



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

FACTIBILIDAD DEL USO DE TECNOLOGÍAS DE  
SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE, EN LA RED  
DE TRANSPORTE URBANO DEL DISTRITO FEDERAL

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

P R E S E N T A N:

**MIGUEL R. CASTAÑEDA SANTIAGO  
ERNESTO E. CASTILLO ALANIS  
RESENDIZ LARA JAVIER  
SUÁREZ GALÁN MARÍA DEL CARMEN**

DIRECTOR DE TESIS

**ING. ÓSCAR E. MARTÍNEZ JURADO**



MÉXICO, D.F.

2007

## ÍNDICE

### Introducción

1.	Visión global del transporte en la sociedad moderna	1
1.1	Importancia de los sistemas de transporte	1
1.2	Elementos básicos de los modos de transporte	11
1.3	Problemática actual del desarrollo del transporte	19
1.4	Clasificación del transporte	22
2.	Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT)	24
2.1	Antecedentes	24
2.2	Definición de Sistemas Inteligentes de Transporte	30
2.3	Clasificación de los Sistemas Inteligentes de Transporte	30
2.3.1	Sistemas Avanzados de Transporte Público (APTS)	32
2.3.1.1	Sistema de Gestión de Flotas	32
2.3.1.2	Sistema de Información al Viajero	34
2.3.1.3	Sistema de Pago Electrónico	34
2.3.1.4	Sistema de Gestión de la Demanda de Transporte	35
2.3.2	Sistemas Avanzados de Información al Viajero (ATIS)	36
2.3.2.1	Sistema de Información Previa al Viaje	37
2.3.2.2	Sistema de Información Durante el Viaje	39
2.3.3	Sistemas Avanzados de Gestión de Tráfico (ATMS)	40
2.3.3.1	Sistema de recolección de datos de tráfico	43
2.3.3.2	Sistema de Gestión de Incidentes	44
2.3.3.3	Sistema de Gestión de la Demanda de transporte	45
2.3.3.4	Interfase a otros sistemas SIT	45
2.3.3.5	Sistema de Gestión de Mantenimiento	46
2.3.3.6	Modelación y simulación	46
2.3.3.7	Sistema de control de tráfico	48
2.3.4	Sistemas Avanzados de Control de Vehículos (AVCS)	49
2.3.4.1	Sistemas orientados al Conductor	52
2.3.4.2	Sistemas orientados al Entorno	53
2.3.4.2.1	Sistemas orientados al Conductor-Entorno	53
2.3.4.2.2	Sistemas orientados al Vehículo-Entorno	53
2.3.4.3	Sistemas orientados al Vehículo	54
2.3.4.4	Sistemas orientados a evitar colisiones	54
2.3.5	Sistemas para Operación de Vehículos Comerciales (CVO)	54
2.3.5.1	Sistema de Seguridad	55
2.3.5.1.1	Sistema de monitoreo de seguridad del vehículo	56
2.3.5.1.2	Sistema de monitoreo de seguridad del conductor	56
2.3.5.1.3	Sistema de monitoreo de carga a bordo	57
2.3.5.1.4	Sistema de inspección de seguridad en la vía	57
2.3.5.2	Sistema de administración de Credenciales y Documentos	58

---

2.3.5.2.1 Sistema de administración de información de seguridad	59
2.3.5.3 Sistema de Inspección y fiscalización	59
2.3.5.3.1 Inspección y fiscalización de credenciales y peso en las vías	60
2.3.5.3.2 Sistema de inspección de aduanas en fronteras intermodales	61
2.3.5.4 Sistema de operación de empresas de transporte	62
2.3.6 Sistema de Seguridad de Tránsito	63
2.3.7 Sistemas de Pago Electrónico (EPS)	63
2.3.8 Sistema de Manejo de Emergencias	66
2.3.8.1 Sistema de notificación de emergencias	67
2.3.8.2 Sistema de asignación de recursos de emergencia	68
2.3.8.3 Sistema de gestión de vehículos de emergencia	69
2.3.8.4 Sistema de guía de ruta de vehículos de emergencia	69
2.3.8.5 Sistema de asignación de prioridad de tráfico	69
3. Situación actual del transporte en México	70
3.1 Sistema de Transporte Terrestre	72
3.1.1 Autotransporte	73
3.1.2 Transporte Ferroviario	77
3.2 Sistema de Transporte Marítimo	82
3.3 Sistema de Transporte Aéreo	89
3.4 Transporte Intermodal	94
3.5 Transporte Urbano	99
3.5.1 Transporte urbano en Zapopan, Jal.	103
3.5.2 Transporte urbano en Cancún, Q. Roo	104
3.5.3 Transporte urbano en Chihuahua, Chih.	104
3.5.4 Transporte urbano en Acapulco, Gro.	105
3.5.5 Transporte urbano en Tijuana, B.C.	106
3.5.6 Transporte urbano en Guanajuato, Gto	106
3.5.7 Transporte urbano en Manzanillo, Col.	106
3.5.8 Transporte urbano en Mérida, Yuc.	107
3.5.9 Transporte urbano en Puebla, Pue.	107
3.5.10 Transporte urbano en Querétaro, Qro.	107
3.5.11 Transporte urbano en Chiapas, Chis.	108
3.5.12 Transporte urbano en Villahermosa, Tab.	108
4. Aplicaciones existentes de los SIT en la red de transporte urbano del D.F.	109
4.1 Ubicación, principales características físicas, geográficas, poblacionales y de movilidad	109
4.1.1 Contexto regional de la ciudad de México	109
4.1.2 Población	113
4.2 Infraestructura vial	116
4.2.1 Red primaria	116
4.2.2 Red vial secundaria	120

---

4.2.3	Red vial terciaria o local	120
4.3	Sistemas de Transporte	121
4.3.1	Red de Transporte Público	122
4.3.2	Sistema de Transporte Colectivo Metro	122
4.3.3	Servicio de Transporte Eléctrico	126
4.3.4	Red de Transporte de Pasajeros	131
4.3.5	Centros de Transferencia Modal	131
4.3.6	Organizaciones y empresas de transporte concesionado	136
4.3.7	Metrobús	137
4.3.8	Tren Suburbano	140
4.3.9	Transporte de carga	141
4.4	Sistemas de apoyo y control	144
4.4.1	Semaforización	145
4.4.1.1	Red de semáforos electrónicos	145
4.4.1.2	Red de semáforos computarizados	146
4.4.2	Sistema de posicionamiento global (GPS)	148
4.4.3	Sistema de pago electrónico	149
4.4.4	Radar de velocidad	151
5.	Potencialidad del uso de los SIT en la red de transporte urbano del D.F.	152
5.1	Participación de las Dependencias Gubernamentales en la red de Transporte Urbano del DF	152
5.1.1	Secretaría de Obras y Servicios (SOS)	155
5.1.2	Secretaría de Seguridad Pública (SSP)	160
5.1.3	Secretaría de Transporte y Vialidad (SETRAVI)	167
5.1.4	Secretaría del Medio Ambiente (SMA)	173
5.2	Bases para una solución	176
5.3	Tecnologías SIT aplicadas en otros países	177
5.3.1	Sistema de Pago Electrónico (EPS)	177
5.3.2	Sensor remoto de tráfico por microondas	181
5.3.3	Identificación por radiofrecuencia (RFID)	183
5.3.4	Sistema de Posicionamiento Global (GPS)	187
5.3.5	Información al usuario previa al viaje	191
5.3.6	Información al usuario durante el viaje	196
5.3.7	Código de barras	200
5.3.8	Cámaras de circuito cerrado de televisión, centro de control y manejo de emergencias	204
6.	Conclusiones y recomendaciones	208
	Bibliografía	214
	Anexos	
I.	Tren Suburbano	218
II.	Metrobús, corredores	223
III.	Metrobús, corredor Eje 4 Sur	229
IV.	Metrobús, corredor Insurgentes	232

## **INTRODUCCIÓN**

El constante crecimiento de las principales ciudades del mundo y la falta de planeación ante este han provocado que los servicios para la población de las grandes urbes resulten insuficientes. El no poder trasladarse con comodidad y rapidez de un lugar a otro es uno de los problemas que enfrentan los habitantes de algunas ciudades, principalmente por el aumento desmedido del parque vehicular y la ineficiente infraestructura vial, lo cual genera serios problemas de tráfico.

El incumplimiento de los horarios en el transporte público, el incremento del tiempo de los viajes, la contaminación del aire y los altos niveles sonoros, son algunos de los factores que pueden producir efectos secundarios en la movilidad de los conductores y peatones. Todo ello se refleja en una merma evidente del bienestar de la población, pero además, tiene su repercusión en importantes pérdidas económicas.

Para hacer frente a esta situación los gobiernos han desarrollado diversas soluciones que van desde la generación de nuevas rutas del transporte público, hasta la creación de nueva infraestructura vial, las cuales resultan insuficientes dado el crecimiento acelerado del padrón vehicular en todas las ciudades.

La ciudad de México no es la excepción, ya que actualmente presenta serios problemas de tráfico. Las deficiencias en el transporte público, vialidades en mal estado, pero sobre todo el incremento de autos particulares son la causa de que en el DF constantemente las avenidas se saturen y se tengan desplazamientos con velocidades muy bajas.

---

Es por eso que es necesario buscar un equilibrio entre construir nuevas vialidades y mejorar el transporte, esto contribuiría a que si la población encuentra más opciones para poder trasladarse, a pesar de que posea un automóvil optará por usar el transporte público, el cual se deberá caracterizar por su eficiencia, comodidad y seguridad.

Para contar con un sistema de transporte público urbano eficiente es necesario apoyarse en la tecnología, que es una herramienta que avanza día con día, generando alternativas que permiten dar solución a situaciones adversas a las cuales el hombre se enfrenta, los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) son avances tecnológicos aplicados a sistemas relacionados con el transporte.

Es por ello que en el primer capítulo se describen los diferentes modos de transporte y sus componentes, entre otros, mientras que en el capítulo 2 nos enfocamos a los sistemas inteligentes de transporte, comentando sus características e historia.

En el capítulo 3 se refiere de manera general la situación actual del transporte en la república mexicana, contemplando los proyectos de transporte urbano en las principales ciudades, dejando el análisis de la ciudad de México para el capítulo 4 en donde se describe la infraestructura con la que cuenta la ciudad en materia de transporte. Este capítulo permite conocer los avances y deficiencias que tiene el sistema de transporte de esta ciudad.

Para conocer más del uso de la tecnología en beneficio del transporte, en el capítulo 5 se presenta la aplicación de los SIT, siendo un claro ejemplo el uso de la tecnología en beneficio de la solución de problemas de tránsito existentes, en este trabajo se documentan las experiencias de los principales avances tecnológicos en lo que a ellos se refiere y que actualmente se están aplicando en diferentes ciudades del mundo, para mostrar cuales tienen la potencialidad de ser usados en beneficio del sistema de transporte público urbano del DF.

El análisis de la información descrita en los capítulos anteriores permite a través del capítulo 6 presentar las conclusiones y recomendaciones que pueden ser consideradas en beneficio del transporte de la ciudad de México y sus habitantes, además este trabajo presenta anexos con información puntual del desarrollo de algunos proyectos de esta ciudad como el Tren Suburbano y los corredores del Metrobús.

---

# **1. VISIÓN GLOBAL DEL TRANSPORTE EN LA SOCIEDAD MODERNA**

A lo largo de la historia, los transportes han facilitado el traslado de muchas personas, mercancías, animales y una variedad casi infinita de objetos, pero también han permitido el intercambio de ideas y costumbres, tendiendo una red de comunicación e intercambio cultural a través de distintas épocas y regiones.

## **1.1 IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE**

Un viaje puede tener diversas motivaciones: científicas, políticas, recreativas y laborales, siendo sus objetivos y expectativas muy diferentes entre sí; sin embargo, viajar implica recorrer un camino no siempre libre de obstáculos, lo que lo asemeja a la vida. Viajando queremos llegar a algún lugar. Buscamos una huella, un camino, y para ello debemos desplazarnos utilizando algún medio de transporte que nos llevará a nuestro destino.

Desde el primer momento de su existencia, el hombre camina y se desplaza, quiere ir cada vez más lejos, y para satisfacer estas ansias indudablemente debe inventar. Así es como, desde los primeros troncos usados en forma de rodillos, pasando por la rueda, los barcos a vela y los aviones, el hombre fue creando los medios que le permitieron, por necesidad o curiosidad, transportarse de un lugar a otro.

Fueron motivaciones históricas, antropológicas y biológicas las que llevaron al hombre a desarrollar los diversos medios de transportes existentes.

Así por ejemplo, el transporte acuático comenzó su perfeccionamiento muy temprano en la historia por la necesidad de las poblaciones de concentrarse en las costas de ríos, lagos y mares.

Los antiguos romanos, utilizaban embarcaciones a vela equipadas con varios bancos de remos para transportar a sus ejércitos hasta Cartago y otros frentes de operaciones. La construcción de barcos y el aparejo y manipulación de las velas fueron mejorando con el tiempo. Estos cambios, junto con la incorporación de la brújula, hicieron posible la navegación en mar abierto sin avistar la costa. Dando origen durante los siglos XV y XVI a que los marineros de los países del oeste de Europa se dedicaron a explorar las costas de casi todo el mundo.

Al igual que sucedía durante la edad antigua en el Mediterráneo y otras zonas del mundo, el hecho de que los asentamientos coloniales en América estuvieran establecidos, por lo general, en las costas, los ríos o los lagos, fue a causa y consecuencia de que las primeras rutas de transporte en las colonias fueran las vías fluviales naturales, y los modos más eficientes de viaje se realizaran por barco.



**Figura 1.1 Barcos de vapor**

La aplicación de la máquina de vapor, como se muestra en la fig. 1.1, a la navegación será un avance cualitativo importante, pero no podrá competir con ventaja contra los veleros hasta bien entrado el siglo XX, cuando se construyan los barcos metálicos de gran tonelaje y se reduzca la carga de carbón. En los primeros barcos de vapor la carga de carbón necesaria para hacer funcionar la máquina ocupaba la mayor parte del espacio útil.

Si en la etapa preindustrial el viaje se realizaba de manera lenta e insegura era debido a la inexistencia de medios de transporte eficaces. Todo el tránsito por tierra se hacía a lomos de animales: caballos, mulas, camellos; o en los carruajes jalados por esos mismos animales, en las pocas carreteras que había, ver fig. 1.2. Pero el transporte de grandes mercancías se hacía por mar, o por vías fluviales; con las cocas en la Edad Media, las carabelas de unas 300 toneladas de carga, o el bajel, de más de 500 toneladas.



**Figura 1.2 Tracción animal**

El transporte por tierra era de mercancías ligeras y de alto valor añadido. Normalmente los circuitos en los que se movían los artículos eran cortos, ya que no solían sobrepasar el ámbito interregional. Era llevado a cabo por arrieros profesionales especializados, que durante muchos siglos se agruparon en torno a gremios privilegiados. El transporte de mercancías pesadas y voluminosas requería más medios. También solía tener circuitos cortos, de ámbito local o regional, que dependían de las ferias y los mercados. Este transporte era responsabilidad de personas vinculadas al pueblo productor, que, de manera temporal y de forma estacional, al finalizar las tareas agrícolas se dedicaban al

comercio, por turnos, entre los jóvenes y adultos del pueblo. Pero también había transporte de larga distancia, con productos de poco peso y alto valor añadido.

Existían entonces dos tipos de vías: los caminos de herradura, por los que sólo podían circular: mulas, bueyes, caballos y personas; y las carreteras, por las que podían circular los carros. Las carreteras eran escasas, y sólo unían las principales ciudades.

Durante la revolución industrial el transporte consigue un avance espectacular, fundamentalmente por dos motivos: la creación de una vía segura y adecuada para el transporte, y una máquina potente y regular. Estas características las tuvo el ferrocarril, como se muestra en la fig. 1.3, que fue el gran medio de transporte que impulsara la revolución industrial, no sólo porque pondría las mercancías en el mercado en grandes cantidades, sino por que él mismo demandó gran cantidad de productos industriales. Será con la máquina de vapor aplicada al transporte como se consigán estos avances. El transporte por ferrocarril permite, al disponer de una vía privada y rápida, transportar grandes cantidades de mercancía de una manera segura, rápida y regular.

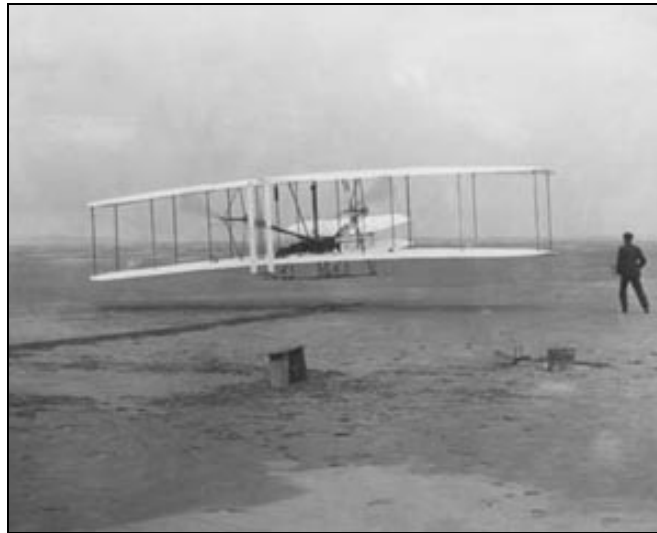


**Figura 1.3 Ferrocarril**

A comienzos del siglo XX se consiguen los primeros derivados del petróleo de manera industrial, y se logra tratar el hevea para obtener caucho. Comienza entonces el asfaltado

---

de las carreteras y se obtiene, con el motor de explosión y la rueda de caucho, un vehículo rápido, tanto como el tren, y seguro, pero mucho más versátil. Al no depender de la vía férrea puede llegar a todas partes, lo que le hace muy superior al ferrocarril. Pero habrá que esperar al asfaltado de las carreteras para que se note la ventaja.



**Figura 1.4 Vuelo de prueba por los hermanos Wright**

El coche fue aumentando progresivamente su capacidad de carga, hasta que aparecen los camiones. Sin embargo, las carreteras, que hasta el momento habían estado subutilizadas por falta de un vehículo adecuado, toman pronto un protagonismo decisivo; hasta el punto de desplazar en pocos años al ferrocarril.

El transporte por carretera evita la carga y descarga del tren (dos operaciones menos), y también el almacenamiento en la estación, esto hace al transporte por carretera más barato. Además, impulsa la industria siderúrgica de transformación y crea una compleja red de servidores para el automóvil.

La aviación comienza a desarrollarse hasta alcanzar un protagonismo decisivo en el transporte de viajeros, mercancías perecederas y productos de poco peso y volumen, pero de alto valor añadido, como las flores o las joyas. Los grandes volúmenes de mercancía a larga distancia y el comercio internacional, siguen estando en manos de la marina mercante.

Los inventos, por el contrario de las creaciones, requieren de elementos conocidos que, utilizados de manera determinada, dan origen a un nuevo uso.

Así ocurre, por ejemplo, con la invención del avión, que es el producto de la habilidad de los hermanos Wright para combinar los conocimientos sobre navegación aérea obtenidos de los vuelos en globo, con el motor de combustión interna, desarrollado en los últimos años del siglo pasado, ver fig. 1.4.

El 17 de diciembre de 1903, por primera vez en la historia, los hermanos Wright pudieron remontar un aparato que era más pesado que el aire, se trataba de un biplano, una máquina movida por fuerza propia y capaz de viajar sin perder velocidad.

No había muchas personas que pensarán que ese podía ser un buen medio de transporte, así es que, a partir de 1911, la primera ocupación práctica que se le dio a los aviones fue el traslado de correspondencia. Las pequeñas aeronaves comenzaron a surcar los cielos londinenses desde los poblados de Hendon a Windsor.

Los alemanes también hacían sus ensayos en ese momento, aunque ellos desarrollaron otro tipo de naves: los zeppelines, globos metálicos que contaban con un motor que permitía dirigirlos y no dejarlos a merced del viento como ocurría con sus antecesores.

Fueron estas dos experiencias las que convencieron a las autoridades que estaban frente a un invento que, bien desarrollado, podía constituir una eficaz solución de transporte.

El estallido de la Primera Guerra Mundial hizo pensar además, en la necesidad de aplicar este invento a fines militares y los gobiernos dedicaron muchos recursos a la investigación y al desarrollo de los aviones. Sólo por dar un ejemplo del impulso que la guerra dio a este invento, diremos que mientras en 1914 los aviones existentes desarrollaban una velocidad de 113 km/h, los que entraron en funcionamiento en 1918 ya eran capaces de volar a 225 km/h.

Cuando llegó la paz se adaptaron algunos bombarderos y comenzó a operar el servicio de transporte aéreo entre París y Londres. En cada vuelo se podía llevar a 4 pasajeros. Esta restricción convertía al transporte aéreo en algo muy caro, por lo que algunos grupos interesados comenzaron a estudiar la posibilidad de constituir aeronaves y desarrollar un

servicio especial de pasajeros, que fuera rentable. Esto se hizo en la década de 1920 a 1930.

Entre los primeros aviones estuvo el Armstrong - Withworth Argosy, capaz de transportar a una persona a una velocidad de 153 km/h. Pero con una autonomía de vuelo tan pequeña, que era incapaz de volar más de 500 kilómetros sin hacer escala.

En 1936 las compañías aéreas inglesas recibieron los hidroaviones Short Empire que tenía una autonomía de vuelo de 1,300 kilómetros. Ello permitía acortar casi a la mitad el tiempo de vuelo entre Inglaterra y sus colonias en África y Asia. El viaje a Ciudad del Cabo llegó a hacerse en sólo cuatro días y medio.

En Estados Unidos comenzaron a operar los DC3, algunos de los cuales aún pueden volar. El estallido de la Segunda Guerra Mundial aceleró las investigaciones aéreas. Se desarrollaron los motores de reacción y se avanzó en los aviones de transporte.

Más tarde vinieron los aviones a chorro, siendo los de mayor éxito el Boeing 707. En la actualidad, se usan aún los Boeing 747, los Jumbo y el Concorde, de fabricación anglo francesa.

Hoy en día el sector del transporte es esencial para el funcionamiento de los países, por eso es el Estado quien construye las infraestructuras viales: carreteras, vías de ferrocarril, puertos y aeropuertos, que todos pueden utilizar más o menos libremente. Para cualquier zona subdesarrollada la construcción de una carretera es una garantía, y una condición, de desarrollo.

La concentración de la población en grandes ciudades o grandes áreas metropolitanas ha supuesto la necesidad de dotación de un transporte colectivo eficiente para el desarrollo de la vida cotidiana de éstas. En los últimos años las ciudades normalmente cuentan con extensas redes de autobuses para el desplazamiento de sus habitantes.

A pesar de la creciente demanda es difícil crear nuevas infraestructuras y mantener los servicios existentes debido, a menudo, a la falta de fondos y de mecanismos de financiación. A pesar de que en algunas zonas urbanas se logra hacer frente a estos problemas lo cierto es que lograr buenos resultados es cada vez más difícil hecho que

motiva el intento de poner a prueba las posibilidades de los nuevos medios. En este sentido, el crecimiento de vehículos motorizados en relación con el kilometraje de infraestructura vial existente junto a las posibilidades de los avances tecnológicos en los últimos años constituye un escenario idóneo para la aparición de los mecanismos de transporte inteligente.

Entendemos como transporte, a toda la actividad económica relacionada con el traslado de bienes, servicios o personas de un lugar a otro. El transporte comercial moderno está al servicio del interés público e incluye todos los medios e infraestructuras implicados en el movimiento de las personas o bienes, así como los servicios de recepción, entrega y manipulación de tales bienes.

Se denomina transporte (del latín *trans*, "al otro lado", y *portare*, "llevar") al traslado de personas o bienes de un lugar a otro.

Hay diferentes tipos de transporte; el transporte comercial de personas se clasifica como servicio de pasajeros y el de bienes como servicio de mercancías. Como en todo el mundo, el transporte es y ha sido un elemento central para el progreso o el atraso de las distintas civilizaciones y culturas.

Es sabido que existen tres modos de transporte para cubrir las diferentes necesidades que los usuarios requieren (el terrestre, el marítimo y el aéreo), de los cuales el que más se ha desarrollado tanto en extensión como en tecnología en los últimos años ha sido el transporte terrestre, en el ámbito del autotransporte, ya sea de carga, de pasajeros o particular.

Por esta razón es que en los siguientes capítulos haremos mención de las aplicaciones de los sistemas inteligentes de transporte principalmente en la red de transporte terrestre urbano particularmente del Distrito Federal.

Los vehículos juegan un papel muy importante dentro de los sistemas de transporte de los que se dispone hoy en día. El constituir el medio de locomoción más utilizado da lugar a varios problemas: congestión del tráfico, número elevado de accidentes, contaminación, entre otros.

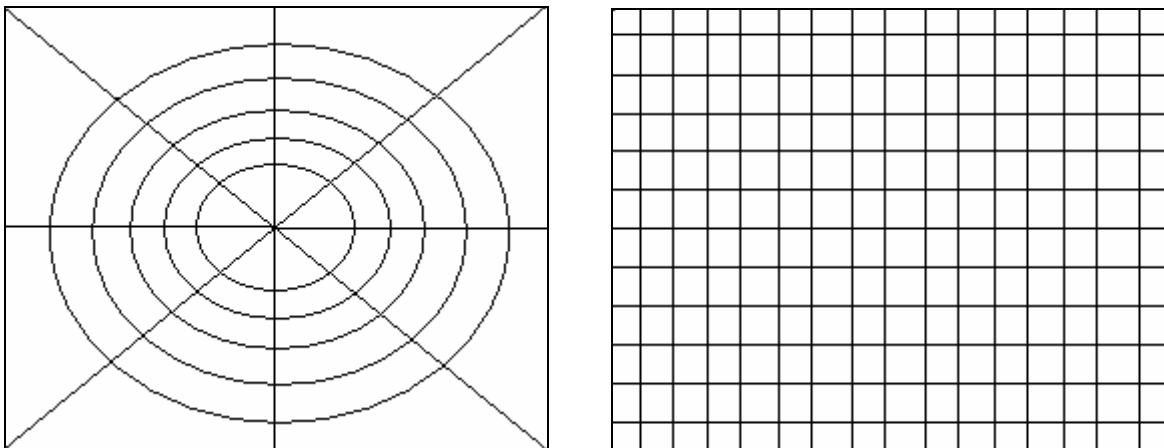
La función del transporte ha consistido, por una parte, en ligar las diferentes fases de la producción, y por otra, ha fomentado la especialización y división del trabajo y con ello ha incrementado la productividad; pero el costo total de la mercancía ha aumentado a causa de su transporte. El costo de transporte representa en la actualidad una parte considerable del costo total de la producción, por lo que constituye un elemento muy importante a tener en cuenta cuando se trata de determinar el emplazamiento de un centro de producción. Básicamente, los elementos del costo de transporte son dos: el peso y la distancia, pero hay que considerar también las características de la mercancía que se transporta y si es un bien perecedero o es susceptible de almacenaje. En definitiva, cuanto más grande es el valor de la mercancía con respecto a su peso, mayor es la distancia que puede separar su obtención de su posterior utilización.

Es importante observar que uno de los factores que ha influido y sigue influyendo en la situación geográfica de los pueblos y ciudades es precisamente su posibilidad de facilitarse, mediante el aprovechamiento de los medios naturales, los bienes y servicio que les son indispensables para su natural desarrollo: puertos naturales del mar, proximidad de los ríos navegables, los valles abiertos a la llanura o los puntos de comunicación de un valle con otro. La necesidad ineludible del transporte es un hecho que tanto más se acentúa cuanto más desarrollado está un país. El transporte considerado en su conjunto absorbe cada vez más recursos y emplea de día en día un mayor porcentaje de la población activa. A su vez crea un aumento general de toda la actividad, económica y provoca una onda expansiva de esta actividad en numerosos sectores, así el de la maquinaria, el equipo eléctrico, petróleo y sus derivados, electricidad para los medios de transporte, las fábricas donde éstos se construyen, las industrias siderúrgica y metalúrgica con ellas relacionadas y la ampliación de los necesarios servicios: aduanas, puertos, aeropuertos, etc., que todo ello lleva consigo. El aumento de la importancia de los transportes se ha realizado, además tanto en distancias recorridas como en carga por kilómetro recorrido.

La mayor importancia del ferrocarril o de la carretera depende en último término de la configuración geográfica concreta del país de que se trate. Para ello, es importante conocer sus aspectos estructurales básicos. Estos son: la ordenación geométrica de la red vial, el trazado de las vías, los vehículos utilizados y la fuerza motriz de los mismos.

La ordenación geográfica debe ser tal que una los principales centros de la actividad económica del país; sin embargo, deben tenerse también en cuenta las zonas más atrasadas, puesto que para ellas la comunicación con los centros vitales es de suma importancia. Sobre este punto influye fuertemente la configuración orográfica del país y la concepción política que rige la administración del mismo.

Según los casos, será radial cuando parte de un centro. Un sistema radial debe ir acompañado de un sistema concéntrico que comunique los distintos radios entre sí. Otro sistema de ordenación geométrica es el lineal a base de unas vías paralelas o perpendiculares entre sí que cubren como una red todo el territorio, como se ejemplifica en la fig. 1.5. La ordenación de la red en el espacio está íntimamente ligada con el problema del trazado de la vía.



**Figura 1.5 Sistemas radial y lineal de ordenación geométrica**

Si los transportes terrestres tienen una importancia primordial, en lo que se refiere a la comunicación dentro de un mismo país, los transportes marítimos son vitales en lo que atañe a la comunicación entre países o continentes.

A pesar del gran auge experimentado por todos los demás medios de transporte, la navegación marítima es el principal medio utilizado por el comercio internacional. La navegación entre puertos de una misma nación recibe el nombre de cabotaje. La navegación entre distintos países de un continente, llamada de altura, y entre distintos continentes, llamada de gran altura, son los dos tipos más importantes.

Un rasgo característico de la estructura de los transportes marítimos es que la importancia de la flota mercante de los países no depende de la importancia económica de éstos, sino de la facilidad dada a los barcos que navegan bajo su pabellón.

Dentro del apartado de los transportes marítimos debe hacerse una referencia a los transportes fluviales: es un medio de comunicación local, lento, pero muy barato y muy adecuado a las mercancías pesadas.

El transporte aéreo es el que mayores transformaciones ha experimentado en los últimos años. Su importancia estriba en que es el medio de transporte ideal para pasajeros, puesto que es el más rápido, aunque su utilidad como transporte de mercancías es muchísimo menos por ser el más caro.

Todos los países necesitan determinar los Organismos dependientes del Gobierno que tienen que dirigir, vigilar y controlar el transportes por agua, aire y tierra, así como delimitar sus atribuciones, obligaciones y responsabilidades. Es necesario regular las actividades del transporte que se realizan, ya que el desarrollo tanto como político, económico, social y militar nacional está unido y depende en forma sustancial de los medios de transporte.

## **1.2 ELEMENTOS BÁSICOS DE LOS MODOS DE TRANSPORTE**

Todos los países tratan por regla general de diversificar sus modalidades de transporte, si bien es difícil de encontrar un sistema ideal de transporte en cualquiera de ellos. Así pues, consideraremos como válidas las siguientes modalidades de transporte: terrestre (carretero, urbano y ferroviario), fluviomarítimo y aéreo.

Cada uno de estos modos de transporte requiere de ciertos elementos básicos para su funcionamiento, en general, se puede decir que todo sistema de transporte se compone por los siguientes elementos: vehículo, fuerza motriz, caminos, terminales y sistemas de control.

A continuación se describe cada uno de estos elementos.

### ❖ Vehículo

Son todas las unidades de transporte, que para cada una de las modalidades mencionadas anteriormente tienen un nombre específico que las diferencia, de esta manera para cada modalidad de transporte terrestre carretero y urbano, se denomina parque vehicular a los automóviles, autobuses, camiones, tractocamiones, trolebuses, motocicletas, etc.

Continuando con la modalidad de transporte terrestre se cuenta también con el transporte ferroviario, los vehículos de este tipo son conocidos como equipo rodante, teniendo así a las locomotoras, vagones, góndolas, carros tanque y plataformas (para contenedores) como los más comunes.

A los vehículos del modo de transporte fluviomarítimo se les conoce como embarcaciones, reconociendo entre ellos principalmente a los buques tanque, trasatlánticos, pesqueros y transbordadores.



**Figura 1.6 Vehículo terrestre urbano y carretero**



**Figura 1.7 Vehículo fluviomarítimo**



**Figura 1.8 Vehículo aéreo**



**Figura 1.9 Vehículo terrestre ferroviario**

Finalmente a los vehículos del modo de transporte aéreo se les conoce como aeronaves, agrupando en forma general a las avionetas y los diferentes modelos de aviones comerciales, de pasajeros, de carga, de combate y helicópteros

En las figs. 1.6, 1.7, 1.8, y 1.9 se presentan ejemplos de vehículos para cada una de las modalidades de transporte.

#### ❖ Fuerza motriz

Es un dispositivo que provoca que el vehículo se desplace, generalmente la fuerza motriz se imprime a través de un motor, en el caso del transporte terrestre carretero y urbano, se emplean motores de combustión interna, cuya fuente de energía es la gasolina, diesel o electricidad, a este tipo de motores se les conoce como motores a gasolina, motores a diesel y motores eléctricos.

Para el transporte ferroviario, actualmente la fuerza motriz la integran principalmente motores a diesel y motores eléctricos, mientras que para el transporte fluviomarítimo se utilizan motores a diesel en grandes embarcaciones y motores a gasolina en pequeñas embarcaciones.

Para el modo de transporte aéreo la fuerza motriz empleada va desde el motor a pistón empleada en algunas avionetas, hasta los turborreactores utilizados por aviones supersónicos.

#### ❖ Caminos

Son los derechos de vía o paso por donde se desplazan los vehículos de cada modo de transporte, así pues para el modo de transporte carretero y urbano se cuenta con autopistas, ejes viales, calles y brechas, en el caso del ferrocarril se tiene las vías ferroviarias.

El modo de transporte fluviomarítimo se desplaza principalmente por mares y ríos y a sus caminos se les conoce comúnmente como rutas marítimas, mientras que a los caminos del transporte aéreo se les conoce con el nombre de rutas aéreas.

### ❖ Terminales

Son los sitios donde llegan o salen los vehículos que conforman los diferentes modos de transporte, en general se reconocen como terminales normales o de transbordo, en el caso del transporte terrestre carretero y urbano existen diferentes nombres para las terminales, dependiendo el tipo de servicio que prestan, las más comunes son las terminales de autobuses de pasajeros y de carga.

En el caso del transporte ferroviario a sus terminales se les conoce como terminales ferroviarias, mientras que a las terminales para el modo de transporte fluvio-marítimo se les conoce como terminales portuarias o puertos y a las terminales aéreas comúnmente se les conoce como aeropuertos y helipuertos.

### ❖ Sistemas de control

Son todos los componentes que ayudan a controlar una red de transporte, de manera general son las rutas de autobuses, los ramales de los sistemas colectivos y microbuses y líneas de trolebuses, tren ligero, metro y metrobús que operan en una ciudad, sin olvidarnos también de las rutas marítimas y aéreas.

Cada uno de estos modos de transporte cuenta con sistemas de control integrados ya sea en la infraestructura o en los propios vehículos, tales como señalización dinámica, estática o audiovisual.

Como parte importante en los sistemas de control están los reglamentos o leyes, que indican la forma y los modos en que debe conducirse un modo de transporte en particular, así pues tenemos al reglamento de tránsito, el reglamento aeroportuario y así para cada uno de los modos de transporte.

En las tablas 1.1, 1.2 y 1.3, se presentan a manera de resumen los componentes principales para los diferentes modos de transporte empezando por el transporte terrestre urbano, continuando con el transporte terrestre carretero y ferroviario, y terminando con el transporte fluvio-marítimo y aéreo.

<b>Componentes básicos del modo de Transporte Terrestre Urbano</b>				
<b>Vehículo</b>	<b>Fuerza motriz</b>	<b>Caminos</b>	<b>Terminales</b>	<b>Sistemas de control</b>
Automóvil	Motor de combustión interna. Fuente de energía: gasolina o electricidad	Ejes viales y calles	Estacionamientos	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control
Autobús	Motor de combustión interna. Fuente de energía: diesel	Ejes viales y calles	Terminal de autobuses, CETRAM	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control
Microbús	Motor de combustión interna. Fuente de energía: diesel, gas o gasolina	Ejes viales y calles	Base de microbuses, CETRAM	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control
Camión	Motor de combustión interna. Fuente de energía: diesel o gas	Ejes viales y calles	Terminal de carga	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control
Trolebús	Fuente de energía: electricidad	Ejes viales	Terminal de trolebuses	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control
Tractocamión	Motor de combustión interna. Fuente de energía: diesel	Ejes viales y calles	Terminal de carga	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control
Metro	Fuente de energía: electricidad	Vías del metro	Estaciones del Metro	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control
Metrobús	Motor de combustión interna. Fuente de energía: diesel	Carril exclusivo en la avenida	Estaciones del Metrobús	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control
Tren ligero	Fuente de energía: electricidad	Vías del tren ligero	Estaciones del tren ligero	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control
Motocicleta	Motor de combustión interna. Fuente de energía: gasolina	Ejes viales y calles	Estacionamientos	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control
Bicicleta	Fuente de energía: humana.	Ciclopista y calles	Estacionamiento de bicicletas	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control
Bicitaxi	Fuente de energía: humana.	Ejes viales y calles	Estacionamientos	No tiene

**Tabla 1.1 Cuadro resumen Transporte Terrestre Urbano**

<b>Componentes básicos de los modos de Transporte Terrestre Carretero y Ferroviario</b>					
<b>Modo de transporte</b>	<b>Vehículo</b>	<b>Fuerza motriz</b>	<b>Caminos</b>	<b>Terminales</b>	<b>Sistemas de control</b>
Terrestre carretero	Automóvil	Motor de combustión interna. Fuente de energía: gasolina o electricidad	Autopistas y brechas	Estacionamiento	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control
	Autobús	Motor de combustión interna. Fuente de energía: diesel	Autopistas y brechas	Terminal de autobuses de pasajeros	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control
	Camión	Motor de combustión interna. Fuente de energía: diesel o gas	Autopistas y brechas	Terminal de carga	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control
	Tractocamión	Motor de combustión interna. Fuente de energía: diesel	Autopistas y brechas	Terminal de carga	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control
	Motocicleta	Motor de combustión interna. Fuente de energía: gasolina	Autopistas y brechas	Estacionamiento	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control
Terrestre ferroviario	Equipo rodante (locomotora, vagón, góndola, carros tanque y plataforma)	Motor diesel y motor eléctrico. Fuente de energía: diesel o electricidad	Vía ferroviaria	Terminal ferroviaria	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control

**Tabla 1.2 Cuadro resumen modos de Transporte Terrestre Carretero y Ferroviario**

<b>Componentes básicos de los modos de Transporte Fluvio-marítimo y Aéreo</b>					
<b>Modo de transporte</b>	<b>Vehículo</b>	<b>Fuerza motriz</b>	<b>Caminos</b>	<b>Terminales</b>	<b>Sistemas de control</b>
Fluio-marítimo	Embarcación (buque tanque, trasatlántico, pesquero y transbordador)	Motor diesel y motor a gasolina. Fuente de energía: diesel o gasolina	Rutas marítimas (mares, ríos y lagos)	Terminal portuaria, puerto o embarcadero	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control
Aéreo	Aeronaves (avioneta, avión comercial, de pasajeros, de carga y de combate)	Desde motor a pistón hasta turborreactores. Fuente de energía: turbosina	Rutas aéreas	Aeropuerto y pistas de terracería	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control
	Helicóptero	Desde motor a pistón hasta turborreactores. Fuente de energía: turbosina	Rutas aéreas	Helipuerto y aeropuerto	Reglamentos, leyes, señalamientos y dispositivos de control

**Tabla 1.3 Cuadro resumen modos de Transporte Fluvio-marítimo y Aéreo**

Cada modo de transporte cuenta con señalamientos y dispositivos de control adecuados para su funcionamiento, siendo el transporte carretero y urbano quien cuenta con ejemplos más claros y variados.

Estas señales se clasifican en restrictivas, preventivas, informativas y transitorias y se diferencian tanto por la forma como por el color del señalamiento, siendo de forma cuadrada y de color rojo con negro las señales restrictivas, excepto la de alto, que tiene forma octagonal y de color rojo con blanco y el señalamiento de ceda el paso, que es de forma triangular y de color blanco con negro; de amarillo y negro las señales preventivas; de azul y blanco las informativas y de color anaranjado y negro las transitorias.

### 1.3 PROBLEMATICA ACTUAL DEL DESARROLLO DEL TRANSPORTE

Hemos considerado que algunos aspectos cotidianos del transporte son realmente manifestaciones del problema o sus consecuencias más evidentes. Por supuesto, para algunas personas, alguna de estas manifestaciones o síntomas son el verdadero problema de transporte, mientras que para otros el que suceda alguno de los eventos de la lista siguiente no tiene relevancia. Lo importante es el efecto final que tiene la aparición de estos problemas en el desarrollo de las actividades de quienes reciben dicho efecto y ello es lo que ameritaría ir al estudio de las verdaderas causas del problema para resolverlo y no quedarse en la eliminación de sus manifestaciones superficiales.

- a) El transporte ha hecho posible la formación de las grandes concentraciones urbanas y ahora las ciudades están estrangulando la causa misma de su nacimiento.
- b) El traslado entre ciudades (a grandes distancias) puede ser más rápido que dentro de la ciudad (microdistancias).
- c) Se dedica cada vez más tiempo al transporte, como proporción del tiempo fuera del trabajo, restándolo al descanso o educación.
- d) Hay grandes diferencias entre los volúmenes de demanda de transporte fuera y dentro de las horas-pico, especialmente en el transporte suburbano.
- e) Complejidad del sistema de transporte: desorientación del usuario, recorridos "irracionales", caos en las emergencias o paros del sistema (falta de un plan logístico), ineficacia de las autoridades.
- f) Gran cantidad de accidentes.
- g) Opinión adversa y generalizada entre los usuarios de los sistemas de transporte a causa de su ineficiencia.
- h) Pérdida de horas-mujer, horas-hombre y horas-máquina por demoras.
- i) Alto consumo de energéticos.
- j) Altos niveles de contaminación por fuentes móviles.

Por supuesto que se requiere un análisis especial para conocer las causas específicas que explican la existencia de muchos de los síntomas como los que recién se han descrito que se pueden presentar en un contexto y circunstancia muy específicos. Sin embargo, sirva la siguiente lista para dar una primer idea de los fenómenos que, muy probablemente, están detrás de los problemas de transporte y que, por tanto, debieran ser resueltos o entendidos como primer paso para la solución de lo que conocemos como problema de transporte.

- a) Alta tasa de crecimiento natural (nacimientos-muertes) en la ciudad.
- b) Migración del campo a las ciudades.
- c) Mayores radios de acción de los vehículos y una mayor dispersión y ensanchamiento de las ciudades lo que ocasiona una mayor longitud de los viajes y una mayor demanda de transporte.
- d) Mayores ingresos o nivel de vida; por tanto, se genera mayor "necesidad" de realizar viajes (más viajes/persona al día).
- e) La diversificación de actividades en la ciudad implica una diversificación de los atributos de calidad exigidos por los usuarios.
- f) Concentración de actividades que provocan la formación de horas-pico.
- g) Crecimiento del parque vehicular y preferencia por el automóvil particular, lo cual implica más congestionamiento.
- h) Profundización y aceleración del cambio tecnológico en muchas actividades que deja obsoletos a los elementos del transporte (infraestructura, equipo, reglamentos, etc.) antes de su vida útil, ya sea técnica, óptima o económicamente hablando. Con vida útil "técnica" se refiere a que el objeto en cuestión todavía puede funcionar bastante bien.
- i) Dilema en la competencia vs. regulación: si no hay competencia, se profundiza el rezago en el servicio. Cuando las empresas de transporte compiten sin control puede haber actitud desleal, abusos, accidentes, etc.
- j) Se va perdiendo la costumbre de caminar.
- k) Carencia de planes integrales. Los técnicos dan soluciones óptimas a "su" problema, que ha sido reducido y aislado, y que puede resultar sub-óptimo dentro del conjunto.

- l) No hay participación de la comunidad en la solución de sus problemas.
- m) Si existe un caótico desarrollo urbano, o si es excesiva la separación de funciones en el uso del suelo de cada región (aplicando algún plan de desarrollo, por ejemplo), se provoca una alta interdependencia de las zonas, y una mayor demanda de transporte.
- n) Mala organización global de los transportes para recolectar, distribuir o canalizar a los diversos tipos de usuarios en las diferentes horas del día, a lo largo de toda la ciudad.
- o) Más libertad, independencia y rebeldía de los usuarios del transporte en la ciudad, conforme ella crece.
- p) Las soluciones crean su propia demanda; por tanto, no siempre sirven para resolver los problemas.
- q) Los planes, programas, estudios y hasta la información misma se vuelve obsoleta con gran rapidez.
- r) Falta de tecnologías nacionales para la fabricación de vehículos y sus partes.
- s) Falta de legislación y reglamentación para la operación, o carencia de aplicación.
- t) Vialidad incompleta o sin mantenimiento.

A medida que el tráfico vehicular aumenta se vuelve frecuentemente necesario o económico diseñar y construir carreteras con estándares geométricos más elevados. En general en la medida en que este estándar sea mayor, la carretera será más segura. De hecho, uno de los factores económicos que deben tomarse en cuenta al seleccionar el nivel geométrico de calidad son los beneficios en seguridad vial, derivados de mejores estándares geométricos.

La seguridad vial se incrementa significativamente al aumentar el estándar de proyecto geométrico, y las autopistas son mucho más seguras por kilómetro viajado que otras carreteras. La ventaja precisa de seguridad no puede establecerse, porque existe una amplia variación dentro de los tipos de carretera; no obstante, las autopistas son cuando menos cuatro veces más seguras que otras, llegando a ser hasta 20 veces más seguras en comparación con otras arterias. Las nuevas autopistas, construidas con estándares contemporáneos, son las formas más seguras de carretera, pudiendo ser hasta el doble de seguras que algunas autopistas más antiguas, construidas con estándares más bajos.

## 1.4 CLASIFICACIÓN DEL TRANSPORTE

El transporte se puede clasificar de diferentes formas como se indica a continuación:

Según el ámbito de operación:

- ❖ Nacional: El autorizado para efectuar transporte entre distintos puntos del territorio nacional. Cuando es marítimo, fluvial, lacustre o aéreo, también se le conoce como cabotaje
- ❖ Internacional: El autorizado para efectuar transporte con el exterior del territorio nacional, es decir, entre naciones
- ❖ Mixto: El autorizado para efectuar transporte, tanto entre distintos puntos del territorio nacional, como con el exterior

Según la nacionalidad de su matrícula:

- ❖ Nacional: Si su matrícula ha sido expedida en el país
- ❖ Extranjero: Si su matrícula ha sido expedida por otro país

Según el medio natural donde opera:

- ❖ Marítimo: Navegación por mar, ríos (fluvial) y lagos (lacustre)
- ❖ Aéreo: Navegación por aire
- ❖ Terrestre: Vehículos proyectados para circular en tierra

Según su función:

- ❖ Carga: Transporte de mercancías
- ❖ Pasajeros: Transporte de personas
- ❖ Encomiendas: Transporte de pequeños bultos (postales). Normalmente este tipo de transporte se hace en compartimientos especiales en el transporte de pasajeros
- ❖ Guerra: Transporte para fines bélicos

Según el modo:

- ❖ Ordinario: Un solo modo de transporte (marítimo, aéreo o terrestre)
- ❖ Multimodal, intermodal o combinado: dos o más modos diferentes de transporte en una operación de tránsito aduanero

Además el transporte se puede clasificar en diferentes categorías, como:

- ❖ Transporte público
- ❖ Transporte privado
- ❖ Transporte carretero
- ❖ Transporte aéreo
- ❖ Transporte ferrocarril
- ❖ Transporte marítimo
- ❖ Transporte fluvial
- ❖ Transporte en bicicleta
- ❖ Transporte peatonal
- ❖ Transporte impulsado por animal
- ❖ Transporte por ductos
- ❖ Transporte por bandas

## **2. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (SIT)**

En el capítulo anterior se presentó la clasificación de los componentes de los sistemas de transporte, en éste capítulo abordaremos como los sistemas inteligentes de transporte hacen interactuar todos estos elementos junto con las tecnologías de información para aumentar la eficiencia y seguridad de los sistemas de transporte.

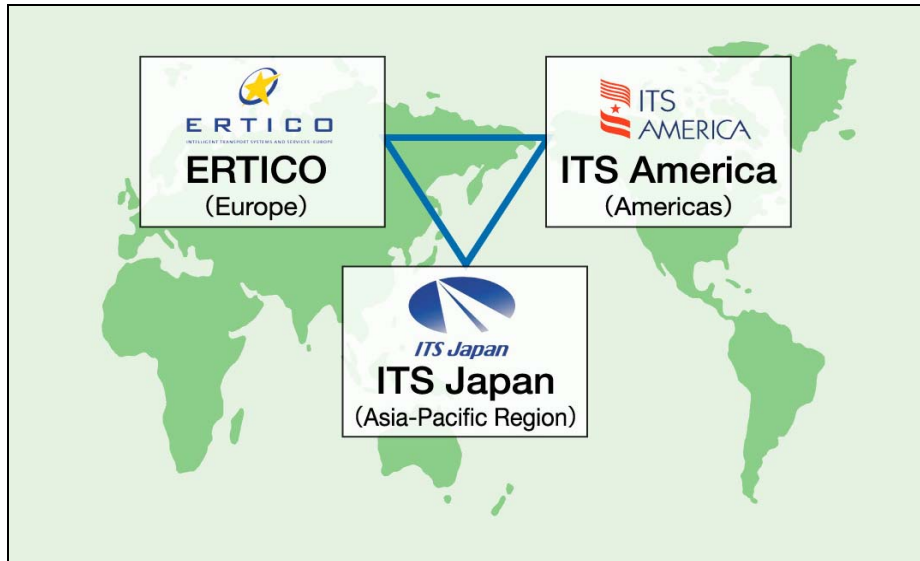
Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT, ITS por sus siglas en inglés) son una iniciativa de gobiernos y empresas para hacer interactuar un conjunto de tecnologías e información con la infraestructura de transporte de modo que permita implementar y manejar diferentes estrategias para dotar de mayor seguridad, aumentar el nivel de servicio y capacidad, reducir el tiempo de viaje y aumentar la productividad de un sistema de transporte.

### **2.1 ANTECEDENTES**

Los primeros Sistemas Inteligentes de Transporte se remontan a la década de los sesenta, siendo Toronto y Chicago las primeras ciudades en implementarlos. A mediados de los años ochenta tomaron nuevamente importancia, cuando la electrónica comenzó a generar nuevas aplicaciones a un bajo costo, mientras la congestión de tránsito, la tasa de accidentes y la contaminación ambiental seguían creciendo independientemente de la

construcción de nuevas autopistas, las cuales no sólo no solucionaban el problema, sino que lo acrecentaban.

Comenzó entonces la expansión de los Sistemas de Transporte Inteligente, principalmente en Estados Unidos, Japón y la Unión Europea, siempre bajo el mismo esquema, el de alianzas estratégicas entre el sector público, privado y académico, ver fig. 2.1.



**Figura 2.1 Alianzas Estratégicas**

Uno de los esfuerzos de SIT más ampliamente conocidos fue el programa de investigación ERGS (Electronic Route Guidance System, Sistema Electrónico de Asistencia en el Camino), que operó entre 1967 y 1971. En 1988, un equipo de estudio no oficial, "Mobility 2000", comenzó a centrarse en cómo la tecnología podría ayudar a resolver los terribles congestionamientos de tránsito.

En 1990, estas actividades se reforzaron con el establecimiento de la IVHS América (Intelligent Vehicle Highway Society of América, Sociedad Americana de Vehículos Inteligentes de Autopistas). IVHS América se convirtió en marzo de 1991 en un comité de asesoría federal utilizado por el Departamento de Transporte de los Estados Unidos de América (USDOT) y cambió de nombre a ITS América en 1994.

ITS América es una sociedad científica y educativa con fines no lucrativos cuya meta es coordinar y acelerar el desarrollo, difusión, integración y aceptación de tecnologías de transporte avanzadas en los EEUU. Es una asociación pública/privada con más de mil organizaciones miembro de todos los niveles del gobierno, el sector privado, la academia y

la comunidad internacional de SIT, cuenta con la participación de países como México, Canadá y algunos países de América Latina.

La arquitectura nacional de SIT de EEUU, es producto de un esfuerzo de desarrollo y del proceso de construcción de consenso que comenzó con la aceptación por parte del USDOT a la recomendación de dicho programa por parte de ITS América en 1992. Este fue el primer anuncio oficial del USDOT en su papel de consejero del comité.

Después de un año de planeación y preparación, el USDOT solicitó propuestas para un programa de dos fases en el que varios contratistas entrarían en competencia con enfoques alternativos de arquitectura durante la primera fase, y los agruparían en una sola arquitectura al final de la segunda fase.

En 1995, se especificaron en el Plan del Programa Nacional de Sistemas Inteligentes de Transporte, 29 de los 30 servicios al usuario. Este Plan se desarrolló conjuntamente por ITS América y el USDOT para cumplir con la seguridad, movilidad, comodidad y otras necesidades de transporte de los usuarios y proveedores.

Las organizaciones de profesionales y de transporte de Canadá han jugado un papel activo en la formación de los SIT en los EEUU mediante su participación en ITS América y otras organizaciones. Por tanto, las actividades de SIT en Canadá son muy similares a las de EEUU, y de hecho, ambos países están involucrados conjuntamente en varios proyectos de SIT.

ITS Canadá, una organización con miembros públicos y/o privados, tiene la responsabilidad de promover SIT y coordinar los intereses de los distintos promotores. ITS Canadá evolucionó de la Mesa Redonda IVHS, establecida en 1988 bajo el auspicio de TAC (Transportation Association of Canadá, Asociación del Transporte de Canadá) para definir la dirección, coordinación y liderazgo de ITS en Canadá.

En Japón, la Agencia Nacional de Policía (NPA), responsable de la administración de tránsito en las carreteras, ha invertido en difusión de ATMS (Sistemas de Control Centralizados de Señales de Tránsito) desde los sesentas. En 1970, la NPA instaló el primer sistema de control centralizado de señales de tránsito en el Departamento de Policía Metropolitana.

Entre 1973 y 1978, el Ministerio de Comercio Internacional e Industria (MITI), ejecutó el proyecto japonés CACS (Comprehensive Automobile Traffic Control System, Sistema

Global de Control de Tráfico de Automóviles), que marcó la primera vez que se instrumentaron dispositivos de información sofisticados para vehículos e instalaciones a un lado del camino y la primera prueba de la función de sistema de guiado en ruta centralmente determinada en áreas urbanas reales en Tokio.

El Ministerio de Transporte (MOT) es responsable de la seguridad de vehículos y ha promovido el proyecto de Seguridad Avanzada del Vehículo desde 1991. En 1993, diversos ministerios y agencias formaron el Consejo Interministerial para acelerar y promover la investigación, el desarrollo y la difusión de los SIT.

En 1994, en respuesta a una solicitud de ITS América, el sector privado e instituciones académicas establecieron VERTIS (Vehicle, Road and Traffic Intelligence Society, Sociedad de Vehículo, Camino y Tránsito Inteligentes) para promover los SIT. VERTIS atrajo a más de 200 organizaciones e individuos miembros.

Desde los sesentas hasta mediados de los noventas, se ha llevado a cabo un programa extensivo de SIT en Japón sin el beneficio de un plan maestro nacional. La difusión de ATMS, ATIS (Sistemas Avanzados de Información al Viajero) y APTS (Sistemas Avanzados de Transporte Público), sin embargo, ha sido promovida principalmente por cada uno de los planes del NPA y MOT.

En 1995, el gobierno japonés emitió los Lineamientos Básicos para la Promoción de una Sociedad de Información Avanzada y Telecomunicaciones. Este documento visionario declara la difusión de SIT como un proyecto nacional.

A los Lineamientos Básicos siguieron los Lineamientos Básicos del Gobierno de Información Avanzada y Comunicaciones en los Campos de Carreteras, Tránsito y Vehículos, que fueron publicados en 1995. Los Lineamientos Básicos del Gobierno identificaron 11 campos para promoción, incluyendo el desarrollo de un plan general de SIT, y nueve áreas para difusión de SIT.

Los 11 campos de promoción fueron:

1. Desarrollo de un plan general de SIT
2. Organización de las entidades vinculadas para la promoción de SIT
3. Investigación y desarrollo
4. Pruebas de campo
5. Provisión de infraestructura

6. Difusión de SIT para su uso práctico
7. Consideración de instituciones legislativas
8. Estandarización
9. Compatibilidad del sistema
10. Comparación internacional
11. Congreso mundial de SIT

En Europa, uno de los primeros esfuerzos importantes en SIT fue el desarrollo de ALI (Autofahrer Leit und Informations System, Sistema de Información al Conductor) entre 1979 y 1982, donde Alemania jugó un papel central. Desde mediados de los ochentas, los principales programas de SIT de Europa han sido patrocinados y/o coordinados por una progresión de organizaciones supranacionales.

Entre las organizaciones supranacionales, destaca: EUREKA (European Research Coordination Agency, Agencia Europea de Coordinación de Investigación). Establecida en 1985 como una iniciativa de coordinación de investigación de 19 naciones europeas. Su objetivo fue estimular la investigación y desarrollo cooperativos entre industrias y gobiernos en Europa.

En 1988, la Comunidad Europea adoptó DRIVE (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe, Infraestructura Carretera Dedicada a la Seguridad del Vehículo en Europa). Sus metas fueron identificar las mejoras potenciales en la seguridad carretera y reducir el congestionamiento en la red carretera europea mediante el apoyo y explotación de la investigación y desarrollo de tecnologías de información y telecomunicaciones. Entre 1989-1991, DRIVE financió 72 proyectos de investigación de transporte carretero

El Programa ATT DRIVE II (Advanced Transport Telematics Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe 2nd phase of DRIVE, Telemática Avanzada para el Transporte), entre 1992 y 1994 invirtió 140 millones ECU (European Currency Unit, Euros) para financiar 64 actividades de investigación y desarrollo y proyectos piloto, que no sólo se concentraron en transporte carretero, sino también en la interfaz entre carretera, ferrocarril y transporte marítimo. En 1994 se adoptó el Programa de Aplicaciones de Telemática, que cubrió actividades de investigación y desarrollo para aplicaciones de tecnologías de información y de comunicaciones.

ERTICO (European Road Transport Telematics Implementation Coordination Organization, Organización Europea de la Coordinación para la Implementación de la Telemática al

---

Transporte). Establecida en 1991, ERTICO, es una empresa abierta a cualquier organización pública o privada europea, que representa los intereses de los manufactureros, operadores carreteros, proveedores de servicio, operadores de telecomunicaciones, y administradores públicos. ERTICO es la contraparte europea de organizaciones tales como ITS América y VERTIS de Japón.

En México, el comité SIT se encuentra conformado desde el 25 de junio de 1999 por representantes de los sectores público, privado y académico.

Entre las instituciones públicas se encuentran, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE), el Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI), por mencionar algunas.

Entre las instituciones privadas están la Cámara Nacional de Autotransporte de Pasaje y Turismo, Sistemas de Información Geográfica S.A., la Asociación Mexicana de Infraestructura Concesionada, entre otras.

Finalmente, el sector académico se encuentra representado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN), la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI), la Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Educación Superior (ANUIES) y por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Cada uno de los sectores mencionado tiene una participación específica dentro del comité, de esta manera encontramos que el sector público, mediante la SCT, es la rectora y más alta autoridad dentro del comité y todas las dependencias gubernamentales que conforman el comité tiene también una participación específica.

El sector privado participa en la estructuración de programas de aplicación de tecnologías SIT; participa desde la fase de diseño de proyectos y su principal aportación es definir compromisos, acuerdos y contratos para la realización de los proyectos y el uso de tecnologías SIT y es el principal patrocinador de los trabajos que realiza el Comité, siendo de preferencia las aportaciones en especie, de acuerdo a programas y esquemas elaborados y aprobados por el comité ITS México.

Mientras que el sector académico se encarga de desarrollar proyectos de investigación, intercambio académico, elaboración de esquemas para intercambio de estancias de

especialistas extranjeros y promover el desarrollo y actualización de los planes y programas de estudio de las carreras de ingeniería, informática y otras relacionadas con SIT; lo anterior con objeto de formar profesionistas especializados en SIT, de igual forma participa en la organización y coordinación de eventos científico-académicos sobre SIT, como son seminarios, talleres, congresos, mesas redondas, paneles, etc.

## **2.2 DEFINICIÓN DE SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE**

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) comprenden un conjunto de elementos tecnológicos que interactúan entre sí y con su medio ambiente con el propósito de ayudar en el traslado de personas y bienes.

La implementación de los SIT tiene como objetivos fundamentales aumentar la eficiencia del flujo de transporte, incrementar la seguridad de los usuarios y mitigar los problemas ambientales.

De acuerdo al problema que se intente resolver con el uso de los SIT se obtendrán diferentes beneficios particulares, pero de manera general los beneficios de implantar SIT son:

- ❖ Mejoramiento de la gestión de tráfico
- ❖ Aumento de los índices de seguridad de tránsito
- ❖ Aumento de la eficiencia de la infraestructura
- ❖ Aumento de la eficiencia en la fiscalización
- ❖ Aumento de la eficiencia económica de las empresas de transporte
- ❖ Disminución de los tiempos de viaje

## **2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE**

Hoy en día, uno de los problemas más críticos que enfrenta el transporte es el constante incremento en la demanda y el consiguiente aumento en los niveles de

congestionamiento, provocando estos últimos fuertes pérdidas económicas para la sociedad, ya que el tiempo perdido por los viajeros a causa de las demoras, es tiempo no aprovechado y que no representa ningún beneficio. Además, los efectos nocivos en el medio ambiente por la contaminación de los vehículos, son cada vez una mayor preocupación.

Se espera que al aplicar las nuevas tecnologías de procesamiento de información, comunicaciones, control y electrónica, los SIT creen caminos, vehículos y usuarios "más inteligentes". Se espera también que con ellas mejore la operación y seguridad de los sistemas de transporte al proveer rutas más eficientes a los viajeros, e incluso ofrecer itinerarios que utilicen diversos modos de transporte; agilizar los procesos de cobro de cuotas o inspección de vehículos comerciales.

Los SIT no resuelven por si mismos los problemas de transporte, requieren la intervención de personas en actividades complementarias de gestión y de operación.

De acuerdo a la Arquitectura Nacional de Sistemas Inteligentes de Transporte de Estados Unidos, se identifican 33 servicios a los usuarios y la Organización Internacional de Normalización ISO (International Standard Organization, por sus siglas en inglés) identifica diez áreas, de las cuales ocho se consideran básicas y el resto en fase de investigación.

Las áreas básicas se pueden dividir como:

1. Sistemas Avanzados de Transporte Público (APTS).
2. Sistemas Avanzados de Información al Viajero (ATIS).
3. Sistemas Avanzados de Gestión de Tráfico (ATMS).
4. Sistemas Avanzados de Control Vehicular (AVCS).
5. Sistemas para Operaciones de Vehículos Comerciales (CVO).
6. Sistemas de Seguridad del Tránsito (TSS).
7. Sistemas de Pago Electrónico (EPS).
8. Sistemas de Manejo de Emergencias.

En la fig. 2.2 se muestra la forma en que están estructurados los Sistemas Inteligentes mostrando las relaciones entre los diferentes sistemas, subsistemas, servicios a los usuarios y tecnologías que conforman las tecnologías de los SIT.

A continuación se describirán cada uno de los servicios básicos de los SIT, explicando las características principales.

### **2.3.1 Sistemas Avanzados de Transporte Público (APTS)**

Los sistemas avanzados de transporte público, que en inglés se abrevian y se conocen por las siglas APTS, son un conjunto de sistemas y tecnologías que incrementan la seguridad y la eficiencia de los sistemas de transporte público, además de ofrecer a los usuarios un mayor acceso a la información a cerca de la operación del mismo sistema.

La utilización de los sistemas APTS esta transformando la forma de operar de los sistemas de transporte público, incluso esta cambiando la naturaleza y calidad del servicio de transporte público.

El objetivo primordial de este tipo de sistemas es el de proporcionar a los operadores del transporte público información de calidad, oportuna y confiable, para apoyar la toma de decisiones sobre el sistema, las operación y en consecuencia mejorar el servicio proporcionado a los usuarios.

Los sistemas APTS están conformados a su vez por cuatro subsistemas:

2.3.1.1 Sistemas de Gestión de Flotas.

2.3.1.2 Sistemas de Información al Viajero.

2.3.1.3 Sistema de Pago Electrónico.

2.3.1.4 Sistemas de Gestión de la Demanda de Transporte.

#### **2.3.1.1 Sistema de Gestión de Flotas**

Este tipo de sistemas mejora la eficiencia del sistema de transporte por medio de la reducción de los costos de operación, también mejoran el servicio de transporte a través de un mejor cumplimiento de los horarios.

