



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTONOMA DE
MEXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA

NIVEL DE IMPLEMENTACION Y DESARROLLO DE LOS
SISTEMAS DE TRANSPORTE INTELIGENTE EN VIALIDADES
PRINCIPALES DEL DISTRITO FEDERAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A:

WILBERT CONCEPCION GOMEZ VARGUEZ

MÉXICO, D.F.

ENERO 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Wilbert Concepción

Gómez Vázquez

FECHA: 26/Enero/2004

FIRMA: [Signature]

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/120/03

Señor
WILBERT CONCEPCION GOMEZ VARGUEZ
Presente

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

"NIVEL DE IMPLEMENTACION Y DESARROLLO DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE INTELIGENTE EN VIALIDADES PRINCIPALES DEL DISTRITO FEDERAL".

- INTRODUCCION
- I. GENERALIDADES
- II. APLICACIONES BASICAS DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE INTELIGENTE
- III. SITUACION ACTUAL DEL USO DE ITS EN LA INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS EN LAS PRINCIPALES VIALIDADES DEL D.F.
- IV. IMPORTANCIA DE LA IMPLEMENTACION Y EL DESARROLLO DE LOS ITS EN LAS VIALIDADES URBANAS
- V. PRESENTACION MULTIMEDIA
- VI. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

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

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 7 Noviembre 2003.
EL DIRECTOR

[Signature]
M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/AJP/crc

Revisada y aprobada para su impresión definitiva 28/nov/03

[Signature]

Oscar E. Martínez

Aprobada

[Signature]
14 Enero 2004

Vc. Ba.
[Signature]
11/1/04
Hector Guzman G.

Vc. Ba.
[Signature]
14/1/04
CONCEPCION GOMEZ VARGUEZ

Vc. Ba. Oscar E. Martínez
15/01/04

AGRADECIMIENTOS

A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Y LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Por haberme dado la oportunidad de estudiar una carrera universitaria y por haber contribuido a mi educación y formación como ciudadano, persona y ser humano.

A todos y cada uno de los Maestros e Ingenieros que compartieron sus conocimientos durante mi formación universitaria.

De manera especial a mi director de tesis:

Ing. Oscar E. Martínez Jurado

Por su paciencia, disposición y orientación para la realización de este trabajo.

Al igual que mis sinodales:

M.I. Enrique Heras Herrera

Ing. Héctor Guzmán Olguín

Ing. Guillermo Esquivel

Ing. Luis Salmones Hernández

Por su disposición y buena voluntad para ser mis sinodales.

A MIS PADRES

Por haber puesto las bases en mi educación como persona, por su orientación y apoyo en los momentos difíciles, por ser mis amigos y confidentes y sobre todo por su sacrificio, cariño y amor.

A MIS ABUELITOS

A ustedes les debo lo que soy, gracias por todo el apoyo que me han brindado, por ser mis segundos padres y mis amigos.

A ti papá Carlos, porque con tu cariño y paciencia me has enseñado a defender mis derechos, a ser responsable, me has enseñado el valor del trabajo y la satisfacción que proporciona cuando se hace bien.

A ti mamá Melba, por tu dedicación y cuidados, por tu amor y cariño, por compartir tu vida y tus risas conmigo.

De manera muy especial a mi abuelita Victoria por su amor, comprensión, apoyo y orientación en los momentos más difíciles de mi vida.

A MIS HERMANAS

Por ser el más grande de mis motivos, por ser mis mejores amigas y mis cómplices, por todo el apoyo y comprensión que he recibido de su parte y sobre todo y lo más importante, por todo su cariño.

A todos ustedes Muchas Gracias.

**NIVEL DE IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DE
LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE INTELIGENTE EN
VIALIDADES PRINCIPALES DEL DISTRITO
FEDERAL.**

CONTENIDO

Lista de figuras.	i
Glosario.	iii
INTRODUCCIÓN.	1
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES.	3
1.1. Componentes Básicos de los Modos de Transporte.	6
1.2. La Telemática y los Sistemas de Transporte Inteligente.	10
1.3. Breve descripción del desarrollo de los Sistemas de Transporte Inteligente.	14
1.4. Campos de acción de los Sistemas de Transporte Inteligente.	19
CAPÍTULO 2. APLICACIONES BÁSICAS DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE INTELIGENTE.23	
2.1. Sistemas Avanzados de Transporte Publico (APTS).	25
2.1.1. Sistemas de Gestión de Flotas.	26
2.1.2. Sistemas de Información al Viajero.	26
2.1.3. Sistemas de Pago Electrónico.	27
2.1.4. Sistemas de Gestión de la Demanda del Transporte.	27
2.2. Sistemas Avanzados de Información al Viajero (ATIS).	28
2.2.1. Sistemas de Información Previa al Viaje.	30
2.2.2. Sistemas de Información Durante el Viaje.	30
2.3. Sistemas Avanzados de Gestión de Tráfico (ATMS).	31
2.3.1. Sistemas de Recolección de Datos de Tráfico.	34
2.3.2. Sistemas de Control de Tráfico.	34
2.3.3. Sistemas de Gestión de Incidentes.	34
2.3.4. Modelación y Simulación.	35
2.3.5. Interfaces a otros Sistemas ITS.	35
2.3.6. Sistemas de Gestión de la Demanda de Transporte.	35
2.3.7. Sistemas de Gestión de Mantenimiento.	36
2.4. Sistemas Avanzados de Control de Vehículos (AVCS).	36

2.4.1. Sistemas Orientados al Conductor.	37
2.4.2. Sistemas Orientados al Entorno.	38
2.4.3. Sistemas Orientados al Vehículo.	39
2.4.4. Sistemas Orientados a Evitar Colisiones.	45
2.5. Sistemas para Operaciones de Vehículos Comerciales (CVO).	46
2.5.1. Sistemas de información y gestión de seguridad.	47
2.5.2. Sistemas de Administración de Credenciales y Documentos.	49
2.5.3. Sistemas de Inspección y Fiscalización.	50
2.5.4. Sistemas de Operaciones de las Empresas de Transporte.	52
2.6. Sistemas de Seguridad de Tránsito (TSS).	54
2.6.1. Sistemas Orientados a la Prevención de Accidentes.	55
2.6.2. Sistemas Orientados a la Mitigación y Consecuencias de Accidentes.	56
2.7. Sistemas de Pago Electrónico (EPS).	57
2.8. Sistemas de Manejo de Emergencias.	59
2.8.1. Sistemas de Notificación de Emergencias.	60
2.8.2. Sistemas de Asignación de Recursos de Emergencias.	61
2.8.3. Sistemas de Gestión de Vehículos de Emergencia.	61
2.8.4. Sistemas Guías de Ruta de Vehículos de Emergencia.	62
2.8.5. Sistemas de Asignación de Prioridad de Tráfico.	62

CAPÍTULO 3. SITUACIÓN ACTUAL DEL USO DE ITS EN LA INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS EN LAS PRINCIPALES VIALIDADES DEL D.F. 63

3.1. Composición de la Infraestructura Vial en el Distrito Federal.	66
3.2. Estado actual de la Infraestructura Vial en el Distrito Federal.	68
3.3. Descripción de elementos que se encuentran implementados en el Distrito Federal y su perspectiva.	70
3.4. Dependencias encargadas de desarrollar y modernizar los Sistemas de Transporte Inteligente en México y aplicaciones a su cargo.	74
3.5. Descripción de elementos que se encuentran implementados en países como Francia, España, Colombia y Chile.	77

CAPÍTULO 4. IMPORTANCIA DE LA IMPLEMENTACIÓN Y EL DESARROLLO DE LOS ITS EN LAS VIALIDADES URBANAS. 84

4.1.	Beneficios de la implementación de sistemas de transporte inteligente.	87
4.2.	Experiencias en México y algunos países del mundo.	93
	 CAPÍTULO 5. PRESENTACIÓN MULTIMEDIA.	 101
	 CAPÍTULO 6. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES.	 102
	 REFERENCIAS.	 105

LISTA DE FIGURAS

1.1.	Cifras y porcentajes del movimiento de carga en los modos de transporte en México.	3
1.2.	Ocupación de terrenos y separación de áreas contiguas.	4
1.3.	Optimización de las vialidades debido al uso de tecnología ITS.	5
1.4.	Vehículo terrestre carretero y urbano.	7
1.5.	Vehículo para transporte fluvio-marítimo.	7
1.6.	Vehículo terrestre ferroviario.	7
1.7.	Vehículo para transporte aéreo.	7
1.8.	Terminal de autobuses.	8
1.9.	Terminal ferroviaria.	8
1.10.	Terminal aérea.	9
1.11.	Terminal portuaria.	9
1.12.	Señales restrictivas, preventivas, informativas y transitorias.	10
1.13.	Definición de ITS.	16
1.14.	Aplicación a vías férreas inteligentes (Metro).	16
1.15.	Sistema de control de tráfico (tecnología madura).	18
1.16.	Sistema de posicionamiento global (GPS).	19
1.17.	Sistemas avanzados de información al viajero.	21
1.18.	ITS urbanos.	22
1.19.	Iniciativas para vehículos inteligentes.	22
1.20.	Operación de vehículos inteligentes CVO.	22
2.1.	Diagrama de estructuración de los servicios que componen los ITS.	24
2.2.	Estructuración de los APTS.	25
2.3.	Sistemas de información en la vía.	26
2.4.	Subsistemas que conforman los ATIS.	28
2.5.	Sistemas de información en terminales de autobuses.	30
2.6.	Sistemas de información en terminales aéreas.	30
2.7.	Dispositivo de información durante el viaje.	31
2.8.	Subsistemas de los ATMS.	31
2.9.	Centro de control y gestión de tráfico.	33
2.10.	Dispositivo de control de tráfico.	34
2.11.	Estructuración de las aplicaciones de los AVCS.	37
2.12.	Componentes de los CVO.	46

2.13.	Diagrama conceptual de sistemas ITS/CVO.	47
2.14.	Sistemas de seguridad a bordo.	48
2.15.	Concepto operacional de una estación de inspección y fiscalización fija.	51
2.16.	Esquema de los componentes de los sistemas de seguridad de tránsito.	54
2.17.	Esquema de las aplicaciones de los EPS.	58
2.18.	Componentes de los sistemas de manejo de emergencias.	60
2.19.	Esquema conceptual de funcionamiento del manejo de emergencias.	60
3.1.	Ocupación territorial y delegaciones del D.F.	64
3.2.	Principales vialidades en el D.F.	66
3.3.	Composición y longitudes de vialidades de acceso controlado en el D.F.	67
3.4.	Composición y longitudes de vialidades o arterias principales en el D.F.	67
3.5.	Composición y longitudes de los ejes viales en el D.F.	68
3.6.	Aplicaciones de ITS en el D.F.	73
3.7.	Aplicaciones ITS y responsables de su aplicación y desarrollo en México.	77
3.8.	Aplicaciones y servicios ITS en Francia (1ª parte).	80
3.9.	Aplicaciones y servicios ITS en Francia (2ª parte).	81
3.10.	Aplicaciones y servicios ITS en España.	81
3.11.	Aplicaciones y servicios ITS en Chile (1ª parte).	82
3.12.	Aplicaciones y servicios ITS en Chile (2ª parte).	83

GLOSARIO

Estas definiciones han sido tomadas de "ISO TC204 Glossary of Terms", en el contexto del documento "Aspectos Generales y Metodológicos Específicos de Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS)".

Carga y Gestión de Flota (Freight and Fleet Management):

Actividades relacionadas con la administración de operaciones de vehículos comerciales, incluyendo actividades particulares de la logística y administración de carga. La carga y la gestión de flota incluye la operación de taxis, vehículos de emergencia, vehículos del correo, etc., así como los vehículos de carga.

Control de tráfico (Traffic Control):

El uso de software, hardware y recursos humanos para manejar tráfico. ITS agrega la potencialidad de la computadora y de tecnologías avanzadas de sensores al tradicional campo de la ingeniería de transporte.

Controles electrónicos (Electronic Clearance):

Proceso que permite a vehículos comerciales pasar un punto de control en la carretera a velocidad normal, sin detenerse para mostrar credenciales, peso o estado de seguridad.

Detección de Incidentes (Incidente Detection):

La detección e identificación de una situación de tráfico anormal en el camino, incluso un posible accidente.

Equipo a bordo (On Board Equipment [OBE]):

Equipo ITS situado en un vehículo. Otros términos frecuentemente usados son On Board Unit [OBU] e In-vehicle equipment [IVE].

Gestión de Incidentes (Incidente Management):

La detección e identificación de una situación de tráfico anormal, la aplicación de acciones de respuesta apropiadas y manejo del tráfico hasta que las condiciones de tráfico normales se han restaurado.

Gestión de tráfico (Traffic Management):

La combinación de control semi-automático de señales de tráfico, aplicación de técnicas de gestión de demanda, y la información de tráfico y consejos para lograr un flujo de tráfico óptimo a lo largo de una área de gestión definida (urbano e interurbano).

Gestión de Vehículos de Emergencia (Emergency Vehicle Management):

Servicio que incluye la aplicación de las técnicas de Gestión de Flota, Guía de Ruta y Prioridad en Señales de Tráfico a la gestión de vehículos de emergencia como bomberos, policía y ambulancias.

Guía de ruta y navegación (Route Guidance & Navigation):

Servicio que le proporciona al usuario instrucciones paso a paso para los destinos pedidos.

Guía Dinámica de Ruta (Dynamic Route Guidance):

Sistema de navegación que usa información de tráfico en tiempo real para trazar rutas óptimas basadas en las condiciones actuales.

Identificación Automática de Vehículos (Automatic Vehicle Identification [AVI]):

Sistema de identificación de un vehículo por medios completamente automáticos (por ejemplo uso de transponders, tags o interrogadores) para entregar una identificación no ambigua que permita su utilización con una diversidad de fines.

Información de tráfico (Traffic Information):

La provisión de información dinámica de tráfico y relacionada hacia los conductores vía diferentes medios (ej. VMS o terminales individuales a bordo). En contraste con la información de viaje la información de tráfico es caracterizada generalmente por rangos temporales y geográficos más cortos, proporcionados a los conductores en el curso de un viaje.

Información de viaje (Travel Information):

Provisión de información antes del viaje para facilitar el planeamiento y reservas de viaje, y sobre servicios en ruta requeridos. Además de tener un horizonte de tiempo más largo y mayores dimensiones geográficas, la información de viaje la difiere de información de tráfico en que puede proporcionarse desde múltiples fuentes, incluyendo los operadores de transporte público, operadores ferroviarios, organizaciones turísticas, y las páginas amarillas por nombrar algunos.

