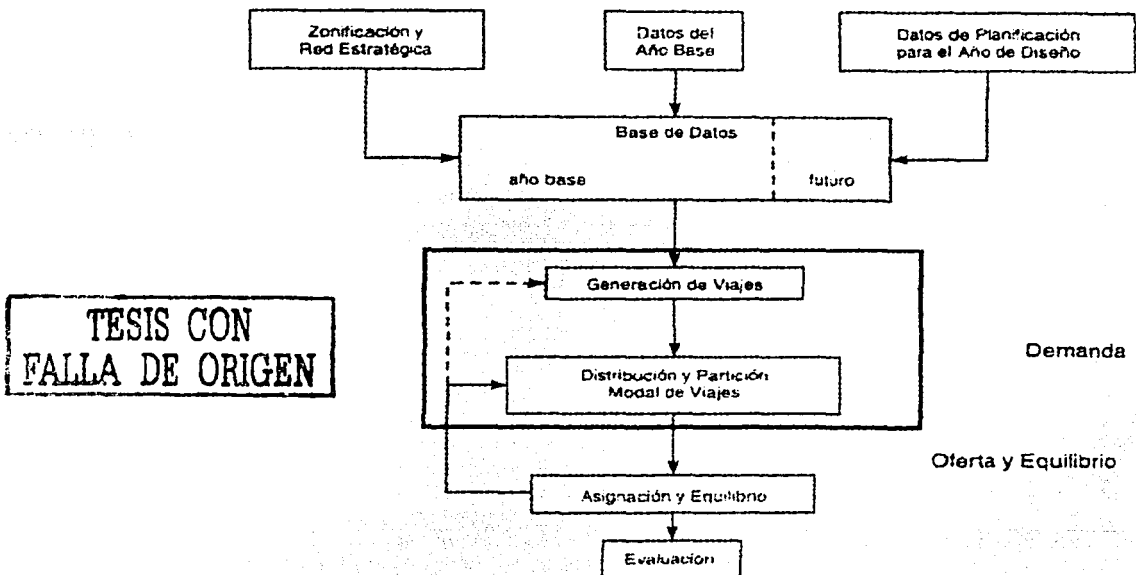
El enfoque de modelación clásico parte por considerar una red multimodal de transporte, una zonificación apropiada del área de estudio, y la recolección y codificación de datos tanto para la calibración y validación de los modelos como para su uso en modalidad predictiva. Estos datos incluyen información socio – económica acerca de la población en cada zona del área de estudio, así como datos de su actividad económica, etc.

Con estos datos, obtenidos típicamente de una encuesta origen – destino, se pueden estimar los modelos de generación de viajes vistos con anterioridad. Se deben estimar modelos diferentes para los distintos propósitos de viajes que estén considerando en el estudio.

La siguiente etapa del modelo clásico consiste en distribuir los viajes generados por cada zona a sus posibles zonas de destino (distribución de viajes). La etapa que sigue normalmente considera modelar como se reparten los viajes interzonales que predice el modelo anterior entre los distintos medios de transporte disponibles para cada tipo de persona (partición modal). Esta es una de las áreas en que se han producido mayores avances en los últimos años, particularmente a través del uso de los modelos desagregados estudiados previamente. Cabe señalar que la estructura, forma funcional y variables a considerar en estos modelos, son temas que revisten profunda importancia y que pueden afectar de manera significativa los resultados de la modelación.

En su versión original, el modelo clásico consideraba un proceso iterativo entre los submodelos de distribución y asignación, que desgraciadamente es una fuente de errores como ya se estudió. Esto hace que quienes todavía utilizan paquetes estructurados de esta forma no logren obtener un resultado de la modelación, en términos de flujos y costos equilibrados en los distintos submodelos. La práctica actual reconoce la necesidad de lograr este equilibrio y considera formulaciones del modelo clásico que lo garanticen. En la figura 3.1 se muestra la visión moderna del modelo de transporte.

Figura 3.1 Modelo de transporte moderno.



Fuente: Modelos de Demanda de Transporte, Ortúzar, 2000.

III. 6 Administración de la demanda de viajes en la Zona Metropolitana del Valle de México.

El objetivo de la administración de viajes es la organización y estructuración del sistema de transporte de pasajeros, conformado por los subsistemas: transporte público colectivo, transporte particular y transporte colectivo particular, para satisfacer la demanda de los servicios y promover el uso de los modos de transporte que permitan el óptimo funcionamiento del sistema en general.

Las medidas de administración de la demanda de viajes se encaminan a reducir el número de vehículos en circulación, mediante la aplicación de fórmulas de orientación al público, de control del uso de la infraestructura de transporte, de restricción al uso de vehículos, de establecimiento de incentivos y de cargas fiscales, de limitación al acceso de zonas, de distribución horaria de los flujos, de política de precios en los combustibles, entre otros, que tienden a administrar la demanda de viajes y en consecuencia mejorar las condiciones de tránsito y la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

III.6.1 Experiencias sobre la administración de la demanda de viajes en otros países.

La administración de la demanda de viajes consiste en un conjunto de políticas y acciones que tienen la finalidad de cambiar el patrón de los viajes a fin de reducir el tránsito vehicular, las demoras de los usuarios y la alta emisión de contaminantes a la atmósfera.

La administración de viajes parte del supuesto de que es posible modificar las variables que determinan el comportamiento de los viajes, mediante cambios en la estructura urbana, en los atributos de los diversos modos de transporte disponibles, o en las características de las actividades cotidianas de la población. Estos cambios tienen como propósito inhibir la generación de viajes, modificar su distribución horaria y modal. En forma resumida, la orientación de las medidas de la administración de la demanda de viajes se presenta en la tabla 3.2

Tabla 3.2 Orientación de las medidas de administración de la demanda.

Propósito de las medidas	Medidas generales factibles de aplicarse y su orientación
Inhibir la generación de viajes	Orientada a sectores específicos de la población que puede desarrollar parcial o totalmente sus actividades fuera de su centro de trabajo (en casa); por esta razón su alcance es limitado. Contempla: el trabajo a distancia y la modificación de los horarios de trabajo.
Modificar la distribución espacial de los viajes	Se logra mediante cambios en la estructura urbana de la ciudad, por lo que este tipo de acciones se aplican como un proceso de planeación urbana y/o regional a mediano y largo plazo, e incluyen: descentralización y desconcentración de las actividades urbanas y desarrollo de subcentros urbanos.
Modificar la distribución horaria de los viajes	Pretenden desplazar selectivamente las horas de inicio de las actividades de la población, para ampliar la duración de las horas de máxima demanda y así distribuir niveles similares de demanda en periodos más amplios. Es efectiva cuando la distribución horaria de la demanda presenta picos altamente diferenciados de las horas valle.
Modificar la distribución modal de los viajes	Su propósito es lograr una reducción de los viajes en automóviles particulares, y transferirlos a modos de transporte colectivo públicos o privados. Incrementar la ocupación de los vehículos particulares.

Fuente: COMETRAVI. 1999.

Las experiencias en diferentes ciudades del mundo incluyen una serie de medidas de las cuales es posible analizar sus resultados y la magnitud en que se ha manifestado la respuesta de la población y de los usuarios del transporte. Entre las medidas aplicadas en otras ciudades se cuentan:

- Las políticas que fomentan los viajes en auto compartido y viajes en grupo se han aplicado satisfactoriamente en ciudades como Seattle, Los Angeles y Vancouver; su ejecución se apoya en ventajas que se proporcionan a las personas que viajan de esta manera, entre otras: carriles exclusivos, estacionamiento preferencial, incentivos fiscales entre otras. Estas medidas son de corto alcance y dependen de la participación voluntaria. Pero para el caso de Los Angeles, la medida se hizo obligatoria en las empresas, teniendo una reducción de entre 14% y 36% de los viajes - vehículo.
- La administración de estacionamientos es la medida que presenta los mejores resultados. Para el área central de la ciudad de Vancouver se estima que, debido a la política de incrementos en tarifas de estacionamiento del orden del 50%, se produjo una reducción de 35% en los viajes de vehículos con un solo ocupante.
- Por otra parte la creación de carriles exclusivos para autobuses que se ha llevado a cabo en Bangkok y Porto Alegre presenta resultados alentadores, ya que con esta medida se ha logrado incrementar la velocidad de recorrido de 10 a 19 km/h con reducciones en el tiempo de viaje de entre un 25% a un 30%.
- La restricción de acceso a áreas se ha aplicado en muchos casos con el atractivo de crear espacios agradables para los peatones. Ejemplos de estos proyectos se tienen en los centros históricos de ciudades europeas como Toscana, Estrasburgo, Colonia y Bolonia en las que generalmente ocupan una parte mínima de la ciudad cubriendo apenas 1% de la superficie urbana. Sin embargo, este tipo de proyecto puede representar disminuciones significativas en la circulación de vehículos como en el caso de Milán, en donde se prohíbe el acceso de los autos particulares de las 7:00 a las 16:30, con lo que se ha logrado una reducción del 25% en el tránsito durante a hora de máxima demanda matutina. Sin embargo también ha tenido efectos negativos en varias ciudades de los Estados Unidos, ya que el comercio decayó notablemente.
- Otra forma de disminuir el acceso en automóvil a ciertas áreas es mediante el cobro de cuotas de acceso, Esta medida se ha aplicado en Singapur desde 1977 con éxito, por lo que se pretende ampliar su aplicación a áreas más extensas, mediante sistemas inteligentes de información con lo cual se podrán cobrar cuotas variables de acuerdo al tiempo y ubicación de los recorridos.

III.6.2 La administración de la demanda de viajes en la Zona Metropolitana del Valle de México.

En la ZMVM el Sistema de Transporte actual satisface la demanda con 79.3% de tramos de viaje realizados en transporte público colectivo (metro, autobuses, colectivos, vagonetas, tren ligero y trolebuses), 16.7% en automóvil, 2.5% en taxi y el restante en bicicleta, motocicleta y otros modos.

En la ZMVM se ha aplicado como medida de administración de la demanda el programa "Hoy No Circula", el cual suprimió - al inicio de su puesta en operación en 1989 -, el tránsito del 20% de la flota de automóviles, pero su eficiencia en disminución de viajes en automóvil es actualmente del orden de 8 al 15%. La nueva versión del programa se combina con el de la verificación vehicular, que atiende la emisión de contaminantes; en esta nueva versión, se exentan del programa los vehículos de baja emisión y modelos recientes (con calcomanía 0 y doble 0).

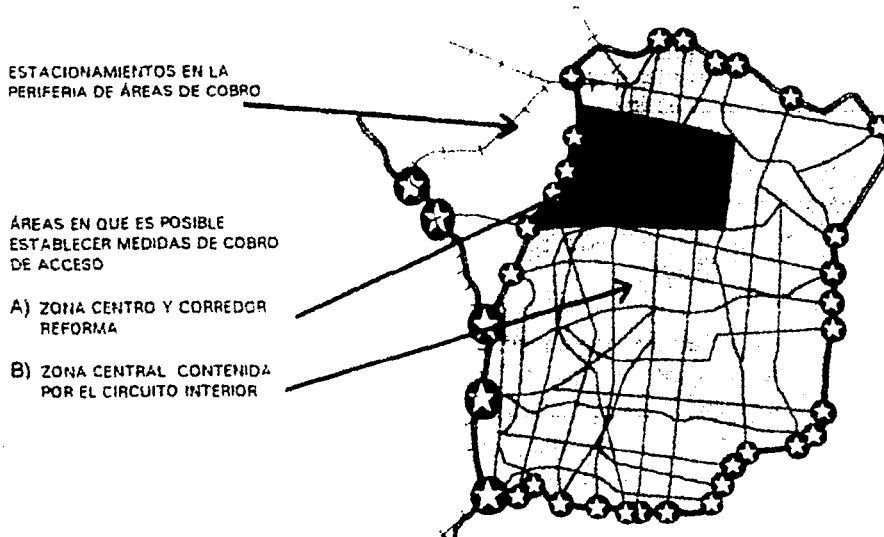
Después de un análisis y de un proceso de consulta de funcionarios y a expertos en materia de transporte y contaminación ambiental, se eligieron para su análisis a aquellas medidas de administración de la demanda de viajes que a priori se consideró que presentaban las mayores posibilidades de aplicarse con éxito en la ZMVM. Los programas que mostraron resultados potenciales importantes y que se eligieron para su análisis fueron:

- Los programas de auto compartido requieren de la colaboración voluntaria de la población, y deben representar beneficios al participante que opte por esta solución. Para la operación de este sistema se requieren incorporar en la planeación y diseño los siguientes elementos: Infraestructura vial, estacionamiento preferencial, descuentos telefónicos y estímulos fiscales a los usuarios. En la ZMVM la ocupación promedio de los autos es de 1.5 pasajeros por automóvil, el 85% de los automóviles se emplean por uno o dos pasajeros.
- La infraestructura vial para vehículos de alta ocupación de pasajeros que incluye al acceso controlado a las vías primarias. Los carriles exclusivos se pueden crear donde exista suficiente espacio para albergarlos y tendrán que establecerse donde la capacidad de la arteria lo permita.
- Las restricciones al acceso vehicular a zonas en forma permanente o durante el periodo de afluencia máxima a fin de reducir el congestionamiento y la contaminación, pueden combinarse con áreas peatonales y de acceso controlado a vehículos de servicio. Esta medida deberá ser concertada en el ámbito vecinal a fin de no afectar a los interesados. El cobro de acceso a áreas de la ciudad tendrá un impacto directo sobre los viajes que se realizan. La aplicación de esta medida requerirá limitar los accesos al área a puntos en los que se puedan establecer formas de cobro. Esta medida se puede aplicar en el primer cuadro o al paso de ciertos umbrales de la mancha urbana, como por ejemplo, el circuito interior. Esta medida debe acompañarse de la construcción de estacionamientos en el perímetro de las áreas de cobro. En la figura 3.2 se muestra un esquema de las zonas donde es posible establecer medidas de cobro de accesos a áreas.
- Similar al cobro por acceso a áreas, el cobro por uso de vialidades tendrá un efecto directo sobre la demanda de viajes en automóvil. En vías confinadas el cobro se puede realizar en garitas de acceso. Las vialidades en que se podría establecer el cobro por acceso son el anillo periférico y circuito interior. En la figura 3.3 se muestra un esquema de las posibles vialidades para implementar la medida de cobro por acceso a vialidades.

100 PÁGS.
MAYO 1999

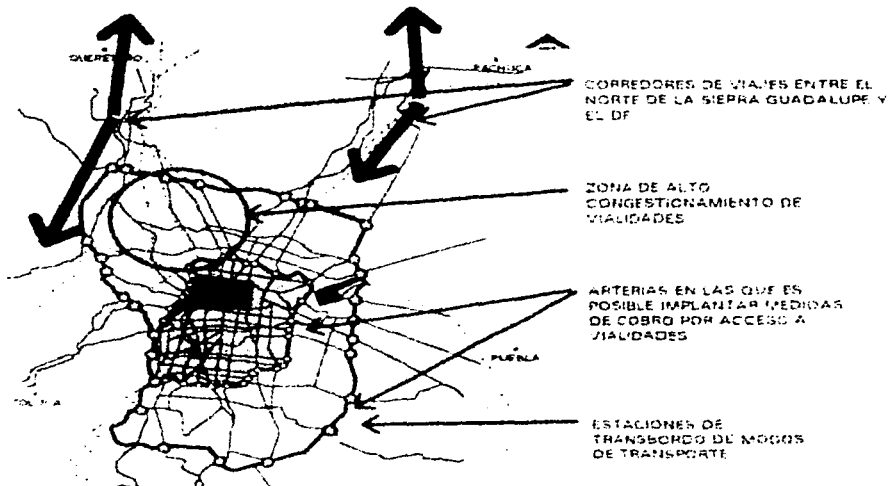
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Figura 3.2 Esquema de la Ciudad de México donde es posible establecer medidas de cobro de acceso a áreas.



Fuente: COMETRAVI. 1999.

Figura 3.3 Esquema de posibles vialidades para implementar la medida de cobro por acceso a vialidades.



Fuente: COMETRAVI. 1999.

- En ciertas zonas convendrá disminuir el uso del automóvil estableciendo una cuota adicional a los estacionamientos públicos y parquímetros. A medida que se aumenta la tarifa disminuirá la demanda de espacios de estacionamiento y, por lo tanto, los viajes en automóvil. Las áreas susceptibles para la aplicación de medidas de administración de la demanda a través del

aumento en tarifas de estacionamientos son el centro histórico y el corredor Reforma. En la tabla 3.3 se muestra el número de automóviles que se estacionan en esta zona.

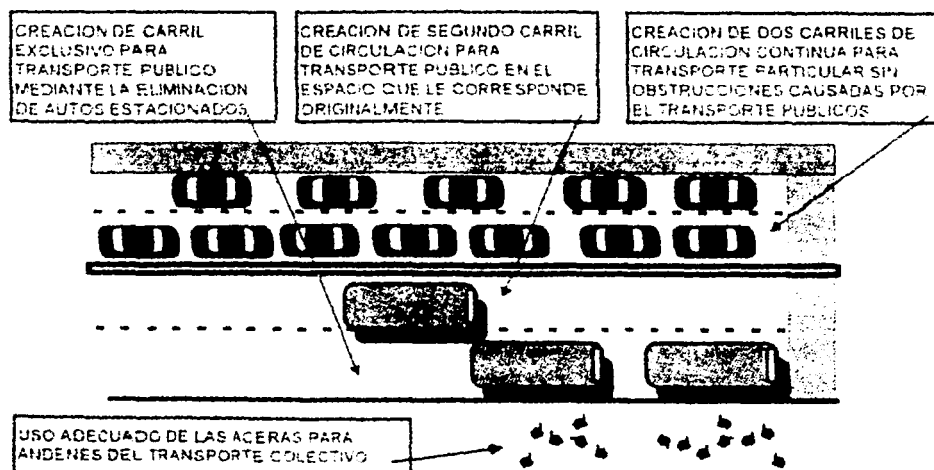
Tabla 3.3 Número de automóviles que se estacionan en el Centro Histórico y Reforma.

Número de viajes (miles) que se realizan con motivo de acudir al trabajo en:	
Centro Histórico	569
Corredor Reforma	618
Viajes en automóvil al Centro Histórico y Corredor Reforma (miles)	236
Número de automóviles que se estacionan en el Centro histórico y corredor Reforma:	
Total	195559
En estacionamiento privado	99114
En estacionamiento público	20923
En la vía pública	75522

Fuente: COMETRAVI. 1999.

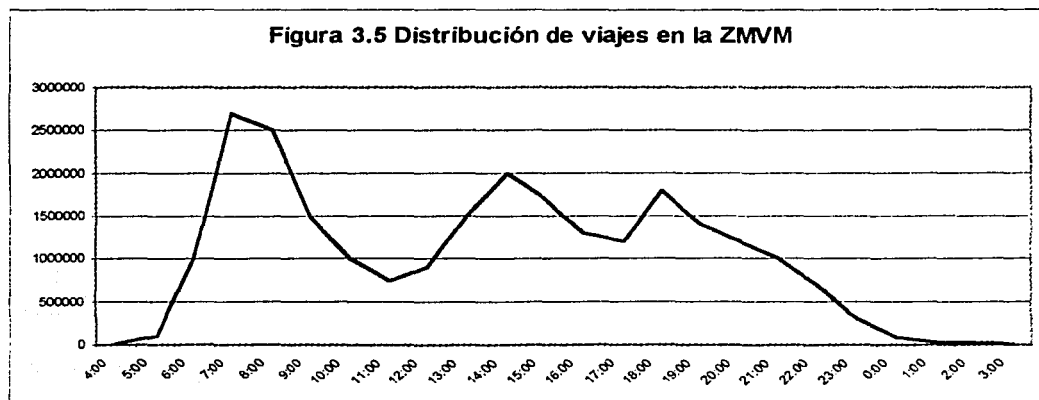
- Canalizar al público al uso del transporte colectivo es la medida más importante de administración de la demanda y requiere de un sistema eficiente, cómodo y seguro. Una mejor estructura de los servicios de transporte público, servicios exprés con mínimas paradas y elementos de cambio intermodal en los extremos de las rutas tanto para transporte particular como público, estacionamientos de larga duración, constituyen el paquete de mejoras requeridas para reforzar el servicio de transporte colectivo. Otra condición para la mejora del servicio público de transporte, es el desarrollo de infraestructura de tránsito adecuada para las unidades de transporte colectivo, en las que se eliminen los conflictos de tránsito entre estos últimos y los vehículos de transporte particular. En la figura 3.4 se muestra un esquema de solución a la creación de carriles exclusivos para transporte público.

Figura 3.4 Esquema de solución a la creación de carriles exclusivos para transporte público.



Fuente: COMETRAVI. 1999.

- El transporte especializado para empleados y estudiantes atiende a importantes sectores de viajes que se realizan en periodos de máxima demanda, y que representan un elevado porcentaje de los viajes realizado en la ZMVM. El servicio para empleados puede establecerse como una prestación laboral que las empresas proporcionarán mediante el pago con "vales" para el transporte público, en unidades propias de la empresa, o mediante servicios contratados. El transporte de alumnos a escuelas particulares atiende un importante sector de viajes conflictivos por lo horarios en que ocurren y por los volúmenes vehiculares que representan. Su establecimiento permite abatir costos y mejorar los tiempos de recorridos.
- Los programas de administración horaria y de eliminación de viajes se llevan a la práctica con el fin de distribuir de manera más uniforme el flujo vehicular en los distritos con mayor atracción de viajes. Las medidas que se han desarrollado en este rubro son: el escalonamiento de horarios de ingreso a los centros de trabajo, que extendería la demanda a periodos de menor congestión, los horarios corridos, que suprimen los viajes con motivo de ir a comer, y la realización de trabajo en casa. En la figura 3.5 se muestra la distribución de viajes durante el día en la ZMVM.



Fuente: COMETRAVI. 1999.

- Las políticas fiscales, tarifarias y de precios diferenciales para producir la reducción de la demanda de viajes en auto y el uso de modos de transporte de alta ocupación y colectivos pueden aplicarse a empresas.
- Estas políticas pueden aplicarse también mediante incrementos a los costos de los combustibles con el fin de incidir en el uso de los vehículos. Estas medidas pueden tener un efecto negativo en la población por lo que su aplicación debe considerar sus posibles repercusiones en la sociedad
- Estas medidas tendrán mayor potencial de éxito si se aplican en forma de paquetes integrales a las que se suman políticas relativas a otros temas de análisis como lo son la infraestructura vial, transporte masivo electrificado y mayor tecnología en vehículos y combustibles.

III.6.3 Evaluación de medidas de administración de la demanda en la Zona Metropolitana del Valle de México.

El actual programa Hoy No Circula ha demostrado ser una medida autocancelante, porque fomenta la adquisición de vehículos adicionales de reserva para el día en que no se circula, a lo que se añade, según encuestas que más de la mitad de los autos de reserva son modelos 1990 o anteriores. Esta medida tampoco ha eliminado viajes realizados en auto lo cual se refleja en el continuo crecimiento de los consumos de combustible a una tasa anual de 2.5%.

En el menú de opciones de posibles combinaciones de estrategias, se considera conveniente un fuerte impulso a la creación de carriles reservados para el transporte público y para vehículos de alta ocupación, ya que con ello se aumentará el atractivo del transporte público y se tendrá un mayor impacto al contribuir a reducir los costos de congestiónamiento para vehículos de transporte público. Estas medidas deberán acompañarse de vigilancia y severas acciones correctivas para evitar el uso de la infraestructura por automóviles de baja ocupación.

Otro aspecto clave en la estrategia es la aplicación de restricciones al estacionamiento, en la que se incluyen: la prohibición del estacionamiento en la calle de ciertas zonas, el cobro de estacionamiento con parquímetros y el incremento en las tarifas de estacionamientos públicos. Esta medida traería como consecuencia un incremento del costo de viaje redondo y fomentaría el uso del transporte público. Con un incremento en las cuotas de \$0.50 por hora se obtendría una reducción de 15 vehículos de cada 1000.

El cobro por acceso a vialidades y a zonas específicas es una variante de la medida anterior que incide en la circulación de autos por arterias congestionadas. Las cuotas de acceso a áreas con tarifas de \$8.00 por día podrían reducir los viajes en un 6%.

Paralelos a estas estrategias se incluyen programas cuyo objetivo sean segmentos específicos de viajes frecuentes, que incluyen los viajes al trabajo y a la escuela, que constituyen respectivamente el 14 y el 23% sin considerar los regresos a casa. La aplicación de una medida de transporte escolar especializado puede reducir entre un 5 a un 20% los viajes en automóvil.

Para obtener reducciones en la circulación de vehículos de baja ocupación y, en consecuencia, de las emisiones contaminantes, una estrategia que mezcle incentivos y restricciones será más efectiva que medidas aisladas aplicadas en forma independiente. Como se ha dicho reiteradamente, para que este tipo de medidas funcione, es necesario lograr mejoras substanciales en la calidad de los servicios de transporte público.

Con estos elementos, de las medidas descritas anteriormente, se seleccionaron aquellas que pueden contribuir de manera significativa a lograr el objetivo de administrar mejor la demanda de viajes en la ZMVM. Las medidas seleccionadas, así como los umbrales máximos de aplicación para el año 2020 son las mostradas en la tabla 3.4. :

Tabla 3.4 Medidas seleccionadas.

Medidas seleccionadas	Umbral Máximo	
Impulsar el transporte especializado escolar y de personal	525000	viajes
Implantar restricciones de acceso al área central	35000	Autos / h
Incrementar los costos de estacionamiento	35000	Autos / h

Fuente: COMETRAVI. 1999.

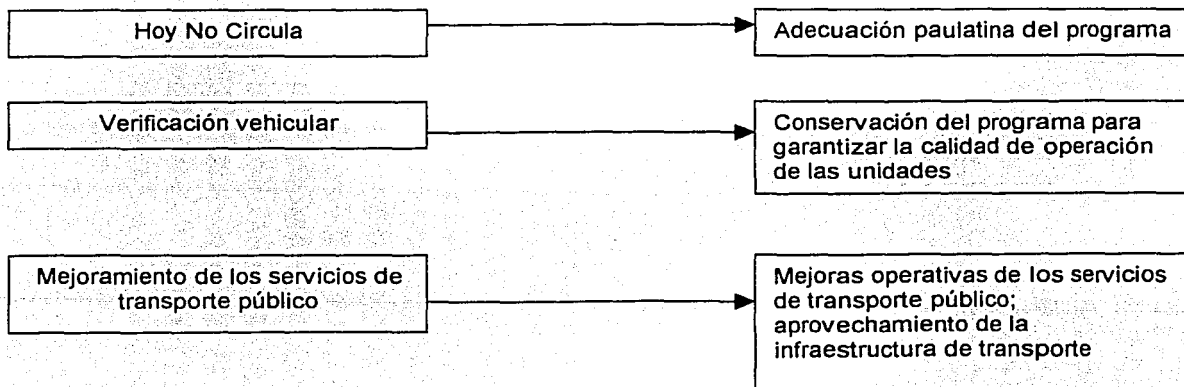
Estas medidas deben acompañarse de una mejora en la infraestructura y operación para reducir demoras y tiempos de viaje. Así como sistemas de intercambio y transbordo efectivos que reduzcan los inconvenientes para el pasajero.

III.6.4 Política de administración de la demanda de viajes en la Zona Metropolitana del Valle de México.

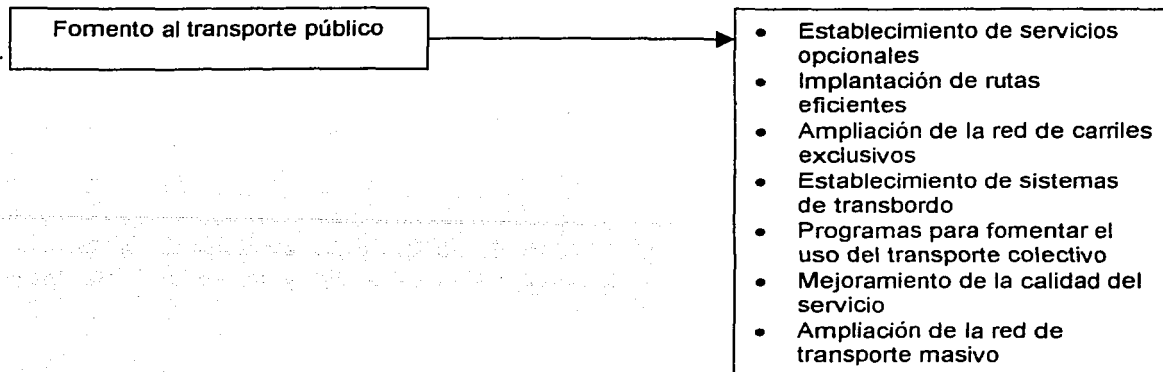
La política de administración de la demanda de viajes se plantea en términos de la secuencia en que se aplica cada una de las medidas seleccionadas, su prioridad, y la identificación de las zonas de la ciudad en las que cada una de ellas puede generar resultados positivos.