Los sistemas de gestión de flotas logran su objetivo por medio del uso de tecnología de monitoreo, de la efectividad de la flota en satisfacer la demanda de usuario, de la identificación de incidentes, de la gestión de respuesta y restauración del servicio en forma mas efectiva.

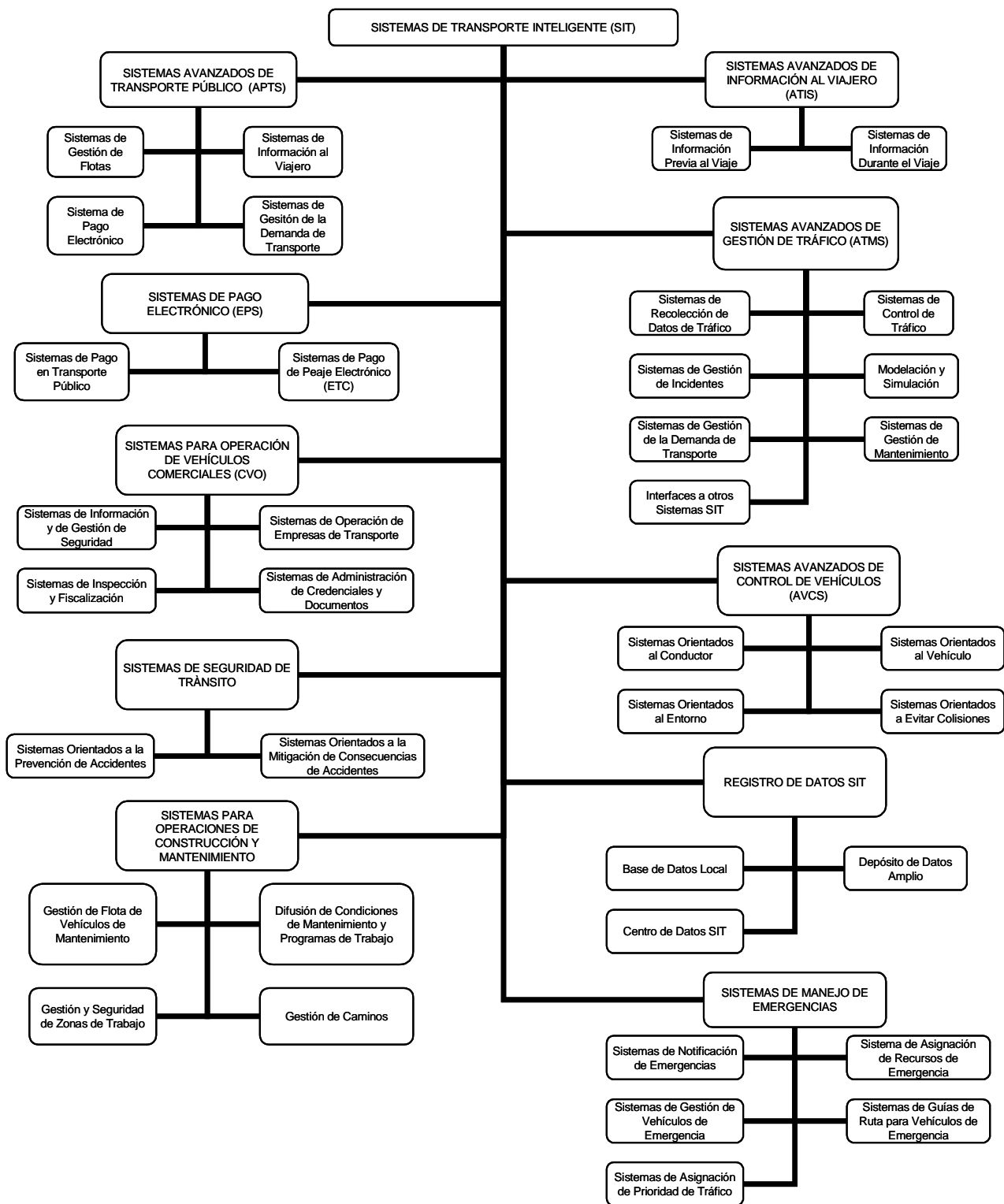


Figura 2.2 Diagrama de estructuración de los servicios que componen los SIT

El tener más información hace ser más eficiente la planificación, los horarios y las operaciones, con lo cual se incrementará la cantidad de usuarios por todas estas mejoras.

### **2.3.1.2 Sistema de Información al Viajero**

Los sistemas de información al viajero proveen información para programar viajes multimodales, guiar al viajero en la ruta, y funciones de apoyo y soporte para viajeros y conductores de todo tipo.

Los sistemas de información al viajero se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- ❖ Sistemas de información previa al viaje
- ❖ Sistemas de información en ruta

En la implementación de los sistemas de información al viajero se usa tecnología muy variada e incluye medios tales como: sistemas de información telefónica, sistemas en terminales y vías, televisión abierta, por cable e interactiva, displays y anunciadores en el vehículo, e internet. Las más recientes aplicaciones en el mundo de sistemas de información de transporte público están integrando sistemas existentes de información de itinerarios con información más dinámica y en tiempo real acerca de tiempo de arribo de autobuses, de retrasos o interrupción del servicio, accidentes, y de recomendaciones de rutas o servicios alternativos. En la fig. 2.3 se presenta un diagrama esquemático de la arquitectura típica de estos sistemas.

### **2.3.1.3 Sistema de Pago Electrónico**

El sistema de pago electrónico se utiliza básicamente para efectuar el pago del pasaje en un modo más conveniente y cómodo para los viajes y para que los proveedores de servicios de transporte hagan una recaudación de ingresos menos costosa.

Este sistema combina medios de pago, tales como tarjetas magnéticas o tarjetas inteligentes, con sistemas de comunicaciones, sistemas de cómputo para el procesamiento de información y sistemas de almacenamiento de datos, con el objetivo de hacer más eficiente el proceso de pago de pasajes.

Las tarjetas pueden ser utilizadas como medios de pago para viajar en autobuses y metro, estos sistemas también pueden ser usados para información en tiempo real de la demanda para una mejor planificación e itinerarios de servicios.



Figura 2.3 Sistema de Información al Viajero

#### 2.3.1.4 Sistema de Gestión de la Demanda de Transporte

Estos sistemas se refieren a un conjunto de técnicas y programas empleados por los operadores, administradores y organizaciones de transporte, incluso por la comunidad, para manejar y utilizar en forma mas efectiva la capacidad de la infraestructura existente.

El objetivo de la gestión de la demanda es maximizar la capacidad de la red de transporte existente para enfrentar el incremento de la demanda por los servicios de transporte.

Las técnicas y programas utilizan tecnologías avanzadas para monitorear la capacidad de la infraestructura y manejar el sistema en tiempo real y también proporcionar información y estímulos a los viajeros para encontrar soluciones alternativas al viaje de solo una persona por vehículo.

Un ejemplo de este tipo de programas son las pistas HOV (High Occupancy Vehicle) las que permiten que sean ocupadas solo por vehículos que transportan a 2 o más pasajeros.

### **2.3.2 Sistemas Avanzados de Información al Viajero (ATIS)**

Los sistemas avanzados de información al viajero (ATIS) por sus siglas en inglés son sistemas multimodales y soportan varias categorías de conductores y viajeros, en este tipo de sistemas se utilizan diferentes tecnologías para informar al usuario acerca de carreteras, red de transporte público y cualquier otra información importante para el viaje.

Esta información ayuda al usuario a seleccionar su modo de viaje (automóvil, metro o autobús), ruta y hora de partida, el itinerario y estado del transporte público puede obtenerse a partir de los sistemas de gestión de transporte público, la mayoría de la información de carreteras vías y caminos es recolectada por equipamiento de vigilancia (detectores vehiculares, cámaras de TV, sistemas AVL) y es procesada por computadora en los centros de gestión de transporte para ser distribuidos a los sistemas de información al viajero.

Otro tipo de información proporcionada por estos sistemas puede ser de naturaleza estática, tales como mapas, información de servicios de emergencia, información de servicios al automovilista, atracciones turísticas y servicios, las tecnologías para requerir, recibir e interactuar con toda esta información puede estar localizada en la casa oficina, vehículo particular, vehículo comercial, vehículo de transporte público, paradero o estación de transporte público, o en el caso de dispositivos de comunicación personal pueden viajar con la persona.

Los sistemas de información al viajero brindan información para programar viajes multimodales, guiar al viajero en la ruta y funciones de apoyo y soporte para viajeros y conductores de todo tipo.

Las funciones típicas que realizan los ATIS son las siguientes:

- ❖ Planificaciones de viajes multimodales: Proporciona información regional, global y asistencia al viajero de transporte particular (automóviles) y de transporte público tradicional.

- ❖ Servicios en información de guía para el viaje: es una guía en línea autónoma o dinámica (información en tiempo real) que permite programar la ruta, provee instrucciones paso a paso y asistencia general de navegación.
- ❖ Funciones de consulta y soporte: son avisos y sugerencias que pueden incluir advertencias de incidentes, avisos de retardos, tiempo de viaje anticipado a destino (estimado en tiempo real) siguiente conexión intermodal (por ejemplo paradero de autobuses o estación de metro), aviso de condiciones de viaje adversas, adherencia a itinerario, restricciones a vehículos comerciales (altura, peso), información y estado de estacionamientos, próximos peajes, etc.
- ❖ Interfaces con sistemas de Gestión de tráfico y sistemas de Gestión de transporte: Se requiere obtener la información necesaria para alimentar el sistema ATIS del sistema de gestión de tráfico se obtiene información sobre el tráfico actual, incidentes e información de carreteras, del sistema de gestión de transporte se obtiene información de itinerarios y del estado general del transporte público.

En el empleo de los sistemas de información al viajero se utiliza tecnología muy variada e incluye medios tales como: sistemas de información telefónica, sistemas en terminales y vías, televisión abierta, por cable e interactiva, displays y anunciadores en el vehículo e Internet.

Las aplicaciones mas recientes en el mundo de sistemas de información de transporte publico están integrando sistemas existentes de información de itinerarios con información mas dinámica y en tiempo real acerca de tiempo de arribo de autobuses, de retrasos o interrupción del servicio, accidente y de recomendaciones de ruta o servicios alternativos.

Por lo regular estos dispositivos se encuentran instalados en lugares tales como terminales de transporte de pasajeros, paraderos, aeropuertos y puntos de transbordo tales como metro o tren ligero.

Los sistemas de información al viajero se componen por dos subsistemas, que son:

### **2.3.2.1 Sistema de información Previa al Viaje**

Los sistemas de información previa al viaje entregan información sobre carreteras y vías, información sobre recorridos, itinerarios y tarifas de transporte público, con el objeto que el

usuario pueda usar esta información para planificar su viaje. Planificación que incluye cual ruta tomar, qué modo de transporte utilizar, y a qué hora comenzar el viaje.

Esta información de apoyo a la planificación del viaje puede ser accedida desde distintos lugares a través de diferentes medios tecnológicos. En efecto, el usuario puede acceder a este sistema desde su casa, su lugar de trabajo, en un paradero o estación de transporte público, o estaciones intermodales. Este sistema también puede soportar una planificación completa de su itinerario por parte del viajero, aún cuando en el viaje se involucre a más de un modo.

El principal foco en la entrega de información al usuario se centra en el soporte a las decisiones y a la regulación de las conductas de viaje. Esto requiere de información precisa, oportuna y confiable antes del inicio del viaje. Teléfonos, computadoras personales, pagers, ordenadores digitales personales (PDA) y sistemas de recuperación automática de datos son ejemplos de interfaces humanas a través de las que el usuario puede acceder a la información, y así influenciar positivamente el comportamiento del viajero, o desde otro punto de vista, mejorar el servicio de transporte al usuario.

Los operadores de transporte público han realizado esfuerzos importantes en mejorar el tiempo y la comodidad de acceso a la información por parte del usuario.

La información típica que entregan los sistemas de información previa al viaje pueden ser del tipo estática o dinámica.

La información estática que entregan estos sistemas es:

- ❖ Obras en construcción o a ser construidas, y actividades de mantenimiento que puedan reducir la capacidad de flujo de tráfico de un camino o sección de camino; o que pueda impactar la frecuencia del servicio de transporte público.
- ❖ Eventos especiales que puedan generar aumentos significativos en el tráfico en un camino o en una sección de un camino.
- ❖ Información de peajes (ubicación, costo, opciones de pago).
- ❖ Información de transporte público (tarifas, itinerarios, opciones de compra de pasajes, rutas).
- ❖ Información intermodal (conexiones, servicios).
- ❖ Regulaciones de vehículos comerciales (altura máxima, peso máximo, transporte de materiales peligrosos).

- ❖ Información de estacionamientos (ubicación, costo).
- ❖ Información de tipo páginas amarillas (servicios, atracciones turísticas, hospedaje, comida, etc.).
- ❖ Instrucciones para llegar a destino.

La información dinámica o en tiempo real que usualmente se provee es:

- ❖ Condiciones de carreteras y vías asociada con retardos en el viaje, tales como congestión, ubicación de colas, y localización de incidentes.
- ❖ Potenciales rutas alternativas que puedan facilitar el viaje, particularmente en el evento de un cierre temporal de alguna pista o vía.
- ❖ Sugerencias ante condiciones climáticas adversas como nieve, hielo, niebla, que puedan impactar en el viaje.
- ❖ Adherencia del transporte público al horario.
- ❖ Estado de los estacionamientos (disponible / no disponible).
- ❖ Estimación anticipada del tiempo de viaje a destino

### **2.3.2.2 Sistema de Información Durante el Viaje**

Los sistemas de información en ruta proveen de información sobre las condiciones del camino, y del transporte regional en general, mientras se efectúa el viaje.

Básicamente los sistemas de información en ruta, se pueden clasificar en los siguientes tres tipos:

- ❖ Sistemas en las paradas y estaciones de transporte público, en las vías, carreteras y ejes vehiculares.
- ❖ Sistemas al interior del vehículo (automóviles, autobuses o trenes).
- ❖ Sistemas personales.

Dependiendo de los tipos de sistemas, de acuerdo a la clasificación anterior, son los dispositivos utilizados para presentar la información al viajero.

Los sistemas de información en las vías y ejes vehiculares hacen uso de letreros de mensajes variables y de radioemisoras de corto alcance que pueden ser sintonizadas por los radioreceptores AM/FM de los vehículos. La información que proveen estos dispositivos es acerca de congestión de tráfico, ubicación de incidentes y obras,

información meteorológica, y eventos especiales que puedan impactar el viaje en una sección particular del camino.

Los sistemas al interior del vehículo pueden entregar información al conductor y a los pasajeros, en el caso de vehículos de transporte público.

La información típica que entregan los sistemas de información en ruta puede ser del tipo estática o dinámica. La información estática que entregan estos sistemas coincide con la utilizada en los sistemas de información previa al viaje.

La información dinámica o en tiempo real que usualmente se provee es similar a la utilizada en el sistema de información previa al viaje, con la diferencia que durante el viaje los sistemas nos proporcionan la identificación de la siguiente parada o interconexión modal a bordo del autobús o tren.

### **2.3.3 Sistemas Avanzados de Gestión de Tráfico (ATMS)**

Los Sistemas Avanzados de Gestión de Tráfico (ATMS en inglés) corresponden a la integración de diferentes tecnologías, maduras y emergentes, de gestión y control de tráfico, con el objetivo principal de manejar y gestionar en forma dinámica las condiciones del tráfico en una región.

Los sistemas ATMS son una colección de tecnologías de hardware y software, que se instalan en las vías, en centros de operación y control de tráfico, y eventualmente a bordo de los vehículos.

A continuación se enumeran las características más relevantes de estos sistemas:

- ❖ Incorporan diferentes elementos y componentes de diferentes tecnologías asociadas al monitoreo, supervisión, control, gestión, mantenimiento y de planificación del tráfico, y las integra en forma unificada desde el punto de vista operacional.
- ❖ Recolectan información de tráfico, de detección y vigilancia en tiempo real.
- ❖ Gestión y administración integrada de diferentes funciones tales como gestión de demanda, control de señales y medición de rampas.

- ❖ Respuesta rápida a incidentes y provisión de acciones colaboradoras a otras organizaciones de gestión de transporte, de tal forma de otorgar respuestas integradas.
- ❖ Estrategias de gestión de tráfico proactivo incluyendo guía en la ruta y planificación previa al viaje.
- ❖ Provee interfaces a otros sistemas SIT, tales como APTS, CVO, ATIS y AVCS.
- ❖ Provee interfaces a otros sistemas no-SIT, tales como policía, bomberos y municipalidades.
- ❖ Uso de una plataforma de comunicaciones común con el fin de facilitar compartir datos, coordinación y políticas comunes a través de una región determinada, que puede incluir varios municipios.
- ❖ Integración entre los sistemas de control de tráfico de arterias y calles con los sistemas equivalentes para autopistas.
- ❖ Provee de herramientas de monitoreo del estado operativo de los sistemas de campo, como controladores, lámparas, detectores, comunicaciones, y otros equipos.
- ❖ Provee un ambiente integrado entre los sistemas de control de tráfico y los servicios de emergencia.
- ❖ Soporte eficiente de las operaciones de mantenimiento a través de la integración de sistemas de administración del mantenimiento.
- ❖ Provee la capacidad de intercambiar información de flujo de tráfico, operación de sistemas, información de mantenimiento, comandos de control y mensajes con otras regiones, jurisdicciones y agencias.
- ❖ Provee de una gran cantidad de datos, los que pueden ser accedidos por herramientas estándares de análisis y de administradores de base de datos, con fines de gestión.
- ❖ Provee de interfaces de usuarios gráficos (GUI), lo cual otorga una perspectiva y visión global del tráfico.

A continuación se describen las funciones (que a veces varias de ellas forman un sistema, y otras una por sí sola da origen a otro sistema) que realizan los sistemas ATMS.

- ❖ Sistemas de vigilancia y recolección de información. Corresponden a los sistemas que permiten recolectar la información de tráfico en tiempo real. Esta información es

capturada por sensores, y enviada a través de sistemas de comunicaciones al centro de gestión de tráfico. Existe una variada tecnología de sensores, tales como detectores por lazos inductivos, cámaras de video, infrarrojos, entre otros.

- ❖ **Sistemas de control.** Corresponde a una funcionalidad fundamental de un ATMS, que es el control de tráfico de una red. El control de tráfico es realizado a través del control en tiempo real de los ciclos de los semáforos, control adaptivo de autopistas (por ejemplo, rampas de medición), tratamiento especial a vehículos de emergencia y de transporte público, y el control de uso de pistas. Otra forma de intervenir y controlar el tráfico es a través de los sistemas de información al viajero.
- ❖ **Detección y manejo de congestión no recurrente (incidentes).** Una proporción importante de congestión vehicular es producida por accidentes u otro tipo de incidentes en las vías. Luego una funcionalidad muy importante de los sistemas ATMS será la detección y el manejo de incidentes. Esta función involucra elementos o componentes de vigilancia, monitoreo, control y soporte a toma de decisiones. Las acciones de control o de manejo de esta situación se canalizan a través de la coordinación con otras organizaciones (por ejemplo, policía, grúas, etc.), envío de mensajes a letreros de mensajes variables, información de rutas alternativas vía sistemas ATIS, o vía estaciones de radio o televisión.
- ❖ **Soporte a las decisiones.** Estas funciones se componen de simulaciones y modelos de tráfico, los que se orientan al soporte de decisiones operativas, y también de apoyo a la planificación. En general, los modelos orientados a la operación, o modelos on-line requieren de gran rapidez de ejecución y obtención de resultados, de tal forma de usarlos en la toma de decisiones en tiempo real. Los modelos orientados a la planificación, o modelos off-line, son menos exigentes en rapidez de ejecución, pero es altamente beneficioso que estos modelos empleen en sus simulaciones datos reales administrados y almacenados por el resto de las funciones del sistema ATMS.
- ❖ **Administración integrada de datos.** Los datos recolectados desde diferentes fuentes de información y procesados por las diferentes funciones que componen un sistema ATMS son administrados por un administrador de base de datos. Dada la naturaleza de los sistemas ATMS (tipos de datos y fuentes de información variadas) las estructuras de las bases de datos deben estar unificadas o integradas. Otras

tareas como el respaldo o recuperación de información, también son realizadas por esta función.

- ❖ Interfaces a otros sistemas SIT. Los sistemas ATMS constituyen el núcleo de los sistemas SIT que se relacionan o impactan la gestión de tráfico. Para una operación coordinada y eficiente de la gestión de tráfico, y aumentar la inteligencia de los sistemas SIT en general, se requiere que los sistemas se interconecten entre sí, de acuerdo a una arquitectura nacional y regional SIT, y de acuerdo a los estándares definidos para tales efectos. El grado de interrelación y comunicación más fuerte se presentará con los sistemas ATIS, pues a través de estos sistemas se podrá enviar información de navegación y rutas alternativas a los viajeros. También los sistemas ATMS tienen que comunicarse con sistemas APTS, CVO y AVCS.

Los sistemas que conforman el ATMS con siete y se describen a continuación:

### **2.3.3.1 Sistema de Recolección de Datos de Tráfico**

Corresponden a los sistemas que permiten recabar la información de tráfico en tiempo real, esta información es capturada por sensores y enviada a través de sistemas de comunicaciones al centro de gestión de tráfico.

Existe una variada tecnología de sensores, tales como detectores por lazos inductivos, cámaras de video, infrarrojos, entre otros.

Las tecnologías empleadas para recolectar los datos de tráfico que alimentan de información al sistema ATMS puede ser una o una combinación de las siguientes tecnologías:

- ❖ Detectores vehiculares de lazos inductivos (sensores)
- ❖ Detección vehicular basada en video y en CCTV
- ❖ Detección vehicular basadas en sensores infrarrojos
- ❖ Detección vehicular basada en microondas
- ❖ Observación directa (policías, obras públicas, etc.)
- ❖ Vehículos sonda
- ❖ Vigilancia aérea
- ❖ Viajeros informan a través de teléfonos de emergencia o celulares

Los datos de tráfico obtenidos por alguna de las tecnologías antes mencionadas, deben ser transmitidos al centro de operación y gestión de tráfico, a través de un sistema de comunicaciones. Las tecnologías de comunicaciones usualmente utilizadas son:

- ❖ Radio
- ❖ Microondas
- ❖ Línea telefónica digital
- ❖ Línea telefónica discada
- ❖ Fibra óptica

### **2.3.3.2 Sistema de Gestión de Incidentes**

La detección y gestión de incidentes se basa en los datos recolectados por el sistema de recolección y vigilancia. Estos datos son procesados por algoritmos de detección de incidentes. Estos algoritmos comparan las condiciones del flujo de tráfico actuales con parámetros patrones de condiciones de incidentes. Estos algoritmos trabajan con información numérica provista por los sensores de terreno, como también con las imágenes provistas por las cámaras de videos. Sólo una fracción de la totalidad de incidentes ocurridos en una región es detectada automáticamente. El resto de los incidentes es informado a través de llamadas de motoristas, patrullas de policías o reporteros de estaciones de radio o televisión.

El manejo de la situación ante la ocurrencia de un incidente generalmente descansa en el criterio y buen juicio del operador del centro de gestión de tráfico, el cual normalmente se apoya en procedimientos predefinidos ante situaciones típicas. El operador se puede apoyar en modelos de tráfico para validar determinadas acciones o decisiones.

Entre las acciones que puede tomar el operador se cuenta el llamar a vehículos de emergencia, o vehículos de asistencia en ruta, ejecutar acciones coordinadas con otros centros de control de tráfico o transporte en general, enviar mensajes a los sistemas de mensajes variables o a los sistemas de información al viajero, o modificar la programación de los ciclos de los semáforos involucrados en el incidente

### 2.3.3.3 Sistema de Gestión de la Demanda de Transporte

La mayoría de las funciones de un sistema ATMS están orientadas a la gestión de la demanda, ya que en definitiva el tráfico es una de las expresiones en la que se traduce la demanda de transporte. Sin embargo, pueden existir algunas funciones más específicas orientadas a la implantación de estrategias de Gestión de la Demanda de Transporte (TDM), como por ejemplo, fiscalizar y gestionar el uso efectivo de pistas HOV (High Occupancy Vehicle), o vías exclusivas para transporte público, entre otras.

### 2.3.3.4 Interfaces a otros sistemas SIT

Los sistemas ATMS deben formar parte de una arquitectura nacional y regional SIT la cual regula con qué sistemas y cómo deben conectarse entre sí. Para esto se hace uso intensivo de las tecnologías de comunicaciones, las que pueden ser alámbricas o inalámbricas.

Los sistemas con los cuales los sistemas ATMS están relacionados son:

- ❖ Sistemas de información al viajero (ATIS)
- ❖ Otros centros de control de tráfico
- ❖ Centros de operaciones de flotas de vehículos de transporte público
- ❖ Centros de despacho de vehículos comerciales
- ❖ Sistemas de peaje electrónico
- ❖ Centros de operaciones de vehículos de emergencia

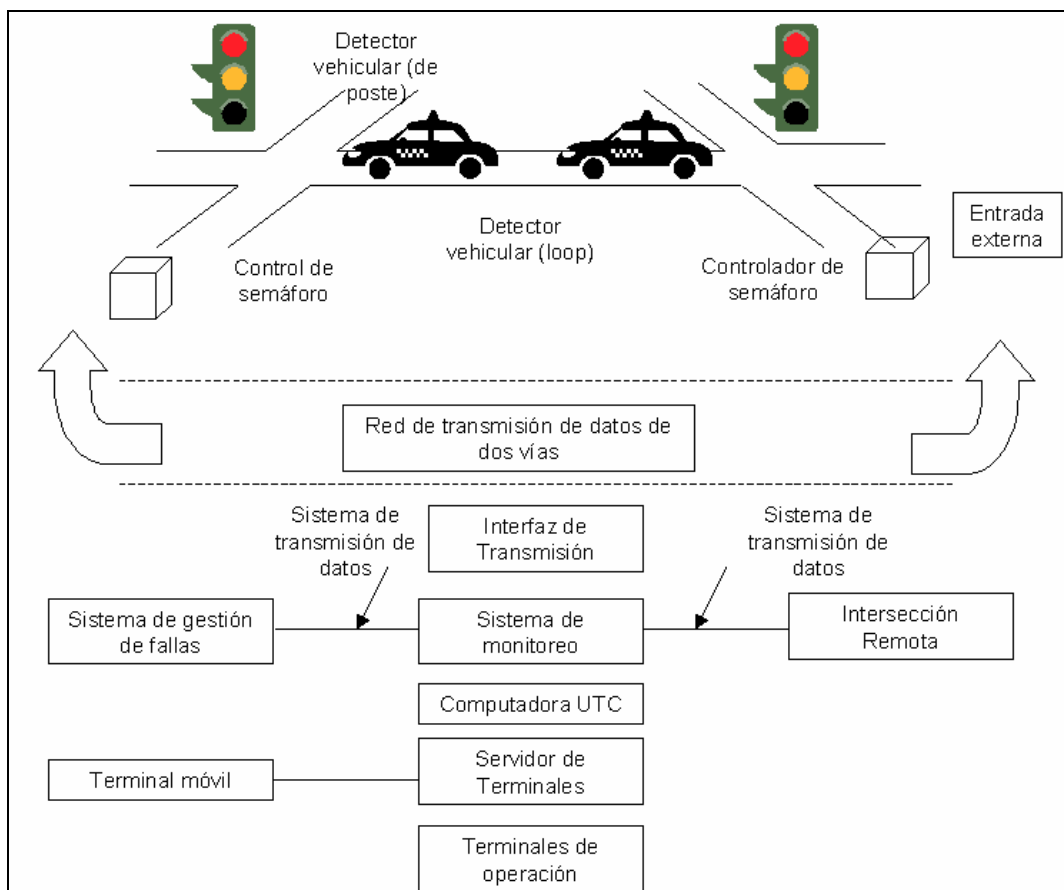
Adicionalmente los centros de gestión de tráfico establecen canales de información no estructurados con otras instituciones, tales como:

- ❖ Policía
- ❖ Municipalidades
- ❖ Obras públicas
- ❖ Motoristas
- ❖ Radios y canales de televisión

En la fig. 2.4 se muestra un diagrama esquemático de un sistema de control de tráfico urbano.

### 2.3.3.5 Sistema de Gestión de Mantenimiento

Una de las funciones más importantes que debe realizar un centro de gestión de tráfico es el mantenimiento de los equipos y sistemas ATMS instalados en las vías y en el centro de operaciones. La reparación rápida de los equipos de vigilancia, de recolección de información y control es clave para el buen funcionamiento de los sistemas ATMS y la gestión de tráfico.



**Figura 2.4 Sistema de Control de Tráfico Urbano**

### 2.3.3.6 Modelación y simulación

Aunque la visualización gráfica, pantallas, informes y cálculos estadísticos constituyen herramientas muy usadas y muy poderosas de soporte a la toma de decisiones, no serán

materia a tratar en este punto, puesto que estas herramientas se proveen como parte integrante de los diferentes sistemas y tecnologías que constituyen los ATMS. Aquí se considerará que las herramientas de modelación y simulación constituyen en sí mismas sistemas de apoyo a la toma de decisiones.

❖ Modelación y simulación on-line

La mayor parte de los modelos para la simulación de tránsito y tráfico están orientados a ser ejecutados en forma off-line, lo cual hace muy dificultoso utilizar estos modelos para apoyarse en la toma de una decisión operativa. Esta dificultad nace del hecho que estos modelos son intensivos en cantidad de datos de entrada que requieren para ser ejecutados, y a que en general sus estructuras de datos no están integradas a los sistemas en tiempo real.

Modelos on-line son utilizados como apoyo a la gestión de incidentes, los que consisten en sistemas expertos que administran una serie de reglas, que fueron definidas y pobladas sobre la base de la experiencia de un operador experimentado.

Modelos que permiten evaluar el uso de rutas alternativas ante la ocurrencia de incidentes, también son utilizados.

❖ Modelación y simulación off-line

Los modelos fuera de línea utilizada en los sistemas ATMS están orientados a la optimización de planes de tiempo de los semáforos de las intersecciones, sobre la base de mediciones de flujos vehiculares.

Existe una cantidad importante de modelos de tráfico para ser ejecutados fuera de línea. Diversas organizaciones en el mundo han desarrollado este tipo de modelos. La mayoría de estos modelos requieren de una gran cantidad de datos de entrada, y en general son poco amistosos, lo cual hace que para realizar trabajos de simulación se requieran personal especializado para operarlos, en particular de ingenieros de tráfico.

Los modelos más conocidos son el TRANSYT (Traffic Network Study Tool), PASSER (Progression Analysis and System Evaluation Routine), MAXBAND (Maximal Bandwidth), y SOAP (Signal Optimization Arterial Package). Todos ellos presentan una carencia de integración con los datos que maneja el resto de los sistemas ATMS.

#### ❖ Administración de datos

En general los sistemas ATMS, en particular los sistemas de control de tráfico, que son el corazón de los ATMS, manejan los datos en tiempo real a través de administradores o estructuras propietarias. El motivo principal radica en las altas exigencias de performance y precisión en el tiempo en el acceso de los datos en tiempo real. No obstante, los fabricantes están proveyendo de las API (Application Programming Interface) correspondientes para realizar la interfaz desde ambientes de aplicación a las bases de datos propietarias, y también hacia las bases de datos estándares del mercado, tales como Oracle, Informix, Sybase, SQL Server, entre otras.

La tendencia en este aspecto, será que los centros de control de tráfico considerarán dentro de su red de sistemas ATMS un servidor de datos, en el cual residirá la información proveniente de los diversos sistemas, pero en un formato y estructuras de datos compartidas por todas ellas y por administradores de datos estándares del mercado.

#### **2.3.3.7 Sistema de Control de Tráfico**

En los sistemas de control de tráfico, se pueden distinguir dos niveles funcionales: el primer nivel que es el que provee la plataforma tecnológica base y funcionalidad base de captura, visualización, supervisión y procesamiento de la información de tráfico, que en el caso urbano se llama sistemas UTCS (Urban Traffic Control Systems); y el segundo nivel, que es el que realiza el control propiamente tal, fig. 2.4.

El primer nivel está constituido por hardware y software; los que se alimentan de información proveniente del sistema de recolección de datos. El segundo nivel es esencialmente software en el que se encuentran programados los algoritmos de control.

Los algoritmos de control dinámico más conocidos son SCOOT (Split Cycle Offset Optimisation Technique), desarrollado por TRL (Transport Research Laboratory) y SCATS (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System) desarrollado por TRA Traffic Technology.

Para el caso urbano los algoritmos de control conocidos son: control de intersecciones por planes de tiempo fijo, control de intersecciones por semi-actuación o actuación total, control dinámico de las intersecciones por medio de SCOOT o SCATS.

El control de intersecciones por planes de tiempo fijo se refiere a la determinación del ciclo de los semáforos de una intersección dependiendo de la hora del día, y del día de la semana. El ajuste de los ciclos se realiza fuera de línea, y después de una campaña de medición de flujos de tráfico, y de una optimización de los ciclos por medio de la herramienta TRANSYT.

El control de intersecciones por semi actuación o actuación total de los semáforos consiste en que las fases del ciclo del semáforo serán activadas dependiendo de la presencia de vehículos por algún acceso a la intersección. Es un control esencialmente local.

El control dinámico de intersecciones se basa en algoritmos inteligentes en línea, y sobre la base de información en tiempo real, que tienden a optimizar la operación de tráfico de una red de intersecciones (o semáforos).

Para el caso interurbano o de control de tráfico aplicado a carreteras, se usa las mediciones de rampas (ramp metering) como la principal estrategia de control del tráfico. Estos dispositivos consisten en regular en forma automatizada el ingreso de nuevos vehículos a las carreteras desde las rampas de acceso. Para realizar esto, se mide el flujo de tráfico en la carretera, el largo de la cola de espera en el acceso, y sobre la base de esta información se acciona un semáforo que otorga el acceso a los vehículos a las pistas principales de la carretera.

#### **2.3.4 Sistemas Avanzados de Control de Vehículos (AVCS)**

Los Sistemas Avanzados de Control de Vehículos, que en inglés se abrevian y se reconocen por las siglas AVCS o IVS (Intelligent Vehicle Systems), son en realidad un conjunto de sistemas y tecnologías en desarrollo, orientados a aumentar principalmente la seguridad y, en segundo término, la eficiencia y comodidad en la conducción de los vehículos motorizados, por intermedio de la asistencia y recomendación a los conductores sobre las mejores decisiones de conducción y adicionalmente, por la intervención directa en ciertas maniobras de la conducción misma.

El objetivo de este tipo de tecnología es, por un lado, el proveer a los conductores de vehículos motorizados de recomendaciones, sugerencias e información de calidad, oportuna, confiable, amigable y asimilable, que sirvan para apoyar la toma de decisiones óptimas en la conducción del vehículo; y por otro lado, tomar acciones directas sobre los

sistemas del vehículo (dirección, frenos, acelerador, luces, etc.) orientadas fundamentalmente a mejorar la seguridad de las personas y vehículos (evitar accidentes).

Este tipo de sistemas podrá ser aplicado a vehículos livianos (automóviles, camionetas), vehículos de carga (camiones), vehículos de transporte público (autobuses urbanos, interurbanos) y vehículos especiales (ambulancias, carro de bomberos, vehículos de trabajo pesado, etc.). Cada una de las plataformas indicadas, podrá hacer uso de un subconjunto de funcionalidades de los sistemas AVCS.

Entre los principales beneficios que se logran mediante la aplicación de la tecnología AVCS o IVS, se pueden mencionar los siguientes:

- ❖ Aumento de la seguridad (conductores, pasajeros y peatones) en la conducción de vehículos
- ❖ Disminución de accidentes en ciudad y carreteras
- ❖ Mayor eficiencia (energía y contaminación) en la conducción de vehículos
- ❖ Mejoras en los tiempos de transporte (individuales y colectivos)
- ❖ Mejora en la comodidad de las personas en viaje

De acuerdo a estudios realizados en EEUU, la principal preocupación se centra en la seguridad, por cuanto los accidentes y choques de vehículos sobrepasan los 6 millones cada año, produciendo unas 41,000 muertes.

La estadística anterior se divide en lo siguiente:

- ❖ Colisiones traseras: 26%
- ❖ Colisiones en intersecciones de calles: 29%
- ❖ Colisiones por cambio de pista: 4%
- ❖ Colisiones por salidas del camino: 19%

Según las estimaciones de la NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration, Agencia Nacional de Seguridad y Tránsito en Carreteras), la aplicación de tecnologías AVCS o IVS, podría significar los siguientes beneficios:

- ❖ Colisiones traseras: Una disminución de un 49%
- ❖ Colisiones en intersecciones de calles: Requiere infraestructura adicional a la de los vehículos, que trabaje coordinadamente. Con este supuesto, se podrían controlar el 100% de los casos.
- ❖ Colisiones por cambio de pista: Una disminución de un 95%

- ❖ Colisiones por salidas del camino: Una disminución de un 38%

Todos los beneficios anteriores corresponden a estimaciones, por cuanto este tipo de tecnologías todavía no está disponible o está en etapa de pruebas piloto

En general, el desarrollo de los sistemas AVCS se ha orientado a los siguientes sistemas, subsistemas o aplicaciones:

### **Sistemas orientados al Conductor**

- ❖ Sistema para evaluar la condición del conductor
- ❖ Sistema de monitoreo y aprendizaje del comportamiento del conductor

### **Sistemas orientados al Conductor - Entorno**

- ❖ Telemática y Servicios en Línea

### **Sistemas orientados al Vehículo**

- ❖ Sistema de Control Adaptivo de Luces
- ❖ Display de fuerza de frenado

### **Sistemas orientados al Vehículo - Entorno**

- ❖ Sistema de monitoreo de condición del camino
- ❖ Sistemas para medir/mejorar la visibilidad del conductor

### **Sistemas orientados al Conductor - Vehículo**

- ❖ Sistema de control adaptivo (activo) de circulación
- ❖ Sistema de Detención & Movimiento de vehículos para situaciones de tráfico muy lento (congestión vehicular)
- ❖ Asistente de Información de Límites de Velocidad
- ❖ Sistema de Recomendación de Velocidad en Curvas
- ❖ Sistema de Control del Curso del Vehículo
- ❖ Sistema de Administración de la Conducción

### **Sistemas orientados a evitar colisiones**

- ❖ Sistema para evitar las colisiones traseras
- ❖ Sistema para evitar las colisiones por cambio de pista
- ❖ Sistema para evitar colisiones por salida del vehículo del camino
- ❖ Sistema para evitar colisiones en las intersecciones

### **2.3.4.1 Sistemas orientados al Conductor**

Estos sistemas están basados en el monitoreo del conductor y corresponde a tecnología que reside completamente en el vehículo. Es independiente del entorno.

Estos sistemas están formados por los siguientes subsistemas componentes:

- ❖ Sistema para evaluar la condición del conductor

Estos sistemas, que están en investigación, se orientan hacia 2 objetivos que son:

#### 1. Seguridad

Se centran en dispositivos que monitorean al conductor y su control sobre el vehículo y genera avisos si su concentración baja de un cierto nivel. El movimiento de los ojos, la apertura de los párpados, la postura de la cabeza y otras características fisiológicas son indicadores importantes a considerar.

Es posible determinar un deterioro en la conducción no sólo monitoreando al conductor, sino que también por el comportamiento dinámico del vehículo. Es posible tener almacenados perfiles de comportamiento específicos para diferentes conductores.

La implantación de este tipo de sistemas es más conveniente para vehículos que realicen viajes largos y rutinarios.

#### 2. Comodidad

El entorno del conductor se ajusta a las características específicas de cada individuo, ya sea de alta o baja estatura. Unos sensores infrarrojos y unas cámaras se encargan de detectar la posición de los ojos del conductor, adaptando en consecuencia la altura de su asiento, el volante, el suelo, los pedales y la consola central. De esa manera, se logra una posición de conductor que optimiza su capacidad visual, al tiempo que lo sitúa en la posición de mayor seguridad en caso de colisión.

Todos los mandos han sido distribuidos para la obtención de un máximo control por parte del conductor, con lo cual se incrementan las opciones de evitar un accidente. La relajada posición de conducción contribuye igualmente a aumentar el confort, manteniendo más alerta al conductor.

#### ❖ Sistema de monitoreo y aprendizaje del comportamiento del conductor

Este sistema está en investigación y parte de la base de crear un vehículo aún más inteligente, para lo cual no es suficiente focalizarse solamente en parámetros técnicos orientados a asistir al conductor, sino que es necesario censar la "intención" del conductor para hacer más eficiente la operación del resto de los sistemas, adaptándolos a cada situación específica.

La investigación por lo tanto, se centra en cómo incluir el "factor humano" en conceptos apropiados de control.

Básicamente este sistema consiste en "aprender" el comportamiento del conductor, vía evaluación del acelerador, freno, embrague y funciones de conducción, mediante sistemas de "auto-aprendizaje", que se basan en modelos de sistemas neurofisiológicos y psicológicos.

### **2.3.4.2 Sistemas orientados al Entorno**

Estos sistemas están formados por los siguientes dos subsistemas componentes:

#### **2.3.4.2.1 Sistemas orientados al Conductor-Entorno**

Estos sistemas están pensados en entregarle información del entorno al conductor, de manera que pueda tomar las mejores decisiones de conducción. Este tipo de información depende fuertemente de infraestructura externa al vehículo y de los sistemas de comunicaciones. Corresponde a datos referentes a: estado de la carretera, nivel de tráfico, ruta óptima para llegar a un punto definido, etc.

#### **2.3.4.2.2 Sistemas orientados al Vehículo-Entorno**

La pérdida de información de entorno por parte de un conductor, a menudo conduce a situaciones críticas, razón por la cual, estos sistemas buscan entregar al conductor información de este tipo, de una manera comprensible, confiable y oportuna. Este tipo de tecnología reside tanto en el vehículo como en forma externa.

### **2.3.4.3 Sistemas orientados al Vehículo**

Estos sistemas están basados en acciones que puede tomar autónomamente el vehículo, cuando enfrenta ciertas situaciones. Estas acciones pueden ser para facilitar las maniobras de conducción del propio vehículo o para informar a vehículos que circulan detrás de alguna maniobra propia que implique algún riesgo. Corresponde a tecnología que reside completamente en el vehículo.

### **2.3.4.4 Sistemas orientados a evitar colisiones**

Estos sistemas están orientados a aumentar la seguridad de los pasajeros y vehículos y a disminuir los costos involucrados en este tipo de accidentes.

Estos sistemas están formados por los siguientes subsistemas componentes:

- ❖ Sistema para evitar las colisiones traseras
- ❖ Sistema para evitar las colisiones por cambio de pista
- ❖ Sistema para evitar colisiones por salida del vehículo del camino
- ❖ Sistema para evitar colisiones en las intersecciones

### **2.3.5 Sistemas para Operación de Vehículos Comerciales (CVO)**

Las tecnologías SIT orientadas a la Operación de Vehículos Comerciales (CVO, en inglés) permiten la circulación libre y segura de camiones y autobuses por carreteras y caminos de una región, o de una nación, o entre naciones, a través de la automatización de las labores de regulación, fiscalización, inspección por parte de la autoridad de las prácticas de las empresas de transporte. Asimismo incorpora elementos que mejoran la seguridad de los vehículos y carreteras, y aumentan la productividad para las empresas de transporte.

Estas tecnologías abarcan diversos ámbitos relacionados con los vehículos comerciales.

Estos son:

- ❖ Sistemas de seguridad
- ❖ Sistemas de administración de credenciales y documentos

- ❖ Sistemas de inspección y fiscalización
- ❖ Sistemas de operación de las empresas de transporte
- ❖ Sistemas de información y gestión de seguridad

Los sistemas SIT/CVO, que usualmente dan origen a una red de información de nivel estatal o nacional, corresponden a una familia de tecnologías de información y comunicaciones que se aplican a las siguientes áreas o ámbitos de la gestión (privada y pública) de vehículos comerciales, como se ilustra en la fig. 2.5.

### 2.3.5.1 Sistema de Seguridad

Corresponde a programas, servicios y sistemas para garantizar la seguridad del conductor, del vehículo y su carga comercial. Esto incluye inspecciones automatizadas de seguridad en la vía, revisiones a las empresas de transporte, sistemas de información de seguridad, y monitoreo de seguridad a bordo. En la fig. 2.6 se muestra un esquema del funcionamiento.

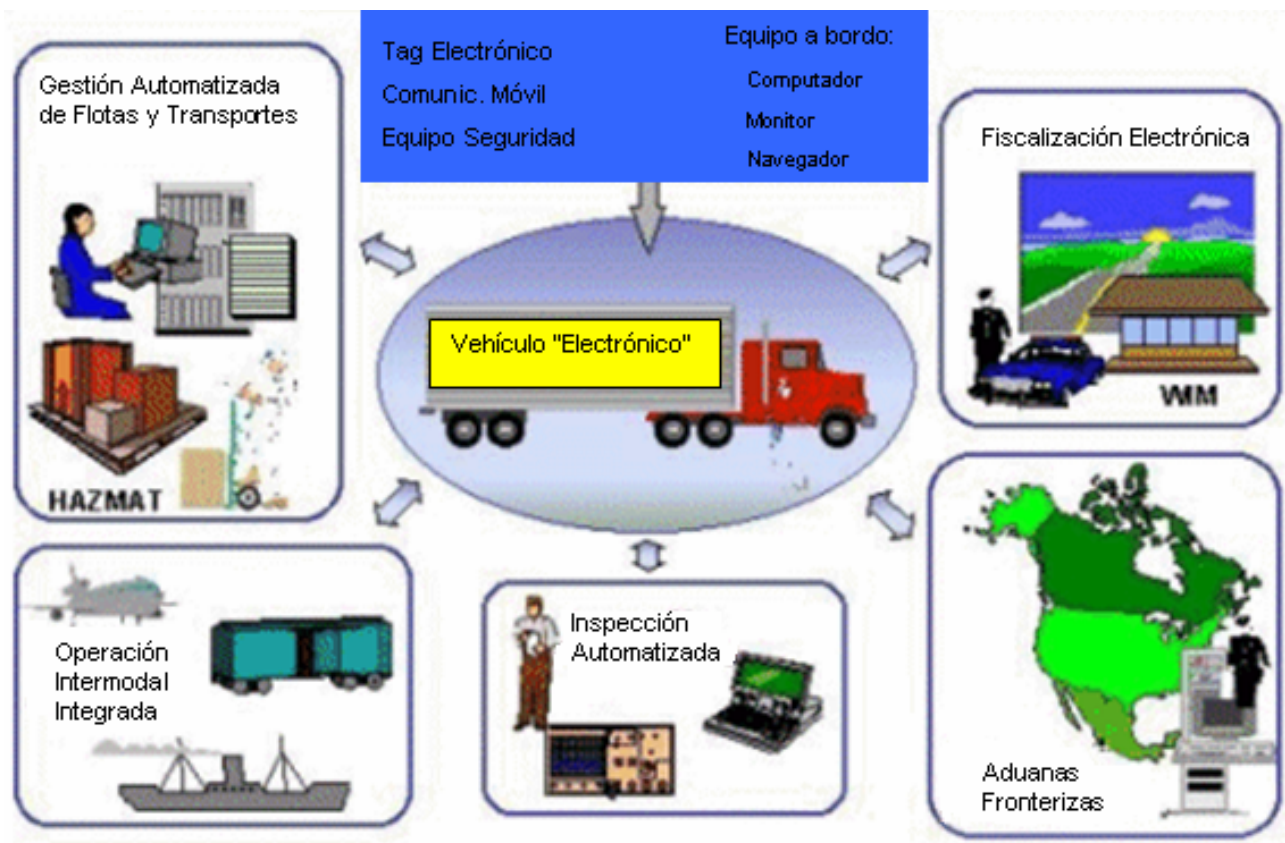
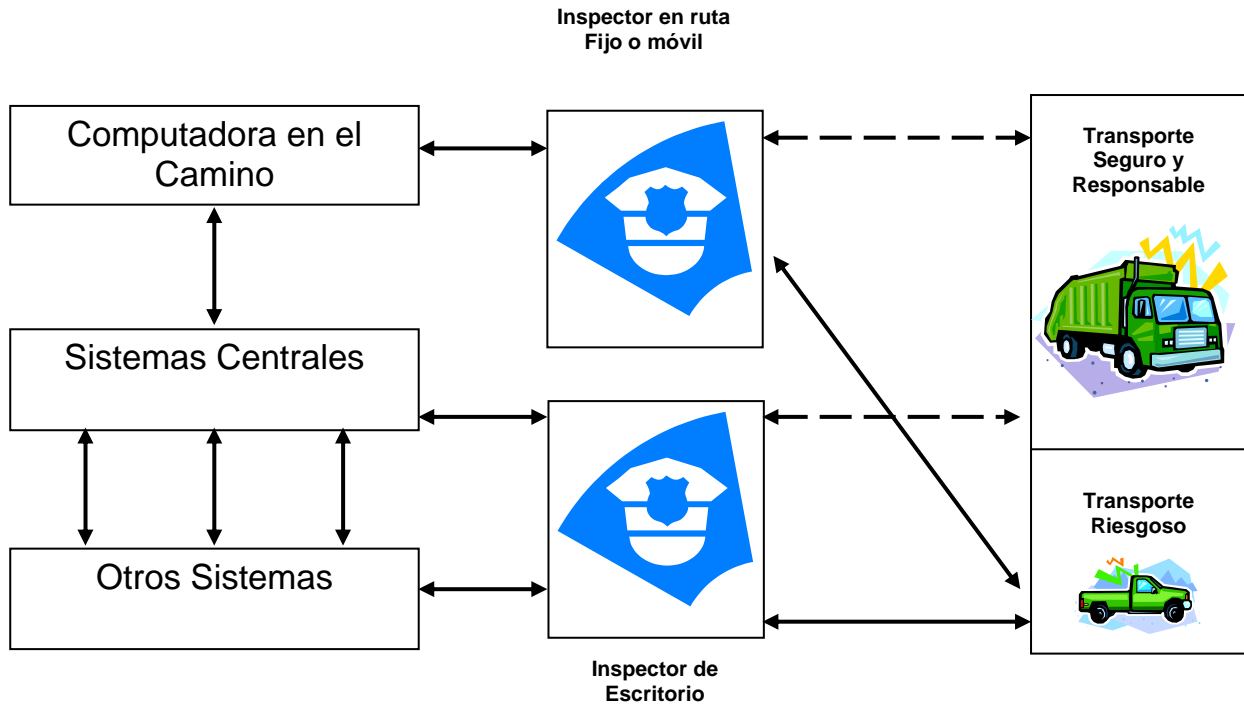


Figura 2.5 Diagrama conceptual de sistemas SIT/CVO



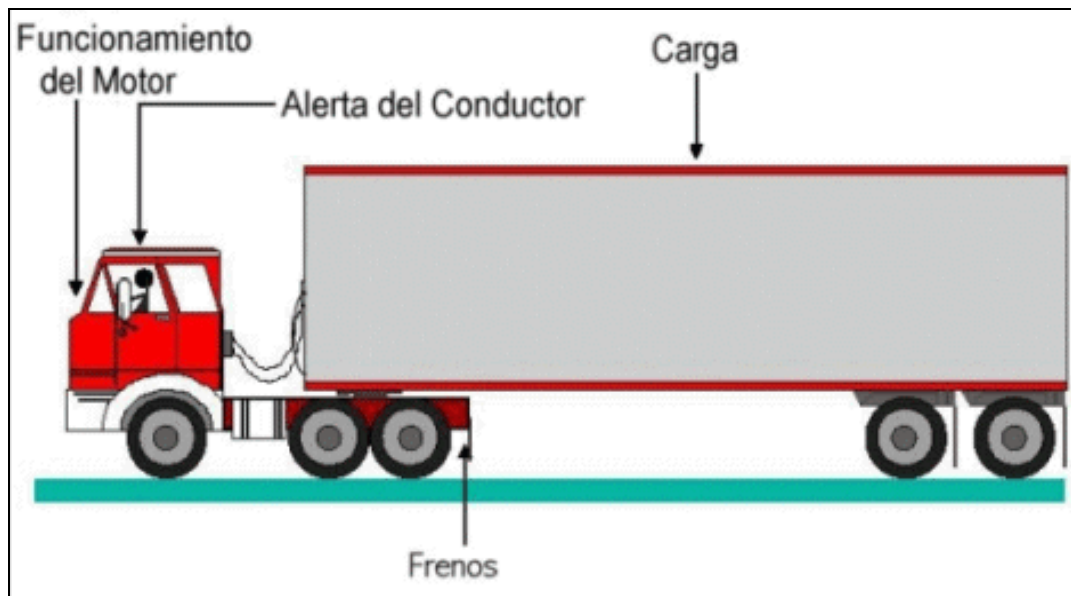
**Figura 2.6 Concepto operacional de los sistemas de seguridad**

### 2.3.5.1.1 Sistema de monitoreo de seguridad del vehículo

Este equipo provee la capacidad de diagnóstico de componentes críticos del vehículo, y de alertar al conductor de peligros potenciales. Estas capacidades están basadas en un conjunto de sensores a bordo para monitorear las condiciones y el comportamiento del vehículo, incluyendo dirección, frenos, aceleración, emisiones, economía de combustible y el desempeño del motor. Los problemas se identifican por medio de un procesador a bordo del vehículo, el cual alerta al conductor, a la flota y/o a los inspectores en la vía, ante una condición seria, como se ilustra en la fig. 2.7.

### 2.3.5.1.2 Sistema de monitoreo de seguridad del conductor

Este sistema provee la capacidad de determinar las condiciones del conductor y avisarle de potenciales peligros. Este equipo incluye sensores que evalúan si la condición del conductor es la apropiada para conducir un vehículo (por ejemplo; capacidad, estado de viveza, etc.).



**Figura 2.7 Sistema de seguridad a bordo**

#### **2.3.5.1.3 Sistema de monitoreo de carga a bordo**

Este sistema provee de la capacidad para monitorear el estado de la seguridad de la carga de tal forma que el personal de fiscalización y de respuesta ante materiales peligrosos pueda tener la información de la carga en forma oportuna y precisa. Este sistema incluye equipamiento a bordo del contenedor de carga, tal como dispositivos de comunicaciones, y para el procesamiento y almacenamiento de la información del material de carga. Este sistema incluye, eventualmente, sensores de temperatura, presión, nivel de carga, y aceleración.

#### **2.3.5.1.4 Sistema de inspección de seguridad en la vía**

Estos sistemas consisten en equipamiento que permiten automatizar el proceso de inspección de seguridad de los vehículos comerciales en las vías. Estos sistemas usualmente incluyen dispositivos tipo "hand held" para capturar y descargar los datos de la inspección en forma oportuna. Estos sistemas también proveen la capacidad para recolectar, almacenar, mantener y proveer datos de seguridad y acceder a los datos

históricos de seguridad de las empresas de transporte, vehículos y conductores. A modo de ejemplo, los datos de seguridad a inspeccionar son el estado de los frenos, fecha de la última revisión técnica, estado del sistema de dirección del vehículo, entre otros.

### **2.3.5.2 Sistema de Administración de Credenciales y Documentos**

Corresponde a programas, servicios y sistemas para mejorar los procedimientos y sistemas de administración de la regulación de las empresas de transporte. Esto incluye solicitud, compra y emisión electrónica de credenciales, así como el pago, informes y archivo automatizado de impuestos.

Estos sistemas permiten fluidizar la administración (por parte de las agencias) y la obtención (por parte de las empresas de transporte) de las credenciales que acreditan el cumplimiento y pago de las obligaciones del transportista que le permiten circular libremente por las vías de un estado o nación. Asimismo facilita el pago y la recaudación de los fondos asociados de las obligaciones e impuestos que certifican dichas credenciales.

Las características más importantes de estos sistemas son:

- ❖ Uso de credencial electrónica, la que unifica en un solo medio toda la información, o al menos identificadores o apuntadores a la información de acreditación de cumplimientos con normativas, obligaciones o pagos. Eventualmente, puede incluir información sobre la operación de carga o transporte que está ejecutando en el momento. Esto elimina una serie de documentos y certificados de papel, y stickers. Esta credencial electrónica también puede ser usada como identificador del vehículo. Como credencial electrónica se utiliza la tecnología de tags o transponders.
- ❖ Pago electrónico de las obligaciones del transportista, las que son certificadas por la credencial electrónica.
- ❖ Permite el intercambio en forma electrónica de fondos de dinero entre empresas de transporte, agencias y estados o regiones.
- ❖ Provee de credenciales de información y de identificación a las autoridades o inspectores oficiales.

- ❖ Interfaces con sistemas bancarios, particularmente con cuentas corrientes, tarjetas de crédito u otros instrumentos de pago.
- ❖ Sistema, que en realidad es una red de nivel estatal y/o nacional.

#### **2.3.5.2.1 Sistema de administración de información de seguridad**

Estos sistemas proveen de información básica de seguridad de empresas de transporte, vehículos y conductores. Esta información es usada y alimentada a su vez por tareas de recopilación, fiscalización, inspección, análisis y comunicación.

Las principales características de estos sistemas son:

- ❖ Manejo de información de seguridad por empresa de transporte, vehículo y conductor. Consolidación de la información proveniente de todas las fuentes.
- ❖ Sistema de nivel estatal y nacional.
- ❖ Posee algoritmos de priorización de revisiones de empresas y de inspecciones de vehículos en la vía.
- ❖ Los tipos de datos que maneja son registro de las empresas de transporte, de sus vehículos y de sus conductores, registro de las revisiones e inspecciones y del cumplimiento o no-cumplimiento con la normativa, registro de accidentes, indicadores de desempeño de seguridad, priorización de las revisiones e inspecciones.
- ❖ Información disponible al público y a la industria en general a través de Internet y/o número telefónico gratuito.
- ❖ Interfaces con otros sistemas, de tal forma de acceder a la información de las licencias de conductores y vehículos, seguros, impuestos, permisos de circulación, revisiones técnicas, entre otros.

#### **2.3.5.3 Sistema de Inspección y Fiscalización**

Corresponde a programas servicios y sistemas para facilitar la verificación del tamaño, peso, e información de credenciales. Esto incluye la inspección automatizada de vehículos comerciales en estaciones de pesaje fijas y cruce de fronteras internacionales.

Estos sistemas permiten realizar las tareas de inspección y fiscalización de vehículos en las vías o en los cruces fronterizos, a través de una selección inteligente de vehículos, de tal forma de inspeccionar sólo aquellos que no cumplen con la normativa, y dejar la circulación (sin detenciones, ni disminución de velocidad) libre a aquellos que respetan la normativa.

La inspección y fiscalización de vehículos comerciales utilizando tecnologías ITS, se usa en las siguientes aplicaciones:

- ❖ Inspección y fiscalización automática de credenciales y peso en las vías
- ❖ Inspección aduanera en fronteras internacionales

### **2.3.5.3.1 Inspección y fiscalización de credenciales y peso en las vías**

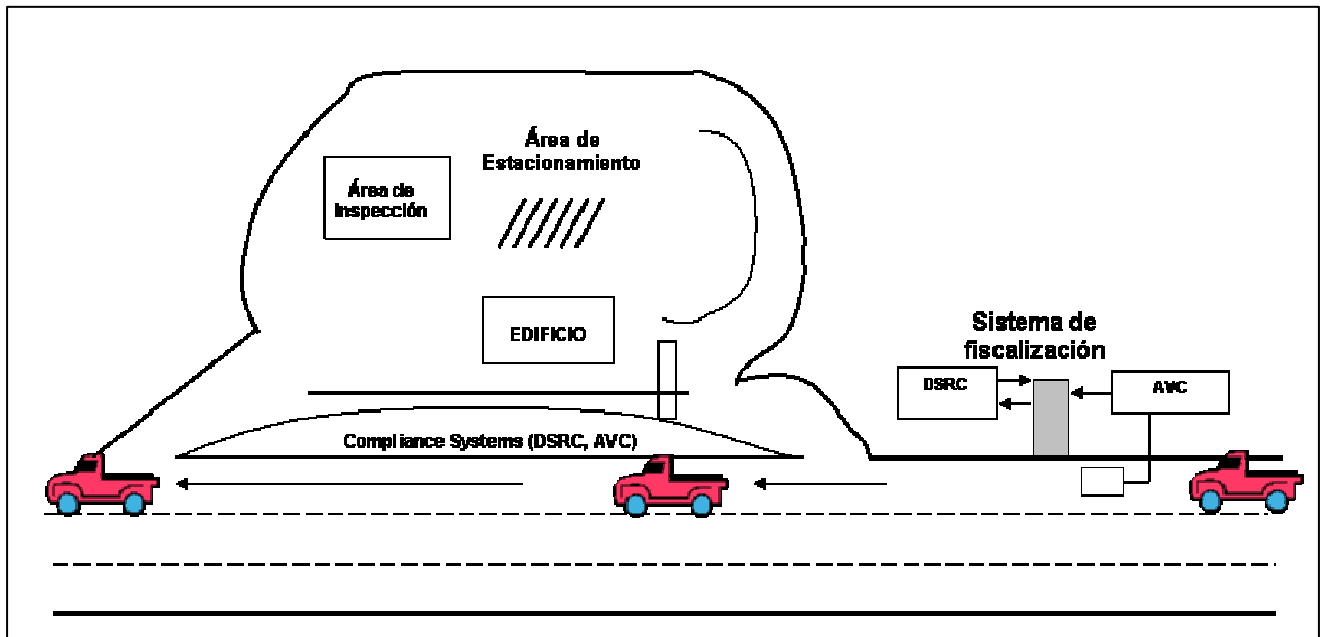
Esta inspección se puede realizar en estaciones fijas o estaciones móviles. Las características más importantes de estos sistemas son:

- ❖ Es clave para el funcionamiento adecuado de la selección inteligente el que los vehículos cuenten con credenciales electrónicas.
- ❖ Los factores que permiten seleccionar un vehículo para ser inspeccionado son:
  - El historial de seguridad del transportista, del vehículo y del conductor.
  - Las condiciones actuales de seguridad del transportista, vehículo y conductor
  - Las credenciales al día, tales como pago de impuestos, permisos, licencias y revisiones técnicas, entre otras.
  - Tamaño y peso, de acuerdo a los límites legales
  - Tipo de carga
- ❖ Para la inspección de pesaje, la tecnología de pesaje en movimiento es la que genera la primera estimación gruesa de peso, y que permite seleccionar a un vehículo para inspeccionar su peso con mayor precisión.

En la fig. 2.8 se ilustra cómo funciona operacionalmente la inspección de vehículos seleccionados en forma electrónica.

Operacionalmente, el vehículo comercial que viene por la carretera es pesado y clasificado (se requiere saber si corresponde a un vehículo comercial y no particular). Si se trata de un vehículo comercial, se identifica el transportista, el vehículo y el conductor. Con esta información, más el peso del vehículo y la información de las bases de datos centrales, se

determina si debe ser inspeccionado. Se envía a través del tag (credencial electrónica) un aviso al conductor (led y zumbido del tag) para que se desvíe para ser inspeccionado o siga por la vía principal. La inspección de peso propiamente tal se realiza con métodos convencionales de pesaje estático, que puede ser en una plaza de pesaje, para el caso de un puesto de inspección fijo.



**Figura 2.8 Concepto operativo de una estación de inspección**

### 2.3.5.3.2 Sistema de inspección de aduanas en fronteras internacionales

Estos sistemas permiten el tránsito seguro del transportista, del vehículo y del conductor que atraviesa las fronteras por comercio internacional y la selección inteligente de vehículos para inspección de las credenciales y de la carga.

Adicionalmente, estos sistemas soportan con información a las agencias gubernamentales responsables de la seguridad vehicular y de la fiscalización de credenciales y de cumplimiento de normativas.

Estos sistemas requieren estar de acuerdo en los procedimientos, y con sistemas y tecnologías al menos compatibles con las naciones limítrofes.

Desde el punto de vista operativo, se realiza en forma electrónica, y previo al momento del cruce por la frontera del vehículo, la Declaración de Aduanas para la carga y la

Declaración de Aduana y de Inmigración de la empresa de transporte, la carga, el vehículo y el conductor. Los sistemas centrales procesan esta información y la interrelacionan con información almacenada en otros sistemas. Por ejemplo, se verifica el comportamiento de seguridad del transportista, del vehículo y del conductor, se verifica si las credenciales están al día, y el tipo de carga, entre otros. Cuando el vehículo pasa por la frontera, es identificado remotamente por un tag o transponder que el vehículo porta en su cabina. De acuerdo a las validaciones y verificaciones previas, el sistema envía una recomendación al inspector de aduana si procede una inspección física del vehículo, de la carga y de las credenciales. Simultáneamente se envía una señal al conductor a través del tag (luz roja o verde) para que se detenga para una inspección o continúe su viaje.

#### **2.3.5.4 Sistema de operación de empresas de transporte**

Corresponde a programas, servicios y sistemas para reducir la congestión y la carga administrativa del flujo de tráfico de vehículos comerciales. Esto incluye servicios de consulta de viaje y servicios de respuesta a incidentes con materiales peligrosos. El sector privado incorpora tecnología de gestión de flota y de vehículos y sistemas que mejoran la productividad de las empresas de transporte.

Los sistemas orientados a las operaciones de las empresas de transporte son desarrollados o impulsados por el área privada y también desde el área pública.