Localización Automática de Vehículos (Automatic Vehicle Location [AVL]):

La determinación automática y/o seguimiento de la posición geoespacial del vehículo sobre la superficie de la tierra, usando equipos, como por ejemplo, un GPS.

Mejoramiento de la visibilidad (Vision Enhancement):

Mejora la visibilidad de la escena del conductor de modos autónomos y no-cooperativos en condiciones de visibilidad sub-normales, proporcionando información visual directa al chofer.

Notificación de Emergencia y Seguridad Personal (Emergency Notification and Personal Security):

Tecnologías avanzadas que envían información automáticamente sobre la ubicación de un vehículo y de la naturaleza de un accidente a la agencia apropiada.

Pesaje en Movimiento (Weigh in Motion [WIM]):

Tecnología para pesar vehículos pesados sin exigirles que se detengan en una estación de pesaje.

Prevención de Colisiones (Collision Avoidance):

Control automático del movimiento longitudinal y/o lateral del vehículo para evitar una posible colisión.

Procesos Administrativos para Vehículos Comerciales (Commercial Vehicle Administrative Processes):

Servicio que permite a las compañías de camiones y buses pagar electrónicamente por el registro de vehículos y otros impuestos y licencias; puede registrar electrónicamente el kilometraje, las compras de combustible, datos del viaje y del vehículo.

Quiosco (Kiosk):

Estructura que aloja una estación de información a la que se puede entrar o tiene un teclado. Los quioscos de información ITS pueden proporcionar una variedad de servicios ITS a los usuarios, incluyendo información dinámica de tráfico y tránsito, indicaciones de viaje, reservaciones de pasajes e información de las páginas amarillas.

Señales Dentro del Vehículo (In-vehicle Signing):

Despliegue a bordo del vehículo de información de señales a la orilla del camino. La información puede ser obtenida por transmisión de rango corto desde estaciones a la orilla del camino o de datos almacenados a bordo. Se utiliza para mejorar efectividad del chofer, sobre todo al manejar por la noche o durante condiciones de tiempo inclementes.

Sistema Automatizado de Carretera (Automated Highway System [AHS]):

Sistema que incorpora instalaciones en la vía y vehículos especialmente equipados, operando bajo completo control automático lateral y longitudinal.

Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System [GPS]):

Sistema de propiedad del gobierno de 24 satélites orbitando la tierra que transmiten datos a receptores basado en tierra. GPS proporciona la posición sobre la tierra con alta precisión. Sin embargo, por razones estratégicas de la defensa norteamericana se introduce deliberadamente un error (selective availability) en la información que es entregada a usuarios civiles (recientemente eliminado).

Supervisión del Chofer (Driver Monitoring):

Observación de la condición del chofer y su manera de controlar el vehículo y la evaluación de una posible desviación de la conducta normal del chofer.

Supervisión de seguridad a bordo (On-Board Safety Monitoring):

Sistemas de gestión que se dan cuenta del estado de seguridad de un vehículo, carga y/o chofer a velocidades de carretera.

Tarjeta inteligente (Smart Card):

Sistema portador de información electrónico que usa tarjetas de plástico - del tamaño de una tarjeta de crédito - con un circuito integrado incrustado que guarda información de los procesos.

Transponder:

Transmisor/receptor electrónico que se adjunta al objeto a ser identificado y, cuando se reciben las señales apropiadas, transmite información a un lector en forma de señal de radio. A menudo llamados TAG (etiqueta).

INTRODUCCIÓN

El transporte, tanto en el Distrito Federal como en el resto del país, es una necesidad básica, la supervivencia de los seres humanos y la interacción en sociedad dependen en gran manera de la capacidad para trasladar personas y bienes, los sistemas de transporte eficaces son elementos esenciales que facilitan el desarrollo económico, las ciudades no podrían existir sin sistemas que permitiesen el transporte de personas y bienes de forma económica y eficaz.

Sin embargo, los sistemas de transporte contribuyen de forma importante a la congestión, las muertes, los daños provocados por accidentes, el cambio climático, los problemas de salud pública ocasionados por la contaminación del aire y del ruido y el colapso del ecosistema, buena culpa de ello la tiene la excesiva presencia de automóviles y vehículos automotores, en este sentido debe tenerse muy en cuenta que el uso del automóvil ha aumentado en los últimos años, con lo que buena parte de la contaminación atmosférica en las zonas urbanas y la mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionados con el transporte se deben a las emisiones de estos vehículos.

La congestión en el Distrito Federal parece ir en aumento, aunque es difícil encontrar datos fiables existen indicios de que la población en general considera que el nivel de congestión constituye un mal cada vez mayor, así pues, son diversas las opiniones que consideran al tráfico del Distrito Federal como “caótico” y “agresivo”.

Ante esta situación debe pensarse en una nueva serie de estrategias para compensar los impactos negativos de los vehículos automotor, entre dichas estrategias sobresalen aquellas destinadas a la gestión del tráfico mediante el uso de sistemas de transporte inteligente destinados a optimizar la capacidad de la infraestructura vial existente.

La apuesta por estos nuevos medios y no por otros planteamientos como la construcción de nuevas vialidades responde a diversos motivos, una de ellas es que, cuando se pavimenta llegan más vehículos, con más vehículos, viene la contaminación que es causa de severos problemas de salud para muchos, la contaminación, debida en buena parte al transporte, registra niveles sumamente elevados y empeora continuamente, las emisiones de dióxido de carbono relacionadas con el transporte aumentan rápidamente y las muertes por accidentes de tráfico empiezan a ser cada vez más frecuentes.

Inevitablemente, la presencia de vehículos motorizados ha provocado un aumento exagerado en los niveles de contaminación acústica, en las calles del centro del Distrito Federal se puede llegar, en promedio, de 70 a 80 decibeles en horas pico, ello conlleva a que uno de cada diez residentes en la ciudad sufra algún tipo de enfermedad de audición.

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 financiamiento, a pesar de que en algunas zonas urbanas del país se logra hacer frente a estos problemas lo cierto es que alcanzar 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.

Crear sistemas de transporte sustentables que cubran las necesidades de las personas de forma equitativa y fomenten un medio ambiente sano requiere el poner el automóvil de vuelta en su útil papel de sirviente, con un cambio en prioridades, los automóviles pueden ser parte de un sistema amplio y balanceado en el cual el transporte público, bicicletas y el caminar sean todas opciones viables.

En el mundo desarrollado, principalmente durante la década de los noventa, se produjo una gran evolución en los conceptos y tecnologías de gestión de los sistemas de transporte, en gran medida estos avances se apoyaron en una diversidad de nuevas opciones tecnológicas que permiten, a través de una integración y utilización "inteligente", facilitar el uso de los sistemas de transporte a las personas, optimizar el uso de las facilidades de transporte existentes (vías, vehículos y terminales), ahorrar recursos al sistema, mejorar las condiciones de seguridad y reducir la generación de condiciones externas negativas.

La integración de nuevas tecnologías de información, comunicaciones y control al servicio de una mayor eficiencia, calidad y seguridad de los sistemas de transporte, así como de menores impactos medioambientales, ha adoptado diversos nombres en el mundo, predominando el de "Sistemas de Transporte Inteligente".

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

Los sistemas de transporte en general han jugado y juegan un papel muy importante en el desarrollo económico, social y cultural a nivel mundial, ya que estos sistemas de transporte representan el movimiento de alimentos, consumos, insumos industriales y productos manufacturados indispensables para la vida.

En términos culturales, una de las funciones básicas de los sistemas de transporte en general es la de relacionar los factores poblacionales y de uso de suelo, en términos sociales, los sistemas de transporte tienen una gran importancia como factor de integración y coordinación en nuestra sociedad altamente compleja e industrializada, además, en las zonas urbanas representa un lazo de unión entre las unidades habitacionales y los centros de trabajo, finalmente, en términos económicos significa contar con las mercancías en el lugar y en el momento adecuado, impulsar el desarrollo del comercio, de la industria, de la agricultura y de los recursos naturales, así como también el aumento del valor de la tierra.

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 lo menos en nuestro país, durante los últimos años ha sido el modo de transporte que se ha empleado con mayor frecuencia en la movilización de carga y esto lo podemos corroborar con las cifras que se manejaron hasta el año 2001 por parte de la SCT.

MODO DE TRANSPORTE	1998	%	1999	%	2000	%	2001	%
AUTOTRANSPORTE	380.8	54.8	394.4	56	413.2	56.4	409.2	55.7
FERROVIARIO	75.9	10.9	77.1	11.0	78.1	10.6	77.9	10.6
MARÍTIMO	237.4	34.2	231.4	32.9	241.1	32.9	247.2	33.6
AÉREO	0.4	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1
TOTAL	694.5	100	703.3	100	732.8	100	734.7	100

Figura 1. Cifras (en millones de toneladas) y porcentajes del movimiento de carga en los distintos modos de transporte en México.

En la figura 1 se aprecia que el modo de transporte terrestre para el año 2001 registró un movimiento de carga del 66.3% (Autotransporte y Ferroviario) en comparación con otros modos de transporte como son el marítimo y el aéreo.

Es por esto que una necesidad fundamental para el desarrollo de un país sea la de disponer de una adecuada, segura y amplia red de caminos, así se ha entendido en el mundo entero y el desarrollo experimentado por este sistema de comunicación constituye uno de los mayores impulsos que registra el siglo pasado.

En la figura 2 se ilustra que el crecimiento del transporte terrestre ha demostrado tener una significativa repercusión en el medio ambiente, el crecimiento de las rutas y los servicios de transporte ocupan terrenos, separan áreas contiguas y pueden reducir el nivel de vida, además, el congestionamiento en algunos tramos, el rápido deterioro de los pavimentos y el diseño de curvas y pendientes, se traduce en un mayor número de accidentes y en el aumento del costo del transporte.

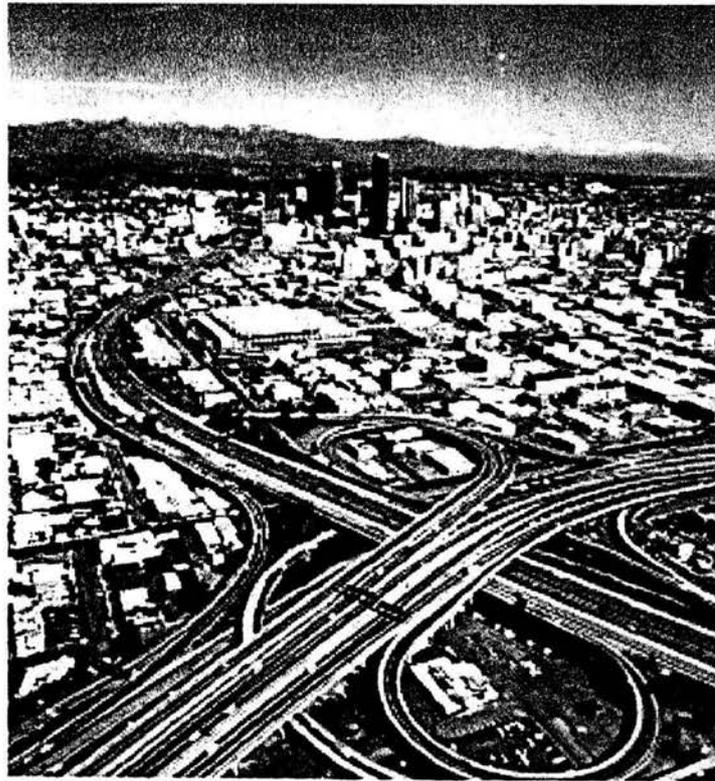


Figura 2. Ocupación de terrenos y separación de áreas contiguas.

Principalmente durante la década de los noventa, se produjo una gran evolución en los conceptos y tecnologías de trabajo de los sistemas de transporte, en gran medida estos avances se apoyan en una

diversidad de nuevas opciones tecnológicas que permiten, a través de una integración y utilización “inteligente”, facilitar el uso de los sistemas de transporte a las personas, optimizar el uso de las facilidades de transporte existentes (vías, vehículos y terminales), ahorrar recursos al sistema y mejorar las condiciones de seguridad.

En la figura 3 se aprecia que el empleo de las tecnologías ITS optimizan las vialidades, incrementando la eficiencia, la seguridad, la comodidad y reduciendo los impactos medioambientales.

A este respecto y durante los últimos años tanto por los adelantos tecnológicos a nivel mundial como por nuestras relaciones con países industrializados se han presentado cambios en la infraestructura vial tanto a nivel nacional como internacional, esto lo podemos apreciar por los vehículos que circulan en las principales ciudades de nuestro país, en sus caminos y carreteras.

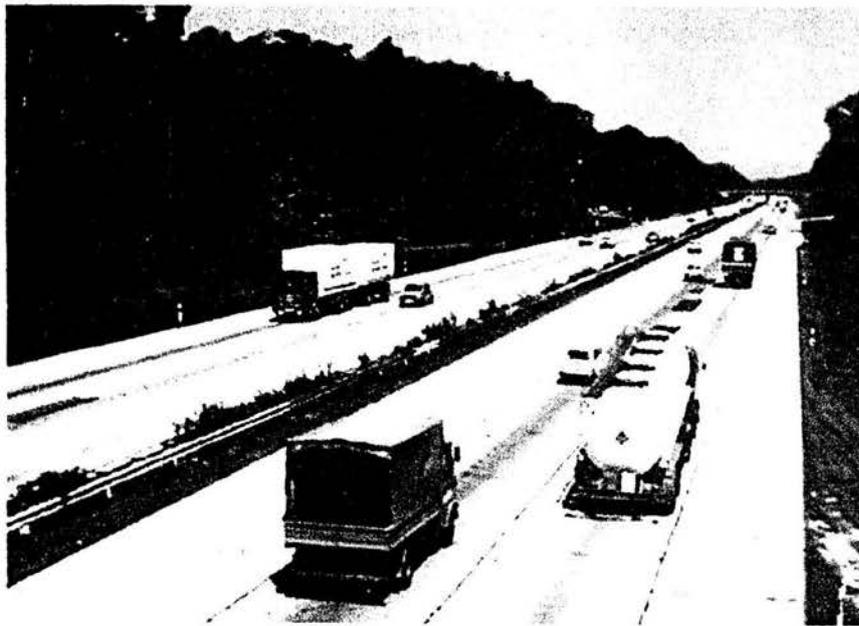


Figura 3. Optimización de las vialidades debido al uso de tecnología ITS.

Con este desarrollo tecnológico en los sistemas de transporte en el mundo, es imposible que México se mantenga al margen de dicho desarrollo y bajo este enfoque, se ha vuelto importante contar con un sistema que haga más eficientes y seguras las carreteras y vialidades urbanas de nuestro país y de esta manera poder mejorar la calidad del aire e impulsar el uso eficiente de los combustibles empleados en los automóviles, debido a este desarrollo y exigencias se han venido implementado los llamados ITS.