El orden de introducción de las medidas de administración de la demanda depende de la fuerza que tengan como instrumentos de control del uso de los modos de transporte. Las siguientes figuras muestran las fases en que pueden establecerse las medidas permitiendo adaptar la estructura urbana a la nueva estructura de viajes en la ZMVM.

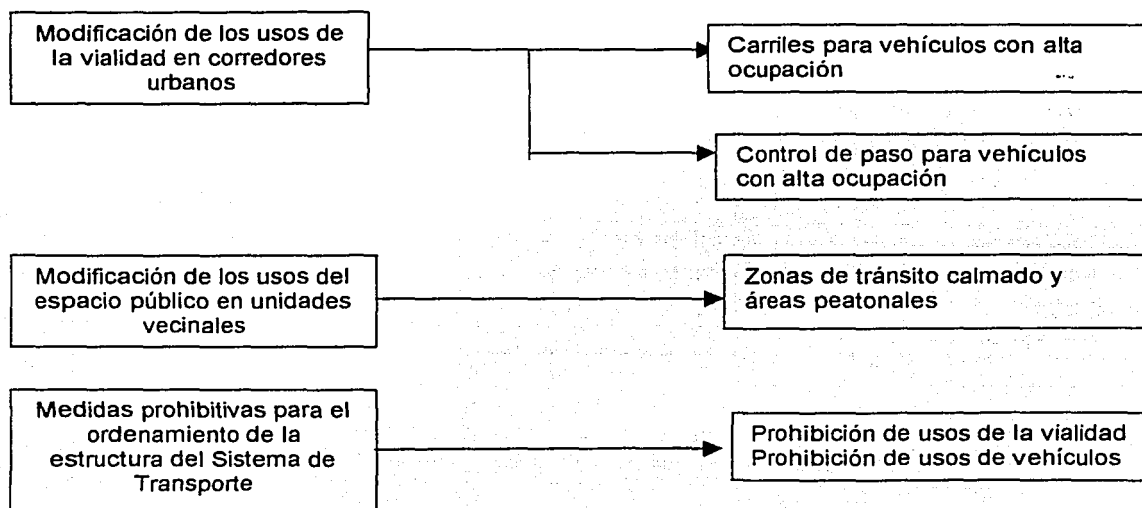
Primera fase: Impulso a los programas de operación en el sistema actual.



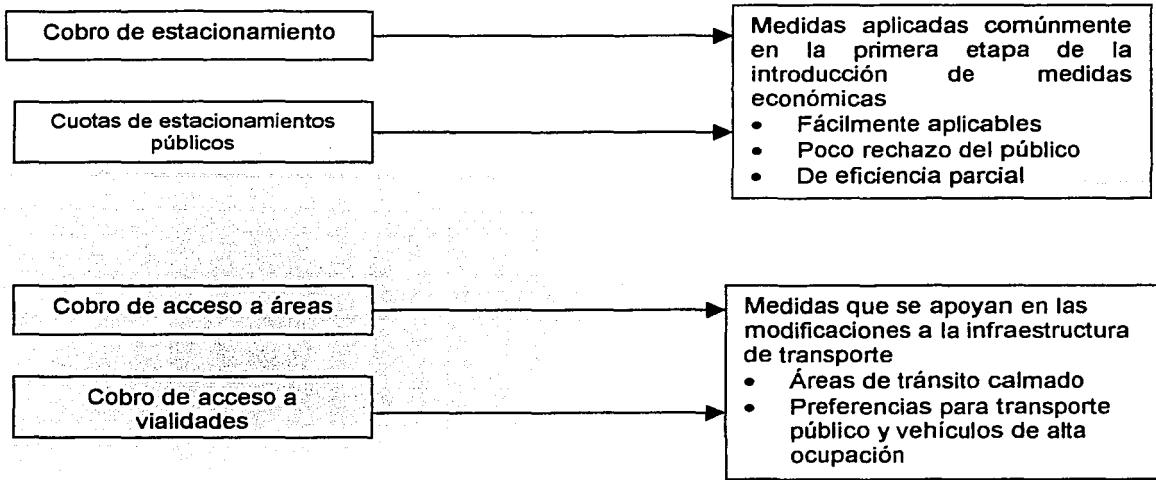
Segunda fase: Aplicación de medidas de administración de la demanda de viajes.



Tercera fase: Establecimiento de medidas para la modificación de la estructura del Sistema de Transporte.



Cuarta fase: Establecimiento de medidas económicas específicas.



Medidas no recomendables por la suma de efectos colaterales indeseables.

Impuesto al uso del automóvil

Impuesto a los combustibles

CAPITULO IV

EL PROCESO DE PLANIFICACION DEL TRANSPORTE

IV. EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN DEL TRANSPORTE.

Como se mostró en capítulos anteriores, el transporte tiene una importancia vital para el desarrollo de las actividades de una sociedad. Todas las actividades de una sociedad, dependen del transporte, y en la medida que éste se desarrolle y cumpla con su objetivo primordial, que es el de mover personas y bienes, esas actividades podrán satisfacerse mejor.

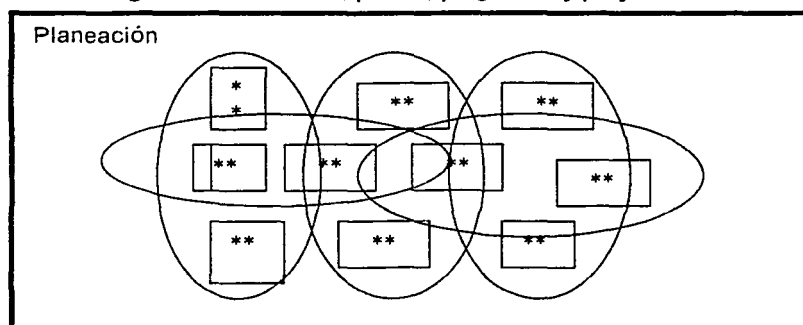
De hecho la necesidad de la planeación es evidente, porque el transporte provee oportunidades de movilización vitales en la economía de la sociedad, y debe asegurarse que esta actividad se realice de una manera eficiente ahora y en el futuro. Además la planeación del desarrollo y mantenimiento de los Sistemas de Transporte es necesaria porque influye, en el largo plazo, en los patrones de crecimiento y desarrollo económico de la sociedad.

Podemos definir a la planeación como la aplicación racional de la mente en la toma de decisiones, con base en el conocimiento previo de la realidad, mediante un análisis documentado, sistemático y cuantitativo, para controlar las acciones presentes y prever sus consecuencias futuras, encausadas al logro de un objetivo plenamente deseado y satisfactorio.

Frecuentemente suelen usarse indistintamente los conceptos de planeación, plan, programa y proyecto; pero existen diferencias básicas entre ellos.

La planeación es un concepto que involucra la necesidad de cambiar una situación actual por otra supuestamente mejor y se entiende como un proceso continuo, interdisciplinario y que sirve para orientar nuestras acciones en el corto y largo plazo. Un plan es el conjunto de políticas, estrategias y metas a seguir. Un programa es la ordenación en el tiempo y en el espacio de acciones interrelacionadas, dirigidas hacia un objetivo específico. Cada acción contenida en un programa es un proyecto específico. En la figura 4.1 se muestra un esquema general que ilustra los niveles de importancia de las definiciones anteriormente descritas.

Figura 4.1 Planeación, planes, programas y proyectos.



Planes

Programas

Proyectos * * *

IV. 1 Metodología de planeación en los transportes.

El proceso de planeación del transporte debe ser comprendido como un conjunto de actividades relacionadas entre sí que tienen por objetivo mejorar la calidad de vida de las personas, específicamente en los aspectos relacionados al funcionamiento del Sistema de Transporte.

El uso de la palabra "proceso" indica que la planeación debe ser una actividad continua, que acompaña la evolución del sistema estudiado así como la naturaleza de sus problemas y de la eficacia de las soluciones adoptadas.

La planificación de los transportes permite estar en condiciones de tomar decisiones óptimas acerca de la construcción de nuevas obras o las mejoras a los Sistemas de Transporte existentes, la implementación de nuevos sistemas. La utilización de una metodología de planificación ha mostrado su eficacia, justificándose sobre todo en economías donde la existencia de recursos financieros es cada vez más crítica y se hace necesario utilizar los pocos recursos económicos de una manera óptima y sostenida.

Un proceso de planeación de transporte debe integrar las diferentes actividades de planeación que ocurren en la región que afecta y es afectada por el Sistema de Transporte. Deben considerarse en el proceso factores tales como: el derecho al transporte, factores humanos y económicos, factores urbanísticos y por último factores tecnológicos y del medio ambiente.

IV.1.1 Elementos que intervienen en la planificación.

a) El derecho al transporte.

Este derecho se refiere a la posibilidad de que cualquier persona que habita en algún lugar pueda acceder a los Sistemas de Transporte en cualquier momento y hacia cualquier punto que elija. Este principio está ligado al concepto de accesibilidad visto con anterioridad.

b) Factores humanos y económicos.

Como se sabe, transportarse no es un fin por sí mismo. Los desplazamientos que realizan las personas no se resumen al solo hecho de utilizar un determinado medio de transporte y pagar una tarifa, sino que para los usuarios tiene una finalidad última que es acceder al conjunto de actividades que se dan en la sociedad. Entre los aspectos económicos que influyen en la planificación de los transportes están:

- Costos de infraestructura.
- Costos de operación.
 - Para el usuario.
 - Para los transportistas.
 - Para las autoridades.
- Costos de los energéticos.

c) Factores urbanísticos.

Una de las características en la mayoría de las ciudades del mundo es la carencia y lo limitado del espacio urbano. El consumo de espacio para los transportes es muy variable de ciudad a ciudad.

Se presenta una competencia por el espacio urbano de dos grandes medios de transporte, el automóvil y los transportes públicos. El problema del transporte se convierte entonces en una conciliación de intereses, entre la comunidad y los individuos que la componen.

Todo esto nos lleva a la existencia de una relación muy estrecha entre la planificación de los transportes y el uso del suelo, por lo que se puede decir que la planificación de los transportes de una ciudad se debe realizar al mismo tiempo que la planeación referente a la urbanización y no hacerse de manera separada.

d) Factores tecnológicos y del medio ambiente.

La planificación del transporte debe hacerse siempre que sea posible a largo plazo, por lo que las decisiones sobre las nuevas infraestructuras de transporte serán para dar servicio varios años, de aquí que las investigaciones sobre la tecnología de los equipos jueguen un papel importante que deberá ser tomado en cuenta dentro del proceso de planificación.

Ahora bien, otro de los elementos importantes que intervienen en la planificación de los transportes es el aspecto del deterioro al medio ambiente debido a la operación de los transportes y que afecta directamente a los habitantes de una ciudad, se tienen las molestias producidas por los ruidos, los humos (que afectan la calidad del aire). Algunos estudios europeos estiman que la participación del transporte carretero en la degradación del medio ambiente por ruidos es de alrededor del 80% y entre 50% para las emisiones. Obviamente estas cifras se incrementan notablemente en las ciudades y carreteras de países en vías de desarrollo como el nuestro. En cuanto al cambio de motores, para solucionar este problema, se tienen los siguientes resultados:

- La utilización de motores diesel reduce hasta en un 90% las emisiones de CO y en un 50% las de hidrocarburos (no así las de óxidos de azufre). Sus desventajas son que causan un mayor nivel de ruido y consideran un sobre costo en los vehículos de entre un 5 a un 10%.
- Los motores a gas, reducen emisiones de CO en un 80% y los óxidos de azufre en un 40%, pero no se disminuyen de manera significativa las emisiones de hidrocarburos. Su desventaja es lo difícil de su transporte y su abastecimiento, así como el sobre costo en los vehículos que va de entre un 5 a un 10%.

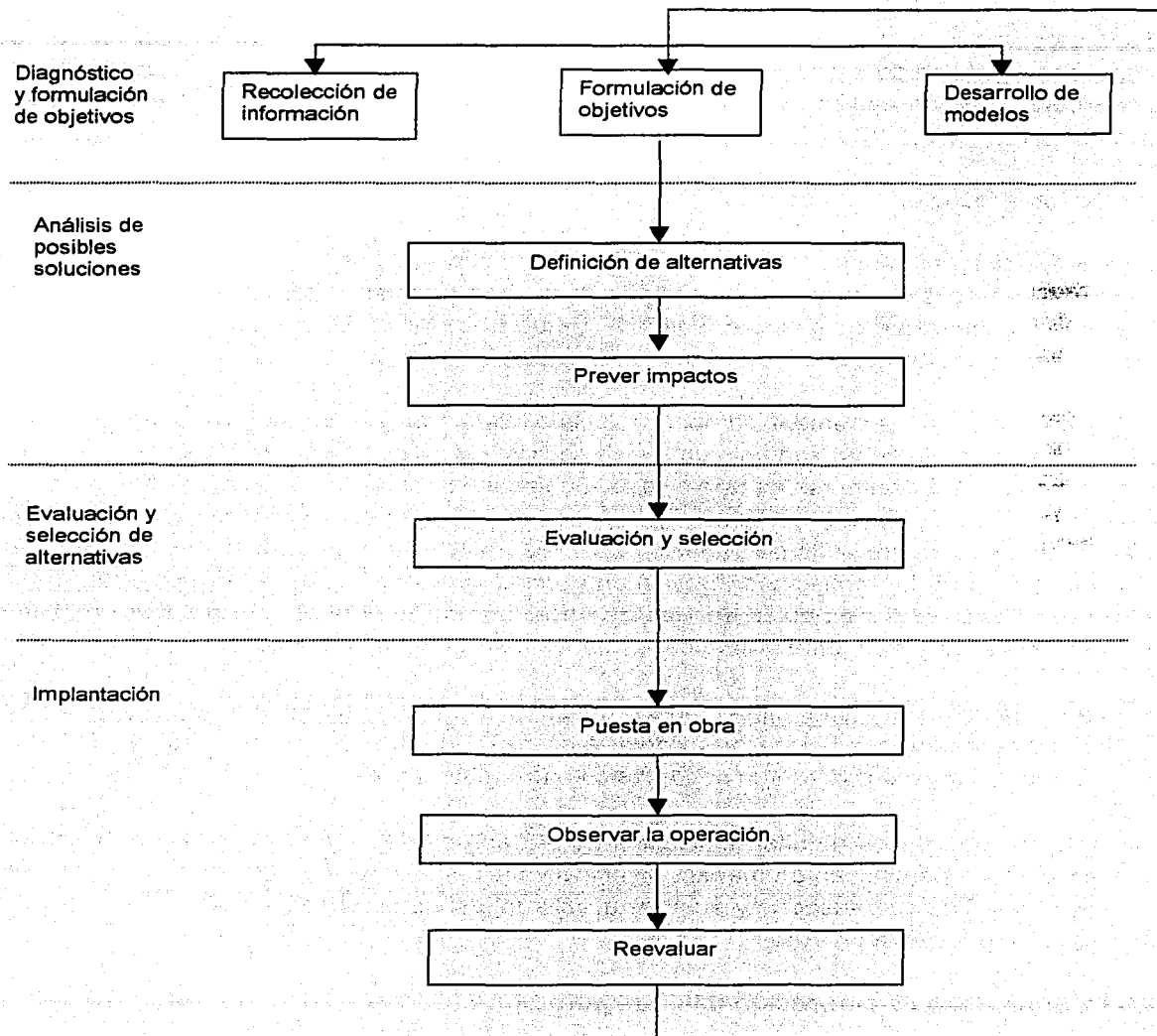
IV.1.2 El proceso de planeación del transporte.

La planificación debe constituir un proceso orientado hacia ciertos objetivos, con alternativas adaptables a los cambios de una sociedad dinámica; lo importante en el proceso de planeación es

considerar en lo posible cada objetivo ya que en distintas etapas del proceso a menudo se intersestrarán entre sí.

El proceso de planeación del transporte se concibe como un todo, como se muestra en la figura 4.2.

Figura 4.2 Metodología del planeación.



Fuente: Transporte Público, Molinero - Sánchez. 1998.

IV.1.2.1 Diagnóstico y formulación de objetivos.

Esta etapa consiste en conocer el sistema objeto de análisis, en identificar los subsistemas que lo componen, las relaciones entre ellos y en cuantificar sus respectivas magnitudes. El diagnóstico incluye el análisis del contexto institucional, social y político dentro del que funciona el sistema, y culmina con la enumeración de los factores que alientan y desalientan el desarrollo del Sistema de Transporte.

En el curso de los últimos años, las investigaciones en materia de transporte han buscado identificar los objetivos explícitos de una manera sistemática y coherente. Se puede definir un objetivo como una afirmación de un principio que expresa una situación esperada a la que se quiere llegar por medio de una acción racional.

A partir de los objetivos, que son una expresión cualitativa de lo deseado, se fijan las metas, que son una expresión cuantitativa de lo que se espera alcanzar en términos de un objetivo durante un cierto período.

Los objetivos pueden clasificarse en dos grupos principales, siendo los primeros de orden general o políticas de planeación y los segundos objetivos propios de los Sistemas de Transporte. Entre ambos grupos existe una relación y una jerarquización decreciente.

- **Objetivos políticos:**
 - **Objetivos globales.** Conciernen a la sociedad en general e interviene todos los sectores institucionales. Las áreas de preocupación no son específicas de los transportes.
 - **Objetivos principales.** Son aquellos objetivos específicos de un solo sector institucional. Presentan un nivel de detalle en donde se pueden ver formulados los objetivos de transporte de manera específica.
- **Objetivos del Sistema de Transporte:**
 - **Objetivos intermedios.** Son estratégicos y relativos al conjunto de una serie de acciones concretas. Se pueden definir los objetivos en función de las características particulares de los Sistemas de Transporte y sus logros. Algunos ejemplos serían: Asegurar un equilibrio entre transporte público y privado. Conservar y mantener un sistema de vialidades compatibles con los flujos actuales, etc.
 - **Objetivos de los proyectos.** Son objetivos relativos a ciertos planes de acción particular. Se elaboran los planes de acción directa en el marco de un Sistema de Transporte.

Dentro del proceso de planeación de los transportes, la recopilación de los datos para conocer la oferta y la demanda de viajes es una de las etapas más importantes que requiere del mayor cuidado para su obtención. Es decir, la base de la planeación del transporte es el conocer y establecer las condiciones actuales en que se encuentra el sistema para poder predecir tendencias futuras.

Se busca obtener información acerca de tres puntos básicos: información general, información de la demanda y oferta del Sistema de Transporte.

En el capítulo anterior al analizar la Demanda de transporte se analizaron las principales etapas, métodos y encuestas que se usan para ésta. Por lo que a continuación sólo se detallará lo referente a información general e información sobre la oferta de transporte.

- **Información general.**

Se obtiene de la consulta con autoridades rectoras, transportistas y documentos relativos a:

- Aspectos históricos.
- Población actual, evolución y principales actividades económicas.
- Planes de desarrollo y uso del suelo.

- **Información sobre la oferta de transporte.**

El objetivo es conocer todos los recursos existentes destinados al transporte de pasajeros y mercancías en la zona de estudio, la descripción de sus componentes y características con datos completos, relevantes y confiables.

La obtención de esta información se realiza por medio de inventarios, estadísticas o encuestas directas con autoridades y transportistas. La principal información a recabar sería:

- Paradas o terminales.
- Horarios y tiempo de recorridos.
- Frecuencias.
- Tarifas.
- Capacidad.
- Características de los vehículos.
- Número de pasajeros transportados.

IV.1.2.2 Análisis de posibles soluciones.

Consiste en identificar las características y restricciones del tipo de solución deseado, para proponer alternativas factibles y generar la información suficiente para estudiarlas a fondo, tratando de prever los posibles impactos que tendría la aplicación de cada una de éstas alternativas en el Sistema de Transporte. Comprende los elementos siguientes:

a) **Estudios básicos.**

Esta fase incluye la recopilación de antecedentes y el análisis detallado de las características de un problema determinado, usualmente con la idea de despejar incógnitas implícitas en la situación.

El paso de la identificación del problema a la proposición de alternativas no es inmediato a causa del conocimiento incompleto de la situación. El estudio básico esta encaminado a profundizar aún más en la problemática existente.

Los estudios básicos por lo general se efectúan a nivel subsectorial y se desarrollan desde distintos puntos de vista: técnico, económico, financiero, político, social, etc.

Los estudios técnicos también llamados de ingeniería básica, contribuyen a despejar los factores más importantes de la parte técnica del diseño. Los estudios económicos se orientan a la cuantificación preliminar de los costos, Los estudios socio - políticos se refieren a la identificación de los intereses de los grupos participantes o afectados en el proyecto.

b) Estudios de gran visión.

Se desarrollan estudios exhaustivos en cuanto a cobertura, suficientes para proporcionar una primera idea de justificación, localización, tiempo y oportunidad de las alternativas. La naturaleza de estos estudios depende del sistema analizado, de las condiciones que lo rodean y, en general, de variables tanto internas como externas, y su objetivo fundamental es el de definir las características generales que deberá reunir el sistema analizado a mediano y largo plazo.

Los estudios de gran visión son pues son una especie de análisis de previsión de demanda y previsión de los niveles de inversión necesarios.

En la configuración de los Sistemas de Transporte intervienen diversos grupos que lo afectan: los usuarios, los operadores, transportistas y los tipos de gobierno. La introducción de alternativas que modifiquen el Sistema de Transporte tiene efectos variados que deben analizarse al evaluar dichas opciones. Estos efectos pueden aislarse en el ámbito de los grupos involucrados y pueden ser:

- Efectos sobre los usuarios.- se manifiestan a través del servicio recibido, y comprenden consecuencias como el tiempo de viaje, el costo, la seguridad, comodidad, etc.
- Efectos sobre los operadores.- se manifiestan en términos monetarios, nivel de utilidades, autosuficiencia financiera.
- Efectos sobre los no operadores y no usuarios.- se manifiestan a través de contaminación ambiental, el ruido y otros efectos nocivos.

Una vez definido el sistema, las variables necesarias y los posibles impactos, surgen preguntas acerca de qué opciones existen para intervenir en el sistema. Las opciones relacionadas con los Sistemas de Transporte son generalmente:

- Opciones tecnológicas.- Abarcan todas aquellas posibilidades de satisfacer la demanda por medio de distintas combinaciones de componentes, e incluyen decisiones referentes a medios de propulsión, medio a través del que viaja el vehículo, sistema de soporte y suspensión, tamaño y forma del vehículo, estructura de redes y modo operativo.
- Opción de red.- Son cambios en la estructura de la red disponible, que comprende lo relativo a la configuración y localización geográfica de los arcos que conforman una red. Por ejemplo: radio de curvatura, número de carriles, pendientes, etc.
- Opción de vehículo.- Se refiere a los distintos tipos de vehículos, embarcaciones o aeronaves existentes.
- Opción operativa.- Cubre todos aquellos cambios que modifiquen el plan de operación de un Sistema de Transporte. Por ejemplo: rutas e itinerarios de vehículos, tipo de servicio ofrecido, etc.
- Opciones político - sociales.- Son los cambios relativos a decisiones administrativas, institucionales; incluye todo cambio social y económico. Por ejemplo: localización industrial.

IV.1.2.3 Evaluación y selección de alternativas.

El proceso de evaluación de los planes de transporte es un proceso para juzgar la eficiencia de las alternativas de inversión, políticas o cursos de acción de una manera que responda a las necesidades públicas y de desarrollo.

La evaluación comprende la comparación de alternativas de solución de los problemas con una alternativa base. Generalmente esta alternativa base es la alternativa nula (no hacer nada). La alternativa nula involucra sin embargo, considerar los proyectos en construcción o ya concursados para su construcción.

En una situación de escasez de recursos, la mejor alternativa de planeación es la que puede traer mayores beneficios dentro de los recursos que se dispone. La evaluación involucra no solamente la tasa interna de retorno sino también el monto de la inversión.

Otro aspecto importante es hacer lo máximo con la inversión mínima. Esto significa buscar las soluciones de bajo costo que resuelvan el problema. Lo que tenemos visto en México es la proposición de obras sin necesidad por el momento y abandono del mantenimiento.

Todo proyecto se emprende para lograr los beneficios asociados a su operación, y en teoría sólo se ejecutará si sus beneficios a lo largo de su vida útil son superiores a sus costos de construcción y mantenimiento.

Así, en la etapa de evaluación, hay que realizar un análisis detallado del grado en que cada alternativa satisface los objetivos planteados al principio. Se establece un proceso de medición basado en criterios de evaluación, mediante el cual es posible comparar las diversas alternativas.

Una vez terminada la etapa de evaluación de las alternativas y habiendo estudiado su factibilidad es necesario decidir cual alternativa implementar. Decidir consiste en elegir entre alternativas la que más cumpla con sus objetivos específicos. Dado que los recursos son limitados y existen prioridades, la etapa de decisión siempre conduce a una atmósfera de conflicto entre las partes que intervienen en la decisión.

IV.1.2.4 Implantación.

Para cerrar el ciclo de la planeación hay que efectuar las actividades que aseguren que la alternativa seleccionada pueda ser implantada. Además la persona o grupo encargado de la planeación observará y controlará de manera continua el sistema. La información así obtenida tendrá un efecto de retroalimentación dentro del proceso de planeación y podrá conducir a una mejora o reformulación de los objetivos de acciones.

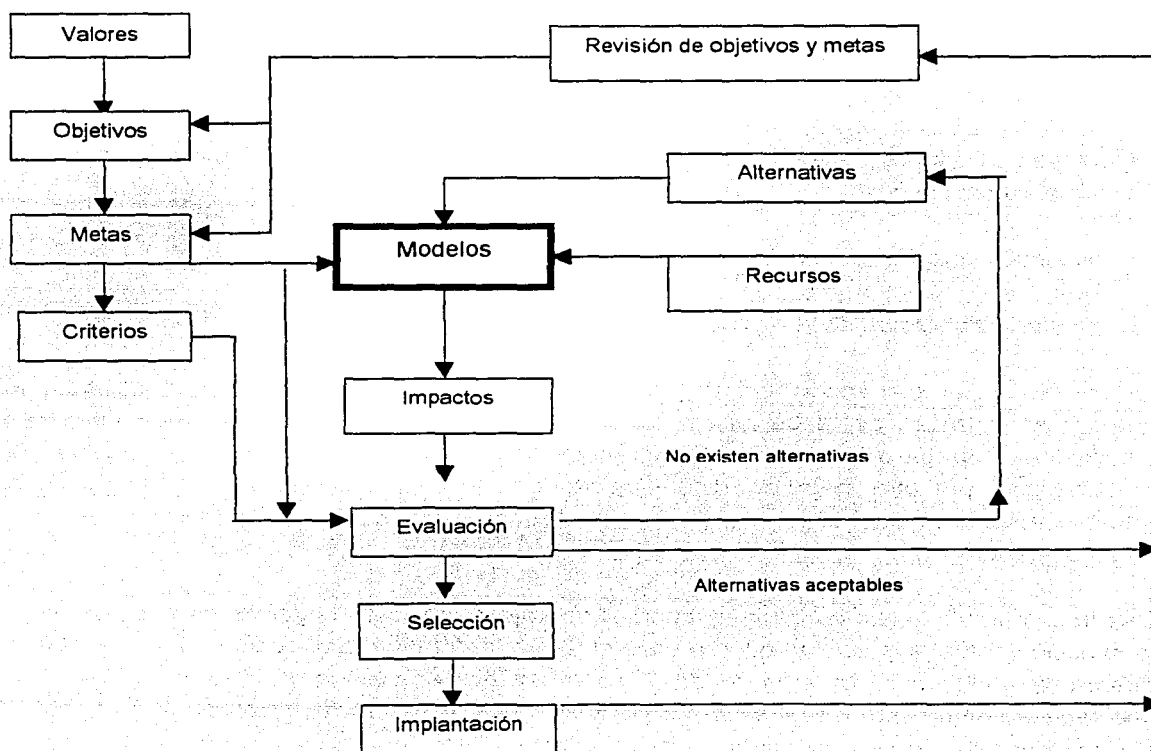
La planeación del transporte es un proceso dinámico y permanente. Por lo tanto, constituye un requisito importante percibir constantemente lo que sucede en el Sistema de Transporte.