Al área privada, es decir a las mismas empresas de transporte, les interesa implantar sistemas que hagan más rentable su negocio, principalmente a través del mejoramiento de la eficiencia y la productividad de sus flotas en el transporte de la carga. En este ámbito, la tecnología utilizada son los Sistemas de Gestión de Flotas.

El interés del sector público está centrado en controlar el respeto a la normativa, tema tratado en los puntos anteriores (seguridad, credenciales, inspección y fiscalización). Sin embargo, desde el punto de vista operacional, la autoridad estará interesada en que la circulación de los vehículos comerciales no impacte negativamente la gestión de tráfico y la seguridad pública. Desde esta perspectiva, la autoridad proveerá de información de tráfico en línea a los transportistas, de tal forma que ellos tomen decisiones informadas antes y durante el viaje. Especial preocupación de la autoridad es el transporte de

materiales peligrosos, para lo cual el sistema de gestión de incidentes, en particular de incidentes en que están involucradas cargas de materiales peligrosos, es de vital importancia.

### **2.3.6 Sistemas de Seguridad de Tránsito**

Los sistemas SIT en aplicaciones orientadas a la seguridad de tránsito constituyen herramientas que forman parte de programas globales, servicios, sistemas y tecnologías que tienen como objetivo el mejorar la seguridad de tránsito en una región, estado o nación determinada por medio de la reducción de los índices de accidentes en las vías.

Para lograr estos objetivos, los sistemas SIT permiten prevenir y evitar accidentes, como también reducir la severidad de los daños a la propiedad y a la vida de las personas producto de los mismos.

Desde el punto de vista sistémico, en el o los programas de seguridad de tránsito intervienen diferentes sistemas que incluyen tecnología SIT, los cuales interactúan entre sí en forma coordinada compartiendo información y proveyendo de soporte a las decisiones en el ámbito de seguridad a instituciones, empresas, y personas.

Desde el punto de vista de seguridad de tránsito los tipos de sistemas SIT se orientan principalmente a:

- ❖ Prevención de ocurrencia de accidentes
- ❖ Mitigar o reducir consecuencias de accidentes

### **2.3.7 Sistemas de Pago Electrónico (EPS)**

Los sistemas de pago electrónicos permiten reemplazar el uso de dinero en efectivo para la compra de un bien o servicio por un medio, que puede ser una tarjeta de valor almacenado de prepago, o algún medio electrónico de post-pago. Ejemplos de medios de pago son las tarjetas inteligentes, tarjetas de banda magnética y los tags o transponders, entre otros. En el ámbito de transporte estos medios de pago electrónico pueden ser usados en el pago de pasajes para el transporte público, en el cobro de peajes, o en el cobro y acceso a estacionamientos, entre otras aplicaciones.

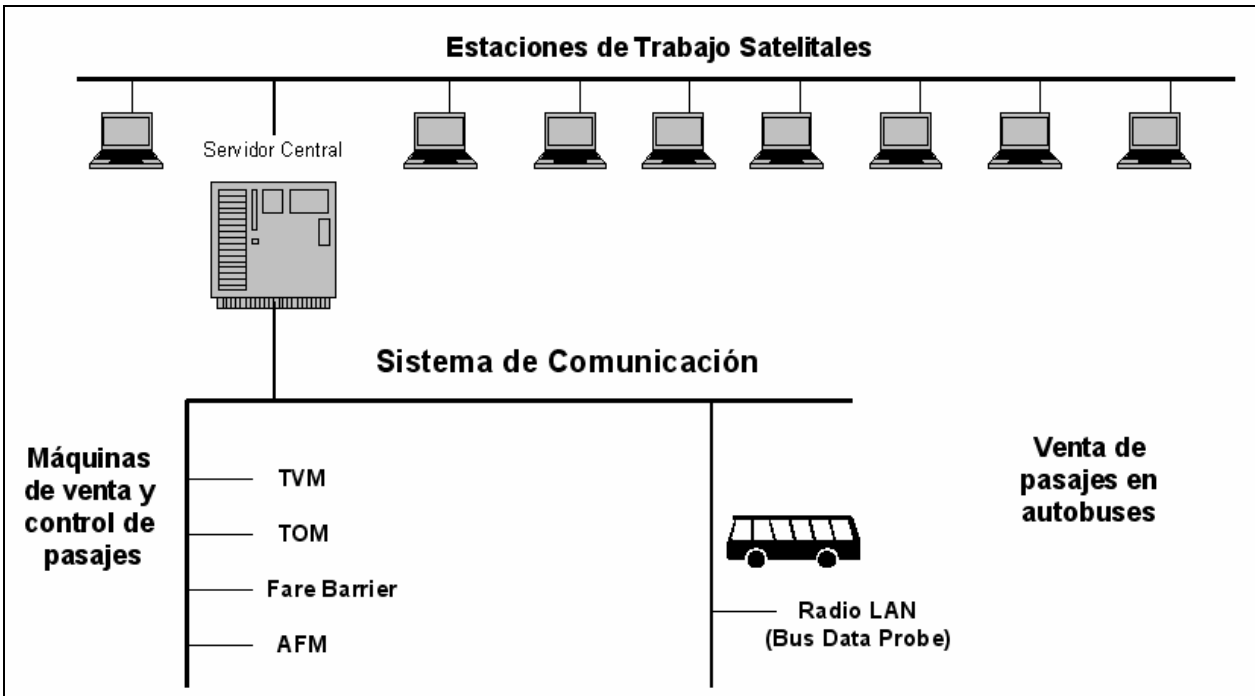
Los beneficios generados por aplicación de sistemas de pago electrónico, particularmente en el ámbito de transporte son los siguientes:

- ❖ Generan interoperabilidad del medio de pago con otros negocios o servicios. Por ejemplo, en transporte público el mismo medio de pago puede ser usado por diferentes agencias u operadores, entre diferentes modos, incluso puede ser utilizado fuera del ámbito del transporte, como ser para compra de bienes u otros servicios.
- ❖ Aumenta la seguridad y comodidad del viajero al no utilizar dinero en efectivo.
- ❖ Aumenta la seguridad y disminuyen los fraudes para el proveedor del servicio de transporte u otro.
- ❖ Aumenta el consumo. Esto aplicado al caso del transporte público hará que aumente la cantidad de pasajeros, y por consiguiente los ingresos a las agencias.
- ❖ Aumenta la flexibilidad para definir tarifas: variantes en el tiempo, o dependiendo de condiciones o estados de operación del sistema.
- ❖ Disminuye costos por administración y gestión del dinero (transporte de monedas y billetes, depósitos, giros, etc.).
- ❖ No genera cuellos de botella en el pago. Por ejemplo, el abordaje al bus es más fluido; los vehículos no se detienen ni disminuyen la velocidad al pagar peaje.

Un sistema de pago electrónico posee 4 componentes principales:

1. Sistema de pago de tarifa o pasaje. Corresponde al equipamiento e infraestructura usada para ejecutar el pago del servicio usando el medio de pago electrónico de tarifa, y generar así la transacción electrónica de pago. Este sistema también valida la vigencia y el correcto estado financiero y técnico del medio electrónico.
2. Sistema de distribución. Este sistema se encarga de la distribución del medio de pago a los usuarios. También este sistema realiza la recarga en valor del medio de pago, dependiendo de la tecnología que se utilice.
3. Sistema de gestión central. Este sistema administra las transacciones generadas por el sistema de pago y la información generada por el sistema de distribución. Adicionalmente valoriza en dinero las transacciones y realiza los cargos y abonos a las respectivas cuentas de clientes o usuarios y operadores.
4. Sistema de comunicaciones. Se encarga de la transferencia de información desde y hacia los sistemas de pago, de distribución y de gestión central.

La fig. 2.9 presenta la arquitectura típica de uno de estos sistemas, aplicado al caso del transporte público.



**Figura 2.9 Arquitectura típica de un Sistema de Control Central**

De acuerdo a las aplicaciones en el ámbito del transporte, estos sistemas se pueden clasificar en:

- ❖ Sistemas de pago electrónico en transporte público
- ❖ Sistemas de peaje electrónico
- ❖ Otras aplicaciones, como el acceso a estacionamientos, y en general aplicaciones e-commerce

Es en Norteamérica, especialmente en California, Seattle, Toronto y Montreal donde se han implementado proyectos de integración regional de transporte público basados en tarjetas inteligentes. En Washington DC se ha optado por proyectos de transporte multipropósito (transporte público y estacionamiento) y también de integración regional. Proyectos de usos múltiples (con bancos o universidades) han sido implementados en Atlanta, Georgia; en Ann Arbor, Michigan; Guelph, Ontario; Cleveland, Ohio; y en Wilmington, Delaware.

En otras partes del mundo también se han implementado proyectos de medio de pago multipropósito, como por ejemplo en Inglaterra, Alemania, Francia, Australia, Holanda, Corea del Sur y Hong Kong.

### **2.3.8 Sistema de Manejo de Emergencias**

El Manejo de Emergencias puede ser considerado como un Servicio y también como un Sistema, que hace uso de otros sistemas. La diferencia entre uno y otro caso es que al analizar el Manejo de Emergencias como Sistema, el énfasis se orienta hacia los aspectos tecnológicos y cuando se analiza como Servicio, la visión corresponde a cómo se aplica la tecnología desde un punto de vista comercial entregando un servicio a los usuarios por una cantidad normalmente mensual.

El objetivo principal identificado es mejorar el tiempo de respuesta de los servicios de emergencia (policía, ambulancia, bomberos, etc.) y de esta manera, salvar vidas y reducir daños a la propiedad. Adicionalmente existe un objetivo que dice relación con disminuir la congestión del tránsito en las cercanías del lugar en donde existe una emergencia. De esta manera se logra disminuir los tiempos de tráfico del resto de los vehículos y además, se aumenta la seguridad de los mismos por cuanto se disminuye la probabilidad de accidentes secundarios en la zona de la emergencia.

Para lograr lo anterior, el esfuerzo está centrado en 2 aspectos fundamentales:

- ❖ Disminuir el tiempo que toma notificar de la ocurrencia de una emergencia
- ❖ Disminuir el tiempo que les toma a los servicios de emergencia en llegar a la escena.

Este servicio o bien sistema está basado en el uso de una serie de Sistemas y Tecnologías tanto a bordo de los vehículos como en la infraestructura vial o sistemas centralizados, aunque hasta ahora, esto último ha tenido mayor desarrollo.

Como un objetivo secundario se plantea el generar avisos oportunos hacia el resto de los vehículos que circulan en el entorno del lugar en donde se produjo la emergencia, de

manera de evitar mayores accidentes y también, disminuir la congestión de tráfico que normalmente se produce al ocurrir un accidente.

Hace uso de diferentes sistemas y tecnologías para lograr su finalidad. Es así como la integración e interoperabilidad de diferentes sistemas es fundamental, ya sea instalados a bordo de los vehículos como en la infraestructura vial.

En general, este Servicio se basa en los siguientes Sistemas, Tecnologías o aplicaciones:

1. Sistema de Notificación de Emergencia
2. Asignación de recursos de emergencia
3. Gestión de vehículos de emergencia
4. Guía de Ruta de vehículos de emergencia
5. Asignación de prioridad en la señalización vial

La integración funcional de estos sistemas se muestra en la figura 2.10.

### **2.3.8.1 Sistema de notificación de emergencias**

Los sistemas de notificación de emergencias tienen 2 vertientes que son:

- ❖ Sistemas y tecnologías que permitan el aviso oportuno de una emergencia a las entidades u organismos correspondientes.

El objetivo de esto es permitir la reducción del tiempo en que es notificada una emergencia.

En este caso existen tecnologías instaladas a bordo de los vehículos (celulares, botón de pánico, otros) o puede existir equipos en la vía (teléfonos de emergencia).

- ❖ Sistemas y tecnologías que permitan dar aviso a los vehículos que circulan en el entorno del lugar en donde existe una emergencia.

El objetivo de esto es permitir la reducción de congestiones de tránsito y asimismo, evitar accidentes secundarios.

Para este fin se utilizan diferentes medios, como por ejemplo mensajes variables dispuestos en la ruta, la telemática y servicios en línea.

### 2.3.8.2 Sistema de asignación de recursos de emergencia

Dependiendo de la arquitectura de este servicio, puede existir un ente central que reciba y administre los avisos de emergencia. En este caso este ente deberá redireccionar la notificación hacia la entidad que corresponda (policía, ambulancia, otro). Un ejemplo de esto puede ser los teléfonos de emergencia en las carreteras, en donde una central recibe los llamados de conductores en problemas y dependiendo de la naturaleza de los mismos, esta central se comunicará con el servicio de emergencia correspondiente. Otro ejemplo corresponde a las empresas que entregan servicios de seguridad y gestión de riesgo vehicular, utilizando sistemas de rastreo satelital o celular. Estas empresas centralizadamente reciben avisos de emergencias de diferente índole y dependiendo de estas, direccionarán la atención de las mismas a los diferentes servicios.

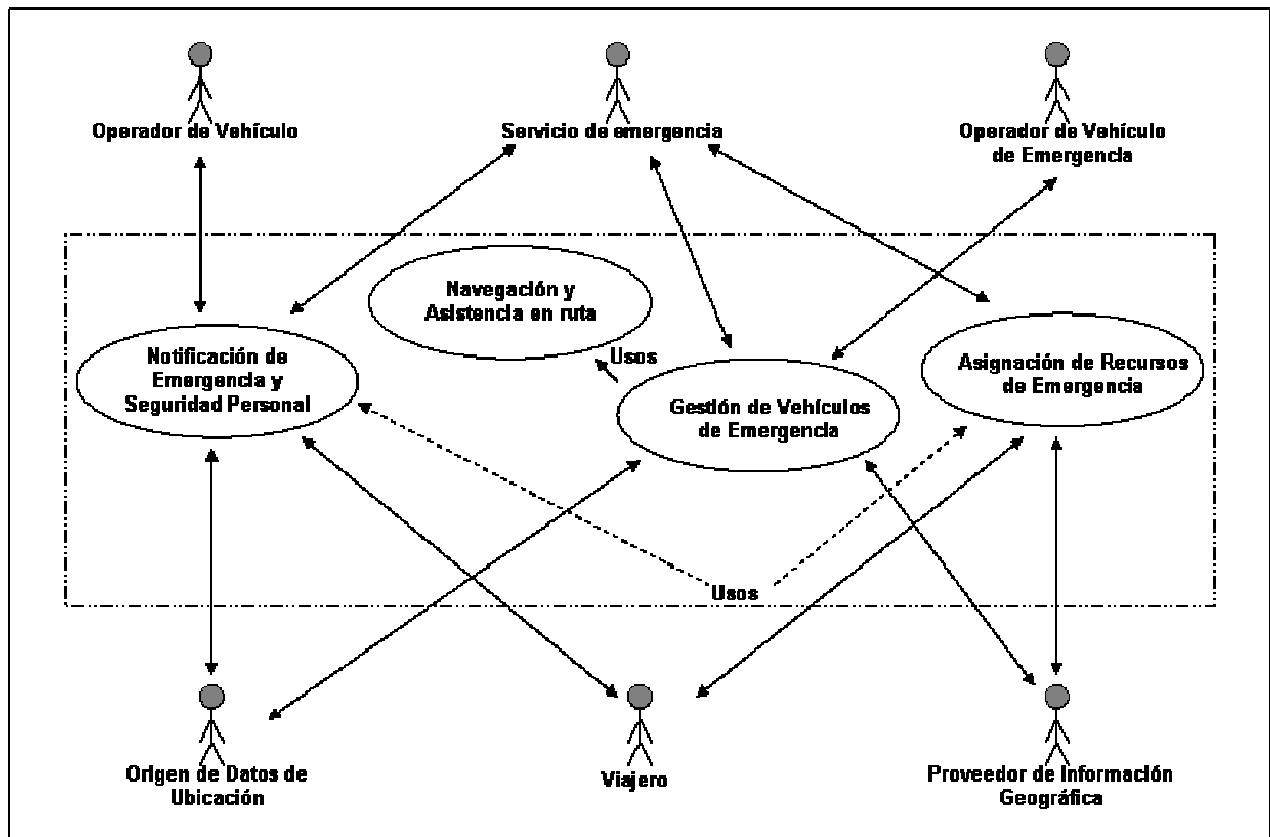


Figura 2.10 Esquema conceptual de funcionamiento del manejo de emergencias

### **2.3.8.3 Sistema de gestión de vehículos de emergencia**

Una vez que el servicio de emergencia específico es notificado, aplican todos los conceptos de los sistemas de gestión de flota para permitir que los vehículos lleguen al lugar de la emergencia en el menor tiempo posible. Para esto, es vital disponer de un sistema de localización automática de vehículos para identificar cuál es el móvil más cercano al lugar e instruirlo para que acuda al punto, además de entregarle toda la información anexa que sea útil.

### **2.3.8.4 Sistema de guía de ruta de vehículos de emergencia**

Para permitir que el vehículo asignado llegue en el menor tiempo posible, es necesario hacer uso del sistema de guía de ruta y navegación. Esto permitirá indicarle al conductor cuál es la ruta óptima para llegar al punto.

### **2.3.8.5 Sistema de asignación de prioridad de tráfico**

Como complemento a lo indicado en el punto anterior, una vez que la ruta al vehículo ha sido asignada, es posible utilizar tecnología para permitir la optimización de las señales de tráfico (semáforos principalmente) a lo largo de la ruta. Esto además de permitir una disminución en el tiempo que le toma al vehículo llegar al lugar de la emergencia, también hace más segura la ruta evitando posibles accidentes en los que se vea involucrado el mismo vehículo de emergencia.

Cabe señalar que, de los ocho sistemas anteriormente descritos, sólo se tomarán en cuenta para su desarrollo y aplicación en los siguientes capítulos, aquellos que sean aplicables al modo de transporte terrestre urbano que se muestra en la tabla 1.1 del capítulo 1.

### **3. SITUACIÓN ACTUAL DEL TRANSPORTE EN MÉXICO**

En el capítulo 1 se mencionaron diferentes clasificaciones de los sistemas de transporte, y es aquí donde se presentará la situación actual de los diferentes modos de transporte en México de acuerdo a la clasificación en base al medio natural donde operan, siendo estos el sistema de transporte terrestre, marítimo, aéreo y su interrelación con el sistema de transporte intermodal.

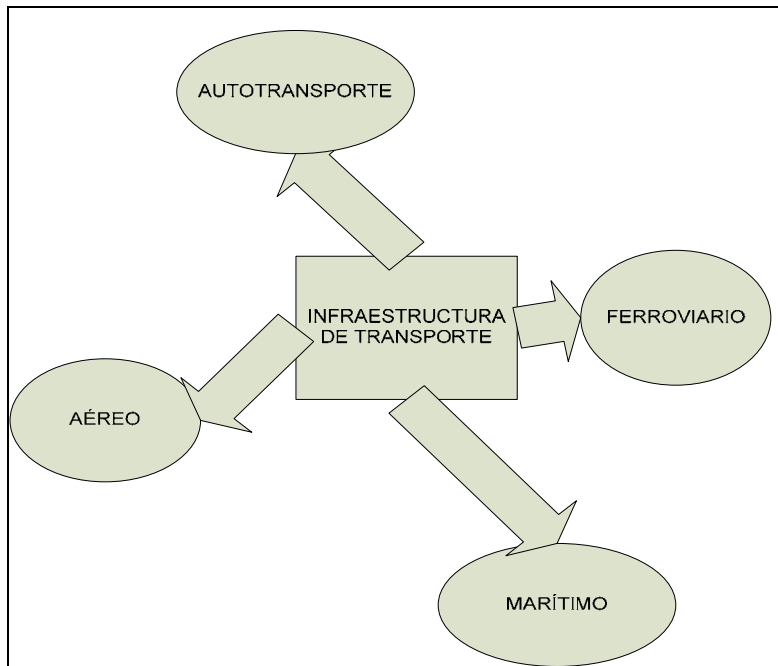
Las comunicaciones y transportes constituyen una de las bases más importantes del crecimiento económico del país. La suficiencia de su infraestructura y la calidad de sus servicios promueven actividades productivas, en tanto que los rezagos en esas materias las obstaculizan.

México cuenta con un territorio de aproximadamente de 2 millones de km<sup>2</sup>, donde habitan más de 100 millones de personas que requieren de caminos y transportes, accesibles y suficientes para poder asistir de manera fácil y segura a los centros de educación y de salud; para que comercie y haga llegar sus productos a cualquier lugar de México y el extranjero y para que pueda desplazarse al trabajo y a los sitios de esparcimiento y cultura.

Los efectos del sector comunicaciones y transportes sobre la economía son particularmente amplios: impulsa la reducción en los costos de la actividad productiva; permite la generación de economías de escala y fortalece la competitividad de la planta

manufacturera. En los últimos años este sector a tenido una participación de aproximadamente el 10.5% del producto interno bruto nacional.

La infraestructura del transporte en México esta conformada por el sistema de transporte terrestre, aéreo y marítimo, siendo el primero –transporte terrestre- el más importante teniendo una participación en los últimos años de aproximadamente el 65% del movimiento de carga y en el apoyo del traslado a nivel nacional de las personas actúa en cerca del 98% principalmente por carretera, ver fig. 3.1.



**Figura 3.1 Infraestructura de Transporte**

TRANSPORTE DE CARGA (%)				
Transporte/Año	2002	2003	2004	2005*
Carretero	55.2	54.3	54.6	53.8
Ferroviano	10.8	11.1	11.3	11.1
Marítimo	33.9	34.5	34.0	35.0
Aéreo	0.1	0.1	0.1	0.1

Fuente: Sexto informe de gobierno \*cifras estimadas

**Tabla 3.1 Transporte de carga en México**

En la tabla 3.1 se muestra el comportamiento de la carga transportada en México durante los últimos cuatro años, a través de los diferentes modos de transporte y en la tabla 3.2 lo referente a la cantidad de pasajeros.

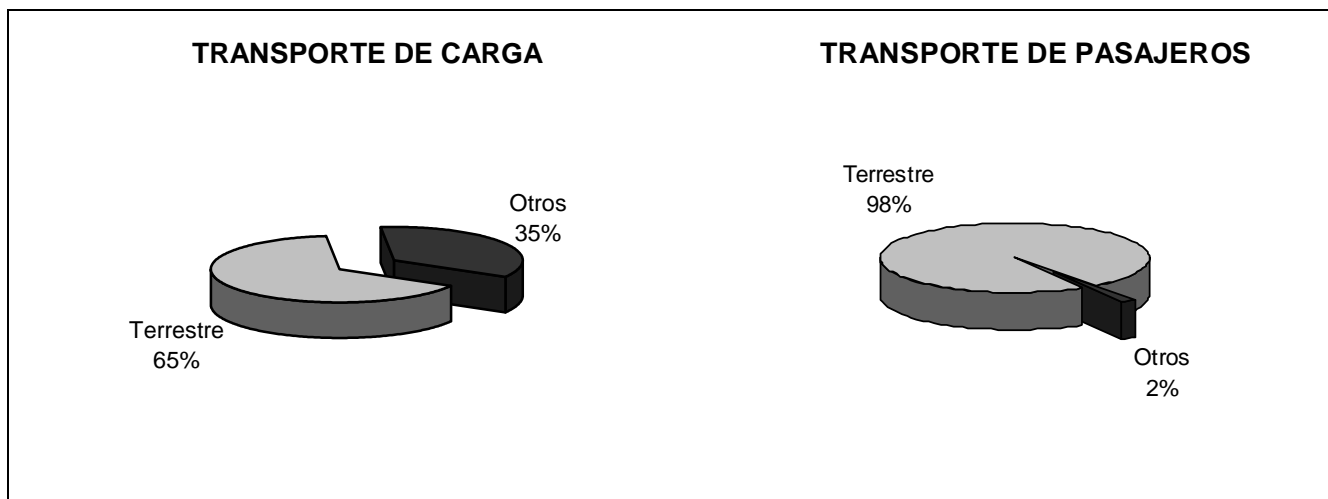
TRANSPORTE DE PASAJEROS (%)				
Transporte/Año	2002	2003	2004	2005*
Carretero	98.5	98.4	98.2	98.1
Ferroviano	0	0	0	0
Marítimo	0.3	0.3	0.4	0.4
Aéreo	1.2	1.3	1.4	1.5

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes \*cifras estimadas

**Tabla 3.2 Transporte de pasajeros en México**

### 3.1 SISTEMA DE TRANSPORTE TERRESTRE

Como se menciona anteriormente, el transporte terrestre juega un papel muy importante dentro de los transportes en México, la gran mayoría de las mercancías y las personas son trasladadas a través de la infraestructura carretera y una pequeña parte mediante el uso del ferrocarril, ver fig. 3.2.



Fuente: Secretaria de Comunicaciones y Transportes, cifras estimadas 2005

**Figura 3.2 Transporte terrestre en México**

### **3.1.1 Autotransporte**

En México, el desarrollo del autotransporte ocurrió en la medida en que fue extendiéndose la cobertura de la red carretera. De una situación dominada por el ferrocarril a principios de la década de los treinta, la expansión de la red carretera fue propiciando la mayor penetración del transporte carretero, tanto de carga como de pasajeros y el gradual desplazamiento del ferrocarril. Así, la cobertura del servicio se dio primeramente en las grandes rutas troncales, que comunicaban a la capital del país con las de los estados y con los principales puertos marítimos y fronterizos.

En lo que se refiere al transporte de carga, el autotransporte es el medio más utilizado en México, la mayoría de las cargas son trasladadas en vehículos a través de la red nacional de carreteras, esto se debe a que las características particulares del autotransporte le permite tener acceso a todos los rincones del territorio nacional, desde el sitio donde se produce la mercancía hasta el sitio donde se va a comercializar, es por eso que el autotransporte aventaja al resto de los modos de transporte.

En el año 2004 el transporte terrestre movilizó cerca de 515 millones de toneladas, de los cuales el 83% fue transportado a través de carreteras, corroborando de esta manera que el autotransporte es el medio más importante para mover mercancías en lo que a cantidad respecta.

Con respecto a la movilización de personas, el autotransporte también es el medio más utilizado por la gente para trasladarse de un lugar a otro, esto se debe principalmente a que el autotransporte tiene una mayor flexibilidad en el traslado de bienes y personas, característica que le favorece respecto a otros modos de transporte. Y por sus necesidades menores de infraestructura y equipamiento para la operación, resulta atractivo para el traslado de personas a corta distancia.

En los últimos años, más del 98% de los viajes se realizan vía terrestre, de los cuales casi el 100% se lleva a cabo mediante el autotransporte, debido a que el ferrocarril basa sus viajes principalmente en la carga de mercancías, dejando a un lado el servicio de pasajeros.

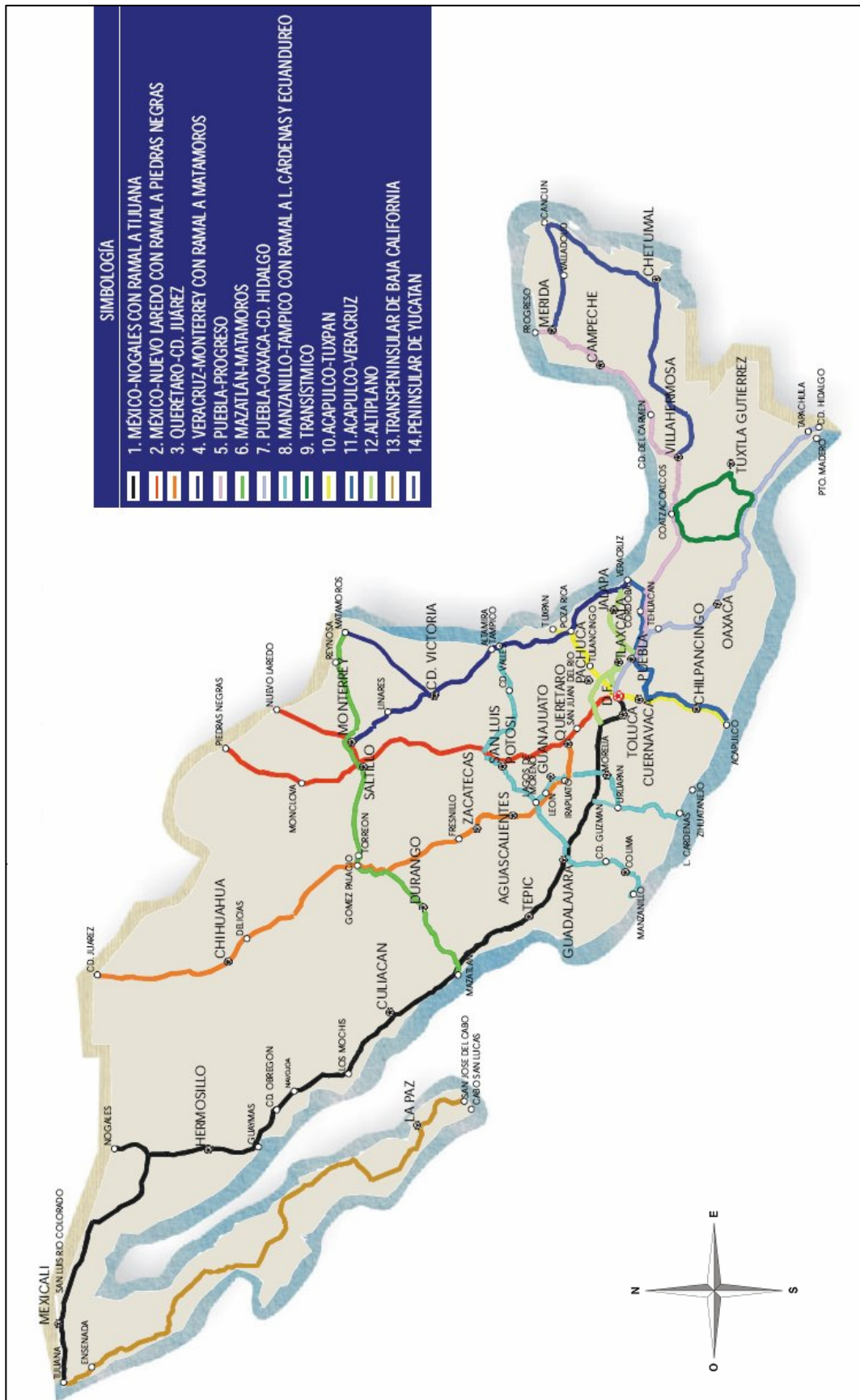


Figura 3.3 Corredores carreteros

La cantidad de personas que se trasladan por vía férrea es tan pequeña que su participación no se ve reflejada en las estadísticas porcentuales como se puede apreciar en la tabla 3.2, en el 2004 solamente se tienen registrados 250,000 servicios de pasajeros.

De todos los vehículos que son utilizados para el transporte de personas, el autobús es el principal medio de transporte, su gran capacidad y avances tecnológicos han servido para que día con día el servicio sea más eficiente, rápido y seguro.

Las carreteras son un requisito indispensable para la prestación de servicios de autotransporte. Al estudiar la conveniencia o no de llevar a cabo un proyecto carretero, sobre todo si se trata de construir una nueva carretera troncal alimentadora o inclusive una autopista, uno de los aspectos más debatidos se refiere a su potencialidad para generar nuevas actividades que a su vez hagan crecer los niveles de la demanda de tránsito.

Los usuarios tienen sus propios objetivos de desplazamiento, comunicación, de negocios, intercambio, esparcimiento, etc., y hacen uso de las carreteras como un medio para lograrlos. En la medida en que el servicio ofrecido por la infraestructura carretera en cuanto a condiciones físicas y de operación sea mejor, los usuarios podrán llevar a cabo sus objetivos con mayor facilidad.

Las carreteras y los caminos son la base de la infraestructura de las comunicaciones de México, ya que contribuyen a la integración económica, social y cultural del país, así como al comercio entre los principales centros de producción y consumo y, a la articulación de numerosas cadenas productivas en varios puntos del territorio nacional, fortaleciendo la productividad agropecuaria e industrial y la competitividad de la economía en su conjunto.

En 1925, el gobierno inicia la construcción de la red de carreteras, que llegaría a formar la estructura básica de la comunicación carretera del país y que fue financiada con recursos del gobierno federal, de esta forma se construye el primer tramo de carretera moderna pavimentada, para ligar la ciudad de México con la entonces ciudad de Puebla y cuyo destino final era el puerto de Veracruz, es en ese año cuando se crea la Comisión Nacional de Caminos, con la cual se inicia la obra caminera en México.

El Sistema Nacional de Carreteras actualmente cuenta con 355,796 km de vías de comunicación, de ellos 48,362 km corresponden a la red federal de carreteras, 71,032 km a la red estatal, 163,516 km constituyen la red rural y 72,886 km corresponden a brechas

mejoradas, de los cuales tiene más de 14,800 km de carreteras a cuatro o más carriles y alrededor de 6,900 km de autopistas de cuota.

Dentro de este sistema se encuentran los 14 corredores que conectan las cinco mesoregiones con que cuenta el país y que proporcionan acceso y comunicación permanente a las principales ciudades, fronteras y puertos marítimos. La longitud de estos corredores, que atienden poco más del 54% de los flujos carreteros interregionales y cuya conformación es de 19,263 km, con una distribución como se ve en la fig. 3.3.

RED NACIONAL DE CARRETERAS (km)				
Red federal	Red estatal	Red rural	Brechas mejoradas	Total
48,362*	71,032*	163,516*	72,886*	355,796*

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes \*Cifras preliminares del año 2005

**Tabla 3.3 Red Nacional de Carreteras**

La red federal de carreteras es atendida en su totalidad por el gobierno federal, en ella se registra la mayor parte de los desplazamientos de pasajeros y carga entre ciudades y canaliza los recorridos de largo itinerario, los relacionados con el comercio exterior y los producidos por los sectores más dinámicos de la economía nacional. Las redes estatales cumplen una función de gran relevancia para la comunicación regional, para enlazar las zonas de producción agrícola y ganadera y para asegurar la integración de extensas áreas en diversas regiones del país.

Por su parte, los caminos rurales y las brechas mejoradas son vías modestas y en general no pavimentadas; su valor es más social que económico, pues proporcionan acceso a comunidades pequeñas que de otra manera estarían aisladas. Sin embargo, su efecto en las actividades y la calidad de vida de esas mismas comunidades es de gran trascendencia.

Tomando como base la tabla 1.2 del capítulo 1, donde se mencionan los componentes básicos del modo de transporte carretero y ferroviario, generamos la tabla 3.4 en la que se

presentan las características principales de la situación actual del autotransporte en México, así como su infraestructura.

Vehículo	Fuerza motriz	Caminos	Terminales	Sistemas de control
Camión	Motor de combustión interna, fuente de energía: diesel	355,796 km de vías de comunicación	Terminales de carga	Tarjeta IAVE Casetas de cobro, Reglamentos y leyes
Tractocamión	Motor de combustión interna, fuente de energía: diesel	355,796 km de vías de comunicación	Terminales de carga	Tarjeta IAVE Casetas de cobro, Reglamentos y leyes
Autobús	Motor de combustión interna, fuente de energía: diesel	355,796 km de vías de comunicación	181 terminales de pasajeros	Tarjeta IAVE Casetas de cobro, Reglamentos y leyes
Automóvil	Motor de combustión interna, fuente de energía: gasolina	355,796 km de vías de comunicación	Estacionamientos	Tarjeta IAVE Casetas de cobro, Reglamentos y leyes

**Tabla 3.4 Transporte Carretero**

### 3.1.2 Transporte Ferroviario

La característica principal del ferrocarril en el mercado del transporte es el traslado masivo de mercancías a grandes distancias a bajo costo, manejando muchos de los bienes básicos en el consumo humano y para el adecuado funcionamiento de la economía, el ferrocarril también debe ser considerado por el hecho de contribuir en el desarrollo de la expansión industrial, de la urbanización y de la ubicación de las actividades económicas, no debemos olvidar de que en sus orígenes el ferrocarril fue el punto inicial para el asentamiento de poblaciones que hoy son grandes ciudades industriales.

La extensa red ferroviaria de los Ferrocarriles Nacionales de México, conformó durante mucho tiempo la columna vertebral del transporte en nuestro país, contribuyó de gran manera al desarrollo industrial, comercial y hasta demográfico de las poblaciones por donde pasaba, fue puntal de sustento para la minería, agricultura, ganadería y fruticultura masiva durante, por lo menos, las primeras seis décadas del siglo pasado.

Sin embargo, el impulso que se dio posteriormente a la construcción de carreteras y la poca flexibilidad del propio ferrocarril para atender rutas nuevas, llevó a un uso más intensivo del autotransporte carretero, la pulverización de la producción es también otro factor que llevo al abandono del uso del ferrocarril, sobre todo en las zonas del país donde la población vive en gran medida de la agricultura, ya que la producción ejidal o comunal no es suficiente para llenar varios vagones por un solo productor y en algunos casos los propios ejidatarios y comuneros diversificaron sus fuentes de ingreso y adquirieron vehículos de transporte en uso de hombre/camión, que aunque no es más económico que el ferrocarril mantiene una fuente de empleo directo en esas áreas.

El sistema ferroviario nacional ha sido, a partir de 1995, reestructurado y modernizado con la participación de capital privado. El propósito ha sido incrementar la capacidad, diversidad y calidad de los servicios que ofrece y reconvertir al ferrocarril en un sector del transporte altamente competitivo y acorde con la dinámica actual de movimiento de carga.

Esto se ha logrado con la modernización del equipo y las operaciones, se redimensiono la planta laboral al interior del sistema y se abrieron nuevas oportunidades en áreas de apoyo a la industria ferroviaria, tanto en proveeduría como en servicios de consolidación de carga, de apoyo logístico, de mantenimiento de equipo y de vía y estructura.

La red ferroviaria principal actual cuenta con aproximadamente 20,664 km, de los cuales alrededor de 12,000 son altamente productivos, en la fig. 3.4 podemos apreciar la cobertura general de las vías férreas del país, y en la tabla 3.5 la distribución de dichas líneas.

Tradicionalmente el ferrocarril en México ha manejado como promedio el 10% de la carga nacional, presentando avances en los últimos 10 años desde 1995, año en el que solamente traslado el 8.7%, hasta el 2005 que transporto el 11.1% del total nacional, el avance parece pequeño, pero si consideramos que la infraestructura no ha tenido crecimiento en ese mismo periodo, el avance toma mayor relevancia.

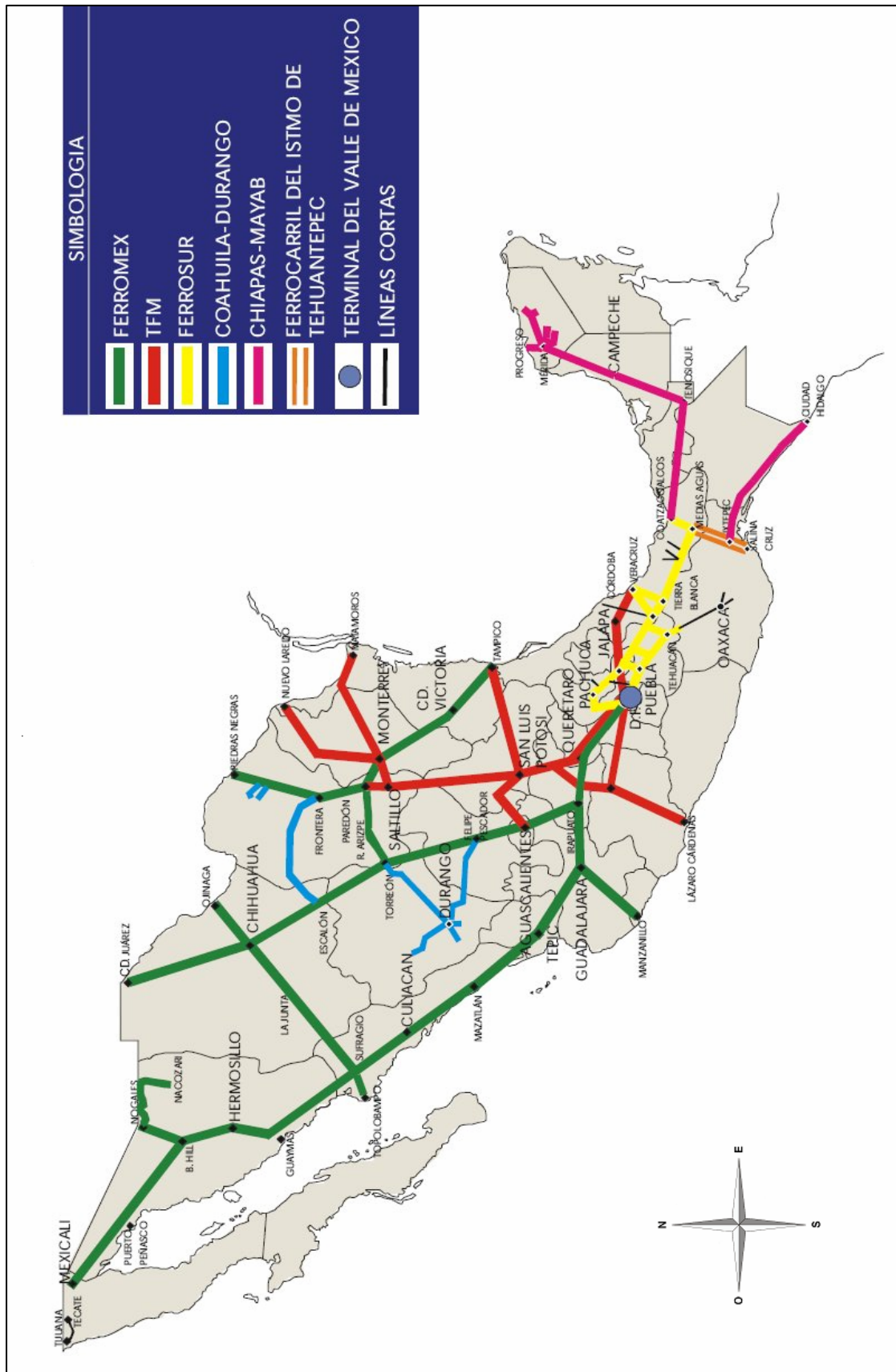


Figura 3.4 Sistema Ferroviario Mexicano

Si observamos la parte donde analizamos el tema de autotransporte, se diría que el ferrocarril no tiene ventaja alguna con respecto al autotransporte, y eso no es del todo correcto, el transporte por ferrocarril consume cuatro veces menos combustible por unidad de carga que el transporte carretero, puede además soportar actualmente hasta 35 toneladas por eje, lo que es determinante para el manejo de grandes volúmenes.

<b>Longitud de Vías Principales de Ferrocarril (km)</b>	
Kansas City Southern de México	4,282.894
Ferromex	7,467.476
Ferrosur	1,479.063
FerroValle	296.763
Coahuila- Durango	973.875
Ferrocarril Chiapas Mayab	1,340.323
Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec	207.376
Otras Líneas Cortas	2,236.747
Líneas Cortas sin Operar	2,374.764
	<b>TOTAL 20,659.08</b>

Fuente: Conferencia "La red ferroviaria nacional y su perspectiva de desarrollo", XVI Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres, Gustavo Baca Villanueva

### **Tabla 3.5 Vías principales de ferrocarril**

El manejo de la carga se hace a través de una ruta única, lo que permite una aplicación logística más constante, haciendo más eficiente con ello el movimiento de la carga. Llegar a los grandes centros de producción y consumo o de las fronteras para su interacción o exportación sin variación de ruta lo hace, en este sentido, complementario al transporte carretero, ya que la unión de ambos modos permite que se aprovechen las ventajas del transporte ferroviario con la flexibilidad del carretero para la entrega puerta a puerta y para la consolidación de carga.

La saturación de las carreteras por el uso generalizado de las mismas, tanto para el transporte de pasajeros, vehículos particulares y de carga, será a corto plazo otra ventaja para el ferrocarril. Las limitantes que tienen las rutas ferroviarias en cuanto a pendientes, curvatura y longitud de laderos para encuentros requerirán de inversiones, además se

necesitará del desarrollo de patios de transferencia intermodal y multimodal, sin embargo, estas inversiones no son tan cuantiosas como serían las de adecuación de las carreteras para ampliar su capacidad, el futuro del transporte está en los movimientos masivos de carga y de pasajeros y esto se da por el modo ferroviario.

Tradicionalmente el ferrocarril ha manejado materias primas industriales y agrícolas, productos minerales e inorgánicos, insumos para la construcción, productos químicos y combustibles, manejados en grandes volúmenes y a gran distancia, sin embargo los ingresos generados son relativamente bajos ya que no tienen un valor agregado que permita una aplicación tarifaria más redituable. El ferrocarril actualmente debe ofrecer embarques directos, regulares y programados, independientemente de las distancias, la tarifa debe ser reducida, aunque económicamente viable para la empresa ferroviaria, lógicamente.

<b>Vehículo</b>	<b>Fuerza motriz</b>	<b>Caminos</b>	<b>Terminales</b>	<b>Sistemas de control</b>
Equipo rodante (locomotora, vagón, góndola, carros parque y plataforma)	Motor diesel y motor eléctrico. Fuente de energía: diesel o electricidad	20,664 km de red ferroviaria	Terminales de red ferroviaria	Leyes, reglamentos y grupos ferroviarios

**Tabla 3.6 Transporte Ferroviario**

Aún cuando el nicho tradicional del mercado para el transporte ferroviario siga siendo el mencionado en el párrafo anterior, no se debe dejar de pensar en que las industrias cada vez más se instalan en los centros de producción de materias primas y que, por lo tanto, el ferrocarril debe desarrollar distintos modos de servir al usuario con sus productos terminados, dándole garantía de tiempos de recorrido, regularidad en sus tráficos, seguridad a su carga, tanto por el transporte mismo, como por la pérdida por robos, para ello no debemos olvidar que el ferrocarril requiere del concurso de otras empresas consolidadoras de carga, desarrolladoras de tráfico intermodal y multimodal y hasta comercializadoras.

Tomando como base la tabla 1.2 del capítulo 1, donde se mencionan los componentes básicos del modo de transporte carretero y ferroviario, generamos la tabla 3.6 en la que se presentan las características principales de la situación actual del transporte ferroviario en México, así como su infraestructura.

### **3.2 SISTEMA DE TRANSPORTE MARÍTIMO**

La globalización es un proceso que comprende un intercambio financiero y comercial, siendo este último rubro donde se destaca la importancia del transporte marítimo, el cual por su alta capacidad para mover grandes volúmenes de mercancías, y por su elevada adaptabilidad, es el modo de transporte ideal para cubrir los destinos más lejanos del planeta con embarcaciones especializadas y con altos estándares internacionales de seguridad para la vida humana en el mar, las cargas y las propias embarcaciones.

La posición geográfica en la que se encuentra México, permite que con excepción de EEUU y Canadá, el 80% de su comercio exterior se realice a través del transporte marítimo, esto se logra al interconectar a los principales puertos mexicanos del Golfo de México y del Océano Pacífico, con 315 destinos geográficos de casi cualquier parte del mundo, lo que posibilita una mayor diversificación del intercambio comercial de los exportadores e importadores nacionales.

El comercio exterior mexicano también ha sufrido desde la última década del siglo pasado una transformación radical, consecuencia del impacto producido por los procesos de globalización. Antes de esa época, uno de los objetivos fundamentales de la economía mexicana era la sustitución de importaciones y la producción para el mercado interno.

En este orden de ideas el papel de los puertos y el transporte marítimo tuvieron una importancia marginal respecto del desarrollo y modernización del sistema nacional de transporte, sobre todo frente a los cambios que ya desde la década de los años setentas se habían iniciado en el ámbito del comercio internacional.

Desde el punto de vista de la conectividad de los puertos con los sistemas carreteros y ferroviarios, la totalidad de los accesos terrestres estaban integrados con las vialidades urbanas que servían al mismo tiempo para la entrada y salida de vehículos de todas las ciudades puerto. A ello se le sumaba, frecuentemente, la invasión de los derechos de vía,

por asentamientos urbanos irregulares, lo cual agravaba los problemas que generaban esa dualidad de funciones operativas. Generalmente, tales problemas se buscaba resolverlos más por el interés urbano, que por la mejora en la eficiencia en la entrega y desalojo de la carga al puerto.

A principios de la década de los ochenta, el transporte mundial, encargado de atender a los tres grandes bloques de producción y consumo en que se reconfiguró el mundo después de la segunda guerra mundial, y que controla el 80% del producto mundial bruto, evoluciono aceleradamente respecto de los movimientos por vía marítima entre ellos. Los flujos clásicos a través del Canal de Panamá, se modificaron radicalmente, generándose lo que se denominó la banda de oro del comercio mundial, entre los paralelos 30° y 60° de latitud norte por donde fluía el 79% de la producción mundial bruta y el 72% del comercio internacional.

La consecuencia directa de la obligación de los procesos productivos y las transformaciones tecnológicas y organizativas del transporte marítimo internacional ha sido la reordenación de puertos a escala mundial, generando la necesidad de establecer una red jerarquizada de puertos que opere varios niveles para concertar y distribuir flujos internacionales de carga.

En México, el proceso de reestructuración y privatización portuaria de la década de los noventa, conduce a la aparición de nuevos operadores portuarios y a un reacomodo de las líneas navieras regulares y rutas marítimas, que sumado al proceso de privatización de los ferrocarriles y la aparición de las empresas que ofrecen servicios multimodales, obliga a una reconsideración respecto de lo que ahora tendría que examinarse como el problema de modernización de la conectividad de los puertos con el sistema de transporte terrestre del país.

Como consecuencia de lo anterior, a finales de los noventa se observa una concentración importante de los flujos de contenedores en los puertos: Veracruz, Altamira y Manzanillo. El primero movió en 2001, el 63.7% del total de carga contenerizada del litoral del Golfo y el Caribe, y el segundo el 24%. Por su parte, en ese mismo año, Manzanillo movió el 90.5% de la carga contenerizada del Pacífico.

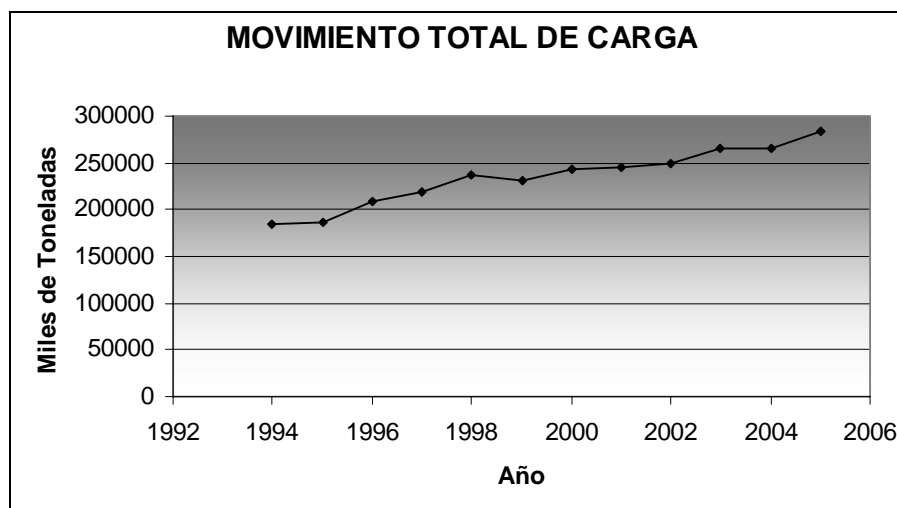
Lo anterior debe tomarse como la respuesta del sistema portuario mexicano, en primera instancia, a la presión de las empresas que han logrado articular los flujos de bienes intermedios manufacturados de la producción fragmentada globalmente, que trabajan con

inventarios mínimos y con el sistema de producción “justo a tiempo”. La privatización de las terminales portuarias de contenedores y de usos múltiples consolida la tendencia hacia la concentración de la carga, lo cual, a su vez modifica la posición comercial de las líneas navieras hacia la concentración de servicios regulares en los tres puertos mencionados.

En un lapso de 10 años, el número de líneas regulares en Manzanillo casi se triplicó, en Altamira crecieron siete veces y Veracruz triplicó el número de operadores con servicio regular.

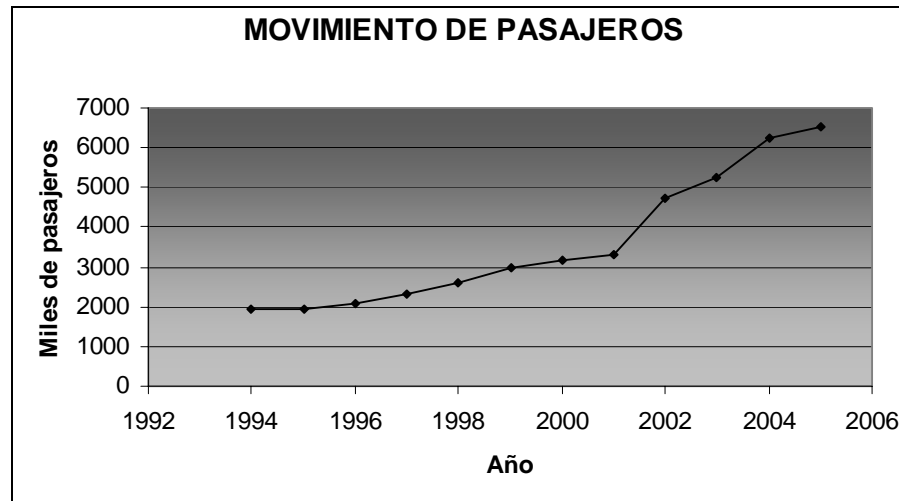
La participación de los puertos mexicanos en el traslado de carga ha tenido un incremento relativamente pequeño en la carga total del país en los últimos años, pasando del 30.7% en 1994 hasta llegar en el año 2005 aproximadamente a un 34% del total de la carga nacional. Durante el 2005 los puertos manejaron un volumen de aproximadamente 283.6 millones de toneladas, lo que representa el 33.6% de la carga total nacional, de los cuales más del 60% corresponden a petróleo o alguno de sus derivados, el avance es más notorio si apreciamos la evolución del sistema portuario en movimiento total de cargas.

Además de registrarse un constante crecimiento en el movimiento de carga, el traslado de pasajeros también ha visto un crecimiento considerable en el traslado de pasajeros, en las figs. 3.5 y 3.6 se aprecia el crecimiento que ha tenido el transporte marítimo en los últimos años con respecto al movimiento de carga y el traslado de pasajeros respectivamente.



Fuente: Conferencia “La infraestructura para el transporte marítimo en México y su futuro desarrollo”, XVI Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres 2006, Ángel González Rull

**Figura 3.5 Movimiento total de carga**



Fuente: Conferencia “La infraestructura para el transporte marítimo en México y su futuro desarrollo”, XVI Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestres 2006, Ángel González Rull

**Figura 3.6 Movimiento de pasajeros**

La infraestructura portuaria en México actualmente esta conformada por 96 puertos marítimos y 17 fluviales, en la tabla 3.7 se muestran los principales puertos que mueven carga. El sistema portuario cuenta con una longitud de muelles de 108.8 km en el Pacífico y 89.3 km en el Golfo de México, y cuenta con una área de almacenamiento total de 5 millones 593,247 m<sup>2</sup> entre patios, cobertizos y bodegas, logrando un incremento de más del doble de su superficie, comparada con la de 1994.

Los puertos mexicanos son usados tanto por exportadores como importadores, que tratan de beneficiarse a través de la utilización de las 74 líneas navieras que arriban a puertos mexicanos, procedentes y con destino a África, América, Asia, Europa y Oceanía. Existen 74 líneas navieras, representadas por 34 agencias consignatarias y se cuenta con servicio a los 5 continentes, 104 países y 305 destinos.

En el caso de México, la reestructuración portuaria inició en el año 1970, con la creación de la Comisión Nacional Coordinadora de Puertos, en la que estaban representados, los trabajadores portuarios, los usuarios, el puerto y los funcionarios representantes de las distintas dependencias del Gobierno Federal.



En la misma reestructuración, se pensó en una entidad portuaria local que pudiera afrontar todos los compromisos laborales y que generara confianza ante los usuarios, garantizándoles seguridad en el manejo de sus mercancías, fue así como se estableció la primera empresa de servicios portuarios en el puerto de Manzanillo, en el mes de junio de 1971, con participación del Gobierno Federal, de los usuarios y de los trabajadores.

PRINCIPALES PUERTOS MEXICANOS			
Puertos del Pacífico		Puertos del Golfo y el Caribe	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rosarito</li> <li>• El Sauzal</li> <li>• Ensenada</li> <li>• Isla Cedros</li> <li>• Guerrero Negro</li> <li>• San Carlos</li> <li>• Baja California Sur</li> <li>• Cabo San Lucas</li> <li>• La Paz</li> <li>• Pichilingue</li> <li>• San Juan de la Costa</li> <li>• Puerto Escondido</li> <li>• Loreto</li> <li>• Isla San Marcos</li> <li>• Santa Rosalía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Santa María</li> <li>• Puerto Libertad</li> <li>• Guaymas</li> <li>• Topolobampo</li> <li>• Mazatlán</li> <li>• Puerto Vallarta</li> <li>• Manzanillo</li> <li>• Lázaro Cárdenas</li> <li>• Zihuatanejo</li> <li>• Acapulco</li> <li>• Bahías de Huatulco</li> <li>• Salina Cruz</li> <li>• Puerto Madero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altamira</li> <li>• Tampico</li> <li>• Tuxpan</li> <li>• Veracruz</li> <li>• Coatzacoalcos</li> <li>• Pajaritos</li> <li>• Dos Bocas</li> <li>• Frontera Tabasco</li> <li>• Ciudad del Carmen</li> <li>• Cayo Arcas</li> <li>• Campeche</li> <li>• Seybaplaya</li> <li>• Lerma</li> <li>• Progreso</li> <li>• Punta Sam</li> <li>• Isla Mujeres</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cancún</li> <li>• Puerto Morelos</li> <li>• Playa del Carmen</li> <li>• Punta Venado</li> <li>• Cozumel</li> <li>• Quintana Roo</li> <li>• Majahual</li> </ul>

Fuente: Anuario Estadístico de los Puertos de México, 2005.

**Tabla 3.7 Principales Puertos que movilizan carga**

Los cambios estructurales mencionados, en la mayoría de los puertos, operó razonablemente bien durante más de dos décadas; sin embargo, el nuevo entorno económico generó una nueva exigencia de desarrollo, que dio lugar nuevamente a realizar importantes acciones de cambio hasta llegar a la más reciente reestructuración de los puertos de México, en 1993, se diseñó una Ley de Puertos en la que se incorporó una novedosa figura denominada Administración Portuaria Integral (APIs), con el carácter de sociedad mercantil, que se constituye expresamente para el uso, aprovechamiento y explotación de las áreas y bienes que conforman a los recintos portuarios, así como para la prestación de los servicios portuarios a través de una concesión otorgada por el Gobierno Federal.

Una API surge cuando la planeación, programación, desarrollo y demás actos relativos a los bienes y servicios de un puerto, se encomienden en su totalidad a una sociedad

mercantil mediante la concesión, para el uso, aprovechamiento y explotación de los bienes y la prestación de servicios respectivos. Una API es autónoma en su gestión operativa y financiera, por lo que sus órganos de gobierno establecen sus políticas y normas internas.

En la tabla 3.8 se muestran las APIs que actualmente están funcionando en México, las cuales están divididas en APIs Federal, Estatal y Privada y en la fig. 3.7 se muestra la localización de los principales puertos con API.

FEDERAL	ESTATAL	PRIVADA Y FIDEICOMISO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensenada</li> <li>• Guaymas</li> <li>• Tobolobampo</li> <li>• Mazatlán</li> <li>• Puerto Vallarta</li> <li>• Manzanillo</li> <li>• Lázaro Cárdenas</li> <li>• Salina Cruz</li> <li>• Puerto Madero</li> <li>• Progreso</li> <li>• Dos Bocas</li> <li>• Coatzacoalcos</li> <li>• Veracruz</li> <li>• Tuxpan</li> <li>• Altamira</li> <li>• Tampico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja California Sur</li> <li>• Quintana Roo</li> <li>• Campeche</li> <li>• Tabasco</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acapulco</li> <li>• Cabo San Lucas</li> <li>• Bahías de Huatulco</li> </ul>

**Tabla 3.8 Administraciones Portuarias Integrales**

Tomando como base la tabla 1.3 del capítulo 1, donde se mencionan los componentes básicos del modo de transporte fluviomarítimo y aéreo, generamos la tabla 3.9 en la que se presentan las características principales de la situación actual del transporte marítimo en México, así como su infraestructura.

Vehículo	Fuerza motriz	Caminos	Terminales	Sistemas de control
Embarcación (buque tanque, trasatlántico, pesquero y transbordador)	Motor diesel y motor a gasolina. Fuente de energía diesel o gasolina	Rutas marítimas (ríos, mares y lagos)	96 puertos marítimos y 17 puertos fluviales	Reglamentos, leyes y APIs (16 federales, 5 estatales y 2 privadas)

**Tabla 3.9 Transporte Marítimo**

### **3.3 SISTEMA DE TRANSPORTE AÉREO**

El transporte aéreo es un medio especializado para el desplazamiento de 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 en la demanda de sus servicios, la constante y rápida evolución del equipo, y como consecuencia, la permanente necesidad de adaptar las instalaciones terrestres a las nuevas exigencias.

Hacia mediados de la década de los sesentas en México se creó el Programa Nacional de Aeropuertos que formuló el Ejecutivo Federal para construir o mejorar las principales terminales aéreas del país.

Este programa era la respuesta al reconocimiento de la importancia que el transporte aéreo significaba en las actividades productivas, con la certidumbre de que la transportación está especialmente ligada al renglón turismo, uno de los rubros más importantes de la economía nacional.

De esta forma, el mejoramiento de la red de aeropuertos contribuyó en gran escala a vigorizar nuestra economía y a promover, en el interior y en el extranjero un mejor conocimiento de nuestro país.

En 1965 se creó dentro de la estructura orgánica de la Secretaría de Obras Públicas, la Dirección General de Aeropuertos con el objetivo de integrar un cuerpo de especialistas dedicado a planear, proyectar, construir y reconstruir terminales aéreas. En ese mismo año, por Decreto se constituyó el organismo Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), con el propósito de administrar y conservar las instalaciones. También se formó la Comisión de Planeación de Aeropuertos, que fue la encargada de determinar la categoría de cada uno de ellos, sus requerimientos y el orden de prioridades para su construcción.

A principios de la administración 1995-2000, con la finalidad de acelerar la ampliación y modernización de los principales aeropuertos del país, se puso en marcha un proceso de cambio estructural en el Sistema Aeroportuario Mexicano y que actualmente está integrado por 1,470 aeródromos y 85 aeropuertos, de los cuales 58 eran administrados por

ASA y el resto son pequeños aeropuertos que están a cargo de los gobiernos estatales y municipales.

De acuerdo con el proceso de reestructuración definido por la SCT, a partir del último trimestre de 1997, los 58 aeropuertos administrados por ASA fueron reagrupados en cinco entidades administrativas, disponiéndose que cuatro de ellas estuvieran disponibles para aceptar participación del sector privado. Estos cuatro grupos aeroportuarios fueron denominados Pacífico, Centro-Norte, Sureste y Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, con sede en los aeropuertos de Guadalajara, Monterrey, Cancún y la Ciudad de México, respectivamente, e integrando un total de 35 aeropuertos. Como se muestra en la tabla 3.10.

<b>AEROPUERTOS CONCESIONADOS</b>				
<b>Grupo Aeroportuario del Sureste (ASUR) (9)</b>				
Internacionales	Cancún	Cozumel	Huatulco	Mérida
	Oaxaca	Tapachula	Veracruz	Villahermosa
Nacional	Minatitlán			
<b>Grupo Aeroportuario del Pacífico (GAP) (12)</b>				
Internacionales	Aguascalientes	Bajío	Guadalajara	Hermosillo
	La Paz	Los Cabos	Los Mochis	Manzanillo
	Mexicali	Morelia	Puerto Vallarta	Tijuana
<b>Grupo Aeroportuario Centro-Norte (GACN) (13)</b>				
Internacionales	Acapulco	Ciudad Juárez	Culiacán	Chihuahua
	Durango	Mazatlán	Monterrey	Reynosa
	San Luís Potosí	Tampico	Torreón	Zacatecas
	Zihuatanejo			
<b>Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México (GACM) (1)</b>				
Internacional	Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM)			

**Tabla 3.10 Aeropuertos concesionados**

Los 23 aeropuertos restantes, no fueron declarados en disposición para recibir participación del capital privado y han permanecido administrados directamente por el organismo paraestatal Aeropuertos y Servicios Auxiliares, denominándose ASA Corporativo, ver tabla 3.11

<b>Aeropuertos Administrados por ASA Corporativo (23)</b>				
Internacionales (13)	Campeche	Ciudad del Carmen	Ciudad Obregón	Chetumal
	Guaymas	Loreto	Montemorelos	Nogales
	Nuevo Laredo	Palenque	Puerto Escondido	Querétaro
	Toluca			
Nacionales (10)	Ciudad Victoria	Colima	Cuernavaca	Poza Rica
	San Cristóbal de las Casas	Tamuín	Tehuacán	Tepic
	Tuxtla Gutiérrez	Uruapan		

**Tabla 3.11 Aeropuertos administrados directamente por ASA**

Como parte de las estadísticas que normalmente se generan en la operación de los aeropuertos, se incluye junto con otros parámetros, el tonelaje que se maneja en ellos. De manera ingenua, con frecuencia se asocia dicho valor a la importancia del aeropuerto como tal, sin profundizar en sus características e importancia que representa para éste. Así, es necesario analizar en detalle el manejo de la carga aérea.