1.1. COMPONENTES 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), fluvio-marítimo 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:

o El 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 la 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 fluvio-marítimo se les conoce como embarcaciones, reconociendo entre ellos principalmente a los buques tanque, trasatlánticos, pesqueros y transbordadores.

Finalmente a los vehículos del modo de transporte aéreo se les conoce normalmente 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 figuras 4, 5, 6 y 7 se presentan ejemplos de vehículos para cada una de las modalidades de transporte.



Figura 4. Vehículo Terrestre Carretero y Urbano.

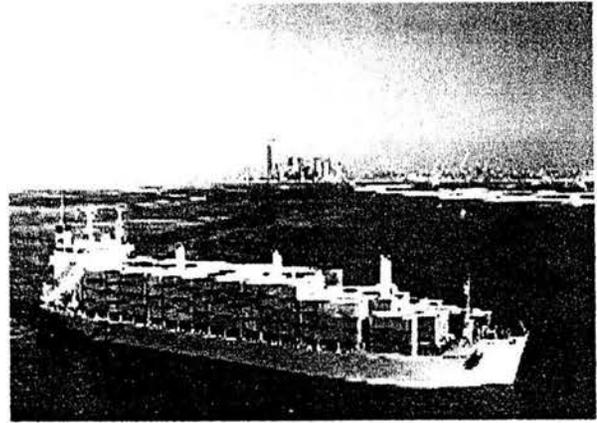


Figura 5. Vehículo para Transporte Fluvio-marítimo.

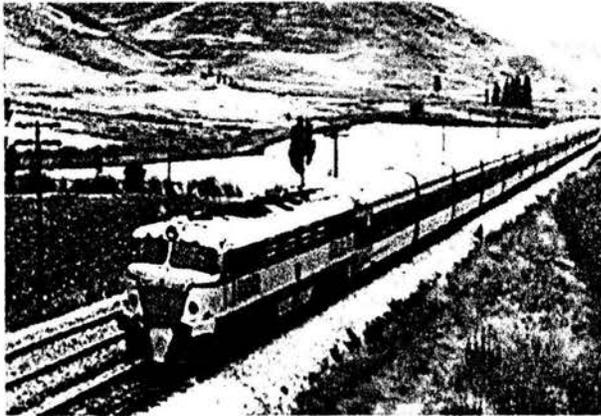


Figura 6. Vehículo Terrestre Ferroviario.

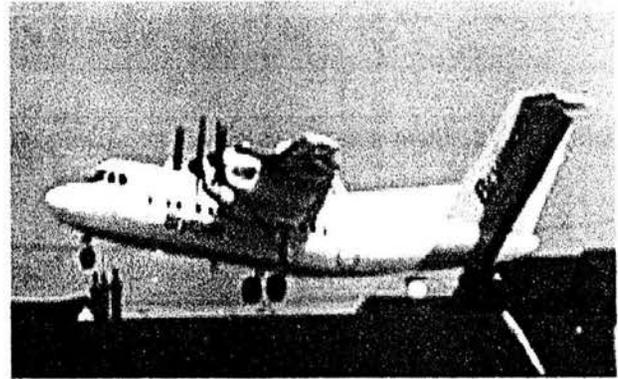


Figura 7. Vehículo para Transporte Aéreo.

o 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 fluvio-marítimo 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 turboreactores utilizados por aviones supersónicos.

o 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 terrestre carretero y urbano se cuenta con autopistas, ejes viales, calles y brechas, en el caso del ferrocarril se tienen 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.

o 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 fluviomarítimo se les conoce como terminales portuarias o puertos y a las terminales aéreas comúnmente se les conoce como aeropuertos y helipuertos.

En las figuras 8, 9, 10 y 11 se pueden observar las terminales de autobuses, las terminales ferroviarias las terminales aéreas y las terminales portuarias.



Figura 8. Terminal de Autobuses.



Figura 9. Terminal Ferroviaria.

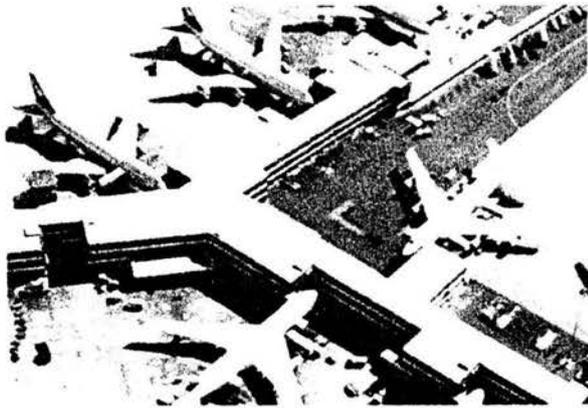


Figura 10. Terminal Aérea.

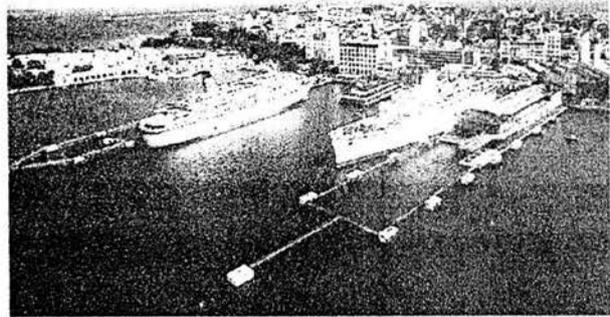


Figura 11. Terminal Portuaria.

o 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 minibuses y las líneas de trolebuses, tren ligero y metro 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.

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, a este respecto se aprecian en la figura 12, algunos tipos de señalamientos para este modo de transporte.

Estas señales se clasifican en restrictivas, preventivas, informativas y transitorias y se diferencian tanto por la forma del señalamiento 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.



Figura 12. Señales restrictivas, preventivas, informativas y transitorias.

1.2. LA TELEMÁTICA Y LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE INTELIGENTE.

El pilar y sustento de los sistemas de transporte inteligente están basados en el notable crecimiento que se ha registrado en los últimos años en las áreas de las ciencias de telecomunicaciones e informática, originando una nueva corriente científica denominada *telemática*.

El término telemática surge de la contracción de los términos teléfono e informática, la telemática designa los sistemas técnicos que se desprenden de la fusión de las telecomunicaciones y la informática, la información es tratada a distancia por medio de la informática, éstos sistemas garantizan la comunicación entre los sistemas informáticos y líneas telefónicas para la transmisión de datos y texto, este proceso de innovación tecnológica ha entrado al universo de los transportes con el nombre de telemática de las carreteras o de sistemas de transporte inteligente, de esta manera la telemática se alza como una de las principales herramientas para desarrollar el transporte del siglo XXI.

En muchos países, entre los cuales se encuentran los Estados Unidos de América, se ha intentado por varias décadas resolver los problemas de congestión a través de la construcción de más

carreteras y autopistas, estrategia que no ha dado resultados y por el contrario, demostró tener costos económicos y ambientales muy altos.

En otras palabras, se llegó a la conclusión de que construir no es la solución a la congestión y ofrece un nuevo enfoque para ayudar a reducir o posponer la necesidad de construcción, aún en países donde los principales programas de construcción de vías están aún en desarrollo, los ITS (por sus siglas en inglés, Intelligent Transport System) también brindan la posibilidad de aumentar la capacidad por pista, reduciendo así la necesidad del escaso capital.

Últimamente se ha dado un enorme avance en el desarrollo de los ITS y es posible observar que los países que han establecido programas de ITS en los últimos años comparten similares visiones del rango de posibilidades de funciones de estos sistemas, así pues tenemos el claro ejemplo de la comunidad Europea, que ha implementado los ITS en su infraestructura vial y carretera con muy buenos resultados.

En un principio los países más industrializados fueron los que destacaron en la utilización de tecnologías innovadoras, pero incurrieron en el error de desarrollar aplicaciones aisladas de diferentes dispositivos tecnológicos; lo cual generó a la larga, la necesidad de una armonización de la tecnología en expansión.

Con este objetivo se conformaron tres principales organismos dedicados a los ITS, en sus campos de investigación, promoción, aplicación, distribución, operación y expansión tecnológica de ITS; dichos organismos internacionales son:

ITS América (Intelligent Transport Society of America). Estados Unidos de América es el país rector, contando con la participación de México, Canadá y algunos países de Latinoamérica.

ERTICO. (Europe Road Transport Intelligent Comission). Su sede se encuentra en Bruselas, Bélgica; Gran Bretaña es su principal exponente y cuenta con la participación de casi todos los países Europeos.

VERTIS (Vehicle, Road and Traffic Intelligent Society). Japón es el país líder e involucra a casi todos los países de Asia y Oceanía, conocidas originalmente como IVHS (iniciales de Intelligent Vehicle/Highway Systems, Sistemas inteligentes de automóviles y autopistas).

En México, el comité ITS 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, Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 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, en el Sector Académico se encuentra representada por la Universidad Nacional Autónoma de México, el Instituto Politécnico Nacional, la Asociación de Facultades y Escuelas de Ingeniería Civil, la Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Educación Superior y por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Cada uno de los sectores mencionados tiene una participación específica dentro del comité, de esta manera encontramos que el Sector Público mediante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes es la rectora y más alta autoridad dentro del comité y todas las dependencias gubernamentales que conforman el comité tienen también una participación específica.

El Sector Privado participa en la estructuración de programas de aplicación de tecnologías ITS; 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 ITS 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 ITS; lo anterior con objeto de formar profesionistas especializados en ITS, de igual forma participa en la organización y coordinación de eventos científico-académicos sobre ITS, como son seminarios, talleres, congresos, mesas redondas, paneles, etc.

Por otra parte, después de analizar y comparar la problemática de transporte urbano a nivel mundial y de considerar los diferentes factores que imperan en cada situación en particular, tales como incremento poblacional y vehicular además de considerar la infraestructura vial existente en cada caso, se han evaluado las distintas soluciones que han adoptado diferentes países del mundo.

Se han evaluado también las diferentes tecnologías que se pudieran implementar en nuestro país y ante los resultados obtenidos de los análisis, podemos decir que la implementación y empleo de tecnología ITS resulta sumamente conveniente dada la creciente demanda y características actuales del transporte, basadas en los requerimientos y necesidades tanto de usuarios directos como de la sociedad en general.

Además, podemos considerar que es inaplazable su implementación dados los avances tecnológicos de los últimos años principalmente en la industria de los automóviles, así como en las condiciones imperantes de la globalización económica, es por eso que en nuestro país ya se están implementando tecnologías ITS en ciudades donde la infraestructura vial se ha vuelto insuficiente y cuyo aforo vehicular ha ido creciendo durante los últimos años, como el Distrito Federal.

En general, se pretende que en el Distrito Federal con el empleo de los sistemas de transporte inteligente, se logre tener una mayor eficiencia en el uso de las vialidades, un mejoramiento sustancial de la calidad del aire y una mayor seguridad en el sistema vial urbano de la ciudad.

Sin embargo, para que los ITS tengan el máximo impacto en el Distrito Federal, deben planearse, desarrollarse y llevarse a cabo de acuerdo a una visión de mediano y largo plazo, no sólo por las características, tecnologías y servicios que es capaz de ofrecer, sino también por su necesaria integración con la planificación del uso de suelo y el diseño de la infraestructura de transportes, entre otros.

Lo más importante es que las propias funciones objetivo que se definan para la implementación de los sistemas de transporte inteligente deben ser consistentes con los objetivos del sistema vial del Distrito Federal en el mediano y largo plazo.

1.3. BREVE DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE INTELIGENTE.

El empleo de los primeros sistemas de transporte inteligente se remontan a la década de los 60's, siendo Toronto (en Canadá) y Chicago (en Estados Unidos de América) las primeras ciudades en implementarlos, aunque distaban bastante de lo que hoy entendemos por "inteligente".

A mediados de los años ochenta se volvió a este tema 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 solucionaban el problema, sino que lo acrecentaban.

Con el desarrollo de las telecomunicaciones, la tecnología satelital y en la búsqueda de eficientar los sistemas de transporte, comenzó entonces la expansión de los sistemas de transporte inteligente, principalmente en los Estados Unidos de América, Japón y la actual Unión Europea, siempre bajo el mismo esquema, el de las alianzas estratégicas entre el sector público, privado y académico, con la finalidad de implementar y desarrollar nuevas tecnologías en beneficio de la población en general.

De estos orígenes se deriva que la mayor parte de estos sistemas se hayan implementado en los Estados Unidos de América, Europa y Japón, países que actualmente compiten por mejorar el desarrollo de estos sistemas y en consecuencia encontrar alternativas de empleo de energía para mejorar la calidad del medio ambiente de sus países, de esta manera surgen los transportes eléctricos y los controlados por computadora (también llamados pilotos automáticos).

Sin embargo no son las únicas zonas o regiones del mundo que han experimentado y apostado por el empleo de los sistemas de transporte inteligente ya que en la actualidad la región latinoamericana a empezado a implementar en su infraestructura vial y carretera los sistemas de transporte inteligente.

De una manera general los sistemas de transporte inteligentes o ITS, son sistemas de transporte que aplican tecnología de información y control para apoyar sus operaciones.

Apoyados con esta definición amplia, podemos decir que los ITS son un abanico que comprende una extensa gama de sistemas de transporte, algunos de los cuales han sido implementados desde

hace años y otros recientemente se están aplicando o están aún en investigación y desarrollo para futuras aplicaciones.

De este modo, una definición más comúnmente aceptada de ITS es:

"La aplicación de tecnologías computacionales, de control y de comunicaciones para ayudar a los conductores y operadores a tomar decisiones inteligentes mientras conducen vehículos inteligentes o controlan el tránsito en caminos o vías férreas inteligentes".

Aunque no es muy rigurosa, esta definición deja en claro la noción de que ITS mantiene al operador y conductor humano al centro.

Por lo tanto, ITS no es de ningún modo sinónimo de automatización, aún cuando la conducción automática es una opción para el futuro bajo el mundo de los sistemas de transporte inteligente.

Puesto que ITS se enfoca hacia las operaciones de un sistema de transporte, su papel puede parecer ser de generación de medidas de corto plazo para resolver problemas de transporte, pero esto no es así, es importante señalar que la implementación de los dispositivos que conforman los ITS son instalados y desarrollados tanto en la infraestructura vial como en los propios medios de transporte, en este caso automóviles, autobuses de pasajeros y de carga, estas tecnologías proporcionan intercambio de información en tiempo real entre los conductores y las vialidades, con la tecnología de los ITS, los conductores tienen acceso a la última información acerca de las condiciones de circulación (incluyendo embotellamientos y accidentes), selecciones de rutas, direcciones de destino poco familiares y con el tiempo, es posible que hasta control automatizado del vehículo, que representaría una medida a largo plazo.