Esto comprende tener al día los archivos de datos, con el objeto de detectar cambios significativos entre las condiciones pronosticadas y las condiciones observadas; siempre que se identifiquen desviaciones significativas se deberán hacer los ajustes al plan adoptado para reflejar las modificaciones observadas y reevaluar de acuerdo a las metas asignados y en su caso, realizar posibles cambios en las metas y objetivos iniciales.

IV.1.3 Proceso de planeación sugerido por la Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL).

El proceso de planeación de transporte sugerido por SEDESOL es muy parecido al que se analizó anteriormente. Cambia sólo en el diagrama y algunos detalles mínimos. Se define que el proceso de planeación es un conjunto de actividades relacionadas entre sí y que tienen como objetivo mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, específicamente en los aspectos relacionados al funcionamiento del Sistema de Transporte. De una manera general, las principales etapas asociadas al proceso de planeación sugerido por la SEDESOL son las que muestra la figura 4.3.

Figura 4.3 Metodología de planeación sugerida por la SEDESOL.



Fuente: Manual de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas. SEDESOL. 1999.

IV.1.4 Planeación estratégica.

En la planeación encontramos diferentes modalidades como la operativa, participativa, normativa, estratégica y prospectiva, entre otras, siendo su principal diferencia *el cómo* ejecutar la planeación, ya que todas, también por definición, pretenden anticiparse a los acontecimientos y presentar las mejores opciones para la toma de decisiones.

Cada una de las metodologías de planeación definen aún con diferentes denominaciones: un objetivo, una mecánica de interpretación de la realidad actual y una propuesta de una realidad esperada para, en consecuencia, organizar, dirigir y controlar un proceso, un producto, una política o un país. Quizá lo relevante en estos tiempos no es la metodología o las tendencias que motivan el usar o no un tipo de planeación, sino el hacer una planeación seria que nos permita delinear escenarios cada vez más certeros para nuestros propósitos.

La planeación estratégica tiene un gran impulso en nuestro país como una técnica novedosa; sin embargo, desde 1962, Alfred D. Chandler, basándose en las enseñanzas de la historia empresarial, especialmente la posterior a la Segunda Guerra Mundial y en la evolución de las compañías como Sears, General Motors y DuPont, definió una serie de estrategias para la empresa, tales como la determinación de metas y objetivos a largo plazo; la adopción de cursos de acción para alcanzarlos; y, la asignación racional de recursos.

La planeación estratégica se ha definido como un proceso de carácter directivo de reflexión y análisis a través del cual:

- *Identifica* el propósito de una dependencia, entidad o sistema;
- *Guía* el establecimiento de los objetivos y resultados esenciales; y,
- *Vincula* la operación de la misma con los objetivos establecidos en las políticas.

La utilidad de la planeación estratégica se observa en dos directrices: por un lado, permite determinar, a través de la definición de los elementos clave, la dirección que debe seguir la institución, empresa o sistema en sus grandes líneas de acción para el logro de los objetivos propuestos; y por otro, permite articular la modernización presupuestaria con la modernización administrativa al vincular la programación y presupuestación con la modernización y la evaluación al desempeño.

Desde un punto de vista conceptual, la planeación estratégica es engañosamente sencilla: analiza la situación actual y la que se espera para el futuro; determina la dirección del proyecto integral y desarrolla medios para lograr la misión. Pero en realidad éste es un proceso en extremo complejo, que requiere de un enfoque de sistemas para identificar y analizar factores externos al proyecto en sí y confrontarlos con las capacidades de la organización.

En esencia, la planeación estratégica consiste en la identificación sistemática de las oportunidades y amenazas que pudieran surgir en el futuro, las cuales combinadas con otros datos que se consideren importantes, proporcionan la base para que la dependencia o persona que tiene a su cargo la planeación tome mejores decisiones en el presente, aproveche todas las oportunidades y evite a toda costa las posibles amenazas. Esto quiere decir que la planeación estratégica observa la cadena de consecuencias de las causas y efectos durante un tiempo: si a la dependencia o empresa no le agrada la perspectiva, la decisión puede cambiarse fácilmente.

La planeación estratégica es un proceso que se inicia con el establecimiento de objetivos organizacionales propios de la dependencia, empresa o sistema, define estrategias y políticas claras para el logro de estos objetivos y desarrolla mediante el establecimiento de un modelo o diagrama conceptual los planes detallados que aseguren la implantación de las estrategias y puedan así obtenerse los fines buscados.

También es un proceso para decidir anticipadamente qué tipo de esfuerzos de planeación deben hacerse, cuándo y como deben realizarse, quién los llevará a cabo y qué se hará con los resultados. La planeación estratégica es sistemática en el sentido de que es organizada y conducida con base en una realidad entendida.

En otras palabras, es el proceso integrador que reúne la totalidad de las funciones operacionales, ayudando a la dirección general a coordinarlas y aprovecharlas conjuntamente.

De esta manera, el proceso de planeación estratégica establece la relación entre los elementos fundamentales de ésta con las categorías programáticas de una nueva estructura programática.

Los principales insumos del proceso se orientan hacia tres aspectos: marco normativo; análisis de fuerzas, oportunidades, debilidades y amenazas; y, categorías programáticas.

- El primer elemento se define como el conjunto de políticas públicas, leyes, reglamentos, normas, lineamientos y demás disposiciones jurídico - administrativas, que establecen las atribuciones, responsabilidades y organización de las dependencias, empresas o sistemas.
- El segundo elemento, el análisis de fuerzas, oportunidades, debilidades y amenazas, considera los factores económicos, políticos, sociales y culturales que representan las oportunidades y amenazas relativas al ámbito externo de la dependencia, empresa o sistema. La previsión de las oportunidades y amenazas posibilita la construcción de escenarios anticipados que permiten reorientar el rumbo institucional, mientras que las fuerzas y debilidades corresponden al ámbito interno del sistema. En el proceso de planeación estratégica, el planeador debe realizar el análisis de cuáles son las fuerzas con que cuenta y cuáles las debilidades que obstaculizan el cumplimiento de sus objetivos estratégicos.
- El tercer insumo es el referente a las categorías programáticas, cuya importancia reside en la clasificación funcional del gasto, es decir, en función, subfunción, programas sectoriales y especiales, y proyectos institucionales y de inversión.

- La conjunción de estos insumos facilita el análisis desde una perspectiva de su marco jurídico y de los compromisos, es decir, la *misión, visión y objetivos estratégicos*, para permitir un diagnóstico que sirva de plataforma para el diseño de escenarios a futuro que reorienten el rumbo al identificar la posición actual y la capacidad de respuesta de la dependencia, empresa o sistema.

Entenderemos el concepto de misión como la razón de ser de una institución, empresa o sistema, en tanto que la visión representa el escenario altamente deseado, por sí misma, que se quisiera alcanzar en un determinado plazo, teniendo como propósito los objetivos estratégicos que definen de manera básica lo que quiere lograr en función de los conceptos antes mencionados. Con ello, se delimitará el campo de acción de la institución, empresa o sistema y permitirá a los planeadores contar con un panorama general de las grandes líneas de trabajo y los resultados por alcanzar.

El análisis externo trata de identificar el conjunto de amenazas y oportunidades que caracterizan la naturaleza del entorno, tanto en el ámbito general como específico, en el que se encuentra la dependencia, empresa o sistema, conjunto que podemos denominar como de las variables exógenas o factores propios del diagnóstico externo del sistema.

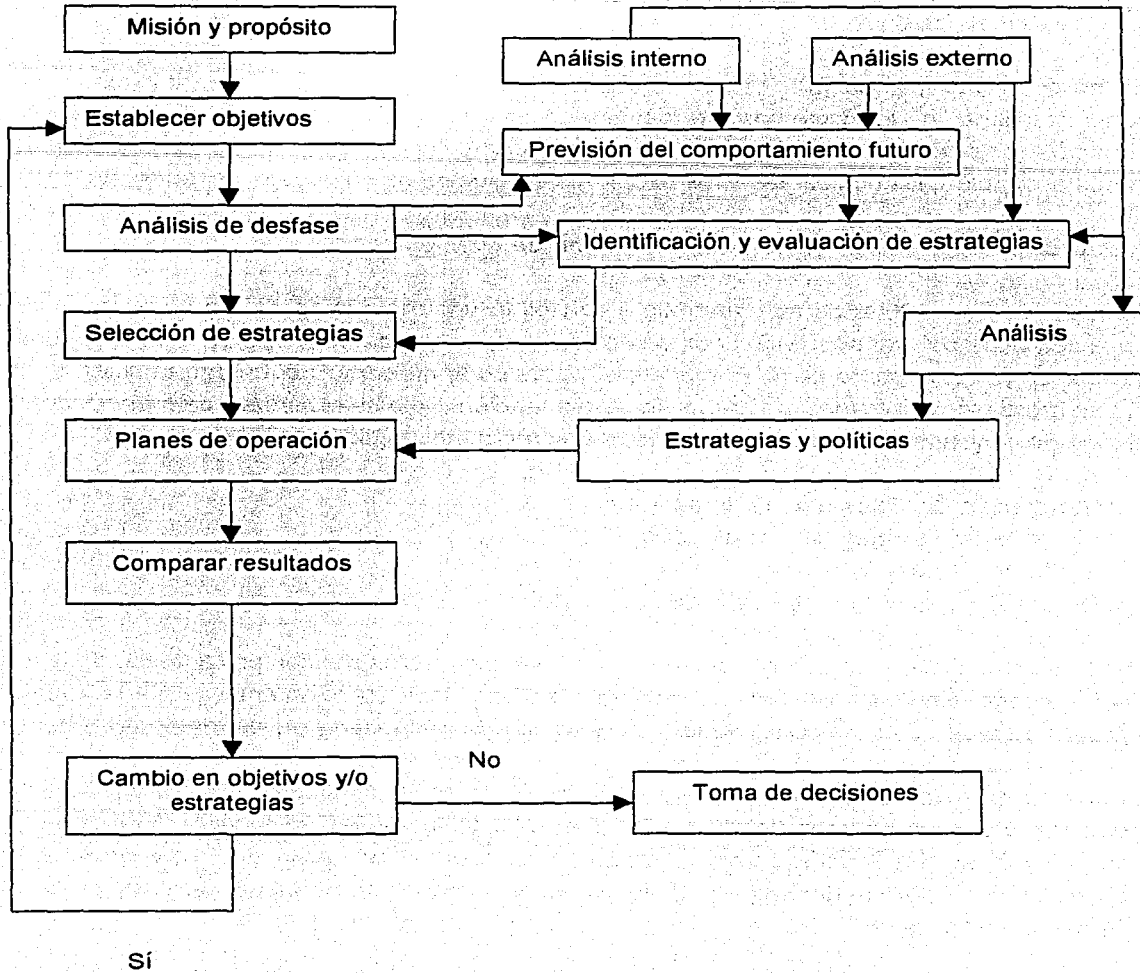
Por otra parte, el análisis interno busca determinar y evaluar el conjunto de factores que constituyen las fortalezas y debilidades más notables del sistema y que constituirán el conjunto de variables endógenas que configuran el diagnóstico interno de la empresa o sistema.

En la figura 4.4 aparece una representación esquemática del proceso de planificación estratégica, en el que a partir de la identificación de la misión, fines generales de la empresa, dependencia o sistema y el análisis externo e interno, se llega a la definición de estrategias.

La planeación estratégica comprende una secuencia de etapas lógicas y analíticas que se pueden resumir en cuatro fases:

- Identificar y analizar el desfase entre los objetivos planeados y los resultados obtenidos en el pasado.
- Determinar los recursos, que son las alternativas estratégicas, que harán posible este desfase.
- Asignar los recursos a las diferentes áreas o subsistemas, tanto actuales como recientes.
- Controlar el uso de dichos recursos.

Figura 4.4 Metodología de la planeación estratégica.



Fuente: La Dirección Estratégica de la Empresa. Navas López – Guerras Martín. 1997.

IV. 2 Modelos utilizados en la planeación del transporte.

Los modelos utilizados en la planeación de los transportes son procedimientos que simulan relaciones entre parámetros socioeconómicos de uso de suelo, del sistema vial y del transporte colectivo e individual.

El proceso de planeación de los transportes como se estudió ya, implica modelar el comportamiento de los sistemas alternativos de transporte propuestos, medidos a través de los impactos generados en el Sistema de Transporte como son las demoras, los congestionamientos, la contaminación, los accidentes y los excesivos consumos de combustibles, entre otros.

IV.2.1 Etapas del modelaje para la planeación de transportes.

Desde los últimos 30 años se desarrolló y consolidó una metodología para elaborar un modelaje de la demanda por transporte, así como la oferta representada por un Sistema de Transporte. Esto se analizó ya en el punto III. 5 "El modelo del transporte moderno", así como también en la figura 3.1 se mostraron las etapas del modelaje de planeación. Sólo se recordará de manera general que el modelo del transporte moderno es tratado en cuatro etapas distintas:

- Generación de viajes o de la demanda.
- Distribución de viajes o de la demanda.
- Partición o selección modal.
- Asignación y equilibrio de redes de transporte.

Las tres primeras etapas tienen por óptica central la simulación del comportamiento de la demanda del transporte. En la última etapa de modelaje, se hace la interacción entre la oferta, representada a través de redes de transporte modales, y la demanda, sintetizada en las matrices de demanda.

Cada una de estas etapas tienen un objetivo definido en la simulación del comportamiento de la demanda y abarca algunos tipos de modelos para desempeñar su función. El encadenamiento entre las etapas o la sustitución por procedimientos alternativos para lograr los mismos resultados, dependen del objetivo de cada estudio, de la metodología de planeación adoptada y de la información disponible.

IV.2.2 Conocimientos necesarios.

Los conocimientos exigidos para la elaboración, las fases de desarrollo y aplicación de los diversos modelos para la planeación de los transportes son distintas. Para desarrollar modelos de demanda y de representación de la oferta de transporte, actúan especialidades distintas:

- El planeador, que debe contribuir con su conocimiento y entendimiento del área en estudio, de su realidad y de sus problemas. Él también es el responsable de establecer los objetivos para los cuales se utilizarán los modelos y los tipos de respuesta que de ellos se espera.

- El responsable del modelaje, cuya misión es usar su experiencia y sensibilidad en la selección de los modelos adecuados para el estudio propuesto. Él debe seleccionar hipótesis, formas funcionales, variables, grado de detalle, forma de representación del Sistema de Transporte, establecer necesidades de información, buscando obtener un conjunto coherente que atienda los objetivos específicos.
- El matemático, responsable de la calibración o ajuste de los modelos, utilizando las técnicas adecuadas al tipo de modelo y a la información disponible.

Para la utilización de los modelos, entran en acción conocimientos distintos:

- El planeador de transportes, ahora como responsable de la elaboración de las políticas de transporte que serán simuladas y del análisis de los resultados obtenidos. Debe también contribuir en la elaboración de los escenarios alternativos de evolución del ambiente urbano o regional donde se introduce el Sistema de Transporte en estudio.
- El demógrafo, el geógrafo, el sociólogo y otros, son los responsables de la elaboración de los escenarios alternativos de evolución y de las proyecciones de las variables necesarias para alimentar los modelos.
- El operador del modelo, que debe traducir las informaciones presentadas en términos de escenarios y políticas de transporte para la forma utilizada por los modelos. Sus responsabilidades incluyen orientar la elaboración de alternativas en cuanto a la capacidad y limitaciones del modelo y en el análisis de resultados.

En el capítulo tres se analizó ya el proceso de modelado, los modelos de demanda de transporte (generación y distribución de viajes, partición modal), así como también se estudiaron los errores de modelación y predicción. Por lo que sólo quedaría el estudio de los modelos de equilibrio oferta - demanda, los cuales se representan a través de redes de transporte; sin embargo estos modelos se estudiarán mas a fondo en el capítulo correspondiente a redes de transporte.

IV.3 Utilización de paquetes de computo en la planificación de los transportes.

Las aplicaciones de las computadoras forman una parte integral del proceso de planificación de los transportes y redes viales, y los avances en los últimos 35 años en este campo en varios países, han ido invariablemente paralelos con la evolución de la tecnología de las computadoras. Sin el auxilio de la computadora el análisis de grandes cantidades de datos se convertiría en una tarea laboriosa que requeriría de una gran cantidad de tiempo que, en algunos casos, podría impedir su realización en plazos razonables. La solución de los diferentes modelos en los procesos de simulación pueden ser calibrados, completa y satisfactoriamente, sólo con el uso de computadoras.

Con el apoyo de las computadoras personales se redujeron los tiempos y costos en el procesamiento de la información por medio de sistemas de análisis interactivos que integran los avances más recientes de gráficas y algoritmos de asignación de viajes.

Con estas nuevas herramientas se puede participar directamente y de manera inmediata dentro del proceso de planeación, sin grandes conocimientos de computación, una vez que la base de datos se establece, visualizando la información básica y los resultados de los cálculos en forma gráfica.

IV.3.1 Primeras aplicaciones.

La primera aplicación de las computadoras al proceso de planeación de un Sistema de Transporte, fue relativa a la tabulación de la información recopilada en estudios de campo. Sin embargo, al aumentar la capacidad de almacenamiento fueron reducidas las dificultades de programación y la computadora fue utilizada para resolver los primeros modelos de distribución de viajes tales como el de Fratar, Detroit y modelos de factores de crecimiento.

Para el año de 1962 el proceso de planeación disponía de un paquete completo de programas a modelos de distribución y asignación, así como para los análisis de datos completos.

En las etapas iniciales la fabricación de grandes computadoras permitió llevar a cabo cálculos y manejo de datos a altas velocidades, lo cual ha tenido un efecto muy marcado en el campo de la planeación. El desarrollo reciente de lenguajes de programación más poderosos permiten al planificador escribir sus propios programas. La gran capacidad de almacenamiento asegura que las redes viales complejas, puedan ser estudiadas con relativa facilidad.

El proceso de planeación utilizando computadoras no sólo incluye el análisis de datos de estudios de campo y la estimación de la demanda para la realización de viajes, sino que pueden realizarse evaluaciones de Sistemas de Transporte alternativos, con el propósito de jerarquizar los diferentes proyectos.

El entendimiento de las relaciones entre las técnicas de cómputo y la planeación de los Sistemas de Transporte es necesario, así como el conocimiento de los elementos básicos de una computadora y el procedimiento para proporcionar las instrucciones a la máquina. Pero jamás se deberá dejar de lado el conocimiento y comprensión plena de los conceptos, teoría y principios del proceso de planeación de los Sistemas de Transporte que constituye el enfoque medular del fenómeno de la movilidad urbana y regional.

IV.3.2 Aplicaciones recientes.

Las aplicaciones recientes para el modelaje en la planeación del transporte con base en computadoras personales incluye:

- Trabajos nuevos o revisiones minuciosas sobre enfoques para análisis de impacto local.
- Evaluaciones de estrategias para administración de demandas de viajes.
- Integración de modelos de planeación de transporte con los sistemas de información geográfica.
- Modelos de interacciones simultáneas de transportación – uso de suelo.

- Introducción de interfaces gráficas, programas más "amigables", manejo más versátil y una mayor integración de los mismos.

Las computadoras personales constituyen actualmente una excelente herramienta para el análisis de impacto local, los cuales se aplican en escalas geográficas limitadas y frecuentemente requieren ser concluidos rápidamente. Los modelos de hojas de cálculo, permiten al analista introducir datos de uso de suelo directamente.

Los modelos de pronóstico para la demanda de viajes regionales a gran escala también pueden ser usados para el análisis de impacto local dividiendo las zonas grandes en pequeñas y agregando más arcos a la red en la vecindad inmediata al lugar en estudio.

IV.3.3 Paquetería de cómputo para la planeación del transporte.

Los nuevos paquetes comerciales de computadora, son sistemas que incorporan gráficas en pantalla, edición y administración de bases de datos, comandos simples con ordenes orientadas a los usuarios y, algo muy importante, facilidades para el análisis de situaciones, como por ejemplo que pasa *si modifico esto*, o sea el uso de la simulación.

A continuación se darán algunas de las características más importantes de algunos paquetes utilizados por los planificadores del transporte.

IV.3.3.1 Sistema para el análisis de capacidad, Highway Capacity Software (HCS).

Este paquete fue desarrollado sobre la base de los procedimientos del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM) de 1985 en los Estados Unidos. Provee una herramienta confiable de automatización de los procesos preparados para la elaboración de dicho manual. En cuanto a consideraciones generales, en los capítulos del Manual de Capacidad relacionados con segmentos básicos de autopista, entrecruzamientos y rampas, los procedimientos presentados tratan solamente las características aisladas de los segmentos considerados. El HCS asume:

- Buenas condiciones del pavimento.
- Inexistencia de incidentes de tránsito.
- Buenas condiciones meteorológicas.

El HCS muestra al entrar un menú principal, el cual incluye las siguientes opciones:

- Segmentos básicos de autopista.
- Áreas de entrecruzamiento.
- Rampas e intersecciones de rampas.
- Carreteras multicarril.
- Carreteras de dos carriles.
- Análisis de segmentos compuestos.
- Intersecciones reguladas por semáforos.
- Intersecciones sin semáforos.
- Arterias urbanas y suburbanas.

- Transporte colectivo.
 - Peatones.
- a) Para las seis primeras opciones el procedimiento es el mismo, al seleccionar la opción el programa nos pedirá la siguiente información:
- Tipo de terreno (ondulado, montañosos, plano, etc.).
 - El siguiente menú nos pide información referente a datos de volumen, carriles y relación volumen/capacidad.
 - Después se alimentan los datos de factores de ajuste, donde se pide el tránsito típico que circula por la vía, % de camiones, % de autobuses, velocidad de diseño, factor de hora pico, factor de conductor, ancho de carriles, ancho de acotamiento y si existen obstrucciones laterales.
- El HCS nos muestra el nivel de servicio, si éste no es satisfactorio se pueden modificar cualquiera de las variables, para obtener uno mejor.
- b) Para intersecciones semaforizadas, la estructura de la pantalla cuenta con menús de archivo, edición, correr, ver, opciones y salir. Para empezar a alimentar los datos de un problema es necesario iniciar con el menú de edición, donde se da la información referente a los volúmenes de tránsito en la vía y los tiempos. En la ventana donde se dan las características del tránsito que circula en la intersección, se debe dar la información referente a la sección, la geometría de la sección (número de carriles por dirección y anchos de carril), volúmenes de tránsito que van de una dirección a otra, factor de hora pico, porcentaje de vehículos pesados, peatones y si el semáforo puede ser activado por los peatones. En la ventana de tiempos, se dibujan las fases del semáforo. Una vez almacenada toda la información se presiona la opción para que corra el programa, donde se presentan varias alternativas, la primera permite calcular el nivel de servicio de la intersección, la capacidad y flujo de saturación. En la opción ver, se observan los resultados.
- c) En el caso de intersecciones sin semáforo, se pide la siguiente información: velocidad promedio en la vía principal, factor de hora pico, densidad de población de la zona, configuración de la intersección si es del tipo "+" o "T", la dirección de la calle principal, así como el tipo de control existente, ya sea señalamiento de Alto, Ceda el Paso, o ambos. También se introducen las características de la vialidad (número de carriles, geometría, movimientos, factores de ajuste, etc.). El programa nos muestra el nivel de servicio por dirección.
- d) Al entrar a esta opción, se piden primero datos referentes a la parada de autobús tales como tiempo de espera entre cada autobús, tiempo perdido adicional y tiempo de avance de vehículos. Posteriormente el HCS pide información referente al número de pasajeros promedio que entran a la unidad, y cuantos salen por la puerta delantera y/o trasera. Finalmente el HCS da como resultado la capacidad del transporte de pasajeros, tales como la recomendación de anchos de carriles, eficiencia, entre otros.

- e) Para la opción de peatones se pide información referente al número de peatones que van de una esquina a otra de una intersección, ancho de banquetas y con estos datos el HCS obtiene el nivel de servicio de la vía peatonal.

En la figura 4.5 se muestra una pantalla de trabajo del paquete HCS.

Figura 4.5 Pantalla de inicio del paquete HCS.



TESIS CON
PLACA DE ORIGEN

IV.3.3.2 Cálculo de demoras, Freeway Delay Calculation Program (FREWAY).

FREWAY es un programa desarrollado para estimar los impactos anuales que generan las congestiones en las autopistas urbanas en términos de viajes congestionados, demoras al automovilista y exceso en el consumo de combustible. Es particularmente usado como una herramienta de análisis de las alternativas de mejoramiento.

Requiere datos de entrada por cada sección de vía rápida por ser analizada, esto incluye:

- Longitud de la sección.
- Número de carriles.
- TDPA.
- Factor de hora pico.
- Ancho de acotamiento.

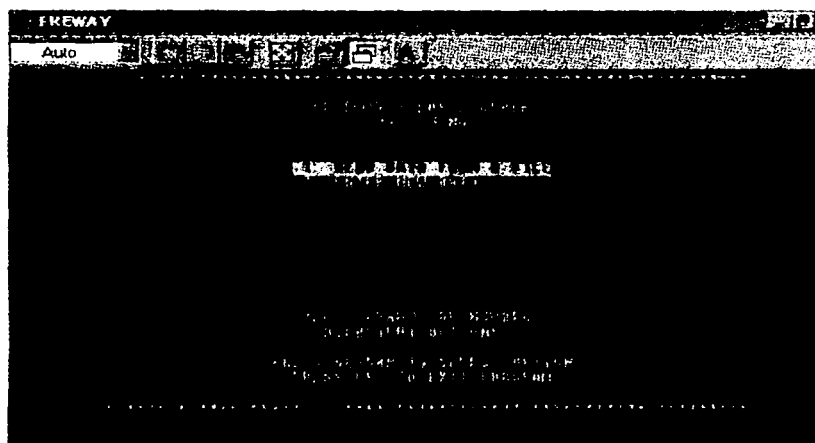
Además, los datos de ancho de carril y porcentaje de vehículos pesados son necesarios si el usuario desea que el programa calcule la capacidad de la sección. Alternativamente, la capacidad de la sección puede ser proporcionada por el usuario.

El programa toma datos de entrada sobre volúmenes de tránsito diario promedio anual y el tránsito de hora pico que caracteriza cada categoría de cada sección de vía rápida.

Los impactos de congestión debidos al tráfico se estiman usando la relación volumen/capacidad. La demora del automovilista se calcula usando la velocidad de flujo, mediante la misma relación anterior. A partir de la velocidad del vehículo se calculan tiempos de viajes congestionados, los cuales son comparados con un nivel ideal de viaje. Los costos de combustible se estiman por el programa usando como base los valores de tiempo de viaje del automovilista y el costo de combustible por galón.

En la figura 4.6 se muestra la pantalla inicial del paquete FREWAY.

Figura 4.6 Pantalla de inicio del programa FREWAY.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.3.3.3 Análisis dinámico de líneas de espera. Dynamic Queuing Analysis (dQUEUE).

El dQUEUE es un programa que se usa para realizar la simulación de demoras y de formación de colas en casetas de cobro.

Este programa está basado en el modelo de simulación de Monte Carlo, así como en la teoría de flujo de tránsito; simula gráficamente por medio de animación el movimiento de cada vehículo al aproximarse a una caseta de cobro. El programa toma en cuenta varios factores que afectan el desarrollo de la cola, entre otros, volúmenes de tránsito, tasas de servicio, maniobras, etc. Durante la simulación se calculan diversas medidas de efectividad tales como retrasos, tamaños de las colas, niveles de servicio, etc.

La información que requiere el programa es tiempo de inicio de la simulación, volumen de tránsito cada 15 minutos que va llegando a la zona de estudio, número de carriles de la autopista, número de estaciones de servicio.

La figura 4.7 muestra la pantalla de inicio del paquete dQUEUE.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 4.7 Pantalla de inicio del paquete dQUEUE.



IV.3.3.4 Toma de decisiones, ROADSIDE.

ROADSIDE es una herramienta de cómputo para la ingeniería de diseño y toma de decisiones en proyectos carreteros. Ayuda al planificador a seleccionar la alternativa que ofrece mayores beneficios en seguridad a los usuarios, por eso, el principal objetivo del programa es obtener los costos por accidentes, tanto en daños por reparación de la infraestructura dañada en el accidente, como del costo mismo del accidente y con estos datos, considerar por año lo que es necesario pagar para cubrir el costo del proyecto en su vida útil.

Ayuda a seleccionar la alternativa que ofrece la recuperación más anticipada en términos de beneficios en proporción con el funcionamiento otorgado.