La sola comparación del tonelaje de la carga aérea con otros medios y modos de transporte, concluiría que el transporte de bienes por vía aérea es irrelevante respecto a los manejados por medios terrestres, camión o ferrocarril, y más grave aún por medios marítimos.

Si bien los valores respectivos son ciertos, es prudente reflexionar que de acuerdo con cifras de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), el discreto tonelaje de la carga aérea, representó en años recientes aproximadamente el 40% del valor de las manufacturas mundiales de exportación. Más aún para evaluar la importancia de la carga en un sistema, se considera como un dato más representativo, en particular en el medio aéreo, el tonelaje-kilómetro transportado, es decir la combinación de tonelaje con la red de rutas. Así, se está obligado a estudiar con mayor cuidado y seriedad el concepto de la carga aérea.

En la fig. 3.8 se muestran los grupos aeroportuarios en México.

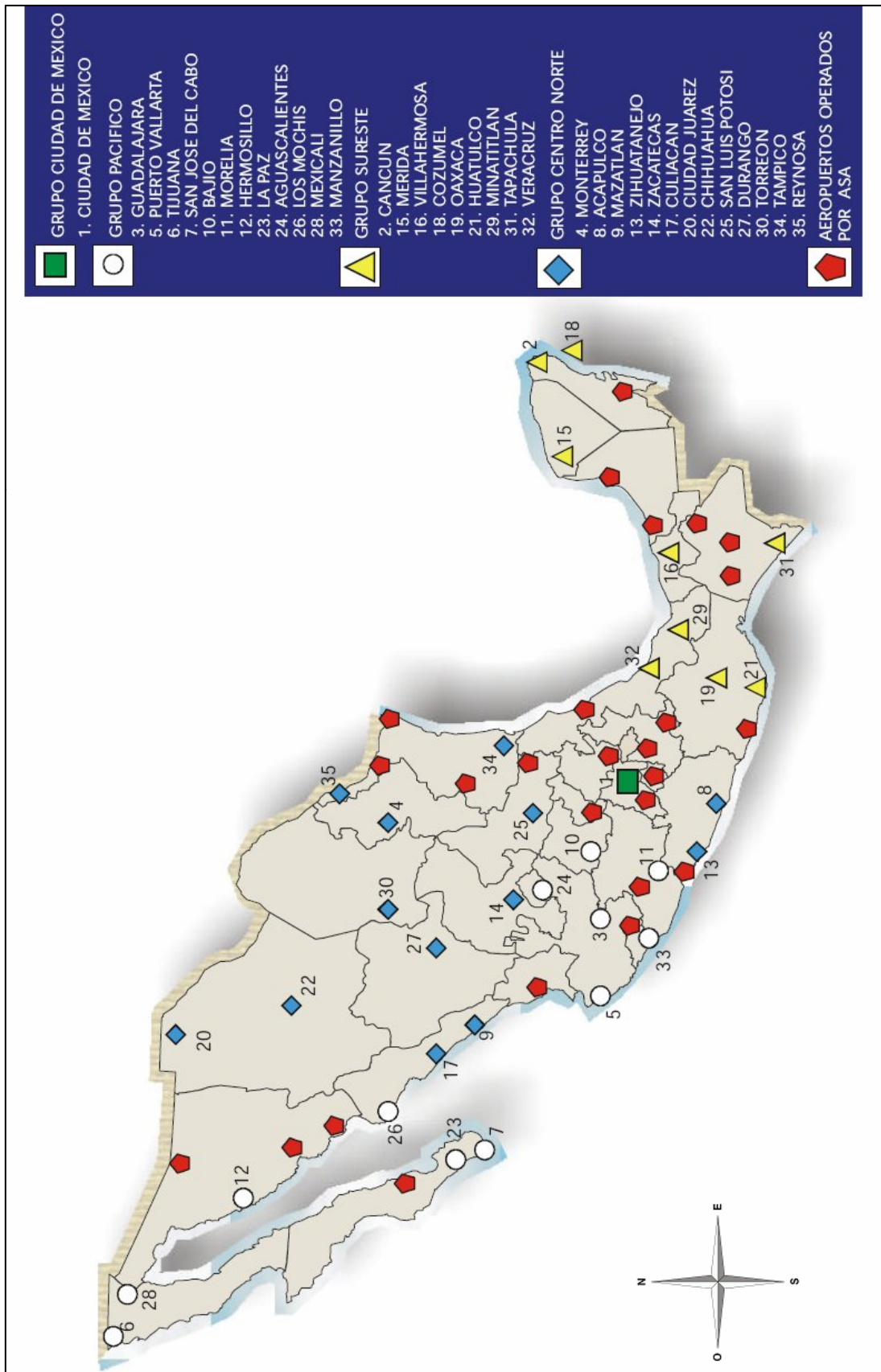


Figura 3.8 Grupos aeroportuarios

Aunque la carga sigue patrones de acceso y salida similares a los de los pasajeros, a diferencia de éstos la carga no es autónoma en su desplazamiento terrestre, no es capaz de orientarse, tampoco busca su protección, y no identifica su ruta ni su destino final. Además y de manera fundamental, la carga siempre es en un solo sentido. Tales conceptos si bien parecen obvios, con frecuencia no se interpretan y por tanto, se omiten o no se les da la debida atención.

Así, para atender la carga y en mayor medida la aérea, se requiere de una cadena de servidores bien organizada e integrada en forma secuencial. La carga aérea es diferente a otras transportadas por otros modos, terrestre o marítimo, en la medida en que el transporte aéreo básicamente ofrece mayores velocidades de tránsito y seguridad, y en consecuencia tiene un mayor costo unitario del transporte, por lo cual requiere un valor alto y/o un mayor peso volumétrico del objeto a transportar.

En México, el transporte de carga aérea, tanto doméstica, como internacional, registró tasas de crecimiento muy altas y sostenidas a partir de la década de los noventa, en contraste con el comportamiento del segmento del transporte de pasajeros que resultó bastante afectado por los problemas financieros generalizados que enfrentó el sector en esos años. En la tabla 3.12 se muestra el comportamiento de la operación aérea en los últimos años.

Año	Pasajeros transportados (miles)			Carga transportada (miles de toneladas)		
	Servicio		Total	Servicio		Total
	Nacional	Internacional		Nacional	Internacional	
1990	11,438	9,011	20,449	63	101	164
1995	14,857	10,335	25,192	85	167	252
2000	17,762	16,212	33,974	99	280	379
2003	18,411	16,876	35,287	89	321	410
2005*	19,829	22,347	42,176	123	406	529

Fuente: Sexto informe de gobierno \*Cifras preliminares

**Tabla 3.12 Movimiento de pasajeros y de carga por transporte aéreo**

Tomando como base la tabla 1.3 del capítulo 1, donde se mencionan los componentes básicos del modo de transporte fluviomarítimo y aéreo, generamos la tabla 3.13 en la que

se presentan las características principales de la situación actual del transporte aéreo en México, así como su infraestructura.

Vehículo	Fuerza motriz	Caminos	Terminales	Sistemas de control
Aeronaves (avioneta, avión comercial, pasajeros, carga y combate)	Desde motor a pistón hasta turborreactores.  Fuente de energía: turbosina	Rutas aéreas	85 aeropuertos y 1,470 aeródromos	Leyes, reglamentos, y grupos aeroportuarios (ASUR, GAP, GACN, GACM) y ASA

**Tabla 3.13 Transporte Aéreo**

### 3.4 TRANSPORTE INTERMODAL

Si bien ya se trataron los tres sistemas de transporte, el terrestre, el marítimo y el aéreo, es necesario mencionar la interrelación que existe entre ellos, para lo cual se describirá al transporte intermodal.

El movimiento de mercancías en la misma unidad cerrada, o contenedor, sobre dos o más modos diferentes de transporte se conoce como transporte intermodal. A diferencia del transporte multimodal que es en donde se requiere que la mercancía se manipule para su transferencia entre diferentes modos de transporte, mediante equipo especializado en flujo continuo (terminales de transvase de graneles sólidos o líquidos).

En el transporte intermodal, el contenedor de mercancía enviado a través de ferrocarriles, camiones, barcos o aviones es cerrado y precintado en su origen, y sus contenidos no se vacían hasta que se rompe el precinto por el consignatario, cuando la mercancía es descargada en destino; sólo se expide un flete de embarque o una hoja de ruta aérea. Si están implicados países extranjeros, la mercancía se traslada bajo tratados

internacionales, los cuales facilitan la inspección en las aduanas de los puertos fronterizos nacionales antes de alcanzar su destino final.

El elemento esencial en el transporte intermodal es el camión o remolque, que recoge o entrega la mercancía en el origen y el destino. Un barco o un avión no pueden llegar a la puerta de la tienda, la fábrica o el almacén, ni tampoco puede hacerlo un vagón de ferrocarril, excepto en las zonas industriales dotadas de red ferroviaria. Algunas líneas aéreas hacen uso de contenedores intercambiables con empresas de transporte terrestre, pero no con navieras ni compañías de ferrocarril.

En el transporte intermodal de mercancías el contenedor se cierra con llave para evitar robos y se sella herméticamente para evitar las inclemencias del tiempo; los requisitos de embalaje normales son menos exigentes y la mercancía se factura como una sola carga. El intercambio de material se acelera y los contenedores pueden almacenarse; algunas terminales están dotadas con tomas eléctricas para mantener los contenedores refrigerados. Las reclamaciones por daños en la mercancía del contenedor son mucho menores y los hurtos se han eliminado casi por completo. La eficiencia y la economía intermodal se pueden alcanzar particularmente bien en el transporte marítimo.

Como parte de la infraestructura de este sistema, en nuestro país, se tienen 67 instalaciones, clasificadas de acuerdo con su tipo en: 13 multimodales, 31 intermodales, 20 multi e intermodales, y 3 depósitos de contenedores vacíos, como se muestra en el fig. 3.9. En cuanto al servicio ofrecido, 55 son públicas y 12 particulares.

Respecto al tipo de autorización, 22 requieren permiso de la SCT, 30 a través de concesión ferroviaria, y otras 15 que no precisan de anuencia especial para su operación.

Un alto porcentaje de las instalaciones (80%) inició sus operaciones después de 1993. El desarrollo naciente de las instalaciones se observa al detectar que aproximadamente el 50% de éstas se ha dado a partir de 1995 a la fecha, en coincidencia con el inicio de operaciones de empresas privadas concesionarias del transporte ferroviario.

Es característica común que las terminales interiores y portuarias estén vinculadas de algún modo con grupos empresariales, principalmente consorcios nacionales o extranjeros pertenecientes al giro de transporte marítimo, ferroviario y/o de manejo de carga, y con plantas armadoras de unidades automotrices. Las terminales interiores, portuarias y depósitos de contenedores tuvieron en promedio 26 empleados por instalación.



La mayoría de las terminales intermodales (77.7%) proporciona o concentra, parcial o totalmente, la prestación de servicios de transporte, y en algunos casos (22.3%) las terminales no están involucradas en la asignación del transporte terrestre.

En algunos casos el acarreo de largo y corto itinerario se combina en un solo servicio, con un único responsable, la terminal, naviera o la Intermodal Marketing Company (IMC), lo que implica mayor integración en la cadena logística. Comúnmente, las terminales concentran los servicios de transporte de largo recorrido con las empresas ferroviarias y navieras.

En cuanto a la gestión del arrastre local o regional, éste se realiza con autotransportistas propios o independientes. En la generalidad de los casos, las terminales terrestres particulares contratan servicios de tipo Puerta-Rampa directamente con la línea naviera en los movimientos transcontinentales, y con un IMC para su movimiento dentro de Norteamérica.

En lo referente al servicio ferroviario, las terminales tienen la percepción de mejora en los tiempos de recorrido. Sin embargo, aún no se satisface el 50% de sus solicitudes de equipo de arrastre.

Los principales servicios ferroviarios regulares, que ofrecen algunas de las terminales exploradas, se dan en el sentido Norte-Sur, con origen o destino en el Distrito Federal y la frontera norte (Ciudad Juárez, Piedras Negras y Nuevo Laredo). La excepción es la ruta Manzanillo-Distrito Federal, que tiene una orientación Oeste-Este. En su mayoría los principales flujos corresponden al comercio exterior y en mucho menor medida al tráfico doméstico. Asimismo, las frecuencias más altas (siete servicios por semana) se presentan entre Silao y Piedras Negras; en el par Nuevo Laredo-Querétaro; y en el par Manzanillo-Distrito Federal.

El principal movimiento intermodal identificado se presenta en las importaciones entre el puerto de Manzanillo y el Distrito Federal. Cabe señalar que los flujos intermodales, que involucran la ciudad de Guadalajara, son poco frecuentes y comparativamente con volúmenes reducidos, a pesar de ser un centro urbano de primera importancia en el país. Esta situación puede indicar la existencia de potencial para el desarrollo del transporte intermodal en esa región.

La falta de disponibilidad de servicios aduanales en la mayor parte de las terminales intermodales terrestres, representa una carencia importante, dado que una de las ventajas tradicionalmente explotadas en estas instalaciones es acercar la aduana a los centros de consumo o expedición de carga, y la eliminación de cuellos de botella en fronteras y puertos. Esta situación demanda revisar la Ley Aduanera, de manera que se facilite y fomente el movimiento de mercancía en tránsito, así como autorizar aduanas interiores, dado que actualmente se consideran como excepciones estos apoyos, tal es el caso de los flujos intermodales de partes automotrices, que son respaldados por grandes consorcios multinacionales.

Por su parte, en los servicios de valor agregado, varias terminales no han incursionado aún en estas prestaciones. Su ofrecimiento serviría para facilitar las tareas de los clientes. Sólo algunas terminales ofrecen servicios de consolidación; esta prestación permitiría el acceso al servicio de transporte intermodal y, con ello, obtener tarifas convenientes, entre otros, para el pequeño exportador.

La mayor parte de las terminales interiores no cuentan con instalaciones y equipos para refrigeración e inspecciones fitosanitarias. La presencia de servicios de transportación, almacenaje e inspección para cargas perecederas incrementaría la competitividad de varios productos mexicanos en el mercado internacional.

Todo el territorio nacional está cubierto de las áreas de influencia de las terminales intermodales, con excepción de Guerrero. Además, el sureste mexicano tiene la menor cobertura de servicios intermodales y la mayor cobertura se ubica en la región centro occidente del País.

Aunque se reconocen mejoras en el desempeño de las empresas ferroviarias y terminales de carga, aún se observaron deficiencias en algunos aspectos. En las primeras en relación con tiempos de entrega, disponibilidad de equipo de arrastre y acuerdos de derechos de paso y arrastre. En cuanto a las segundas en lo que corresponde a la disponibilidad de servicios aduanales, inspecciones fitosanitarias, servicios de valor agregado, alto porcentaje de regresos en vacío, pocos servicios de consolidación y personalidad jurídica de los actores participantes. Por otro lado, es notable el desarrollo de las terminales interiores a partir de 1993 en número, así como en movimiento de contenedores y en cobertura geográfica. Todo ello, gracias en gran medida a la apertura a la inversión privada y a la competencia en el sector transporte.

### **3.5 TRANSPORTE URBANO**

La concentración de la población en grandes ciudades o grandes áreas metropolitanas ha supuesto la necesidad de dotación de un transporte colectivo eficiente para el desarrollo de la vida cotidiana de éstas. El smog de las grandes urbes ha impuesto la necesidad de construir sistemas alternativos de transporte urbano no contaminante.

Los sistemas de transporte urbano más eficientes y sustentables en el mundo son aquellos que presentan varias alternativas al usuario, es decir, el transporte multimodal y también las que buscan la armonía con los usos del suelo y el necesario equilibrio de preferencias entre el transporte colectivo y el vehículo particular.

En suma, un buen sistema de transporte como parte de la estructura urbana es aquel en que la comunidad utiliza el transporte colectivo, la bicicleta y andadores peatonales.

Los modelos de transporte en cualquier parte del mundo están articulados a tres sistemas clave: el sistema de transporte, el sistema de actividades y los flujos de mercancías y servicios; cada uno de ellos plantea sus requerimientos en términos de traslados e infraestructura, para proveer la movilización de una manera segura, rápida, económica, socialmente benéfica y compatible con el medio ambiente.

Los modelos de transporte con influencia continental, como el europeo, el soviético, el norteamericano y el latinoamericano parten de estructuras culturales, sociales, ideológicas, económicas y tecnológicas predeterminadas, sustentadas en los siguientes conceptos:

- ❖ la organización territorial
- ❖ la estructura jurídica
- ❖ la organización institucional
- ❖ modelos de explotación del servicio
- ❖ esquemas operacionales
- ❖ disponibilidad de la infraestructura urbana
- ❖ organización de los operadores
- ❖ recaudación y remuneración
- ❖ modelos financieros
- ❖ uso de tecnologías y mejores prácticas

Cada uno de los modelos mundiales se ha destacado por uno o más atributos a los que les ha dado predominancia; cabe destacar el modelo francés y el estadounidense: el primero ha dado peso a la organización y planificación territorial, y el segundo se caracteriza por esquemas de explotación del servicio.

En América Latina hay vastos ejemplos de modelos de transporte con referencias nacionales e internacionales de transporte público de calidad.

Los modelos de transporte que ya destacan en México y donde la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) ha participado, primero a través del programa de inversión de 100 ciudades con obras estructuradoras del desarrollo urbano, y del año 2003 a la fecha con el Programa Hábitat, son el caso de Angelópolis en Puebla; Optibús en León; Transborde en Ciudad Juárez; SITT en Tijuana; Transsiglo en Torreón, y Metrobús en la ciudad de México.

El modelo Angelópolis en Puebla, que fue el ejercicio experimental para otras ciudades, es un proyecto que en materia de infraestructura inicialmente consideró tres rutas troncales, pero sólo inició una, que quedó truncada al no darse continuidad en la gestión del sistema ni en los procesos de implantación. Por otra parte, las rutas alimentadoras fueron instaladas, más no las auxiliares y remanentes; el lugar de la terminal de transferencia fue reubicado y, en consecuencia, el diseño transformado.

Actualmente se tiene la intención de actualizar el proyecto y aprovechar la infraestructura creada, junto a todo un proceso de consulta y participación ciudadana y del sector privado para involucrarse en el proyecto. Por ejemplo, se cuenta con un estudio de corredores funcionales en siete cuencas de la ciudad y un estudio de redimensionamiento de rutas.

El proyecto Optibús en León, Guanajuato, es un modelo de transporte urbano que inició en 1995 con un estudio de reestructuración de rutas realizado por SEDESOL, y fortalecido en 1999 con un sistema funcional detallado del Sistema Integral de Transporte, en el cual se involucró a los agentes que intervienen en el sistema y a las áreas que operan la infraestructura, desarrollando el marco jurídico y el de fortalecimiento institucional y buscando con ello garantizar a los usuarios un servicio confiable, seguro y con mejor trato; fortalecer la planeación, la gestión y el control del transporte; racionalizar el uso de las vías existentes; disminuir la congestión y contaminación, y sobre todo modernizar a las empresas concesionarias del servicio de transporte urbano.

Optibús es un esquema que permite, a través de un proceso de reestructuración de rutas y acondicionamiento de vías y áreas de transbordo, funcionar de una manera coordinada, para optimizar recursos humanos y materiales en la operación diaria de las rutas y los autobuses. El proyecto Optibús agrupa cuatro estaciones de transferencia; 35 km de corredores viales con cerca de 70 paraderos; la operación de rutas troncales con autobuses articulados (52), complementado con rutas auxiliares (interbarrios) y rutas alimentadoras (barrio - estación), e integrado en 13 empresas transportistas.

Actualmente, los éxitos del sistema de transporte en León se pueden resumir en mejor servicio, al acercar, ajustar y reincorporar rutas; se integran paraderos, vialidades y puentes; se mejora la operación de los semáforos, el señalamiento vial y la seguridad al usuario; hay una alta cobertura de usuarios de manera rápida (se realizan 220,000 viajes por día, que representan 30% de la movilidad urbana total de la ciudad, que es de 650,000 viajes/día); se garantiza un servicio moderno, de mayor calidad, más seguro y de mejor trato al usuario; se da prioridad al transporte público; se propicia la modernización de las empresas transportistas con personal profesional y nuevas instalaciones, oficinas y talleres de mantenimiento de unidades; y sobre todo, con un costo de pasaje se tienen múltiples opciones de rutas, lo que reduce el gasto diario que el ciudadano hace en el transporte.

Transborde en Ciudad Juárez, ver fig. 3.10, es un modelo moderno de corredor binacional Ciudad Juárez-El Paso, que transporta principalmente a usuarios que cruzan la frontera.



**Figura 3.10 Proyecto Transborde, Ciudad Juárez, Chih.**

El modelo comprende lo correspondiente al diseño operacional, la infraestructura y el equipamiento del corredor con sistema de prepago, desarrollo institucional, organización de transportistas y articulación a un sistema de movilidad urbana, dando preferencia al peatón y al ciclista.

El SITT en Tijuana actualmente se desarrolla con el plan de estructuración de rutas de transporte, y se tiene ya el diseño operacional de la infraestructura y el equipamiento del corredor de transporte, incluyendo el sistema de prepago, el desarrollo institucional de las áreas operadoras y administradoras y la organización de los transportistas.

Transsiglo, en Torreón, Coahuila, se desarrolla actualmente en dos etapas: una correspondiente a la estructuración total de rutas de transporte con sistemas de ajuste dinámico y rápido, para tender a la implantación de corredores, y la segunda etapa que se refiere al diseño operacional, la adecuación de la infraestructura y el equipamiento del corredor, así como la inclusión del sistema de prepago y el fortalecimiento de los organismos que operan y administran el transporte.

El más reciente es el Metrobús, en la ciudad de México, ver fig. 3.11, que corre sobre la Avenida de los Insurgentes, uno de los corredores más largos y saturados de la ciudad. En este modelo de corredor participan las empresas de gobierno y transportistas privados que prestan el servicio en esta avenida.



**Figura 3.11 Metrobús**

El modelo es un sistema troncoalimentador, que incluye el sistema de prepago combinado con publicidad; incluye también el diseño particular de los paraderos.

Para el caso mexicano, cabe destacar que la SEDESOL ha estado participando desde hace más de una década en el fortalecimiento de la gestión del transporte, abogando por la implantación de sistemas de transporte eficiente que sirvan a la población adecuadamente y mejoren sus niveles de vida. El propósito es seguir participando de una manera proactiva en la implantación de sistemas de transporte integrados, adecuados a las necesidades de las diversas urbes del país, articulado al programa Hábitat.

El modelo tiene como objetivo general la implantación de sistemas integrados de transporte urbano adecuado y sustentable, mediante el establecimiento de planes de corto, mediano y largo plazos que identifiquen y den las pautas para la implantación y el crecimiento de sistemas integrados de transporte, adecuados a la realidad particular de cada urbe.

La ciudad de México cuenta con diferentes sistemas de transporte urbano, incluyendo al Metrobús, los cuales serán desarrollados en el siguiente capítulo.

A continuación se mencionarán algunas características del Transporte Urbano, en algunas ciudades de México.

### **3.5.1 Transporte urbano de Zapopan, Jal.**

El sistema de transporte urbano de Zapopan en el estado de Jalisco, es uno de los proyectos estratégicos del Plan Municipal de Desarrollo, concebido como parte de las políticas de planeación urbana sustentable y de largo plazo para detener la dispersión del área urbana, propiciar la redensificación y solucionar la movilidad integral, principalmente con el uso del transporte público, que permita integrar otros sistemas como el uso de la bicicleta y las áreas peatonales mediante la recuperación del espacio público. El proyecto tiene un concepto de asociación público-privada que equilibra el balance de fuerzas, que incluye a todos los prestadores del servicio actual con participación proporcional de los mismos y un componente institucional de sustentabilidad. Consta de una ruta troncal de 18 km de longitud aproximada con carriles exclusivos para el uso de autobuses articulados con un cupo máximo de 180 personas y estaciones confinadas, utiliza la misma red de vías existente, con una cobertura total de 108 km<sup>2</sup>.

### **3.5.2 Transporte urbano en Cancún, Q. Roo.**

A diferencia de las grandes urbes, en Cancún no existe la congestión vehicular y el riesgo de sufrir algún percance al recorrer las atracciones turísticas es mínimo. Para trasladarse en la ciudad o en la zona hotelera, se pueden utilizar los taxis o los autobuses urbanos, ambos operan las 24 hr del día.

Los taxis por lo general se encuentran en las cercanías de los hoteles. Las unidades no usan taxímetros, pero tienen tarifas establecidas.

Una forma más económica para trasladarse en Cancún son los autobuses locales. Estas unidades tienen varios paraderos establecidos entre el centro y la zona hotelera.

Para el traslado interurbano en la terminal de autobuses de Cancún, en el cruce de las avenidas Uxmal y Tulum, se pueden tomar los autobuses que se dirigen a los diferentes destinos turísticos del Caribe mexicano, como Playa del Carmen, Xel-Ha y Tulum, además de otros importantes atractivos como Valladolid y Mérida, en el estado vecino de Yucatán.

### **3.5.3 Transporte urbano en Chihuahua, Chih.**

Movilizarse en la faz urbana de Chihuahua no es una tarea complicada, por el contrario, es bastante sencillo y, sobre todo, seguro, por lo que el viajero puede recorrer las calles sin mayores inconvenientes, en las unidades del transporte públicos de pasajeros (autobuses y taxis), sistema que opera bajo la modalidad de concesión de rutas a empresas o personas agrupadas de manera independiente.

En la ciudad existen 67 rutas de transporte, las mismas que son cubiertas por 523 autobuses. En cuanto a taxis, en Chihuahua hay 880 unidades registradas, existiendo 74 paraderos autorizados en puntos estratégicos del área urbana. Las principales rutas o ejes viales de la ciudad recorridos por las unidades del transporte público, son las calles y avenidas del centro urbano, el corredor de la avenida Universitaria y el de la avenida Flores Magón, el complejo industrial Chihuahua y la zona industrial de Nombre de Dios (al norte).

Según investigaciones realizadas en los últimos años, se ha llegado a determinar que el transporte público en la ciudad representa solo un 47% del total de los medios empleados para movilizarse, un índice muy por debajo del promedio nacional que alcanza el 75%.

Además de su buena infraestructura en el ámbito urbano, Chihuahua presenta excelentes vías de comunicación comunal e interestatal, como la carretera Panamericana. También hay una serie de caminos rurales que permiten la conexión con otras ciudades del estado, como Cuauhtémoc, Delicias, Ahumada y Aldama. Todas estas rutas son cubiertas por 19 líneas de transporte nacional.

### **3.5.4 Transporte urbano en Acapulco, Gro.**

En Acapulco ir de un lado para el otro es una actividad bastante sencilla, si se tiene en cuenta que la ciudad es cruzada, únicamente, por una gran avenida costera que recibe el nombre de Miguel Alemán (en su parte central), carretera Escénica (al este) y López Mateo (al oeste).

Los taxis son los más utilizados y prácticos para movilizarse en Acapulco. Sus tarifas son módicas y no usan taxímetro.

Además de las unidades que recorren la ciudad todo el día y se pueden abordar en cualquier esquina, en Acapulco existen otras modalidades de taxi, como son:

- ❖ Taxis colectivos, su ruta es la avenida costera Miguel Alemán. Las unidades parten cuando sus asientos están copados y, durante el trayecto, hacen varias paradas, por lo que demoran más que un taxi convencional. Tienen una tarifa fija sin importar la distancia del recorrido.
- ❖ Taxis apostados en los hoteles, son más caros que los taxis comunes, en especial si su destino es el aeropuerto. Por lo general, cuentan con tarifas fijas para casi todos los lugares turísticos. Se les puede contratar por horas o por el día entero, en estos casos lo mejor es negociar el precio antes de subir a la unidad.

Una alternativa al taxi son las unidades del transporte público de pasajeros. Generalmente, estos autobuses recorren la avenida costera con regularidad

Existen los autobuses pintados con colores pasteles, porque tienen aire acondicionado.

### **3.5.5 Transporte urbano en Tijuana, B.C.**

Tijuana es una ciudad pequeña que se recorre fácilmente en auto o utilizando los taxis colectivos y camiones (microbuses) del transporte público de pasajeros. Las unidades están pintadas con diversas combinaciones de colores, que son la clave para identificar el tipo de servicio que brindan y la ruta que siguen los vehículos.

### **3.5.6 Transporte urbano en Guanajuato, Gto.**

Movilizarse en Guanajuato, capital del estado del mismo nombre, es bastante sencillo y no genera mayores inconvenientes. El medio más económico y popular en el transporte público son los ómnibus, aquí llamados camiones, que siguen una ruta predeterminada. En cuanto a taxis, en la Central de Autobuses se encuentran unidades pintadas de blanco y, en el centro, vehículos verdes. Ambos cuentan con los permisos correspondientes y brindan garantías a los usuarios. También existen los llamados "radio-taxis", unidades apostadas en las puertas de los hoteles o que pueden contratarse por la vía telefónica. Para trasladarse desde Guanajuato a las demás ciudades del estado numerosas empresas de autobuses conectan a la capital con los principales destinos de la región, como San Miguel de Allende, Dolores Hidalgo y los encantadores poblados de El Bajío (León, Irapuato y Celaya, por citar algunos).

Estas facilidades se complementan con un eficiente sistema de carreteras, las mismas que han sido rehabilitadas en los últimos años.

### **3.5.7 Transporte urbano en Manzanillo, Col.**

Manzanillo, la "Esmeralda del Pacífico", presenta dos sectores: el centro de la ciudad y la zona hotelera, localizada a casi 5 km al norte, interconectados entre sí por el boulevard costero, llamado también Miguel de la Madrid.

Movilizarse de un sector al otro se puede hacer en los ómnibus que durante casi todo el día recorren el boulevard (de 14:00 y 16:30 horas hay un descanso). Las unidades llevan un distintivo en el parabrisas por lo que son fácilmente reconocibles parten cada 10 minutos. También existe el transporte concesionado, conformado por 800 unidades de taxi

que circulan por Manzanillo y su zona hotelera. Estos vehículos también pueden ser alquilados por hora.

En la ciudad de Manzanillo circulan también las llamadas "combis", furgonetas con capacidad para 8 personas que siguen rutas predeterminadas.

### **3.5.8 Transporte urbano en Mérida, Yuc.**

La ciudad cuenta con varias modalidades de transporte público (ómnibus, también llamados camiones, colectivos y camionetas), que facilitan el transporte por la capital yucateca. El costo de los pasajes varía dependiendo del tipo del servicio.

En lo referente a los taxis, las tarifas dependen de una serie de factores, como la distancia del recorrido, el punto de partida del servicio, el horario, el número de pasajeros y el equipaje.

### **3.5.9 Transporte urbano en Puebla, Pue.**

Desplazarse por Puebla no debe generar mayores problemas. Los viajeros pueden viajar en camiones (ómnibus) y en micro o combis (vagonetas con capacidad para 8 pasajeros). Todas estas unidades forman parte del sistema de transporte urbano de la ciudad. Se caracterizan por tener rutas fijas y tarifas económicas.

La otra posibilidad son los taxis. En Puebla, las unidades que operan dentro de la ciudad son negras y con toldo amarillo.

### **3.5.10 Transporte urbano en Querétaro, Qro.**

Querétaro cuenta con un eficiente sistema de transporte urbano. El servicio es brindado por microbuses y taxibuses (especie de taxis colectivos) que cubren las 123 rutas autorizadas en todas las colonias de la ciudad. Las tarifas son económicas y la rapidez varía dependiendo de la hora y el tráfico.

Otra opción son los taxis convencionales. Sus precios son menores que en las grandes urbes del país, como la ciudad de México, Monterrey o Guadalajara.

El viajar en la ciudad de Querétaro en horas pico, tiene los inconvenientes de los congestionamientos vehiculares en el Centro Histórico y en las principales arterías urbanas, como la avenida Constituyentes y en la entrada y salida de la carretera libre con dirección a Celaya.

### **3.5.11 Transporte urbano en Chiapas, Chis.**

Ir de un lugar a otro en Tuxtla Gutiérrez, la capital del estado de Chiapas, no es una tarea complicada. El caminar por el centro de la ciudad es una opción.

En el aeropuerto y en las terminales de autobuses se encuentran los servicios de transporte urbano a través de autobuses urbanos y suburbanos para cubrir las demandas de transporte en sus poblaciones, así como también se cuenta con el servicio de transporte concesionado a través de las camionetas y microbuses que recorren rutas determinadas, y el servicio del transporte concesionado a través de los taxis.

La capital de Chiapas y sus alrededores atraen al turismo y como parte del transporte existen los servicios de taxis turísticos.

### **3.5.12 Transporte urbano en Villahermosa, Tab.**

Como toda capital estatal, Villahermosa cuenta con diversos y variados servicios de transporte público, que permiten recorrer la ciudad sin grandes inconvenientes. Dentro de estos servicios se tienen los autobuses de transporte urbano y suburbano para recorrer la capital de Tabasco y sus poblaciones.

Villahermosa, la principal ciudad del estado de Tabasco, posee una eficiente red de autobuses y unidades de servicio colectivo (transporte concesionado), las mismas que tienen rutas predeterminadas, las cuales cubren la demanda de transporte.

Dentro de los servicios del transporte concesionado, también se encuentran los taxis que transitan por la ciudad con tarifas preestablecidas.

## **4. APLICACIONES EXISTENTES DE LOS SIT EN LA RED DE TRANSPORTE URBANO DEL D.F.**

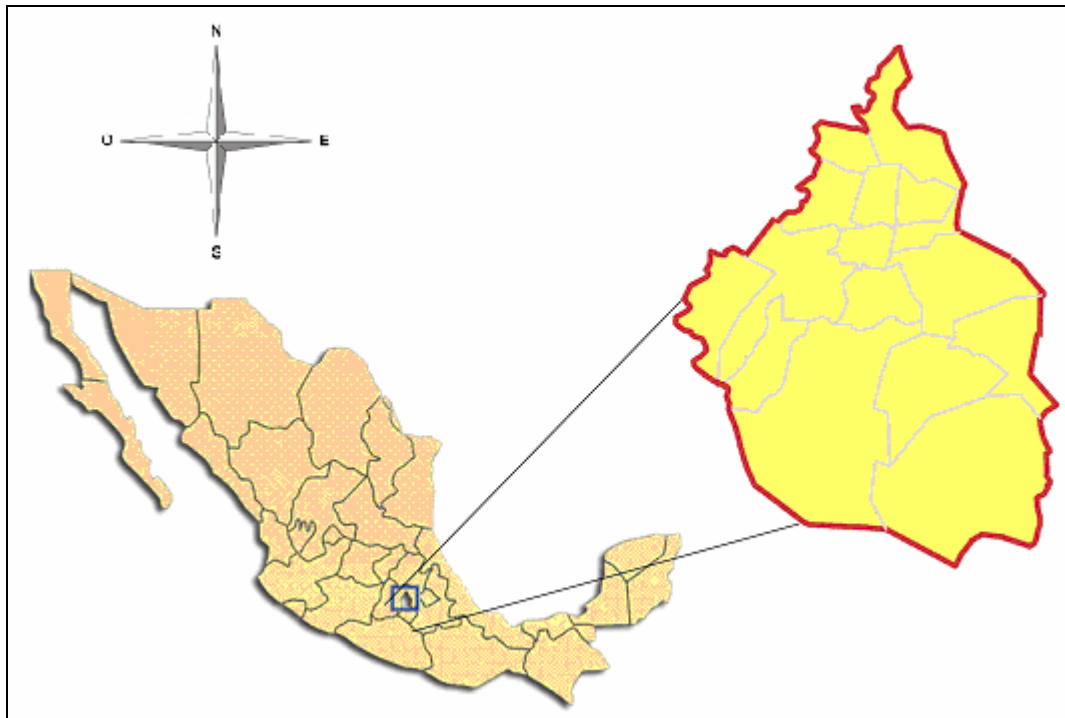
El transporte público y de mercancías en el Distrito Federal, por su importancia y trascendencia, es un servicio necesario para la ciudadanía y para el correcto funcionamiento de la ciudad. Es por ello que resulta relevante destacar la necesidad de conocer su estructura vial existente en la ciudad de México.

### **4.1 UBICACIÓN, PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, GEOGRÁFICAS, POBLACIONALES Y DE MOVILIDAD**

#### **4.1.1 Contexto regional de la ciudad de México**

La ciudad de México, es el centro político, económico y cultural del país. Se sitúa en el Valle del Anahuac, al centro-sur del país, sobre buena parte de lo que originalmente era el Lago de Texcoco a una elevación promedio de 2,240 msnm; se caracteriza por formar una cuenca semicerrada rodeada de montañas con zonas boscosas, debido a lo cual está sujeta, de manera natural, a condiciones que no favorecen a una adecuada ventilación de la atmósfera.

El Distrito Federal (DF) colinda al norte, este y oeste con el Estado de México y al sur con el Estado de Morelos, su territorio ocupa una superficie de 148,652.32 hectáreas, lo que representa el 0.01 % de la superficie total del país, ver fig. 4.1.



**Figura 4.1 Posición geográfica de la ciudad de México**

Forma parte de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), con sus 16 delegaciones políticas, además de 58 municipios del Estado de México (siendo los más habitados Nezahualcóyotl, Ecatepec, Naucalpan de Juárez, Atizapán de Zaragoza, Tlalnepantla de Baz, Cuautitlán Izcalli y Tultitlán), y un municipio del Estado de Hidalgo (Tizayuca), según el Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México (1995); y representa una superficie de más de 741,000 hectáreas (el 0.37% de la superficie total del país), ver fig. 4.2.

El Distrito Federal tiene dos tipos predominantes de uso de suelo: el urbano, básicamente hacia el centro-norte, que cuenta con una extensión de 61,082 hectáreas, y el de conservación, en la porción sur, oeste y con vestigios en lo correspondiente a las sierras de Guadalupe y Santa Catarina, con 88,442 hectáreas. El primero cubre cerca del 41% del territorio de la entidad y el segundo el 59% restante. La ocupación urbana del suelo de conservación es uno de los principales factores de degradación ambiental, el crecimiento desordenado hacia la periferia de la ciudad genera un impacto negativo sobre las

características naturales de la zona y sobre los procesos ambientales que la sustentan. Además de los 36 poblados rurales en el suelo de conservación, se tienen registrados 636 asentamientos humanos, de los cuales 108 son regulares y 528 son irregulares, lo cual pone en riesgo la sustentabilidad de la ciudad, así como la seguridad de las familias que se establecen en suelos no aptos.

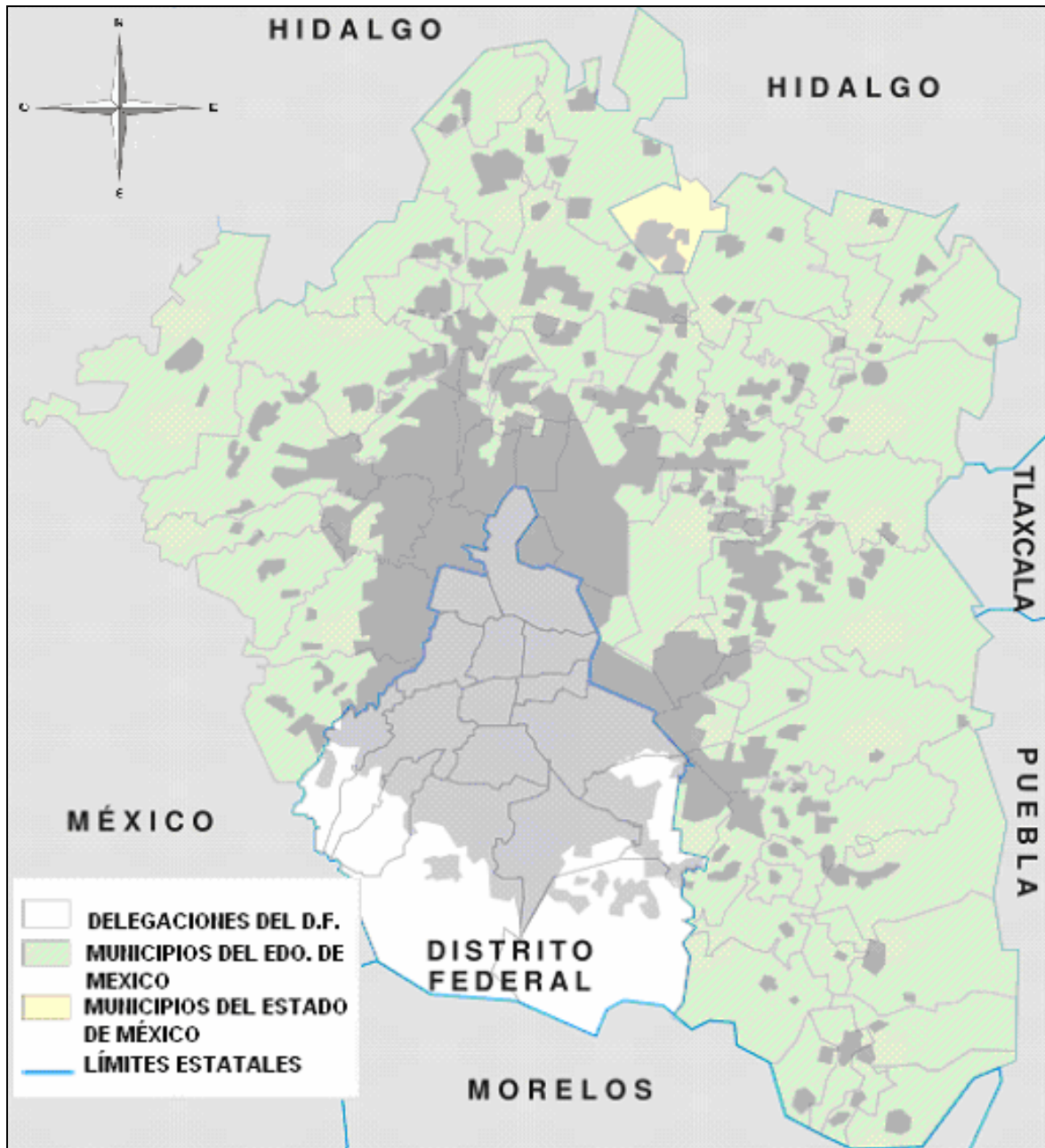


Figura 4.2 Mapa del área metropolitana de la ciudad de México

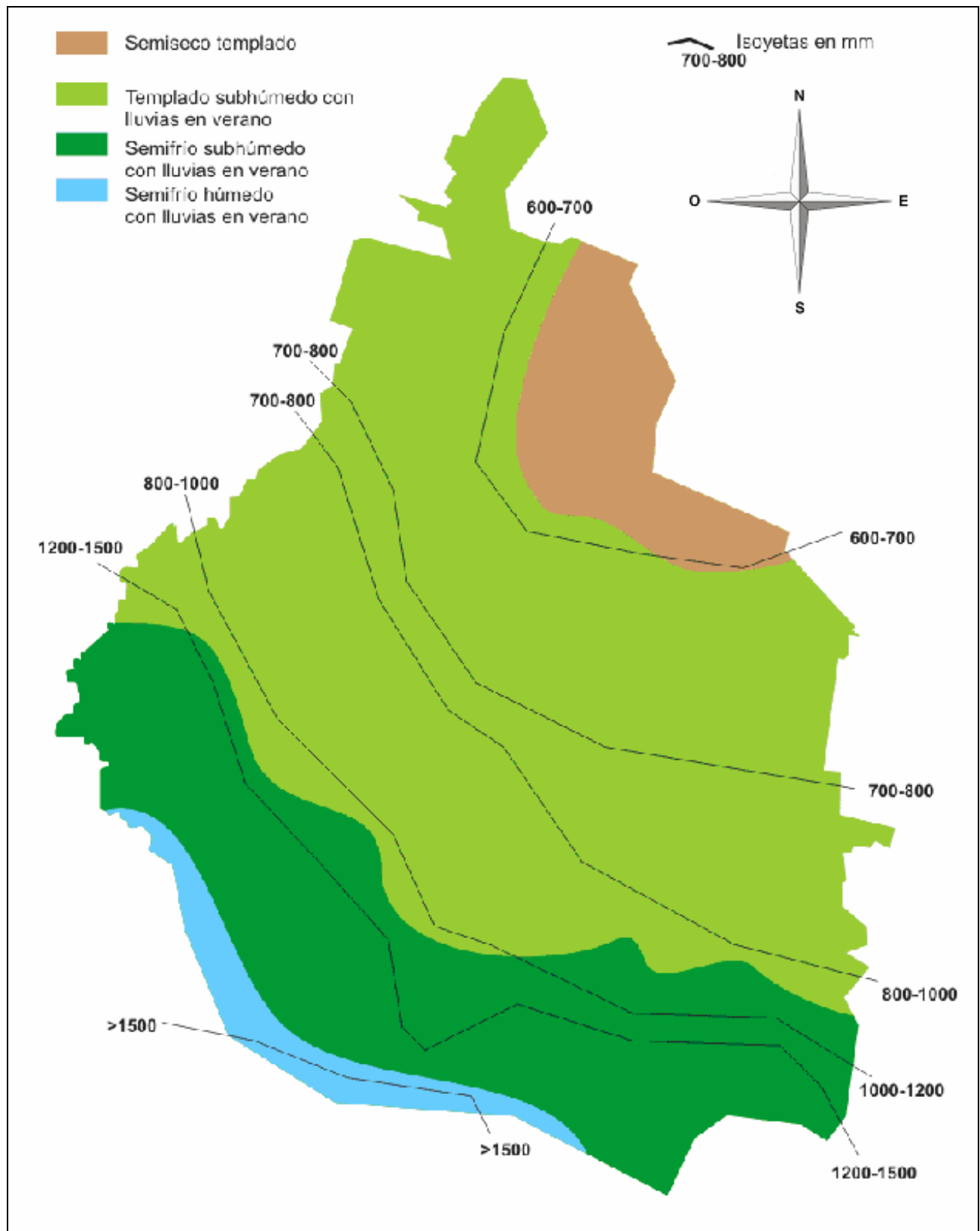


Figura 4.3 Climas predominantes en la ciudad de México

El clima en la ciudad de México es templado subhúmedo con temperatura media de 15°C; precipitación anual de 77 mm; al suroeste, la mayor altitud determina que la temperatura media disminuya hasta los 11°C y la precipitación aumente a 1200 mm anuales. Existen masas de aire húmedo en verano y parte en otoño, debido a la influencia en los ciclones tropicales. Vientos dominantes del suroeste la mayor parte del año y del norte y noreste en el otoño, ver fig. 4.3.

La mayor parte de los ríos y arroyos han sido desviados de sus cauces naturales, a través de canales o entubados, como los ríos Tlalnepantla, San Joaquín, La Piedad, Becerra, Mixcoac y Churubusco; sólo los ríos Los Remedios y Magdalena tienen un tramo libre. La cuenca cerrada en la que se localiza el Distrito Federal fue abierta artificialmente hacia el río Tula, para evitar las inundaciones, a través del tajo de Nochistongo y el túnel de Tequisquiac. Varias presas se construyeron para almacenar agua y regular su distribución, como las de San Joaquín, Tecamachalco, Santa Fe, Anzaldo y Santa Lucía. El lago de Xochimilco ha quedado como fuente acuosa natural, con poca profundidad. Se ha perdido el 99% del área lacustre.

#### **4.1.2 Población**

De acuerdo con los resultados definitivos del segundo conteo de población y vivienda 2005 realizado por el INEGI, la población total de la ZMVM es de 18'335,427 habitantes, (18% de la población total del país), de los cuales 8.721 millones corresponden a la población del DF, lo que lo ubica como la segunda entidad federativa más poblada del país, con una participación del 8.5% por debajo del Estado de México, cuya población de 14.08 millones representa el 13.6% de la población nacional. Sin olvidar que en el Distrito Federal se presenta la llamada población itinerante, calculada en más de 4 millones de personas que llegan diariamente a trabajar formal o informalmente, a adquirir bienes o usar servicios públicos.

Las tasa media de crecimiento anual de la ZMVM comprendida entre los años 1995 y 2000 es, como se muestra en la tabla 4.1, del 1.27% anual; el DF crece a una tasa del 0.24%

anual y los 28 municipios mas poblados del Estado de México crecen a una tasa del 2.18% anual, este hecho provoca una intensa movilidad de personas entre el DF y el Estado de México. En la tabla 4.2 se muestra el comportamiento del crecimiento de la población del DF por delegación, de donde se aprecia la estimación de población para el año 2025 de acuerdo al Programa Integral de Transporte y Vialidad 2001 – 2006.

	1995	2000	1995-2000 (TMCA)
<b>Población Total de la ZMVM</b>	<b>17,294,753</b>	<b>18,396,677</b>	<b>1.27</b>
<b>Total Distrito Federal</b>	<b>8,489,007</b>	<b>8,591,309</b>	<b>0.24</b>
<b>28 Municipios conurbados mayores</b>	<b>8,184,925</b>	<b>9,076,937</b>	<b>2.18</b>
Ecatepec	1,457,124	1,622,697	2.27
Nezahualcoyotl	1,233,868	1,225,972	-0.13
Naucalpan de Juárez	839,723	858,711	0.45
Tlalnepantla de Baz	713,143	721,415	0.23
Chimalhuacán	412,044	490,772	3.82
Atizapán de Zaragoza	427,444	467,886	1.89
Cuautitlán Izcalli	417,489	453,298	1.72
Tultitlán	361,434	432,141	3.91
Valle de Chalco Solidaridad	287,073	323,461	2.54
Ixtapaluca	187,690	297,570	11.71
Nicolás Romero	237,064	269,546	2.74
Coacalco de Berriozabal	204,674	252,555	4.68
Chalco	175,521	217,972	4.84
La Paz	178,438	212,694	3.84
Texcoco	173,106	204,102	3.58
Huixquilucan	168,221	193,468	3.00
Tecamac	148,432	172,813	3.29
Zumpango	91,642	99,774	1.77
Tultepec	75,996	93,277	4.55
Chicoloapan	71,351	77,579	1.75
Cuautitlán	57,373	75,836	6.44
Teoloyucan	54,454	66,556	4.44
Tepotzotlán	54,419	62,280	2.89
Acolman	54,468	61,250	2.49
Melchor Ocampo	33,455	37,716	2.55
Atenco	27,988	34,435	4.61
Jaltlenco	26,238	31,629	4.11
Nextlalpan	15,053	19,532	5.95
<b>31 Municipios conurbados restantes</b>	<b>620,821</b>	<b>728,431</b>	<b>3.47</b>

Fuente: Anuario 2005 del Transporte y Vialidad, SETRAVI

**Tabla 4.1 Tasa media crecimiento anual**

Delegación	AÑO					
	2000	2003	2006	2010	2020	2025
Distrito Federal	8,605,239	8,681,749	8,747,755	8,831,853	9,020,898	9,111,886
Ciudad Central	1,692,179	1,639,181	1,593,427	1,534,748	1,406,711	1,359,730
Benito Juárez	360,478	352,646	345,886	337,215	317,999	309,639
Cuauhtémoc	516,255	497,658	481,602	461,010	415,379	395,522
Miguel Hidalgo	352,640	343,394	335,412	325,175	302,489	298,619
V. Carranza	462,806	445,483	430,527	411,348	370,844	355,950
1er Contorno	5,339,879	5,371,377	5,398,409	5,431,356	5,506,489	5,539,171
Álvaro Obregón	687,020	694,104	700,184	707,594	724,491	731,841
Azcapotzalco	441,008	428,730	418,195	405,355	376,071	363,334
Coyoacán	640,423	628,220	617,747	604,984	575,878	563,218
Cuajimalpa	151,222	163,227	173,527	186,082	214,710	227,166
G. A. Madero	1,235,542	1,216,167	1,199,540	1,179,276	1,133,065	1,112,964
Iztacalco	411,321	404,355	398,377	391,091	374,476	367,249
Iztapalapa	1,773,343	1,836,574	1,890,839	1,956,974	2,107,798	2,173,399
2do Contorno	1,476,408	1,561,434	1,635,013	1,731,186	1,942,079	2,033,858
M. Contreras	222,050	228,967	234,953	242,777	259,934	267,401
Tlahuac	302,790	335,453	363,719	400,665	481,680	516,938
Tlalpan	581,781	601,607	618,764	641,189	690,364	711,764
Xochimilco	369,787	395,407	417,577	446,555	510,101	537,755
3er Contorno	96,773	109,757	120,906	134,563	165,619	179,127
Milpa Alta	96,773	109,757	120,906	134,563	165,619	179,127

Fuente: Programa Integral de Transporte y Vialidad 2001 – 2006

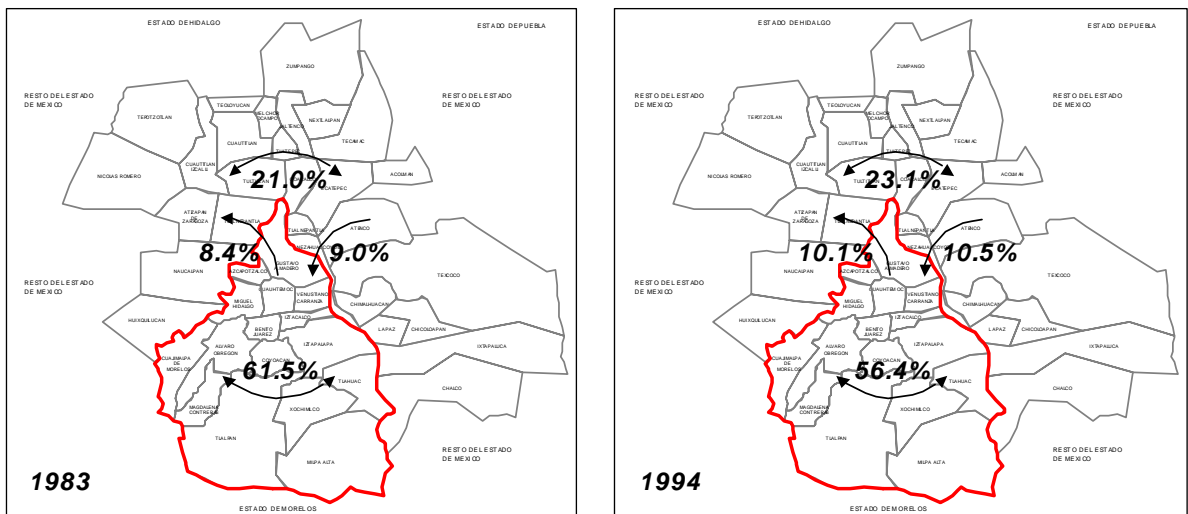
Tabla 4.2 Crecimiento del población en el DF (1960-2005)

Ámbito Geográfico	1994	%	2020	%
<b>Distrito Federal</b>	<b>13,673.1</b>	<b>66.5</b>	<b>17,426.3</b>	<b>61.5</b>
Viajes al interior del Distrito Federal	11,598.6	56.4	14,647.3	51.7
En delegaciones (viajes internos)	4,977.4	24.2	6,398.1	22.6
Entre delegaciones	6,621.1	32.2	8,249.2	29.1
Viajes metropolitanos	2,074.5	10.1	2,778.9	9.8
<b>Municipios conurbados del Estado de México</b>	<b>6,900.6</b>	<b>33.5</b>	<b>10,914.3</b>	<b>38.5</b>
Viajes al interior de la ZMEM	4,744.1	23.1	8,101.7	28.6
En municipios (viajes internos)	3,168	15.4	5,340.8	18.8
Entre municipios	1,576	7.7	2,760.8	9.7
Viajes metropolitanos	2,156.5	10.5	2,812.6	9.9
<b>Total viajes en la ZMVM</b>	<b>20,573.7</b>	<b>100</b>	<b>28,340.6</b>	<b>100</b>
Total viajes internos	8,145.5	39.6	11,738.9	41.4
Total viajes entre delegaciones/municipios	8,197.2	39.8	11,010.1	38.8
Total de viajes metropolitanos	4,231.1	20.6	5,591.6	19.7

Fuente: Programa Integral de Transporte y Vialidad 2001 – 2006

Tabla 4.3 Generación de Viajes en la ZMVM (1994-2020)

Por su parte, los viajes metropolitanos (los que cruzan el límite del DF y el Estado de México), pasaron del 17% a casi el 22%; esto significa poco más de 4.2 millones de viajes por día, ver tabla 4.3. y fig. 4.4. Se estima que para el 2020 esta cifra será cercana a los 5.6 millones de viajes y representará cerca del 20% del total de viajes en la ZMVM (28.3 millones de viajes en total). Del total de 20.6 millones de viajes registrados en 1994, cerca de 6.9 millones (el 33%) se inician en el periodo de 6:00 a 9:00 de la mañana, y más del 90% se concentran en 24 demarcaciones políticas, de las cuales 11 corresponden a municipios del Estado de México.



**Figura 4.4 Comportamiento de los patrones de viaje en la ZMVM 1983 - 1994**

## 4.2 INFRAESTRUCTURA VIAL

En cuanto a infraestructura vial, el DF cuenta con una red cuya longitud es cercana a los 10,200 km, de esta, cerca del 9% (913 km) corresponde a la vialidad primaria, formada por las vías de acceso controlado (171.42 km), los ejes viales (421.16 km) y las arterias principales (320.57 km). El resto, poco más de 9,269 km, corresponde a la vialidad secundaria. En la tabla 4.4 se muestra el inventario de la estructura vial del Distrito Federal.

### 4.2.1 Red vial primaria

La red vial primaria se compone de vías de acceso controlado, ejes viales y vías principales las cuales se describen a continuación:

	Longitud 2000	Incremento 2001-2006	Longitud 2006
<b>Total red vial primaria y secundaria</b>	10,182	62.6	10,244.6
<b>Subtotal red vial primaria</b>	913.1	60.7	973.7
<b>Vías de acceso controlado</b>	171.4	39.6	211
Anillo Periférico y Distribuidor Vial San Antonio	58.8	31.8	90.6
Circuito Interior	42.9		42.9
Ferrocarril Suburbano (laterales con Av. Jardín)		1.9	1.9
Terminal-2 Aeropuerto (Río Consulado)		1	1
Calzada de Tlalpan	17.7		17.7
Viaducto Miguel Alemán	12.2		12.2
Terminal-2 Aeropuerto. Vía Elevada Economía-T2		3.7	3.7
Viaducto Río Becerra	1.8		1.8
Calzada Ignacio Zaragoza	14.1		14.1
Distribuidor Vial Zaragoza		1.2	1.2
Aquiles Serdán	9.8		9.8
Río San Joaquín	5.4		5.4
Gran Canal	8.4		8.4
<b>Arterias principales</b>	320.5	3.2	323.6
Av. Insurgentes	34.5		34.5
Paseo de la Reforma	14.5		14.5
Otras	271.5		271.5
Avenida de los Poetas		2.1	2.1
Av. Centenario		0.5	0.5
Puente Ancona		0	0
Ejército Nacional-Moliere		0.6	0.6
<b>Ejes viales</b>	421.1	17.9	438.9
Eje Troncal Metropolitano		8.5	8.5
Eje 5 Poniente		6.9	6.9
Ferrocarril Suburbano (Ejes 2 y 4 Norte)		2.3	2.3
<b>Subtotal vías secundarias</b>	9,268.9	1.9	9,270.8
<b>Vías secundarias complementarias</b>			
Ferrocarril Suburbano (Pino, Ciprés y Flores Magón)		1.9	1.924

Fuente SETRAVI

**Tabla 4.4 Inventario de la estructura vial Distrito Federal**

Se conocen como vías de acceso controlado aquellas que son vialidades que satisfacen la demanda de movilidad continua de grandes volúmenes de tránsito vehicular, cuentan con accesos y salidas a los carriles centrales en lugares de mayor demanda y en su enlace con vialidades importantes, cuentan con distribuidores viales o pasos a desnivel; son consideradas la columna vertebral de la red vial. Estas vialidades satisfacen la demanda de movilidad continua de grandes volúmenes de tránsito vehicular, además tienen la

función primordial, de distribuir el tránsito de largo recorrido. Las vías de acceso controlado están compuestas por:

- ❖ Vías anulares. Son Anillo Periférico y Circuito Interior, éstas tienen la función primordial, en la movilidad de la ciudad, de distribuir el tránsito de largo recorrido.
- ❖ Los Viaductos. Son vías de acceso controlado y flujo continuo cuya función es comunicar altas demandas de viajes a puntos específicos de la ciudad, éstos son el Viaducto Miguel Alemán, Río Becerra y Viaducto Tlalpan.
- ❖ Vías radiales. Son vialidades de circulación continua que satisfacen la demanda de viajes que tienen como origen o destino el centro de la ciudad. Las vías radiales son Calzada Ignacio Zaragoza, Aquiles Serdán, Río San Joaquín, Av. Gran Canal y Calzada de Tlalpan.

Los ejes viales son vialidades semaforizadas que forman una retícula a todo lo largo y ancho de la ciudad. Esta red fue diseñada con carriles exclusivos para autobuses del transporte público en el sentido preferencial y en contra flujo, permitiendo la comunicación directa al metro. Los ejes viales son 31, con una longitud total planeada de 514 km de los cuales, de acuerdo con el Plan Rector de Vialidad de la ciudad de México, actualmente hay construidos únicamente 328.60 km, que se distribuyen de la siguiente forma: 6 al norte, 10 al sur, 7 al oriente, 7 al poniente y el Eje Central. La fig. 4.5 muestra la Red Vial de la ciudad de México.

Las vías principales son las que, por sus características geométricas y su capacidad para mover grandes volúmenes de tránsito, enlazan y articulan gran cantidad de viajes. Estas vialidades complementan la estructura de la red vial primaria y se caracterizan por su continuidad y sección transversal constante; este tipo de vialidades varían en su trazo y condiciones de operación de acuerdo a la zona geográfica en que se ubican. Así, en el oriente existe una amplia red, a diferencia de las zonas surponiente y norponiente, donde su número es reducido debido a la accidentada topografía. Y en el sentido norte sur hay carencia de vías que faciliten la distribución de los flujos vehiculares, las existentes tienen una traza en sentido oriente-poniente (como Sta. Lucia Centenario, Las Águilas y Desierto de los Leones), que operan deficientemente. Existe un total de 30 vías principales con una longitud de 205 km.



Fuente SETRAVI

Figura 4.5 Red vial de la ciudad de México

Existe un proyecto en fase de estudio por parte del gobierno del Estado de México para iniciar la construcción de un segundo piso en Periférico norte, el plan considera un trayecto del Toreo de Cuatro Caminos, en Naucalpan, a Tepotzotlán, como se muestra en la fig. 4.6, el cual enlaza las obras realizadas para el Periférico con el Estado de México, se prevé que tenga una extensión de 32 km.

El segundo piso en Periférico se realizaría en dos fases. De Cuatro Caminos a calzada Vallejo, con 14.5 km de extensión, y de Vallejo a la caseta de Tepotzotlán, con 17.5 km. La obra vial se construiría en ambos sentidos, con dos cuerpos de tres carriles por lado.

Además, incorporarían una línea de autobuses articulados (Metrobús) con estaciones cada 500 m.

#### **4.2.2 Red vial secundaria**

Son vías colectoras que enlazan a los diferentes centros urbanos con la red vial primaria, se estima en 9,557 km de longitud. La administración de ésta red esta a cargo de las delegaciones del Distrito Federal.

Particularmente en algunas zonas presenta situaciones conflictivas por las siguientes causas: falta de continuidad, sección transversal insuficiente, reducción de la capacidad por el estacionamiento indiscriminado, intersecciones conflictivas o sin semáforos, topes excesivos y mal diseñados, mal estado del pavimento, maniobras de carga y descarga de mercancías del pequeño comercio, sin horario establecido, cierre de calles con plumas o rejas e insuficiencia de señalamiento.

#### **4.2.3 Red vial terciaria o local**

Son vías no continuas que facilitan la movilidad dentro de las zonas habitacionales o predios particulares, su estructura no está diseñada para recibir tránsito intenso y pesado.