En la figura 13 se puede ver en esquema, la definición de ITS y en la figura 14 podemos apreciar una aplicación en vías férreas inteligentes.

Desde el punto de vista de las aplicaciones, el desarrollo de las tecnologías ITS ha sido disparejo.

En efecto, han habido algunos tipos de soluciones que se vienen aplicando y desarrollando desde hace muchos años (20 - 25 años), las cuales se pueden catalogar como tecnologías maduras o probadas.

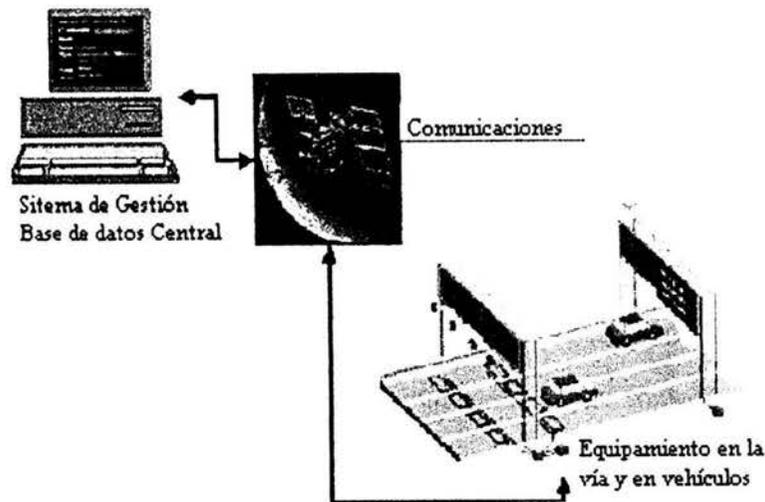


Figura 13. Esquema que define a los ITS.

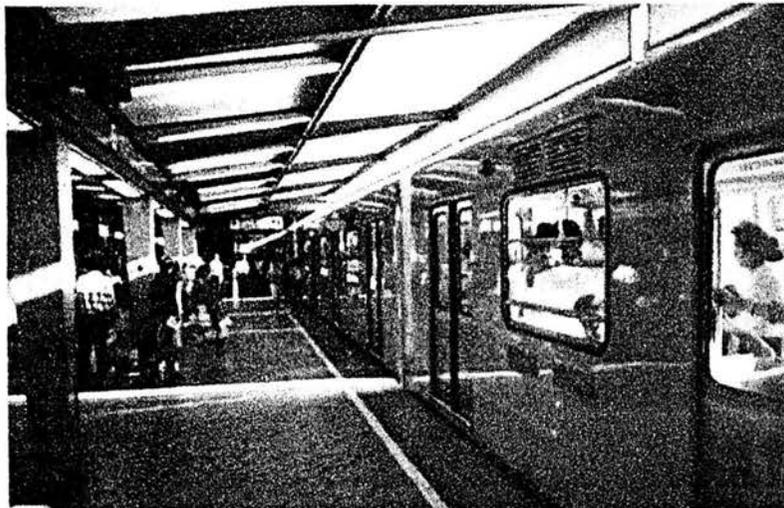


Figura 14. Aplicación a vías férreas inteligentes (METRO).

Una aplicación implementada y probada en ITS, corresponde a los controles dinámicos de semáforos, que usan información de los flujos vehiculares en las inmediaciones de los semáforos para determinar las programaciones óptimas.

Un ejemplo de tecnología en desarrollo que se encuentra en el límite de la investigación y la aplicación es el control de cruceo inteligente, que automáticamente reduce la velocidad de los vehículos para mantener un intervalo seguro con el vehículo precedente.

Como ejemplo de ITS que se encuentra en investigación pero que necesita de años de desarrollo para llegar a ser aplicados, debido a la complejidad de la obtención de la información y de las

comunicaciones se encuentra la guía dinámica de rutas, que recomienda al conductor la ruta óptima a tomar para un destino dado tomando en cuenta las condiciones actuales y proyectadas de las vías y del tránsito.

Por otro lado, hay algunas soluciones ITS que están en plena fase de desarrollo y cuyas aplicaciones se encuentran en el mundo sólo a nivel de prototipos o proyectos piloto.

Las tecnologías ITS que se encuentran claramente dentro de las tecnologías llamadas maduras son:

- o Sistemas de Control de Tráfico.
- o Algunas tecnologías de medición de flujo de tráfico.
- o Sistemas de modelación de tráfico orientados a la planificación.
- o Sistemas de localización de vehículos (AVL).
- o Sistemas de Información Geográficos.
- o Sistemas de identificación vehicular basados en transponders.

Por otro lado, las tecnologías que claramente están en la fase emergente son:

- o Sistemas Avanzados de Control de Vehículos (ACVS).
- o Sistemas de seguridad de tránsito.
- o Sistemas de manejo de emergencias.

En la figura 15 se observan los componentes básicos y el funcionamiento de un sistema de control de tráfico.

Hay otros sistemas ITS que se encuentran en fase de transición (entre emergentes y maduros), como por ejemplo, los sistemas de pago electrónico, en especial los sistemas de peaje electrónico de flujo

libre y multipista en que sólo hay dos aplicaciones en el mundo (Canadá y Melbourne) en operación, pero que sin duda la implantación de un proyecto de este tipo tiene una componente importante de riesgo tecnológico.

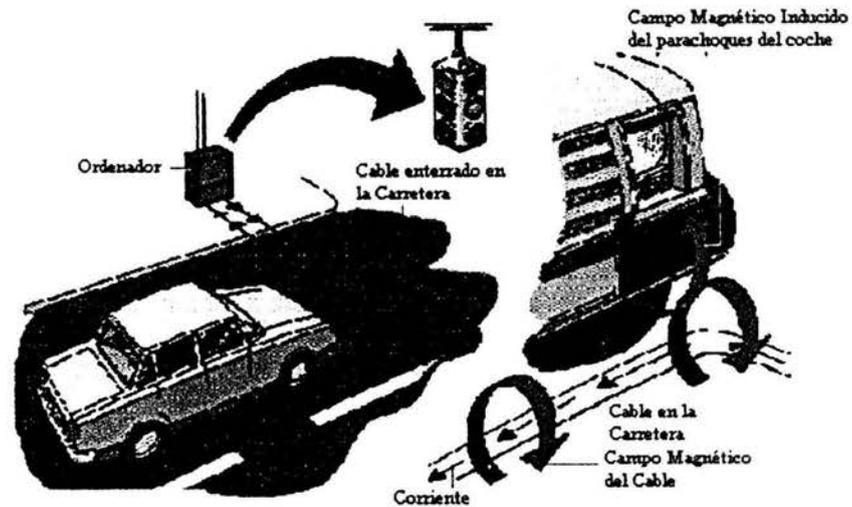


Figura 15. Sistema de control de tráfico (tecnología madura).

Conociendo algo de la historia de los ITS y observando los actuales avances tecnológicos nos podemos aventurar a proyectarnos al futuro y decir que tanto a nivel mundial, como a nivel nacional, los sistemas ITS tenderán primero a la interconexión, después a la integración, para finalmente llegar a la interoperabilidad entre ellos.

De esta forma no tendrá sentido tener sistemas ITS operando aisladamente, sino que se generará una red de servicios ITS, en la que los diferentes usuarios (conductores, pasajeros, empresas de transporte público, empresas de transporte de carga, reguladores, gestores, planificadores y fiscalizadores) de esta red aportarán información y al mismo tiempo obtendrán información de ella y así las decisiones en línea y para planificación de los diferentes actores de un sistema de transporte serán tomadas con mayor calidad de información.

Adicionalmente, se tenderá a incorporar cada vez mayor inteligencia al interior del vehículo, de tal forma de aumentar la seguridad y comodidad de los pasajeros a bordo y se espera que en el mediano plazo los sistemas de control avanzado de vehículos (AVCS) sean incorporados masivamente a los nuevos modelos de vehículos.

En México, la historia de la tecnología ITS enfocada a la infraestructura vial, ha comenzado a aplicarse mediante diferentes dispositivos tecnológicos en determinados sistemas; por ejemplo: algunos sistemas de semaforología en las ciudades de México, León y Guadalajara.

Se ha implementado el uso de tarjetas para el pago electrónico de peaje (sistema IAVE) desde 1992, en carreteras operadas por CAPUFE y que próximamente se actualizará de acuerdo a su programa de modernización, diversificando sus servicios y operaciones para los transportistas.

Se han instalado dispositivos para cruces prioritarios en transporte colectivo (Tren Ligero) en la ciudad de México y se han colocado pantallas de señalización dinámica (en las principales vialidades de la ciudad de México), también dentro de las aplicaciones de ITS en nuestro país se encuentra el uso de localizadores satelitales (GPS) en algunas flotas de transportistas privados, además de la aplicación de sistemas digitalizados para la navegación (GIS) y finalmente, el prototipo NATAP de aduanas para la agilización de cruces fronterizos, todo esto durante los últimos 10 años.

En la figura 16 se hace referencia al funcionamiento de los sistemas de localización satelital o GPS.

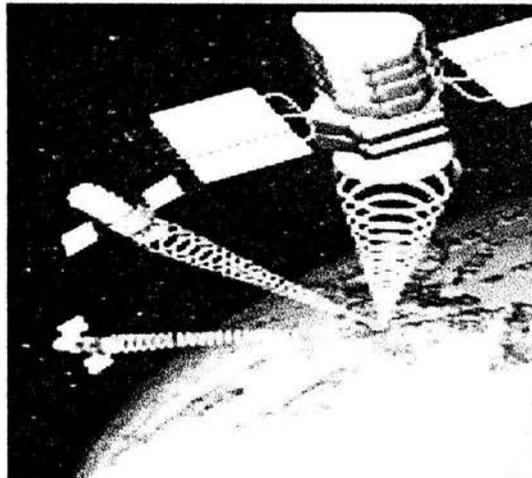


Figura 16. Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

1.4. CAMPOS DE ACCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE INTELIGENTE.

La idea central de ITS es la aplicación de tecnologías de control e información a sistemas de transporte, estas tecnologías incluyen comunicaciones, control automático y computación (tanto hardware como software).

La adaptación de estas tecnologías al transporte requiere el conocimiento de múltiples campos de la ingeniería – civil, eléctrica, mecánica, industrial – y sus disciplinas relacionadas – por ejemplo ingeniería de tránsito, dinámica de vehículos, ciencias de la computación, investigación de operaciones y recursos humanos.

La conjunción de estas tecnologías para desarrollar funciones ITS está basada en la ingeniería de sistemas.

Desde esta perspectiva, los principales componentes de los sistemas de transporte son la infraestructura de transporte, el vehículo y las personas en el sistema, incluyendo tanto al operador del sistema (por ejemplo en el centro de gestión de tránsito) como al viajero que puede ser un conductor, un pasajero o un peatón.

Todas estas personas toman decisiones basadas en la información disponible y sus decisiones a menudo afectan a otros, muchos de los problemas en transporte se originan en la falta de información precisa y a tiempo y en la falta de una coordinación apropiada entre las decisiones tomadas por las personas en el sistema.

La contribución de las tecnologías de información, es que proveen mejor información para asistir a las personas en el sistema para tomar mejores y más coordinadas decisiones de modo de alcanzar los objetivos ITS que son: incrementar la eficiencia, la seguridad, la productividad y la calidad del aire.

El uso inteligente de esta información (considerando en ella también la información histórica) permite no sólo optimizar y hacer más eficiente el uso de las vías para el tráfico que se encuentra en circulación, sino muchas veces más importante que ello, permite programar mejor los viajes.

La figura 17 nos muestra de manera esquemática la forma en que se puede tener acceso a la información relacionada con el estado de las vialidades con el objeto de tomar decisiones apropiadas y así poder optimizar el sistema vial.

Existen diversos campos de acción o aplicación de ITS, destacándose los relativos al transporte terrestre (ferroviario y carretero); en el caso de México, considerando que en su red carretera de aproximadamente 340,457 km de los cuales cerca de 10,348 km son autopistas y se transportan el 84% de la carga y el 98% de pasaje, resulta imprescindible contar con un sistema de transporte

adecuado que satisfaga las necesidades que para este modo de transporte requiere la economía de nuestro país.

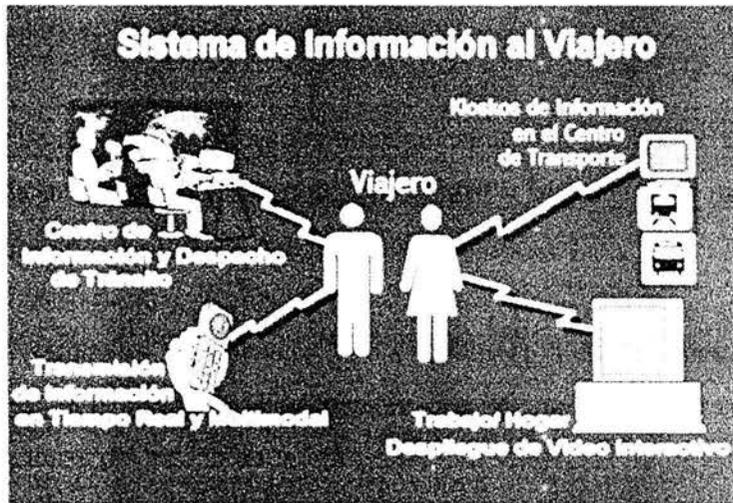


Figura 17. Sistemas Avanzados de Información al Viajero.

Estos campos se pueden dividir en cuatro áreas:

- o ITS metropolitanos o urbanos: se refieren a la infraestructura vial en las ciudades o zonas urbanas, se enfocan principalmente al control y eficiencia del flujo vehicular y la seguridad en cruces de avenidas importantes mediante la implementación de dispositivos permanentes de vigilancia que proporcionan información en tiempo real a centros de gestión para su distribución posterior a los usuarios.
- o ITS no urbanos: se encuentran enfocados principalmente a la infraestructura carretera, brindan a los usuarios de la infraestructura carretera, comodidad y seguridad por medio de señalizaciones y dispositivos electrónicos (como el pago de peaje electrónico).
- o Iniciativas para vehículos inteligentes, IVI (Intelligent Vehicle Initiative): son propuestas enfocadas al transporte privado, de tal manera que se pueda tener acceso a información vía satélite de condiciones del estado de la infraestructura vial, rutas, flujo vehicular, condiciones de emergencia, etc.
- o Operaciones de vehículos inteligentes, CVO (Commercial Vehicles Operations): se refiere a operaciones con vehículos comerciales ya sea de carga o de pasajeros, se enfoca al nivel de

comodidad y seguridad que se ofrece a los pasajeros y al control y optimización de viajes o corridas para trasladar carga.