La información que pide el programa es el tránsito que presenta en los dos sentidos la vía y una tasa estimada anual de crecimiento del tránsito, tipo de camino (dividido, no dividido un solo sentido), número de carriles, grado de curvatura, pendientes, velocidad de diseño, frecuencias de colisiones en el área, vida útil y costos.

La figura 4.8 muestra la pantalla de inicio del paquete ROADSIDE.

Figura 4.8 Pantalla de inicio del paquete ROADSIDE.



IV.3.3.5 Estimación de modos de viaje, Work Trip Mode Choice Estimation Model (MODE CHOICE).

El "MODE CHOICE" es un modelo de estimación de viajes de trabajo, basado en la técnica para la estimación de modos de transporte para los viajes de trabajo. El modelo considera tres modos: viajar solo en automóvil, automóvil compartido y transporte público. El modelo estima estas opciones basándose en atributos de los viajes poblacionales (ingreso por familia, contar con auto propio, etc.) y también considera atributos de las elecciones de viaje disponibles (tiempo de viaje, costo, etc.).

Los atributos de cada modo son establecidos por el modelo, y la utilidad relativa de cada modo se estima en función de los modos existentes en el mercado. El modelo fue calibrado basándose en datos de varias ciudades de Estados Unidos.

Los datos necesarios para alimentar el modelo son: el tamaño promedio de la familia, ingreso por familia, automóviles y conductores por familia, distancia del trabajo al hogar, tiempo dentro y fuera del vehículo, costo de estacionamiento, tarifa de transporte público, tamaño del automóvil compartido.

IV.3.3.6 Modelado y optimización de señales de tránsito, Synchro.

Synchro es un paquete de software completo para modelar y optimizar las fases de semáforos. Synchro provee una implementación completa del Manual de Capacidad de 1994, además todas sus herramientas se basan en Windows, por lo cual el programa es muy "amigable" al usuario y permite obtener análisis de capacidad desde una intersección aislada y su optimización de fases.

Adicional al cálculo de capacidad, Synchro también puede optimizar longitudes de ciclo, eliminando la necesidad de tratar con múltiples planes de fases en búsqueda de la óptima.

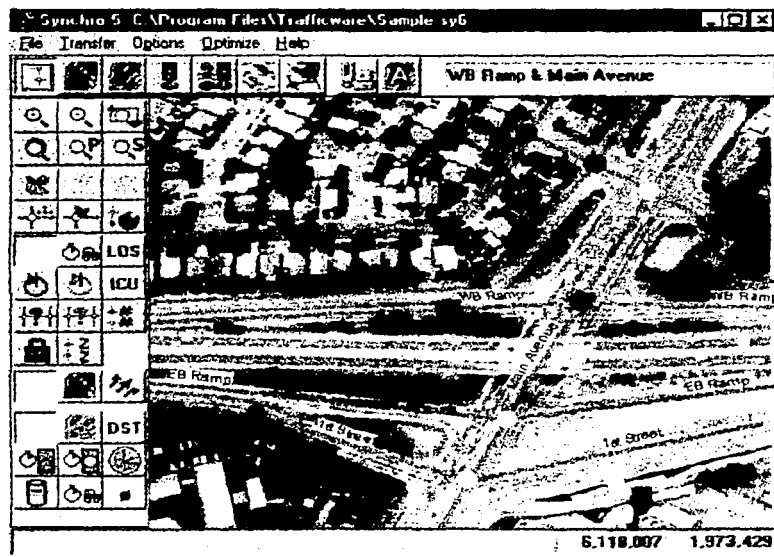
Todos los valores son alimentados de una forma muy sencilla. Los cálculos y los resultados intermedios se muestran en la pantalla. Si la intersección está controlada Synchro calcula el factor por peatón y calcula también los efectos de coordinación automáticamente.

Synchro genera los planes óptimos de fases rápidamente, optimiza las longitudes del ciclo, demoras y también las reduce. Los planes de fases se muestran en fáciles y comprensibles diagramas. Además Synchro es el único paquete interactivo para modelar señales actuadas.

Synchro tiene un llamativo e informativo diagrama tiempo – espacio. El estilo de ancho de banda muestra como el tránsito podría viajar por la arteria completa sin parar, también se puede observar el flujo de tránsito, donde los vehículos particulares paran, las líneas de espera que se forman y cuando salen de la intersección.

La figura 4.9 muestra una pantalla del paquete Synchro.

Figura 4.9 Pantalla de una aplicación del paquete Synchro.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.3.3.7 Sistema integrado de programas de tránsito, TSIS.

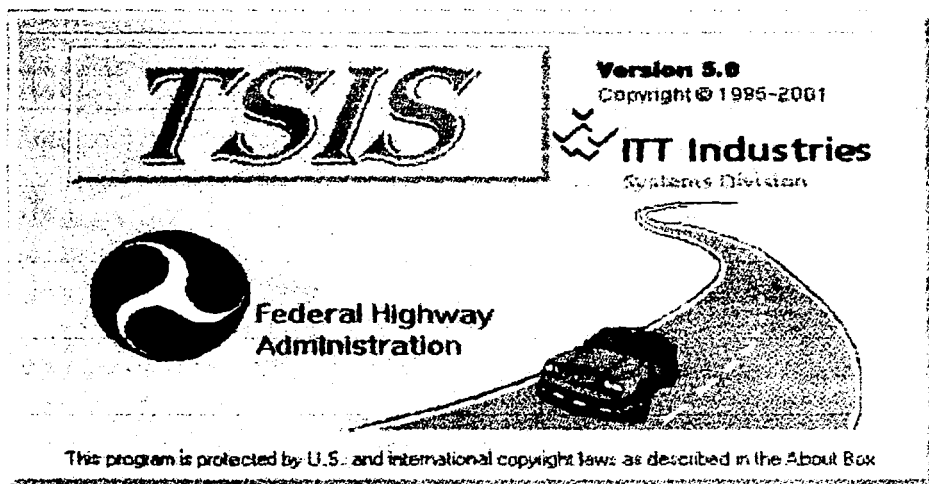
Este sistema integra cuatro modelos: TSIS, CORSIM, TRAFVU, TRFU, que al funcionar conjuntamente, permiten conocer el funcionamiento en tiempo real de un Sistema de Transporte, ya que la simulación del sistema puede ser completamente controlada por el usuario. Inclusive, el sistema simula redes viales o una parte del sistema.

El sistema es muy "amigable", aunque para su manejo se requiere de la programación de algunas tarjetas que modifican los factores con que se alimenta a los programas. La versión de TSIS para Windows, provee un sistema integrado, de uso sencillo, que proporciona las mismas características para la ejecución del modelo de simulación de tránsito CORSIM.

El paquete TSIS contiene todo lo necesario para realizar análisis de tránsito, a través de la simulación de tránsito microscópico. Una vez que se genero un archivo en Synchro, en algunos proyectos es importante generar una simulación del comportamiento del sistema vial en tiempo real, TSIS proporciona esta herramienta.

La figura 4.10 muestra la pantalla de inicio del paquete TSIS.

Figura 4.10 Pantalla de inicio del paquete TSIS.



IV.3.3.8 Planeación de redes viales y transporte público. EMME/2.

El paquete EMME/2 fue desarrollado por la Universidad de Montreal, siendo un paquete muy poderoso para la planeación a largo plazo de las principales redes viales de una ciudad y los corredores de transporte público. El EMME/2 simula la asignación de todos los pasajeros en la matriz sobre las diferentes rutas y calcula los estándares de viaje de los pasajeros.

Las funciones que utiliza el EMME/2 como demanda, volumen/tiempo, tiempo de viaje en transporte público o privado, se especifican para el usuario, mediante expresiones algebraicas, proporcionando un marco de trabajo para la implantación de modelos de previsión de la demanda de viajes, variando desde una simple asignación de tráfico o de transporte público o el modelo de transporte clásico, hasta la implantación de procedimientos de equilibrio multimodal que integran las funciones de demanda directamente en el procedimiento de asignación.

El EMME/2 permite al planificador usar los modelos de su elección, de forma secuencial o simultánea, según su visión de análisis a desarrollar. Cualquier modelo de demanda puede implantarse usando simplemente el modelo de cálculo de matrices.

La asignación del transporte público se basa en el concepto de estrategias óptimas, proporciona facilidades para incluir diferentes percepciones en los componentes del tiempo de viaje. También permite una asignación de viajes individuales en transporte público.

De una manera general se puede afirmar que el EMME/2 cumple ampliamente con todos los criterios de evaluación estipulados para el análisis de la demanda de transporte. El EMME/2 no incluye valores supuestos considerando que el usuario tendrá la habilidad para conformar un modelo apropiadamente. Por lo que no se recomienda para principiantes.

IV.3.3.9 Planeación de transportes urbanos, TRANUS.

El paquete TRANUS fue elaborado por la Universidad de Venezuela y considera la planeación de los transportes urbanos sobre la base de la actividad de las diferentes zonas de una ciudad y los diferentes tipos de uso del suelo.

En las figuras 4.11 y 4.12 se muestra respectivamente, la pantalla de inicio y una pantalla que contiene un ejemplo del paquete TRANUS.

Figura 4.11 Pantalla de inicio del paquete TRANUS.

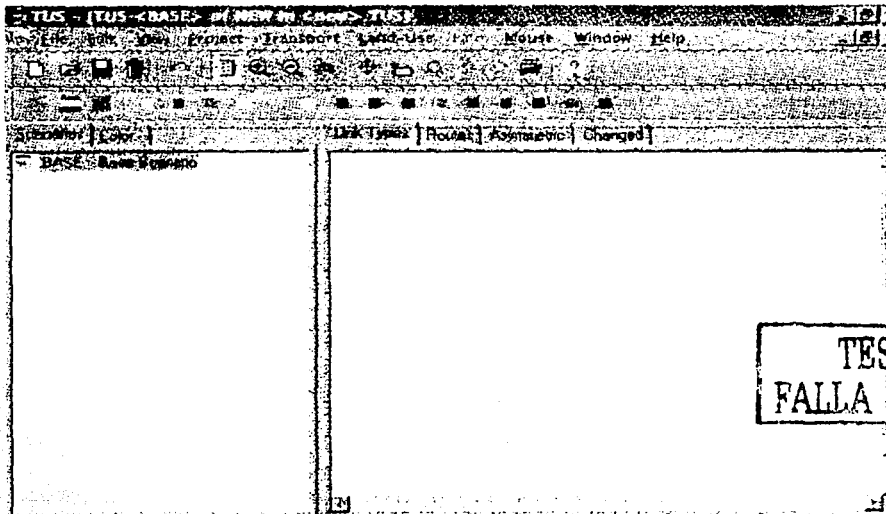
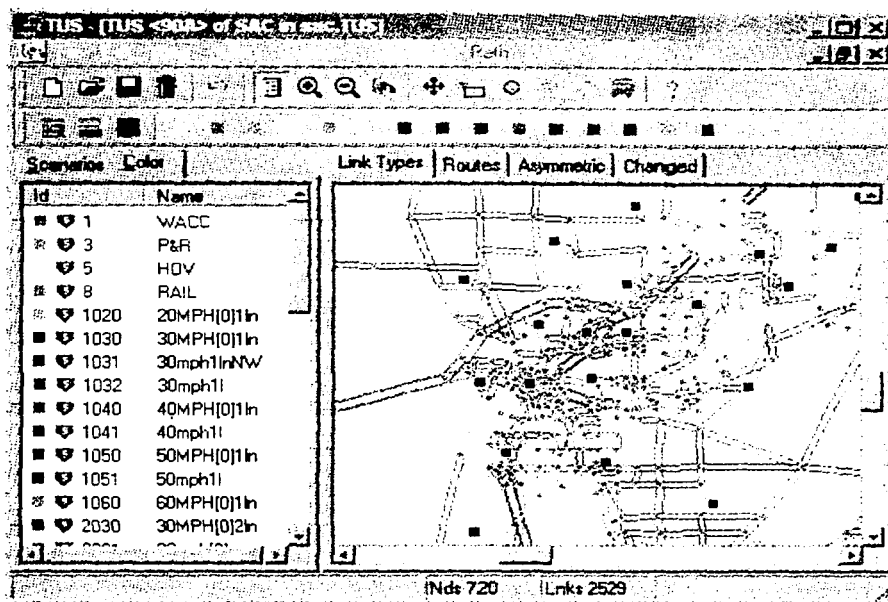


Figura 4.12 Pantalla con un ejemplo del paquete TRANUS.



IV.3.3.10 Redes y rutas de transporte público, VIPS III.

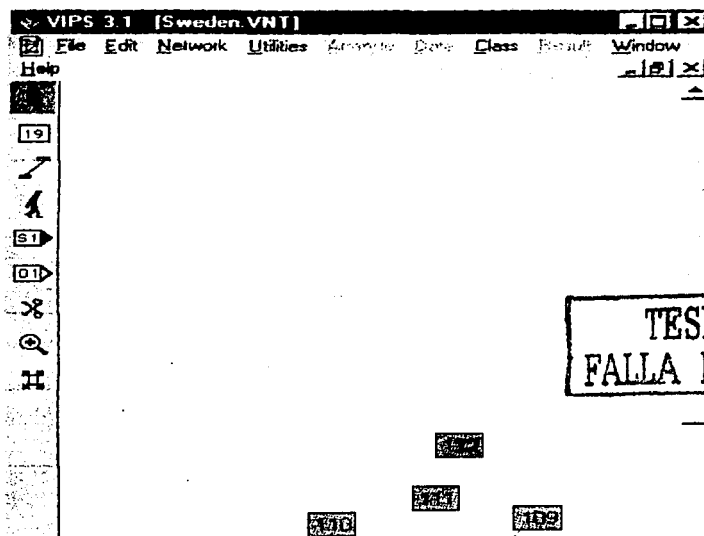
El VIPS III está orientado a resolver problemas de planeación y operación de redes y rutas de transporte público. Se compone de los siguientes elementos:

- Análisis de redes y rutas de transporte público.
 - Identificación de puntos problemáticos en la red.
 - Comparación rápida de un gran número de opciones de solución.
 - Cálculo del consumo de combustibles de diferentes opciones de solución.
 - Estimación de las emisiones de contaminantes y de los niveles de ruido.
 - Estudios de los efectos de la localización de las paradas y terminales en la demanda de los transportes.
 - Estudio de los efectos de diferentes estructuras tarifarias en la demanda de transporte.
- Cálculo de las frecuencias óptimas para cada una de las líneas de transporte público analizadas.
 - Optimización de la flota vehicular.
 - Obtención de diversa información por línea, tipo de vehículo y empresa.
 - Análisis estadístico de encuestas de viaje a bordo de vehículos de transporte público.
 - Presentación gráfica de resultados.
 - Rutinas para estimar impactos del Sistema de Transporte sobre el medio ambiente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La figura 4.13 muestra la pantalla de inicio del paquete VIPS III.

Figura 4.13 Pantalla de inicio del paquete VIPS.



IV.3.3.11 Transportation GIS Software, TransCAD.

TransCAD es un revolucionario sistema para la administración y análisis de información del transporte. TransCAD permite visualizar todos los tipos de transporte relacionados con sus datos geográficos en una forma más amigable.

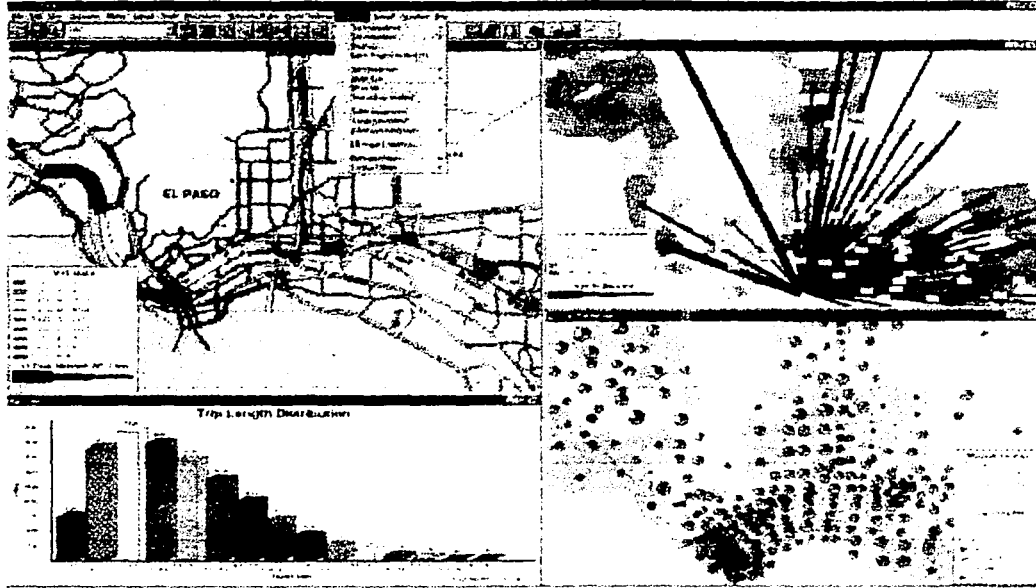
TransCAD combina una serie de elementos para facilitar el mapeo digital, la administración de datos geográficos y la presentación con herramientas gráficas para proyectos de transporte, investigación de operaciones y modelos estadísticos. TransCAD tiene aplicaciones para todos los tipos de datos de transporte y para todos los modos de transporte, por lo cual es ideal para construir sistemas de información en transporte y sistema de soporte de decisiones.

TransCAD es un Sistema de Información Geográfica utilizado en la solución de problemas de transporte, ya que provee un conjunto integrado de algoritmos más recientes, para resolver problemas analíticos en la planeación, manejo y operación de los transportes. Este paquete también es una plataforma adecuada para el desarrollo de sistemas de apoyo en la toma de decisiones con aplicaciones al transporte.

Para el caso del transporte algunas aplicaciones son: administración de la construcción, planeación de los transportes, ingeniería de tránsito, planeación urbana, distribuciones logísticas, operaciones de tráfico, tasas vehiculares, entre otras.

En la figura 4.14 se muestra una pantalla con un ejemplo de aplicación del paquete TransCAD.

Figura 4.14 Pantalla de aplicación del paquete TransCAD.



FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO V

REDES DE TRANSPORTE

V. REDES DE TRANSPORTE.

El análisis de las redes de transporte se basa en la representación espacial del Sistema de Transporte. El transporte ocurre por necesidad en un ámbito territorial determinado. En virtud que la representación espacial o física del Sistema de Transporte se hace a través de redes, éstas se estudian por los siguientes motivos:

- El transporte es una actividad que no ocurre en un lugar fijo, sino que se produce simultáneamente a través de todo un espacio físico.
- Por la complejidad del sistema, se requieren instrumentos de análisis que permitan reflejar, en cada uno de los elementos del sistema, la influencia de los demás.

Una red se define como el conjunto de facilidades o servicios que permiten que los vehículos se trasladen desde su origen hasta su destino. En el caso de una ciudad, el Sistema de Transporte se encuentra integrado por una variedad de líneas y rutas que en su conjunto conforman a la red de transporte.

V.1 Características y elementos de una red de transporte.

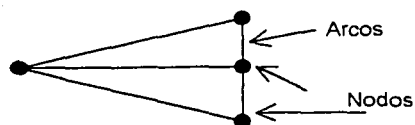
Las redes se pueden describir en términos de sus componentes, a saber:

1. Arcos.- Que son instalaciones que permiten el paso de vehículos, como una carretera o una vía férrea. Corresponde a un tramo de red de transporte concebida o proyectada.
2. Nodos.- Que son los puntos en los que convergen dos o más rutas o arcos, como por ejemplo un aeropuerto, una ciudad, un entronque carretero, un centro comercial, etc.
3. Ruta o trayecto.- Que comprende el conjunto de arcos que utiliza el pasajero y/o el vehículo para efectuar el recorrido desde su origen hasta su destino.

Para representar una red, es preciso realizar una serie de idealizaciones, basadas en las consideraciones siguientes:

- Desde el punto de vista geográfico, una región se divide en un conjunto de zonas mutuamente excluyentes que la cubren en su totalidad.
- Desde el punto de vista del sistema de actividades, cada zona se caracteriza por variables macroeconómicas como población, PIB, etc.
- El Sistema de Transporte se puede representar como un conjunto de arcos que conectan nodos, como lo muestra la figura 5.1.

Figura 5.1 Representación de una red simple.



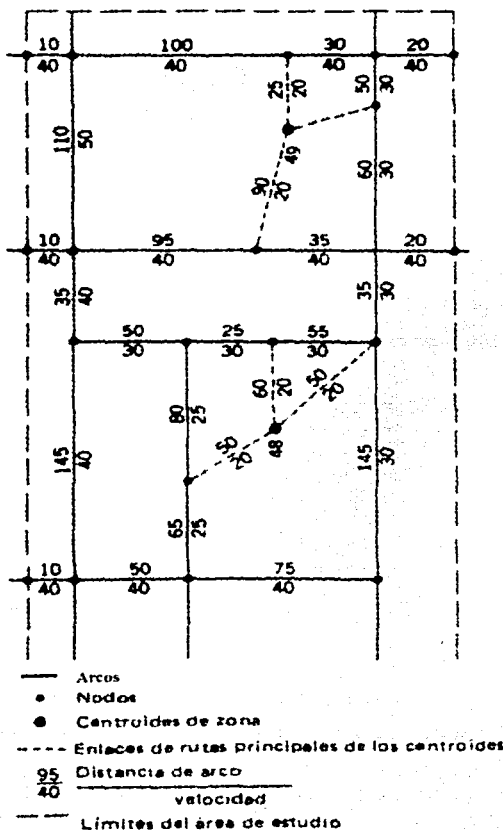
Fuente: Elaboración propia.

Los nodos pueden ser de dos tipos: nodos de intersección en los que se cruzan dos o más arcos, que no tienen capacidad de atracción o generación de flujos, y nodos generadores o atractores de flujos, denominados centroides. Los arcos pueden tratarse de instalaciones fijas entre dos puntos, como una carretera; de un servicio entre dos puntos, como los ofrecidos por una línea aérea; o de unos conjuntos de instalaciones fijas como un aeropuerto.

Para describir la red de transporte, cada arco contiene información como el tipo de infraestructura, longitud, ancho, velocidad, tiempo de recorrido, costos y capacidad.

Centroides son los nodos con características especiales. Designan las diferentes zonas de tráfico del área de estudio. Toda la demanda de transporte de cada zona se considera que tiene su origen y destino en el centroide que la representa. A través de arcos de acceso, cada centroide se comunica a la red de transporte, por donde fluye la demanda. La figura 5.2 muestra los centroides de zona y un mapa de red, donde se ejemplifican los términos referidos con anterioridad.

Figura 5.2 Red de Tránsito.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

En virtud que los Sistemas de Transporte reales invariablemente constan de diversos arcos que interconectan múltiples orígenes y destinos, es importante tomar en cuenta la complejidad de las redes al efectuar el análisis. Sin embargo para efectos simplificadores en ocasiones es posible suponer que la red consta de un solo arco.

Las condiciones generales para el análisis de las redes son las siguientes:

- Al trasladarse de un origen determinado "A" a un destino específico "B", en general el flujo utilizará una ruta entre "A" y "B" que comprende más de una red.
- En general, habrá trayectos alternativos entre "A" y "B".
- El volumen registrado en un arco cualquiera consta de flujos provenientes de varios orígenes a varios destinos, los cuales compiten por la capacidad del arco.

Lo anterior implica que los conceptos de servicio, demanda y equilibrio deben extenderse de manera que permitan considerar que un flujo utiliza múltiples arcos a lo largo de su trayecto, que existen muchas rutas entre orígenes y destinos, y que se suscita una competencia entre los flujos para aprovechar la capacidad de los arcos. El problema básico de las redes consiste en determinar el volumen de equilibrio de la red, es decir, el volumen que utilizará cada arco.

La determinación de los flujos de equilibrio en una red involucra dos conceptos centrales:

- Comportamiento individual, que se refiere a las bases mediante las que los usuarios del Sistema de Transporte eligen un trayecto específico entre los múltiples a su disposición.
- Influencia de la estructura de la red, que comprende la forma en que, dadas las características y los servicios ofrecidos por los arcos de la red, los usuarios compiten entre sí para aprovechar la capacidad disponible.

El diseño eficiente de una red de transporte es un aspecto que influye significativamente en el desempeño, la atracción, los resultados económicos y la operación misma del Sistema de Transporte.

El desempeño y la eficiencia de una red de transporte puede ser medido por varias características que afectan a uno o varios de los grupos que participan en el transporte. Las características y los grupos a los que afecta una red de manera más contundente son:

- a) Cobertura del área de servicio o cuenca de transporte.

Este requerimiento muestra la extensión de una red dentro del área o cuenca en la que se presta el servicio. Al examinar la cobertura se debe considerar la extensión de la red, la provisión de medios de acceso a la red y la cobertura que se logra en el centro de actividades de una ciudad.

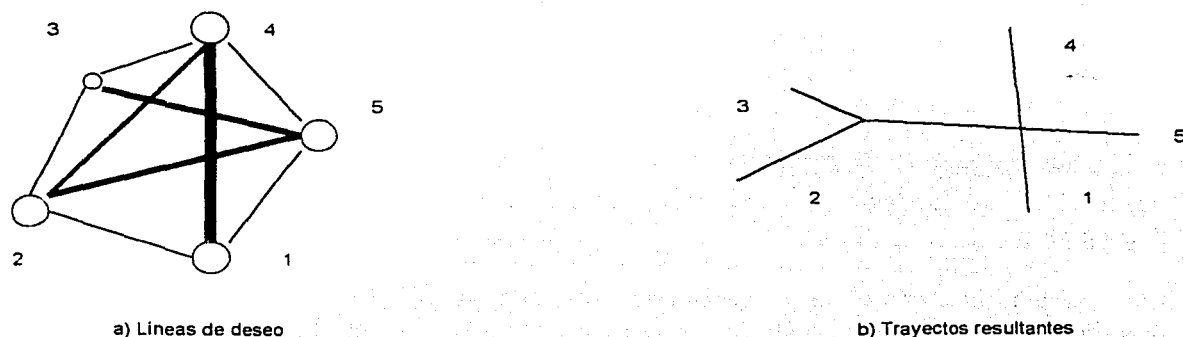
b) Líneas de deseo.

En el diseño de una red o ruta de transporte es necesario conocer los puntos de origen y destino o líneas de deseo que el usuario cautivo y potencial desea seguir con el fin de que las rutas de transporte se adecuen de la mejor manera a este requerimiento y reduzcan los tiempos de recorrido a bordo. En este ejercicio se deberá considerar el balanceo de la demanda a ambos extremos de la ruta con el fin de minimizar la capacidad requerida y por ende el número de unidades de transporte.

Así por ejemplo, en la figura 5.3a se muestran las líneas de deseo resultantes de la interpretación de un estudio origen y destino, se presentan arcos entre cinco puntos atractores/generadores de viajes, mientras que la figura 5.3b presenta los trayectos resultantes de revisar y ajustar estas líneas de deseo que el usuario desea seguir con el fin de que las rutas reduzcan el tiempo de recorrido. Es decir las líneas de deseo nos indican las calles por donde la mayoría de la gente quisiera circular para llegar a un destino, sin embargo debido a la urbanización ya existente a veces no es posible ofrecer estas líneas tal cuales a los usuarios.

A su vez, resulta conveniente elaborar un mapa de cargas (volúmenes) ya que permite visualizar de una manera rápida los puntos de mayor frecuencia sobre la red y detectar áreas geográficas de mejoras futuras.

Figura 5.3 Líneas de deseo.



Fuente: Transporte Público, Molinero – Sánchez. 1998.

c) Sinuosidad de red.

Es la relación entre la distancia recorrida por el vehículo entre dos puntos y la distancia aérea (en línea recta) entre estos mismo puntos. El caso deseable es que esta relación tienda a uno pero el trazo de la red se ve influenciada por la topografía, por viviendas, etc.

Una red ideal contempla rutas de transporte que conectan los grandes generadores de viajes a través de rutas directas, estableciendo las mismas a lo largo de las principales líneas de deseo con

mayor concentración de viajes. Aún cuando esta situación es una meta deseable, generalmente existe un conflicto con la cobertura del servicio, la cual deber ser la mayor posible. Lógicamente, se puede lograr una mayor cobertura si se incrementan los recorridos, situación que ocurre en áreas de baja densidad, donde la demanda de transporte es baja.

d) Conectividad.

Esta se expresa por el porcentaje de viajes que se pueden realizar sin transbordos y depende de los patrones de viaje y la red de transporte existente. Una ruta de transporte es un conjunto de vialidades por donde circulan unidades de transporte en servicio entre dos puntos terminales o nodos. Las líneas de transporte se conforman por las vialidades por donde opera una o más rutas de transporte. Por lo tanto la longitud de ruta puede ser igual o mayor que la longitud de línea.

e) Densidad del servicio.