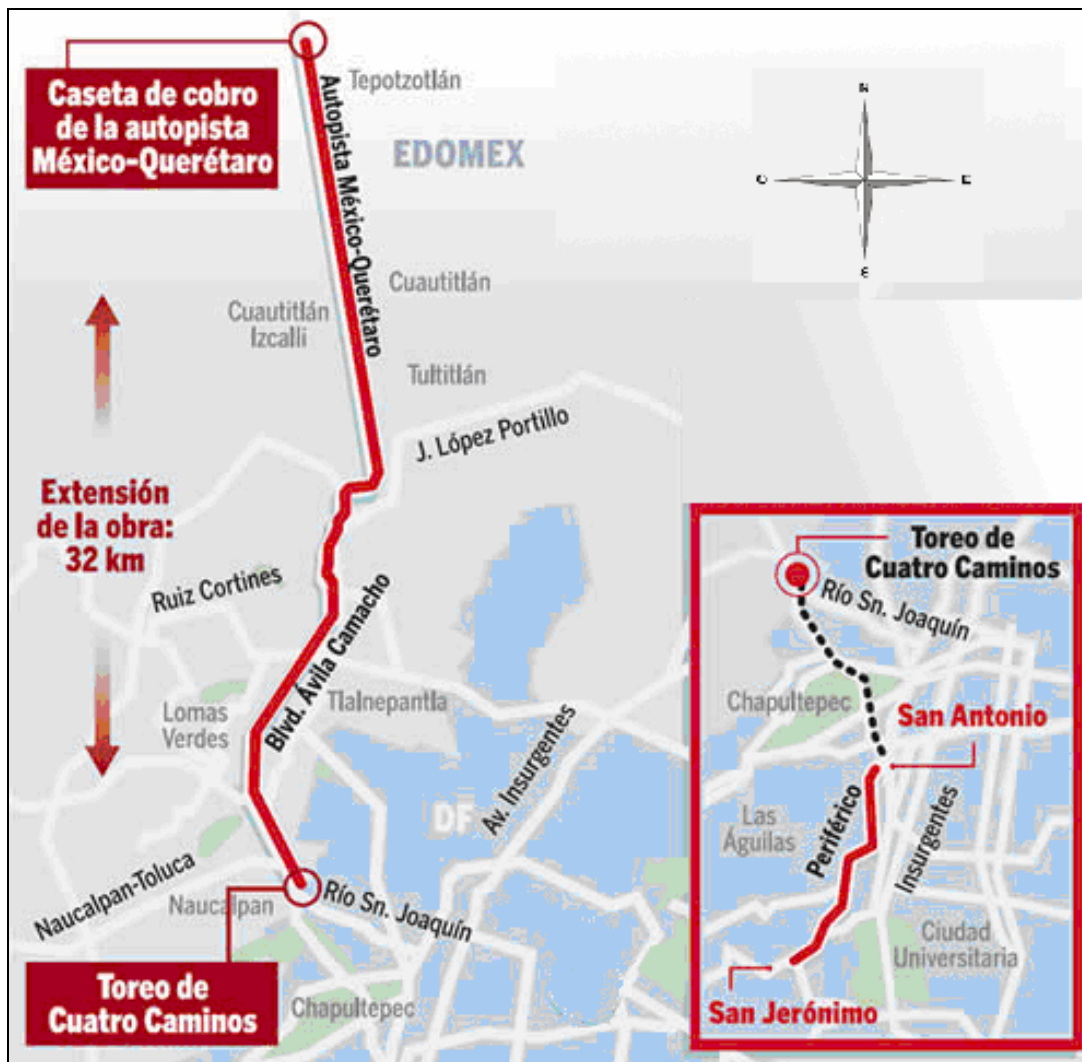


Figura 4.6 Trazo del segundo piso sobre Periférico Norte

### 4.3 SISTEMA DE TRANSPORTE

La Secretaría de Transportes y Vialidad (SETRAVI), es la encargada de formular y conducir el desarrollo integral del transporte, controlar el autotransporte urbano, así como planear y operar las vialidades en el Distrito Federal.

La SETRAVI se creó el 30 de diciembre de 1994, día en que se publicó la Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal. En ese momento la SETRAVI absorbió las unidades administrativas que conformaban la Coordinación General de Transporte, la Dirección General de Estudios y Proyectos, la Dirección General de Desarrollo Integral del Transporte y la Dirección de Administración.

A continuación se describirá la situación actual del sistema de transporte en el DF.

#### **4.3.1 Red de transporte público**

En los últimos 20 años, los sistemas de transporte que operan en el DF han experimentado severas transformaciones, producto de las políticas aplicadas por el gobierno de la ciudad y de las decisiones de los prestadores de servicio. Por su parte, la situación de cada modo de transporte depende de su capacidad de respuesta a los cambios cualitativos y cuantitativos de la demanda, de las limitaciones impuestas por sus características físicas y operativas, de la competencia, leal o desleal, entre los diferentes modos y a su interior, así como de la forma en que le afectan las decisiones del gobierno.

#### **4.3.2 Sistema de Transporte Colectivo-Metro**

El Sistema de Transporte Colectivo Metro (STC-Metro) constituye la infraestructura física, técnica y humana más poderosa con la que cuenta el Gobierno del Distrito Federal (GDF) para enfrentar la demanda de servicios de transporte, permitiendo un desahogo a la carga de las vialidades y aminorando considerablemente el impacto ambiental por pasajero transportado.

Antes del inicio de la operación de la segunda etapa de la línea B, el STC-Metro tenía una red de 200 km de vías dobles, fig. 4.7 (en 11 líneas y 175 estaciones) los cuales eran recorridos diariamente por los 302 trenes que conformaban el parque vehicular, de los cuales 201 se tenían programados para la operación diaria, realizando 1'157,490 vueltas anuales, lo que se tradujo en una oferta de servicio de 3.4 millones de lugares anuales.

El sistema captaba en promedio 4.2 millones de pasajeros por día laborable; en el periodo 1995-1998 la afluencia de usuarios se redujo en cerca de 9%, pero con la entrada en operación de la línea B, de 1998 a 2000 se obtuvo un incremento cercano al 4%.

El desarrollo del sistema se ha dado en la porción centro y norte del DF. El día 30 de noviembre del 2000, se puso en marcha la segunda etapa de la línea "B", la cual comprende 10.5 km de vías y 8 estaciones, que van desde la estación Continentes hasta la terminal Ciudad Azteca, con esta obra la red del Metro creció un 37% y permitió unir al centro de la ciudad de México con dos zonas de alta densidad de población en el Estado de México: Ecatepec y Nezahualcoyotl (a la fecha esta Línea ha transportado aproximadamente a 44 millones de pasajeros).

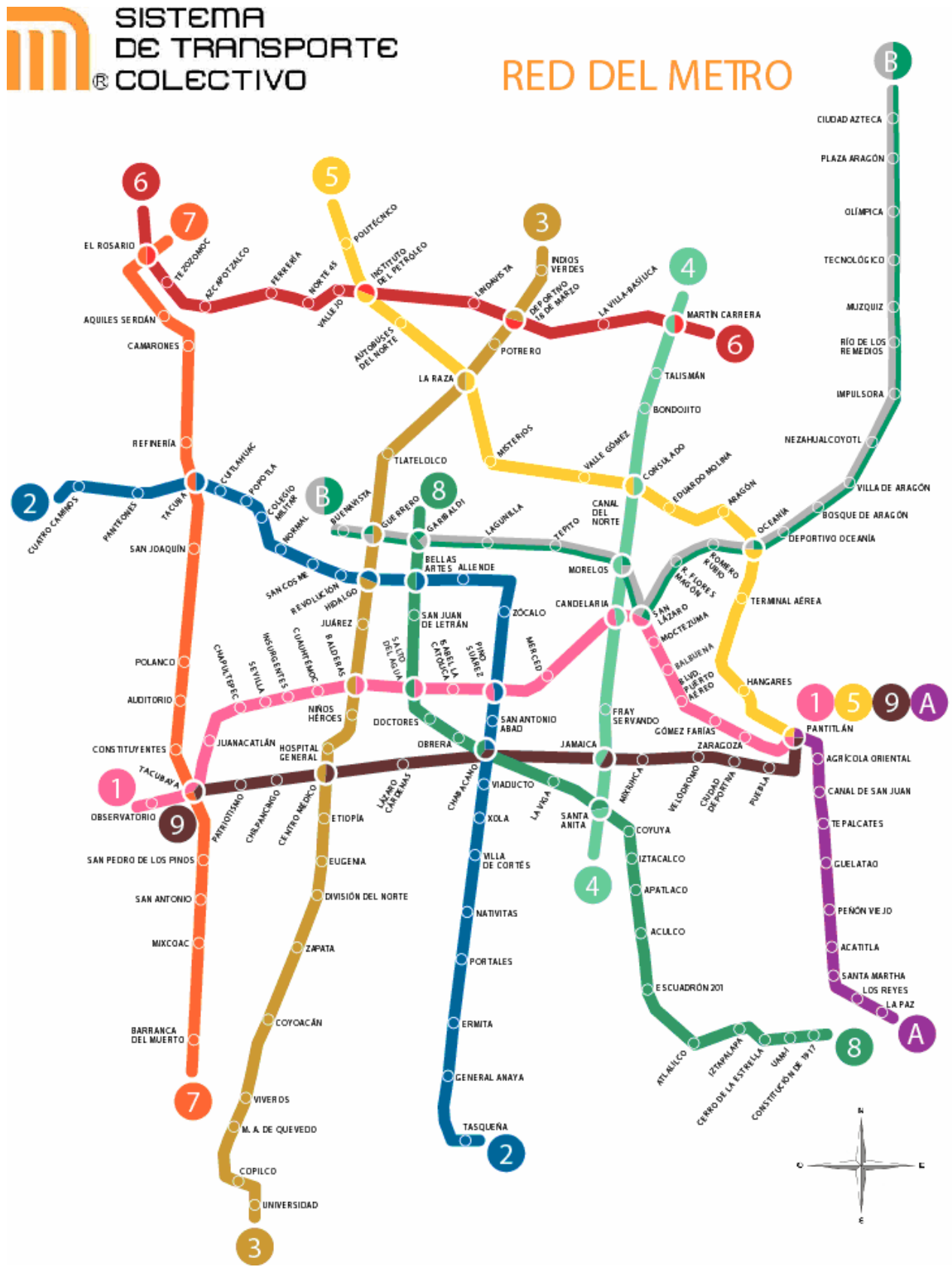




Figura 4.7 Red actual del Sistema de Transporte Colectivo Metro

Para trasladarse de los distintos puntos del Distrito Federal y zona conurbada, el STC-Metro tiene un parque vehicular de 348 trenes, de los cuales 315 son neumáticos y 33 férreos, material rodante que en su tipo, en nuestro país se ha caracterizado por estar a la vanguardia tecnológica de su tiempo, cuya fabricación tiene patente de origen mexicano, francés, canadiense y español.

Las constructoras Concarril, Bombardier, Alstom y CAF son firmas reconocidas y que destacan por su experiencia, innovación tecnológica, medidas de seguridad, capacidad, comodidad y confiabilidad.

Los carros neumáticos se caracterizan principalmente por tener la rodadura de hule, que al circular los hace silenciosos, y adquirir la fuente de energía a nivel de piso a través de la barra guía; en tanto que los carros férreos, cuentan con una rodadura de acero como los trenes de ferrocarril y cuyo abastecimiento de corriente eléctrica la obtienen por las "Catenarias", es decir, por medio de dos antenas colocadas en la parte superior de los trenes que durante su recorrido se sujetan de cables de alta tensión. En la tabla 4.5 se muestran los diferentes tipos de trenes que se encuentran actualmente en operación.

	TIPO DE TREN	PATENTE	CONSTRUCTORA	MODELO DE TREN	AÑO DE FABRICACIÓN	TRENES EN CIRCULACIÓN
	Neumático	Francés	Bombardier	MP-68	1968	Líneas 1, 9 y B
	Neumático	Mexicano	Concarril	NM-73 A	1973	Líneas 5 y 7
	Neumático	Mexicano	Concarril	NM-73 B	1973	Líneas 4, 6, 7
	Neumático	Mexicano	Concarril	NM-79	1979	Líneas 3, 7, 8 y 9
	Neumático	Canadiense	Halsthom	NC-82	1982	Líneas 1, 2 y 5
	Neumático	Francés	Bombardier	MP-82	1982	Línea 8
	Neumático	Mexicano	Concarril	NM-83 A	1983	Líneas 1, 3 y 7
	Neumático	Mexicano	Concarril	NM-83 B	1983	Línea 1

	Férreo	Mexicano	Concarril	FM-86	1986	Línea A
	Neumático	Español	CAF	NE-92	1992	Línea 1
	Férreo	Mexicano	Concarril	FM-95 A	1998 y 1999	Línea A
	Neumático	Canadiense	Alstom	NM-02	2005 y 2006	Línea 2

**Tabla 4.5 Trenes en operación**

Para brindar el servicio de transportación se asigna un número de trenes por línea como se muestra en la tabla 4.6, además existen trenes en reserva para proveer el servicio de acuerdo al programa de mantenimiento. Los indicadores de operación comprendidos entre los años 1997 y 2005 se muestran en la tabla 4.7

LÍNEA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B
<b>TRENES EN SERVICIO</b>	37	38	40	7	13	11	14	24	21	21	21
<b>TRENES EN RESERVA</b>	3	2	4	3	1	2	9	2	2	1	3

**Tabla 4.6 Número de trenes por línea**

	Unidad	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Boletos vendidos	Millones	1,111	1,075	1,315	1,357	1,411	1,333	1,308	1,360	1,354
Pasajeros totales	Millones	1,362	1,344	1,304	1,393	1,434	1,396	1,375	1,442	1,441
Promedio diario de pasajeros en día laborable	Miles	4,220	4,160	3,919	4,287	4,405	4,296	4,237	4,414	4,326
Promedio diario de pasajeros en día no laborable	Miles	2,638	2,604	2,503	2,717	2,849	2,791	2,721	2,819	2,955
Rutas o líneas	Número	10	10	11	11	11	11	11	11	11
Total de longitud de la red	km	178	178	190	200	200	200	201	201	201
Longitud de la red en servicio	km	171	171	183	193	193	193	193	193	193
Total de parque vehicular	Número	276	289	293	302	302	302	304	316	337
Parque vehicular en operación	Número	217	220	231	236	246	238	249	247	247
Parque vehicular en promedio en día laborable	Número	217	220	231	236	246	238	249	247	247
Parque vehicular en promedio en día no laborable	Número	159	159	173	177	184	176	188	186	185
Kilómetros recorridos	Miles	35,646	35,646	36,647	38,565	39,941	39,185	38,175	39,016	38,922
Promedio de kilómetros recorridos en día laborable	Miles	104	104	112	113	117	114	111	114	114
Promedio de kilómetros recorridos en día no laborable	Miles	83	83	84	88	92	92	89	88	89
Recorrido promedio por unidad en día laborable	km /Unidad	481	474	483	480	477	465	447	463	462
Recorrido promedio por unidad en día no laborable	km /Unidad	522	521	486	495	497	498	476	475	481
Total de personal del Organismo	Número	13,243	13,351	13,480	14,230	14,408	14,306	14,570	14,394	14,453
Personal administrativo	Número	2,051	2,086	2,105	2,257	2,279	2,265	4,104	3,079	3,412
Personal operativo	Número	11,192	11,265	11,375	11,973	12,129	12,041	10,465	11,315	11,041

**Tabla 4.7 Indicadores de operación 1997 - 2005 en el STC-Metro**

### 4.3.3 Servicio de Transporte Eléctrico (STE)

Está constituido por la Red de Trolebuses y la línea del Tren Ligero. La red actual de trolebuses tiene una extensión de 422.14 km, con 17 líneas, y un promedio de 344 unidades en operación. Por su parte, la línea del Tren Ligero tiene una longitud de 13 km a doble vía y opera en promedio con 12 trenes en horas de menor demanda y 15 en horas de máxima demanda.

Las características básicas de operación de las líneas del STE y el total de pasajeros atendidos durante el 2000 se presentan en la tabla 4.8.

Ruta	Longitud de Operación (km)	Tiempo promedio de vuelta (min)	Promedio de unidades en operación	Total de pasajeros (miles)	Kilómetros recorridos
Eje Central	37	147	33	14,559	2,889,094
Eje 7 – 7A Sur	12	62	16	8,166	1,128,322
Eje 8 Sur (Oso)	33	133	27	6,407	2,081,693
Eje 3 Oriente (Norte)	23	89	22	4	1,739,602
M. Blvd. Pto. Aéreo – M Rosario	45	171	26	7,715	2,435,152
M. El Rosario - M. Chapultepec	30	119	18	5,366	1,511,012
Panteón San Lorenzo Tezonco-C.U.	33	134	17	3,872	1,428,100
M. Indios Verdes – M. Hidalgo	15	82	9	1,068	544,146
Iztacalco - M. Villa de Cortés	10	51	9	2,467	562,929
Eje 3 y 4 Sur	42	136	22	6,279	2,064,019
Eje 5 y 6 Sur	22	101	13	2,503	940,801
Eje 5 Oriente	19	93	14	3,367	842,968
M. Esc. 201 - U. CTM Culhuacán	15	64	9	2,695	690,068
M. Escuadrón 201 - Villa Coapa	17	64	10	2,437	717,652
Eje 2 – 2A Sur	36	134	21	7,239	1,714,653
M. Const. de 1917 - P. San Lorenzo	12	54	8	2,718	561,544
Eje 3 Ote (norte)(discapacitados)	23	99	3	84,000	147,084
Total: Red de Trolebuses	422	1,733	276	160,862	21,998,839
Tren Ligero M. Tasqueña-Xochimilco	26	64	12	17,876	1,732,078
<b>Total de la red del STE</b>	<b>448</b>	<b>166</b>	<b>288</b>	<b>99,310</b>	<b>23,730,917</b>

Fuente SETRAVI

**Tabla 4.8 Indicadores de operación 2000 en el STE**

La red de trolebuses cuenta con una flota vehicular como se muestra en la tabla 4.9. Además de contar con vehículos especiales para personas de la tercera edad y minusvalidos, ver fig. 4.8.

Por otro lado, el Tren Ligero es un tipo de tren utilizado específicamente para el transporte de viajeros en áreas urbanas. Es el moderno sustituto del tranvía, y una de sus características es que los vehículos operan en un sistema que está parcial o totalmente segregado del tránsito vehicular, con carriles reservados, vías apartadas, y señalización propia pero mínima. Normalmente los vagones son automotores impulsados por electricidad.


Trolebús		Cantidad	Fecha de Fabricación	Tecnología del Sistema de Tracción
Serie	Marca			
	NEW FLYER	5	1975	REOSTATICO Antes: G.E. Actual: KIEPE (Importación)
	TOSHIBA	40	1981	CHOPPER-GTC y GTO TIRISTORES TIPO PASTILLA (Importación)
	TOSHIBA	56	1984	CHOPPER-GTC y GTO TIRISTORES TIPO PASTILLA (Importación)
	TOSHIBA	59	1984	CHOPPER-GTC y GTO TIRISTORES TIPO PASTILLA (Importación)
	MITSUBISHI	30	(4 primeros) 1984 (restantes) 1988	CHOPPER-GTO TIRISTORES TIPO PAQUETE (Importación)
	KIEPE	15	1990	REOSTATICO KIEPE (Importación)
	MITSUBISHI	100	1997	INVERSOR VVVF-C.A con IGTB
	MITSUBISHI	100	1999	INVERSOR VVVF-C.A con IGTB

Tabla 4.9 Flota vehicular de la red de trolebuses

El Tren Ligero de la ciudad de México, como se muestra en la fig.4.9, tiene una longitud de 13 km a doble vía y también forma parte de la red del Servicio de Transportes Eléctricos del Distrito Federal, el cual opera en el sur de la ciudad prestando un servicio de transporte no contaminante a la población de las delegaciones Coyoacán, Tlalpan y Xochimilco, brindando su servicio a través de 16 estaciones y 2 terminales, ver fig. 4.10, mediante 16 trenes dobles acoplados con doble cabina de mando con capacidad máxima de 374 pasajeros por unidad.

En la tabla 4.10 se muestran los indicadores de operación entre los años 1998 y 2005.



**Figura 4.8 Trolebús (STE)**



**Figura 4.9 Tren ligero de la ciudad de México**

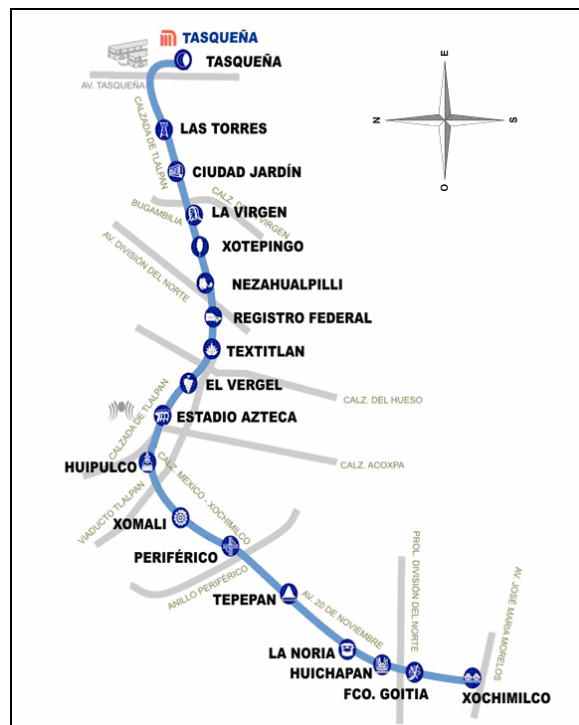


Figura 4.10 Ruta del tren ligero de la ciudad de México

	Concepto Unidad de medida	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Pasajeros totales con boleto	Miles	63,348	70,561	81,434	82,458	66,377	63,612	68,771	69,086
Promedio diario de pasajeros en día laborable	Miles	191	215	251	257	201	194	211	212
Promedio diario de pasajeros en día no laborable	Miles	177	137	152	150	138	132	134	135
Total longitud de la Red	km	443	460	456	489	489	489	489	506
Total de parque vehicular	Número	430	565	489	489	405	405	405	405
Parque vehicular en operación	Número	263	255	276	270	273	277	281	282
Parque vehicular promedio en día laborable	Número	272	268	299	294	292	294	301	304
Parque vehicular promedio en día no laborable	Número	236	222	192	204	223	236	230	236
Promedio de kilómetros recorridos en día laborable	km	55,200	54,800	65,200	60,800	59,257	65,479	67,128	69,795
Promedio de kilómetros recorridos en día no laborable	km	56,348	55,304	49,652	46,261	49,165	56,533	56,639	58,189
Recorrido promedio por unidad en día laborable	km	203	205	218	207	203	223	223	230
Recorrido promedio por unidad en día no laborable	km	239	249	259	227	221	240	246	247
Total de personal del organismo	Número	3,256	3,325	3,288	3,139	2,842	2,850	2,982	2,929
Personal administrativo	Número	568	661	627	610	465	482	485	468
Personal operativo	Número	2,688	2,664	2,661	2,529	2,377	2,368	2,497	2,461

Fuente SETRAVI

Tabla 4.10 Indicadores de operación del STE 1998-2005

#### **4.3.4 Red de Transporte de Pasajeros (RTP)**

La RTP cuenta con un parque vehicular aproximado de 1,400 unidades, de las cuales operan en promedio al día 1,140; de éstas, 831 son de reciente adquisición (en abril del 2002 se incorporaron al servicio los 119 autobuses nuevos), el resto de las unidades presentan una antigüedad promedio de 12 años. En su conjunto, los autobuses recorren diariamente 250,000 km.

La RTP opera un total de 100 rutas con una longitud de 3,061 km, cuyo trazo se presenta en las zonas periféricas y de bajos niveles de ingreso, a las principales estaciones del Metro; dos de las rutas se refieren a servicios de carácter preferencial a personas con capacidades distintas. El período de servicio se ofrece de las 4:00 a las 23:00 hr diariamente, transportando en promedio, por día hábil 750,000 pasajeros, lo que representó en el año 2001 un total de 218 millones de pasajeros.

Adicionalmente, se prestan servicios especiales, como el servicio nocturno que se ofrece los fines de semana, conectando las zonas de alta densidad de población con los principales centros de diversión de la ciudad, y que en el año 2001 transportó poco más de 103,000 pasajeros. Considerando la versatilidad de la operación de los autobuses, eventualmente es requerido para la sustitución temporal de los servicios de otros modos de transporte cuando lo requieren (tren ligero, trolebús y metro), movilizandando en estos servicios de apoyo un total de 2.2 millones de personas en el 2001.

Recientemente, los autobuses articulados que operaba el STE, fueron transferidos a RTP para su operación, con 6 rutas y 75 unidades, las cuales transportaron cerca de 28 millones de usuarios en el año 2000. Debido a su estado mecánico, actualmente forman parte de la reserva de operación.

De acuerdo al Anuario 2005 de Transporte y Vialidad publicado por la SETRAVI, los indicadores de operación son los que se muestran en la tabla 4.11.

#### **4.3.5 Centros de Transferencia Modal (CETRAM)**

Los Centros de Transferencia Modal, fig. 4.11, tienen como función ofrecer al usuario la facilidad para hacer un cambio de modo de transporte, los CETRAM's con más flujo de

personas son aquellos que cruzan la frontera con el área metropolitana, los que reciben a los habitantes que se trasladan del Estado de México al DF.

	Unidad de medida	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Boletos vendidos	Millones	132	182	203	190	218	204
Pasajeros totales	Millones	152	209	228	251	246	233
Promedio diario de pasajeros en día laborable (c/pago)	Miles	456	623	672	624	709	765
Promedio diario de pasajeros en día no laborable (c/pago)	Miles	200	285	353	290	334	315
Rutas o líneas	Número	113	101	101	98	98	88
Total de longitud de la red	km	3,092	4,175	4,413	4,458	4,463	4,240
Longitud de la red en servicio	km	3,061	3,281	3,567	3,287	3,400	3,093
Total de parque vehicular	Número	860	1,137	1,363	1,388	1,313	1,280
Parque vehicular en operación	Número	860	1,137	1,363	1,238	1,301	1,280
Parque vehicular promedio en día laborable	Número	667	900	1,099	975	1,035	1,028
Parque vehicular promedio en un día no laborable	Número	312	451	548	482	517	513
Kilómetros recorridos	Miles	46,670	62,592	75,523	67,338	69,642	67,893
Promedio de kilómetros recorridos en día laborable	Miles	146	200	241	217	221	217
Promedio de kilómetros recorridos en día no laborable	Miles	88	110	131	114	119	115
Recorrido promedio por unidad en día laborable	Km/unidad	219	223	219	222	214	211
Recorrido promedio por unidad en día no laborable	Km/unidad	286	244	239	237	229	226
Total de personal del organismo	Número	2,806	3,576	4,147	4,208	3,995	3,947
Personal administrativo	Número	884	907	993	1,008	1,012	1,004
Personal operativo	Número	1,922	2,669	3,154	3,200	2,983	2,943

Fuente SETRAVI

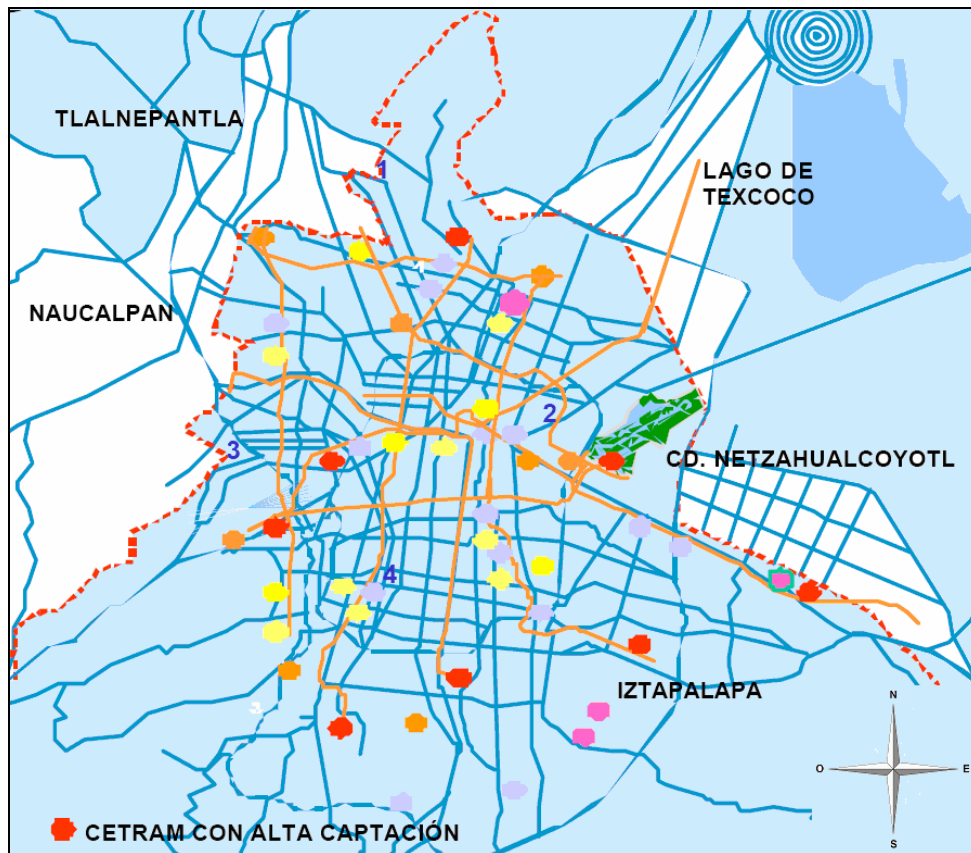
**Tabla 4.11 Indicadores de operación del RTP 2000-2005**

En la actualidad existen 46 CETRAM, que se ubican fuera de la vía pública y cuentan con infraestructura propia y servicios para los usuarios y los operadores de los vehículos del transporte público. Estos centros abarcan una superficie de aproximadamente 80 hectáreas, en las cuales se tienen 32 km de bahías, cobertizos, zonas comerciales (formales e informales) y de servicios.

En los CETRAM se atiende en promedio a 4 millones de usuarios al día y presentan una afluencia vehicular de 23 mil unidades de transporte público (45% proveniente del Estado de México), muchas de las cuales se encuentran en condiciones obsoletas.



**Figura 4.11 Centro de distribución modal**



**Figura 4.12 Distribución de los CETRAM's**

De los 46 CETRAM, 23 son administrados, 13 únicamente son supervisados y 10 no presentan ningún control. En los centros administrados participan 217 empresas de transporte que dan servicio a 1,300 destinos.

Los CETRAM están distribuidos estratégicamente en las diferentes delegaciones, exceptuando Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Milpa Alta y Tláhuac; en la fig. 4.12 se muestra su distribución.

Los CETRAM surgen en 1969 como instalaciones complementarias a las terminales del Metro. Desde su puesta en operación y hasta 1993 fueron administrados por el Sistema de Transporte Colectivo Metro, posteriormente estuvieron a cargo de las delegaciones políticas y a mediados de la década de 1990 se transfirió su administración y control a la entonces Coordinación General de Transporte.

Entre 1996 y 1997 los CETRAM pasan de la Dirección General de Servicios al Transporte, a la Dirección General de Planeación y Proyectos, luego a la Dirección General de Planeación y Vialidad, en 1999 a la Dirección General de Planeación y Vialidad, vía Dirección CETRAM y finalmente desde el 1 de junio del 2002 dependen de la Dirección General de Regulación al Transporte.

También considerados como servicios auxiliares del transporte, los CETRAM's se construyeron con el objetivo de dar solución a los problemas de congestión en vialidades aledañas a las estaciones del STC-Metro o lugares donde se generan concentraciones considerables de vehículos de transporte periférico por ser bases o terminales de ruta.

Centros de transferencia modal	45
Superficie total	715,616 m <sup>2</sup>
Número de bahías	241
Kilómetros de bahías	32
Pasajeros transportados por día	4'461,475
Parque vehicular	16,885 Unidades
Unidades de transporte del Estado de México	23,000 (45%)
CETRAM que concentran la mayor afluencia	4(33%)

**Tabla 4.12 Infraestructura de los CETRAM's**

Se calcula que el parque vehicular que entra diariamente a los CETRAM's, es aproximadamente de 23,000 unidades, de las cuales el 45% proviene del Estado de México, ver tabla 4.12.

El número de usuarios que utilizan los CETRAM's en el área metropolitana donde se concentra 45% de la afluencia, es de aproximadamente 4,5 millones por día. Y los 4 CETRAM con mayor demanda son: Pantitlán, Taxqueña, Indios Verdes y Chapultepec; ver fig. 4.13.



**Pantitlán**



**Taxqueña**



**Indios Verdes**



**Chapultepec**

**Figura 4.13 CETRAM's con mayor afluencia**

En la tabla 4.13 se muestran los datos de operación de los CETRAM's de acuerdo al anuario 2005 publicado por la SETRAVI.

<b>CETRAM</b>	<b>Superficie total</b>	<b>Pasajeros transportados</b>	<b>Parque vehicular</b>	<b>Bahías</b>
Blvd. Puerto Aéreo	14,064	88,000	395	13
Canal de Garay	16,000	21,891	285	5
Central de Abastos	29,820	44,000	413	18
Constitución de 1917	45,500	155,000	486	13
Chapultepec	14,417	252,000	500	10
El Rosario	69,500	187,000	1,481	8
Escuadrón 201	2,936	50,000	28	3
Huipulco	16,055	91,000	412	6
Indios Verdes	99,740	800,000	2,826	15
La Raza	40,988	128,000	408	8
Martín Carrera	19,102	127,000	1,053	8
Mixcoac	16,095	18,000	48	3
Observatorio	19,152	156,000	280	9
Pantitlán	88,078	789,000	2,402	25
Politécnico	15,625	88,000	509	4
Potrero	7,700	22,000	272	4
Refinería	6,300	20,000	20	1
San Lázaro	17,000	68,000	499	6
Santa Anita	5,824	5,000	70	5
Santa Martha	28,410	165,000	821	6
Tacaba	13,060	106,000	347	15
Tacubaya	5,550	184,000	471	6
Taxqueña	26,900	450,000	1,161	21
Xochimilco	3,960	2,000	78	7
Deportivo Xochimilco	4,566	7,584	316	2
Universidad	64,327	196,000	554	4
Zapata	5,847	122,000	248	5
Zaragoza	19,100	119,000	502	11
<b>TOTAL</b>	<b>715,616</b>	<b>4,461,475</b>	<b>16,885</b>	<b>241</b>

**Tabla 4.13 Datos de operación de los Centros de Transferencia Modal 2005**

#### **4.3.6 Organizaciones y empresas de transporte concesionado**

El servicio concesionado, ver fig. 4.14, atiende a más de la mitad de los viajes que se realizan en la ciudad, no obstante que sus condiciones de calidad y seguridad no son las adecuadas.

Se encuentran en operación nueve empresas concesionarias de autobuses, con un parque vehicular total de 1,197 unidades y 97 rutas, cubriendo una extensión de más de 3,000 km. En estas rutas, de acuerdo con los estudios técnicos previos al otorgamiento de las respectivas concesiones, se estima que pueden transportarse cerca de 1.2 millones de pasajeros por día, con una captación superior a los 900 pasajeros por unidad, en un día.

En el año 2000, la Dirección General de Transporte registró un total de 27,928 vehículos con placas para el servicio de ruta fija, de los cuales el 82% eran minibuses, 14% vagonetas y el restante 4% autobuses.



**Figura 4.14 Parque vehicular de transporte concesionado**

En el año 2000, se registró un total de 102,110 unidades en el servicio de taxi, de los cuales el 90% correspondieron a taxis libres y el resto a taxis de sitio, esta cifra representa un incremento de 17% con respecto a los 87,499 taxis registrados en 1997. Se estima que esta flota vehicular atiende diariamente poco más de 1.1 millones de viajes diarios.

#### **4.3.7 Metrobús**

En Curitiba, Brasil, se desarrolló por primera vez un sistema de transporte público amigable con el usuario, la ciudad y el medio ambiente.

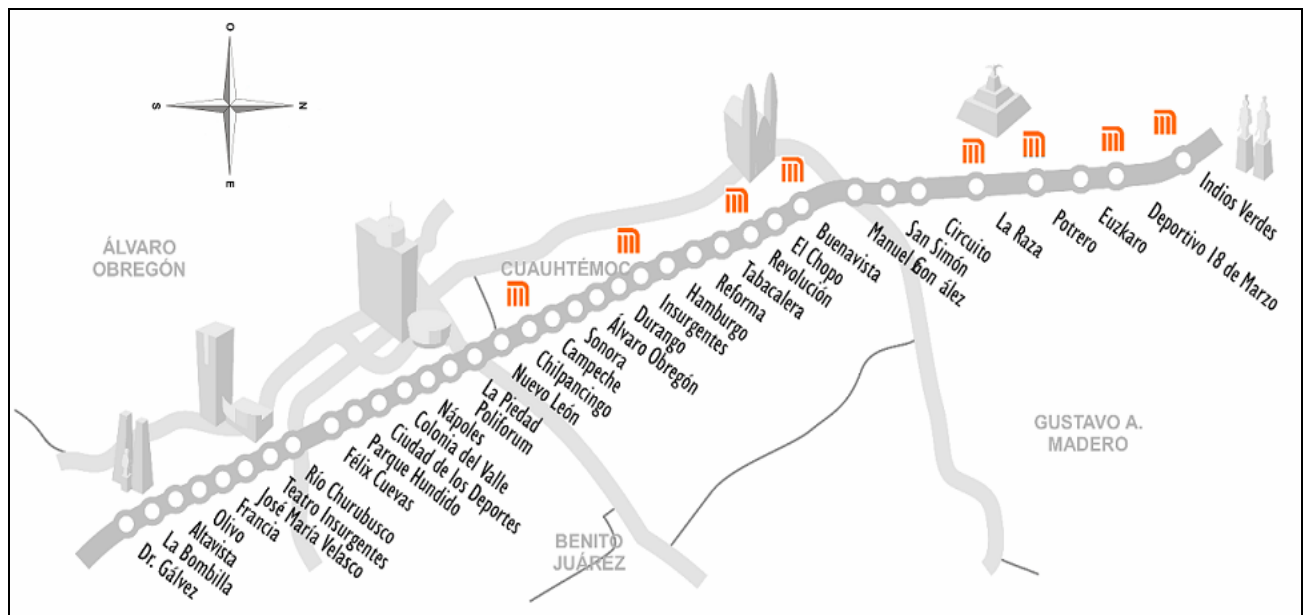
Este sistema, conocido mundialmente como sistema de transporte eficiente en autobuses (BRT, Bus Rapid Transit), ha sido el punto de partida para mejorar el transporte y la calidad de vida en ciudades tan diversas como Bogotá, Colombia; Beijing, China; Brisbane, Australia y recientemente en la ciudad de México.

El BRT es un sistema de transporte masivo rápido, ordenado y seguro. Cuenta con infraestructura propia: carriles exclusivos, estaciones y terminales. Utiliza autobuses de gran capacidad así como tecnología de punta, y se complementa con los otros modos de transporte.

El acceso a sus estaciones y terminales es ágil mediante el uso de tarjetas inteligentes sin contacto que sustituyen el uso de dinero en efectivo para el pago de pasaje. Sus instalaciones y autobuses están acondicionados para un fácil acceso en silla de ruedas.

La clave de su éxito radica en la planeación, organización y control de la operación, así como en su integración urbana.

El Metrobús es un sistema de transporte rápido por autobús en la ciudad de México, que funciona desde el 19 de junio de 2005. Sus ochenta autobuses articulados recorren sobre avenida de los Insurgentes en ambos sentidos.



**Figura 4.15 Ruta del Metrobús sobre Av. Insurgentes**

Con la construcción de la primera línea en la avenida Insurgentes se ha iniciado un importante proyecto para el futuro de la metrópoli, que planeado como una red de corredores, cubrirá sus vías más importantes.

La línea empieza en Indios Verdes y finaliza en San Ángel, fig. 4.15. Tiene 36 estaciones de rápido abordaje y conecta a sus pasajeros con algunas estaciones del Metro. Sus casi 20 km de recorrido permiten una comunicación rápida entre el extremo norte y sur de la ciudad.



**Figura 4.16 Circulación del Metrobús en avenida Insurgentes sobre carril exclusivo**

La única ruta funciona en un carril dedicado exclusivamente al autobús construido en los carriles centrales de avenida de los Insurgentes. Esta línea comienza en la estación del Metro Indios Verdes, un gran nodo multimodal de transporte en la delegación Gustavo A. Madero; de ahí se dirige hacia el sur de la ciudad, cruzando las delegaciones Cuauhtémoc y Benito Juárez, antes de terminar en San Ángel en la delegación de Álvaro Obregón, sumando un total de 36 estaciones. Esta ruta está dividida en dos secciones, unidas en el Metro Insurgentes, donde está la Glorieta de los Insurgentes, que es el punto que teóricamente divide las secciones norte y sur de la avenida, al sur de donde avenida de los Insurgentes se intersecta con Paseo de la Reforma. En su recorrido, el Metrobús conecta con 8 líneas de Metro, en las estaciones Indios Verdes, Deportivo 18 de Marzo, Potrero, La Raza, Buenavista, Revolución, Insurgentes, y Chilpancingo.

El Metrobús cuenta con carriles exclusivos al lado izquierdo de la avenida, fig. 4.16, que están confinados para evitar que otros vehículos ingresen, garantizando así una circulación continua y regular.

Ochenta autobuses articulados sustituyen a los más de 300 microbuses y autobuses que prestaban servicio a 250,000 pasajeros que diariamente utilizan el transporte público en esta avenida.

Los pasajeros ingresan al sistema por alguna de sus estaciones utilizando un sistema de prepago, esperan el autobús que llega con regularidad y abordan ágilmente hacia su destino.

El Metrobús es una nueva alternativa de transporte; cómoda, segura y eficiente, que contribuirá a mejorar nuestra calidad de vida.

#### **4.3.8 Tren Suburbano**

La filosofía seguida en la mayoría de las ciudades del mundo apoya el desarrollo de sistemas de transporte masivo, cuyo nivel de subsidio es inferior al costo que implica continuar con el modelo tradicional de impulso a vehículos automotores; el proyecto se justifica social y económicamente por los ahorros que implica en tiempos de viaje de los usuarios, en costos de operación y en accidentes. Además representa una decisión relacionada con la forma más adecuada de asignar los recursos públicos.

El tren suburbano constituirá un “Sistema de transporte público masivo y confiable”, en el corredor industrial, que apoya la estrategia de desarrollo urbano regional, al permitir a la población residir fuera de la ciudad de México, y propiciar la inducción de desarrollos urbanos integralmente planeados, a lo largo del corredor. Establece un esquema de crecimiento regional, en donde el elemento estructurante es el tren suburbano. En la fig. 4.17 se presenta un ejemplo de tren suburbano utilizado en España.

Inicialmente, el tren suburbano podrá atender una demanda inicial de 320,000 pasajeros por día, es decir, un estimado de 100 millones de pasajeros al año; en un recorrido, en esta primera etapa, de 25 km entre las terminales de Buenavista y Cuautitlán, además de sus cinco estaciones intermedias que se localizarán en Fortuna, Tlalnepantla, San Rafael, Lechería y Tuttitlán, a una velocidad máxima de hasta 130 km/hr, y una velocidad

promedio considerando los tiempos en las estaciones de 60 km/hr; lo que permitirá consecuentemente que el sistema ofrezca un ahorro a los usuarios hasta dos horas 40 minutos en comparación con el transporte público que actualmente utilizan, en un recorrido de viaje completo y de punta a punta en las horas de mayor demanda.



**Figura 4.17 Tren suburbano utilizado en España**

Estos beneficios de ahorro en tiempo para los usuarios, aunados a las tarifas competitivas que se han propuesto, contribuyen consecuentemente a elevar la calidad de vida de todos los que viven en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Los conductores particulares y del servicio público de transporte se verán beneficiados con una circulación más ágil y fluida y con un sistema de vialidades más amplio y moderno que podrá disminuir los embotellamientos vehiculares, las emisiones contaminantes y el fluido que esto genera.

#### **4.3.9 Transporte de carga**

Debido a su gran concentración de población, la ZMVM demanda una mayor movilización de un importante volumen de insumos y productos, convirtiendo al transporte de carga y su distribución en una actividad estratégica para el sostenimiento de su economía.

En los últimos años, y al igual que en todas las grandes ciudades, se ha transformado el entorno económico con una tendencia hacia la disminución de actividades en el sector manufacturero y un aumento sustancial en el sector servicios.

Se estima de manera conservadora que el volumen de carga movilizada para la ZMVM es de alrededor de 393 millones de toneladas anuales, esta estimación (24 toneladas por habitante) es del orden de los volúmenes manejados per cápita en grandes metrópolis internacionales; por ejemplo para Nueva York se estima un volumen de 30 toneladas por habitante.

Aunado a lo anterior, los vehículos que transportan mercancías ocupan, después del automóvil y los taxis, el tercer lugar del sector transportes como fuente emisora de contaminantes a la atmósfera, participando con el 24% del total.

El transporte de carga en la ZMVM se brinda mediante la movilización de un parque vehicular total de 435,788 unidades. De ese total el 80% corresponde a unidades registradas en el transporte urbano de carga mercantil, el 15% a unidades del servicio federal de carga (público y privado) y el 5% a unidades registradas en el transporte público urbano de carga.

En el servicio local de carga destacan factores negativos como: la subutilización en el uso de la capacidad disponible del transporte, la competencia desleal en el transporte público urbano de la región y el alto número de vehículos con antigüedad mayor a 15 años de uso, sobre todo en el servicio público local.

El transporte federal con carga foránea en la ZMVM se conforma por 68,636 unidades de transporte público y particular, generalmente son empresas bien organizadas que explotan razonablemente sus unidades. El 44% son tractocamiones, el 30% camiones de 2 ejes y el 26 restante camiones de 3 ejes, generalmente utilizan diesel como combustible. La flota del servicio público federal de carga registra un promedio de 16 años de antigüedad.

El transporte particular de carga urbana cuenta con total de 344,708 unidades, de estas el 52% pertenece al DF y el 48% a la zona conurbada del Estado de México. El servicio que presta es local a pequeños comerciantes distribuidos en la ZMVM en vehículos de 2 ejes (Panel, Van, Combi, Pick-up) que utilizan gasolina como combustibles. La antigüedad promedio de la flota es de 12 años.

En cuanto al transporte público de carga urbana, cuenta con una flota de 22,444 unidades (2 ejes principalmente) con una antigüedad promedio de 24 años. El 78% tiene más de 15 años de antigüedad, por lo que no cumple con la normatividad, el 96% utiliza gasolina como combustible, el 3% diesel y sólo el 1% gas.



**Figura 4.18 Central de Abasto del Distrito Federal**

La concentración de la carga en la ZMVM requiere de un análisis profundo para conocer los orígenes-destinos de la carga. Sin embargo, se puede calcular que de 44,738 establecimientos industriales identificados en la ZMVM, el 63% se concentran en el DF destacando la Central de Abasto con 304 hectáreas, ver fig. 4.18, que representan 51 veces el espacio del Zócalo capitalino, ubicándose sectores especializados que generan un movimiento económico anual superior a los 8,000 millones de dólares, y el 37% restante en los municipios conurbados; los establecimientos registrados son 268,472 y se comportan en la misma proporción. Los centros generadoras de carga para el autotransporte presentan una alta concentración en la zona norte y oriente de la ZMVM, destacando las delegaciones de Iztapalapa, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Azcapotzalco, así como los municipios conurbados de Ecatepec, Netzahualcoyotl, Naucalpan y Tlalnepantla.

Existen 2,621 mercados y tianguis ubicados principalmente en las delegaciones Gustavo A. Madero e Iztapalapa y en los municipios de Ecatepec y Netzahualcoyotl. Centrales de abasto en la delegación Iztapalapa y en los municipios de Ecatepec y Tultitlán; así como

centrales de carga en Iztapalapa (central de carga de oriente que no ha entrado en operación) y en Azcapotzalco (central de carga de Vallejo).

Aparte de los generadores de movimiento antes señalados, habrá que considerar las estaciones de ferrocarril ubicadas en la ZMVM, en las cuales se movilizan 11.8 millones de toneladas anuales, 31,400 toneladas diarias. Destacan en este movimiento la delegación Azcapotzalco y el municipio de Tlalnepantla a donde se ubican las estaciones ferroviarias de Pantaco y Tlalnepantla, que en conjunto representan 82% del total movilizado por ferrocarril en la zona.

Observando las anteriores cifras, nos podemos dar cuenta, primero, de la importancia que tiene el transporte de carga en la ZMVM y, segundo, de la magnitud del problema que se enfrenta. En general el principal conflicto que genera el transporte de carga es la constante obstrucción del flujo vehicular, ya sea por su lentitud, la invasión de carriles de alta velocidad o las maniobras de carga y descarga en vialidad primaria, que incluso cuando se realizan en vialidad secundaria afectan el tránsito.

#### **4.4 SISTEMAS DE APOYO Y CONTROL**

El objetivo primordial de la Secretaria de Seguridad Pública (SSP) en materia de transporte, es optimizar el control de tránsito y promover un movimiento seguro y ordenado de personas y vehículos en la ciudad de México; considerando la acelerada tasa de crecimiento en la población del parque vehicular en la ciudad, la SSP debe recurrir a las innovaciones tecnológicas más poderosas para alcanzar su objetivo.

En el DF el empleo de los SIT en la infraestructura urbana se ha venido realizando desde hace varios años y de manera paulatina, limitándose en un principio a tecnologías básicas tales como los sistemas avanzados de información al viajero (ATIS), implementadas principalmente en terminales aéreas (entrando a la página de Internet de cualquiera de las líneas aéreas podemos encontrar información acerca de reservaciones, itinerarios, origen y destino del vuelo, número de vuelo e incluso ver la ubicación del avión en espacio aéreo norteamericano y europeo) y de autobuses.

Se cuenta también con sistemas de información y gestión de tráfico proporcionadas por empresas de radio, televisión abierta y páginas de Internet, además de dispositivos de

señalización dinámica: tableros electrónicos, ubicados a lo largo de las principales vialidades del DF.

Actualmente el Sistema de Transporte Colectivo se mantiene a la vanguardia en tecnología SIT; cuenta con un sistema integral de dispositivos y servicios en como son centros de gestión de tráfico en cada una de sus terminales, sistema de señalización y control en toda la red que conforma el sistema, sistemas de prevención y mitigación de desastres, sistema de vigilancia en andenes, sistema de información al viajero, sistema de pago electrónico; en general, podría decirse que es uno de los principales medios de transporte capitalino que se mantiene a la vanguardia en tecnología SIT.

#### **4.4.1 Semaforización**

Los semáforos son dispositivos que regulan el paso alternado de vehículos y peatones en cruces viales, minimizando conflictos, riesgos y demoras. Existen diferentes tipos de semáforos como se muestra en la fig. 4.19.

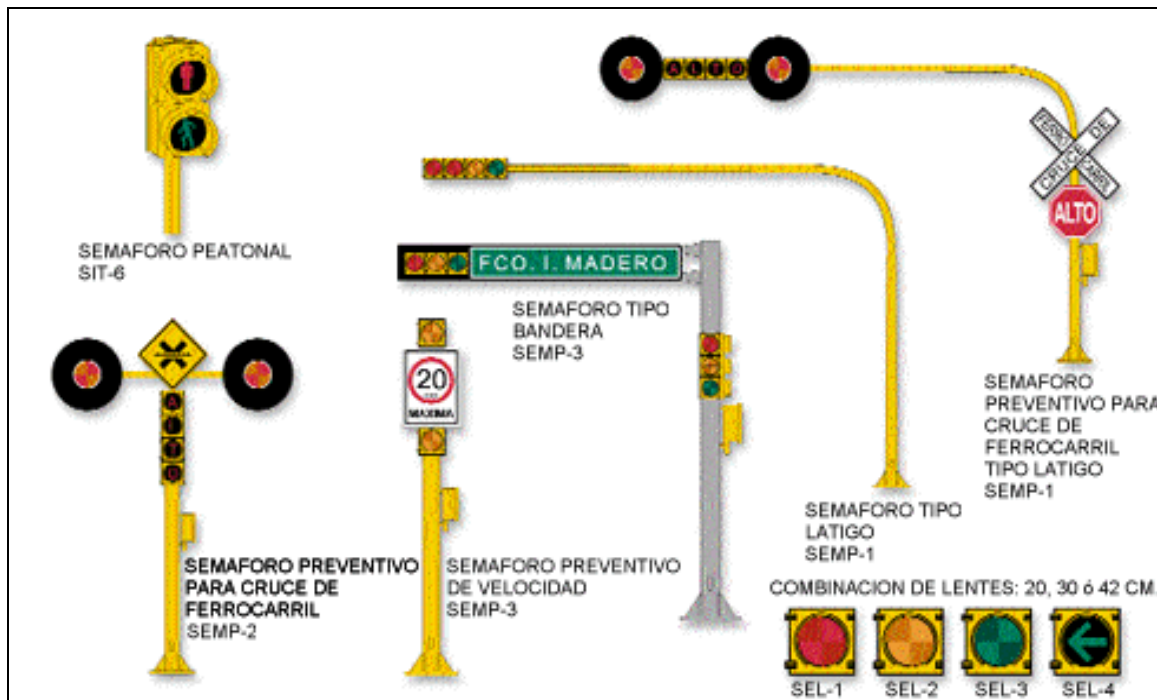
La herramienta principal que tiene la SSP es la Red de Semáforos, la cual está constituida por 3,056 intersecciones semaforizadas, clasificadas en dos grandes sistemas.

El mantenimiento a los semáforos es una labor necesaria para garantizar su funcionamiento adecuado, para tal efecto se desarrolla un programa de mantenimiento preventivo que abarca los principales componentes de cada sistema de semáforos, ejecutando el servicio de mantenimiento preventivo, al menos dos veces por año a cada componente. El mantenimiento correctivo se ejecuta atendiendo al llamado de reporte de falla, con un tiempo máximo de atención de una hora; realizando anualmente, en promedio, 50,000 servicios de mantenimiento, preventivo y correctivo, a los controles, semáforos, red de comunicación de datos, canalizaciones y centro de control.

##### **4.4.1.1 Red de semáforos electrónicos**

La red de semáforos electrónicos compuesta por 1,810 intersecciones controladas por equipos con reloj de alta precisión, independientes entre sí, coordinados mediante un

Dispositivo Automático de Actualización de Horario, con lo que se puede garantizar el funcionamiento de los equipos.



**Figura 4.19 Diferentes tipos de semáforos**

#### 4.4.1.2 Red de semáforos computarizados

La red de semáforos computarizados compuesta por 1,246 intersecciones semaforizadas, de las cuales 300 pertenecen al nuevo sistema adaptativo para el Control de Tránsito. Este sistema se implantó recientemente en la ciudad de México con el propósito fundamental de eliminar las “barreras” de coordinación existentes entre los sistemas electrónico y computarizado, ya que, debido a la diferencia tecnológica, no era posible obtener coordinación y tránsito continuo en determinados corredores viales.

Además, el sistema adaptativo cuenta con un Programa Maestro para el Control del Tránsito, basado en un sistema experto (SCATS), con el cual es posible obtener una optimización en la programación automática de los controles, así como tres formas básicas de operación según las condiciones en cada caso:

- ❖ Aislado: Totalmente actuado o con los tiempos preestablecidos
- ❖ Flexible: Con parámetros mínimos y máximos establecidos, adecuándose los tiempos de acuerdo a la demanda

- ❖ Master: Diseñando pequeñas redes de características homogéneas regidas por una intersección crítica

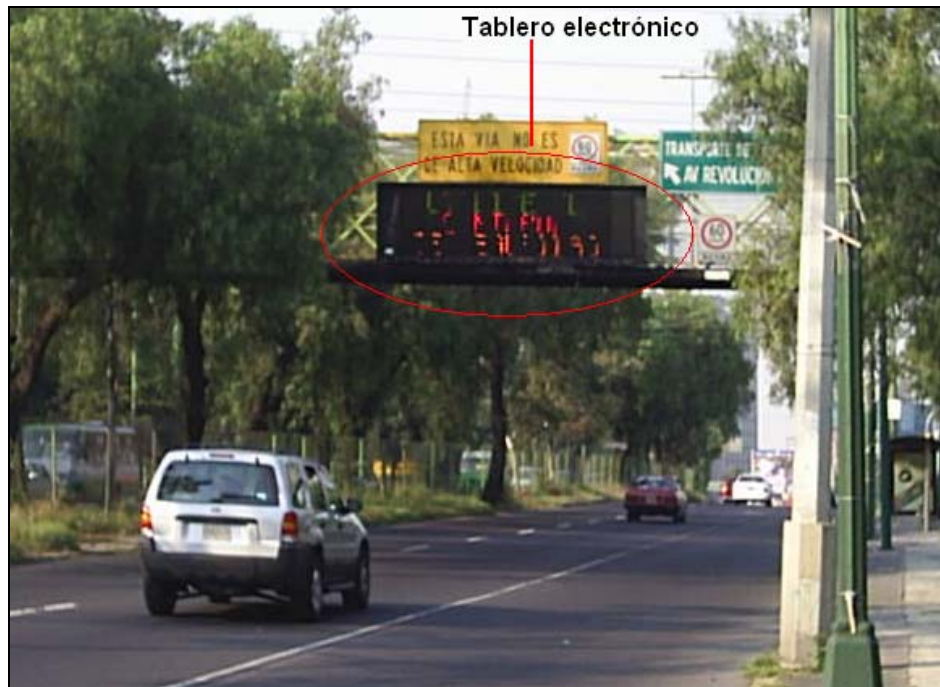
La red de semáforos computarizados forma parte del Centro Computarizado de Control Vial de la ciudad de México, compuesto por otros dos subsistemas: circuito cerrado de televisión y el sistema de señales dinámicas.

- ❖ El Circuito Cerrado de Televisión (CCTV), opera con 172 cámaras de video, de resolución a color, ver fig. 4.20, operadas a control remoto desde el centro de control, con movimientos de  $360^\circ$  en plano horizontal y  $120^\circ$  en plano vertical, así como con un zoom de acercamiento de casi 600 m. El objetivo del CCTV es observar las variaciones de la demanda vehicular y todos los incidentes que ocurren en la vía pública y que tengan repercusión en el tránsito.



**Figura 4.20 Cámara de video**

- ❖ El Sistema de Señales Dinámicas, está compuesto por 20 tableros electrónicos, ver fig. 4.21, colocados en puntos de decisión de los principales corredores de acceso al centro de la ciudad, a través de los cuales se proporciona información a los conductores sobre las condiciones del tránsito y las posibles rutas alternas en caso que existan conflictos viales.



**Figura 4.21 Tablero electrónico**

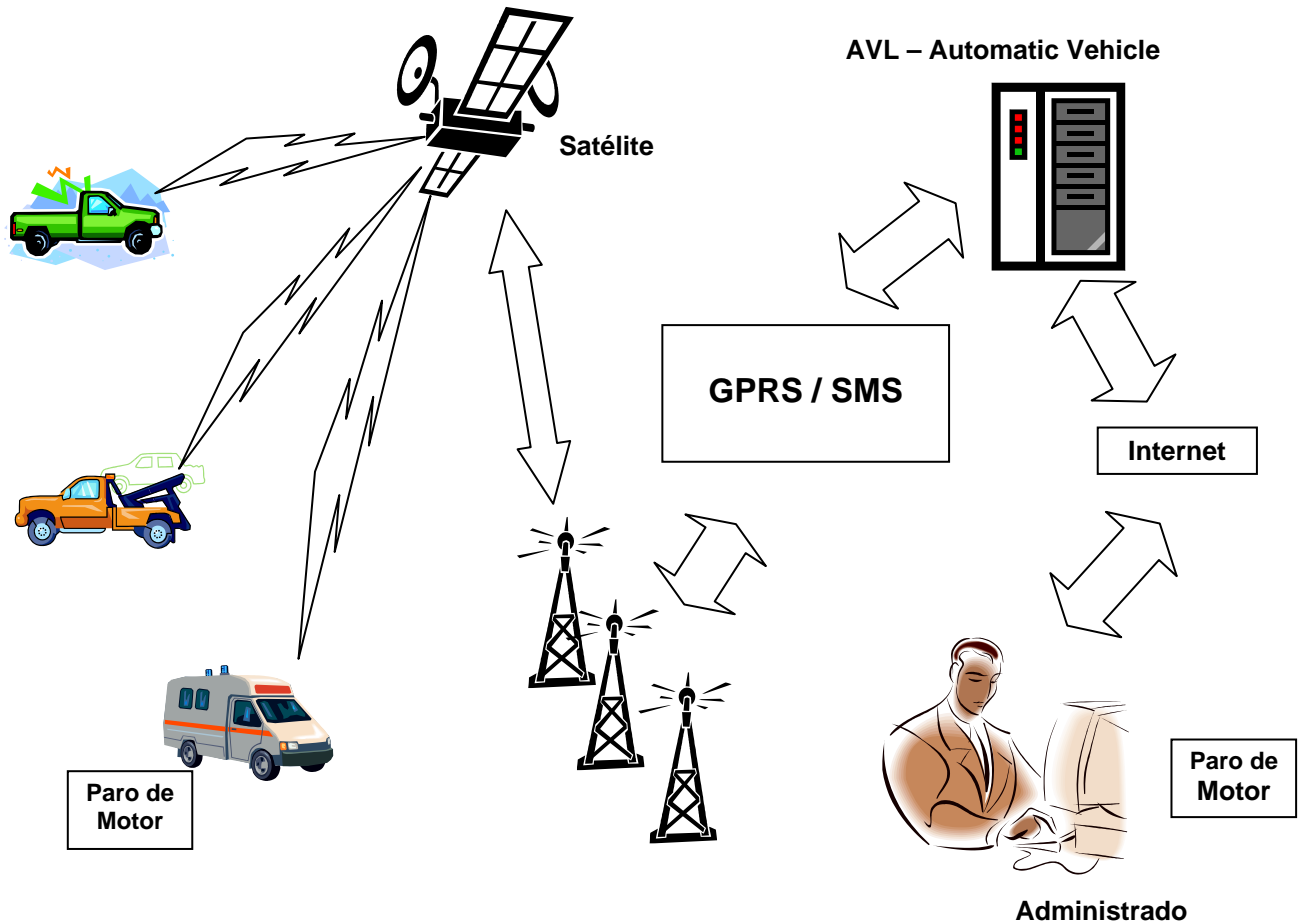
#### **4.4.2 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)**

Los sistemas de posicionamiento global contratados por empresas privadas y que funcionan a través de una serie de satélites que por triangulación permiten conocer la posición geográfica de los vehículos con enorme exactitud en cualquier parte del globo terráqueo (longitud y latitud).



**Figura 4.22 Microcomputadora, dispositivo GPS**

De tal manera que al instalarse una microcomputadora, fig. 4.22, de manera discreta en un vehículo que se desea monitorear, ésta es capaz de comunicarse con dichos satélites pudiendo conocer y registrar la ubicación exacta del vehículo, como se muestra en la fig. 4.23.



**Figura 4.23 Sistema de localización de vehículos GPS**

#### 4.4.3 Sistema de pago electrónico

El sistema de pago electrónico cuenta con un chip electrónico a través del cual se registran el saldo y el cobro, en algunos casos es recargable y generalmente es de tipo prepago, es decir, hay que realizar el pago previo antes de hacer uso del servicio.

Utilizamos estos sistemas de pago electrónico de diferentes maneras, por ejemplo en el STC-Metro, Metrobús, en estacionamientos, y en tarjetas IAVE.

Para el STC-Metro, a mediados del año 2006 se inició un programa piloto, el cual consiste en instalar un torniquete de acceso mediante tarjeta electrónica en cada una de las estaciones. Este torniquete se utilizará además para el acceso de personas de la tercera edad y para personas con algún tipo de discapacidad.

Las tarjetas inteligentes del Metro se comenzaron a vender en el mes de junio de 2006, como referencia cuentan cinco veces más caras que las utilizadas en sistemas similares de transportes del mundo.

En París, la tarjeta de tipo CD Light sin contacto, que ya se utiliza en las cortesías para adultos mayores, cuenta alrededor de cuatro euros, unos 57 pesos mexicanos; en el DF cuesta \$300, que incluye el costo de amortización del plástico que en el mercado se cotiza en dos dólares, en promedio.

En París la tarjeta se puede utilizar como abono para viajar en autobuses, tranvías y el Metro, que llega a sitios ubicados a 40 km a las afueras de la capital francesa.

Este plástico es considerado como uno de los más económicos de su tipo, y su presentación de cuatro euros (\$64) es un abono que permite realizar viajes en los diferentes transportes de París por un día, en donde el costo mínimo para viajar en Metro es de un euro y medio, aproximadamente.

Aunque el Metro de Francia ofrece al público abonos más caros que la tarjeta inteligente que se comienza a probar en nuestro STC-Metro, el usuario no está obligado a comprar un número determinado de viajes. El sistema de cobro en Francia no es similar al de la ciudad de México, debido a que la tarifa depende de la distancia que el usuario recorra.

En otras ciudad como Tokio, las tarjetas inteligentes tienen un costo de alrededor de \$7.5 , pero éstas no se cobran al público y se pueden recargar con el costo del viaje mínimo que suele ser de 120 yenes, equivalente a \$12.

Cada que un usuario pague su ingreso al Metro de nuestra ciudad con una tarjeta inteligente, ahorrará por lo menos un centavo de peso que el STC-Metro invierte en la producción de los boletos magnéticos que se utilizan actualmente.

Aparentemente la compañía estadounidense *Affiliated Computer Services (ACS)*, instalará en el metro de la ciudad de México un sistema automático de cobro que leerá tarjetas electrónicas sin que los usuarios tengan que sacarlas de sus bolsos o carteras. Se tiene planeado que en los próximos 11 meses se colocarán los lectores automatizados de

tarjetas en aproximadamente 2,000 plataformas de acceso a este transporte. El sistema leerá las tarjetas mediante una señal de Radio Frecuencia de Identificación (RFID), lo que permitirá a los usuarios ingresar a la Metro sin hacer filas en los torniquetes.

#### 4.4.4 Radar de velocidad

La Secretaría de Seguridad Pública del Distrito Federal puso en operación 12 radares, como se muestra en la fig. 4.24, que detectan y registran fotográficamente a los vehículos que excedan los límites de velocidad permitidos en la ciudad de México. El objetivo de esta medida es disminuir la pérdida de vidas humanas al disminuir el índice de accidentes automovilísticos.