En la figura 18 se observa la aplicación de cámaras de video en cruces importantes para saber en que condiciones se encuentran las vialidades y así poder tomar medidas preventivas o correctivas.

La figura 19 nos muestra un centro de información integrado al tablero del vehículo donde podemos obtener información en tiempo real de condiciones meteorológicas, recomendaciones de manejo, etc.

El control de flota, datos de rutas y tipo de carga, son registrados mediante Sistemas de Operación de Vehículos Inteligentes, un ejemplo de esto se aprecia en la figura 20.

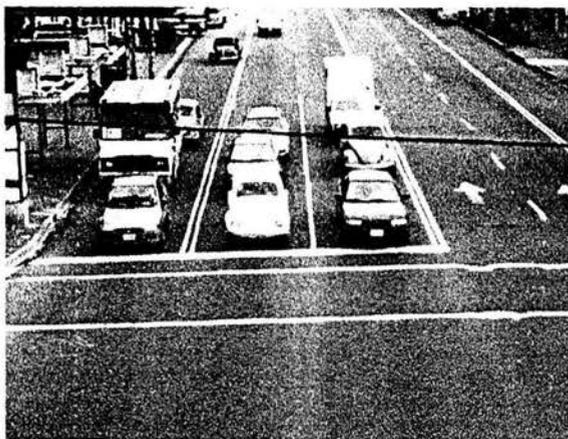


Figura 18. ITS Urbanos (cámaras en cruces importantes).

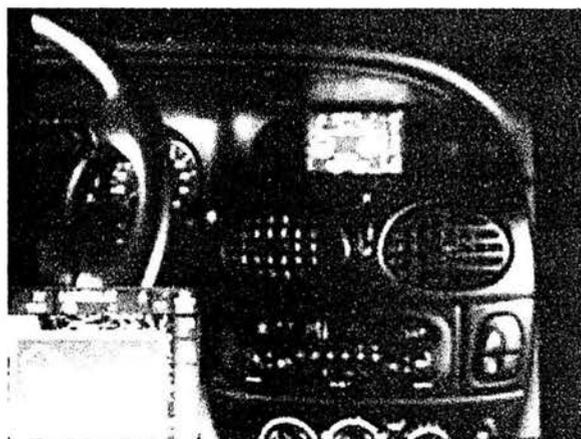


Figura 19. Iniciativas para Vehículos Inteligentes.



Figura 20. Operación de Vehículos Inteligentes CVO.

CAPÍTULO 2

APLICACIONES BÁSICAS DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE INTELIGENTE

De acuerdo con la Organización Internacional de Normalización ISO (International Standards Organization, por sus siglas en inglés) la clasificación de los servicios de los sistemas de transporte inteligente se dividen en 10 áreas de las cuales 8 se consideran básicas y las otras dos se encuentran en fase de investigación, cada servicio presentado es independiente de la tecnología, es decir, cada servicio puede proporcionarse con más de una tecnología.

Así pues, se tienen como aplicaciones básicas de los Sistemas de Transporte Inteligente a los:

- o Sistemas Avanzados de Transporte Público (APTS).
- o Sistemas Avanzados de Información al Viajero (ATIS).
- o Sistemas Avanzados de Gestión de Tráfico (ATMS).
- o Sistemas Avanzados de Control de Vehículos (AVCS).
- o Sistemas para Operación de Vehículos Comerciales (CVO).
- o Sistemas de Seguridad de Tránsito.
- o Sistemas de Pago Electrónico (EPS).
- o Sistemas de Manejo de Emergencias.

Y como aplicaciones en fase de investigación se encuentran:

- o Sistemas para Operaciones de Construcción y Mantenimiento.
- o Registro de Datos ITS.

En el diagrama de la figura 21 se muestra la estructuración de los ITS que nos ayudará a entender mejor la composición y la relación de los diferentes sistemas, subsistemas, servicios y tecnologías que constituyen las llamadas tecnologías ITS.

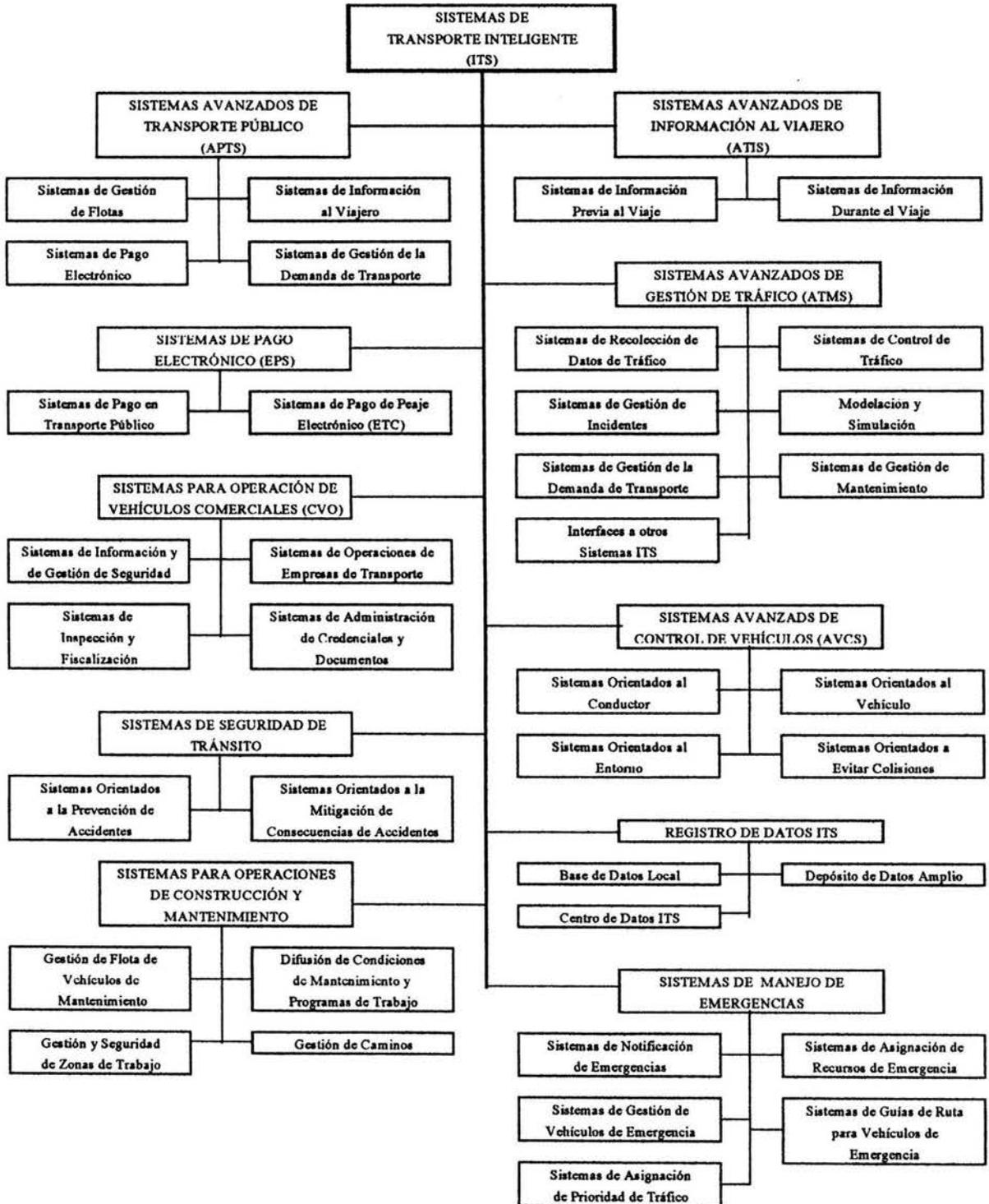


Figura 21. Diagrama de estructuración de los servicios que componen el ITS.

Es importante señalar que debido a la fase de investigación en que se encuentran los Sistemas para Operaciones de Construcción y Mantenimiento y el Registro de Datos ITS, actualmente no se cuenta con información disponible, por lo que a continuación se describirán cada uno de los ocho servicios básicos de los ITS, explicando en cada uno de ellos sus características principales, sus objetivos de funcionalidad al igual que el de sus subsistemas.

2.1. SISTEMAS AVANZADOS DE TRANSPORTE PÚBLICO.

Los Sistemas Avanzados de Transporte Público, que en inglés se abrevian y se reconocen 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 está transformando la forma de operar de los sistemas de transporte público, incluso está cambiando la naturaleza y calidad del servicio de transporte público.

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

Los sistemas APTS están conformados a su vez por cuatro subsistemas que se describen a continuación en la figura 22.



Figura 22. Estructuración de los APTS.

2.1.1. Sistemas 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 usuarios, de la identificación de incidentes, de la gestión de respuesta y restauración del servicio en forma más efectiva.

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.

2.1.2. Sistemas de Información al Viajero.

Los Sistemas de Información al Viajero combinan las tecnologías de computadoras y comunicaciones para proporcionar información vehicular a los viajeros en sus casas, en el trabajo, en la vía o en las estaciones o paraderos de autobuses, trenes o metro, en la figura 23 se observa un dispositivo de información en la vía.



Figura 23. Sistema de información en la vía.

Dicha información le permite al viajero elegir el modo de viaje más eficiente y conveniente, los viajeros pueden acceder en tiempo real a la información de itinerarios y congestión a través de teléfonos, televisión, letreros de mensaje variable, o computadoras personales vía Internet.

2.1.3. Sistemas 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 viajeros 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 informar en tiempo real de la demanda para una mejor planificación e itinerarios de los servicios.

2.1.4. Sistemas de Gestión de la Demanda de Transporte.

Estos sistemas se refieren a un conjunto de técnicas y programas empleadas por los operadores, administradores u organizaciones de transporte, incluso por la comunidad, para manejar y utilizar en forma más 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 para proporcionar información y estímulos a los viajeros para encontrar soluciones alternativas al viaje de sólo una persona por vehículo.

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

2.2. SISTEMAS AVANZADOS DE INFORMACIÓN AL VIAJERO.

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.

Los sistemas de información al viajero se componen por dos subsistemas, los cuales se ilustran en la figura 24.

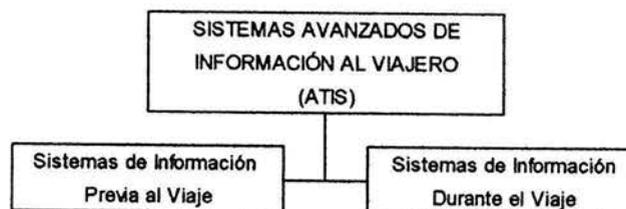


Figura 24. Subsistemas que conforman los ATIS.

Las funciones típicas que realizan los ATIS son las siguientes:

Planificación 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 de 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, tiempos 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 más recientes 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, como se aprecia en las figuras 25 y 26.

Por lo regular éstos 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.

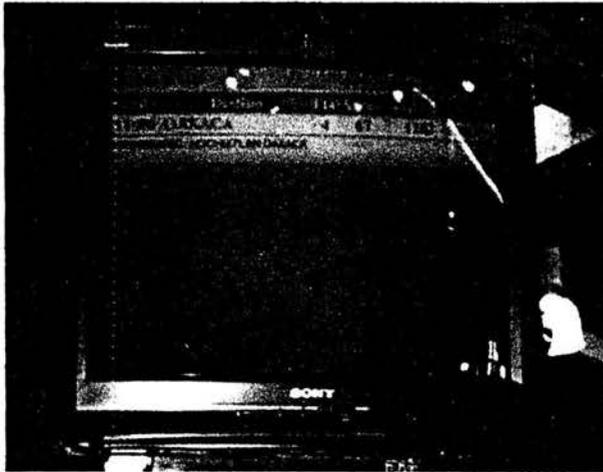


Figura 25. Sistema de información en terminales de autobuses.



Figura 26. Sistema de información en terminales aéreas.

2.2.1. Sistemas de Información Previa al Viaje.

La asistencia previa al viaje consiste en darle al usuario información de carreteras y vías, incluyendo condiciones del camino, información de tráfico y tiempos de viaje e información de transporte público que puede ser utilizada para seleccionar ruta, modo y hora de partida.

Este soporte puede ser solicitado desde la casa, el lugar de trabajo, paraderos o estaciones de transporte público y otras localizaciones.

Básicamente se pueden identificar cuatro tipos de información:

Información del servicio general, programación del itinerario, información en tiempo real e información al viajero multimodal.

2.2.2. Sistemas de Información Durante el Viaje

La asistencia al viajero durante el viaje consiste en proporcionar al usuario información sobre carreteras y vías e información de transporte público mientras ocurre el viaje, esto incluye información de tráfico, condiciones y estado del camino, información guía para la ruta y otro tipo de información tal como condiciones de viaje adversas (incidentes), eventos especiales ubicación y estado de estacionamientos.

El dispositivo que se muestra en la figura 27 proporciona dicha información de manera clara y cómoda, pues se encuentra instalado en el tablero del propio vehículo.

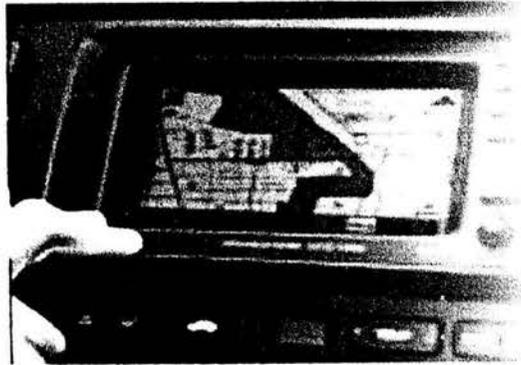


Figura 27. Dispositivo de información durante el viaje.

2.3. SISTEMAS AVANZADOS DE GESTIÓN DE TRÁFICO.

Los Sistemas Avanzados de Gestión de Tráfico (ATMS en inglés) integran 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.

En la figura 28 se observan los siete subsistemas que conforman a los ATMS.



Figura 28. Subsistemas de los ATMS.

Las características más relevantes de estos sistemas son:

- o 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.
- o Recolectan información de tráfico, de detección y vigilancia en tiempo real.
- o Gestión y administración integrada de diferentes funciones tales como gestión de demanda, control de señales y medición de rampas.
- o Respuesta rápida a incidentes y apoyo a otras organizaciones de gestión de transporte, de tal forma de otorgar respuestas integradas.
- o Estrategias de gestión de tráfico proactivo incluyendo guía en la ruta y planificación previa al viaje.
- o Provee interfaces a otros sistemas ITS, tales como APTS, CVO, ATIS y AVCS.
- o Provee interfaces a otros sistemas no-ITS, tales como policía, bomberos y municipales.
- o Uso de una plataforma de comunicaciones común con el fin de facilitar y compartir datos, coordinación y políticas comunes a través de una región determinada, que puede incluir varios municipios.
- o Integración entre los sistemas de control de tráfico de arterias y calles con los sistemas equivalentes para autopistas.
- o Provee de herramientas de monitoreo del estado operativo de los sistemas de campo, como controladores, lámparas, detectores, comunicaciones y otros equipos.
- o Provee un ambiente integrado entre los sistemas de control de tráfico y los servicios de emergencia.