La densidad de las redes de transporte, o kilómetros de red por kilómetro cuadrado de área esta normalmente determinado como un balance entre la amplitud de la red y la frecuencia del servicio.

f) Transbordos.

Aún cuando es deseable que se minimicen los transbordos entre rutas de transporte debido a que implica mayores tiempos de espera para el usuario, éstos presentan un componente importante en los recorridos de transporte público. Para el caso del transporte público cuantos más transbordos existan, mucho más fácil es diseñar y operar eficientemente las distintas rutas que conforman una red ya que cada ruta puede ser diseñada específicamente para cubrir determinadas condiciones.

Si el sistema provee de transbordos fáciles, sencillos, rápidos y convenientes entonces la red entera puede ser operada eficientemente y puede atraer a usuarios potenciales.

g) Infraestructura.

La infraestructura de una red de transporte consiste en todas las instalaciones necesarias para prestar un servicio adecuado. Naturalmente, ésta incluye las unidades de transporte, las terminales, los derechos de vía y otras inversiones de capital. La infraestructura está determinada básicamente por las características de la demanda, el nivel de servicio y la situación financiera del país, región o ciudad.

V.2 Análisis de redes de transporte mediante modelos de asignación.

Estos modelos corresponden a la última etapa del proceso de modelación clásico, y son de mucha importancia ya que de ellos se obtendrá la información que servirá de base para la evaluación de proyectos y de las políticas de transporte a aplicar. La asignación busca el equilibrio entre la oferta y la demanda de transporte.

Los datos de entrada consisten en la matriz origen – destino de la cual toma los datos y los asigna a la red, siguiendo la mejor ruta entre cada origen – destino. La información de salida son flujos y tráfico.

Todos los modelos de asignación de viajes a la red de transporte tienen como base la hipótesis del equilibrio del usuario, que postula que las personas seleccionan su itinerario para minimizar sus tiempos y costos. Se puede decir que los modelos de asignación persiguen los siguientes objetivos:

- Obtener medidas agregadas del rendimiento de la red de transporte (vehículos – km, demora total, vehículo – horas).
- Establecer los tiempos de viaje, para cada par origen – destino y cada modo de transporte.
- Estimar volúmenes en cada nodo y arco de la red de transporte.
- Determinar las rutas y analizar que pares origen – destino usan un arco en particular.

V.2.1 Principales modelos de asignación.

Las técnicas de asignación de tráfico incluyen los siguientes modelos: asignación "todo o nada", asignación por equilibrio determinístico (restricción de capacidad y optimización matemática) y asignación por equilibrio estocástico (logit multinomial y probit multinomial).

V.2.1.1 Todo o nada.

La lógica del método de asignación todo o nada se basa, como el propio nombre lo indica, en cargar todos los flujos entre una determinada pareja de zonas en los arcos que hacen parte del camino mínimo entre dos zonas, y nada en ningún otro camino fuera de ellas.

La principal característica del método todo o nada está en ignorar los efectos que el congestionamiento de las vías puede tener sobre los tiempos de viaje. Así, este método admite que el camino mínimo entre una pareja de zonas no será afectado por la elevada concentración de flujos que atraerá, no considerando que determinados arcos podrán recibir volúmenes superiores a su capacidad.

Su aplicabilidad, por lo tanto, se limita a los casos en que sea razonable la hipótesis de que los tiempos de viaje no cambien significativamente con la demanda en cada arco. El transporte regional, salvo en casos excepcionales, se adecua bien a esta caracterización. Además, las redes regionales son menos densas, haciendo la posibilidad de caminos más restringida.

También es posible utilizar la asignación todo o nada cuando el objetivo es detectar posibles cuellos de botella futuros en la red de transporte. En este caso, se admite que los eventuales problemas respecto a la capacidad, representan una ampliación del sistema buscando eliminar los cuellos de botella.

El modelo de asignación todo o nada utiliza las siguientes simplificaciones para el análisis de redes:

- Se supone que el nivel de servicio de cualquier arco sólo es función del volumen que hace uso del arco, no del sistema de actividades.
- Si se acepta que el tiempo de viaje es la característica de servicio de interés, entonces el tiempo de viaje en trayecto es simplemente la suma de los tiempos de viaje de todos los arcos que forman parte del trayecto.
- Se acepta que el volumen interzonal no es función del nivel de servicio ofrecido en el recorrido. Es decir, la demanda total es independiente del nivel de servicio que proporciona.

El método consiste simplemente en adicionar los flujos modales, para todos los tipos de flujo, en los arcos que hacen parte de los caminos mínimos entre todas las parejas de zonas. En términos matemáticos, esto puede ser expresado de la siguiente forma:

$$T_a = \sum_{ijkn} P_{ijk}^a * V_{ijk}^n$$

Donde:

T_a = Volumen del arco A por unidad de tiempo;

V_{ijk}^n = Cantidad del tipo de flujo n que va de la zona i hacia la zona j por el modo de usuario k, por unidad de tiempo;

$P_{ijk}^a = 1$, si el arco A está en el camino de i hacia j por el modo k, 0, en caso contrario;

K = Conjunto de modos físicos que pueden utilizar al arco A.

Utilizando un ejemplo de transporte regional para fines de ilustración, la expresión anterior indica que, en un mismo arco, una carretera, por ejemplo, pueden estar pasando, simultáneamente, vehículos transportando productos diversos, viniendo de diversos orígenes y dirigiéndose a destinos diferentes.

Para cambiar los flujos de demanda, expresados en viajes de personas u otras unidades, en flujos de vehículos en la red de transportes, se define, para cada modo físico, un vehículo representativo. A este vehículo se le asocia una capacidad de carga promedio, que permite convertir los flujos de demanda en flujos de tráfico. Cada vehículo puede tener todavía un factor de equivalencia distinto, dependiendo del tipo de arco en que este transitando.

El volumen asignado es utilizado para actualizar el tiempo de recorrido de los arcos (con funciones de desempeño como las que serán presentadas a continuación). El tiempo actualizado es utilizado en la evaluación económica, sin embargo no es considerado en cuanto a su posible efecto sobre la redistribución de los flujos en caminos alternativos.

Por último, en el caso de los modos que operan en rutas definidas, como los transportes públicos urbanos, la distribución se elabora en las rutas de mínimo costo generalizado.

Cuando hay varias rutas del mismo modo físico en el camino considerado, la distribución es hecha proporcionalmente a las respectivas frecuencias de las rutas. Los vehículos relativos a varias rutas son posteriormente distribuidos a los arcos de la red de transportes.

Este es uno de los modelos más simples del problema de redes, pero tiene grandes limitaciones. La más importante es que la suposición todo o nada es poco realista, pues se encontrarán altos volúmenes y tiempos en algunos arcos y bajos en otros.

V.2.1.2 Restricción de capacidad.

En la asignación por restricción de capacidad, el tráfico es asignado a la red en iteraciones. A cada iteración los tiempos de viaje en los tramos se ajustan a través de funciones de desempeño de la vía. El tiempo de viaje utilizado en una iteración es un promedio de los tiempos de viaje de las dos últimas iteraciones. El volumen asignado se obtiene calculando el promedio de las dos iteraciones anteriores.

Cuando el flujo en un tramo de la red de transporte se acerca a la capacidad del mismo, el tiempo de viaje en este tramo tiende a crecer debido al efecto del congestionamiento. Para representar esta relación entre el grado de congestionamiento y el tiempo de viaje en un arco, se utilizan funciones matemáticas que representan el desempeño de diferentes tipos de infraestructura de transporte.

Como ilustración se presenta una función típica de actualización del tiempo de recorrido en los arcos correspondientes a las vías expresadas:

$$t_a = t_0 \left[1 + r_a * \left(\frac{V}{C} \right)^{r_b} \right], \text{ si } \frac{V}{C} < 1$$

En caso contrario

$$t_a = t_0 \left(r_c * \frac{V}{C} - r_d \right)$$

Donde:

- t_a = Tiempo de viaje actualizado en el arco;
- t_0 = Tiempo de viaje en el arco correspondiente a la velocidad de flujo libre;
- V = Volumen de vehículos en el arco;
- C = Capacidad del arco;
- r_a, r_b, r_c, r_d = Son parámetros.

V.2.1.3 Asignación por equilibrio estocástico.

La técnica de asignación estocástica incluye el logit multinomial y el probit multinomial. En ésta última técnica, el tiempo percibido por el usuario es tomado como una variable aleatoria. La técnica basada en el logit es computacionalmente eficiente requiriendo recursos poco mayores que para la asignación todo o nada.

Esta técnica, sin embargo, no sirve cuando las rutas alternativas se superponen como es común en las redes urbanas densas. Estos problemas están siendo eliminados por las técnicas probit multinomial. Sin embargo, esta técnica exige más recursos computacionales y no es fácil de entender para el usuario común.

En el caso de los modelos de asignación estocástica, cada usuario tiene una función de utilidad definida por un conjunto de atributos relativos a los trayectos, pero su elección es probabilística, lo que significa que se reconoce la presencia de factores aleatorios en la formulación de la utilidad, en el nivel de servicio experimentado o en ambos.

La condición de equilibrio correspondiente es la siguiente: los volúmenes en todos los trayectos son iguales al número esperado de usuarios que seleccionan cada trayecto.

En la tabla 5.1 se muestra una comparación general de los diferentes modelos de asignación para el análisis de redes.

Tabla 5.1 Comparación de los modelos de asignación.

	Modelo			
	Equilibrio Determinístico		Equilibrio Estocástico	
	Todo o nada	Restricción de Capacidad	Logit Multinomial	Probit Multinomial
Características	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Asigna toda la demanda entre cada par OD al camino más corto. ▪ Simple y fácil de usar. ▪ Los resultados son fáciles de entender. ▪ Puede ser utilizado para investigar falta de capacidad en el futuro. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Más realista que el modelo todo o nada, pues distribuye los viajes entre diversas rutas. ▪ Es más aplicable a asignación en la hora pico. ▪ Considera la capacidad del tramo y las variaciones de tiempo con los volúmenes. ▪ Fácil de entender. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El tiempo de viaje es considerado como una variable aleatoria. ▪ Eficiente computacionalmente. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El tiempo de viaje es asumido como una variable aleatoria. ▪ Considera la superposición de itinerarios. ▪ Es lo más avanzado en cuanto al análisis de redes.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No considera la capacidad de los tramos o variaciones de tiempo con el volumen. ▪ Ignora el equilibrio. ▪ Puede generar resultados falsos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No garantiza convergencia para una situación de equilibrio. ▪ Necesita más recursos de cómputo que el todo o nada. ▪ Puede necesitar un gran número de iteraciones. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelo difícil de entender. ▪ No sirve para casos donde las alternativas de itinerario se superponen. ▪ El parámetro logit es difícil de estimar directamente. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelo difícil de entender. ▪ Necesita muchos recursos de cómputo. ▪ El parámetro probit es difícil de estimar directamente. ▪ No esta disponible para el usuario común.

Fuente: Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas. Tomo II. Conceptos y Lineamientos para la Planeación del Transporte Urbano. SEDESOL. 1999.

V.2.2 Problemas en la asignación.

Como ya se mencionó anteriormente la asignación es el proceso final en el análisis de los Sistemas de Transporte.

Los problemas de asignación pueden ser de ocurrencia de errores en cualquiera de las fases del proceso o también errores en las matrices de viaje o en las redes de simulación. Pero en general los problemas pueden ser clasificados en cuatro categorías:

- Problemas en la representación de la red de transporte.
- Problemas de traducción para proyectos específicos.
- Problemas de calibración de los modelos.
- Problemas en la actualización de datos.

V.2.2.1 Problemas en la representación de la red de transporte.

La representación es una especificación del sistema real. Uno de los puntos básicos es determinar hasta qué punto las calles deben estar incluidas en la red para un sistema urbano. En esto una buena jerarquía funcional puede ayudar. Se debe tener en cuenta que siempre se debe simplificar lo más que se pueda, pues los detalles complican el análisis y exigen más recursos.

Otros puntos importantes son representar bien los movimientos, prohibiciones y esquemas de circulación del tránsito. Lo recomendable es empezar con una red simple y detallar los puntos donde la asignación no esté dando resultados razonables.

Un análisis que dificulta el análisis de redes es disponer de una cantidad de aforos suficientes para un análisis completo de los tramos. En general se hacen muchos aforos con objetivos específicos de analizar un tramo, de calcular los tiempos de un semáforo, de estimar la necesidad de un semáforo, de analizar accidentes, etc. Muchas veces estos datos no son transferidos a un sistema de información y se pierden.

V.2.2.2 Problemas de traducción de los volúmenes para proyectos específicos.

Muchas veces hay la necesidad de traducir los volúmenes para proyectos específicos en subáreas y es necesario refinar el modelo para obtener resultados confiables. En estos casos es necesario:

- Hacer una ventana para esta área y detallar la red en el entorno del proyecto.
- Obtener datos de volúmenes de tránsito para la red detallada.
- Refinar los datos para esta área.

Para hacer la ventana, se selecciona el área de influencia directa del proyecto y se detalla esta área en el grado necesario para obtener los resultados deseados.

Las otras zonas son agregadas conforme se distancian del área de interés. La distribución de viajes puede cambiar con el nivel de detalle y el proceso generalmente exige el uso de modelos computacionales.

V.2.2.3 Problemas de calibración del modelo.

La asignación carga los posibles errores de todos los pasos anteriores de modelaje. Si los datos de volumen resultantes de la asignación no están razonablemente próximos de los datos observados, se deben verificar los siguientes elementos:

- Matriz Origen – Destino del año base.
- Representación de la red.
- Técnica de asignación.
- Función de desempeño de los tramos de la red.

Para la matriz OD se debe rehacer una verificación de los ajustes hechos pues la matriz fue obtenida de una muestra. Si los ajustes no traen problemas puede ser necesario hacer otro ajuste de la matriz de acuerdo a los volúmenes de tránsito de acuerdo a la metodología explicada anteriormente.

La técnica de asignación depende de la disponibilidad que tenga el técnico en el paquete que esté utilizando. Generalmente esto depende del conocimiento que tenga el técnico del paquete para conocer sus limitaciones y verificar cuándo es válido intentar una nueva técnica. Es necesario pensar siempre que intentar una nueva técnica exige capacitación y tiempo para implementarla.

No hay una regla específica para determinar cuando los volúmenes asignados son aceptables, pero generalmente se acepta una desviación de hasta un 30% o un 40% en tramos poco importantes.

V.2.2.4 Problemas en la actualización de datos.

Muchos de los datos no están disponibles para el año base del estudio. Por ejemplo los datos del censo solamente están disponibles para intervalos de 10 años, la matriz OD puede ser de algunos años antes, datos de costos pueden estar disponibles solamente para el año anterior al año base y así en adelante.

En caso de que haya problemas de asignación se debe verificar el proceso de actualización de la información, en especial de la matriz OD.

V.3 Criterios generales para estructurar una red de plataformas logísticas en México.

Haciendo un análisis del pasado reciente de México, veremos que para lograr los beneficios esperados a partir de la apertura de la economía mexicana (fundamentalmente por el Tratado de Libre Comercio de Norteamérica) resulta indispensable que México deba adaptarse lo más rápidamente posible al empleo de diferentes tecnologías que mejoren el funcionamiento global de su Sistema de Transporte. Bajo este ambiente es que los sistemas de producción que caracterizan la competencia internacional actual, por ejemplo, conducen al desarrollo de ramas industriales donde se aplican sistemas de producción flexibles y al abastecimiento de circuitos que requieren cada vez más de transportes más eficientes. En estos dos casos, el transporte "justo a tiempo" y los servicios logísticos que le están asociados, parecen responder a las nuevas exigencias de los usuarios mexicanos que estén facultados para incorporar los servicios de transporte que se adapten mejor a sus necesidades.

V.3.1 Fundamentos de logística.

Para comprender como influye la logística en la calidad de las operaciones que implica el traslado de mercancías, conviene establecer cuál es su definición, y cómo se debe aplicar en asuntos relacionados con el transporte. Por lo tanto, digamos que es una tecnología, y que su función es la de permitir tener control sobre la circulación de los flujos de carga.

Según el Council of Logistics Management, "logística" es el proceso de planeación, instrumentación y control eficiente y efectivo en costos del flujo y almacenamiento de materias primas, de los inventarios de productos en proceso y terminados, así como del flujo de la información respectiva desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el propósito de cumplir con los requerimientos de los clientes.

Es decir, la logística es una disciplina que involucra todas aquellas operaciones que son requeridas para definir de manera precisa el movimiento de los productos, como los son por ejemplo, la localización de unidades de producción y almacenes, aprovisionamiento, gestión de flujos físicos en el proceso de fabricación, embalaje, almacenamiento y gestión de inventarios, manejo de productos en unidades de carga y preparación de lotes a clientes, transportes y diseño de la distribución física de los productos.

Conforme ha ido evolucionando la sociedad industrial, ésta se ha caracterizado en mayor medida por la fragmentación de los procesos de producción en múltiples tareas y su realización en serie. Con la generalización de las nuevas tecnologías de la información y de las comunicaciones, se producen cambios radicales en los procesos siendo éstos integrados con actividades en paralelo y/o simultáneas.

De esta manera, las prácticas que han llevado a cabo las empresas industriales y comerciales al equiparse con un sistema de "plataformas logísticas", parten de su necesidad cada vez mayor de conformar "cadenas logísticas":

Es decir, con el objetivo de organizar y controlar la circulación de sus flujos de carga y de la información asociada a las mercancías, una cadena logística integra todas o parte de las múltiples operaciones de distribución física, la dirección de la producción y la administración de los aprovisionamientos de la empresa.

Aunque la palabra "plataforma logística" tiene su origen en la actividad portuaria, la aplicación de éste se ha ido extendiendo fuertemente al ambiente terrestre, con la misma idea de alcanzar mayores beneficios al integrarse a redes de transporte de los modos carretero, ferroviario y aéreo.

Entonces, una plataforma logística parte de la organización formal de una cadena logística que contempla necesidades técnicas, comerciales y de calidad de servicios integrados, desde un origen hasta un destino y sin que el paso por una terminal se convierta en un obstáculo a la fluidez de los flujos de carga.

V.3.2 El transporte y la logística.

Un Sistema de Transporte eficiente y barato contribuye a aumentar la competitividad en los mercados, así como a aumentar las economías de escala en la producción y disminuir los precios de los productos.

Cuando los mercados mueven mayor volumen de producción puede hacerse una utilización más intensa de los medios de producción, situación a la que generalmente sigue una especialización del trabajo. La facilidad de integrar cadenas de transporte adecuadas, a costos razonables, permite una división espacial del trabajo. Los costos de transporte afectan directamente la localización de las plantas de producción, los almacenes, los puntos de aprovisionamiento de materiales y productos intermedios y el acceso a los consumidores. Sería imposible diseñar sistemas logísticos integrados justo a tiempo sin el progreso técnico del transporte.

El crecimiento de algunas industrias, que a su vez tienen la necesidad de poder efectuar adecuadamente los procesos de abasto de sus insumos y de distribución de sus productos requieren del apoyo de un Sistema de Transporte eficiente, ésta necesidad se ha hecho cada vez más compleja conforme pasa el tiempo, al grado que ya no es suficiente contar con un Sistema de Transporte que ofrezca seguridad, rapidez, economía, etc. Ahora es necesario ofrecer al usuario una serie de nuevos servicios que puedan serle de utilidad, los cuales le inducirán a preferir la empresa en cuestión. En este ambiente, se destaca un servicio generado a partir de una buena interrelación entre los modos de transporte de una nación y de las empresas internacionales: el servicio que se acopla al proceso de producción "justo a tiempo".

Dicho en otras palabras, se puede definir el esquema de la producción justo a tiempo como aquella gama de servicios de transportación y distribución que permiten que los bienes requeridos para la producción de una empresa lleguen en las cantidades apropiadas y en el momento en que hagan falta, lo mismo que la distribución hacia el exterior de los bienes manufacturados por ésta.

Por lo pronto, la solución a las exigencias de la producción justo a tiempo ya ha generado diversas tendencias por parte de los prestadores de servicios de transporte. A continuación se presentan algunas que han proliferado de manera extensiva en todo el orbe:

- El diseño de servicios de transporte específicos.

Cada vez es mayor la oferta de servicios especializados, diseñados para clientes y productos específicos, para atender hasta el más mínimo detalle de los requerimientos de cada usuario. El transportista hoy es más receptivo a las condiciones de mercado y hace lo necesario por ofrecer servicios competitivos que le aseguren una presencia y participación comercial.

- La prestación de servicios integrales de transporte.

El transportista diseña cadenas de transporte cuyo objetivo es cumplir con las condiciones del cliente. Un ejemplo de esta marcada tendencia, es el surgimiento de empresas de transporte integradas, propietarias o socias de empresas activas en diferentes modos.

- Una gran calidad de servicio en la atención al cliente.

El transportista dedica cada vez más tiempo y esfuerzo a atender a sus clientes.

- El uso de sistemas de información y telecomunicaciones en empresas de transporte.

Además de la implantación de sistemas en las áreas tradicionales, están en pleno crecimiento los sistemas novedosos como el intercambio electrónico de datos, el control pormenorizado de equipo y los sistemas de comunicaciones.

V.3.3 Criterios de localización de las plataformas logísticas.

Desde el punto de vista teórico, el problema de la localización de plataformas logísticas se centra en la calidad del espacio de localización, así como en su accesibilidad y jerarquización. En la práctica es común que éstas se implanten de manera selectiva en un pequeño número de nodos de la red de transporte y requieren de condiciones particulares de funcionamiento.

a) Posicionamiento de los nodos.

El principio para configurar una red de plataformas logísticas de primero, segundo y tercer orden consiste en seleccionar los puntos de articulación de los flujos de carga (de diferentes categorías). En nuestro país, la jerarquización de los nodos de la red de transporte, está asociada a la estructura urbana del país, sin embargo, éste no es el único criterio.

b) Arcos y accesibilidad nodal en la red.

Para funcionar de manera interactiva, sea cual sea su orden jerárquico y su posición relativa en una red de flujo de mercancías, una plataforma logística debe estar provista de infraestructura de transporte muy confiable (ejes carreteros, autopistas y ejes ferroviarios, principalmente), además de los medios de transmisión de información actualmente indispensables.

En la actualidad, las carreteras y autopistas mexicanas ofrecen una gran flexibilidad, lo que implica que haya un predominio del autotransporte en nuestro país, así como un crecimiento del tráfico de carga por este modo, lo cual podría ocasionar a mediano plazo que se presentase un problema de capacidad de las infraestructuras ante los tráficos inducidos en algunas regiones o tramos por la implementación de plataformas logísticas.

De esta manera, algunas plataformas podrían verse favorecidas por la presencia de un libramiento urbano o de algún tramo que las una a los principales ejes de transporte.

Por lo que respecta al ferrocarril, se piensa que debe seguir consolidándose dentro de su función decisiva para el crecimiento de los flujos de carga en el país. Algunas soluciones a la necesidad de asegurar enlaces confiables y eficientes por ferrocarril, consisten en la construcción de terminales intermodales, en el establecimiento de rutas con trenes unitarios con transporte combinado o de doble estiba sobre algunos corredores o arcos. Estos servicios se justifican por la necesidad de articular y complementar la operación de plataformas a escala doméstica e internacional.

Si a partir de la operación de las plataformas logísticas es posible lograr una mejor organización de los flujos de carga sobre el territorio, reduciéndose con ello los tráficos sobre ciertos ejes carreteros, se tendrían efectos favorables en los programas de conservación de carreteras y sobre los costos generalizados de transporte, así como también sobre la complementariedad e integración entre los diversos modos de transporte.

V.3.3.1 Tipos de redes de transporte de posible aplicación en México.

En nuestro país, se considera que es posible el desarrollo de dos tipos de redes:

- a) Redes de transporte logísticas espontáneas.
- b) Redes de transporte logísticas coordinadas por el Estado.

a) Las redes de transporte logísticas espontáneas.

Son redes desarrolladas por entera iniciativa de un usuario o de un agente promotor inmobiliario. En estos casos, el empresario define el tipo, el equipamiento y la arquitectura de la red, que jerarquiza en función de sus propias necesidades o de los usuarios en operaciones de colecta o distribución sobre una zona de influencia geográfica local, regional, nacional o aún internacional.

Desde la perspectiva de las empresas, ésta la opción más apropiada porque ellas mismas adoptan las instalaciones según sus necesidades. No obstante, este desarrollo de tipo privado puede verse restringido por insuficiencia en los aspectos técnicos, de financiamiento o de la gestión del centro logístico. Esta propuesta surge frecuentemente como resultado de la falta de prestaciones logísticas en el mercado, por servicios deficientes y, realmente, por la falta de plataformas que ofrezcan servicios a terceros.

b) Las redes de transporte logísticas coordinadas por el Estado.

Las plataformas logísticas de acceso público corresponden a una zona de equipamiento de carácter público, abierto a toda empresa interesada en el marco de su operación, por una implantación sobre esta zona. Derivada de una ordenación de actividades, esta concentración de servicios en un solo lugar permite a las empresas beneficiarse de economías de escala y de complementariedad en el ejercicio de operaciones logísticas.

Las plataformas logísticas públicas representan un doble interés para los transportistas que buscan un sitio adecuado de instalación, debido a:

- La existencia de una red de locales adaptados.

Desde la perspectiva económica, esta oferta permite orientar inversiones en infraestructura de la empresa transportista y consecuentemente, limitar la inmovilización de capital que se requiere para su establecimiento. La opción de renta de instalaciones es apreciada por aquellas empresas que buscan minimizar sus gastos por inversión.

- Flexibilidad inmobiliaria.

En función del crecimiento de su negocio, los usuarios pueden aumentar o disminuir las áreas rentadas, dependiendo de los tiempos comprometidos, o abrir sucursales en otros puntos de la red, con menos costos por expansión de mercados.

Por otra parte, la intervención del Estado para apoyar la formación de una red de plataformas logísticas, es susceptible de apoyar las políticas de ordenamiento del territorio y de desarrollo de actividades económicas en las diferentes regiones del país.

Se considera que todo debe quedar integrado dentro de un Programa Maestro, de tal manera que sean elementos fundamentales:

- Un sistema nacional de nodos de transporte, con la finalidad de identificar lo que ocurre sobre los principales nodos del Sistema de Transporte nacional.
- Coordinar los proyectos entre los actores involucrados y las instancias públicas a los niveles que se requieran sobre el plan político, tecnológico, socioeconómico y financiero.

V.3.4 Lineamientos generales para establecer una red de plataformas logísticas en México.

Para un mayor beneficio de los usuarios y prestadores de los servicios logísticos, las condiciones de circulación de mercancías deben ser homogéneas en términos de calidad de servicio, con el fin de permitir la continuidad y la fluidez de las cargas. Los medios de transferencia de carga deberán adaptarse a las normas de circulación de las mercancías, y no solamente sobre los nodos interiores de la red que deberán de soportar los tráficós domésticos.

La estructuración de una red nacional no debe contribuir solamente a las relaciones comerciales con el exterior, sino que contrariamente, debe comenzar a consolidarse primero, como una estructura capaz de reforzar las alternativas de transporte doméstico.

Considerando la lógica de una red jerarquizada, es conveniente indicar el orden de magnitud del radio de influencia a considerar y a calibrar con relación a la geografía y las dimensiones del territorio, con el objetivo de crear un mapa en tres niveles integrado por nodos con vocación diferenciada,

Vocación/Posición en la red	Orden
• Grandes centros urbanos (nacional/internacional)	1°
• Regional/nacional	2°
• Local/regional	3°

a) Radio de acción local.

Se refiere a las distancias en las que el costo de transporte es prácticamente igual sin importar hasta a qué punto específico del trayecto se deba efectuar el traslado. Se trata de distancias donde se realiza una ruptura de carga (consolidación o desconsolidación) y con tiempos de recorrido que pesan más que la propia distancia.

b) Radio de acción regional.

Comprende las distancias donde se realiza la distribución y el aprovisionamiento regular de un depósito hacia puntos de venta final. Sobre estos radios de influencia local el autotransporte es sumamente competitivo. A este radio de influencia normalmente se asocia una plataforma logística regional.

c) Radio de acción nacional e internacional.

Se trata de distancias donde se localizan los depósitos y almacenes centrales de empresas con cobertura regional y nacional, y en donde se hacen viables los tráficos contenerizados o de remolque sobre plataforma de ferrocarril.