Conforme al Reglamento de Tránsito del Distrito Federal la velocidad máxima para las vialidades primarias – avenidas, ejes viales, calzadas – es de 70 km/hr, salvo en las vías rápidas – Periférico, Viaducto y Circuito Interior - donde existen señalamientos que autorizan circular a un máximo de 80 km/hr.

Los vehículos que exceden los límites de velocidad son fotografiados por el radar o cinemómetro, el cual emite la imagen del automotor con datos como la fecha, hora, nombre de la vialidad, velocidad permitida y la velocidad a la que el infractor circulaba. El radar no puede ser manipulado por el operador.



**Figura 4.24 Radar de velocidad utilizado por la SSP del GDF**

## **5. POTENCIALIDAD DEL USO DE LOS SIT EN LA RED DE TRANSPORTE URBANO DEL D.F.**

En el capítulo anterior mencionamos las aplicaciones existentes en la red del transporte urbano del DF, habiendo encontrado que en otros países existen tecnologías SIT que aplicándolas a nuestro sistema permitirían alcanzar mejores resultados que en la actualidad, por ejemplo en cuanto a la eficiencia del mismo, por lo anterior, ahora nos centraremos en mencionar la potencialidad de éstas tecnologías aplicadas en la red de transporte urbano del Distrito Federal.

Siendo el transporte urbano una actividad que no atiende directamente el Poder Ejecutivo Federal, es la Secretaría de Transporte y Vialidad (SETRAVI) del Gobierno del DF la responsable de regular el servicio de transporte en el DF, aunque no ha logrado coordinar la aplicación de tecnologías SIT en la ciudad de México.

### **5.1 PARTICIPACIÓN DE LAS DEPENDENCIAS GUBERNAMENTALES EN LA RED DE TRANSPORTE URBANO DEL DF**

El Gobierno del Distrito Federal (GDF), se encuentra conformado por las Dependencias que se muestran en el organigrama de la fig. 5.1:

Para su mejor coordinación, el GDF ha creado cuatro gabinetes, conformados de la siguiente forma:

- ❖ Gobierno y Seguridad Pública: Secretaría de Gobierno  
Secretaría de Seguridad Pública  
Secretaría de Protección Civil  
Procuraduría General de Justicia del DF  
Consejería Jurídica y de Servicios Legales  
*Su coordinador es el Titular de la Secretaría de Gobierno.*
- ❖ Desarrollo Sustentable: Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda  
Secretaría del Medio Ambiente  
Secretaría de Obras y Servicios  
Secretaría de Transporte y Vialidad  
*Su coordinador es el Titular de la Secretaría de Obras y Servicios.*
- ❖ Progreso con Justicia: Secretaría de Desarrollo Económico  
Secretaría de Desarrollo Social  
Secretaría de Salud  
Secretaría de Turismo  
Secretaría de Cultura  
Secretaría de Trabajo y Fomento al Empleo  
Secretaría de Educación  
Secretaría de Desarrollo Rural y Equidad para las Comunidades  
*Su coordinador es el Titular de la Secretaría de Desarrollo Social.*
- ❖ Administración y Finanzas: Secretaría de Finanzas  
Oficialía Mayor  
Controlaría General del DF  
*Su coordinador es el Titular de la Secretaría de Finanzas.*

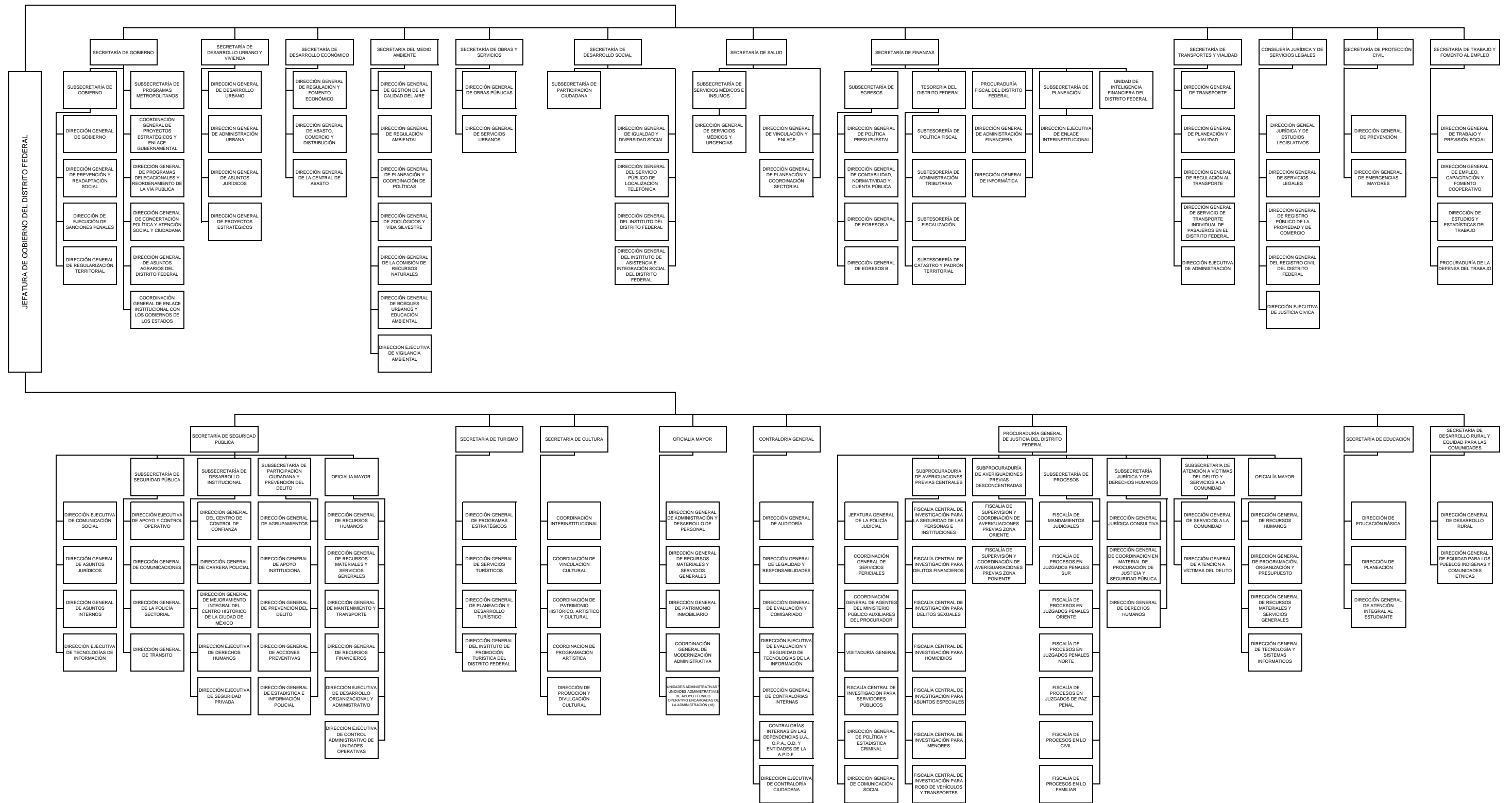


Figura 5.1 Organigrama del Gobierno del Distrito Federal

De las Secretarías mencionadas anteriormente nos enfocaremos a las que intervienen directamente en atender las problemáticas del transporte:

- ❖ Secretaría de Obras y Servicios (SOS)
- ❖ Secretaría de Seguridad Pública (SSP)
- ❖ Secretaría de Transporte y Vialidad (SETRAVI)
- ❖ Secretaría del Medio Ambiente (SMA)

### **5.1.1 Secretaría de Obras y Servicios (SOS)**

La Secretaría de Obras y Servicios es la dependencia del GDF responsable de definir, establecer y aplicar la normatividad y las especificaciones en lo que respecta a la obra pública y privada y a los servicios urbanos, así como de verificar su cumplimiento.

Planea, proyecta, construye, supervisa, mantiene y opera las obras que conforman los sistemas troncales a partir de los cuales se prestan los servicios necesarios a la población, con un enfoque integral y una visión metropolitana, acorde al propósito de garantizar el desarrollo sustentable de la ciudad.

Comprende la construcción de obras públicas y del equipamiento urbano, el manejo de los residuos sólidos y la producción de mezcla asfáltica para la pavimentación. Hasta el año 2002 tuvo a su cargo la construcción de obras de infraestructura del sistema de transporte colectivo, la construcción y operación hidráulica, la administración del servicio de agua potable y la determinación de la factibilidad de la prestación de servicios para nuevos desarrollos.

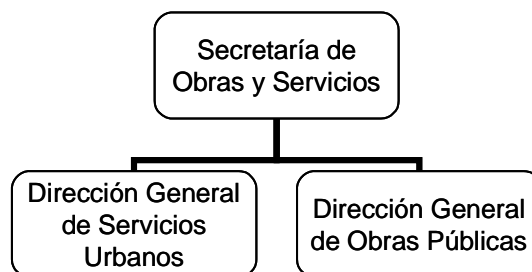
A partir del 1° de enero del 2003, por Decreto publicado el 3 de diciembre del 2002 en la Gaceta Oficial del GDF, la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica y la Comisión de Aguas del DF, dependientes de la Secretaría de Obras y Servicios hasta el 31 de diciembre del 2002, se integraron en el organismo público desconcentrado Sistema de Aguas de la ciudad de México, sectorizado en la Secretaría del Medio Ambiente, del Gobierno del Distrito Federal. Asimismo, a partir de la misma fecha, las atribuciones de la Dirección General de Construcción de Obras del Sistema de Transporte Colectivo, también dependiente de la Secretaría de Obras y Servicios hasta el 31 de diciembre del

2002, fueron transferidas al Sistema de Transporte Colectivo Metro, con excepción de las obras inducidas y complementarias que no guarden relación directa con las obras del Sistema de Transporte Colectivo, mismas que quedaron a cargo de la Dirección General de Obras Públicas.

La SOS efectúa, asimismo, la integración de proyectos ejecutivos, construcción y entrega de obras cuya planeación, programación y operación corresponde a otras dependencias del GDF, como son instalaciones educativas, hospitalarias, deportivas, culturales, centros de atención social y reclusorios, entre otras.

La SOS integra junto con las Secretarías de Desarrollo Urbano y Vivienda, la del Medio Ambiente y la de Transportes y Vialidad, el Gabinete de Desarrollo Sustentable, el que tiene como propósito articular las políticas para el desarrollo de la ciudad desde los puntos de vista ambiental y urbano para lograr una ciudad sustentable que genere la posibilidad de una vida digna y un ambiente sano para las actuales y futuras generaciones de habitantes de la ciudad de México. El Jefe de Gobierno del DF dispuso que el titular de la SOS sea quien coordine y promueva la integración de políticas y acciones en el Gabinete de Desarrollo Sustentable.

Asimismo, la SOS coordina y es miembro integrante de la Comisión Interdependencial de Protección Civil, creada en el 2001, por acuerdo del Jefe de GDF, para la coordinación ejecutiva -dentro de la propia estructura de la Administración Pública del Distrito Federal-, de las tareas relativas a la prevención y atención eficaz de contingencias naturales o accidentales que puedan afectar la integridad de los habitantes, de sus bienes o de la infraestructura de la ciudad. El Presidente del comité técnico de esta Coordinación es el titular de la Secretaría de Obras y Servicios.



**Figura 5.2 Organigrama de la Secretaría de Obras y Servicios**

Para el cumplimiento de sus atribuciones generales, la Secretaría de Obras y Servicios tiene adscritas dos Direcciones Generales, fig 5.2: la de Servicios Urbanos y la de Obras Públicas. Internamente cuenta con tres Coordinaciones: la de Planeación, la de Sistemas de Calidad y la Técnica, las que dan servicio en sus respectivas materias a todas las instancias del GDF.

Las atribuciones de la Dirección General de Servicios Urbanos (DGSU) son:

I. Establecer los criterios y normas técnicas para la conservación y mantenimiento de la infraestructura y equipamiento vial, alumbrado público y de todos aquellos elementos que determinan el funcionamiento e imagen urbana de las vialidades en el Distrito Federal.

II. Establecer los criterios y normas técnicas para realizar obras de alumbrado público que formen parte de la infraestructura y equipamiento de la imagen urbana.

III. Participar en los estudios y proyectos de obras de infraestructura y equipamiento vial.

IV. Realizar las acciones de conservación y mantenimiento vial, alumbrado público y de todos aquellos elementos que determinan la funcionalidad e imagen urbana de las vialidades que conforman la red vial primaria, vías rápidas y ejes viales.

V. Realizar en coordinación con los Órganos Político-Administrativo, las acciones de conservación y mantenimiento vial, alumbrado público y de todos aquellos elementos que determinan el funcionamiento y la imagen urbana de las vialidades principales.

VI. Atender y dar seguimiento a las necesidades de conservación y mantenimiento de la infraestructura y equipamiento vial y del alumbrado público, así como de aquellos elementos que determinan la imagen urbana de las vialidades.

VII. Establecer en coordinación con las autoridades competentes, criterios y normas técnicas para las actividades de minimización, recolección, transferencia, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos, restaurar sitios contaminados, así como establecer los sistemas de reciclamiento y tratamiento de desechos sólidos.

VIII. Realizar los estudios, proyectos y la construcción, conservación y mantenimiento de obras de infraestructura para el manejo de los desechos sólidos, estaciones de transferencia, plantas de selección y aprovechamiento, así como sitios de disposición final.

IX. Organizar y llevar a cabo el tratamiento y disposición final de los desechos sólidos, así como la operación de las estaciones de transferencia.

X. Participar en el ámbito de sus atribuciones, en el diseño y ejecución de las obras que requieran servicios urbanos, cuyo desarrollo esté a cargo de otras Unidades Administrativas; y

XI. Con base en las políticas de la SOS, definir los programas para el desarrollo de los servicios urbanos en el Distrito Federal, precisando los objetivos, prioridades, metas, normas técnicas y procesos básicos a los que deben apegarse las Unidades Administrativas, que coadyuvan en la prestación de éstos.

XII. Instalar, operar y mantener el equipo técnico para producir agregados pétreos, mezclas y emulsiones asfálticas que se requieren para la construcción y mantenimiento de los pavimentos de las vialidades a cargo del GDF, de conformidad con las disposiciones técnicas y jurídicas aplicables.

XIII. Adquirir los insumos y materiales que se requieran para la producción de emulsiones y mezclas asfálticas en sus diferentes modalidades y derivados;

XIV. Desarrollar estrategias de comercialización y distribución de agregados pétreos mezclas emulsiones asfálticas:

XV. Comercializar la producción de mezclas asfálticas, agregados pétreos y emulsiones asfálticas, primordialmente a las Dependencias, Unidades Administrativas, Órganos Político-Administrativos, Órganos Desconcentrados y Entidades de la Administración Pública;

XVI. Comercializar el excedente de producción a la Federación, Estados, Municipios y Particulares de conformidad con las disposiciones jurídicas aplicables;

XVII. Desarrollar programas de investigación tecnológica para el mejoramiento de su producción y de actualización en materia de pavimentos, para los responsables de las obras viales del Distrito Federal.

XVIII. Repavimentar y dar mantenimiento preventivo a la red vial primaria;

XIX. Participar en la construcción y mantenimiento de la red vial en coordinación con las Dependencias, Unidades Administrativas, Órganos Político-Administrativos, Órganos Desconcentrados, así como las Entidades de la Administración Pública, que corresponda;

---

XX. Colaborar con la Dirección General de Obras Públicas en el establecimiento de normas especificaciones de construcción y mantenimiento de los pavimentos;

XXI. Supervisar la calidad de los pavimentos de las vialidades a cargo del Gobierno del Distrito Federal, verificando que éstos cumplan con las normas y especificaciones aplicables; y

XXII. Proponer, para la autorización conjunta por parte de la Secretaría de Obras Servicios y de la Secretaría de Finanzas, los precios de venta de las emulsiones, mezclas asfálticas en sus diferentes modalidades y derivados para las Dependencias, Órganos Desconcentrados y entidades del Gobierno de Distrito Federal, así como los de la Federación, Estados, Municipios y Particulares.

Las atribuciones de la Dirección General de Obras Públicas (DGOP) son:

I. Proyectar, construir y supervisar las obras que de conformidad con el Programa Anual queden a su cargo;

II. Planear la construcción de escuelas en el Distrito Federal en coordinación con las autoridades competentes;

III. Establecer las normas y especificaciones relativas a la construcción de escuelas en el Distrito Federal;

IV. Proyectar, construir y supervisar la construcción de escuelas que de conformidad con el Programa Anual queden a su cargo;

V. Emitir opinión sobre los programas de urbanismo y remodelación urbana;

VI. Elaborar estudios, proyectos, construir y supervisar nuevas obras viales y, en su caso, modificar las existentes;

VII. Establecer normas y especificaciones de construcción de obras viales;

VIII. Proyectar, construir y supervisar la construcción de instalaciones eléctricas e hidráulicas en la vialidad primaria;

IX. Realizar los estudios, proyectos y la construcción y supervisión de los puentes vehiculares y de los puentes peatonales en la vialidad primaria;

X. DEROGADO.

---

- XI. Coordinar con las Dependencias, Unidades Administrativas, Órganos Político-Administrativos y Órganos Desconcentrados de la Administración Pública, la ejecución de los programas a su cargo;
- XII. Coordinar con las autoridades competentes, las labores de protección civil;
- XIII. Informar a los Órganos Político-Administrativos, de las obras que, conforme al programa anual correspondiente, se proyecte ejecutar en sus jurisdicciones;
- XIV. Establecer los métodos constructivos aplicables en obras e instalaciones que se realicen en las vías o áreas públicas y verificar su adecuada ejecución;
- XV. Elaborar los proyectos ejecutivos y de detalle de la construcción de vialidades coincidentes y complementarias del Sistema de Transporte Colectivo; y
- XVI. Construir las vialidades coincidentes y complementarias del Sistema de Transporte Colectivo.

### **5.1.2 Secretaría de Seguridad Pública (SSP)**

El objetivo de la SSP es garantizar los niveles de seguridad que demanda la ciudadanía, a través del diseño, implantación y seguimiento de acciones tendientes a mantener el orden público; proteger la integridad y patrimonio de las personas; prevenir la comisión de delitos e infracciones a los reglamentos gubernativos y de policía; colaborar en la investigación y persecución de los delitos y auxilio a la población en caso de siniestros y desastres; lo anterior basado en la profesionalización de la policía y la activa participación ciudadana en las tareas de prevención.

Esta Secretaría se integra como se muestra la fig. 5.3. A continuación se describirá de manera breve la función de cada uno de sus principales órganos.

#### **Dirección Ejecutiva de Comunicación Social**

Diseñar e instrumentar las estrategias de información y difusión de la SSP que tengan como finalidad dar a conocer a la población de la ciudad de México, los avances de la Institución en el cumplimiento de sus programas, los servicios que ofrece a la comunidad y crear conciencia de la importancia de la cultura de la legalidad y la prevención del delito.

#### Dirección General de Asuntos Jurídicos

Establecer los criterios de interpretación y aplicación del Marco Jurídico que rige a la SSP del Distrito Federal para que las áreas que la integran realicen sus funciones administrativas y policiales con apego a éste; así como representar los intereses de la Dependencia.

#### Dirección General de Asuntos Internos

Establecer acciones orientadas a la supervisión de la actuación policial, respecto del cumplimiento de las obligaciones de los elementos de la Policía, así como instrumentar investigaciones con áreas de responsabilidad geográficas y específicas para casos especiales, a través de personal capacitado para la aplicación del régimen disciplinario y de responsabilidad, independiente de la carrera policial.

#### Dirección Ejecutiva de Tecnologías de Información

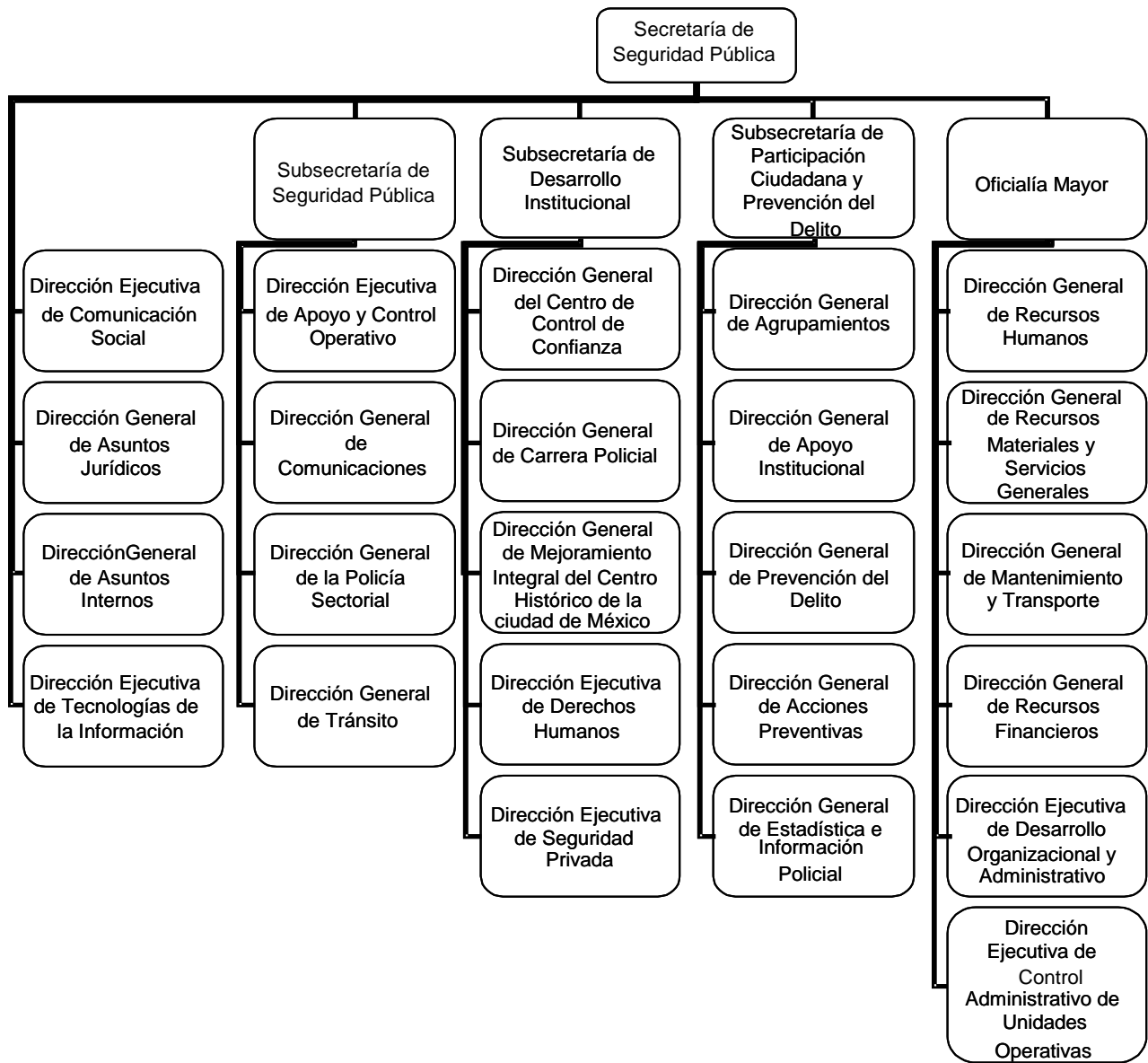
Planear, diseñar, definir y establecer las estrategias institucionales que en materia de tecnologías de información se deban aplicar por la SSP, coadyuvando a mejorar la seguridad pública en la ciudad de México.

#### Subsecretaría de Seguridad Pública

Establecer y coordinar los servicios y acciones operativas de las Unidades Policiales bajo su adscripción, a fin de prevenir el delito y mantener el orden y la paz públicos.

#### Dirección Ejecutiva de Apoyo y Control Operativo

Dirigir las actividades de seguimiento de los planes y programas en materia de seguridad pública a cargo de la Subsecretaría de Seguridad Pública, que permitan evaluar su implementación y cumplimiento.



**Figura 5.3 Organigrama de la Secretaría de Seguridad Pública**

Dirección General de Comunicaciones

Dirigir y asegurar los procesos y operación de los sistemas de radiocomunicación y telefonía de la SSP, que coadyuvan a prevenir de manera eficaz la comisión de delitos y dar atención a las llamadas de emergencia recibidas.

#### Dirección General de la Policía Sectorial

Establecer los servicios y operativos policiales que permitan preservar el orden público, salvaguardar la integridad física de las personas y de sus bienes y, disuadir la delincuencia.

#### Dirección General de Tránsito

Vigilar el cumplimiento de las disposiciones en materia de vialidad y control de tránsito, a fin de garantizar el libre y seguro desplazamiento de personas y vehículos en la vía pública.

#### Subsecretaría de Desarrollo Institucional

Determinar las acciones de desarrollo policial tendientes a la profesionalización y mejoramiento de la policía del Distrito Federal, basados en el desarrollo humano integral, la justicia, el respeto a la legalidad, los derechos humanos y los valores éticos y morales.

#### Dirección General del Centro de Control de Confianza

Planear y establecer las políticas y lineamientos mediante las que se implementarán los procesos de evaluación del desempeño a los servidores públicos de la SSP del Distrito Federal, con el propósito de determinar el cumplimiento de los perfiles, médico, ético, psicométrico, de conocimientos generales y demás pruebas de integridad necesarias para realizar las actividades policiales, estableciendo parámetros que garanticen los principios de legalidad, eficiencia, profesionalismo e imparcialidad.

#### Dirección General de Carrera Policial

Dirigir el sistema de carrera policial a fin de integrar un cuerpo de policía profesional apegado a los principios de legalidad, eficiencia, honestidad, justicia, respeto a los Derechos Humanos y al Estado de Derecho, que permita brindar una propuesta de vida digna y garantizar su desarrollo integrado a la sociedad.

Dirección General de Mejoramiento Integral del Centro Histórico de la ciudad de México

Promover la implementación de operativos, en coordinación con las instancias involucradas del GDF, encaminadas al control del ejercicio del comercio en la vía pública del Centro Histórico de la ciudad de México.

Dirección Ejecutiva de Derechos Humanos

Establecer una política de cultura de respeto a los derechos humanos en la SSP; brindando la oportuna atención y seguimiento, hasta la total conclusión o cumplimiento, a las Quejas, Propuestas de Conciliación y Recomendaciones provenientes de las Comisiones de Derechos Humanos del Distrito Federal y Nacional, así como las quejas recibidas directamente, originadas por posibles conductas constitutivas de violación de los derechos humanos por parte de servidores públicos de la Institución.

Dirección Ejecutiva de Seguridad Privada

Determinar las políticas y lineamientos necesarios para regular las actividades y la prestación de servicios de seguridad privada en todas sus modalidades, estableciendo mecanismos de control, supervisión, vigilancia y registro, a fin de garantizar que se realicen en óptimas condiciones de eficiencia, imagen y certeza en beneficio de la población.

Subsecretaría de Participación Ciudadana y Prevención del Delito

Establecer y controlar los planes, programas y estrategias de fomento de la participación ciudadana en materia de seguridad pública, impulsando una cultura de prevención del delito, preservación del orden público y de la denuncia ciudadana.

Dirección General de Agrupamientos

Planear y determinar los operativos y acciones a cargo de los diferentes Agrupamientos, a fin de atender los requerimientos relacionados con el mantenimiento del orden y la paz públicos.

#### Dirección General de Apoyo Institucional

Diseñar estrategias para disminuir el impacto de las manifestaciones públicas, mediante la concertación y canalización institucional de las demandas sociales.

#### Dirección General de Prevención del Delito

Promover la cultura de prevención del delito y de participación ciudadana, fomentando la participación activa de la ciudadanía en acciones que tiendan a disuadir la comisión de delitos, con el fin de obtener los factores de riesgo que los favorecen.

#### Dirección General de Acciones Preventivas

Administrar, coordinar y dirigir estrategias y tácticas policiales de seguimiento en combate a la delincuencia, mediante acciones preventivas que resguarden y protejan la vida y el patrimonio de los ciudadanos, así como la paz social en el Distrito Federal en coordinación con instituciones e instancias de seguridad pública y gobiernos federal, estatales y municipales.

#### Dirección General de Estadística de Información Policial

Establecer sistemas estadísticos que permitan, a través de la generación y uso sistemático, incrementar la eficiencia policial para prevenir y combatir el delito, además de garantizar el seguimiento puntual de las estrategias operativas y la evaluación de los resultados obtenidos en zonas específicas de responsabilidad.

#### Oficialía Mayor

Coordinar la administración de los recursos humanos, financieros y materiales, servicios generales, mantenimiento y transporte de la SSP del Distrito Federal, conforme a los lineamientos y normatividad aplicable, a través del establecimiento de sistemas y controles administrativos que incidan en eficientar el manejo de los recursos asignados a la Dependencia para el combate a la delincuencia.

---

#### Dirección General de Recursos Humanos

Administrar, coordinar y controlar los recursos humanos de la SSP del Distrito Federal, así como remuneraciones, estímulos, recompensas, prestaciones, contraprestaciones, capacitación, servicios médicos en el ámbito administrativo para el personal de la SSP, eventos culturales, sociales, recreativos, deportivos y turísticos de los trabajadores de la Institución, conforme a la normatividad aplicable.

#### Dirección General de Recursos Materiales y Servicios Generales

Administrar y abastecer los recursos materiales, así como proporcionar los servicios generales a las unidades administrativas y/o operativas de la SSP del Distrito Federal, con la finalidad de coadyuvar en el óptimo desempeño de las funciones que realizan.

#### Dirección General de Mantenimiento y Transporte

Llevar a cabo el desarrollo de la obra pública, mantenimiento de bienes muebles e inmuebles; así como la operación, servicio y mantenimiento de los vehículos de la SSP cumpliendo con los criterios de racionalidad, austeridad y disciplina presupuestal, fomentando la eficacia y eficiencia en las funciones que son asignadas a las áreas dependientes.

#### Dirección General de Recursos Financieros

Asegurar que el manejo del presupuesto asignado a la SSP del Distrito Federal, se ejerza en apego a la normatividad vigente, en cada uno de los actos presupuestales que se realicen por las diversas áreas que la conforman, vigilando que estas actividades se ajusten al gasto de los diversos programas y necesidades que se requieren para cumplir los objetivos de la SSP.

#### Dirección Ejecutiva de Desarrollo Organizacional y Administrativo

Coordinar la creación, desarrollo e instrumentación de las acciones, proyectos y programas en materia de modernización administrativa dentro de la SSP del Distrito Federal.

#### Dirección Ejecutiva de Control Administrativo de Unidades Operativas

Dirigir, a través de las Subdirecciones de Control Administrativo de Regiones y Agrupamientos y Tránsito, a las Jefaturas de Unidad Departamental de Control Administrativo, con el objeto de controlar, manejar y optimizar los recursos humanos, materiales y financieros que tienen asignados los Sectores, Agrupamientos y Tránsito de la SSP del Distrito Federal, estableciendo procedimientos homogéneos en cumplimiento a los lineamientos, políticas y normatividad establecida en la materia.

### **5.1.3 Secretaría de Transporte y Vialidad (SETRAVI)**

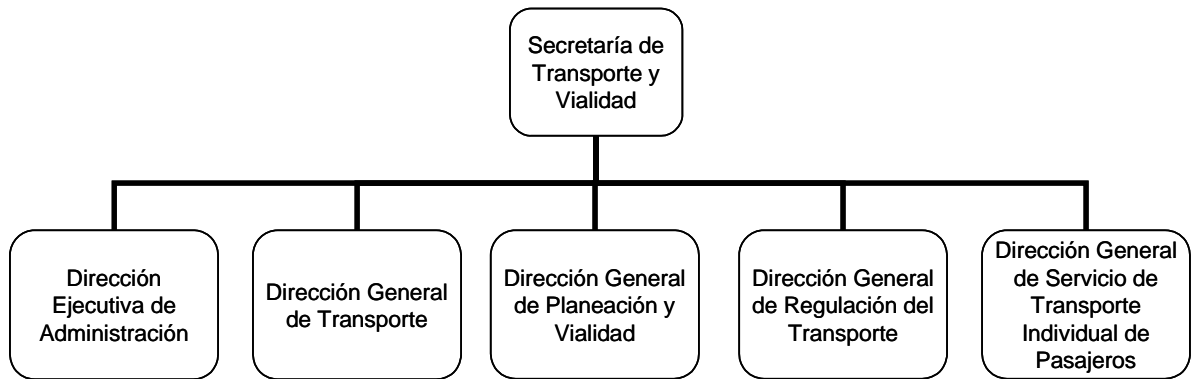
La Secretaría de Transporte y Vialidad es la encargada de formular y conducir el desarrollo integral del transporte, controlar el autotransporte urbano, así como planear y operar las vialidades en el DF.

La SETRAVI contribuye al desarrollo económico y social de la ciudad de México, a través de garantizar un servicio eficiente y de calidad para el traslado de personas y bienes, así como una infraestructura vial adecuada a la dinámica de las necesidades de la capital de la República, con un enfoque metropolitano, bajo los principios de honestidad, transparencia y con apego a la ley y el servicio público con el fin de elevar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad.

Dentro de la SETRAVI existen diferentes áreas encargadas de la administración, la planeación y regulación del transporte, fig. 5.4.

La Dirección Ejecutiva de Administración, es la encargada de presentar la información básica para la planeación y estrategia, organización e integración, dirección y control de seguimiento de los programas para la administración y aplicación del presupuesto, con

base en los lineamientos de austeridad, racionalidad y disciplina presupuestal, procurando fomentar el fortalecimiento y utilización de los recursos humanos, financieros y materiales, garantizando una integración global, a fin de enfocar sus objetivos y metas a la administración pública, proporcionando los recursos a las diferentes unidades ejecutoras del gasto.



**Figura 5.4 Organigrama de la Secretaría de Transporte y Vialidad**

La Dirección General de Transporte tiene las funciones de:

- I. Fomentar, impulsar, estimular, ordenar y regular el desarrollo del transporte público de pasajeros, privado y de carga, así como la infraestructura y equipamiento auxiliar del transporte en el Distrito Federal.
- II. Tramitar la expedición de las concesiones, permisos, licencias y autorizaciones relacionadas con la prestación del servicio público de transporte de pasajeros, privado y de carga previstas en la Ley del Transporte del Distrito Federal y las demás disposiciones jurídicas y administrativas aplicables, con estricta sujeción a las disposiciones, procedimientos y políticas establecidas por la Administración Pública.
- III. Dictaminar y autorizar los proyectos para la prestación del servicio público de transporte, con base en los lineamientos que fije la normatividad correspondiente.
- IV. Programar, orientar, organizar y en su caso modificar la prestación del servicio público del transporte de pasajeros, privado y de carga, conforme a lo previsto en la Ley de Transporte del Distrito Federal y demás disposiciones jurídicas y administrativas aplicables.

V. Redistribuir, modificar y adecuar los itinerarios, recorridos y rutas locales y de penetración urbana y suburbana, sitios, bases de servicio, de carga en congruencia con las políticas, programas y normas establecidas en la materia.

VI. Dictar y ejecutar los acuerdos necesarios para la conservación mantenimiento, renovación y cumplimiento de las especificaciones técnicas del parque vehicular destinado a la prestación del servicio público de transporte de pasajeros, privado y de carga, implementando las medidas adecuadas para mantener en buen estado la infraestructura utilizada para tal fin.

VII. Actualizar permanentemente el Registro Público del Transporte, en lo que se refiere a la prestación del servicio público de transporte de pasajeros, privado y de carga.

VIII. Realizar los estudios técnicos que justifiquen la necesidad de incrementar concesiones para la prestación de los servicios públicos de transporte de sistemas de peaje multimodal; regular, autorizar e inspeccionar la publicidad en el servicio de transporte, así como imponer las sanciones en caso de incumplimiento, de acuerdo con las normas jurídicas y administrativas correspondientes.

IX. Recibir, registrar y analizar las solicitudes de los interesados que estén involucrados en conflictos de titularidad respecto de las concesiones de transporte público colectivo de pasajeros y de carga y turnarlos para su tramitación a la Dirección Jurídica.

X. Establecer la coordinación con las autoridades correspondientes, para determinar los cursos y programas de capacitación para concesionarios, permisionarios y operadores del servicio público de transporte de pasajeros, privado y de carga.

XI. Impulsar el desarrollo del transporte escolar, de personal y de turismo y todos aquellos sistemas de transporte que eviten la saturación de las vialidades y protejan el medio ambiente.

XII. Realizar todas aquellas acciones tendientes a que los servicios públicos de transporte de pasajeros, privado y de carga, además de llevarse a cabo con eficiencia y eficacia, garanticen la seguridad de los usuarios y peatones y los derechos de los permisionarios y concesionario.

XIII. Adoptar las medidas que tiendan a optimizar y satisfacer el transporte de pasajeros, privado y de carga y en su caso, coordinarse con las Dependencias y Entidades para este propósito.

XIV. Determinar los criterios para la actualización de las tarifas del servicio público

La Dirección General de Planeación y Vialidad tiene las funciones de:

I. Formular y evaluar las políticas y programas para el desarrollo del transporte y la vialidad de conformidad con los estudios y proyectos que en materia de reordenamiento, fomento y promoción lleve a cabo el sector.

II. Elaborar y mantener actualizado el Programa Integral de Transporte y Vialidad del Distrito Federal, así como el programa regulador correspondiente.

III. Realizar los estudios y proyectos estratégicos del transporte y la vialidad del Distrito Federal en congruencia con las políticas de desarrollo urbano.

IV. Establecer los mecanismos de coordinación con instituciones públicas y privadas para la integración de instrumentos tendientes al desarrollo del transporte y la vialidad.

V. Diseñar e implementar las rutas de penetración o de paso de los vehículos del servicio público de transporte de pasajeros suburbanos y foráneos, y los itinerarios para los vehículos de carga.

VI. Promover la aplicación de nuevas tecnologías en los vehículos, mobiliario, señalización y equipamiento del transporte y la vialidad.

VII. Proyectar y establecer la normatividad para la operación de los Centros de Transferencia Modal, así como propiciar los mecanismos de coordinación interinstitucional.

VIII. Constituir Comités Técnicos en materia de transporte y vialidad.

IX. Establecer las normas generales para que los Órganos Políticos – Administrativos determinen la ubicación, construcción y funcionamiento de estacionamientos y parquímetros, así como vigilar el cumplimiento de dicha normatividad.

X. Elaborar y actualizar la normatividad del señalamiento horizontal y vertical de la red vial, así como los dispositivos tecnológicos de control de tránsito y preparar los proyectos ejecutivos correspondientes.

XI. Diseñar y supervisar la instalación del equipamiento, mobiliario y control de tránsito que proteja al peatón en las vialidades.

XII. Realizar los estudios pertinentes para establecer las normas generales a que se sujetarán los Órganos Político–Administrativos para determinar la ubicación, construcción, funcionamiento y tarifas de los estacionamientos públicos, así como llevar el registro de los mismos.

XIII. Regular y operar el servicio de ventanilla única de la SETRAVI y establecer la coordinación de atención al usuario, cuya función será la de atender la demanda ciudadana, referente a transportes y vialidades, a través del mejoramiento continuo, de sus procesos de atención y servicio al público.

La Dirección General de Regulación del Transporte, tiene las siguientes funciones:

I. Realizar los estudios pertinentes para proponer las modificaciones necesarias a las leyes, reglamentos y demás ordenamientos jurídicos en materia de transporte y vialidad para la ciudad de México.

II. Expedir las normas técnicas y operacionales de los modos de transporte urbano, así como de la infraestructura y equipamiento auxiliar del transporte y evaluar su cumplimiento.

III. Sistematizar y difundir las normas jurídicas aplicables en materia de transporte y vialidad en la ciudad de México, mediante la permanente actualización y compilación de las publicaciones oficiales correspondientes, así como el marco jurídico-administrativo que incida en la esfera de los particulares.

IV. Sistematizar y actualizar el padrón vehicular y de licencias de conducir de servicio particular.

V. Evaluar la aplicación y eficiencia del marco regulatorio del transporte y mantenerlo actualizado.

VI. Regular el otorgamiento y coordinar la expedición de placas, tarjetas de circulación, licencias para conducir y toda aquella documentación necesaria para que los vehículos de servicio particular y los conductores de los mismos, circulen conforme a las disposiciones jurídicas y administrativas aplicables.

---

VII. Establecer un sistema de información sobre la regulación del transporte.

VIII. Proyectar y establecer las normas adecuadas para el funcionamiento de los Centros de Transferencia Modal, así como su operación y servicios, y propiciar los mecanismos de coordinación interinstitucional.

La Dirección General de Regulación al Transporte Público Individual de Pasajeros tiene las siguientes funciones:

I. Fomentar, impulsar, ordenar y regular el desarrollo del Servicio de Transporte Público Individual de Pasajeros, así como la infraestructura y equipamiento auxiliar del Servicio, en el Distrito Federal.

II. Dictaminar las concesiones, permisos y autorizaciones previstas en la Ley de Transporte del Distrito Federal y en las demás disposiciones jurídicas y administrativas aplicables, con estricta sujeción a las disposiciones, procedimientos y políticas establecidas por la Administración Pública del Distrito Federal.

III. Dictaminar los proyectos para la prestación del servicio de Transporte Público Individual de Pasajeros en el Distrito Federal, con base en las disposiciones Jurídicas aplicables.

IV. Programar, orientar, organizar y en su caso modificar la prestación del servicio, conforme a lo prescrito en la Ley de Transporte del Distrito Federal y demás disposiciones jurídicas y administrativas aplicables.

V. Promover, redistribuir, modificar y adecuar los sitios y bases del servicio de acuerdo con las disposiciones jurídicas y administrativas aplicables.

VI. Ejecutar las acciones necesarias para la conservación, mantenimiento, renovación y cumplimiento de las especificaciones técnicas del parque vehicular destinado a la prestación del servicio, implementando las medidas adecuadas para mantener en buen estado la infraestructura utilizada para tal fin.

VII. Proporcionar la información necesaria para la actualización permanente del Registro Público del Transporte en lo que se refiere a la prestación del servicio y la actualización de los padrones correspondientes.

VIII. Participar en la inspección y vigilancia del servicio; así como en la aplicación de sanciones, con base en los lineamientos que fije las normas correspondientes.

IX. Recibir, registrar y analizar las solicitudes de los interesados, que estén involucrados en conflictos de titularidad, respecto de las concesiones de transporte público individual de pasajeros en el Distrito Federal y turnados para su tramitación a la Dirección Jurídica.

X. Dictaminar con base en la disposiciones jurídicas y administrativas aplicables, la representatividad de los concesionarios o permisionarios del servicio, en los casos en que exista controversia respecto a la titularidad de los derechos derivados de las autorizaciones, permisos o concesiones, así como del equipamiento auxiliar, a fin de que el servicio no se vea afectado en su prestación regular, permanente, continua, uniforme e interrumpida.

XI. Establecer la coordinación con las autoridades correspondientes, para determinar las políticas, estrategias, programas y cursos de capacitación para concesionarios y operadores.

XII. Promover acciones que tiendan a satisfacer, a hacer eficiente y a regular el servicio, y en su caso, coordinarse con las demás Dependencias, Unidades Administrativas, Órganos Político-Administrativo, Órganos Desconcentrados y Entidades de la Administración Pública para este propósito.

XIII. Realizar todas aquellas acciones tendientes a que el servicio, se lleve a cabo con eficiencia y eficacia, garantice la seguridad de los usuarios y peatones y los derechos de los concesionarios.

#### **5.1.4 Secretaría del Medio Ambiente (SMA)**

La función principal de la Secretaría del Medio Ambiente es fomentar entre los ciudadanos, la responsabilidad, el conocimiento y la capacidad para prevenir y enfrentar colectivamente la solución de los problemas ambientales, siendo esta dependencia la responsable de la ejecución, formulación y evaluación de la política del DF en materia del medio ambiente.

La SMA en conjunto con otras dependencias, genera acciones en beneficio de la movilidad de la ciudadanía y la reducción de los niveles de contaminación, algunas de

estas acciones son el mejoramiento del transporte urbano mediante la sustitución de las unidades que excedan los 10 años de antigüedad por unidades nuevas, el cambio de microbuses por camiones y mejorar la calidad del servicio de los transportes menos contaminantes como lo son el Metro, Metrobús y Tren ligero, para motivar su uso y reducir la circulación de vehículos particulares.

Además esta secretaría interviene en programas ya existentes como el programa “Hoy no circula” y el “Programa de verificación vehicular”, los cuales fueron creados entre las décadas de los 80’s y 90’s con la finalidad de mejorar la calidad del aire.

Otra de las aportaciones de la SMA es que gestionó y coordinó la construcción de los puentes del llamado segundo piso del periférico así como otros distribuidores viales.

Dentro de la SMA existen diferentes áreas encargadas de la administración, coordinación y cuidado del medio ambiente, fig. 5.5.

#### Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire

Corresponde a la Dirección General de Gestión Ambiental del Aire; I. Formular las estrategias de prevención y control de la contaminación atmosférica generada por las fuentes móviles y fijas de la competencia del Distrito Federal; II. Dar seguimiento permanente y evaluar los resultados de las acciones derivadas de los programas de control de la contaminación atmosférica del Distrito Federal entre otros.

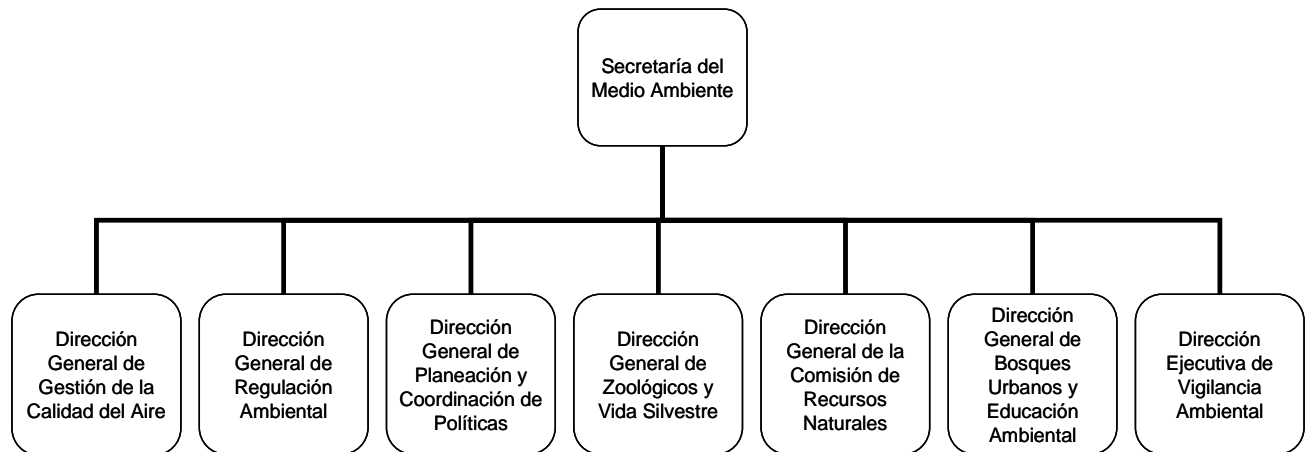
#### Dirección General de Regulación Ambiental

Acciones que tienen como fin la prevención y control de la contaminación ambiental y el manejo sustentable de recursos naturales en el Distrito Federal, varias de ellas en coordinación con órganos administrativos y demás autoridades competentes.

#### Dirección General de Planeación y Coordinación de Políticas

I. Coordinar el diseño de los planes y programas prioritarios de la gestión ambiental para el Distrito Federal; II. Participar en la definición de los lineamientos generales de la política ambiental y de sus instrumentos de gestión; III. Realizar estudios para la caracterización y

diagnóstico de la situación ambiental del Distrito Federal. IV. Formular proyectos y programas en coordinación con los Órganos Político-Administrativos competentes, relacionados a la sustentabilidad urbana, entre otras.



**Figura 5.5 Organigrama de la Secretaría del Medio Ambiente**

#### Dirección General de Zoológicos y Vida Silvestre

Se encarga de la planeación, organización y coordinación de las actividades que desarrollan en los zoológicos de Chapultepec, San Juan de Aragón, Los Coyotes y demás áreas.

#### Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales

Coordinar y planear la ejecución de acciones tendientes al fomento, desarrollo y Conservación de los Recursos Naturales en el Suelo de Conservación Ecológica del Distrito Federal.

#### Dirección General de Bosques Urbanos y Educación Ambiental

Corresponde a la Dirección General de Bosques Urbanos y Educación Ambiental: I. Establecer en los términos y mediante los procedimientos que establecen las

disposiciones jurídicas aplicables, los criterios y lineamientos para conservar, administrar y regular el uso, aprovechamiento, explotación y restauración de los recursos naturales e infraestructura de las áreas de valor ambiental, áreas verdes urbanas del Distrito Federal y ciclovías en suelo urbano entre otros.

Dirección Ejecutiva de Vigilancia Ambiental

Vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales y administrativas relacionadas con la regulación ambiental del Distrito Federal, aplicada a las fuentes fijas.

## **5.2 BASES PARA UNA SOLUCIÓN**

La experiencia demuestra que en determinado tipo de solución, para un problema de tránsito, deberán existir tres bases en que se apoye la misma. Son los tres elementos que, trabajando simultáneamente, van a dar lo que se quiere: un tránsito seguro y eficiente.

Estos tres elementos son:

- ❖ La ingeniería de tránsito
- ❖ La educación vial
- ❖ La legislación y vigilancia policíaca

Para esto, la Secretaría de Transporte y Vialidad del GDF se encarga de aplicar la ingeniería de tránsito, cuyo objetivo en las vialidades es el de mejorar y ampliar la infraestructura, las arterias de circulación, los distribuidores, estacionamientos y centros de transferencia con el fin de desfogar eficazmente el tránsito, privilegiando al transporte colectivo y colaborando en mejorar su eficiencia, para que desplace paso a paso al automóvil, reglamentando el movimiento de vehículos en una vía, realizando una planificación vial junto con el diseño geométrico de la ciudad. Siendo la encargada de construir, mantener y operar toda la infraestructura la Secretaría de Obras y Servicios.

Por otro lado, la Secretaría de Seguridad Pública pone en marcha programas de educación vial para adultos y niños con el objetivo de garantizar la seguridad cuando circulan por las vías públicas. Además patrulla y mantiene el orden haciendo cumplir el

reglamento de tránsito. La Secretaría el Medio Ambiente se encarga entre otras funciones, de generar acciones que ayuden a mantener una buena calidad del aire, asimismo que se cumplan los programas existentes para tal fin, y en conjunto con otras dependencias el mejoramiento del servicio de transporte público. También intervino en la gestión y coordinación de la construcción de los puentes del segundo piso del periférico y de los distribuidores viales.

Es esencial que para resolver los problemas de tránsito, todas las secretarías involucradas deben estar en constante comunicación para lograr una coordinación que permita llevar a cabo la solución integral de los tres elementos mencionados con anterioridad es por eso que como lo mencionamos en el inciso 5.1, en el gabinete de Desarrollo Sustentable éstas Secretarías interactúan entre sí.

### **5.3 TECNOLOGÍAS SIT APLICADAS EN OTROS PAÍSES**

Ya que existen diferentes tipos de servicios SIT, en el presente subcapítulo nos enfocaremos únicamente a una parte de estos; haciendo referencia a la fig. 2.2 del capítulo 2 en la que presentamos un diagrama de estructuración de los servicios que componen los SIT, únicamente tomaremos cuatro de ellos:

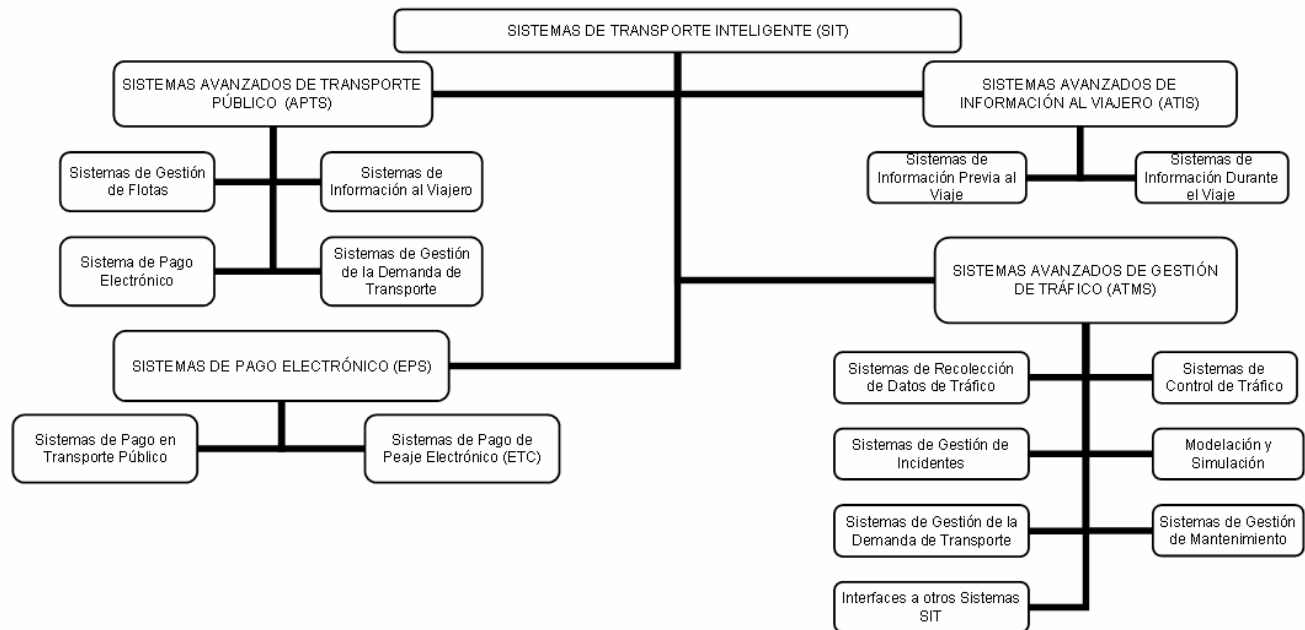
Tomando como base el diagrama de la fig. 5.6, a continuación describiremos las tecnologías SIT con potencialidad de ser aplicadas en la red de transporte urbano del DF, según nuestro punto de vista.

#### **5.3.1 Sistema de Pago Electrónico (EPS)**

Trataremos de proponer algunas opciones de sistema de pago electrónico, de acuerdo a la fig. 5.6, que ya se han desarrollado en otras ciudades con éxito aceptable y que existe la posibilidad de que sean verdaderas potencialidades de implementación en la ciudad de México. Aunque con esto no queremos decir que un sistema que ha funcionado con éxito en otras ciudades del mundo pueda funcionar de la misma manera en esta ciudad.

Una de estas tecnologías es la tarjeta inteligente sin contacto, el “billete plástico” que puede ser utilizada en el transporte público. Este sistema se basa en la incorporación de un chip a una tarjeta similar a las de crédito, que actúa a través de ondas de

radiofrecuencia y que permitirá al usuario su validación sin tener que introducirla en la máquina registradora.



**Figura 5.6 Diagrama de estructuración de los servicios que componen los SIT**

Su funcionamiento y forma de pago es parecida a la utilizada por los vehículos en los telepeajes de algunas autopistas de cuota existentes en la ZMVM. En este caso, el vehículo pasa sin detenerse por una “puerta” de peaje especialmente diseñada para la lectura automática (a través de un sensor) de una tarjeta que se coloca en el cristal delantero del coche, fig. 5.7.

Esta forma de pago se podría utilizar en algunos medios de transporte público de la ciudad de México como son: el metro, Metrobús, tren ligero, trolebús, camiones de la RTP y por qué no, hasta los microbuses deberían usar esta forma de pago.

Para la apertura de torniquetes colocados en este caso en el metro o Metrobús, mencionados anteriormente, la tarjeta sin contacto se acerca al aparato lector a una distancia menor o igual a 10 cm sin sacar la tarjeta del bolso o cartera, fig 5.8. A través de ondas de radiofrecuencia, la tarjeta se vuelve activa y entra en comunicación con el lector.

Si la tarjeta no tiene saldo la máquina registradora emitirá un sonido y le comunicará en la pantalla tal circunstancia.



**Figura 5.7 Tarjeta sobre el cristal del automóvil**

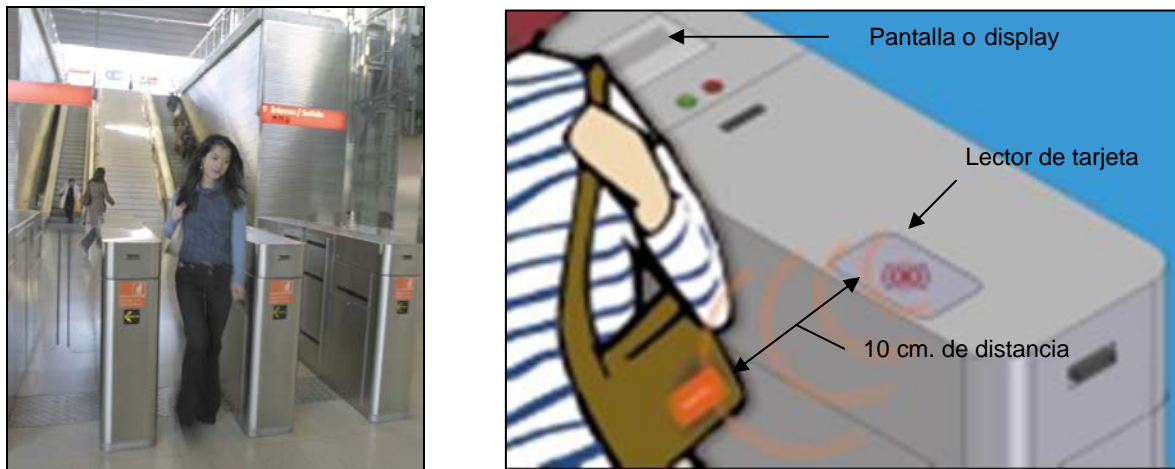
La apariencia de la pantalla será similar a la que usa actualmente el Metrobús. Incorporará una antena en la parte superior de la máquina y una pantalla para que el cliente visualice el nuevo saldo tras descontársele el viaje que podrá consultar en máquinas expendedoras que también se colocarían en lugares estratégicos como el Metrobús o instituciones bancarias. Podrá solicitar extractos con los últimos movimientos. La recarga de la tarjeta puede ser libre y posible en múltiples puntos, incluyendo cajeros automáticos y teléfonos.

La tarjeta sin contacto reducirá los tiempos de acceso de 3 segundos con el sistema actual a 0.33 de segundo, evitando de esta manera los largos recorridos que hace el usuario, obligado por personal del metro, a través de vallas para retardar el acceso hacia los andenes, como es el caso de la terminal Cuatro Caminos.

Además, sería más cómodo si se utiliza una sola tarjeta de pago electrónico para todo el transporte público capitalino, evitando cargar una tarjeta diferente para cada tipo de transporte.

El problema del uso de las tarjetas de pago electrónico sería la colocación de lectores electrónicos en todos los diferentes modos de transporte de pasajeros, pero con una buena planeación, tiempo, dinero y disponibilidad esto puede ser posible.

Actualmente en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, se implementó el uso de la tarjeta inteligente sin contacto, al utilizarla como medio de acceso al servicio de transporte en el tren ligero. Esta tarjeta funciona como un monedero electrónico, permitiendo su recarga hasta por \$200 como máximo. El costo de la tarjeta es de \$6, se puede adquirir desde \$20, esto es \$6 del valor del plástico y le quedan \$14 para utilizarlos en viajes, pudiéndola recargar cuando se requiera en cualquiera de las máquinas expendedoras ubicadas en diferentes sitios de la ciudad.



**Figura 5.8 Tarjeta en bolso**

Sería excelente que para amortiguar el costo de la tarjeta, el Gobierno de la ciudad de México, en caso de implementarla, la portara de publicidad, como se hace en las tarjetas telefónicas y esto sería un incentivo para que el usuario pueda adquirirlas con mayor frecuencia a un menor costo.

Los primeros proyectos que vieron la luz fueron los del este de Asia que, actualmente, se hallan a la cabeza en cuanto a difusión. Por ejemplo, en Corea del Sur hay ahora 18 millones de tarjetas en circulación y en Hong Kong 7.5 millones. Alrededor de 80 ciudades de todo el mundo trabajan actualmente en la aplicación de esta tecnología. En Europa, existen proyectos significativos en funcionamiento en ciudades tales como Lisboa, Roma, París y Bilbao.

### 5.3.2 Sensor remoto de tráfico por microondas

De acuerdo con el diagrama mostrado en la fig. 5.6, la tecnología que a continuación se describe está directamente relacionada a los sistemas avanzados de gestión de tráfico (ATMS).

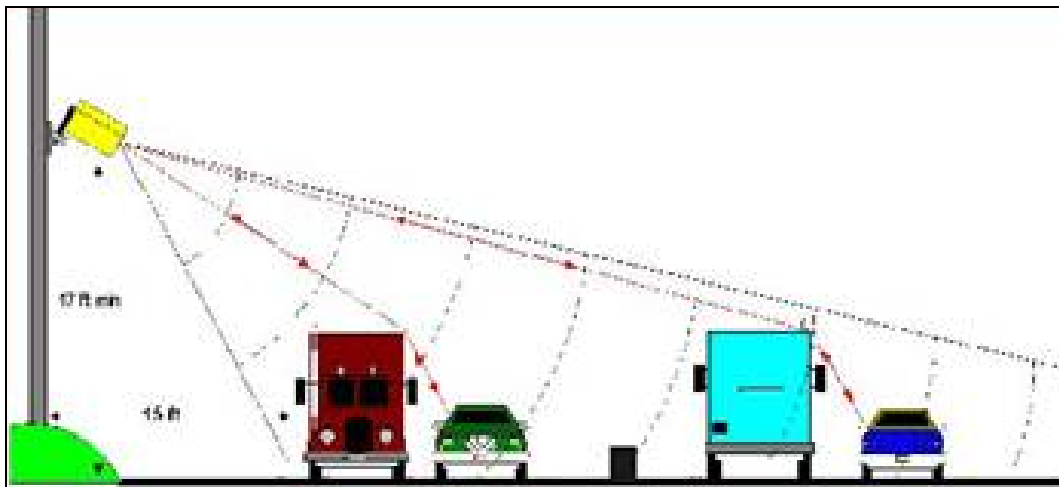
El sensor remoto de tráfico por microondas (RTMS), es un aparato no intruso para la detección y monitoreo del tráfico en intersecciones y calzadas, fig. 5.9.



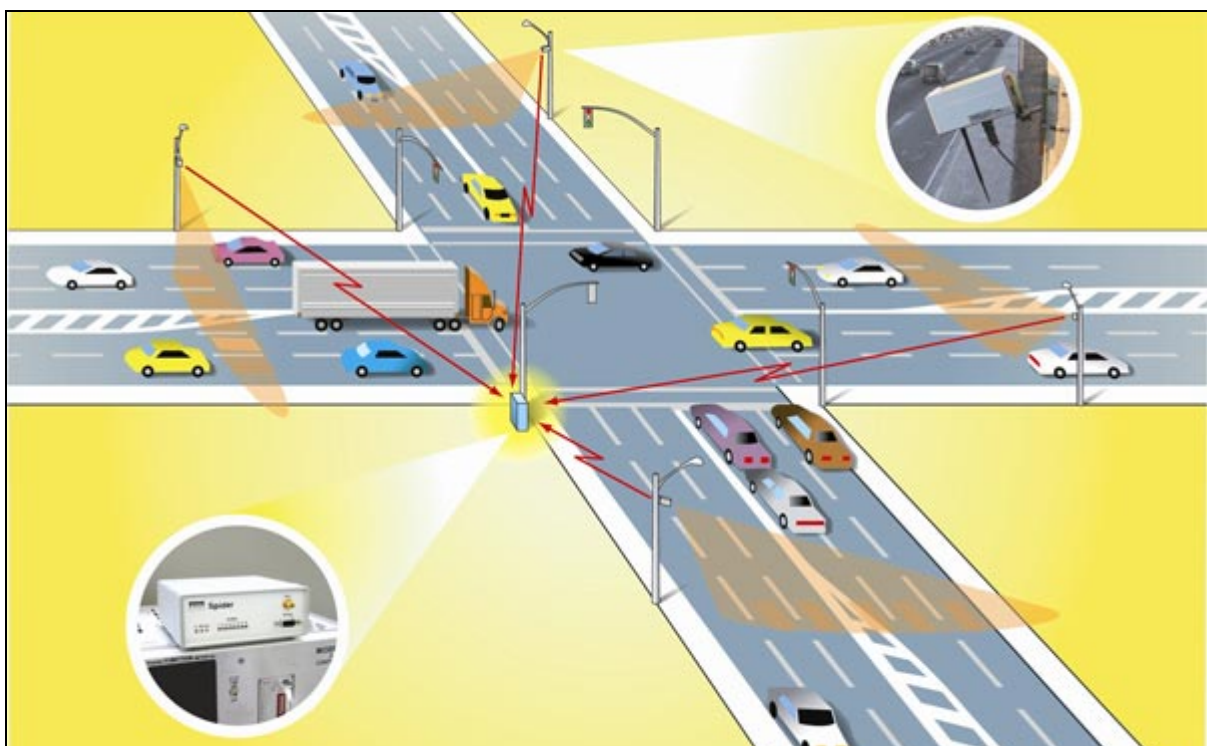
**Figura 5.9 Sensor remoto de tráfico por microondas RTMS**

Este detector proporciona una indicación de presencia por carril, así como información sobre el volumen, la ocupación y velocidad del vehículo en forma simultánea hasta para ocho carriles o zonas de detección, fig. 5.10. Esta información se canaliza a un centro de gestión de tráfico.