- o Soporte eficiente de las operaciones de mantenimiento a través de la integración de sistemas de administración del mantenimiento.
- o 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.
- o 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.
- o Provee de interfaces de usuarios gráficos (GUI), lo cual otorga una perspectiva y visión global del tráfico.

En la figura 29 se muestra un centro de gestión de tráfico, el cual cumple con la mayoría de las tareas requeridas para un ATMS.



Figura 29. Centro de control y gestión de tráfico.

Los sistemas ATMS desempeñan algunas de las siguientes funciones, en ocasiones varias de ellas forman un sistema y otras una por sí sola da origen a otro sistema.

2.3.1. Sistemas 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.

2.3.2. Sistemas de Control de Tráfico.

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 autopistas.

Otra forma de intervenir y controlar el tráfico es a través de los sistemas de información al viajero.

En la figura 30 se observa el dispositivo de control de tráfico más común en las vialidades urbanas que es el semáforo.

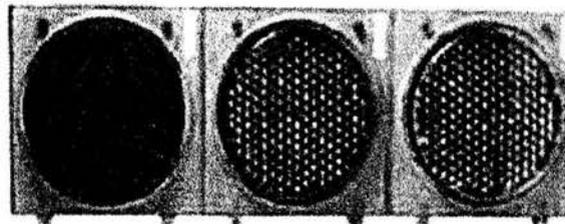


Figura 30. Dispositivo de control de tráfico.

2.3.3. Sistemas de Gestión de Incidentes.

Una funcionalidad muy importante de los sistemas ATMS es 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.

2.3.4. Modelación y Simulación.

Estas funciones se componen de simulaciones y modelos de tráfico 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, los modelos orientados a la planificación o modelos off-line son menos exigentes en rapidez de ejecución, pero es altamente benéfico que estos modelos empleen en sus simulaciones datos reales administrados y almacenados por el resto de las funciones del sistema ATMS.

Los datos adquiridos desde distintas 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, es importante que las estructuras de las bases de datos estén unificadas o integradas.

2.3.5. Interfaces a otros Sistemas ITS.

Los sistemas ATMS constituyen el núcleo de los sistemas ITS que se relacionan con la gestión de tráfico, para esto se requiere que los sistemas se interconecten entre sí de acuerdo a una arquitectura nacional y regional ITS y de acuerdo a los estándares definidos para tales efectos.

El grado de interrelación y comunicación más fuerte se presenta con los sistemas ATIS, pues a través de estos sistemas se envía información de navegación y rutas alternativas a los viajeros, también es importante que los sistemas ATMS se comuniquen con sistemas APTS, CVO y AVCS.

2.3.6. Sistemas 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 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.

2.3.7. Sistemas 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.

2.4. SISTEMAS AVANZADOS DE CONTROL DE VEHÍCULOS.

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 un conjunto de sistemas y tecnologías en desarrollo, orientados a aumentar principalmente la seguridad, la eficiencia y comodidad en la conducción de los vehículos motorizados a través 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 proveer a los conductores de vehículos motorizados, de recomendaciones, sugerencias e información de calidad, oportuna, confiable, amigable y entendible, 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 con el fin de 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.

En la figura 31 se observa que el desarrollo de los sistemas AVCS se ha orientado básicamente a los siguientes sistemas o aplicaciones:



Figura 31. Estructuración de las aplicaciones de los AVCS.

2.4.1. Sistemas Orientados al Conductor.

Estos sistemas están basados en el monitoreo del conductor y corresponde a tecnología que reside completamente en el vehículo, esta tecnología es independiente del entorno, estos sistemas están conformados principalmente por 2 subsistemas:

- o Sistemas para evaluar la condición del conductor.

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

- Seguridad

En este tipo de objetivos, los dispositivos que componen al sistema se concentran en monitorear al conductor y su control sobre el vehículo y genera avisos si su concentración baja de un cierto nivel, como indicadores importantes a considerar se encuentran: el movimiento de los ojos, la apertura de los párpados, la postura de la cabeza y otras características fisiológicas, la implantación de este tipo de sistemas es más conveniente para vehículos que realicen viajes largos y rutinarios.

- Comodidad

Aquí, el entorno del conductor se ajusta a las características específicas de cada individuo, ya sea de alta o baja estatura, estos dispositivos funcionan mediante unos sensores infrarrojos y unas cámaras que 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, también los mandos se distribuyen para la obtención de un máximo control por parte del conductor, con lo cual se incrementan las opciones de evitar un accidente.

o Sistema de monitoreo y aprendizaje del comportamiento del conductor.

Este sistema, en fase de investigación, forma parte de la base de crear un vehículo aún más inteligente, para lo cual no es suficiente enfocarse solamente en parámetros técnicos orientados a asistir al conductor, sino que es necesario pensar en la "intención" del conductor para hacer más eficiente la operación del resto de los sistemas, adaptándolos a cada situación específica, es decir, se trata de saber 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.

2.4.2. Sistemas Orientados al 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 de la infraestructura externa al vehículo y de los sistemas de comunicaciones.

La información se refiere a datos como: el estado de la carretera, el nivel de tráfico, la ruta óptima para llegar a un punto definido, etc.

Estos sistemas se integran por los siguientes subsistemas:

o Telemática y servicios en línea.

Este tipo de servicios dependen del estado del arte de las comunicaciones entre bases estacionarias y equipos móviles y de los costos de traspaso de datos respectivos, el tipo de servicios manejados bajo este concepto, considera lo siguiente:

- Sistema de navegación y asistencia
- Sistemas de comunicación específicos (información vía estaciones de radio)
- Avisos de riesgos cercanos (carretera interrumpida, accidente, neblina, etc.)
- Información intermodal (informa de los modos de transporte alternativos al acercarse a una zona congestionada)

2.4.3. Sistemas Orientados al Vehículo.

Estos sistemas están basados en acciones que puede tomar el vehículo de forma independiente 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.

Estos sistemas están formados por los siguientes subsistemas:

- o Sistema de control adaptivo de luces.

En este sistema, los focos delanteros del vehículo serán adaptables y estarán hechos de fibra óptica que podrán ajustar el haz de luz a las características del camino y a la velocidad del vehículo, además, detectarán los movimientos del volante, lo que hará posible la iluminación continua de la calzada al tomar una curva.

Los focos podrán equiparse también con sensores para el análisis de la calzada, estos amoldarán automáticamente el perfil del cono de luz a la velocidad del vehículo y a la configuración de la carretera, también podrán ajustar la intensidad del haz de luz dependiendo de las condiciones climáticas (lluvia, neblina, etc.).

Adicionalmente, este sistema podrá trabajar coordinadamente con el sistema de información y navegación inteligente, mediante el cual conocerá la ubicación actual del vehículo y asociando la ubicación a un mapa digitalizado, reconocerá las curvas del camino para adaptar el haz de luz.

El objetivo de este tipo de sistema es hacer la conducción del vehículo más fácil y sobre todo, más segura.

o Display de fuerza de frenado.

Cuando el conductor se ve obligado a frenar bruscamente, los vehículos situados detrás serán alertados mediante una intermitencia en las luces de freno, ello reduce el riesgo de colisiones traseras, la intensidad del parpadeo de las luces de freno viene determinada por la brusquedad del frenado, con lo cual se advierte a los vehículos posteriores de una eventual situación de emergencia.

o Sistemas orientados al entorno del vehículo.

Este tipo de sistemas surgen a raíz de la pérdida de información del entorno por parte de un conductor y que a menudo lleva a situaciones críticas, estos sistemas buscan entregar al conductor información de este tipo, de una manera comprensible, confiable y oportuna.

El sistema consta a su vez por dos subsistemas:

- Sistema de monitoreo de condición del camino.

Este sistema está equipado con un detector de fricción de calzada con el fin de optimizar los márgenes de seguridad, dicho dispositivo advierte al conductor, a través de señales acústicas y visuales, en caso de reducción del agarre de los neumáticos sobre la calzada, además, sensores ópticos miden si el camino está cubierto de hielo o nieve o si está húmedo y al mismo tiempo, miden el espesor de la capa de agua, información con la que el sistema de monitoreo de condición del camino podrá generar las advertencias adecuadas y oportunas para el conductor.

Este sistema también puede transmitir la información de condición del camino al sistema de control adaptivo (activo) de circulación para que éste tome las acciones correspondientes.

- Sistemas para medir / mejorar la visibilidad del conductor.

En este caso existen al menos 2 objetivos que intentan cumplir estos sistemas:

- Medir la visibilidad.

El sistema medirá la visibilidad y podrá sugerir al conductor la velocidad más adecuada desde el punto de vista de seguridad, esto aplica particularmente bajo condiciones climáticas desfavorables (lluvia, neblina, nevada).

Estos sistemas no intentan suplir ni reemplazar la visión humana, por cuanto se considera que el hacerlo podría implicar una reducción de la seguridad en el tráfico.

- Mejorar la visibilidad (Nocturna).

Este objetivo se logrará mediante la activación del visualizador de visión nocturna, el conductor puede detectar, con ayuda de una tecnología de infrarrojos, los objetos ocultos en la oscuridad y en los laterales de la calzada, más allá del alcance de sus focos e incluso, al quedar deslumbrado por un vehículo que se aproxima en sentido contrario.

- o Sistemas orientados al conductor – vehículo.

El objetivo esencial de este tipo de sistemas es minimizar la carga de tareas rutinarias que normalmente debe realizar el conductor de un vehículo y permitir que éste haga la elección óptima para ajustarse a las condiciones del momento, esta tecnología reside fundamentalmente en el vehículo.

Estos sistemas están formados por los siguientes subsistemas:

- Sistemas de control adaptivo (activo) de circulación (ACC).

Este sistema corresponde a una extensión del conocido sistema de control de circulación, el ACC asiste al conductor, especialmente en carretera, en mantener la distancia y velocidad relativas a los vehículos que van delante, adaptándolas a las situaciones del tránsito, si la carretera está despejada, el ACC mantendrá al vehículo a la velocidad deseada, si por el contrario, el movimiento del tráfico delante es más lento que la velocidad deseada, el ACC disminuirá la velocidad del vehículo de tal manera de mantener una distancia segura respecto a los demás, en todo caso, el conductor puede

tomar el control absoluto de la velocidad del vehículo (acelerando o frenando) en cualquier momento.

- Sistemas de detención y movimiento de vehículos para situaciones de tráfico muy lento (congestión vehicular).

Es una extensión del sistema de control adaptivo de circulación (ACC), el ACC-S&G (Stop and Go) asiste al conductor dentro de la ciudad, en una condición de tráfico lento, esta condición de tráfico es extremadamente compleja y altamente dinámica en comparación con el tránsito existente en carretera, para lo cual fue concebido el ACC.

Las frecuentes frenadas y aceleraciones, cambios de pista y la corta distancia entre vehículos, produce un requerimiento especial, particularmente sobre los sensores, los que deben monitorear una amplia área directamente en el frente del vehículo.

El objetivo central de estos sistemas es producir unas frenadas suaves hasta detener el vehículo y luego ponerlo nuevamente en movimiento cuando lo ordene el conductor.

- Asistente de información de límites de velocidad.

El sistema de información indica los límites de velocidad correspondientes al tramo específico de la ruta en la cual se encuentra el vehículo haciendo uso de un mapa digitalizado y de un sistema de posicionamiento (GPS) del vehículo, adicionalmente conociendo el sistema la posición actual del vehículo y la distancia hasta la nueva zona de restricción de velocidad, es posible determinar una estrategia para la disminución o aumento de velocidad del vehículo, esta estrategia podrá ser implementada por el conductor, en cuyo caso el sistema le entrega sugerencias o podrá ser implementada en forma automática por el sistema.

En cualquier caso, el conductor siempre podrá implementar la velocidad que desee al vehículo, utilizando su criterio, el objetivo del sistema es mantener informado al conductor respecto al límite de velocidad permitido en cada porción de la ruta y adicionalmente, en caso de disponer de sistemas de actuación sobre los mecanismos del vehículo, el sistema podrá modificar la velocidad de una manera segura y confortable para los pasajeros.

- Sistema de recomendación de velocidad en curvas.

Este sistema está orientado a aumentar la seguridad de las personas y vehículos, por cuanto busca sugerir al conductor y/o actuar directamente sobre el vehículo en relación a la velocidad óptima del mismo en las curvas.

La determinación de la velocidad óptima en una curva es un proceso complejo que depende de los siguientes parámetros para su cálculo:

- Radio de curvatura de la curva
- Pendiente del camino
- Angulo de la curva
- Número de pistas
- Estado de la superficie del camino
- Visibilidad
- Ancho del camino (y de la pista de circulación)
- Clima
- Estilo de conducción del conductor

La complejidad anterior aumenta cuando se consideran adicionalmente intersecciones o entradas y salidas, el sistema tiene la capacidad de aprender el mejor comportamiento en las curvas, lo cual es muy útil para tramos de camino que son repetitivos (de la casa al trabajo y viceversa).

- Sistema de control del curso del vehículo.

Este sistema asiste al conductor para mantener la estabilidad dinámica lateral del vehículo y de esa manera mantenerlo en el curso.

Este sistema opera utilizando el principio de procesamiento de imágenes, a partir de la señal de video, monitorea las limitantes del camino (o pista) y determina la posición relativa del vehículo respecto a estas líneas limitantes.

Como interfase de este sistema con el conductor se puede utilizar el mecanismo de dirección "volante activo" de tal manera que si el conductor excede el límite de tolerancia del comportamiento

normal calculado por el sistema como la respuesta óptima, sentirá en el volante una pequeña fuerza adicional que llevará al vehículo a su curso más seguro, en todo caso, el conductor puede tomar el control total del vehículo en cualquier momento.

- Sistema de administración de la conducción.