Según un primer criterio, que considere los centro de población, la jerarquización urbana muestra una correlación estrecha con el orden jerárquico de una plataforma, más no será obligatorio que coincidan en su tipo y funciones específicas.

Según los criterios demográficos y económicos, habría que considerar tres parámetros:

- Densidad demográfica.
- Accesibilidad.
- Vocación industrial, comercial o agrícola.

V.3.4.1 Los nodos de la frontera de la red.

En esta clasificación quedan comprendidos los nodos de frontera del país (puertos marítimos y terrestres) como aquellos que son la entrada o salida de flujos de carga de la red de circulación de mercancías en México.

La orientación de las funciones y las dimensiones de cada uno de estos nodos pueden estar conformadas por cuatro estrategias, cada una con características particulares:

a) Norte.

Incluye las ciudades fronterizas del norte del país: Tijuana, Nogales, Ciudad Juárez, Piedras Negras, Nuevo Laredo, Reynosa y Matamoros.

b) Pacífico.

Las plataformas logísticas se encontrarían asociadas a una política de inversión según la especialización y las funciones de los puertos marítimos del Pacífico.

c) Golfo de México.

Análogamente a como lo harían los puertos del Pacífico, estas plataformas logísticas enlazarían a las plataformas situadas sobre los corredores interiores del país y se vincularían con el comercio interior de nuestro país.

d) Sur.

Esta parte de la red estaría compuesta por un nodo de frontera sur y por nodos articuladores en el Istmo de Tehuantepec, los cuales a su vez podrían enlazarse desde algún nodo interior, por ejemplo, Puebla.

V.3.4.2 Los nodos interiores de la red.

Una vez definidos los puertos marítimos y terrestres como nodos de frontera de una red de plataformas logísticas, es necesario establecer enlaces eficientes con nodos del interior del territorio, con el fin de asegurar la buena circulación de mercancías y de información.

A partir de los nodos de frontera se desprende un conjunto de nodos localizados sobre los siguientes corredores norte - sur o sur - norte:

- México - Nuevo Laredo.
- Aguascalientes - Ciudad Juárez.
- Aguascalientes - Tijuana.
- Puebla - Panamá.

A partir de los puertos marítimos, los corredores transversales se articularán en los siguientes nodos:

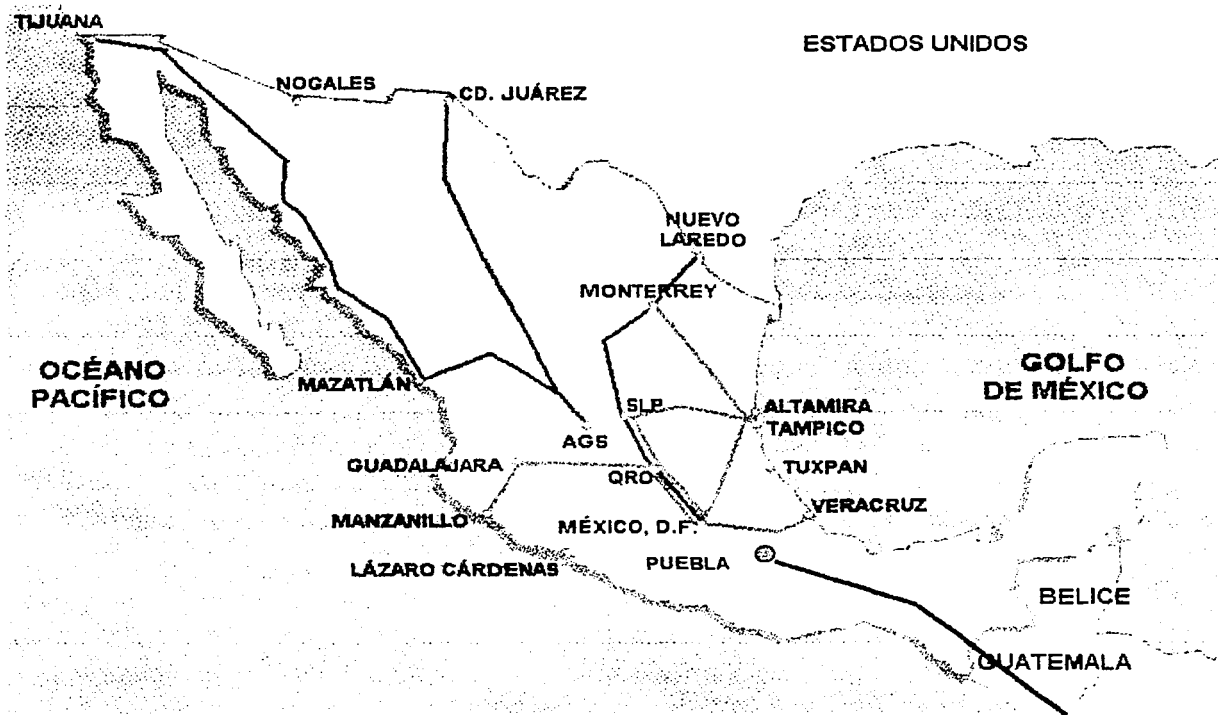
- Tampico/Altamira – San Luis Potosí.
- Tampico/Altamira – Monterrey.
- Tampico/Altamira – México.
- Veracruz – México.
- Manzanillo – Guadalajara – México.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Tendrá importancia considerar, además, los proyectos especiales en zonas metropolitanas. En algunos casos sería necesario establecer un cinturón de plataformas logísticas a la entrada y salida de las principales arterias de circulación de carga.

En la actual administración federal se empieza a dar gran impulso y atención al desarrollo del Sur y Sureste mexicano a través del Plan Puebla – Panamá, con lo cual se espera un importante desarrollo en todos sentidos en estas regiones del país. En la figura 5.4 se muestran los principales corredores de transporte.

Figura 5.4 Principales corredores de transporte.



Fuente: Hacia un Sistema Nacional de Plataformas Logísticas. Betanzo Quezada – Aqueberre Salido. Publicación Técnica No. 64. Instituto Mexicano del Transporte. 1995.

Por otra parte, independientemente de los problemas técnicos que intervienen en el análisis de los proyectos, la selección del lugar y el equipamiento de las plataformas logísticas públicas deben pasar por un análisis de alternativas, en función de criterios económicos y financieros.

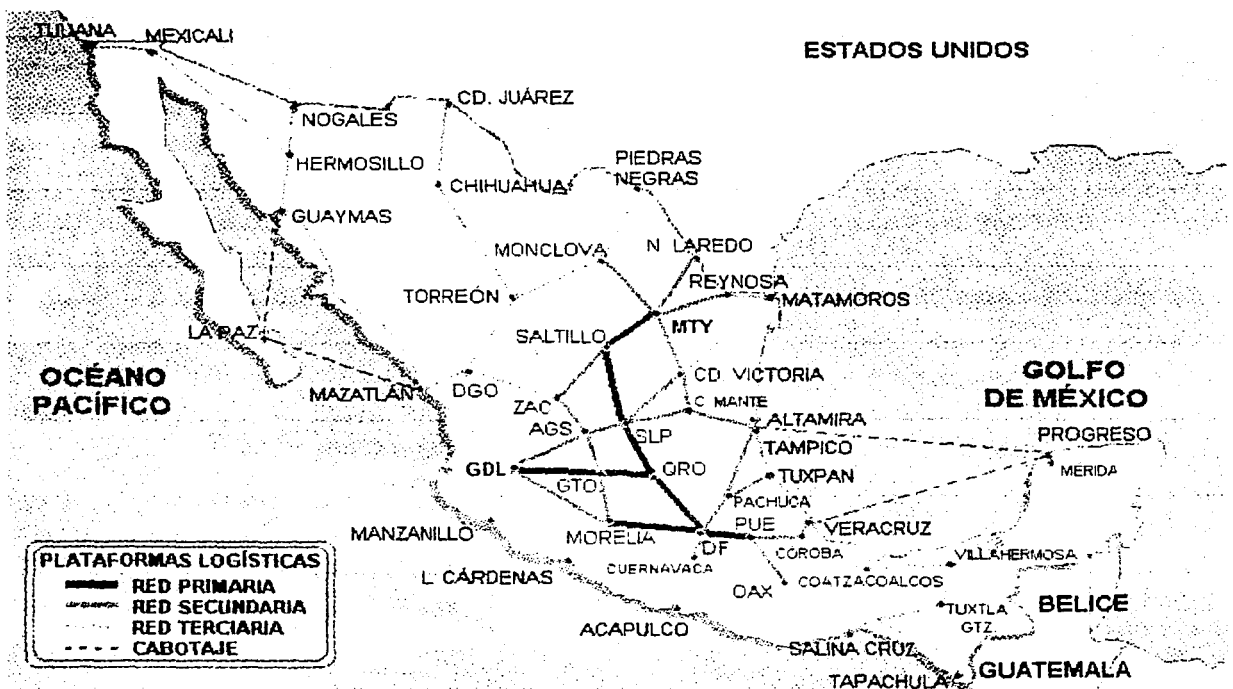
Los criterios estratégicos y de prioridad determinan los nodos principales en función de los objetivos planteados por la política económica nacional y por la del transporte en particular.

En cuanto al desarrollo de plataformas logísticas, es posible que se consideren como parte de la estrategia para alcanzar algunos objetivos concretos, contribuyendo en las siguientes condiciones:

- Elaboración de esquemas de ordenamiento del territorio.
- Diseño de planes de desarrollo regional y de desconcentración de actividades.
- Soporte estratégico del comercio exterior.
- Elemento estratégico para transferencias de carga de la carretera al ferrocarril.
- Impulsor del movimiento de contenedores en puertos y terminales intermodales del interior.

Por último en la figura 5.5 se muestra la jerarquización y ubicación de una red de plataformas logísticas en México.

Figura 5.5 Ubicación y jerarquización de una red de plataformas logísticas en México.



Fuente: Hacia un Sistema Nacional de Plataformas Logísticas. Betanzo Quezada – Aqueberre Salido. Publicación Técnica No. 64. Instituto Mexicano del Transporte. 1995.

CAPITULO VI

PROYECTOS DE TRANSPORTE

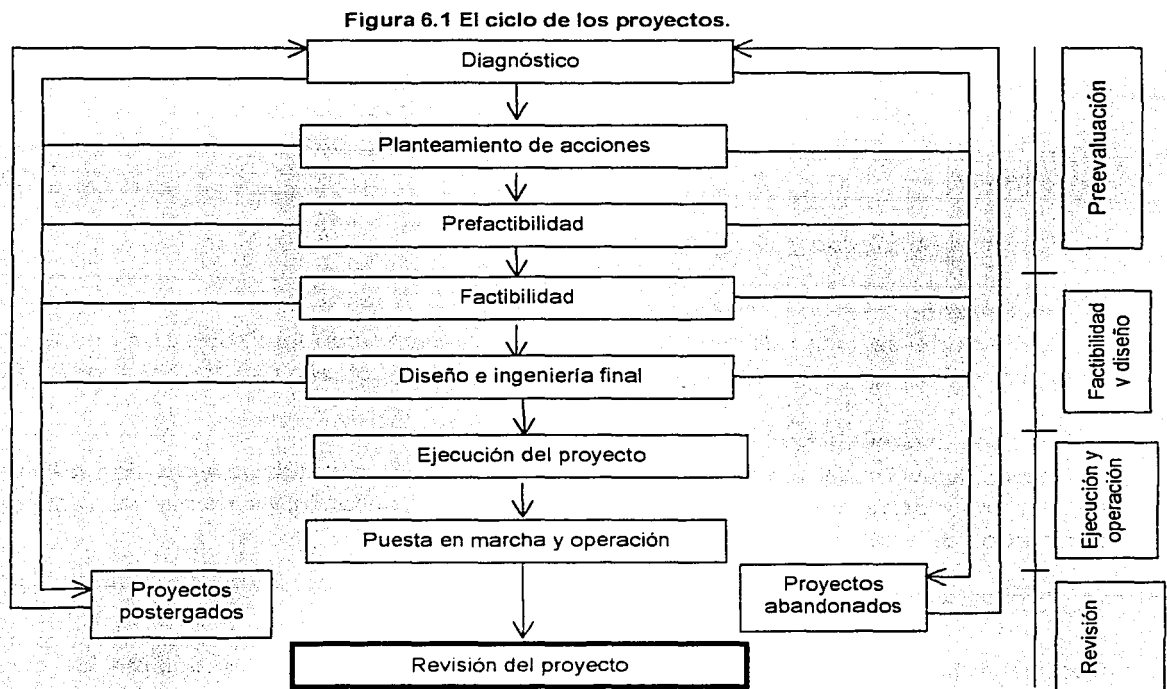
VI. PROYECTOS DE TRANSPORTE.

Un proyecto puede definirse como un conjunto autónomo de inversiones, políticas y medidas institucionales y de otra índole diseñadas para lograr un objetivo (o conjunto de objetivos) de desarrollo en un periodo determinado, o solucionar un problema o solucionar una necesidad.

V.1 Fases de un proyecto.

Es útil pensar en el trabajo del proyecto partiendo del hecho de que este puede pasar por varias fases distintas, el conjunto de estas fases recibe el nombre de "ciclo de un proyecto". Las distintas fases tienen una vinculación recíproca y siguen una progresión lógica en la que las fases precedentes ayudan a proporcionar la base para la renovación del ciclo.

Para describir las diferentes etapas se considera que el problema o las necesidades han sido detectadas y su base de información ha sido preparada para tomar una decisión sobre la conveniencia de emprender el proyecto. Esta fase se denomina preevaluación. Sin embargo, el grado de preparación de la información y su confiabilidad dependen de la profundidad de los estudios técnicos, sociales, políticos, económicos, financieros y de impacto ambiental. La figura 6.1 presenta de manera sintética el ciclo de los proyectos.



VI.1.1 Fase de preevaluación.

La razón por la cual los proyectos deben pasar por esta etapa se debe a la conveniencia de conocer el proyecto y sus implicaciones antes de iniciar las obras o acciones que lo harán realidad. Es importante señalar que no todos los proyectos pasan las tres etapas de preevaluación: diagnóstico, planteamiento de acciones y prefactibilidad.

- **Diagnóstico.**

No se limita exclusivamente a una descripción del proyecto o situación que en este momento impera sino que pretende afinar y presentar la problemática de manera apropiada para poder tomar la decisión de continuar con su estudio. Un objetivo de esta etapa también es el de generar soluciones iniciales, datos y parámetros que permitan decidir acerca de la conveniencia de emprender o no estudios adicionales.

- **Planteamiento de acciones.**

Se realiza en gabinete y se busca información de bibliotecas, entidades públicas y privadas que traten proyectos similares. Esta información documental será el punto de partida para la revisión de acciones propuestas con anterioridad. Es importante señalar que en proyectos pequeños en donde no existe una gran variedad de alternativas o en donde no se amerita efectuar estudios adicionales se puede proceder directamente a la etapa de factibilidad y diseño.

- **Prefactibilidad.**

El evaluador considera las opciones del proyecto, por lo que se requiere contar con los recursos necesarios para efectuar los estudios y análisis de detalle que se requieren. Para la elaboración de un estudio de prefactibilidad se deberá contar con estudios detallados de demanda, oferta, y mercado. En esta etapa se realizan los estudios de sensibilidad de las variables más relevantes del proyecto.

VI. Fase de factibilidad y diseño.

- **Factibilidad.**

En este estudio se tratan de eliminar las dudas asociadas con la elaboración de un proyecto de inversión, definiéndose con un mayor detalle el proyecto y con ello reduciendo la incertidumbre.

- **Diseño e ingeniería final.**

El diseño definitivo del proyecto debe realizarse una vez decidida la ejecución del proyecto. Al detallar los costos de inversión es recomendable verificar nuevamente la variación en los parámetros de evaluación y reexaminar los datos de demanda.

VI.1.3 Fase de ejecución y operación del proyecto.

Durante la fase de ejecución se pone en marcha el proyecto y se adquieren los suministros y equipos que el proyecto requiere, terminando esta fase en el momento que el proyecto entra en funcionamiento.

Es necesario establecer las responsabilidades de cada uno de los organismos involucrados y definir esquemas de trabajo que aseguren la participación eficiente de cada uno de ellos.

Finalmente, la última etapa del proyecto es la puesta en marcha del mismo, en el cual ya se ha finalizado la inversión y debe empezar a obtener los beneficios y el servicio para lo cual fue diseñado.

VI.1.4 Fase de revisión del proyecto.

Esta fase tiene lugar cuando el proyecto ha abandonado la etapa de inversión y se encuentra operando, lo cual permite evaluar el proyecto. Es importante distinguir entre lo que es la revisión del proyecto y el seguimiento sobre el desempeño del proyecto. La finalidad de este último es ayudar a asegurar su ejecución eficaz, identificando y abordando problemas que surgen con la ejecución del proyecto. Por su parte, la revisión del proyecto pretende examinar el mismo desde una perspectiva más amplia, intentando determinar los motivos de su éxito o su fracaso. La revisión se centra en valorar el cumplimiento de objetivos, las normas y especificaciones aplicadas, las diferencias entre los costos originales y los resultantes.

VI.2 La evaluación de proyectos de transporte.

La evaluación de proyectos es la etapa del proceso de planeación que se lleva a cabo después del análisis de los proyectos alternativos, y sirve para sustentar la toma de decisiones. Es un proceso de análisis principalmente ligada a la asignación de recursos escasos a la producción de bienes y servicios para satisfacer las necesidades, de tal manera que el empleo de los recursos se realice de manera óptima.

Evaluar es un proceso de crear, analizar y organizar información para sustentar la toma de decisiones, que implica escoger una acción de entre un conjunto de alternativas. La evaluación no es la toma de decisiones, sino un proceso técnico que enlaza el análisis, la planeación y el diseño con la toma de decisiones.

La evaluación no debe separarse, intelectual o administrativamente, de la planeación, pues todas las etapas del proceso de planeación conducen a la preparación de la información necesaria para la toma de decisiones. Por eso, el enfoque seguido para la evaluación debe gobernar, en gran parte, la naturaleza y estructura del proceso de planeación, de los datos utilizados, de las herramientas aplicadas y de los factores considerados.

Toda evaluación de un proyecto se basa en una comparación de la situación sin proyecto con la que ocurriría si el proyecto se pusiese en operación, por lo que resulta fundamental identificar claramente la situación sin proyecto y la situación con proyecto. Ambas implican diversas relaciones entre la oferta y la demanda de las instalaciones. En la situación sin proyecto, la oferta está restringida por las instalaciones existentes, mientras que la demanda presenta características y tendencias de evolución que en alguna medida dependen de las posibilidades de la oferta.

En la situación con proyecto, la oferta se modifica en la medida propuesta por el propio proyecto, lo que desencadena cambios en la demanda con respecto a las condiciones previstas en el caso sin proyecto.

Con respecto a la información requerida para la evaluación, puede decirse que debe ser proporcionada en dos categorías. La primera representa las contribuciones que se espera que el proyecto aporte para alcanzar los objetivos de la política de desarrollo (beneficios), y la segunda, las cantidades de recursos escasos que se usarán en la ejecución del proyecto (costos). Como regla general, la primera categoría representa las ventajas del proyecto y la segunda los sacrificios que deben hacerse. Debe existir una correspondencia en la confrontación de estas ventajas con los objetivos generales, respecto a los recursos de capital con que se cuenta.

Una vez definido el conjunto de alternativas por analizar en detalle, es preciso cuantificar los costos de inversión asociados a cada uno de ellas, para lo que se requieren datos precisos respecto a la magnitud del proyecto, a su trazo, a sus características geométricas, especificaciones técnicas y constructivas. Con esta información como base, y conociendo los principales conceptos de inversión por tipo de obra, se obtiene una estimación de los costos que se emplea para compararlos con los beneficios derivados de la obra.

La cuantificación de los beneficios es decisiva para justificar la realización de un proyecto de transporte. Debido a la variedad de tecnologías dentro del ámbito del transporte, el cálculo de la magnitud de los beneficios difiere según se trate de un proyecto carretero, ferroviario, etc. Sin embargo, en general, se identifican tres clases de beneficios cuantificables:

- Ahorros por menores costos de operación de los vehículos.
- Ahorros por menores tiempos de recorrido de los usuarios.
- Introducción de nuevas zonas productivas a la economía.

Para los problemas de transporte solo pueden encontrarse soluciones buenas y no óptimas. Reconocer la dificultad de encontrar soluciones óptimas tiene repercusiones en el proceso de planeación. Por lo tanto, el planeador debe estar preparado para encontrar errores en el pronóstico y en los juicios, lo que lo obliga a aceptar una variedad de información. Esta información incluye las actitudes de los usuarios y sus opciones, las cuales pueden ser de utilidad para obtener soluciones aisladas, ya que la información es muy incompleta para identificar cursos de acción óptimos.

Aceptando el hecho de que el óptimo no puede ser alcanzado, los ingenieros y planeadores pueden concentrarse más en el desarrollo de planes de transporte suficientemente flexibles como para modificarse sobre la marcha, de tal forma que continúen produciendo o manteniendo un nivel aceptable de desarrollo de metas con relación a las necesidades diarias.

En el proceso de evaluación de un proyecto se pueden presentar diferentes grados de análisis en las cuales la diferencia principal radicará en el grado de detalle de la información requerida para su elaboración. Así se tienen tres diferentes niveles de análisis:

- Fase preliminar.

Donde se utilizan los datos e informaciones existentes partiendo de trabajos y proyectos ya realizados o en realización, complementándose con visitas activas al campo, de tal manera de poder ordenar y encuadrar el proyecto dentro del programa de inversión.

- Preevaluación.

Donde se necesitan estudios de demanda con base en volúmenes promedio diarios e ingeniería preliminar, con análisis más profundos que la fase anterior, que permitan tomar decisiones por la inversión o no en el anteproyecto.

- Evaluación de los proyectos, a nivel anteproyecto.

En la que se requiere información actualizada y con cierto detalle, la cual estará en función de la complejidad del problema. Se debe seleccionar la alternativa más económica y recomendable.

En la evaluación socioeconómica, se trabaja con datos promedios diarios, a no ser que los impactos del proyecto requieran diferencias en las diferentes horas del día. En este caso, los datos recabados deben ser compatibles en las mismas unidades según las necesidades y características particulares de cada proyecto.

En la evaluación de un proyecto se requiere hacer un planteamiento inicial del problema, establecer los escenarios probables en los que se desarrollará el proyecto, así como la cuantificación de la demanda y la red de transporte en la que se desenvolverá y finalmente se establecerán los criterios que permitan tomar una decisión sobre la alternativa más apropiada.

VI.2.1 Planteamiento del problema.

El paso inicial es la definición del problema y del área de estudio, dónde deberán analizarse los elementos relacionados con el Sistema de Transporte. En proyectos de pequeña magnitud se puede limitar al área cubierta por el proyecto mismo pero en proyectos de mayor tamaño se caracteriza por los efectos que presenta sobre una mayor área.

A la par de las actividades anteriores, es recomendable efectuar un análisis de las deficiencias y eficiencias que presenta el Sistema de Transporte, así como establecer la compatibilidad de los proyectos pretendidos con los diferentes planes de desarrollo y la solución o reducción de los problemas identificados en el ámbito local. Esto permite caracterizar los proyectos dentro del contexto urbano, en especial a lo que se refiere a:

- Soluciones que afectarán al Sistema de Transporte y al uso del suelo local.
- Efectos sobre la situación actual de distribución espacial de la población.
- Interrelación, en caso de existir, con otros proyectos cuyos impactos económicos y sociales serán relevantes para el Sistema de Transporte.

VI.2.2 Establecimiento de escenarios.

La identificación y elaboración de escenarios debe considerar tanto los parámetros con respecto al Sistema de Transporte, como los factores que directa o indirectamente están relacionados con el proyecto.

Los escenarios deberán presentar las soluciones "con el proyecto" (en sus diversas alternativas) y "sin el proyecto", en el año base y a lo largo de la vida útil de los proyectos, con datos que le permitan al analista evaluar si las propuestas son factibles y viables.

Los proyectos de mantenimiento se evalúan con el contexto de escenarios alternativos de costo, en los cuales estos se elaboran, para cada una de las alternativas, para las dos condiciones, "sin" y "con el proyecto".

VI.2.3 Estudios de demanda.

Deberán realizarse estudios de demanda para la vida útil de cada propuesta, definiéndose para cada caso, niveles de análisis compatibles con el horizonte de ejecución del proyecto, los costos involucrados y etapas de desarrollo de los estudios.

Los datos sobre las redes deben ser homogéneos en términos de unidades y de las diferentes necesidades tanto para el dimensionamiento de la oferta de transporte en función de valores de las horas de máxima demanda y medios diarios, como para el efecto de evaluación económica.

Las intervenciones, al estar enmarcadas dentro del planteamiento del proyecto, necesitan de mayor precisión en lo que respecta a las características de los flujos de vehículos y personas en las áreas de estudio, debiendo actualizarse los datos mediante investigaciones adicionales, en caso de necesidad, en especial cuando haya desfase entre la realización de los estudios y el inicio del proceso de evaluación. En estos casos se admiten, para la proyección de la demanda dentro de las evaluaciones económicas, la utilización de un índice de crecimiento anual de los volúmenes de tránsito de pasajeros igual al crecimiento anual de la población y en los análisis de sensibilidad correspondientes se requieren sustentar los parámetros de evaluación con una tasa de crecimiento nula.

VI.2.4 Redes analíticas de transporte.

Las redes de transporte deberán analizarse según las siguientes situaciones:

- Red analítica para año base, "sin el proyecto" o "sin el proyecto y racionalizada", caracterizada por no haber inversión pero con un tratamiento adecuado de racionalización de itinerarios, velocidades y frecuencias sobre la red actual, también conocida como "red sin inversión, pero saneada", o simplemente, "red saneada".

- Red analítica para cada alternativa propuesta, en la situación "con el proyecto", tanto para el año base como para otros periodos de vida útil de la propuesta, según procedimiento compatible con el de la situación "sin el proyecto", destacándose la necesidad de identificarse, por separado, las informaciones relativas al tráfico separado.

En la evaluación económica se trabaja con la demanda en el año base y sus proyecciones, por la vía de tasa única de crecimiento o mediante la cuantificación de la demanda en diferentes años intermedios del horizonte de proyecto, interpolándose los valores correspondientes a los años intermedios.

VI.2.5 Estudios de factibilidad.

Los estudios de factibilidad abordan sistemáticamente una serie de cuestiones cuyas respuestas permiten decidir si vale o no la pena implantar un proyecto. Las condiciones de factibilidad de un proyecto son:

- a) Factibilidad técnica.
- b) Factibilidad social.
- c) Factibilidad política.
- d) Factibilidad económica.
- e) Factibilidad financiera.
- f) Factibilidad ambiental.

a) Factibilidad técnica.

Desde el punto de vista técnico, un proyecto factible establece acciones y obras que, al llevarse a cabo, materializan la función y el objetivo para el que se concibió el proyecto. Para verificar la factibilidad técnica del proyecto es entonces necesario asegurar que los recursos humanos, materiales y de maquinaria disponibles para realizar el proyecto puedan combinarse siguiendo un plan o calendario de actividades que, aplicados en el contexto específico en el que opera el proyecto, dan como resultado el fin deseado. Comprende entonces la cuantificación de las inversiones, así como de los insumos y costos asociados a la operación y mantenimiento del proyecto.

b) Factibilidad social.

Un proyecto factible desde el punto de vista social es aquel que genera una respuesta favorable por parte de sus usuarios potenciales. Esta dimensión de la factibilidad de un proyecto, en ocasiones pasada por alto, implica que no basta que un proyecto sea factible en todas sus otras dimensiones para que sea aceptado socialmente, ya que puede ser rechazado por implicar cambios drásticos en la forma de vida de los usuarios, por motivaciones sociológicas, culturales o tradicionales.

La evaluación social es menos numérica y más cualitativa que la económica. Su participación primordial en el proceso de decisión, reside en el ordenamiento de los proyectos según su prioridad y conveniencia frente a los objetivos sociales, con parámetros cualitativos y datos estadísticos asociados a los objetivos.

Entre otros más específicos, los siguientes indicadores se consideran generales para todos los gastos: la economía energética; valores de tiempo de viaje de los pasajeros; porcentaje del costo geográficamente realizado en área de pobreza; porcentaje de los beneficios recibidos por la población; el real impacto del proyecto sobre las tarifas de los transportes; y, el número de pasajeros/día beneficiados.