El sensor de tráfico puede ser colocado sobre o al lado del camino, en un poste u otra estructura similar y tanto su instalación como su remoción se realizan en forma fácil y segura sin interrupciones de tráfico, fig. 5.11.



**Figura 5.10 Esquema de detección del sensor RTMS**



**Figura 5.11 Detector de tráfico por microondas sobre postes**

Si en los cruces y calzadas más importantes de la ciudad de México se instalaran este tipo de sensores, la información obtenida sería de gran utilidad, así por ejemplo, en los momentos de saturación de la capacidad de la vialidad, el centro de gestión de tráfico

mandaría esta información a páginas de internet, estaciones de radio y a la misma SSP para proponer diferentes alternativas de circulación, de esta manera el conductor o usuario del transporte público puede escoger la ruta más adecuada para poder llegar en el menor tiempo posible a su destino.

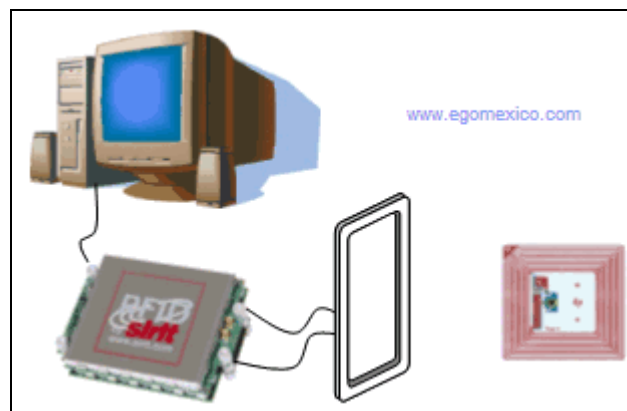
Esta tecnología evitaría la colocación de lazos inductivos sobre las avenidas de la ciudad, que están situados dentro del arroyo vehicular, encajados sobre el pavimento y que son susceptibles a ser destruidos por los mismos vehículos o cuando se da mantenimiento a la avenida o calzada. También evitaría el cierre del tráfico del carril donde se hace la reparación, ya que al estar colocados sobre los postes evitará el cierre de las avenidas para su mantenimiento.

Este sistema es utilizado en Toronto, Canadá, desde 1989 y en algunas otras ciudades de los Estados Unidos.

### 5.3.3 Identificación por radiofrecuencia (RFID)

Esta tecnología también es aplicable a los sistemas avanzados de gestión de tráfico (ATMS), como se muestra en la fig. 5.6.

La identificación por radiofrecuencia o RFID por sus siglas en inglés (radio frequency identification), es una tecnología de identificación remota e inalámbrica en la cual un dispositivo lector vinculado a un equipo de cómputo, se comunica a través de una antena con un transponder (también conocido como tag o etiqueta) mediante ondas de radio, fig. 5.12.



**Figura 5.12 Identificación por radiofrecuencia**

Esta tecnología entre muchas otras utilidades, permite incorporar un sistema de peaje que proporciona la mayor solución de identificación y control de vehículos en una ciudad. La tecnología utilizada permite a la ciudad aplicar tarifas que varían en función de la hora del día.

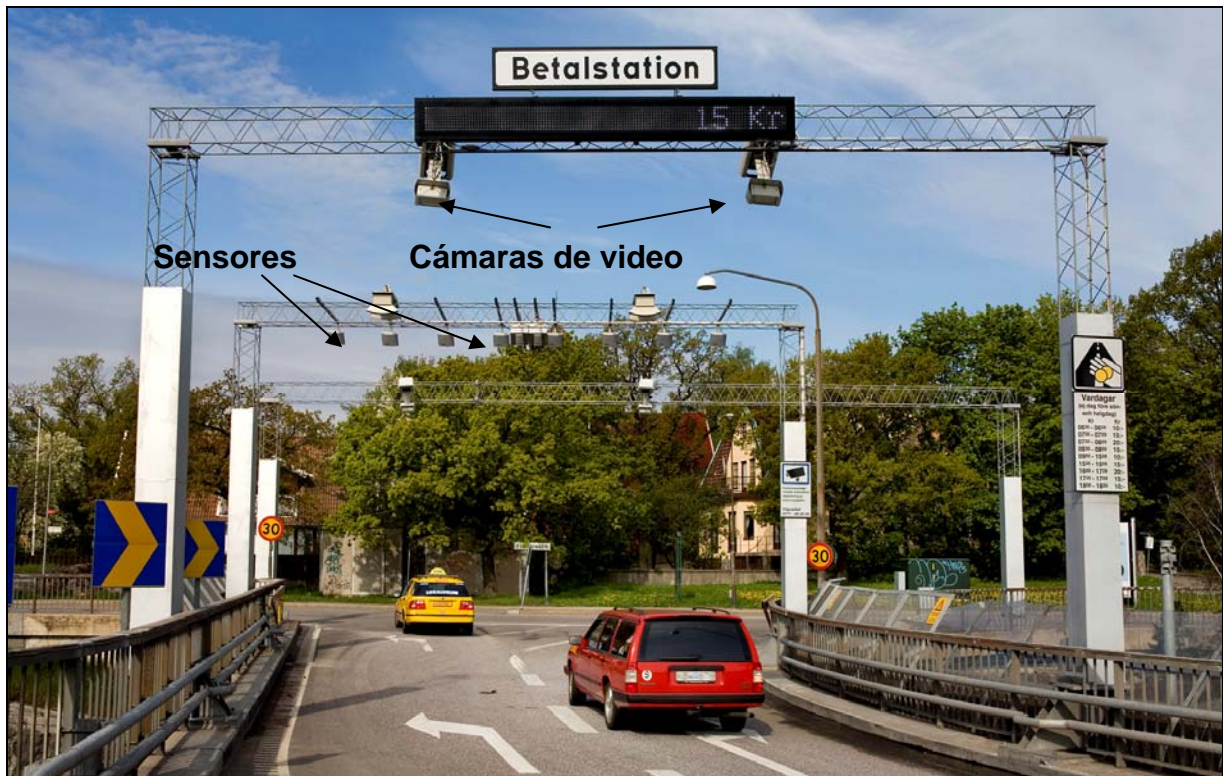


**Figura 5.13 Transponder; dispositivo con tecnología RFID**

Así por ejemplo, en el DF, en los límites con el Estado de México, se podrían colocar centros de control (que no tengan barreras), pero que sí dispongan de cámaras y sensores para la identificación de vehículos. Los conductores que ingresen a la ciudad pueden llevar en su vehículo un dispositivo con tecnología RFID, fig. 5.13, que permita identificar al mismo cuando éste pase por los puntos de control, fig. 5.14. De forma instantánea y a través de internet, se realiza el cargo del importe del peaje aplicando una tarifa que varía en función de la hora del día, siendo el importe más alto en las horas de mayor tráfico. Antes de poner en práctica el proyecto, el gobierno debe realizar importantes inversiones en transporte público y nuevas plazas de estacionamientos cercanos al metro. El sistema también identifica las matrículas de aquellos conductores que no lleven en su coche ese

dispositivo y que, posteriormente, tendrán que realizar el pago del peaje en bancos o establecimientos autorizados.

La ciudad de Estocolmo ha puesto en marcha este proyecto que, en su primer mes de funcionamiento, logró reducir el tráfico en un 25% e incrementó el uso del transporte público en 40,000 usuarios más cada día.



**Figura 5.14 Puntos de control con cámaras y sensores para la identificación de vehículos**

Las ventajas que se han obtenido mediante el uso de este sistema son:

- ❖ El tráfico en la zona controlada se redujo en 100,000 pasos de vehículos por día, es decir, un 25%
- ❖ El número de usuarios de trenes y servicios públicos aumentó en 40,000 personas al día
- ❖ La congestión en horas punta se redujo drásticamente

- ❖ No se produjeron problemas importantes de desvíos de tráfico. Los horarios de los autobuses municipales tuvieron que ser ajustados debido a la mayor velocidad media
- ❖ Las multas de aparcamiento se redujeron en un 29%
- ❖ El sistema de cargo automático estuvo operando desde el primer día
- ❖ Se identificaron unos 350,000 pasos de vehículos diarios

Otra tecnología muy parecida también se está utilizando recientemente en algunas autopistas de México; la tarjeta IAVE, fig. 5.15, que es un Sistema de Identificación Automática Vehicular, permite transitar por casetas de peaje sin tener que hacer alto total para pagar en efectivo, ya que los cruces se hacen a través de un medio electrónico de pago (TAG), que le permite llevar un control de todas sus transacciones. Parecido a lo que mencionamos anteriormente, funciona a través de una calcomanía electrónica adherida al parabrisas justo detrás del retrovisor, con datos invisibles de la unidad que la porta dándole acceso a los carriles exclusivos IAVE: al llegar a la caseta la tarjeta es identificada por una antena lectora y, automáticamente se abre la barrera; la operación se registra en una computadora desde donde se envía la señal al satélite que la transmite a un centro de cómputo donde se procesa y se asienta en el estado de cuenta del usuario que puede consultar vía internet junto con la información de los lugares, fechas y horarios en los que el vehículo realizó el cruce.



**Figura 5.15 Tarjeta IAVE**

El pago se realiza cada 10 días en el banco en el caso de transportistas, y en el de usuarios particulares se les hace el cargo automático a su tarjeta de crédito.

Las ventajas o beneficios de usar la tarjeta IAVE son varios, por ejemplo, no es necesario detener el vehículo totalmente ni bajar la ventanilla, no se requiere efectivo, se otorga descuento en cada cruce, acceso a internet para consulta de los cruces de manera detallada, saldos y facturación en caso de que el usuario lo requiera, evita pérdidas de tiempo al no hacer fila en cada caseta, la tarjeta IAVE es inviolable e infalsificable.

#### **5.3.4 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)**

El sistema GPS (Global Positioning System) o Sistema de Posicionamiento Global es un sistema compuesto por un lado por una red de satélites denominada NAVSTAR, situados en una órbita, y por otro lado por unos receptores GPS, que permiten determinar nuestra posición en cualquier lugar del planeta, bajo cualquier condición meteorológica.

Cada satélite procesa dos tipos de datos: las Efemérides que corresponden a su posición exacta en el espacio y el tiempo exacto en UTC (Universal Time Coordinated), y los datos del Almanaque, que son estos mismos datos pero en relación con los otros satélites de la red, así como también sus órbitas. Cada uno de ellos transmite todos estos datos vía radio en forma ininterrumpida hacia la tierra.

Cuando nosotros encendemos nuestro receptor GPS, empezamos a captar y recibir las señales de los satélites, empezando por la más fuerte, de manera que puede empezar a calcular la distancia exacta hasta ese satélite, así como saber dónde buscar los demás satélites en el espacio.

Una vez que el receptor GPS ha captado la señal de, al menos, tres satélites, entonces se puede conocer la distancia a cada uno de ellos y puede calcular su propia posición en la Tierra mediante la triangulación de la posición de los satélites captados, y nos la presenta en pantalla como Longitud y Latitud. Si un cuarto satélite es captado, esto proporciona más precisión a los cálculos y se muestra también la altitud calculada en pantalla.

El GPS es el instrumento de navegación y orientación que determina con exactitud la posición (incluso la muestra en un mapa) y Altitud, y nos permite definir y seguir un rumbo

a un punto de destino (o una ruta de varios puntos), además de proporcionarnos permanentemente nuestra velocidad, distancia, tiempo previsto de llegada, recorrido y hora. Igualmente, nos permite memorizar puntos de referencia (waypoints) y rutas.

En síntesis, podemos entender el GPS como un sistema que nos facilita nuestra posición en la tierra y nuestra Altitud, con una precisión casi exacta, incluso en condiciones meteorológicas muy adversas. Es muy importante comprender que el cálculo de nuestra posición y Altitud no se realizan a partir de los datos proporcionados por sensores analógicos de presión, humedad o temperatura (o una combinación de éstos) como en los altímetros, tanto analógicos como digitales, sino que se hace a partir de los datos que nos envía una red de satélites en órbita, que nos proporciona la fiabilidad de estar usando la tecnología más sofisticada y precisa de la que el hombre dispone actualmente.

Lo que básicamente puede hacer un receptor de GPS por nosotros, independientemente de sus características físicas y sus prestaciones específicas, es:

- ❖ Calcular nuestra posición actual, con lo que, podemos localizarla en un mapa
- ❖ Guiar o encaminarnos hacia un destino seleccionado (rutas)
- ❖ Guardar nuestra posición actual en memoria para ayudarnos a volver a ella cada vez que lo deseemos



**Figura 5.16 Autobús urbano en Londres, Inglaterra**

Es decir, con el GPS podemos saber dónde nos encontramos, dónde hemos estado y hacia dónde nos dirigimos, aspectos que son de total aplicación al control de los vehículos públicos y particulares.

En Londres, Inglaterra se cuenta con una línea de autobuses urbanos como el que se muestra en la fig. 5.16, que tiene instalado en su flota un sistema de Localización Automática de Vehículos (AVL).

Este sistema está basado en el uso de la señal GPS en modo diferencial como elemento de localización, y un completo software de gestión e información a los usuarios del transporte público, el cual se encuentra sobre 300 paneles de información al pasajero situados en las paradas, como se muestra en la fig. 5.17.

Estos paneles exhiben los tiempos de llegada predichos de los servicios del autobús, cuya función ha sido la de mejorar la calidad del servicio ofrecido a los usuarios del transporte público mediante el cumplimiento de horarios y frecuencias de paso por paradas, y proveer de información en tiempo real al público acerca del estado del servicio, además de mejorar la planificación de las rutas de los autobuses, horarios y los recursos requeridos de la flota.



**Figura 5.17 Panel de información al usuario**

Ya existe disponible en nuestro país un sistema de localización vehicular vía GPS y GSM que tiene cuatro años de funcionar en Europa, este sistema permite localizar el auto e inmovilizarlo mediante una llamada telefónica e inclusive se puede tener contacto con los ocupantes del vehículo, además de contar con alarma de movimiento e informe de velocidad.

El sistema también está diseñado para que en caso de emergencia el vehículo se pueda comunicar con un centro de control y prestar auxilio de una forma más rápida y eficiente, debido a que se conocerá la situación real en la que se encuentra el vehículo y sus ocupantes.

Un ejemplo claro de utilización en el DF del sistema GPS, es la aplicación en el Metrobús en cada una de sus unidades y estaciones, para conocer a cualquier hora la posición y estado de cualquier unidad de la flota, su localización en el mapa de la ciudad (en el caso que existan más líneas de Metrobús), la ruta que está siguiendo, próxima parada, número de pasajeros a bordo o desviación con respecto a los horarios previstos, apoyando la comunicación con los conductores de forma fluida y sencilla, siendo posible recibir de ellos cualquier indicación relevante, advertencia o alarma, y permitiéndose también la transmisión de cualquier instrucción al conductor que ayude a la correcta regulación del servicio, mostrar información útil al público en las paradas, tales como el tiempo estimado de llegada del próximo Metrobús para cada ruta o advertencias relevantes acerca de la condición del servicio, detectar en tiempo real cualquier variación de los horarios o frecuencias establecidos para facilitar la decisión y ejecución de las medidas correctivas, detectar rápidamente los incidentes potenciales en el servicio del transporte tales como anomalías en el tráfico, autobuses llenos o requerimiento de servicios de refuerzo especial, permitiendo también la decisión y ejecución de las medidas precisas, analizar el servicio a través de porcentajes de puntualidad, pasajeros transportados o velocidades medias, lo que garantiza la más apropiada planificación futura de horarios, líneas, paradas y recursos requeridos.

Este sistema además puede ser utilizado en el resto de los autobuses que circulan en la ciudad, incluyendo los microbuses, quedando limitado su uso a conocer la localización del vehículo para saber que no se ha salido de la ruta, controlar la velocidad y el reporte de

alguna emergencia, quedando para largo plazo el control de horarios entre autobús y autobús debido a que la circulación de estos autobuses es afectada por otros factores como es el tráfico.

En el caso de los taxis, este sistema permitiría al responsable de los sitios saber en donde están las unidades y saber cual es el taxi que se encuentra más cerca del sitio donde fue solicitado el servicio, además por ser un servicio que no tiene una ruta fija es conveniente saber su localización, para que si se presenta una emergencia se le pueda ubicar y auxiliar.

Finalmente se puede decir que este sistema GPS junto con el servicio GSM permite a las empresas a tener un control más preciso sobre sus vehículos, independientemente del giro de la empresa, lo cual se traduce en beneficios económicos y seguridad para los empleados.

### **5.3.5 Información al usuario previa al viaje**

Muchas veces los usuarios del transporte público pierden tiempo en sus traslados por tomar rutas más largas o en el peor de los casos por tomar alguna ruta equivocada, estas equivocaciones generan pérdida de tiempo y obviamente pérdidas económicas. Con los avances tecnológicos, actualmente se puede informar al usuario cual es la mejor ruta para llegar de la forma mas rápida y segura desde su origen hasta su destino final.

En la ciudad de México no se cuenta con ningún sistema que ofrezca información previa al viaje, el contar con un sistema que permita a los usuarios del transporte público conocer la ruta óptima de viaje representaría un beneficio social en la disminución de horas – hombre que se pierden diariamente.

En la ciudad de Madrid existe un sistema el cual resultaría conveniente utilizar en la ciudad de México, el sistema se llama Sistema de Información de Transportes, el cual tiene como objetivo dotar a los usuarios de la información necesaria para determinar la ruta óptima entre dos puntos.

Este sistema esta desarrollado por el Consorcio de Transportes de Madrid, el cual conjunta los esfuerzos de instituciones públicas y privadas para lograr la integración de la información presentada al usuario.

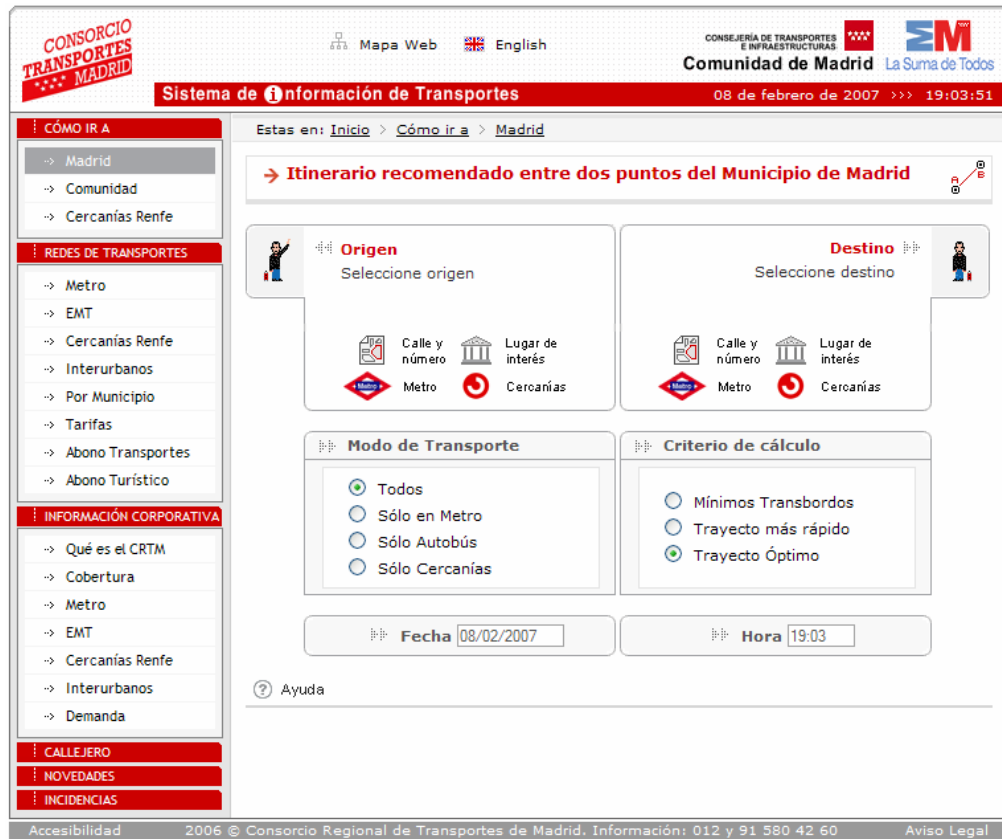


**Figura 5.18 Proceso para seleccionar la ruta óptima entre dos puntos (kiosco)**

El sistema se implemento de acuerdo a recomendaciones y guías basadas en programas DRIVE, (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe, Infraestructura carretera dedicada a la seguridad del vehículo en Europa) y en proyectos similares como son Eurobus/Popins, Input, INFOPOLIS, entre otros.

Para mostrar la información de la ruta óptima entre dos puntos, en el sistema, se puede seleccionar la información de la calle, de algún lugar de interés o de alguna línea del metro. La información que regresa el sistema se puede presentar usando todos los modos de transporte (multimodal) o solamente alguno.

La información se ingresa por medio de un teclado en la pantalla, un algoritmo que determina la ruta óptima entre los dos puntos basado en el costo mínimo a menos que el usuario indique que sea por tiempo. También despliega información gráfica como son mapas de origen, trasbordos y las áreas de llegada para que los usuarios puedan planear sus itinerarios a pie.



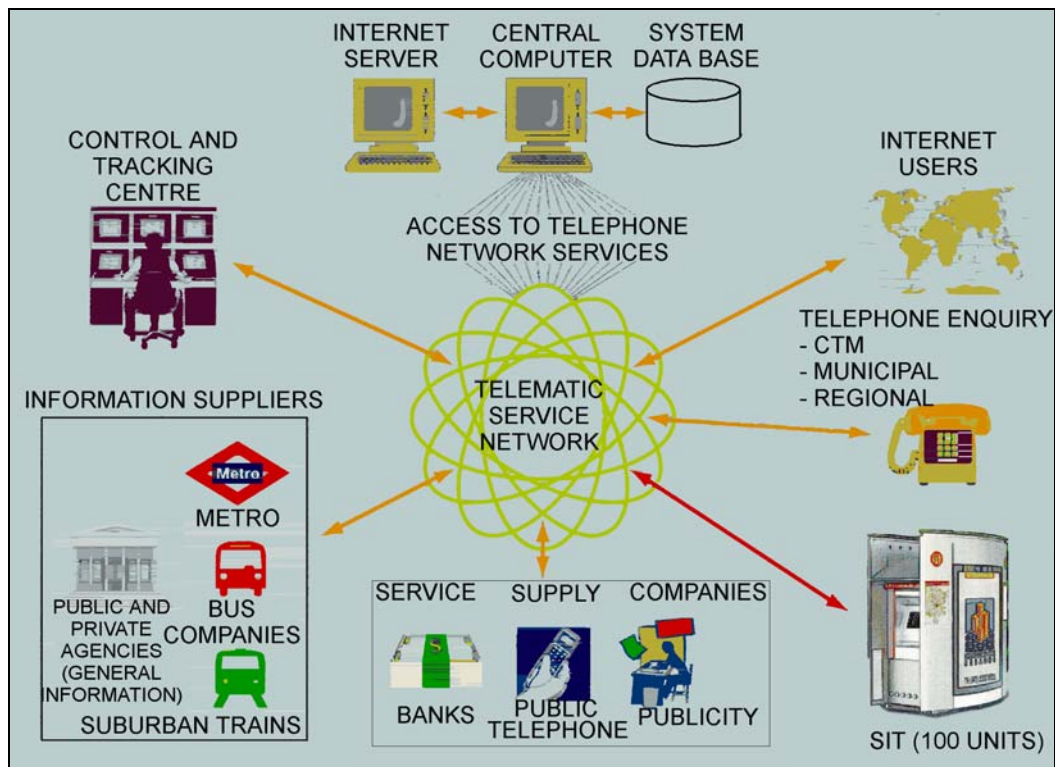
**Figura 5.19 Proceso para seleccionar la ruta óptima entre dos puntos (Internet)**

En la secuencia de figuras agrupadas en la fig. 5.18, se muestra el proceso para seleccionar la ruta óptima entre dos puntos, usando un kiosco de información en la calle, la datos que proporciona se pueden presentar en español, inglés y francés (la secuencia de las figuras se presenta de izquierda a derecha).

El sistema cuenta también con un sitio en Internet desde el cual se pueden realizar las mismas consultas como se muestra en la fig. 5.19.

La arquitectura del sistema esta basada en una computadora central y una red de comunicaciones que se usa para conectar la información de los transportes, fig. 5.20; el centro de control esta conectado a puntos de revisión instalados en postes colocados en las oficinas del Consorcio de Transportes de Madrid, desde donde se actualiza la información de las rutas y tiempos de llegada de los diversos modos de transporte.

Este sistema se puede implementar en la ciudad de México en las estaciones del Metro por medio de terminales que permitan a los usuarios realizar las consultas pertinentes, así como también se puede crear una página de Internet la cual brinde el mismo servicio.



**Figura 5.20 Representación del centro de control de las oficinas del Consorcio de Transportes de Madrid**

Este sistema se puede complementar utilizando el sistema ROMANSE, fig 5.21 utilizado en Southampton, Inglaterra el cual incorpora otros sistemas como son:

❖ Circuito Cerrado de Televisión (CCTV)

Existen en la actualidad más de 70 cámaras instaladas para cubrir el área de Southampton, estas permiten al Centro de información de Tráfico y Viaje (TTIC por sus siglas en inglés), obtener información precisa del estado del tránsito en la red.

❖ Sistema de información Estratégica (SIS)

El SIS proporciona una descripción de la información del transporte por medio de mapas digitales, combinando varias capas para desplegar la información geográfica y estadística de manera detallada. La información del tráfico y del recorrido de los sistemas de

ROMANSE es en tiempo real, desplegada por el sistema SIS y almacenada en una base de datos. Estos datos combinados con otros datos históricos se utilizan para planear las medidas futuras de la gerencia del transporte.

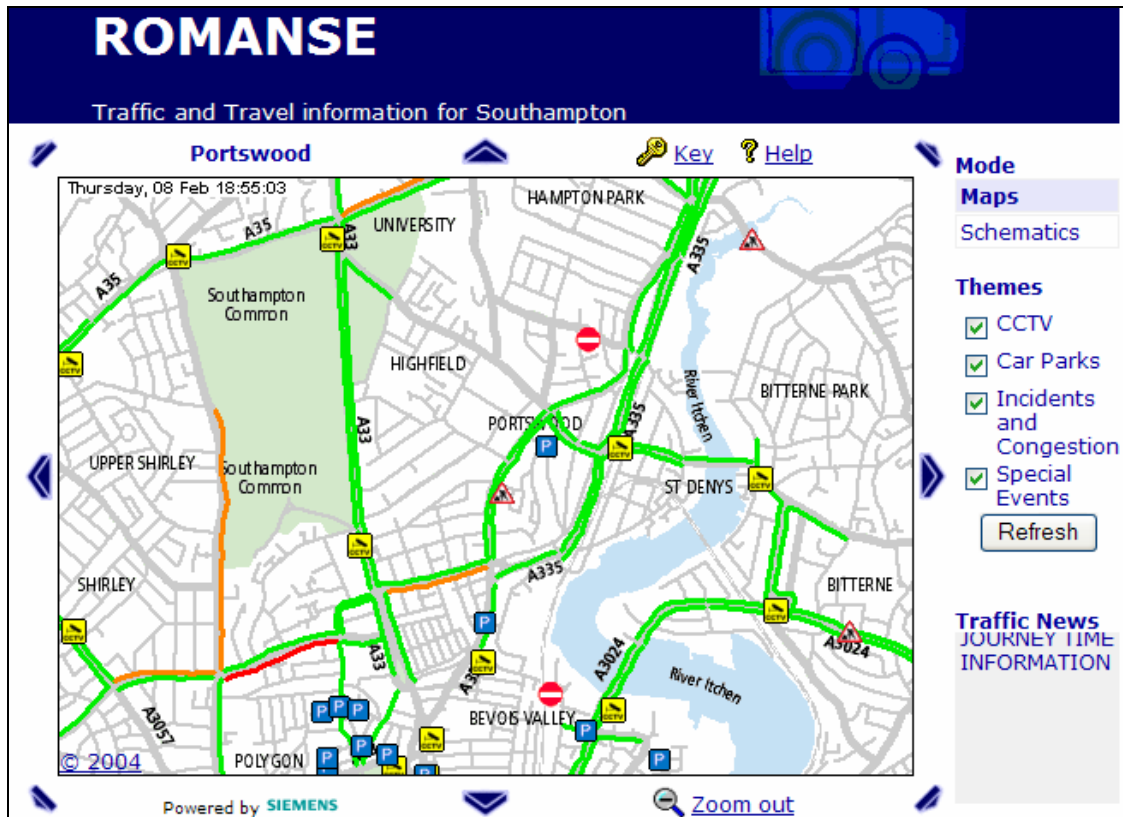
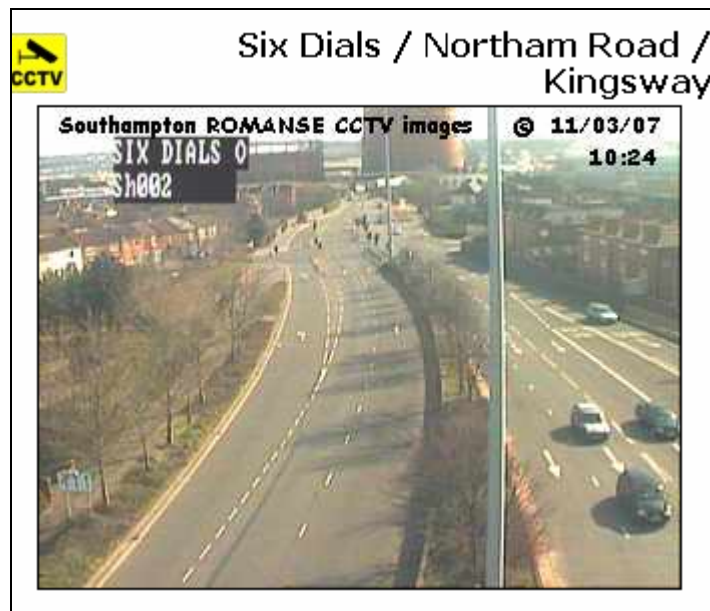


Figura 5.21 ROMANSE vía Internet

#### ❖ Terminal de viaje

Como parte del funcionamiento de ROMANSE es esencial que pueda comunicarse con otras organizaciones tales como la policía, otras autoridades locales, los locutores regionales y locales de las noticias. El proceso ha sido simplificado por la introducción de la red terminal de viaje que se dedica al intercambio de la información del viaje. La información entrante se procesa y se pasa a otras redes de viaje o directamente a otra terminal, por fax, al correo electrónico o al servicio de mensaje corto (SMS).

Este sistema también proporciona información de lugares disponibles en estacionamientos, información del mantenimiento de las vías, así como también se puede consultar la información de las cámaras instaladas en la red, fig. 5.22.



**Figura 5.22 Información de cámaras de Sistema ROMANSE**

En la ciudad de México se puede usar este sistema usando las cámaras de circuito cerrado que tiene la SSP. Para lograr que los sistemas descritos anteriormente funcionen es necesario integrar otros sistemas de otras dependencias del gobierno y de instituciones privadas, por lo que se deberá contar con un organismo encargado de regular esta integración.

### **5.3.6 Información al usuario durante el viaje**

En ocasiones no se puede tener acceso a Internet, y por ello otra opción para poder informar al usuario de posibles rutas es mediante el uso de los mensajes por telefonía celular, que es más accesible para una persona que se encuentra en la calle y no puede ingresar a una PC.

En la ciudad de México existe un gran número de personas que cuentan con teléfono celular, así que una opción de información al usuario de las condiciones de su viaje es por medio de un sistema usado en la ciudad de Barcelona llamado TMB iBus, el cual permite

la previsión del tiempo estimado de llegada de los dos autobuses próximos mediante mensajes a teléfono celular.



**Figura 5.23 Transporte metropolitano de Barcelona, España**

TMB dispone de un Centro de Regulación y Operaciones (CRO por sus siglas), fig. 5.23, en donde se realizan las funciones de control de la flota, como son la gestión de averías e incidente, coordinando si es preciso sus acciones con los cuerpos de servicios de emergencias y cuerpos de seguridad.

EL CRO dispone de un departamento denominado Centro de Regulación del Tránsito (CRT), fig. 5.24, que realiza funciones de regulación de las líneas de la red de autobuses, con la finalidad de mantener el intervalo de paso programado, tomando acciones para conseguir regular lo más eficientemente el tránsito.

La regulación de las principales líneas se realiza mediante un complejo sistema de gestión denominado Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE). El 84% de los desplazamientos semanales en autobús TMB se realizan en líneas SAE.

El resto de líneas de autobús (16% pasaje) son reguladas principalmente a nivel de calle, mediante controladores apoyados desde el Centro de Regulación.



**Figura 5.24 Centro de Regulación del Tránsito**

Actualmente existen 758 autobuses con tecnologías de localización SAE, los cuales utilizan para el tráfico de datos y comunicaciones con el centro de control un sistema de radio convencional (trunking analógico).

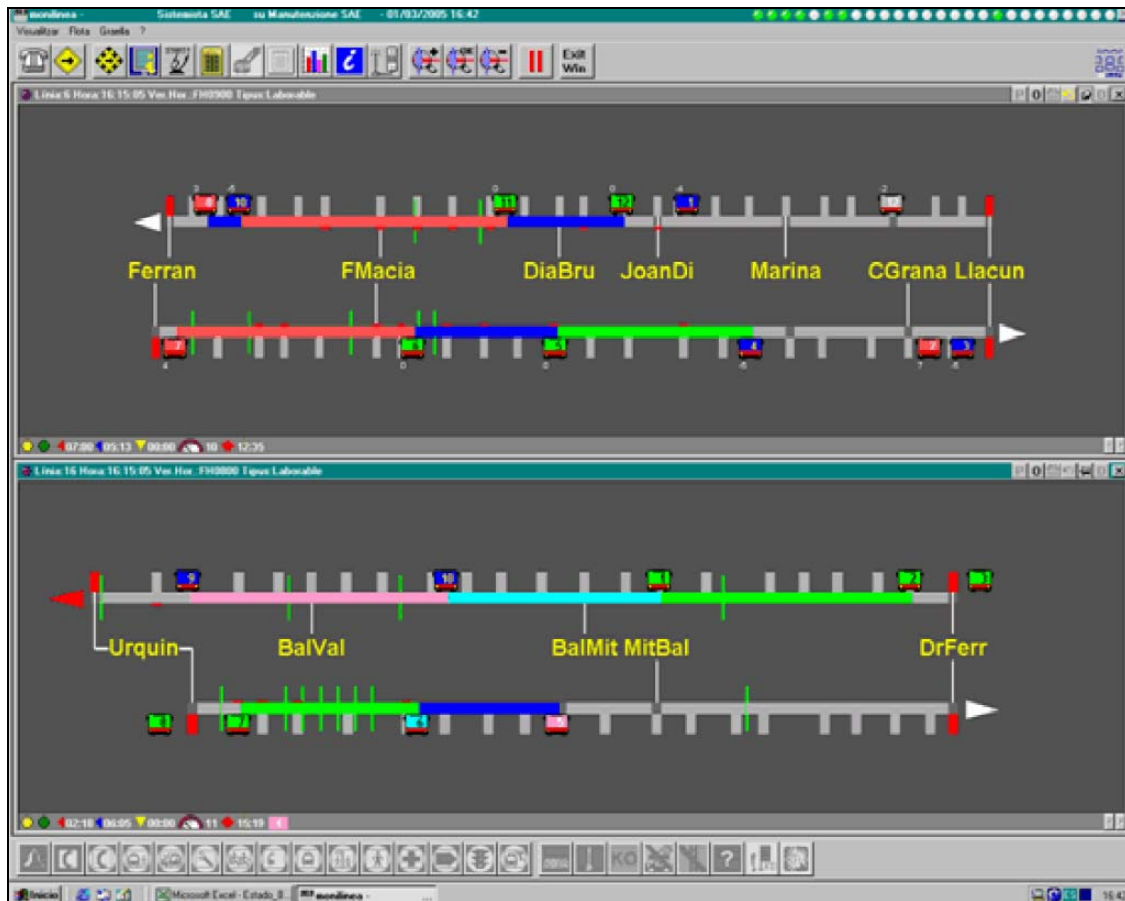
El SAE se basa en tecnologías de comunicación y localización de los autobuses que permiten:

- ❖ La recepción y transmisión rápida vía radio, de mensajes e informaciones entre el Puesto Central y cada uno de los vehículos en servicio
- ❖ Ubicación de los autobuses dentro de su línea, a partir de la información suministrada por los aparatos embarcados en el vehículo (GPS, giroscopio, odómetro)

El sistema SAE permite también:

- ❖ Mejorar la regularidad y la puntualidad de los autobuses
- ❖ Repartir más uniformemente a los usuarios entre autobuses
- ❖ Obtener prioridad de paso en determinados semáforos
- ❖ Mejorar las condiciones de trabajo del personal

- ❖ Mayor seguridad, al estar todos los autobuses en contacto permanente por radio con el Puesto Central
- ❖ Unificar criterios de actuación
- ❖ La posibilidad de implementar nuevos sistemas de información a los usuarios



**Figura 5.25 Modo operativo SAE**

Los SAE se empezaron a implantar durante los años 50, con la instalación de radios a bordo de los autobuses, que permitía la comunicación (no automática), entre el puesto de control y los conductores, fig. 5.25.

Los beneficios que se lograrían de utilizar estos sistemas en la red de transporte público de la ciudad de México son:

- ❖ Reducir los riesgos de choque y de siniestros, como puede ser el caso de reducir las distracciones del conductor en rutas desconocidas, así como aplicar límites de velocidad en vialidades.

- ❖ Reducir el “stress” del viajero para destinos poco familiares.
- ❖ Al promover la elección del modo de viaje, basada en información en tiempo real y en forma precisa, se reduce el tiempo de viaje.
- ❖ Reducir el tiempo de viaje intermodal y retraso para viajes individuales.
- ❖ Reducción global de los tiempos de viaje y retrasos, al proporcionar información de cierre de circulaciones, siniestros, obras en vialidades, etc.
- ❖ Al disminuir las situaciones de congestiónamiento vehicular, se evita la pérdida de tiempo.
- ❖ Aumenta el número de pasajeros de transporte público y de los ingresos de los operadores.
- ❖ Al disminuir las situaciones de congestiónamiento vehicular, existe un ahorro en el consumo de combustibles.
- ❖ Al reducir los riesgos de choque y de siniestros, se evitan pérdidas económicas.
- ❖ Al disminuir las situaciones de congestiónamiento, se reducen las emisiones contaminantes.
- ❖ Al aumentar el número de pasajeros en el transporte público, se reduce la emisión de contaminantes, en vehículos particulares.
- ❖ Disminución de situaciones de congestiónamiento vehicular, con lo cual se mantienen en mejores condiciones las vialidades.
- ❖ Mejora del servicio de transporte público y de la visibilidad e imagen en la comunidad, manteniendo en mejores condiciones las vialidades al disminuir el tránsito de vehículos particulares.

### **5.3.7 Código de Barras**

El código de barras utiliza una serie de técnicas mediante las cuales codifica datos en una imagen formada por combinaciones de barras y espacios. Estas imágenes son leídas por equipos especiales de escaneo a través de los cuales puede comunicarse los datos al computador.

Los códigos de barras se aplican en la identificación de productos. Los principales beneficios del uso de código de barras son la sencillez de operación, la velocidad de captura, la confiabilidad de los datos, el uso de estándares establecidos y el bajo costo. Es imposible el mencionar todos los beneficios de esta técnica en tan corto espacio.

Un código de barras en un arreglo de barras negras en un fondo blanco de diferentes anchos, desde el punto de vista del lector. La combinación de barras y espacios presentan un patrón que representa información. En otras palabras, es una representación gráfica de información (datos o texto) que pueden entender las computadoras.

Son fácilmente leídos por lectores de código de barras (láser, CCD, omnidireccionales, plumas), o mediante un teclado se ingresa el código a una computadora. La lectura es bidireccional, es decir que no importa la dirección en la que se lea el código, siempre se obtendrán los mismos datos.

La cantidad de caracteres en un código depende del tipo de código utilizado, pueden ser de 8, 12 ó 13 caracteres numéricos o bien de 39 caracteres alfanuméricos.



**Figura 5.26 Código de barras en licencia y placas de automóvil**

Cuentan con caracteres de validación o dígito verificador, lo que permite verificar si la información leída es consistente. Un código no será transmitido si el amarre interno del dígito verificador no coincide con el calculado de acuerdo con un algoritmo interno de validación.

El tipo de código de barras utilizado estará determinado con la aplicación en la que se vaya a utilizar. Se puede ver en la fig. 5.26, un código de barras bidimensional en licencia para conducir en la ciudad de México, además de un código de barras de la placa de un automóvil.

Los códigos de barras pueden ser la llave de entrada a una base de datos en la que se encuentre registrada información de tipo confidencial que logre relacionarse entre sí, por ejemplo, en una revisión vehicular, el oficial de policía mediante un escáner lee el código de barras de la placa de un vehículo, pudiendo tener acceso a dicha base de datos encuentra si existe alguna infracción, falta de pagar alguna tenencia, falta el pago de verificación, si se trata de un vehículo robado, si coincide con el vehículo que porta la placa, entre otros.

Colocando lectores de códigos en los CETRAM's se podrían llevar estadísticas de horas de entradas y salidas de cada unidad que preste servicio al Sistema de Transporte Público del DF, dando suficiencia en horas pico de cada ruta.

Una aplicación de los códigos de barras en nuestra ciudad puede ser colocando lectores de placa en las principales vialidades, creando lo que se conoce como vialidades inteligentes. Esta es una aplicación potencial, ya que actualmente existen las placas con código en casi todos los vehículos tanto particulares como públicos y de transporte de carga.

Pudiendo así registrar el paso de un vehículo a cierta hora, traduciendo esto a poder conocer la trayectoria seguida de un vehículo.

Lo anterior sería un apoyo al Sistema de Transporte Público al conocer los tiempos de recorrido de las unidades; en el transporte público y privado puede ser de gran ayuda en caso de robo; y en el transporte de carga tanto en caso de robo como en entrega de mercancía, tiempos de recorrido y localización.

Pensamos que su uso seguirá siendo una tecnología viable por muchos años debido a los siguientes beneficios.

- ❖ Bajo costo; se imprime junto con el material de empaque, lo que hace que su costo sea casi nulo.
- ❖ Velocidad; un código de barras de 14 dígitos puede ser leído en menos de un segundo, mientras que capturar manualmente la información contenida en él puede llevar 5 segundos.
- ❖ Confiabilidad; una captura manual contiene en promedio un error por cada 300 caracteres capturados, con código de barras se reduce el error a uno por cada millón de caracteres.
- ❖ Facilidad de uso; la capacitación del personal nuevo en el uso de tecnología de código de barras es casi nulo. Apunta y dispara.
- ❖ Uso de estándares comerciales e industriales. Bien documentados y aceptados.
- ❖ Equipo económico; hoy día los equipos de lectura e impresión de código de barras son los más baratos del mercado, comparándolos con tecnologías alternativas como son OCR (reconocimiento óptico de caracteres), banda magnética, radio frecuencia (RFID tags) y reconocimiento de voz.

Todas las ventajas y beneficios que se han mencionado anteriormente han ayudado a la gran difusión de la tecnología de código de barras. Actualmente la encontramos en muchas aplicaciones como son las siguientes:

- ❖ Control de acceso
- ❖ Control de activos fijos
- ❖ Control de almacenes
- ❖ Control de inventarios
- ❖ Punto de venta
- ❖ Trabajo en proceso
- ❖ Bibliotecas

- ❖ Recepción de materiales
- ❖ Embarques de materiales
- ❖ Venta en ruta
- ❖ Intercambio Electrónico de Datos (EDI)
- ❖ Hospitales y salud
- ❖ Entrega de paqueterías
- ❖ Rastreo de equipaje (líneas aéreas)
- ❖ Servicio postal y mensajerías
- ❖ Supermercados
- ❖ Entregas JIT (justo a tiempo)

Como podemos observar, el código de barras se utiliza en múltiples actividades. En nuestro caso, nos puede servir para tener un control del número de vehículos con ciertas características básicas que circulan en el país y de ésta manera mantener un monitoreo constante que nos puede ayudar a detectar si un vehículo tiene cierto número de infracciones, no ha pagado algunos derechos como verificación, tenencia, etc., así como también si creamos un sistema que relacione cada vehículo con un propietario, se puede tener una respuesta más pronta en caso de que ocurriera algún percance, llámese robo, secuestro u otro generado por índole natural.

Además de que en la mayoría de los centros comerciales y centros de trabajo de varios países se tiene un control de estacionamiento mediante la tecnología de código de barras, esto gracias a que tiene un bajo costo y mayor control de ingresos, evitando en muchas ocasiones errores humanos.

### **5.3.8 Cámaras de circuito cerrado de televisión, centro de control y manejo de emergencias**

Los Sistemas Centralizados de Control de Semáforos, fig. 5.27, se convierten en una necesidad primordial para las ciudades preocupadas por mantener la movilidad de sus habitantes, ya que estos sistemas permiten la adopción de estrategias globales para optimizar el tránsito en una red vial y rescatar la capacidad vial desaprovechada.

---

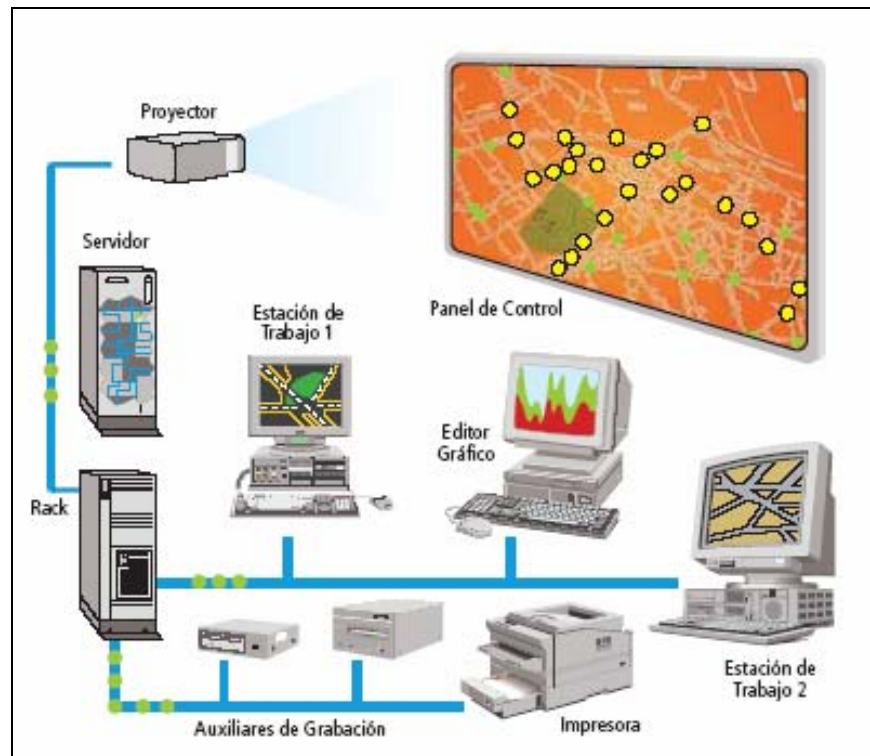
Algunos de los beneficios que se obtienen al instalar un Sistema Centralizado son:

- ❖ Mayor regularidad en la circulación
- ❖ Reducción de los embotellamientos
- ❖ Reducción de los tiempos de recorrido
- ❖ Disminución de los tiempos de espera en los semáforos
- ❖ Mejor sincronización de los semáforos
- ❖ Optimización de la red vial
- ❖ Economía de combustible
- ❖ Intervención más rápida de los vehículos de emergencia
- ❖ Mayor seguridad para los peatones
- ❖ Disminución de los accidentes vehiculares
- ❖ Disminución de la contaminación de origen vehicular
- ❖ Control centralizado y permanente del funcionamiento de la ciudad
- ❖ Fiabilidad permanente del sistema y del funcionamiento de los cruces
- ❖ Información estadística permanente
- ❖ Simulaciones de tráfico
- ❖ Reducción de costos de mantenimiento

El Sistema Integral de Gestiones Arteriales “SIGA”, fig. 5.28, fue diseñado para ciudades en desarrollo que desean dar un primer paso hacia la modernidad, tomando ventaja de los últimos avances tecnológicos orientados a la administración del tránsito en sus vialidades.

SIGA es un sistema versátil y amigable de monitoreo en tiempo real y control centralizado de semáforos, que recaba información de los niveles de tráfico en segmentos estratégicos

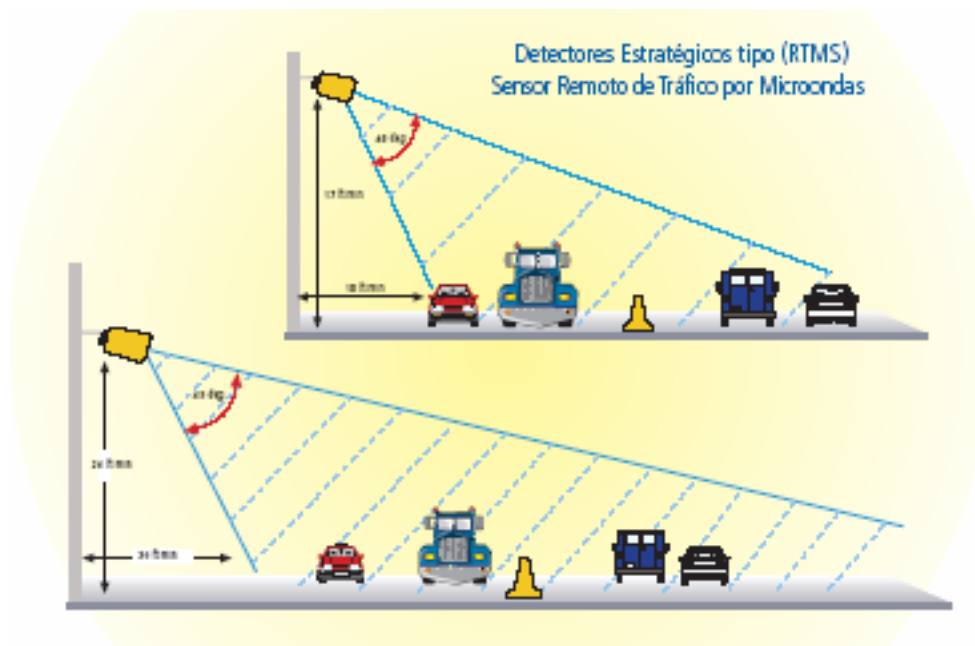
de la red vial, en base a esto, ordena respuestas escalonadas en los repartos de tiempo predeterminados en los reguladores electrónicos bajo su control.



**Figura 5.27 Sistemas Centralizados de Control de Semáforos**

Las principales funciones de SIGA son:

- ❖ Monitoreo en tiempo real del estado de los controladores de semáforos y de sus fases.
- ❖ Sistema de alarmas y detección de fallas.
- ❖ Bitácora de eventos y generador de reportes.
- ❖ Programación y extracción remota de datos en controladores de semáforos.
- ❖ Simulador de controladores y de la red vial.
- ❖ Administración en tres niveles: individual, por zonas o todos a la vez.
- ❖ Respuesta automática a diferentes patrones del tráfico.



**Figura 5.28 Sistema Integral de Gestiones Arteriales**

Retomando la situación actual de la ciudad de México, se cuenta con las cámaras de circuito cerrado de televisión, con un centro de control operado por la Secretaría de Seguridad Pública, y también se tienen distribuidos los tableros de información dinámica, pero estos nunca han funcionado para el fin para el cual fueron instalados, por lo que es de gran importancia realizar la inversión en nueva tecnología, que cumpla con las necesidades que tiene la ciudad de contar con un sistema de información en línea, que exista una coordinación de las diferentes Secretarías del GDF responsables de la buena operación de las vialidades, junto con los municipios del Estado de México, haciendo una revisión de las leyes, y aplicando la ingeniería de tránsito, lo cual no se acostumbra en nuestro país.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT), no resuelven por sí mismos los problemas vehiculares, se requiere de la intervención de personas en actividades complementarias de gestión y de operación.

La creación de un organismo que se encargue de regular el transporte a nivel nacional permitiría contar con un sistema de transporte con las mismas condiciones, si bien es cierto que ya se intentó crear un organismo ITS en el año 2000, éste fracasó, pero se debe retomar la idea y continuar con el proyecto. Dicho organismo ayudaría a estandarizar el transporte y generar soluciones globales que beneficien a todo el país y en particular al Transporte Urbano.

La aplicación de las tecnologías SIT requiere de una inversión considerable de recursos para su implementación, pero se justifica al compararlo con los costos de pérdida de vidas humanas y materiales en accidentes viales, el excesivo consumo de combustible, la pérdida en los tiempos de transporte de personas, que se refleja como horas-hombre inutilizadas, la ineficiencia en los transportes públicos, y que con la aplicación de las tecnologías SIT se podrían reducir estos factores.

Para que un sistema de transporte funcione de manera más eficiente debe trabajar en conjunto, no como piezas o elementos aislados, por lo tanto lo más recomendable es lograr una integración en cuanto a diferentes factores como el mismo sistema de pago

(pago único), por ejemplo a nivel de Transporte Urbano en el DF con el centro de información y la Secretaría de Seguridad Pública del GDF.

Es importante señalar que los beneficios obtenidos de la aplicación de las tecnologías SIT no son notorias a corto plazo, sino que es a mediano y largo plazo cuando podemos observar la eficiencia de la mismas.

Uno de los grandes problemas en la ciudad de México es el congestionamiento en las vialidades y no sólo en la horas pico, lo anterior debido al incremento del uso excesivo de los vehículos particulares, aún con la aplicación de las tecnologías SIT, esto no resuelve el problema, por lo que una solución está en el impulso del transporte público, para desplazar el uso del automóvil, y es aquí donde las tecnologías SIT, ayudan en hacer más seguros y eficientes los sistemas de transporte público. Con lo cual se ganaría en cuestiones de medio ambiente y en la mejora de la movilidad de la población en la ciudad.

Observando los dispositivos implementados en los países desarrollados y si bien es cierto que no son del mismo nivel de desarrollo y especialización, nos demuestran que es altamente factible utilizar los recursos disponible para aplicar SIT que mejoren las condiciones de tránsito y con ello se logren los resultados planteados para nuestro país, el uso adecuado de las tecnologías actuales en el DF, motivaría la modernización y ampliación de los mismos, acordes con una adecuada visión de desarrollo, de igual forma crearía conciencia y acostumbraría a la población al uso de este tipo de tecnologías.

Otro punto de gran importancia se refiere a la legislación que rige en la ciudad de México, puesto que si las vialidades y los vehículos que circulan por la ciudad han cambiado, se tendrán que actualizar con un nuevo enfoque relacionado con la aplicación de las tecnologías SIT, así como también una de las primeras tecnologías de regulación como son los semáforos, los cuales originalmente sirvieron para gestionar el tránsito, pero en la actualidad se pueden ver como obstáculos en las vialidades, que ocasionan pérdidas de tiempo, por lo que se deben modernizar estos sistemas para hacerlos dinámicos con un centro de gestión de tránsito, para poder tener una mejor gestión en cruces importantes en la ciudad de México. Para que lo anterior se lleve a cabo, es necesario que las diferentes Secretarías del GDF interactúen entre sí para lograr la optimización de la infraestructura existente haciendo uso de las tecnologías SIT, donde la SOS será la encargada de implementar el uso de las tecnologías en las vialidades, mientras que la SETRAVI coordine la ejecución y fomente el uso del transporte público junto con la SMA,

reduciendo así el uso de vehículos particulares y en consecuencia la emisión de contaminantes al ambiente; a su vez la SSP debe vigilar y supervisar la regulación del tránsito de personas y vehículos en la vía pública, así como hacer las gestiones necesarias para que la legislación sea más acorde a lo que necesitamos actualmente en la ciudad de México.

También existe el caso de las vialidades rápidas que se recorren en tiempos cortos pero como estas desembocan en vialidades congestionadas, el tiempo que se gana al usarlas se pierde en las salidas de estos circuitos, como es el caso de los segundos pisos del periférico.

La ciudad de México a través de los años ha tenido un gran crecimiento, junto con los municipios del estado de México conurbados, los cuales se han conformado en lo que se llama la Zona Metropolitana del Valle de México, por lo que es de gran importancia que los dos gobiernos se coordinen para unificar las leyes y tecnologías que rijan las vialidades, y sistemas de transporte.

Los beneficios que resultan de la aplicación de los SIT, se ven reflejados en las áreas de seguridad, protección al medio ambiente y en la reducción de los tiempos de viaje, así también ayudan a salvar vidas, evitar lesiones, ahorrar tiempos, ahorrar dinero y por ende hacer transportes más seguros, ayudan a prevenir y responder a situaciones desastrosas, desde eventos de causa natural o errores humanos.

Como la sociedad juega un papel fundamental en el desarrollo del transporte, es importante mencionar que la base para que todo lo anterior se logre es crear conciencia en la ciudadanía, un conocimiento y respeto hacia el prójimo para que con todo esto, poco a poco se fomente la tan necesaria y muy ausente educación vial.

Todos estos problemas aconsejan el desarrollo de nuevas estrategias globales para un transporte urbano sostenible. Estrategias que contemplen no sólo una amplia gama de medidas paliativas, si no, también, el uso de tecnologías e infraestructuras innovadoras. El concepto de un transporte eficiente, eficaz y seguro se debe imponer hoy en las nuevas políticas de transporte.

Entre las medidas paliativas, destacan la potenciación del transporte público, políticas de aparcamiento, peatonización de centros urbanos, imposición de peajes de entrada en determinadas áreas urbanas, etc. Entre las tecnologías e infraestructuras innovadoras,

hay que señalar todo un conjunto de recursos que posibilitan rutas y modos de transporte que contribuyen a reducir el tiempo y el recorrido de los desplazamientos al tiempo que procuran mayor fluidez de tráfico, mejor nivel de servicio de las vías y la racionalización del consumo y de las emisiones. Se trata, pues, de una serie de cambios en la concepción del desarrollo del transporte, de carácter tecnológico y que, al no implicar restricciones en la movilidad de la población, son generalmente bien aceptados por la población.

Los SIT colaboran en la reducción de los retrasos en el tiempo de viaje, a través de la información. La vigilancia avanzada del tráfico, los sistemas de control de señales y los sistemas de ordenación de las arterias permiten reducciones muy significativas en los tiempos de viaje. Por otra parte, se ha constatado que los peajes electrónicos son capaces de incrementar la capacidad de las rutas entre un 200 y 300%. Asimismo, los programas de gestión de incidentes pueden reducir notablemente los retrasos asociados a la congestión que aquellos.

Diversos estudios realizados para las ciudades europeas señalan que para el 2017 la implantación de los SIT habrán propiciado la reducción de hasta un 25% en los tiempos de viaje. Ello supondrá que se reducirán 40 horas de viaje por pasajero y año. La mejora de los transportes públicos en general y según estas perspectivas supondrá que los retrasos disminuyan en un 50%. Por su parte, se espera una disminución del 25% de los costos de transporte de mercancías a través de la eficiencia de los movimientos.

En las ciudades norteamericanas, asimismo, se ha comprobado que si los tiempos de viaje disminuyen en un 20% tras la comprobación de rutas con mapas analógicos, el ahorro de tiempo usando un SIT puede incrementarse hasta el 80%. Los sistemas de ordenación de arterias han reducido los accidentes entre un 24 y un 50% y han canalizado entre un 8 y un 22% más de tráfico. Al propio tiempo, han incrementado las velocidades fijas entre un 13 y un 48% por encima de las velocidades preexistentes en zonas congestionadas.

En la ciudad de México los tiempos de espera entre, un autobús y otro del Metrobús, por ejemplo, podrían reducirse si se implementara un SIT en las vialidades porque no obstante que el Metrobús en un SIT, para que funcione de manera óptima debe trabajar en conjunto con otros como bien puede ser un centro de control de semáforos con cámaras en un circuito cerrado de televisión y a su vez manejo de emergencias. Además si lo complementamos con información al viajero previa y durante el trayecto.

Los SIT reducen el grado de incertidumbre, antes y durante el viaje por el conocimiento de la ruta y de los posibles incidentes. En ese sentido, hay que señalar que los Sistemas Avanzados de Información al Viajero (ATIS) permiten obtener información de las condiciones de tráfico en tiempo real; proveen de información al viajero y ofrecen sistemas de asignación dinámicas de tráfico y guiado automático en ruta.

Todo ello redundará a medio plazo en una reducción efectiva de los costos de operación y posibilita una mayor productividad del sistema de transporte, puesto que los conductores tienen mayores facilidades y mayor seguridad en sus operaciones. Un buen ejemplo lo encontramos en diversos estudios efectuados en EEUU de los que se deriva que la reducción de los costos de operación pueden llegar a suponer hasta el 25%. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los costos iniciales de inversión son muy elevados.

Los SIT van contribuir asimismo a reducir la contaminación acústica en el medio urbano y a reducir el consumo de recursos renovables y la generación de residuos. No son la solución a todos nuestros problemas de operación; son una herramienta de alta tecnología, cada día más económicamente accesibles. Sus costos de implementación deben ser medidos en tiempos de retorno de inversión.

Los problemas de movilidad, de seguridad y medioambientales precisan de nuevas soluciones que hagan del transporte urbano e interurbano un transporte sostenible. La aplicación de las nuevas tecnologías de la información a los transportes contribuye decisivamente a ese objetivo, si bien no excluyen la implementación de otras medidas complementarias.

Al propio tiempo, se ha comprobado que los SIT no sólo contribuyen a una mayor productividad de los sistemas de transporte, con la incidencia positiva que ello tiene sobre la economía, sino que constituyen en sí mismos un mercado de alto potencial económico con una interesante proyección de futuro. Pueden convertir cada unidad de transporte en unidades de productividad medible.

En la ciudad de México es necesario que no sólo se vigile y actualice la legislación, ni tampoco que únicamente se construya nueva infraestructura y se implementen tecnologías SIT, sino que además de todo lo anterior es esencial la educación vial, siendo de manera fundamental que las dependencias gubernamentales, ya sea que intervengan independientemente o por gabinetes, promuevan entre la población una conciencia cívica.

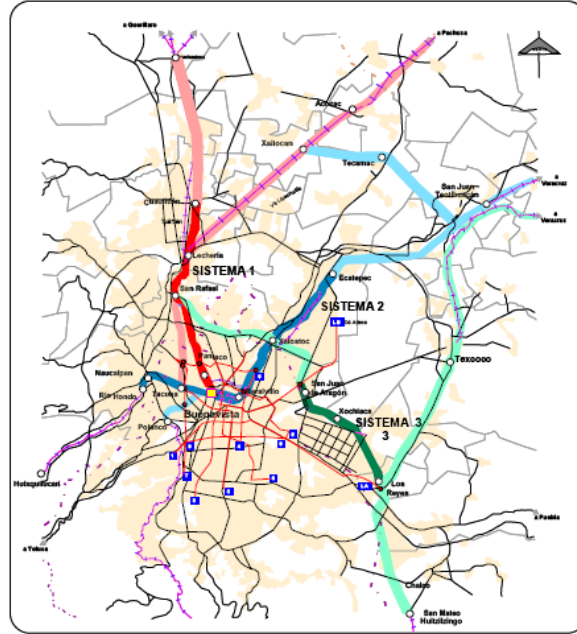
La actuación de las Secretarías de Gobierno, la Secretaría de Seguridad Pública, la Secretaría de Obras y Servicios, la Secretaría de Transporte y Vialidad así como la Secretaría del Medio Ambiente en el desarrollo político, social, cultural y económico del DF es de primordial importancia, por otra parte es inevitable que intervengan debido a que son los actores que ayudan a la implantación de las tecnologías SIT en la medida que se precisa.

Finalmente, más que evaluar el costo de implementar las tecnologías SIT, deberemos de empezar por valorar el costo de no tenerlas.