Este sistema está enfocado al ahorro de combustible y a minimizar las emisiones, su filosofía está basada en el hecho que, según un estudio realizado, un conductor típico podría mejorar la eficiencia en el manejo, en alrededor de un 30% utilizando de mejor manera los pedales del freno y el acelerador, de acuerdo a este estudio además, se ha encontrado que algunas situaciones específicas bien manejadas, potencialmente podrían significar ahorros de combustible en los rangos siguientes:

- Rodar sin impulso en lugar de utilizar el freno : entre un 21 y un 48%
- Luces de semáforos : entre un 0 y un 32%
- Aceleraciones : entre un 5 y un 15%
- Detención y movimiento en tráfico lento : entre un 6 y un 15%
- Viaje típico de 16 km (ruta de ejemplo) : entre un 10 y un 18%

El sistema es informado de la ruta planeada por el conductor, además recibe información en línea de tráfico relacionada con la ruta ingresada que proviene de sistemas externos, esta información es evaluada junto al comportamiento del conductor para determinar las condiciones de manejo actuales.

A partir de lo anterior, el sistema determina cómo el conductor puede ahorrar combustible y minimizar las emisiones con la máxima eficiencia, el sistema sólo hace proposiciones, la decisión final radica en el conductor.

2.4.4. Sistemas Orientados a Evitar Colisiones.

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

Estos sistemas están formados por los siguientes subsistemas:

- o Sistema para evitar las colisiones traseras.

El sistema monitoreará la presencia y velocidad de los vehículos que van delante y entregará avisos al conductor para que tome las acciones pertinentes tendientes a evitar una colisión, este sistema debe detectar y clasificar los objetos estacionarios para determinar el nivel de amenaza real que implican los vehículos que van delante.

Las versiones más avanzadas de este sistema tomarán acción directamente sobre el vehículo, modificando la velocidad del mismo para mantener una distancia segura con el vehículo que va delante.

- o Sistema para evitar las colisiones por cambio de pista.

Este sistema es similar al descrito en el punto anterior, con la diferencia que debe disponer de sensores que monitoreen la posición de otros vehículos a los costados y atrás, así como su velocidad relativa.

- o Sistema para evitar las colisiones por salida del vehículo del camino.

Este sistema es una parte del sistema de control del curso del vehículo, los accidentes por salida del vehículo del camino conceptualmente corresponden a un caso particular que pueden ser evitados manteniendo el vehículo en curso.

- o Sistema para evitar colisiones en las intersecciones.

El sistema tiene la complejidad de necesitar información de sistemas externos, por cuanto no se

puede asegurar la visibilidad completa de las calles laterales en todas las intersecciones, de manera que se dificulta el monitorear la posición y velocidad de los otros vehículos, básicamente, a partir de la información de velocidad y posición propia, más la de los otros vehículos, el sistema determina el riesgo de colisión que existe en la próxima intersección y recomienda al conductor las acciones pertinentes para evitar tal riesgo.

2.5. SISTEMAS PARA OPERACIÓN DE VEHÍCULOS COMERCIALES (CVO).

Las tecnologías ITS 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, de una nación o entre naciones, a través de la automatización e información de las labores de regulación, fiscalización, inspección por parte de las autoridades y 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, como ya se mencionó, abarcan diversos ámbitos relacionados con los vehículos comerciales, como los que se ilustran en la figura 32.

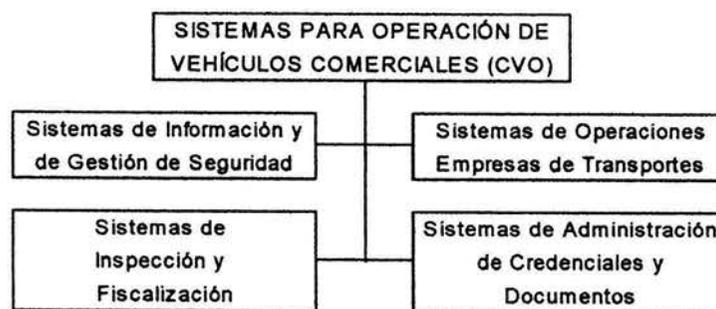


Figura 32. Componentes de los CVO.

Para comprender un poco más los sistemas CVO, nos apoyaremos de la figura 33 en donde se aprecian cada una de las áreas de acción de estos sistemas.

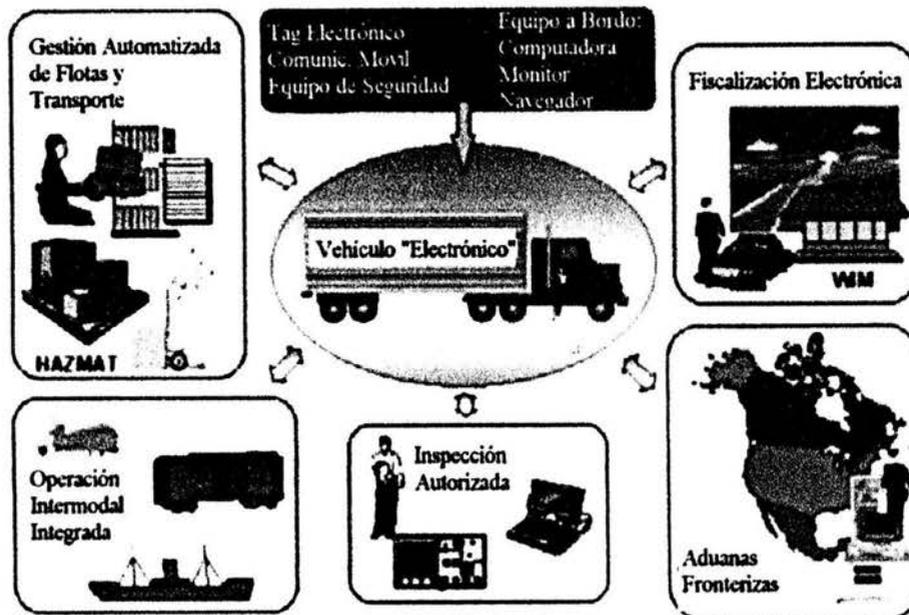


Figura 33. Diagrama conceptual de sistemas ITS/CVO.

2.5.1. Sistemas de Información y Gestión de Seguridad.

Este tipo de sistema en realidad es una red de información de nivel estatal y nacional, administra, recolecta e informa sobre los datos relativos a seguridad de las empresas de transporte, de los vehículos y de los conductores de vehículos comerciales, el acceso a la información de este sistema ayuda y soporta actividades de inspección, fiscalización y revisiones.

En este tipo de sistemas se pueden distinguir 3 niveles de sistemas o subsistemas, entre los cuales se establecen flujos de información importante entre ellos, estos niveles son:

- o Sistemas de seguridad a bordo.

Se orientan principalmente a proteger el vehículo, el conductor y la carga, en la figura 34 podemos observar en forma clara los componentes a los que se enfoca este sistema.

El sistemas de monitoreo de seguridad del vehículo es un equipo que 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.

El sistema de monitoreo de seguridad del conductor posee 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.

Por último, el sistema de monitoreo de carga a bordo tiene 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 container de carga, tal como dispositivos de comunicaciones y para el procesamiento y almacenamiento de la información del material de carga, el sistema incluye eventualmente, sensores de temperatura, presión, nivel de carga y aceleración.

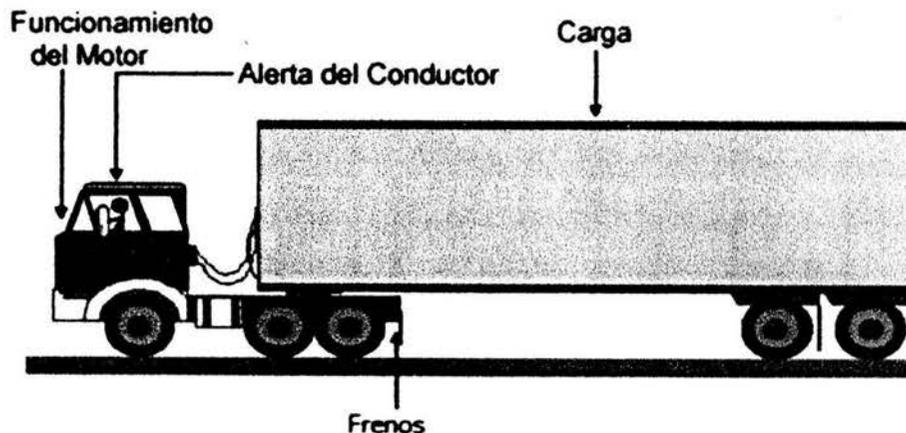


Figura 34. Sistemas de Seguridad a Bordo.

o Sistemas 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, también facilitan 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.

- o **Sistemas de administración de información de seguridad**

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

2.5.2. Sistemas de Administración de Credenciales y Documentos.

Estos sistemas permiten agilizar 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:

- o **Uso de credencial electrónica.**

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, puede incluir información sobre la operación de carga o transporte que está ejecutando en el momento lo cual elimina una serie de documentos y certificados de papel, esta credencial electrónica también puede ser usada como identificador del vehículo.

- o Pago electrónico de las obligaciones del transportista.

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, establece 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.

2.5.3. Sistemas de Inspección y Fiscalización.

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:

- o Inspección y fiscalización automática 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 figura 35 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.

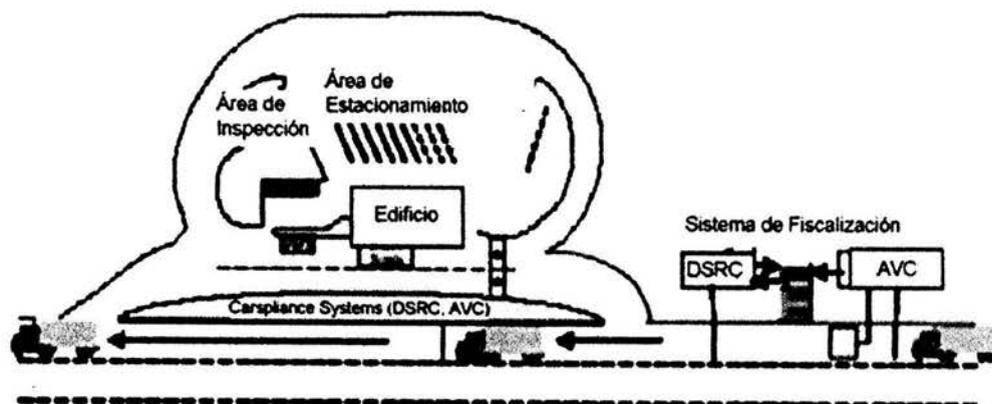


Figura 35. Concepto operacional de una estación de inspección y fiscalización fija.

o Inspección aduanera 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.

2.5.4. Sistemas de Operaciones de las Empresas de Transporte.

Estos sistemas son desarrollados o impulsados por el área privada y el área pública.

Al área privada, le 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, 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.

o Sistemas de gestión de flotas.

Estos sistemas ayudan y facilitan que el transporte de bienes y personas (caso del transporte público) se realice en forma segura, oportuna y a un costo efectivo, esto se consigue a través de la recolección, procesamiento y uso de información con respecto a:

- Despliegue y desempeño de los vehículos.
- Disponibilidad y desempeño del conductor.
- Cargas disponibles y su estado.
- Programa de mantenimiento.
- Sistemas de información al viajero.

El objetivo de este sistema, desde el punto de vista de CVO, es el proveer a los transportistas de información sobre congestión, incidentes, tiempo meteorológico y rutas óptimas para que así se puedan realizar operaciones de transporte eficientes y seguras, aunque la mayoría de estas aplicaciones están orientados a vehículos livianos de pasajeros, también puede ser de mucha utilidad para los transportistas.

o Sistemas de gestión de incidentes / materiales peligrosos.

Estos sistemas permiten una rápida detección, respuesta y despeje de incidentes ocurridos en las vías y la oportuna difusión de la información, de tal forma de alentar a los conductores y viajeros a tomar rutas alternativas y reducir así la congestión.

El caso del transporte de materiales peligrosos requiere de un tratamiento especial, en particular se requiere de intercambio de información en un formato adecuado entre los transportistas (intermodales) y las entidades a las que llega primero la información en este tipo de incidentes, de tal forma de acelerar el flujo de información, en particular de la notificación de la ocurrencia de este incidente y del detalle del tipo de material peligroso.

2.6. SISTEMAS DE SEGURIDAD DE TRÁNSITO.

Los sistemas ITS 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 ITS 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 accidentes, los componentes que se enfocan en la realización de estos objetivos se ilustran en la figura 36.



Figura 36. Esquema de los componentes de los Sistemas de Seguridad de Tránsito.

Desde el punto de vista sistemático, en el o los programas de seguridad de tránsito intervienen diferentes sistemas que incluyen tecnología ITS, los cuales interactúan entre sí en forma coordinada

compartiendo información y abasteciendo 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 servicios ITS se orientan principalmente a:

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

2.6.1. Sistemas Orientados a la Prevención de Accidentes.

Los sistemas ITS cuya funcionalidad se orienta a la prevención de accidentes son:

Algunas de las tecnologías de sistemas de control avanzado de vehículos (ACVS), específicamente:

- Sistemas para evaluar la condición del conductor.
- Sistemas de mejoramiento de visibilidad.
- Sistemas orientados a evitar colisiones (traseras, por cambio de pistas, por salida del vehículo al camino, en las intersecciones).

Sistemas avanzados de información al viajero (ATIS), específicamente:

- Sistemas de información durante el viaje.
- Sistemas de información previa al viaje.
- Sistemas de información meteorológica en caminos.
- Sistemas avanzados de gestión de tráfico.
- Sistemas de medición de rampa.

- Sistemas de control de tráfico.
- Sistema de fiscalización basado en video (velocidad y luz roja).

Sistemas ITS/ CVO (Operación de Vehículos Comerciales).

- Sistemas de seguridad a bordo.
- Sistemas de inspección de seguridad en la vía.
- Sistemas de administración de información de seguridad.
- Sistemas de protección de usuarios vulnerables de caminos.

2.6.2. Sistemas Orientados a la Mitigación de Consecuencias de Accidentes.

Los sistemas ITS orientados a la mitigación de consecuencias de accidentes son:

- Sistemas de manejo de emergencias.

Sistemas avanzados de gestión de tráfico (ATMS), específicamente:

- Sistemas de gestión de incidentes.
- Sistemas de recolección de datos y vigilancia.
- Sistemas de localización automática de vehículos (AVL).

A continuación se mencionan los sistemas de protección a usuarios vulnerables de caminos, siendo, usuarios vulnerables de caminos y vías, aquellos usuarios que tienen el mayor riesgo de sufrir daños físicos en un accidente de tráfico, ya que cuentan con una protección física mínima, estos son los peatones y los ciclistas.

Dentro de los peatones se distinguen algunas clases especiales de usuarios vulnerables como son los niños, los ancianos y los minusválidos.

A este respecto existen numerosas medidas o iniciativas para proteger a este tipo de usuarios, aquellas iniciativas que hacen uso de tecnología ITS son las que se enumeran a continuación.

- o Cruces peatonales inteligentes.