Para evaluar proyectos eminentemente sociales, el criterio general es la medida del logro del objetivo entre el capital invertido.

$$\frac{\text{Medida del logro del objetivo}}{\text{capital invertido}} = \frac{\text{Población beneficiada}}{\text{capital}} = \frac{\text{Empleos}}{\text{capital}}$$

Otros criterios de evaluación social son:

$$\frac{\text{salarios del proyecto}}{\text{capital invertido}} \text{ o } \frac{\text{insumos y mano de obra regional}}{\text{capital invertido}}$$

c) Factibilidad política.

Para que un proyecto de inversión en transporte pueda ejecutarse, debe contar con una autorización política. Por ello, los estudios de factibilidad política se efectúan para verificar las actitudes de los grupos políticos afectados favorable o desfavorablemente por el proyecto y determinar si éste cuenta o no con el apoyo necesario. Como parte de estos estudios se realizan análisis institucionales de los grupos participantes, con el objeto de predecir cual será su reacción con respecto al proyecto.

d) Factibilidad económica.

La ejecución de todo proyecto obedece al propósito de generar beneficios pero también implica incurrir en costos. Un proyecto económicamente factible contempla acciones y obras que, al realizarse, conducen a beneficios congruentes con la finalidad del proyecto y que son de magnitud no menor a la de sus costos. En esta etapa se realiza la evaluación económica de los proyectos, la cual se describe con mayor detalle más adelante.

e) Factibilidad financiera.

Para que un proyecto pueda ser ejecutado y operado debe ser factible desde el punto de vista financiero. En el caso de los proyectos públicos, esto significa que es posible conseguir fondos monetarios para asegurar la puesta en operación y el funcionamiento posterior del proyecto. El problema de la recuperación del capital invertido, decisivo en el caso de los proyectos privados, no lo es tanto en el caso de los proyectos del sector público, ya que las inversiones realizadas se recuperan por medios indirectos que no repercuten en el flujo de efectivo asociado directamente con el proyecto. En este sentido conviene notar la diferencia entre la factibilidad económica y la factibilidad financiera: aunque ambas abordan aspectos monetarios, la primera se ocupa del rendimiento propio del proyecto, mientras que la segunda únicamente verifica la disponibilidad de los recursos para invertirlos en el proyecto, así como la posibilidad de recuperarlos durante un cierto horizonte económico.

Básicamente lo que se realiza es determinar y analizar los costos de inversión, los ingresos, los costos de operación y los gastos. Con base en el flujo de efectivo se obtiene la rentabilidad del proyecto y se precisan las alternativas de financiamiento.

f) Factibilidad ambiental.

Se establece el impacto al medio ambiente y las acciones para prevenir o mitigar cualquier efecto adverso. Más adelante se detallan las principales metodologías o principios para determinar los principales efectos nocivos que produce la construcción, operación y mantenimiento de los transportes al ambiente.

VI.3 Criterios económicos para evaluar proyectos.

El grado en que un proyecto cumple con sus objetivos planteados es definido como efectividad. A su vez cuando los proyectos se evalúan en términos del valor relativo de los resultados obtenidos por su implementación con respecto a los recursos de inversión requeridos se habla de eficiencia.

La medida de eficiencia es importante en cualquier situación en la que los recursos son limitados, porque es importante que el valor de los rendimientos de su inversión sean al menos iguales que el costo total de la inversión.

Ahora bien, si fuera posible medir y valorar todas las consecuencias en una escala común, entonces la mejor alternativa es aquella que proporcione el mayor rendimiento para una inversión dada. Como esto no es posible, es necesario separar la evaluación en dos enfoques: 1) análisis de eficiencias y 2) análisis de efectividad.

Las técnicas tradicionales de evaluación tales como el valor presente neto, relación beneficio costo, tasa interna de retorno, etc., están más interesadas en medir la eficiencia de las alternativas, es decir, en obtener buenos rendimientos monetarios de la inversión realizada. Este tipo de técnicas requiere que las unidades usadas para medir los costos y los beneficios sean los mismos, por lo general unidades monetarias. Por otro lado, la efectividad ataca el grado de cumplimiento de los objetivos por cada alternativa en estudio, es decir, la alternativa que cumpla mejor con los objetivos.

VI.3.1 Análisis beneficio-costos.

La evaluación de la eficiencia económica se hace según metodología del análisis beneficio-costos. El análisis beneficio-costos es una técnica práctica para tomar decisiones basada en la eficiencia económica. Su objetivo principal es comparar los beneficios económicos esperados con los costos de cada alternativa. La definición y determinación de los costos y beneficios, y el peso relativo de cada uno de ellos, depende en gran parte del punto de vista de los grupos afectados por el proyecto. En términos simples puede decirse, que los beneficios son todos aquellos efectos deseables de una inversión, donde "deseable" se refiere a los efectos positivos en la comunidad o Sistema de Transporte.

De un modo general, se evalúan los siguientes grupos:

- a) Costos de inversión "con el proyecto".
- b) Diferencias en los costos de operación y mantenimiento de la infraestructura, "sin y con el proyecto".
- c) Diferencias en los costos de operación de los vehículos, "sin y con el proyecto".
- d) Diferencias en los costos de tiempo de viaje de los usuarios de los proyectos, "sin y con el proyecto".
- e) Diferencias en los costos personales y materiales de accidentes, "sin y con el proyecto".
- f) Diferencias en los costos de los "no usuarios", "sin y con el proyecto".

Los beneficios se relacionan con la interpretación económica de la forma en que un cambio en el precio afecta la demanda de los consumidores, o en otros términos, en el valor que tiene para un consumidor un cambio en el precio de los servicios.

El valor real de cualquier beneficio es conocido como su utilidad, por lo que la función de utilidad describe el valor de los beneficios. La función de utilidad es no lineal. Por ejemplo, la utilidad que se experimenta por la obtención de un beneficio es mayor cuando se tiene la necesidad de éste, pero la utilidad por beneficios sucesivos del mismo tipo disminuye a medida que uno satisface su necesidad, e incluso puede llegar a ser negativa.

Si se considera que la utilidad de los beneficios es decreciente para cualquier persona, ésta estaría dispuesta a demandar una mayor cantidad de algún bien hasta que su utilidad sea igual a su costo. La utilidad de la persona va disminuyendo cuando la cantidad de demanda aumenta, y se tiene como resultado que su utilidad para cantidades de un bien menores que 0 es mayor que su precio.

La determinación de los costos generalmente es sencilla, y existen varias maneras de considerar y sumar costos. El enfoque elegido depende de los objetivos de la planeación, de la cantidad de datos requeridos para determinar los costos y de los requerimientos formales. Por ejemplo, en el análisis beneficio costo hace falta considerar costos de inversión, de reconstrucción, de proyectos de infraestructura, etc.

Los supuestos básicos del procedimiento son los siguientes:

- a) Se considera que los beneficios y costos pueden ser medidos en una sola dimensión, que es la monetaria.
- b) Se considera que solo hay un decisor; precisando, que todas las partes involucradas en la decisión están de acuerdo con un solo criterio de evaluación, que comúnmente es aquel que maximiza los beneficios.

Los indicadores más utilizados en el análisis beneficio-costos para evaluar y comparar alternativas de un proyecto o diferentes proyectos son los siguientes:

- Relación beneficio-costo.
- Valor presente neto.
- Tasa interna de retorno.

VI.3.1.1 Relación beneficio-costo.

Este indicador consiste en relacionar el valor presente de los beneficios totales con el valor presente de los costos totales del proyecto. Esto es:

$$\text{Relación beneficio-costo} = \frac{B}{C} = \frac{\text{Valor presente de los beneficios}}{\text{Valor presente de los costos}} = \frac{\sum_{t=0}^n B_t (1+i)^{-t}}{\sum_{t=0}^n C_t (1+i)^{-t}}$$

Donde:

B_t = Beneficio en el año t .

C_t = Costo en el año t .

n = Período de análisis.

i = tasa de actualización o costo de oportunidad del capital.

$(1+i)^{-t}$ = Factor de actualización.

Este indicador, que es el cociente de los beneficios totales actualizados y los costos totales actualizados, refleja los beneficios obtenidos por cada eso invertido en el proyecto. Si el índice beneficio-costo es mayor que la unidad entonces el proyecto es rentable.

Cuando este indicador se utiliza para diversos proyectos o alternativas, es preciso:

- Utilizar la misma tasa de descuento para toda las alternativas.
- Comparar todas las alternativas empleando el mismo período de análisis.
- Calcular la relación beneficio-costo para cada alternativa. Elegir todas las alternativas que tengan una relación beneficio-costo mayor que la unidad y rechazar el resto.

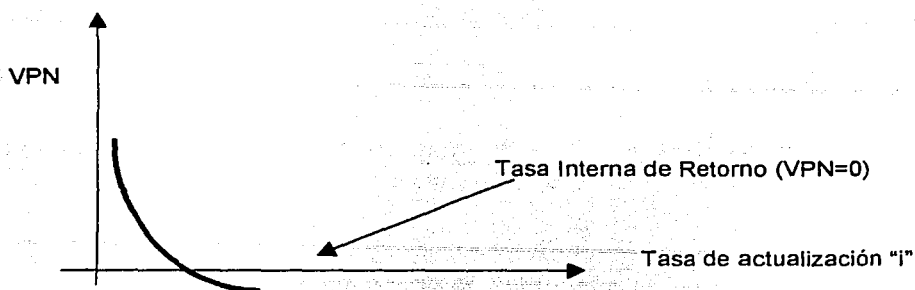
VI.3.1.2 Valor presente neto (VPN).

El valor presente neto de un proyecto se define como el conjunto de beneficios netos actualizados derivados de la inversión de un proyecto, y se calculan restando los costos de los beneficios para cada año del horizonte económico y actualizándolo al año de estudio. Se define también como el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

$$\text{VPN} = \sum_{t=0}^n (B_t - C_t)(1+i)^{-t} = \sum_{t=0}^n \left[\frac{\text{Flujo efectivo}}{(1+i)^t} \right] - \text{Valor original invertido}$$

El VPN es inversamente proporcional al valor de la tasa de actualización " i ", si se llegase a pedir un gran rendimiento a la inversión, el VPN puede volverse fácilmente negativo, y en este caso se rechazaría el proyecto. La figura 6.2 muestra la relación entre el VPN y la tasa de actualización.

Figura 6.2 Relación entre el VPN y la tasa de actualización "i".



El método del VPN consiste en comparar los flujos de efectivo del proyecto a precios constantes y descontados contra el valor original de la inversión. Si el VPN es positivo el proyecto se acepta.

Al comparar las alternativas se deben usar las siguientes recomendaciones:

- Calcular todos los VPN para la misma base temporal.
- Calcular todos los VPN con la misma tasa de actualización.
- Utilizar el mismo período de análisis como base para analizar todas las alternativas.
- Calcular el VPN de cada alternativa. Seleccionar las alternativas que tengan VPN positivo.

Si se tienen proyectos que son mutuamente excluyentes, entonces la regla consiste en elegir aquel que tenga el mayor VPN.

Cuando un proyecto tiene un valor presente neto muy alto, su contribución inicial es significativa, independientemente que su índice de rentabilidad o relación beneficio-costos sea bajo. En contraposición, un proyecto con alto índice de rentabilidad pero bajo VPN puede ser menos deseable en virtud de su menor aportación global.

Ventajas:

- Considera el valor del dinero en el tiempo.
- Supone la comparación de flujo positivo y negativo sobre una misma base de tiempo.
- Se interpreta fácilmente su resultado en términos monetarios.
- Si el $VPN > 0$ se acepta el proyecto, porque significa que los flujos de efectivo futuro son suficientes para cubrir el pago de la inversión de capital y dejar un margen de utilidad.

Desventajas:

- Se necesita conocer la tasa de actualización para proceder a evaluar los proyectos, por lo que cualquier error en la determinación puede cambiar la jerarquización de los proyectos.
- Supone una reinversión total de todas las ganancias anuales lo cual no sucede en la mayoría de los casos.

A continuación se presenta un ejemplo sencillo del cálculo del VPN.

Datos:

Inversión neta = -10000

Flujo neto de efectivo anual = 5000

Vida útil del proyecto = 5 años

Tasa de actualización esperada = 30%

Año	Flujo neto	Factor del 30%	Flujo descontado
0	-10000	$1.000=1/(1+.3)^0$	-10000
1	5000	$0.769=1/(1+.3)^1$	3845
2	5000	$0.592=1/(1+.3)^2$	2960
3	5000	$0.455=1/(1+.3)^3$	2275
4	5000	$0.350=1/(1+.3)^4$	1750
5	5000	$0.269=1/(1+.3)^5$	1345

VPN = Sumatoria de los flujos descontados = 2175. Por lo tanto se acepta la inversión en el proyecto.

VI.3.1.3 Tasa interna de retorno.

La tasa interna de retorno es la tasa de actualización a la cual el VPN es igual a cero, es decir, la tasa para que los beneficios actualizados son iguales a los costos actualizados. Es la tasa que iguala los flujos de ingresos y egresos de una inversión.

Si se tiene una tasa de retorno superior al costo utilizado para financiar los flujos del proyecto, entonces se tendrá una ganancia después de pagar por el capital, por el contrario, si se tiene una tasa de retorno menor al costo de capital sería más conveniente para la administración desistir del proyecto de inversión.

$$VPN = 0 = \sum_{t=0}^n B_t (1+r)^{-t} - \sum_{t=0}^n C_t (1+r)^{-t} = \sum_{t=0}^n \left[\frac{\text{Flujo efectivo}}{(1+TIR)^t} \right] - \text{valor original invertido}$$

Donde:

r = tasa interna de retorno.

Para seleccionar proyectos se siguen las reglas mencionadas a continuación:

- Compara todos los proyectos utilizando el mismo período de análisis.
- Calcular la tasa interna de retorno para cada proyecto y elegir los proyectos que tengan una tasa interna de retorno mayor que la tasa de actualización.

Si se tiene un conjunto de proyectos mutuamente excluyentes hay que escoger aquel que tenga la mayor tasa interna de retorno.

Ventajas:

- Nos señala exactamente la rentabilidad del proyecto.
- No es necesario determinar o estimar una tasa de actualización como en el VPN.
- En general conduce a los mismos resultados que el VPN, sin embargo la rentabilidad interna considera como tasa de reinversión su valor, a diferencia del VPN que lo hace a costo del capital.

Desventajas:

- En algunos proyectos no existe sólo una tasa interna, sino varias, tantas como cambios de signo tenga el flujo de efectivo en el proyecto.

A continuación se presenta un ejemplo sencillo del cálculo de la tasa interna de retorno.

Se tiene un proyecto con una inversión de \$200000 y flujos de ingresos de \$60000 durante 5 años. ¿Cuál es la TIR del proyecto?. Si se trata de un proyecto de transporte urbano con un costo de oportunidad del capital del 12%.

Empezando el tanteo con una tasa del 15%

$$200000 = \frac{60000}{(1+0.15)^1} + \frac{60000}{(1+0.15)^2} + \frac{60000}{(1+0.15)^3} + \frac{60000}{(1+0.15)^4} + \frac{60000}{(1+0.15)^5} = 52174 + 45369 + 39451 + 34305 + 29831 = 201130$$

Diferencia de 1130

Suponiendo una tasa del 16%

$$200000 = \frac{60000}{(1+0.16)^1} + \frac{60000}{(1+0.16)^2} + \frac{60000}{(1+0.16)^3} + \frac{60000}{(1+0.16)^4} + \frac{60000}{(1+0.16)^5} = 51724 + 44590 + 38440 + 33137 + 28567 = 196458$$

Diferencia de -3542

Siguiendo con las iteraciones se obtiene **TIR=15.24%**, como **TIR>12%** se acepta el proyecto.

En la actualidad las hojas de cálculo realizan la estimación de la TIR de manera directa, o también se puede programar fácilmente una calculadora científica.

De los métodos estudiados, la relación beneficio-costos es el más ampliamente utilizado en proyectos sociales. Proporciona una buena medida sobre la factibilidad de proyectos independientes. Sin embargo, cuando se trata de jerarquizar proyectos puede llevar a errores si no se emplea la regla de incrementos de costos y beneficios, es decir, los proyectos mutuamente excluyentes no pueden ser ordenados de acuerdo a su relación beneficio-costos, porque cada aumento del costo debe pasar la prueba del incremento de la relación beneficio-costos.

Entre las limitaciones del análisis beneficio-costos se encuentra que el planeador se enfrenta a la dificultad de medir la utilidad del dinero para los diferentes proyectos y compararla entre ellos. La elección de la tasa de actualización adecuada da origen a ciertas dificultades ya que esta tasa debe representar el grado de preferencia del consumo actual respecto al futuro, lo que no resulta fácil.

Por otra parte, el análisis beneficio-costos solamente se refiere a los beneficios y costos iniciales, pero toma en cuenta su distribución.

En forma de resumen y de manera general podemos decir que los proyectos son viables, desde el punto de vista económico, cuando se cumplen con los siguientes puntos:

- Cuando se tienen beneficios cuantificables (economía de costos operacionales de los vehículos, reducción de accidentes y efectos ambientales).
- Cuando se presenta una relación beneficio-costos superior a la unidad ($B/C > 1$).
- Cuando el VPN resulte positivo ($VPN > 0$).
- Cuando la tasa interna de retorno es superior al costo de oportunidad del capital.

VI.3.1.4 Análisis de beneficios.

Una vez que se ha identificado y medido un paquete de beneficios, éstos deben interpretarse para generar confianza en el análisis. El proceso de la medición de los beneficios siempre implica una serie de simplificaciones, omisiones y supuestos que deben de ser examinados para determinar los efectos en los resultados. Se recomienda por lo tanto realizar los siguientes análisis:

- Análisis de equilibrio.

Señala que tan adecuada es la alternativa seleccionada en comparación con la segunda mejor alternativa, con lo que se logra detectar si las diferencias entre la primera y la segunda son tan importantes como para no ubicarse dentro del rango de variaciones o diferencias esperadas de la información y procedimientos utilizados.

- Análisis de sensibilidad.

Su propósito es identificar los efectos de los parámetros y supuestos utilizados en los pronósticos y en la evaluación. Es el procedimiento técnico para la realización de pruebas de consistencia de datos de entrada en los modelos de evaluación, así como para la determinación de los diferentes niveles y áreas de riesgo de los proyectos. Es hecha partiendo del nuevo cálculo de los criterios económicos (VPN, TIR, B/C) para cada proyecto, después de que se hayan modificado los valores adoptados para cada uno de los parámetros más importantes, partiendo de los escenarios alternativos que representan variaciones posibles dentro de un proyecto.

No existen parámetros fijos para las alteraciones de los datos considerados en las diferentes evaluaciones. Por tradición se han determinado previamente tres criterios:

- a) Considerando tan solo los beneficios de reducción de costos operacionales de los vehículos.
- b) Considerando un crecimiento del 25% en los costos de inversión y una disminución del 25% en los beneficios.
- c) Suponiendo que los niveles de tránsito del año base se mantienen constantes durante toda la vida útil del proyecto, analizándose así la repercusión de la tasa cero de proyección de los viajes.

- **Análisis de contingencias.**

Se considera como contingencia aquel evento cuya ocurrencia es posible pero no probable. Puesto que existe un grado de incertidumbre en el futuro, es deseable examinar que tan bien se desempeña la mejor alternativa bajo condiciones de contingencia. Un análisis de este tipo generalmente incluye los siguientes aspectos:

- a) Identificación de las situaciones de contingencia.
- b) Desarrollo de escenarios que señalen la forma en que ocurrirán.
- c) Pronóstico del desempeño de la mejor alternativa bajo las condiciones de contingencia.

- **Análisis de impacto e incidencia.**

Es recomendable analizar el impacto (sobre quién) y la incidencia (en qué momento) de los costos y ganancias asociadas con las mejores alternativas. Los costos y beneficios para dos opciones pueden ser similares en agregación pero muy diferentes en sus efectos para aquellos que lo reciben o en el momento que éste ocurra.

VI.4 La evaluación ambiental de los proyectos de transporte.

El paso siguiente en la evaluación de proyectos, consiste en calcular el impacto estético y ambiental de cualquier proyecto de transporte, siendo evidente que en la actualidad se trata de un tema muy importante. A continuación se comentarán los efectos en el ambiente que pueden provocar los Sistemas de Transporte.

VI.4.1 Carreteras.

Se debe tener conciencia de las modificaciones resultantes de la construcción y operación de una carretera que afectan el equilibrio natural de la zona. Los proyectos de carreteras tienen efectos sobre el ambiente físico (hidrología, edafología y microclima), biológico (vegetación y fauna) y socioeconómico.

- a) **Impacto en la hidrología.**

La magnitud del impacto de los proyectos de carreteras sobre las aguas puede valorarse mediante la ecuación de balance hidrológico:

$$\text{Precipitación} = \text{Evaporación} + \text{Escurrimiento} + \text{Infiltración}$$

Con una carretera se tiene la pérdida de superficies filtrantes por la ocupación de las obras, que se traduce en una disminución del volumen infiltrado al acuífero. Así mismo los residuos de petróleo, metales pesados, polvo y otros productos químicos que pueden ser derramados o aplicados tienen un efecto adverso directo sobre la calidad del agua e indirecto sobre los usos de ésta. Por otra parte, los desmontes, cortes y rellenos modifican el nivel freático del agua.

Algunas medidas de mitigación del impacto en la calidad del agua que pueden proponerse, son: modificación del trazo de la carretera, desvío del agua de escurrimiento superficial, construcción de sistemas de retención del agua, separadores de grasas y aceites. Son indispensables las construcciones en la estructura de la carretera como alcantarillas, cunetas, etc., que permitan el paso del agua.

b) Impacto en la edafología.

El trazo de la carretera debe considerar la magnitud del posible impacto económico irreversible al utilizar suelos de gran calidad agrícola para los proyectos de carreteras.

Se estima que una franja de cien metros de ancho a lo largo del trazo de una carretera, tienen influencia los materiales contaminantes, lo cual está en función del tráfico, proporción de vehículos pesados, pendientes, velocidades medias y dirección del viento.

c) Impacto en el microclima.

En este concepto se incluye la calidad del aire. En trazos que atraviesan un bosque, el desmonte puede producir daños a la vegetación debido a las ráfagas de viento que se producen, o mediante una fuerte irradiación solar.

Igualmente debe considerarse el impacto en la calidad del aire que depende de las emisiones de gases y el aumento en el nivel de ruido como consecuencia del tráfico en la etapa de operación de la carretera, ya que muchos pueblos y ciudades pequeñas tienen como vía principal una carretera.

El objetivo de estudiar la calidad del aire y de controlar las emisiones de contaminantes atmosféricos emitidos por fuentes móviles es el de mantener un nivel de calidad para proteger la salud humana y el bienestar social.

Los distintos diseños y usos del transporte influyen en el tipo y la cantidad de contaminantes emitidos en el medio ambiente. Por ejemplo, a alta velocidad y en viajes continuos se emiten menos contaminantes que a velocidades bajas y con marchas forzadas.

La técnica más común para lograr reducciones de contaminantes por fuentes móviles es la instalación uniforme de tecnologías de control de emisión.

Existen ocho contaminantes emitidos por fuentes móviles que deben de ser considerados especialmente en los medios terrestres y aéreo.

❖ **Partículas suspendidas.**

El transporte produce partículas por combustión (especialmente motores diesel), por desgaste de neumáticos y frenos y por la suspensión de polvo en caminos. Estas partículas pueden causar enfermedades como bronquitis, enfisema y enfermedades cardiovasculares. Además la combinación de estas partículas con la humedad del ambiente produce oxidación en estructuras metálicas.

❖ **Oxidos de azufre.**

Son contaminantes de aire comunes, producidos por la combustión de productos derivados del petróleo. Los efectos de los óxidos de azufre en la salud humana son un aumento en enfermedades respiratorias. La concentración de estos óxidos en el aire varían en espacio y tiempo y su dispersión se puede calcular con el uso de modelos matemáticos.

❖ **Hidrocarburos.**

Incluye varios compuestos originados en la combustión de productos derivados de petróleo. La mitad de las emisiones globales de hidrocarburos son originadas por algún modo de transporte y por ello es muy importante cuidar su impacto en la calidad del aire.

El principal impacto en la calidad del aire es la creación de oxidantes y smog. Estos pueden producir daños a la salud humana produciendo tos, estornudos, dolor de cabeza, laringitis y bronquitis.

❖ **Oxidos de nitrógeno.**

Son producidos por la combustión a alta temperatura de combustibles, resultando de la reacción del nitrógeno con el oxígeno, lo que junto a hidrocarburos en el aire producen smog. Los efectos que producen son irritación de pulmones, causando bronquitis y neumonía.

❖ **Monóxido de carbono.**

Es producido por la combustión incompleta de productos derivados del petróleo, es el contaminante más común y de mayor distribución en el aire. En áreas cerradas, con mala circulación, puede causar la muerte por asfixia al desplazar al oxígeno en la sangre. Puede afectar el sistema nervioso y cardiovascular.

❖ **Oxidantes fotoquímicos.**

Son productos de reacciones atmosféricas, en presencia de luz solar, entre hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, de los cuales el producto más común es el ozono. Este contaminante afecta a la vegetación y materiales de goma y caucho. El ozono varía mucho en espacio y tiempo por su dependencia de otros contaminantes.

❖ **Plomo.**

Tiene efectos neurotóxicos, afectando a todo el sistema nervioso del hombre. Este contaminante puede producir problemas de aprendizaje, problemas en hígado y riñones, así como en el sistema reproductivo.

❖ Olores.

Las emisiones de los distintos modos de transporte producen un olor característico de "tránsito" afectando al medio ambiente. Los efectos que este olor puede producir son náuseas, pérdida de apetito y varios efectos subjetivos. En este caso la medición del impacto es meramente subjetiva.

d) Impacto en la flora y fauna.

Los efectos sobre la flora y fauna dependen notablemente del trazo de la carretera. Entre los efectos directos, se tienen los siguientes:

- Pérdida de las superficies por las construcciones, terraplenes, rellenos y excavaciones.
- Separación de zonas ecológicas homogéneas.
- Separación de zonas de fauna homogénea.

e) Impacto socioeconómico.

Los impactos adversos de una carretera sobre el medio socioeconómico son, en general, los siguientes:

- Cambio del uso del suelo.
- Alteración del paisaje.
- Alteración de la calidad de vida, en cuanto aspectos culturales, históricos, migración, etc.

VI.4.2 Ferrocarriles.

El caso de los ferrocarriles es muy similar al carretero, los residuos de petróleo, metales pesados, polvo y otros productos químicos que pueden ser derramados o aplicados tienen un efecto adverso directo sobre la calidad del agua. Por otra parte, los desmontes, cortes y rellenos modifican el nivel freático del agua.

En cuanto a la contaminación del aire, las locomotoras del ferrocarril, debido a la frecuencia de paso y al aporte de contaminantes por metro cuadrado se podría decir que son mínimas, además existen locomotoras eléctricas o de ciclos combinados que reducen todavía más las emisiones de gases a la atmósfera.

Se debe revisar el trazo de las vías para evitar que pasen cerca de centros urbanos ya que las vibraciones y el ruido del paso del ferrocarril pueden causar molestias a los habitantes.

En la tabla 6.1 se muestra un cuadro resumen de la relación de acciones impactantes y factores impactados en proyectos de vías de comunicación terrestre, es decir, carreteras y ferrocarril.

Tabla 6.1 Relación de acciones y factores para Sistemas de Transporte terrestre.

Acciones impactantes	Factores impactados
<p>Fase de construcción</p> <ul style="list-style-type: none"> - Movimiento de tierras. - Desvíos y canalizaciones de cauces de agua. - Bancos de materiales. - Caminos para el transporte de materiales. - Movimiento de maquinaria pesada. - Destrucción de vegetación. - Desmontes. - Vertidos. - Incremento de la mano de obra. - Expropiación de terrenos. - Acciones ligadas a la demografía. - Estructuras necesarias (túneles, puentes, etc.). - Campamentos. - Actividades inducidas (explotación de canteras, caminos y accesos provisionales, incremento del tráfico, etc.). 	<p>Medio natural</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aire (calidad, gases, partículas, microclima, vientos, contaminación por ruido). • Tierra (recursos minerales, materiales de construcción, destrucción de suelos, erosión, compactación, estabilidad de laderas, características físicas y químicas, permeabilidad). • Agua (calidades, recursos hídricos, recargas, contaminación de aguas superficiales y acuíferas, cambio en los flujos de los caudales, interrupción de flujos de aguas subterráneas). • Flora (diversidad, productividad, especies endémicas, especies amenazadas, estabilidad, destrucción directa). • Fauna (destrucción directa, destrucción del hábitat, diversidad, biomasa, estabilidad del ecosistema, cadenas alimenticias, riesgos de atropellamientos).
<p>Fase de funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Incremento de tráfico. - Asfaltado de superficies. - Maquinaria de mantenimiento. - Uso de sales y aditivos para la conservación. - Deslumbramientos. - Efecto barrera. - Acciones ligadas a la demografía. - Generación de nuevas zonas industriales y urbanizaciones. - Acciones que implican sobreexplotación de recursos. 	<p>Medio socioeconómico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso del suelo (remodelación general del sistema del uso del suelo). • Culturales (valores históricos, vestigios arqueológicos, cambio en las costumbres). • Infraestructuras (red y servicio de transporte y comunicaciones, red de abastecimiento de servicios públicos, equipamiento comercial e industrial, accesibilidad a terminales, tratamiento de aguas). • Humanos (calidad de vida, molestias, salud, seguridad, bienestar y estilo de vida). • Población y economía (empleos, estructuras de población activas, densidad, movimiento migratorio, beneficios económicos, inversiones, cambios en el valor del suelo, incremento del comercio).