## ANEXO I. TREN SUBURBANO

### Ferrocarril Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México

LÍNEA	LONGITUD
<b>SISTEMA 1</b>	
<b>LÍNEA PRINCIPAL</b>	
Buenavista-Cuautitlán	26.9 Km
<b>LÍNEAS SECUNDARIAS (Derivaciones y/o ampliaciones)</b>	
Cuautitlán-Huehuetoca	21.0 Km
San Rafael-Tacuba	10.0 Km
Lechería-Jaltocan	21.0 Km
<b>SUBTOTAL</b>	<b>78.9 Km</b>
<b>SISTEMA 2</b>	
<b>LÍNEA PRINCIPAL</b>	
Ecatepec-Naucalpan	37.5 Km
<b>LÍNEAS SECUNDARIAS (Derivaciones y/o ampliaciones)</b>	
Buenavista - Polanco	6.5 Km
Ecatepec-Teotihuacán	22.5 Km
Teotihuacán-Tecamac	23.0 Km
<b>SUBTOTAL</b>	<b>89.5 Km</b>
<b>SISTEMA 3</b>	
<b>LÍNEA PRINCIPAL</b>	
Los Reyes-San Juan de Aragón	15.0 Km
San Rafael-San Juan de Aragón	25.0 Km
Chalco-Texcoco	33.0 Km
<b>SUBTOTAL</b>	<b>73.0 Km</b>
<b>TOTAL</b>	<b>241.4 Km</b>



### Ferrocarril Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México Sistema 1. Línea Principal — Buenavista-Cuautitlán

**LONGITUD TOTAL: 26.9 km**

En territorio del Estado de México 20.0 km  
Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Tultitlán y Tlalnepantla

En territorio del Distrito Federal 6.9 km  
Azcapotzalco y Cuauhtémoc

**NÚMERO DE ESTACIONES: 7**

En territorio del Estado de México 5  
Cuautitlán, Tultitlán, Lechería, San Rafael, y Tlalnepantla

En territorio del Distrito Federal 2  
Fortuna y Buenavista

- Inversión estimada para la línea principal 550 millones USD
  - ◆ Inversión Privada 250 millones USD
  - ◆ Inversión Pública (Gobierno Federal) 300 millones USD



## Ferrocarril Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México Sistema 1. Línea Principal — Buenavista- Cuautitlán

### Características del Servicio

- Tecnología: Trenes eléctricos de alta capacidad y alta velocidad de operación (65 km/h)
- Sistema ferroviario para 30,000 pasajeros/hora/ sentido
- Tiempo promedio de recorrido entre terminales: 23 minutos
- Intervalo entre trenes en hora pico: 6 min.
- Capacidad de pasajeros por tren: 3,000
- Demanda inicial estimada: 320,000 pasajeros / día

### Características de Diseño

- Vía férrea adecuada, exclusiva y confinada
- Alimentación eléctrica de los trenes por catenaria
- Señalización con protección automática de trenes
- Centro de control de tráfico exclusivo
- Telecomunicación de centro de control a trenes
- Sistema de boletaje moderno y computarizado
- Estaciones con servicios y facilidades de intercambio con otros modos de transporte

### Impacto vial en el D.F.

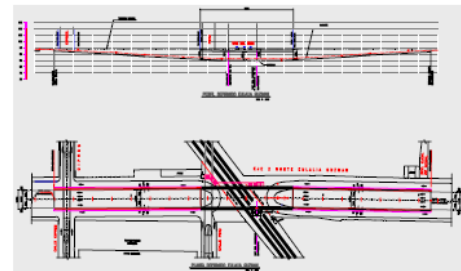
- ◆ Confinamiento total de la vía
- ◆ Construcción de 2 estaciones vinculadas con Centros de Transferencia Modal (Buenavista y Fortuna)
- BENEFICIOS
  - ◆ Reducción de viajes diarios en transporte de superficie, aliviando el tránsito urbano
  - ◆ Reducción de emisiones contaminantes



## Ferrocarril Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México Sistema 1. Línea Principal — Buenavista- Cuautitlán

### Programa de obras viales

- Grupo A. Seis acciones que resuelven el paso vehicular y peatonal para compensar los efectos del confinamiento y la operación del ferrocarril suburbano en su recorrido por el Distrito Federal
  - ◆ Costo aproximado de 600 millones de pesos
  - ◆ Financiado con recursos fiscales del Gobierno Federal, incluidos en el Fondo de Financiamiento de Infraestructura de Banobras
  - ◆ Soluciones viales y peatonales:
    1. Eulalia Guzmán
    2. Laterales del Circuito Interior
    3. Ciprés
    4. Pino
    5. Insurgentes-Flores Magón
    6. Eje 4 Norte
  - ◆ La primera obra consiste en la construcción de un túnel de 4 carriles de circulación, ubicado en el Eje 2 Norte Eulalia Guzmán
    - ▽ Convocatoria a licitación pública internacional, publicada el 19 de abril en el Diario Oficial de la Federación
    - ▽ La construcción iniciará en 2 meses
    - ▽ Se complementará con 2 puentes vehiculares, uno en Ciprés y otro en Pino, una vez terminada la obra en Eulalia Guzmán
  - ◆ La segunda obra será la construcción de las laterales del Circuito Interior en el tramo en que estas atraviesan a nivel, la vía del ferrocarril
    - ▽ El proyecto ejecutivo estará listo en mayo de 2005
  - ◆ Se construirán el distribuidor vial de Flores Magón e Insurgentes y el del Eje 4 Norte, formando con La Villa—Guadalupe, vías paralelas con sentidos diferentes
  - ◆ El conjunto de obras quedará concluido antes de finalizar el año 2006

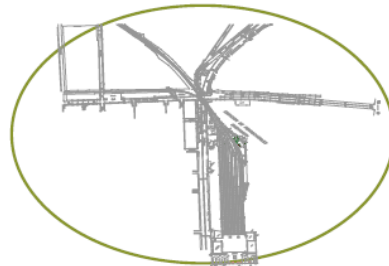


## Ferrocarril Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México Sistema 1. Línea Principal — Buenavista- Cuautitlán

### Programa de obras viales

- **Grupo B.** Consiste en 2 acciones a desnivel en insurgentes Norte en sus intersecciones con los Ejes 1 y 2 Norte
  - ◆ Dependerán de las características y dimensiones del centro comercial a desarrollar en la estación Buenavista, que será propuesto por el grupo ganador de la licitación de la operación de la primera línea del Ferrocarril Suburbano
    - ▽ Las obras se realizarán con recursos de la empresa operadora del ferrocarril y con recursos fiscales del Gobierno Federal
- **Grupo C.** Consiste en la construcción de un puente vehicular que completa el Eje 6 Norte, y está inscrito en el Plan Vial del D.F.
  - ◆ Será financiado con el esquema del Fondo de Convivencia Ferroviaria con las zonas urbanas
- **Centros de Transferencia Modal**
  - ◆ Conectividad directa para los usuarios entre el Ferrocarril Suburbano y el Metro en las dos estaciones del Distrito Federal
    - ▽ En la estación Buenavista se garantiza la conectividad con la estación Buenavista de la línea B del Metro
    - ▽ En la estación Fortuna del Ferrocarril, se garantiza la conectividad con la estación Ferrería de la línea 6 del Metro
  - ◆ Se habilitarán funcionales Centros de Transferencia Modal en ambas estaciones, garantizando la circulación cómoda y segura de los usuarios hacia otros modos de transporte, incluida la estación Buenavista del Metrobús

OBRAS VIALES  
GRUPO B

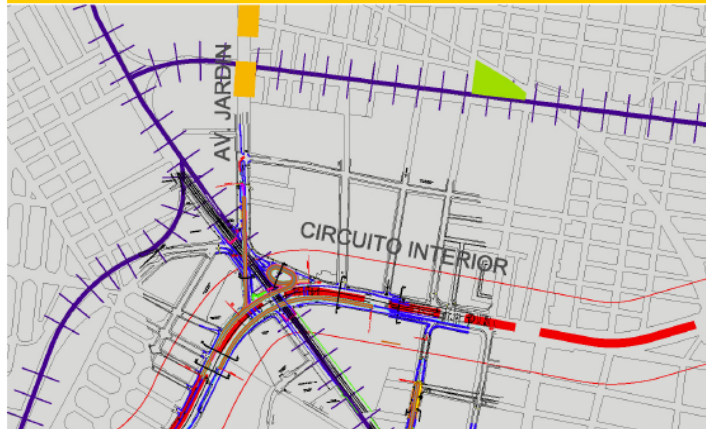


ESTACION BUENAVISTA  
Y AREA DE INFLUENCIA

## Ferrocarril Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México Sistema 1. Línea Principal — Buenavista- Cuautitlán

	PASO SUPERIOR EN LA LATERAL SUR CIRCUITO INTERIOR (SUE 40)	PASO SUPERIOR EN LA LATERAL NORTE CIRCUITO INTERIOR (SUE 50)	PASO SUPERIOR EN LA AVENIDA JARDIN (SUE 60)
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>			
Longitud	450 metros	530 metros	505 metros
Pendiente	7.6 %	8.3%	7.7 %
Sección Transversal	6.0 metros	Variable de 5.0X a 9.50 metros desde que incluye un solerón para facilitar el movimiento de los vehículos de paso	6.00 metros constante a lo largo de su longitud
Nº. de carriles	2 de 3.50 metros para el sentido sur y 2 en sentido contrario	2 para el sentido sur y 2 en sentido contrario	2 en sentido norte-sur
Acceso a predios colindantes:	Realización con cables laterales que facilitan los movimientos locales de la zona y dar continuidad a la calle de frente con una sección variable que en el lado sur llega a 5.00 metros y en el lado norte 7.00 metros	Realización con cables laterales que facilitan los movimientos locales de la zona con una sección variable que en el lado sur llega a 5.50 metros y en el lado norte 6.00 metros	No interfiere con ningún acceso en virtud de que esta obra se ubica sobre el canalón de la Av. Jardín
Afectaciones a predios:	No existen, el proyecto está adaptado para no afectar ningún predio de la zona		
<b>BENEFICIOS</b>			
Tiempo de recorrido	Reducción en el tiempo de recorrido en el tramo del proyecto hasta en un 50% del actual	Reducción en el tiempo de recorrido en el tramo del proyecto hasta en un 50% del actual	Reducción en el tiempo de recorrido en el tramo del proyecto hasta en un 50% del actual
Capacidad	Un incremento de la capacidad al eliminar los cruces con semáforo de 500 vehículos a hora vehicular lo que significa un incremento en la capacidad de la vía de 40%.	Un incremento de la capacidad al eliminar los cruces con semáforo de 1100 vehículos a hora vehicular lo que significa un incremento en la capacidad de la vía de 30%.	Un incremento de la capacidad al eliminar los cruces con semáforo de 1100 veh. a hora vehicular lo que significa un incremento en la capacidad de la vía de 30%.
Cruces peatonales	Se realizarán evitando interferencias a la circulación vehicular de manera segura al hacerlo a través de puentes peatonales diseñados para tal fin. Asimismo en las intersecciones diseñadas para tal fin y ubicadas en el punto de mayor concentración peatonal.	Se realizarán evitando interferencias a la circulación vehicular de manera segura al hacerlo a través de puentes peatonales diseñados para tal fin y ubicadas en el punto de mayor concentración peatonal.	Se realizarán evitando interferencias a la circulación vehicular de manera segura al hacerlo a través de puentes peatonales diseñados para tal fin y ubicadas en el punto de mayor concentración peatonal.
Estacionamiento	Debido a la falta de estacionamiento en la vía pública se propone la construcción de estacionamiento en el lado poniente de la Av. Jardín, los cuales no interfieren con la circulación vehicular		

PASOS SUPERIORES EN LAS LATERALES SUR Y NORTE DE CIRCUITO INTERIOR Y EN LA AVENIDA JARDIN



### Ferrocarril Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México Sistema 1. Línea Principal — Buenavista- Cuautitlán

	PASO DEPRIMIDO EULALIA GUZMÁN	PASO SUPERIOR EN LA CALLE DE PINO	PASO SUPERIOR EN LA CALLE DE CIPRÉS
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>			
Longitud	281 metros	285 metros	514 metros
Pendientes	7%	8.50 %	8.50 %
Sección Transversal	14 metros	6.9 metros	7.0 metros
No. de carriles	3 para el sentido oeste de 3.40 metros y uno de continuación para el tránsito de transporte público	2 para el sentido este-oeste.	2 de 3.50 metros para el sentido su-oviente
Acceso a predios colindantes	Resultos con calles laterales de acceso restringido que llegan a medir hasta 4.0 metros	Resultos con calles laterales de acceso restringido que las conectan perpendicularmente en pautas y que llegan a medir hasta 4.50 metros	Resultos con calles laterales de acceso restringido que las conectan perpendicularmente en pautas y que llegan a medir hasta 4.50 metros
Afectaciones a predios	No existen, el proyecto está adaptado para no afectar ningún predio de la zona.		
<b>BENEFICIOS</b>			
Tiempo de recorrido	Reducción en el tiempo de recorrido en el tramo del proyecto hasta en un 45% del actual.	Reducción en el tiempo de recorrido en el tramo del proyecto hasta en un 32% del actual.	Reducción en el tiempo de recorrido en el tramo del proyecto hasta en un 47% del actual.
Capacidad	Un incremento de la capacidad al eliminar los cruces con semaforos de 800 veh/carril a 1500 veh/carril, lo que representa que con tres carriles continúe la capacidad similar a 3 carriles con semaforos, es decir como opera actualmente.	Un incremento de la capacidad al eliminar los cruces con semaforos de 750 veh/carril a 1100 veh/carril, lo que representa que con dos carriles continúe la capacidad similar a 3 carriles con semaforos.	Un incremento de la capacidad al eliminar los cruces con semaforos de 750 veh/carril a 1100 veh/carril, lo que representa que con dos carriles continúe la capacidad similar a 3 carriles con semaforos.
Cruces peatonales	Se realizarán entablado intersecciones a la circulación vehicular de manera segura al hacerlo a través de pasos peatonales diseñados para tal fin.	Se realizarán entablado intersecciones a la circulación vehicular de manera segura al hacerlo a través de pasos peatonales diseñados para tal fin y ubicados en el punto de mayor concentración peatonal.	



### Ferrocarril Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México Sistema 1. Línea Principal — Buenavista- Cuautitlán

PASO SUPERIOR EN LA AVENIDA FLORES MAGÓN	
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>	
Longitud	1,049 metros
Pendientes	6 %
Sección Transversal	9.50 metros variable dado que existe una transección en la que la sección es amplia a 10.00 metros
No. de carriles	2 en sentido perpendicular y un carril de adelantamiento
Acceso a predios colindantes	Resultos con calles laterales que llegan a medir hasta 6.00 con banquetas que tienen como mínimo 1.50 metros. Asimismo el tipo de cimentación de pautas utilizar la sección completa para la circulación vehicular en el bajo pautas y facilitar las manzanas de acceso y salida a los predios.
Afectaciones a predios	No existen, el proyecto está adaptado para no afectar ningún predio de la zona.
<b>BENEFICIOS</b>	
Tiempo de recorrido	Reducción en el tiempo de recorrido en el tramo del proyecto hasta en un 50% del actual.
Capacidad	Un incremento de la capacidad al eliminar los cruces con semaforos de 800 veh/carril a 1500 veh/carril, lo que significa un incremento en la capacidad de la vía del orden del 80%.
Cruces peatonales	Se realizarán entablado intersecciones a la circulación vehicular de manera segura al hacerlo a través de pasos peatonales diseñados para tal fin y ubicados en el punto de mayor concentración peatonal.

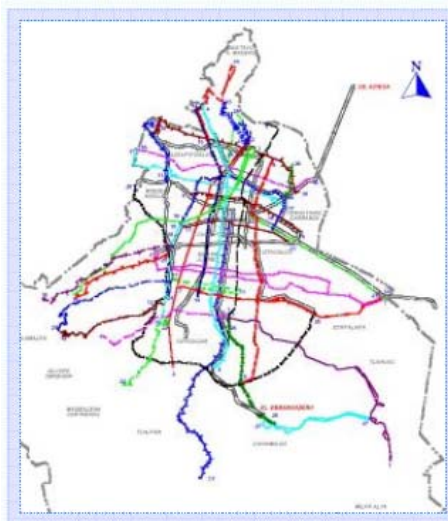


## Ferrocarril Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México Sistema 1. Línea Principal — Buenavista- Cuautitlán

PASO SUPERIOR EN EL EJE 4 NORTE	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Longitud	750 metros
Pendiente	5 %
Sección Transversal	14.00 metros
No. de carriles	4 en sentido poniente-oriental
Acceso a predios colindantes:	Reservios con calles laterales que cuentan con una sección de 8.00 metros para permitir los movimientos de acceso y salida en la zona sin generar conflictos a la vialidad.
Afectaciones a predios:	No existen, el proyecto está adaptado para no afectar ningún predio de la zona.
BENEFICIOS	
Tiempo de recorrido	Reducción en el tiempo de recorrido en el tramo del proyecto hasta en un 50% del actual.
Capacidad	Se incrementará en un 60%.
Cruces peatonales	Se realizarán a través de banquetas en el puente.



## II. METROBÚS, CORREDORES

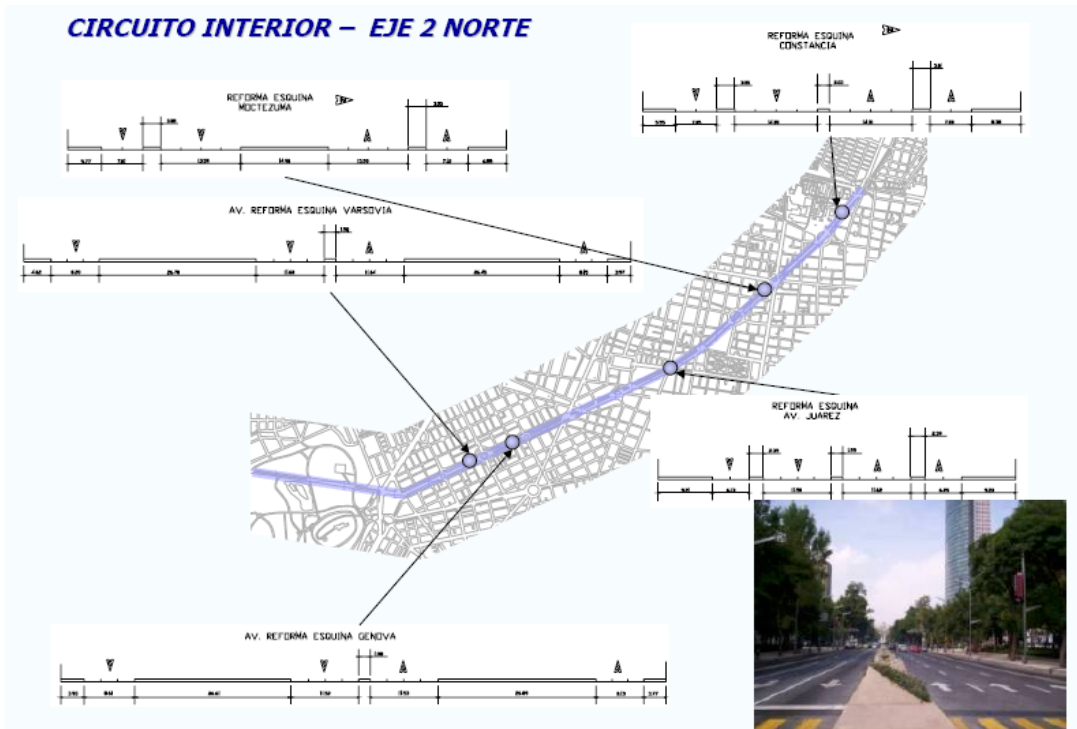
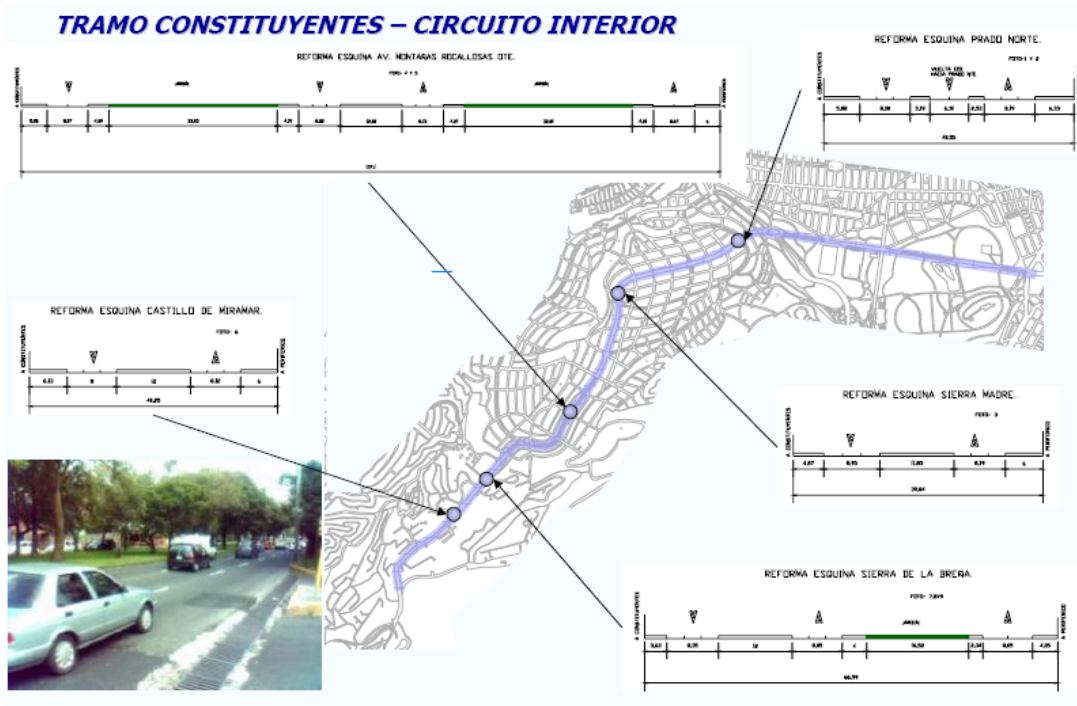


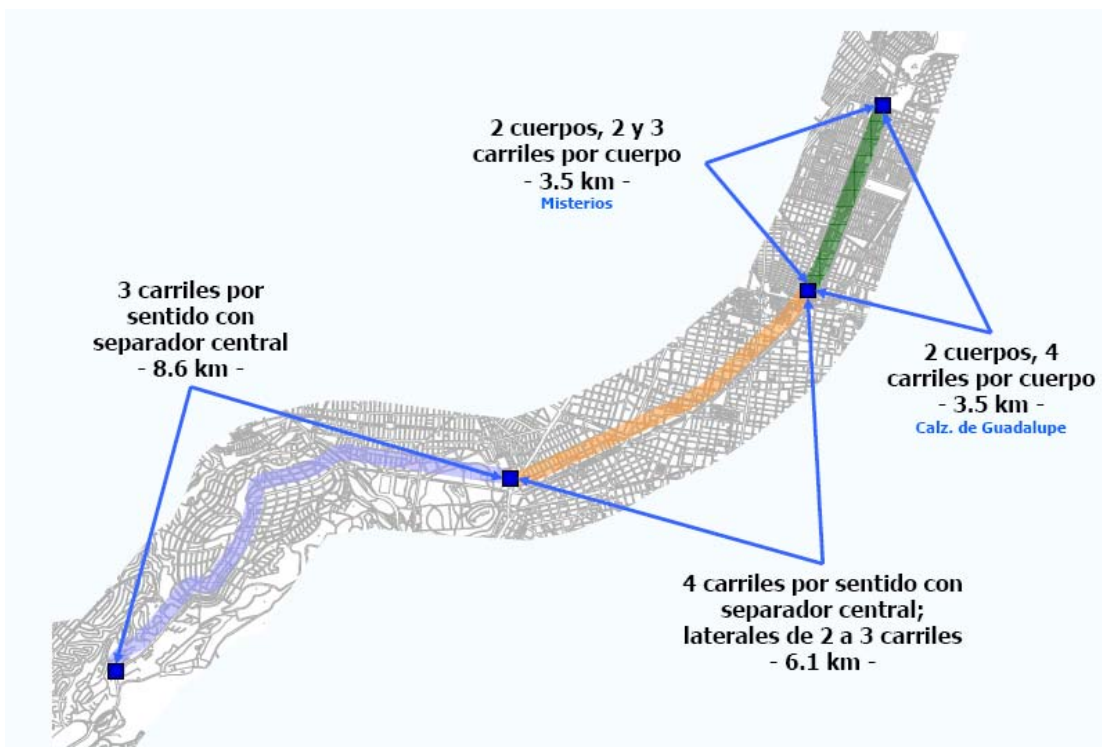
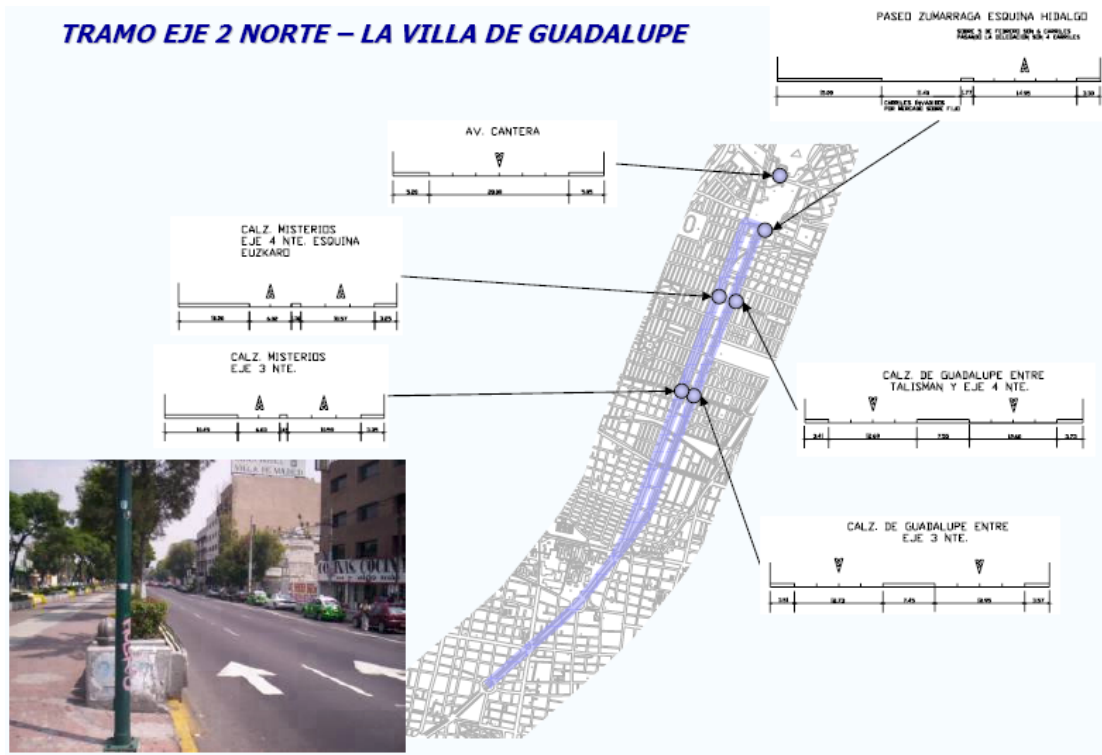
### **CORREDORES**

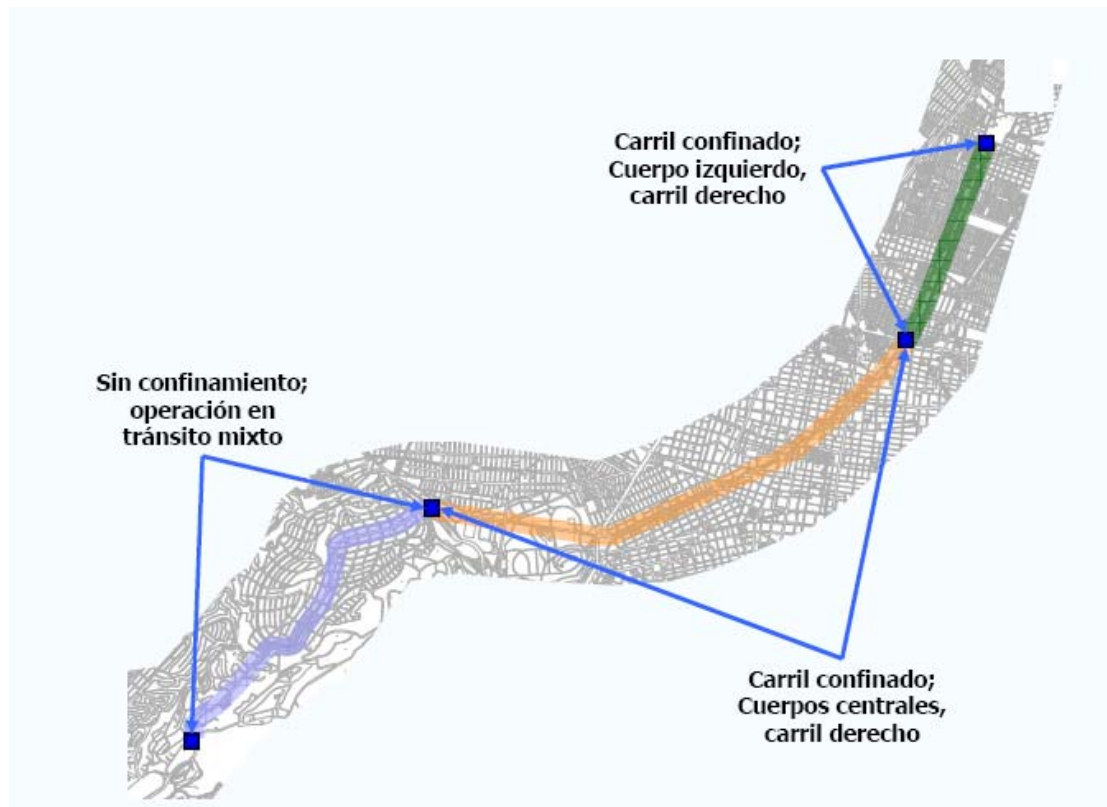
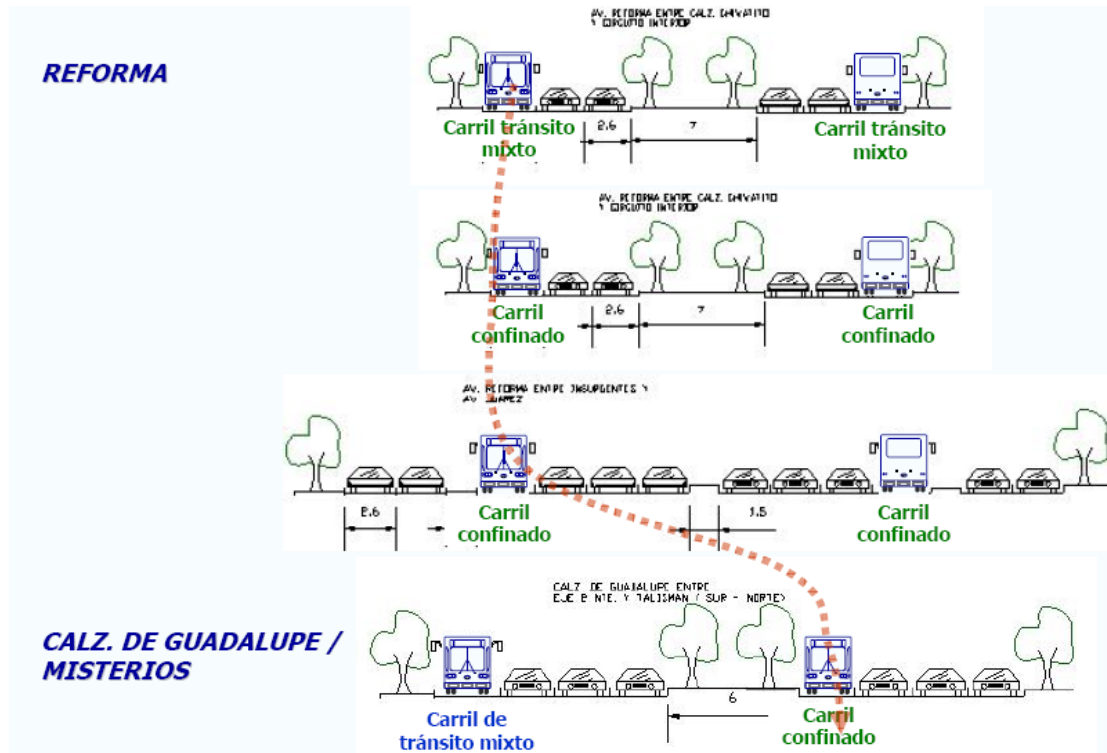
- ⇒ Eje 1 Pte Vallejo
- ⇒ Eje Central Lázaro Cárdenas
- ⇒ Eje 5 Nte Montevideo
- ⇒ Paseo de la Reforma
- ⇒ Eje 3 Nte Robles Domínguez – Cuitláhuac
- ⇒ Eje 2 Nte Canal del Norte – Eulalia Guzmán
- ⇒ Patriotismo – Revolución
- ⇒ Eje 8 Sur E. Iztapalapa – J. M. Rico

- Estudio de 33 Corredores Estratégicos de SETRAVI (1999)
- Experiencia de los Organismos en los corredores en los que operan (RTP y STE)
- Información de demanda y condiciones físicas de la vialidad (SETRAVI)













### III. METROBÚS, CORREDOR EJE 4 SUR

## METROBÚS

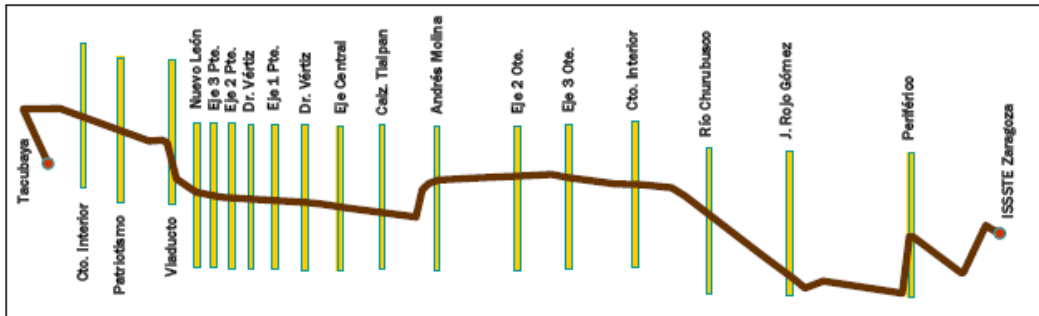
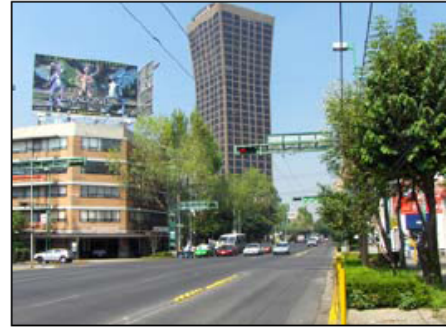
### CORREDOR EJE 4 SUR

#### **Metrobús, corredor Eje 4 Sur**

Corredor:	Eje 4 Sur Parque Lira (Tacubaya) – Cetram Tepalcates ISSSTE Zaragoza
Características:	
Longitud:	17.2 Km.
Pasajeros día hábil	220,000
Prestadores de servicio:	
Concesionarios:	3 rutas principales (elevado porcentaje del corredor). 9 rutas parciales (participación marginal).
Servicio público	STE.
Parque vehicular	
Actualmente en operación:	550 unidades
Las 3 rutas principales y STE:	200 unidades
Flota Metrobús requerida:	80 a 100 autobuses

## Eje 4 Sur

Tramo:	Tacubaya – ISSSTE Zaragoza (Tepalcates)
Longitud:	17.2 km.
Usuarios:	220 mil en día hábil.
Parque vehicular asociado:	548 unidades incluidas las que operan en la troncal y alimentadoras.



## Ventajas:

1. Cumple una función de conectividad oriente – poniente con la red del Metro, enlaza con 7 de sus líneas.
2. Complementa la capacidad de atención de la demanda de transporte oriente – poniente, que satura las líneas 1 y 9 del Metro y como alternativa a los usuarios de la terminal Pantitlán.
3. Alternativa a los usuarios del transporte de superficie que transitan sobre Avenida Zaragoza.
4. Conexión con el corredor actual de Insurgentes, contribuye a integrar la red Metrobús.
5. Características geométricas adecuadas para Metrobús (ancho de sección) y posibilidades de áreas para encierros y patios.
6. Carril semiconfinado en contrasentido actualmente en operación.
7. Posibilidad de utilizar el Eje 3 Sur como par vial para flexibilizar el diseño, principalmente en los extremos poniente y oriente del corredor.
8. Relativa facilidad de negociación con los concesionarios actuales (sólo 3 rutas principales).
9. Ordenamiento y regularización del transporte público relacionado con el corredor.

## Ventajas adicionales

1. Recuperación de áreas verdes y deportivas.
2. Mejoramiento de pavimentos, semaforización, señalamiento, alumbrado público, puentes peatonales y mejoramiento de la vialidad.
3. Posibilidad de intervención integral a lo largo del corredor.

## Nuevo corredor

### • Coordinación interinstitucional

Dependencia	Apoyos	Dependencia	Apoyos
Seguridad Pública	Semáforos	Delegaciones	Recuperación de espacios
	Vigilancia		Seguridad
Desarrollo Urbano	Usos de suelo	Transportes y vialidad	Trato con concesionarios
	Afectaciones		Oficializar corredor
Obras	Estaciones y terminales		Otorgar concesiones
	Carpeta asfáltica		Fijar tarifa
	Adecuaciones viales		Ordenamiento de rutas
Medio Ambiente	Recurso para estudios		Ordenamiento de CETRAMs
	Adjudicación de estudios	Metrobús	Sistema de recaudo
Oficialía Mayor	Predios para infraestructura		Sistema de ayuda a la operación
	Asignación de predios		Pruebas de operación
		Empresas operadoras	Diseño conceptual y control de est.
Finanzas	Instrumentos bancarios		Adecuar estructura orgánica
	Fondo general		Constitución persona moral.
Gobierno	Recuperación de espacios		Aquisición de autobuses
	Trato con concesionarios		Operadores
			Fideicomiso recepción pagos
			Acondicionar encierros
			Acondicionar talleres

#### IV. METROBÚS, CORREDOR INSURGENTES



### El Metrobús como parte del Programa Integral de Transporte y Vialidad

- El transporte de pasajeros y mercancías es fundamental para la operación y funcionamiento de la Ciudad
- Programa integrado con desarrollo urbano y medio ambiente
- Programa integral de infraestructura de transporte: vialidades y transporte público

## El Metrobús como parte del Programa Integral de Transporte y Vialidad

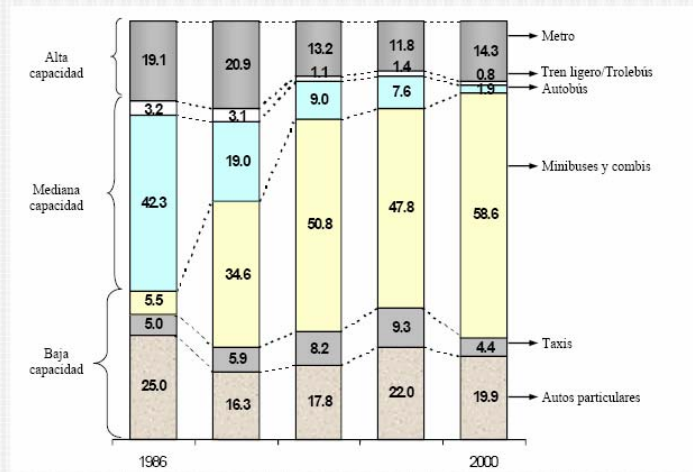
- Adquisición de vagones del metro para aumentar su capacidad
- Programa de sustitución de microbuses y taxis
- Renovación de la flota de autobuses de la RTP
- Modernización del sistema de verificación vehicular
- Programa de mejoramiento de vialidades
- Corredores de transporte

## Problemática

- El 80% de los viajes metropolitanos se realizan en transporte colectivo y el 20% en automóvil particular



## Participación modal del transporte en la ZMVM



## Problemática

- ❑ Paradas no definidas ocasionan desorden vial.



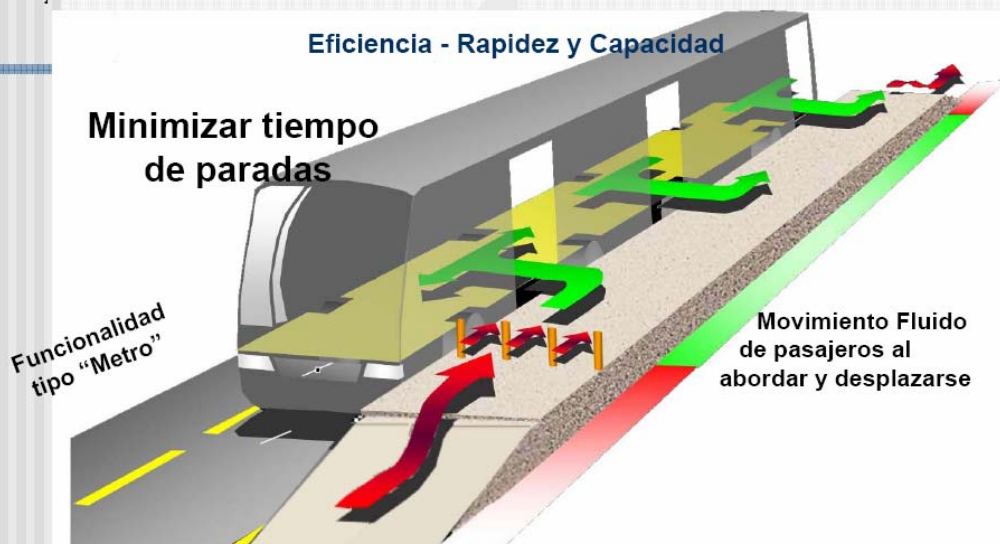
- ❑ Invasión de carriles por competencia en el pasaje

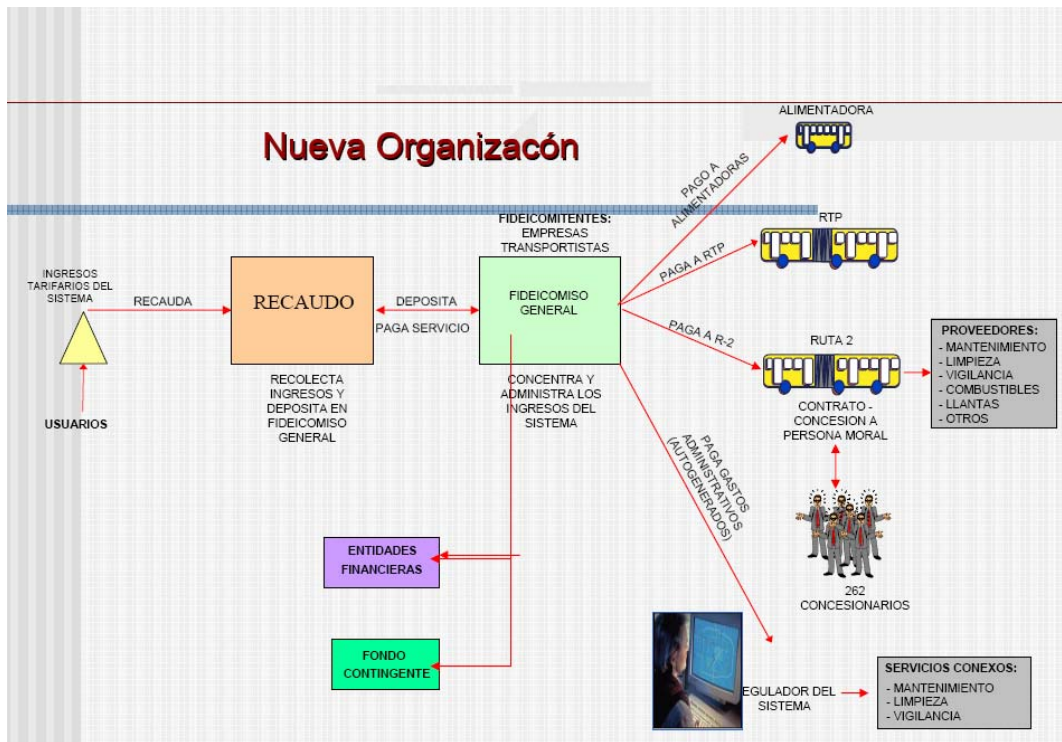
## Características de un corredor de transporte

- Sistema de transporte público masivo
- Con operación regulada y controlada
- Recaudo centralizado
- Opera en carriles reservados total o parcialmente confinados
- Paradas predeterminadas
- Infraestructura de estaciones para el ascenso y descenso de pasajeros
- Organización para la prestación del servicio como personas morales



Operación –Características del servicio–





## Insurgentes

- En el PITV se contemplan 33 corredores de transporte público
- Insurgentes tiene una demanda de cerca de 250 mil pasajeros diarios
- Interés de los concesionarios actuales
- Viabilidad por sus características geométricas y topográficas

## Fundamento jurídico

- Con base en la Ley de Transporte y Orgánica del DF
- 24 de septiembre 2004: Aviso por el que se aprueba el establecimiento del Sistema de Transporte Público Denominado "Corredores de Transporte Público de Pasajeros del Distrito Federal"
- 1o . de octubre 2004. Aviso por el que se aprueba el establecimiento de corredor de transporte público de pasajeros "Metrobús" Insurgentes
- 6 de octubre de 2004. Aviso por el que se da a conocer el estudio que contiene el balance entre la oferta y demanda en la Avenida de los Insurgentes.
- 25 de octubre 2004. Acuerdo delegatorio del Jefe de Gobierno al Secretario de Transporte y Vialidad para emitir declaratorias de necesidad de nuevas concesiones de transporte público
- 12 de noviembre 2004. Declaratoria de necesidad para la prestación del servicio público del Metrobús Insurgentes
- Diciembre 2004. Constitución de la empresa CISA
- 9 de marzo de 2005. Creación del Organismo Público descentralizado Metrobús.
- 10 de marzo. Sesión del comité de asignación de concesiones.

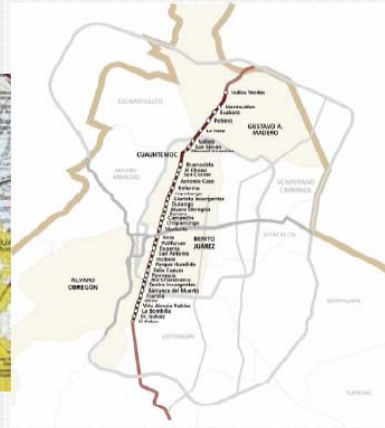
## Estudios previos y proyecto ejecutivo

- A través del Fondo Ambiental Global (GEF) de Banco Mundial de otorgó un donativo a la SMA-GDF para el proyecto medidas de transporte amigables con el medio ambiente
- Estudios de demanda, anteproyecto y proyecto ejecutivo a través de las consultoras Getinsa-Taget-TRN-TOOL ULEE- FOA consultores- Rioboo
- Estudio de impactos sociales por parte del Colegio de México
- Estudio de impacto ambiental por parte Getinsa-Taget-TRN-TOOL ULEE- FOA consultores



## Trazo -19.1 Km.-

### LOCALIZACIÓN

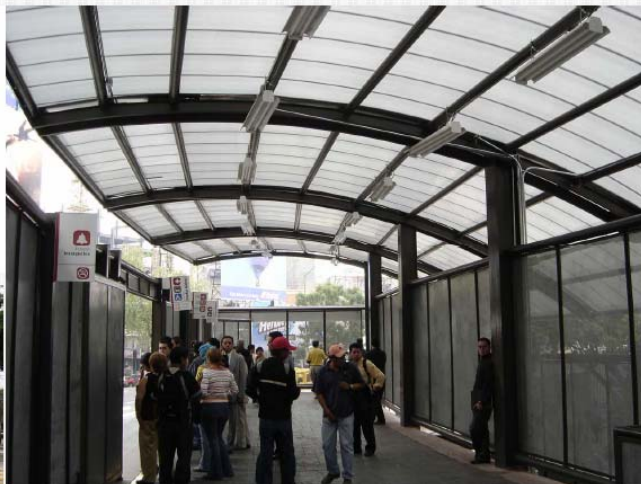


## Operación –Características del servicio–

<b>Longitud:</b>	19.4 Km.
<b>Estaciones:</b>	34 estaciones, Indios Verdes y Dr. Gálvez
<b>Demanda:</b>	La demanda estimada diaria 236 mil viajes por día.
<b>Carga máxima:</b>	5, 512 pasajeros por hora en el sentido más cargado.
<b>Rutas:</b>	Ruta 1: Indios Verdes – Dr. Gálvez. Dr. Gálvez – Indios Verdes. Ruta 2: Indios Verdes – Glorieta Insurgentes – Indios Verdes.
<b>Flota necesaria en operación:</b>	80 autobuses articulados; 75 % de Ruta-2, 25 % de RTP
<b>Ocupación:</b>	80% de la capacidad del sistema en horas de máxima demanda.
<b>Velocidad de servicio:</b>	23 Km./Hr.. –Promedio-
<b>Intervalo de paso En Hora Pico (AM):</b>	Cada 2.00 min. en el norte y menos de 3 minutos en el sur
<b>Tiempo de recorrido:</b>	Tiempo de recorrido de extremo a extremo del corredor: 1 hr.
<b>Horario de operación del servicio:</b>	Servicio diurno de 5:00 hrs a 23:00 hrs- Servicio nocturno de 23:00 hrs a 5:00 hrs

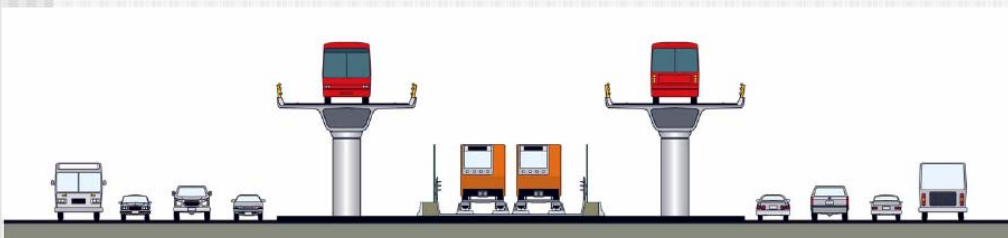
**Imagen –Diseño modular–**

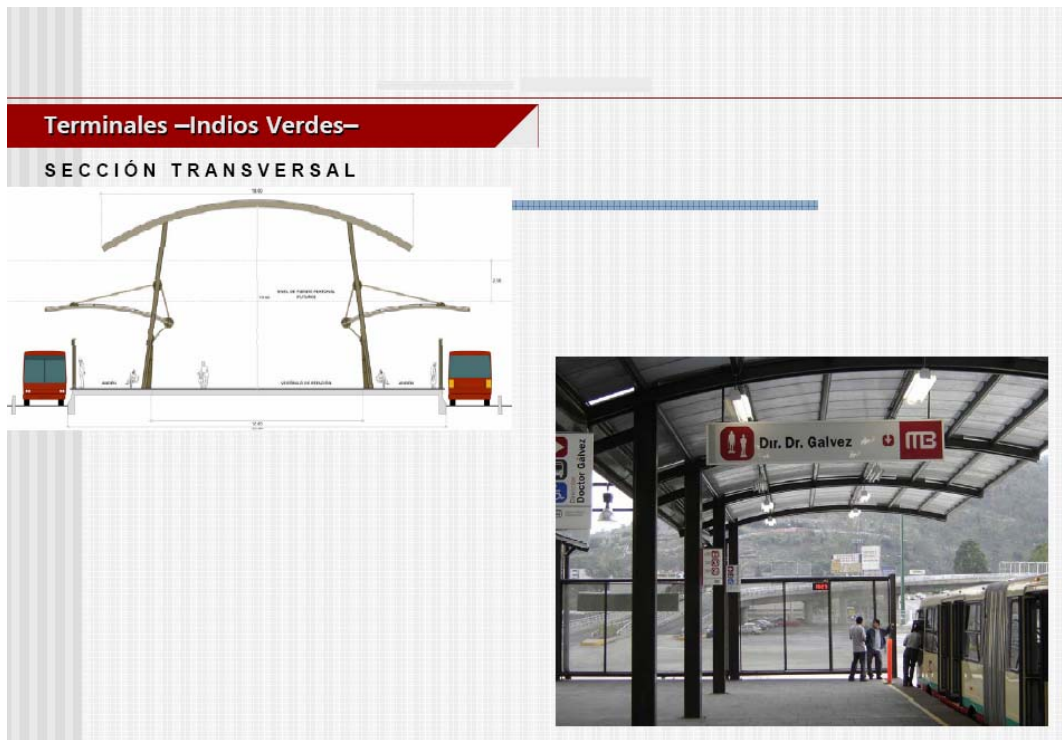
DETALLE DE MÓDULO



**Terminales –Indios Verdes–**

PUENTE VEHICULAR DE ACCESO

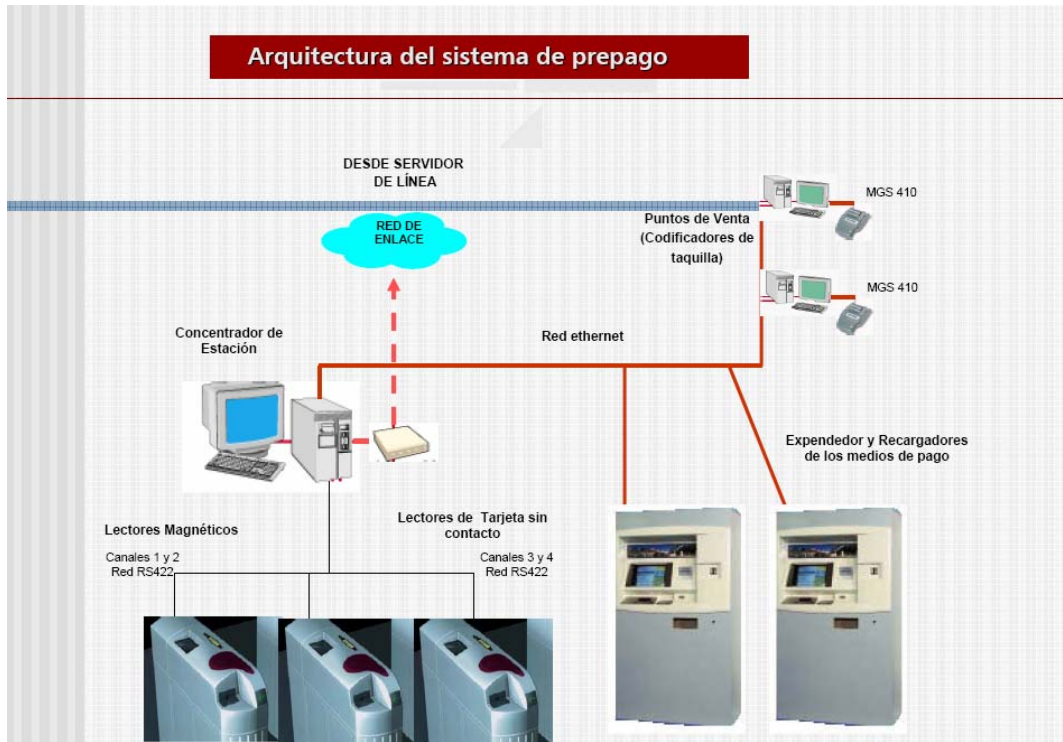




## Obra

- A cargo del Fideicomiso para el Mejoramiento de las Vías de Comunicación
- 250 a 300 millones de inversión en la infraestructura
- Las obras se concursaron a través de Licitación Pública, participan las empresas Idinsa, Proyecsa, Gami, Pretencreto, Manufacturas y edificaciones
- Están por licitarse 3 puentes peatonales para la zona norte y el confinamiento





## Autobuses

- RTP adquiere sus autobuses a través de recursos públicos (20 autobuses, 30 millones): SCANIA
- CISA adquiere sus autobuses a través de un financiamiento bancario. 15 millones los otorga el GDF a través del programa de sustitución de microbuses:VOLVO

Autobús –prototipo–



Autobuses –perspectiva trasera–



Autobuses –vista interior–



## Beneficios –ambientales–

- Por uso de mejores tecnologías.  
Por el cambio modal de los usuarios.  
Por reducción en el tiempo de viaje.  
Por disminución de los vehículos actuales.  
Por maximización en el uso de la flota.

**73,046 ton CO<sub>2</sub>- equivalente anuales**

HCT = 144 ton anuales;

CO = 1466 ton anuales;

NO<sub>x</sub> = (35) ton anuales;

PM<sub>10</sub> = 4 ton anuales.

Proyecto propuesto para el Fondo Prototipo de Carbón

## Impacto ambiental

- Las principales afectaciones son por el derribo de árboles a lo largo del Corredor Insurgentes, para lo cual se han considerado las siguientes acciones de restitución de áreas verdes:

-La Ley Ambiental del Distrito Federal en su artículo 88 bis dos, dice: " Las áreas verdes bajo las categorías de parques, jardines, alamedas y arboledas o áreas análogas establecidas en los programas de desarrollo urbano, deberán conservar su extensión y en caso de modificarse para la realización de alguna obra pública deberán ser comensadas con superficies iguales o mayores a la extensión modificada, en el lugar más cercano".

## Impacto ambiental

### Procedimiento

- Presentación de la manifestación de impacto ambiental
- Dictamen de impacto
- Solicitud de autorización por parte de las delegaciones
- De acuerdo con la reglamentación en la materia debe sustituirse por al menos 6 individuos



## AFECTACIÓN

### AFECTACIÓN DE ÁRBOLES POR DELEGACIÓN

DELEGACIÓN	RETIRO	TRASPLANTE	TOTAL
GUSTAVO A. MADERO	609	363	972
CUAUHTÉMOC	499	2	501
BENITO JUÁREZ	200	34	234
ÁLVARO OBREGÓN	62	21	83
TOTAL	1370	420	1790



## AFECTACIÓN SUPERFICIE DE ÁREA VERDE AFECTADA

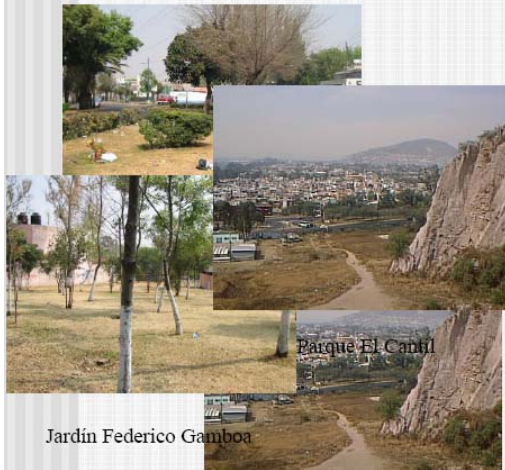
DELEGACIÓN	SUPERFICIE M2
GUSTAVO A. MADERO	11,468
CUAUHTÉMOC	1,710
BENITO JUÁREZ	1,285
ÁLVARO OBREGÓN	1,310
TOTAL	15,773

## Cumplimiento



- Se están plantando
- 5,448 árboles
- 78,685 plantas ornamentales
- 13,305 m2 de pasto
- 250 jardineras

# Cumplimiento



Jardín Federico Gamboa

Parque El Cantil

- Se rehabilitan áreas verdes en metros cuadrados
- Cuauhtémoc 2375
- B. Juárez 2000
- GAM 9000
- Alvaro Obregón 2190
- Todo el camellón de Insurgentes

## Creación de áreas verdes en el Camellón Central de Av. Universidad

- Colocación de 250 jardineras
- Establecimiento de 5,500 plantas entre arbustos, setos, crasuláceas y ornamentales



## Problemas en el inicio de operación

- Subestimación de la demanda
- Desajustes del programa de operación
- Por las características de insurgentes, no podría haber funcionado al mismo tiempo el viejo y el nuevo sistema de transporte
- Bajas velocidades de operación

## Soluciones a los problemas en la operación

- Adquisición de nuevos autobuses para ajustarse a la demanda
- Adecuación de cinco autobuses de RTP
- Experiencia de los operadores que permitió incrementar la velocidad de operación
- Adecuación del paradero de Indios Verdes



## Inicio del sistema de pago

- Inicio con boletos y taquillas
- Adecuación paulatina del sistema de tarjeta



## Beneficios del proyecto

### Usuario:

- Menor tiempo de recorrido.
- Mayor confort y seguridad.
- Mejora en la imagen urbana y calidad de vida (menores emisiones a la atmósfera).

### Gobierno

- Una nueva imagen del transporte público eficiente y controlado.
- Construcción de la obra en un lapso corto de tiempo.
- Mínima inversión comparada con otras alternativas.

### Concesionarios

- Evolución a un esquema empresarial.
- Cambio hacia un negocio más ordenado, competitivo y rentable.
- Mayores garantías jurídicas y financieras.

## A futuro

- Un sistema que ha demostrado sus bondades
- Alternativa al sistema de transporte público de la Ciudad de México
- Nuevas líneas de Metrobús en análisis
- Plan maestro del Metrobús para el Distrito Federal

[www.sma.df.gob.mx](http://www.sma.df.gob.mx)

**BIBLIOGRAFÍA**

- ❖ Revista Ingeniería Civil: “Necesidades de infraestructura intermodal para el transporte de carga”, “Diseño y construcción de los túneles del eje 5 poniente”  
Núm. 436, Agosto 2005
- ❖ Revista Ingeniería Civil: “Ferrocarril suburbano de la zona metropolitana del valle de México. Transporte masivo de pasajeros seguro, competitivo y eficiente”  
Núm. 437, Septiembre 2005
- ❖ Revista Ingeniería Civil: “Incremento de autos en el D.F. y la zona conurbada”, “¿Infraestructura vial o transporte masivo?”, “El Metrobús y la planeación metropolitana”  
Núm. 446, Junio 2006
- ❖ Revista Ingeniería Civil: “Análisis del tránsito vehicular”  
Núm. 452, Diciembre 2006
- ❖ Conferencia: “La Infraestructura para el transporte marítimo en México y su futuro desarrollo”  
Memorias técnicas XVI reunión nacional de ingeniería de vías terrestres  
Autor: Ángel González Rull
- ❖ Conferencia: “La red Ferroviaria Nacional y su perspectiva de desarrollo”  
Memorias técnicas XVI reunión nacional de ingeniería de vías terrestres  
Autor: Gustavo Baca Villanueva

- ❖ Conferencia: “La Conectividad de las vías terrestres a los puertos”  
Memorias técnicas XIV reunión nacional de ingeniería de vías terrestres  
Autor: Ing. Héctor López Gutiérrez
- ❖ [www.sct.gob.mx](http://www.sct.gob.mx)  
Anuario de Infraestructura  
Consultada el 3/10/2006
- ❖ [www.imt.mx](http://www.imt.mx)  
Presentación “Arquitectura SIT en México”  
Consultada el 6/10/2006
- ❖ <http://sexto.informe.presidencia.gob.mx/index.php>  
Avances y estadísticas oficiales  
Consultada el 13/10/2006
- ❖ [www.e-mar.sct.gob.mx](http://www.e-mar.sct.gob.mx)  
Información de puertos en México  
Consultada el 22/09/2006
- ❖ [www.monografias.com/transporte internacional](http://www.monografias.com/transporte-internacional)  
Historia del Transporte  
Consultada el 17/09/2006
- ❖ [www.laneta.apc.org/emis/gpeace/libres](http://www.laneta.apc.org/emis/gpeace/libres)  
Imágenes  
Consultada el 17/09/06
- ❖ <http://boletín.imt.mx/publicaciones/pubtec>  
Publicaciones del Instituto Mexicano del Transporte  
Consultada el 18/09/2006
- ❖ [www.caf.com/attach/11](http://www.caf.com/attach/11)  
Sistema de información geográfica, Chile  
Consultada el 20/09/06
- ❖ <http://www.iteris.com>  
Arquitectura nacional ITS EEUU  
Consultada el día 05/10/2006

- ❖ [www.trl.co.uk](http://www.trl.co.uk)  
Información del transporte público en Inglaterra  
Consultada el día 05/10/2006
- ❖ [www.its.dot.gov](http://www.its.dot.gov)  
Información del transporte público en EEUU  
Consultada el día 05/10/2006
- ❖ [www.cddhcu.gob.mx](http://www.cddhcu.gob.mx)  
Tren suburbano  
Consultada el 15/10/2006
- ❖ [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)  
Sistema de Transporte Metrobús  
Consultada el 13/10/2006
- ❖ [www.setravi.df.gob.mx](http://www.setravi.df.gob.mx)  
Programa Integral de Transporte y Vialidad  
Consultada el 10/10/2006
- ❖ [www.iie.org.mx](http://www.iie.org.mx)  
Instituto de Investigaciones Eléctricas  
Consultada el 09/10/2006
- ❖ [www.ste.df.gob.mx](http://www.ste.df.gob.mx)  
Información de: Tren ligero, Trolebús, Metro y Metrobús  
Consultada el 09/10/2006
- ❖ [www.metro.df.gob.mx](http://www.metro.df.gob.mx)  
Sistema de Transporte Colectivo Metro  
Consultada el 09/10/2006
- ❖ [www.telepeaje.net](http://www.telepeaje.net)  
Sistema de carga de combustible con telepeaje  
Consultada el 11/02/07
- ❖ [www.cardiff.gov.uk](http://www.cardiff.gov.uk)  
Información en tiempo real del recorrido de la parada de autobús  
Consultada el 11/02/07

- ❖ [www.metrolisboa.pt](http://www.metrolisboa.pt)  
Sistema de pago electrónico sin contacto  
Consultada el 07/02/07
- ❖ [www.e-mexico.gob.mx](http://www.e-mexico.gob.mx)  
Tarjeta IAVE  
Consultada el 19/04/2007
- ❖ [www.eluniversal.com.mx](http://www.eluniversal.com.mx)  
"Golfitaxis" en el Centro Histórico  
Consultada el 21/04/2007
- ❖ [www.eluniversalgrafico.com.mx](http://www.eluniversalgrafico.com.mx)  
Metrobús en Ecatepec  
Consultada el 20/04/2007