VI.4.3 Aeropuertos.

Los proyectos de aeropuertos tienen impactos potenciales en cuatro grandes áreas: ruido, calidad del aire, calidad del agua e impactos socioeconómicos.

a) Ruido.

El impacto por ruido debe ser examinado cuando el proyecto involucra la localización del aeropuerto, localización de la pista y su extensión. El nivel de detalle necesario para la evaluación del impacto por ruido varía dependiendo de la situación. Sin embargo, deben considerarse las necesidades y deseos de la comunidad a que sirve o servirá el aeropuerto. Un propósito muy importante de la evaluación del impacto por ruido será el proporcionar la información para asegurar que sea llevada a cabo la apropiada acción restrictiva, incluyendo la adopción de reglamentos locales. En una extensión razonable, esta acción debe restringir el uso del suelo en la vecindad inmediata de las actividades del aeropuerto.

El nivel de sonido (ruido) es un indicador importante de la calidad del medio ambiente. Distintos tipos de ruido pueden causar problemas de salud humana (mental y física) y en cambios estéticos del área.

Las variables más importantes del ruido que se deben considerar y evaluar son: 1) amplitud, 2) intensidad, 3) duración y 4) frecuencia del ruido. Al aumentar la intensidad y/o disminuir la duración del ruido, los efectos nocivos en el cuerpo humano aumentan proporcionalmente. El ruido en el medio ambiente se refleja en varios efectos, de los cuales podemos destacar los siguientes:

❖ Efectos fisiológicos.

- Alteración del funcionamiento de los sistemas internos del cuerpo humano. Los efectos del ruido generalmente son temporales, mientras el cuerpo humano los asimila.
- Alteración del proceso del sueño. El ruido puede afectar la profundidad, duración y el valor de recuperación mental del dormir. Esta alteración se asocia a cambios de carácter, cansancio, etc.

❖ Efectos psicológicos.

- El ruido puede afectar la estabilidad mental y la respuesta psicológica de una persona (mal humor, ansiedad, miedo, etc.).
- Una actividad que produce ruido, en este caso particular los aviones, debe ser localizado espacialmente de manera tal que el impacto en la comunidad sea mínimo. Se ha probado que además de disminuir el ruido las barreras naturales (árboles, vegetación, arroyos) mitigan la influencia de la contaminación del aire.

b) Calidad del aire.

Parece ser, hasta ahora, que la contaminación atmosférica procedente de los aviones en zonas alejadas de los aeropuertos es de carácter casi imperceptible, dadas las características de las emisiones de los aviones que vuelan a alturas de crucero y al proceso de dispersión en los grandes espacios. Sin embargo, en los aeropuertos y sus cercanías, este asunto reviste condiciones que merecen especial atención.

Las condiciones climatológicas del aeropuerto determinan el grado de contaminación en las proximidades. Cuando existen condiciones turbulentas en las capas inferiores de la atmósfera no es probable que las emisiones afecten perceptiblemente a la población. En cambio, cuando prevalecen condiciones atmosféricas estables durante largos periodos, las acumulaciones de agentes contaminantes pueden en ocasiones afectar al bienestar de los vecinos.

La introducción de motores de reacción ha dado paso hacia la reducción de emisiones contaminantes. Los aviones que cuentan con este tipo de motores, la mayor parte de los comerciales en la actualidad, contribuyen muy poco a la contaminación del aire.

Algunas medidas de mitigación que se recomiendan para mitigar la contaminación del aire son:

- Reducir las emisiones cuando los aviones van a marcha lenta, mejorando el rendimiento de la combustión, cosa que podría lograrse haciendo que los inyectores de combustible descarguen parcialmente durante la marcha lenta.
- Reducción de las esperas en los aeropuertos, solución que depende de la capacidad del aeropuerto y el control del tráfico aéreo.

c) Calidad del agua.

Los impactos en la calidad del agua son causados por el escurrimiento superficial de las extensas áreas pavimentadas debido a las nuevas pistas, plataformas, edificio terminal, etc. Adicionalmente los aeropuertos generan requerimientos de agua potable y de descarga de aguas residuales.

Las medidas de mitigación del impacto en la calidad del agua necesarias durante la etapa de construcción, incluyen la construcción de estructuras de retención, trampas de sedimentos, canales y taludes, barreras y recubrimientos.

La evaluación del impacto en la calidad del agua en la etapa de operación de las instalaciones aeroportuarias, debe incluir la erosión del suelo, disminución de la infiltración, derrames de aceites, combustibles y cantidades de aguas residuales generadas.

d) Impactos socioeconómicos.

El aeropuerto es un vecino molesto, por ello los nuevos aeropuertos se construyen a una distancia razonable de los centros urbanos, además que su presencia desestabiliza la propiedad reduciendo el valor de las propiedades. Por ello es necesario estimar el número y características de las familias a ser desplazadas, se deben también identificar los efectos que provocará la construcción y operación del aeropuerto sobre el tráfico vehicular. Además se tienen algunos impactos sobre los patrones de migración y crecimiento de la población, demanda de servicios públicos y cambios en la actividad económica.

En los proyectos más recientes de nuevos aeropuertos se han efectuado estudios de impacto ambiental y se han propuesto las medidas de mitigación correspondientes; se localizan y orientan en función de los niveles de ruido y su dispersión; se aprovechan caminos y bancos de materiales ya existentes para conservar las condiciones naturales; se prevén reservas territoriales, tanto para

ya existentes para conservar las condiciones naturales; se prevén reservas territoriales, tanto para crecimiento del mismo aeropuerto, como para mantener la separación adecuada hacia ciertas zonas.

En la tabla 6.2 se muestra un cuadro resumen de la relación de acciones impactantes y factores impactados en el proyecto de un aeropuerto.

Tabla 6.2 Relación de acciones y factores para el proyecto de un aeropuerto.

Acciones impactantes	Factores impactados
<p>Fase de construcción</p> <ul style="list-style-type: none"> - Movimiento de tierras (desmontes, terraplenes, nivelaciones, etc.). - Superficies ocupadas (edificaciones, terreno natural, pavimentaciones, etc.). - Pistas, plataformas, calles de rodaje. - Sistemas de drenaje y conducción de aguas pluviales y residuales. - Tendidos eléctricos. - Sistemas de barrera y vallado. - Vías de acceso. - Transporte de materiales. - Maquinaria pesada. - Transporte de materiales. - Zona de almacenamiento de materiales combustibles. - Acciones derivadas (empleo, expropiación, emisión de partículas). - Sistemas eléctricos. 	<p>Medio natural</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atmósfera (calidad del aire, microclima, vientos, contaminación sonora, visibilidad). • Tierra y suelo (recursos minerales, erosión, geomorfología y topografía, permeabilidad, suelo, inundaciones, productividad). • Agua (balance hídrico, recarga de acuíferos, aguas subterráneas, efecto barrera). • Flora (cubierta vegetal, diversidad, especies en peligro, estabilidad). • Fauna (efecto barrera, diversidad, especies endémicas o en peligro, estabilidad, cadenas alimenticias, rutas migratorias).
<p>Fase de funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trayectoria de las aeronaves. - Posición y localización final de las aeronaves. - Tráfico de aeronaves. - Tráfico generado a través de las vías de acceso. - Circulación interna en tierra de vehículos y aeronaves. - Acciones productoras de vibraciones y ruidos. - Residuos de productos y aguas residuales. - Acciones que implican deterioro del paisaje. - Acciones socioeconómicas del propio funcionamiento (empleo, mantenimiento de instalaciones y aeronaves, riesgos de accidentes e incendios, etc.). 	<p>Medio socioeconómico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso del suelo (cambio del uso del suelo, modificaciones de los planes regionales de crecimiento o desarrollo). • Culturales (valores históricos, vestigios arqueológicos, formación profesional especializada, cambio en las costumbres de la región). • Infraestructuras (red y servicio de transporte y comunicaciones, red de servicios públicos, plantas de bombeo y tratamiento de aguas, plantas generadoras de electricidad). • Humanos (equipamientos sociales, calidad de vida, molestias, salud, seguridad, bienestar y estilo de vida). • Economía y población (producción, densidad, población activa, empleos, movimientos migratorios, inversión, cambios en el valor del suelo, comercio).
<p>Fase de abandono</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elementos y estructuras abandonadas. - Reconversión de instalaciones. - Restablecimiento natural de la zona. 	

VI.4.4 Puertos.

Es evidente que las obras para la navegación marítima y fluvial influyen en la calidad del agua. En la etapa de construcción de una obra fluvial destinada a la navegación, como muelles, muros de contención y en general, obras para acondicionamiento a la navegación, las perturbaciones del régimen de los ríos y la remoción de material de las márgenes y el fondo de los cauces, produce el desprendimiento de partículas que pasan a formar parte de la corriente en forma de sólidos suspendidos o disueltos en el agua. Lo anterior propicia el aumento de la turbiedad y cambio en el potencial de hidrógeno (pH), además de variaciones en el olor.

Con respecto a la construcción de obras marítimas para la navegación, como puertos, muelles, diques, etc., también existen perturbaciones en el régimen marítimo, aunque en menor escala. Los componentes de materiales de construcción y desechos de la misma, como impermeabilizantes, pueden alterar temporalmente la calidad del agua. Fallas en el diseño o construcción de alguna de las obras portuarias podrían propiciar erosión en las costas y por ende aumento en la turbiedad.

La construcción y operación de los puertos marítimos incide de manera directa en las zonas litorales. Su localización afecta en forma variable a los componentes del ecosistema acuático, ya que pueden ser establecidos en zonas con alto aprovechamiento pesquero o cercanos a arrecifes. Por estas razones, las descargas continuas de aguas residuales y emisiones atmosféricas que se generan, pueden ocasionar la degradación de los usos del suelo en las zonas aledañas.

La ubicación de las descargas de aguas residuales en puntos específicos que no representen un alto valor ecológico, social o económico, protegerá a estas zonas de perturbaciones mayores. El diseño de emisores submarinos para esta finalidad, ha resultado una opción viable en la previsión de impactos.

La instrumentación de programas de emergencia para atender a posibles contingencias causadas por el derrame de sustancias contaminantes, debe ser prevista en aquellos puertos con alta actividad industrial.

En cuanto a la operación portuaria se deben cuidar diversos aspectos que pueden dañar el equilibrio ecológico del puerto. La operación de carga y descarga de granos, polvos y otros productos a granel se deben realizar con la ayuda de dispositivos electromecánicos que garanticen un adecuado transporte de estos materiales, tratando de sustituir en lo posible la operación de las llamadas "almejas" en las cuales se tiene gran cantidad de polvo y granos vertidos a las aguas así como merma en la transportación de los productos.

En la tabla 6.3 se muestra un cuadro resumen de la relación de acciones impactantes y factores impactados en el proyecto de un puerto.

Tabla 6.3 Relación de acciones y factores para el proyecto de un puerto.

Acciones impactantes	Factores impactados
<p>Fase de construcción</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ampliación superficie ganada al mar. - Relleno. - Dragado. - Diques. - Espigones. - Muelles. - Edificaciones. - Caminos. - Producción de ruido. - Emisión de polvo. - Maquinaria pesada. - Explotación de canteras. 	<p>Medio natural</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atmósfera (clima, contaminación por ruido, olores, etc.). • Suelo (pérdida de suelo litoral, erosión, sedimentación, modificación de la escorrentía). • Medio marino (dinámica litoral, salinidad, temperatura, batimetría, corrientes, turbidez, materia orgánica, sólidos en suspensión, eutroficación, bacterias, contaminación de hidrocarburos, DBO). • Flora (estabilidad, biomasa, vegetación litoral, alteraciones hábitat). • Fauna (estabilidad, contaminación especies, diversidad, cadenas alimenticias, zooplanctón, recursos pesqueros, alteración hábitat).
<p>Fase de funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Navegación. - Instalaciones portuarias. - Actividades comerciales. - Actividades industriales. - Actividades educativas. - Tráfico terrestre. - Abastecimiento de agua potable. - Tratamiento de aguas. - Vertidos al mar. - Accidentes propios del funcionamiento. - Acciones inducidas (aparición de urbanizaciones, incremento del valor del suelo, incremento del comercio regional). 	<p>Medio socioeconómico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso del suelo (zonas verdes, ocio y turismo, actividades sociales, servicios varios). • Culturales (estilo arquitectónico, valores históricos, vestigios arqueológicos, costumbres). • Infraestructura (urbanización, redes de servicios públicos, comunicaciones). • Humanos (calidad y estilo de vida, salud, seguridad). • Economía y población (empleos, bienestar, relaciones sociales, valor del suelo, economía en todos niveles, población, movimientos migratorios, densidad).

CAPITULO VII

PRESENTACION AUDIOVISUAL

VII. PRESENTACIÓN AUDIOVISUAL.

Como última parte del presente trabajo se incluye una presentación audiovisual (con diapositivas) que se desarrolla en un software comercialmente disponible llamado PowerPoint'97, que pertenece a la paquetería de Office'97 de Microsoft, por lo que éste únicamente puede ser ejecutado en una computadora personal (PC) que tenga instalado este software o versiones más actualizadas del mismo.

La utilización de PowerPoint se debe a que la compañía creadora de este software emplea una tecnología de fácil manejo y comprensión para las personas con básicos conocimientos de computadoras. Es decir, es un software muy amigable al usuario, además de ser un programa de amplia popularidad en el mercado de la computación.

Los programas de presentaciones, como PowerPoint de Microsoft, se utilizan para crear una serie de diapositivas, presentaciones visuales, transparencias o impresos.

El objeto de haber elaborado este trabajo de presentación audiovisual con diapositivas es presentar a manera de resumen los puntos más importantes que deben tomarse en cuenta para explicar la importancia que tiene el estudio de los Sistemas de Transporte en el contexto actual del país y del mundo.

Para el mejor uso de la presentación del trabajo es recomendable utilizar una computadora con más de 32MB en RAM y un procesador Pentium, compatible o superior a las dos características antes mencionadas.

Dicha presentación se incluye en un CD el cual contiene:

- El icono de PowerPoint del capítulo VII que corresponde a la presentación audiovisual. Algunas diapositivas contienen hipervínculos, para abrir estos sólo hay que dar clic con el "ratón" en el hipervínculo en la presentación con diapositivas.
- Una carpeta llamada "Galería", que contiene diversos archivos gráficos e imágenes digitalizadas que pueden servir como galería para la elaboración de material de consulta o didáctico.
- Otra carpeta titulada "Tesis" donde se pueden examinar los archivos que componen el presente trabajo escrito "Características Generales sobre la Demanda, Planeación, Redes y Proyectos de los Sistemas de Transporte", Tesis Profesional 2002. Dichos archivos están elaborados en el software comercial Word'97 de Microsoft.
- Y por último la carpeta "Tablas" contiene diversas tablas y cuadros resúmenes con datos estadísticos. Estos archivos fueron elaborados en el software comercial Excel'97 de Microsoft.

VIII. COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES.

Comentarios.

- El transporte desempeña un papel vital en la sociedad. Dada su importancia, su complejidad, su extensión, su tamaño, y además que se relaciona prácticamente con todos los sectores de la economía de una nación, es útil estudiar el transporte.
- Las actividades económicas de una nación guardan una estrecha relación con la eficiencia de su Sistema de Transporte. Lo que significa que a través de la planeación y ejecución de un Plan de Desarrollo Sectorial se puede lograr un crecimiento real en general de nuestro país.
- Los factores que intervienen en la evolución de los transportes son principalmente aspectos económicos, geográficos, políticos, militares y tecnológicos.
- Algunas características generales que presentan los problemas de transporte son: diferentes tipos de vehículos en la misma vialidad, incremento del número de vehículos pero no de la infraestructura existente, infraestructura y diseños obsoletos, falta de planeación del transporte, falta de asimilación por parte de los usuarios y de las autoridades.
- Se puede afirmar que no existe un modo de transporte ideal, todos tienen virtudes y defectos, por lo que se debe realizar una adecuada planeación de cómo deben interactuar los diferentes modos que conforman el Sistema de Transporte para ofrecer un servicio eficiente y de calidad a los usuarios.
- A través de las técnicas o métodos de recolección de datos podemos formar una base de datos que nos permita conocer la situación actual del transporte y con base en ello proponer las medidas necesarias a fin de mejorar dicha situación. Las principales fuentes de información son: encuestas domiciliarias, encuestas origen - destino, estudios de tiempo de recorrido y otros.
- En cuanto a la administración de la demanda de viajes en la Zona Metropolitana del Valle de México, un elemento básico para mejorar la situación actual, es el desarrollo de los servicios de transporte público; en este sentido deben aprovecharse al máximo la infraestructura disponible en la ciudad para lograr un Sistema de Transporte más eficiente. Particularmente mejorando las condiciones de los paraderos del metro, las características de las rutas y el equipo de transporte deben adecuarse para incrementar la capacidad y eficiencia de los servicios.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Otras medidas que se proponen para mejorar la demanda de viajes en la ZMVM son: la modificación de los usos de la vialidad en los corredores urbanos, así como medidas prohibitivas para el uso de vehículos en determinadas zonas. Estas medidas deberán de ir acompañadas de un apoyo al uso del transporte colectivo escolar y de personal, tratando de ofrecer a cambio disminución de algún impuesto.
- La planificación del transporte ha sido una deficiencia constante en las ciudades del mundo en los últimos años, un enorme problema que regularmente se deja en el olvido o se trata de resolver de manera inmediata con una serie de experimentaciones y pruebas, pero si una planeación adecuada que la respalde.
- El congestionamiento vehicular, la contaminación ambiental, el desequilibrio entre la oferta y la demanda de transporte en tiempos y espacios, demoras en los traslados; son el resultado de la falta de aplicar, modelar y planear un Sistema de Transporte capaz de satisfacer, pero también de poder adaptarse a los problemas.
- Por sus actividades los ingenieros se ven involucrados en una gran diversidad de acciones y problemas, para lo que se requiere gran cantidad de conocimientos. Los ingenieros civiles participan en diversas obras y proyectos que pueden afectar a todo el sistema económico de país, por ello se requiere de un procedimiento que permita contemplar todos los efectos de modo que se puedan tomar decisiones más racionales y encaminadas a resolver de una manera sistemática los problemas que se presentan.
- Las técnicas o modelos de transporte se encuentran muy lejos de ser ideales o exactas, desde el momento que se pretende usar relaciones matemáticas para describir fenómenos que dependen de la conducta heterogénea del hombre. Sin embargo estos modelos ofrecen una representación aproximada de la realidad, de manera que permiten visualizar las características del problema.
- Las aplicaciones de las computadoras forman una parte integral en el proceso de planeación del transporte. Sin el auxilio de la computadora el análisis de grandes cantidades de datos se convertiría en una tarea laboriosa y requeriría de una gran cantidad de tiempo que, en algunos casos, podría impedir su realización en plazos razonables. Actualmente se tiene un número considerable de paquetería que auxilian al planificador en diferentes áreas como simulación, bases de datos, manejo de matrices, evaluaciones, integración de modelos con sistemas de información geográfica, etc.
- Como nunca antes, en nuestros tiempos el comercio es la clave para el crecimiento de una nación. A su vez el comercio se fundamenta en el transporte de mercancías e información, esto significa que mediante un plan global de desarrollo de la infraestructura de transporte se podrá alcanzar un desarrollo sustentable para todos los habitantes, de ahí que se proponga el desarrollo de una red de plataformas logísticas en México.

- Nuestro país, en las últimas décadas, ha sufrido innumerables crisis económicas, las cuales golpean siempre a sectores como el de la construcción y el de comunicaciones y transportes, ya que se da prioridad de recursos a intereses sociales, políticos y de salud. Con esta problemática de falta de recursos se ha hecho indispensable contar con una evaluación económico – social que determine la prioridad de los proyectos existentes, sin dejar de lado la evaluación ambiental de estos proyectos.
- El estudio de los Sistemas de Transporte es un tema escasamente tratado en nuestro medio. La mayor parte de la información proviene de autores extranjeros, por lo cual no se encuentra disponible en español. Por otro lado, con excepción de éstas fuentes, casi no se visualiza al transporte como un sistema ni se considera que las decisiones que lo afectan deben ser resultado de un proceso de planeación. La mayoría de esta información se refiere a estudios de transporte urbano sin tomar en cuenta los demás subsistemas de transporte. Con este comentario no se quiere decir que el transporte urbano no sea un subsistema importante, sino que, es parte de un sistema mayor y mucho más complejo, que es necesario estudiar para comprender la problemática del transporte urbano.
- El propósito de este trabajo ha sido el de suplir, en parte, la falta de un texto que ayude a los estudiantes de la materia de Sistemas de Transporte que se imparte en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, a visualizar al transporte desde un enfoque de sistemas.
- A pesar de que el tema del estudio de los Sistemas de Transporte esta escasamente tratado y de que inclusive sólo se imparte una materia obligatoria, se trata de un tema extraordinariamente complejo y amplio, que sólo a medida que se profundiza en él se asimila su magnitud y complejidad, cada uno de los capítulos que se estudiaron en éste trabajo tiene un trasfondo amplísimo. Pienso que una materia no es suficiente para cubrirlo en su totalidad, ni este trabajo pretende hacerlo, pero si pretende dejar abierta la posibilidad de que se profundice en cada uno de los temas tratados.

Recomendaciones.

- Se debe seguir trabajando en la construcción y mantenimiento de la infraestructura del país, pues como se ha venido mencionando que el grado de desarrollo de un país va de la mano de la eficiencia de su Sistema de Transporte.
- En cuanto al uso de paquetería de cómputo se sugiere dar una capacitación adecuada y no sólo otorgar el software y dejar que los funcionarios de secretarías de transporte estatales o municipales aprendan a usarlos mediante experimentación o mediante prueba y error.

- De forma personal creo se debería hacer lo posible por modificar el Plan de Estudios actual para dar más importancia a las asignaturas de aplicación ya sea aumentando a seis las asignaturas cursadas en los primeros cuatro semestres o cambiando algunas asignaturas ya existentes. Así se podría tratar no sólo este tema de los Sistemas de Transporte de una manera más amplia, sino temas de otras ramas de la ingeniería que no pueden desarrollarse adecuadamente por falta de tiempo en un semestre y que tienen incidencia sobre la percepción y solución de problemáticas de transporte.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA.

Capítulo I.

1. William W. Hay. Ingeniería de Transporte. Editorial Limusa, México 1983.
2. Rafael Cal y Mayor – James Cárdenas G. Ingeniería de Tránsito. Alfaomega, México 1994.
3. Ángel Molinero Molinero – Ignacio Sánchez Arellano. Transporte Público. Fundación ICA, México 1998.
4. Banco Interamericano de Desarrollo. Proyectos de Transporte. Editorial Limusa, México 1982.
5. Héctor Manuel Enríquez Andrade. El Proceso de Planeación de los Sistemas de Transporte. Tesis Profesional. F.I. UNAM. 1987.
6. Francisco Gerardo Alvarado Arias. "La Integración de los Modos de Transporte de Carga como Elemento para el Desarrollo de México". Tesis Profesional. F. I. UNAM. 2000.

Capítulo II.

1. William W. Hay. Ingeniería de Transporte. Editorial Limusa, México 1983.
2. Rafael Cal y Mayor – James Cárdenas G. Ingeniería de Tránsito. Alfaomega, México 1994.
3. Ángel Molinero – Ignacio Sánchez Arellano. Transporte Público. Fundación ICA, México 1998.
4. Crespo. Vías de Comunicación. CECOSA. México 1996.
5. Francisco Gerardo Alvarado Arias. "La Integración de los Modos de Transporte de Carga como Elemento para el Desarrollo de México". Tesis Profesional. F. I. UNAM. 2000
6. Jorge E. Alvarez – Alvaro Negrete. "Puerto: Su Infraestructura, Operación y Desarrollo". Tesis Profesional. F. I. UNAM 1997.

Capítulo III.

1. William W. Hay. Ingeniería de Transporte. Editorial Limusa, México 1983.
2. Ángel Molinero – Ignacio Sánchez Arellano. Transporte Público. Fundación ICA, México 1998.
3. Juan de Dios Ortúzar S. Modelos de Demanda de Transporte. Editorial Alfaomega. México 2000.
4. Héctor Manuel Enríquez Andrade. El Proceso de Planeación de los Sistemas de Transporte. Tesis Profesional. F.I. UNAM. 1987.
5. COMETRAVI. Estudio Integral de Transporte y Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México. Tomo II. "Definición de Políticas para la Administración de la Demanda de Viajes". México 1999.

Capítulo IV.

1. Ángel Molinero – Ignacio Sánchez Arellano. Transporte Público. Fundación ICA, México 1998.
2. Héctor Manuel Enríquez Andrade. El Proceso de Planeación de los Sistemas de Transporte. Tesis Profesional. F.I. UNAM. 1987.
3. SEDESOL. Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas. Tomo II. "Conceptos y Lineamientos para la Planeación del Transporte Urbano". México, 1999.
4. Miriam Evelia Téllez Ballesteros. Paquetería de Cómputo Aplicada a la Operación del Transporte Urbano. DEPMI. UNAM. México 2001.

Capítulo V.

1. Ángel Molinero – Ignacio Sánchez Arellano. Transporte Público. Fundación ICA, México 1998.
2. Héctor Manuel Enríquez Andrade. El Proceso de Planeación de los Sistemas de Transporte. Tesis Profesional. F.I. UNAM. 1987.
3. SEDESOL. Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas. Tomo II. "Conceptos y Lineamientos para la Planeación del Transporte Urbano". México, 1999.
4. Francisco Gerardo Alvarado Arias. "La Integración de los Modos de Transporte de Carga como Elemento para el Desarrollo de México". Tesis Profesional. F. I. UNAM. 2000

Capítulo VI.

1. Ángel Molinero – Ignacio Sánchez Arellano. Transporte Público. Fundación ICA, México 1998.
2. Héctor Manuel Enríquez Andrade. El Proceso de Planeación de los Sistemas de Transporte. Tesis Profesional. F.I. UNAM. 1987.
3. Enrique Manuel Pérez Andrade. Ejercicio Académico de Análisis Financiero para Proyectos de Inversión en Infraestructura. Tesis Profesional. F.I. UNAM. 1998.
4. SEDESOL. Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas. Tomo II. "Conceptos y Lineamientos para la Planeación del Transporte Urbano". México, 1999.
5. Enrique César Valdez – Alba B. Vázquez González. Impacto Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 1994.

Páginas web accedidas:

<http://www.infoport.com.mx>

México: Puertos y Transporte

<http://www.sct.gob.mx>

Secretaría de Comunicaciones y Transportes

<http://www.imt.mx>

Instituto Mexicano del Transporte

<http://www.presidencia.gob.mx>

Presidencia de la República (Informes de Gobierno)

<http://www.gtfm.com.mx>

Transportación Ferroviaria Mexicana

<http://www.ferromex.com.mx>

Ferrocarril Mexicano

<http://www.disyp.bizland.com>

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Planeación.

Facultad de Ingeniería, UNAM.

<http://www.asa.gob.mx>

Aeropuertos y Servicios Auxiliares

Páginas web accedidas:

<http://www.infoport.com.mx>

México: Puertos y Transporte

<http://www.sct.gob.mx>

Secretaría de Comunicaciones y Transportes

<http://www.imt.mx>

Instituto Mexicano del Transporte

<http://www.presidencia.gob.mx>

Presidencia de la República (Informes de Gobierno)

<http://www.gtfm.com.mx>

Transportación Ferroviaria Mexicana

<http://www.ferromex.com.mx>

Ferrocarril Mexicano

<http://www.disyp.bizland.com>

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Planeación.
Facultad de Ingeniería, UNAM.

<http://www.usa.gob.mx>

Aeropuertos y Servicios Auxiliares