Consisten en el reconocimiento electrónico de peatones y sobre la base de la cantidad de peatones esperando el cruce, se decide la luz verde peatonal.

- o Soporte electrónico a la movilidad de no - videntes.

Entre las iniciativas en este sentido encontramos los cruces peatonales con emisión de sonido para no-videntes, asimismo iniciativas de pago electrónico del pasaje de transporte público, también ayudan a este tipo de usuarios.

- o Uso de transponders para reconocimiento de ciclistas.

En el caso de las vías exclusivas para ciclistas o si la política de transporte apunta a privilegiar el uso de la bicicleta, el uso de transponders permitirá reconocer este tipo de vehículo y priorizar su paso por los cruces.

2.7. SISTEMAS DE PAGO ELECTRÓNICO (EPS).

Los sistemas electrónicos de pago o EPS por sus siglas en inglés (Electronic Pay System) 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 postpago, ejemplos de medios de pago son las tarjetas inteligentes, tarjetas de banda magnética y los tags o transponders, 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 otros.

Las principales aplicaciones de los sistemas de pago electrónico se pueden apreciar de forma esquemática en la figura 37.

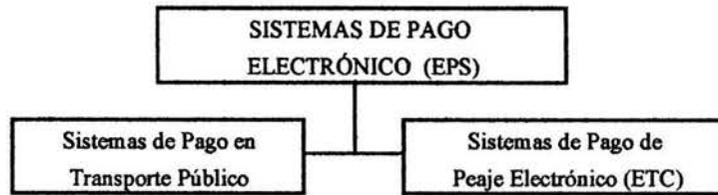


Figura 37. Esquema de las aplicaciones de los EPS.

Un sistema de pago electrónico posee 4 componentes principales:

- 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.

- 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.

- 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.

- Sistema de comunicaciones.

Transfiere la información desde y hacia los sistemas de pago, de distribución y de gestión central.

2.8. SISTEMAS 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, aquí se identificarán características que pueden ser asociadas a uno u otro esquema dependiendo de cómo se enfrente, en todo caso, la diferencia entre una y otra situación 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 establece el disminuir la congestión del tránsito en las cercanías del lugar en donde existe una emergencia, de esta manera se logran 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:

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

Este servicio / 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, en general, este servicio se basa en los siguientes sistemas, tecnologías o aplicaciones ilustrados en la figura 38.



Figura 38. Componentes de los Sistemas de Manejo de Emergencias.

La integración funcional de estos sistemas se muestra en la Figura 39.

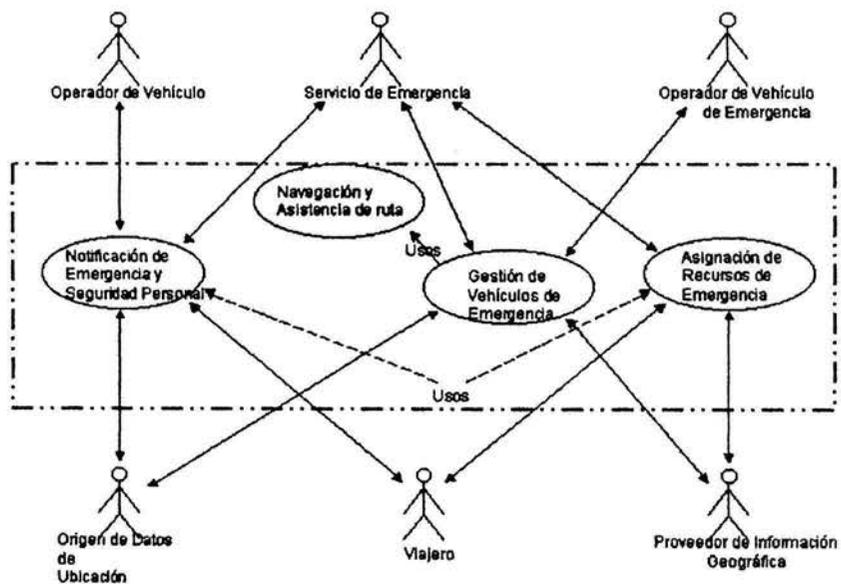


Figura 39. Esquema conceptual de funcionamiento del manejo de emergencias.

2.8.1. Sistemas de Notificación de Emergencias.

Este sistema tiene 2 vertientes:

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 pueden existir equipos en la vía (teléfonos de emergencia).

Y 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.

2.8.2. Sistemas 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, enlazan la atención de las mismas a los diferentes servicios.

2.8.3. Sistemas 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 elemento más cercano al lugar e instruirlo para que acuda al punto, además de entregarle toda la información anexa que sea útil.

2.8.4. Sistemas de Guías de Ruta para 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.

2.8.5. Sistemas de Asignación de Prioridad de Tránsito.

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 a 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.

CAPÍTULO 3

SITUACIÓN ACTUAL DEL USO DE ITS EN LA INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS EN LAS PRINCIPALES VIALIDADES DEL D.F.

El Distrito Federal es una entidad político-administrativa de la república mexicana que se localiza entre la parte austral de la altiplanicie mexicana y el sistema volcánico transversal, ocupando la porción suroeste de la cuenca de México, limita al norte, oeste y este con el estado de México y al sur con el estado de Morelos y tiene una extensión territorial de 1,499 km².

Su relieve está conformado por una mitad norte plana, con una altitud de 2,240 m sobre el nivel del mar interrumpida por pequeñas elevaciones: al norte, la sierra de Guadalupe y el cerro del Chiquihuite, al centro, el cerro de la Estrella y al este, el cerro de San Nicolás y la sierra volcánica de Santa Catarina, al sur y oeste el terreno se eleva en la región conocida como las Lomas con altitudes de más de 3,900 m como la sierra del Ajusco que lo separa del valle de Cuernavaca y la sierra de las Cruces, al oeste, que lo separa del valle de Toluca.

Posee un clima templado semiseco en el noreste, templado subhúmedo en el centro y semifrío subhúmedo en las alturas superiores a 2,800 m, mantiene un régimen de lluvias de verano y poca oscilación térmica anual, aunque la diurna es muy marcada, numerosos ríos descienden de las sierras, pero sus aguas son captadas por presas y obras reguladoras construidas en las laderas que, además de controlar las avenidas, distribuyen las aguas por medio de canales y ríos entubados para el consumo local.

Desde la década de 1940 la ciudad de México ha tenido un crecimiento constante y acelerado de población por lo que ha rebasado sus límites administrativos para conformar una de las metrópolis más grandes del mundo, en tan sólo el 0.1% del territorio se concentra aproximadamente el 20% de la población nacional y el 50% de la actividad industrial, estos datos tienen en cuenta a los municipios del estado de México conurbados con el Distrito Federal y con el que constituyen la ciudad de México, administrativamente se divide en 16 delegaciones, que albergan 2 mil 150 Colonias y alrededor de 25 mil calles, en la figura 40 se aprecia la distribución territorial del Distrito Federal.

Durante los últimos años el crecimiento poblacional en el D.F. provocó que la infraestructura vial se viera bajo la amenaza de ser insuficiente en los años posteriores, actualmente la capital del país posee una vasta red de vías de comunicación de todo tipo, lo que, la convierte en la entidad mejor comunicada, pues convergen en ella las principales carreteras y autopistas del país.



Figura 40. Ocupación Territorial y Delegaciones del D.F.

Como consecuencia de los requerimientos y reglas de operación que demandan los acuerdos y tratados comerciales en los cuales participa México, los actores involucrados en los sistemas de transporte han realizado notables iniciativas para ofrecer los servicios de transporte de acuerdo a los niveles de competitividad requeridos, para ello, se ha recurrido al uso y aplicación de diversas tecnologías ITS cuyo principal criterio de selección, en ocasiones el único, ha sido la satisfacción de una necesidad específica.

Con objeto de integrar los sistemas y tecnologías en uso actualmente y presentar un marco general para el desarrollo del transporte, en sus diferentes modos, se diseñó y elaboró la arquitectura nacional de ITS, incluyendo las bases para la posterior elaboración de las arquitecturas regionales, de esta manera se logrará la aplicación gradual de tecnologías ITS en México, empleando aquellos sistemas que satisfagan las necesidades del sistema de transporte de manera integral, armónica y eficiente, con tecnología escalable y compatible.

Bajo estas exigencias, se analizaron las arquitecturas de los Estados Unidos de América, Canadá y la Unión Europea y de acuerdo a las características propias de México tales como su ubicación geográfica, relaciones comerciales predominantes y el desarrollo de la tecnología nacional, se determinó tomar la arquitectura de los Estados Unidos de América como modelo para la elaboración de la arquitectura propia, la elaboración de la arquitectura nacional de ITS está a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a través del Comité ITS México y cuenta con la consultoría de una prestigiada empresa norteamericana.

En el D.F. el empleo de los ITS en la infraestructura urbana se ha venido realizando desde hace 5 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 y de autobuses, los sistemas GPS (Sistemas de Posicionamiento Global) contratados por empresas privadas, se cuenta también con sistemas de información y gestión de tráfico proporcionados por empresas de radio, televisión abierta y páginas de internet, además de dispositivos de señalización dinámica ubicadas a lo largo de las principales vialidades del D.F.

Se puede decir que los ITS que se encuentran implementados actualmente en la infraestructura vial están en un proceso de conocimiento, adaptación y aceptación por parte de la población en general, esta situación, en comparativa con la que se puede observar en países como los Estados Unidos de América, Canadá y la propia Unión Europea, nos proporciona herramientas para la adaptación, perfeccionamiento, implementación y desarrollo de las tecnologías y servicios disponibles de los ITS, así como también de los marcos reguladores en materia legislativa, pues también es cierto que conforme se avance en la implementación de estos dispositivos, se tendrá que modificar mucho el reglamento vial, así como los propios hábitos tanto de las autoridades como de la población capitalina.

Realizando una comparación a nivel mundial, la infraestructura ITS implementada actualmente en México, se encuentra muy lejos de los dispositivos y servicios implementados, por decir, en la Unión Europea, los Estados Unidos de América o Canadá y no solamente en los dispositivos y servicios, sino también en la cultura vial, ya que en estos países, principalmente en Europa, se tiene una plena conciencia de la utilidad de estos servicios y dispositivos, además de las ventajas que estos ofrecen al emplearlos de manera adecuada.

Bajo este contexto y dentro de un criterio amplio de planeación, la red vial tanto rural como urbana se debe clasificar de tal manera que se puedan fijar funciones específicas a las diferentes avenidas y calles, para así atender las necesidades de movilidad de las personas y mercancías de una manera rápida, confortable y segura y las necesidades de accesibilidad a las distintas propiedades o usos del área colindante.

3.1. COMPOSICIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN EL DISTRITO FEDERAL.

La infraestructura vial en términos generales, está compuesta por los derechos de vía en que operan los sistemas de transporte, sus paradas y/o estaciones ya sean terminales de transbordo o normales, los garajes, los dispositivos, encierros o patios, los talleres de mantenimiento y reparación, los sistemas de control tanto de detección del vehículo como de comunicación y de señalización y los suministros de energía, pero en este caso en particular nos enfocaremos a las vialidades existentes en el D.F. es decir, los derechos de vía.

En la figura 41 podemos observar la distribución de los principales derechos de vía o vialidades en el Distrito Federal.

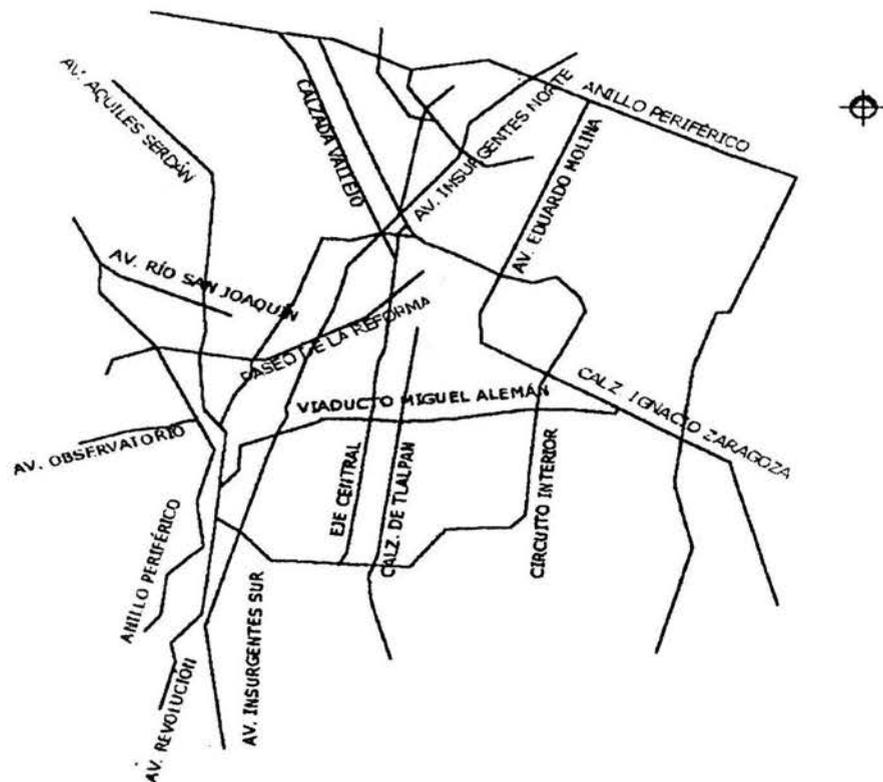


Figura 41. Principales vialidades en el D.F.

Para complementar la información gráfica se presentan las figuras 42, 43 y 44 donde se puede apreciar de forma clara la composición y las longitudes en la infraestructura vial del Distrito Federal, esta clasificación se divide en vialidades de acceso controlado, vialidades o arterias principales y ejes viales, además se deben añadir por supuesto las vialidades primarias, secundarias y las llamadas vialidades locales que en su conjunto conforman en su totalidad la red vial del Distrito Federal.

Vialidades de Acceso Controlado	Longitud km
Anillo Periférico	58.82
Circuito Interior	42.98
Calzada de Tlalpan	17.70
Viaducto Miguel Alemán	12.25
Viaducto Río Becerra	1.88
Calzada Ignacio Zaragoza	14.12
Aquiles Serdán	9.81
Río San Joaquín	5.46
Gran Canal	8.41

Figura 42. Composición y longitudes de vialidades de acceso controlado en el D.F.

Vialidad Principal	Longitud km	Vialidad Principal	Longitud km	Vialidad Principal	Longitud km
Av. Insurgentes	34.52	Bahía de Sta. Bárbara	1.47	Av. Universidad	7.51
Paseo de la Reforma	14.54	Chivatito	4.06	Dr. Vertiz	4.11
Calzada Guadalupe	3.76	Bosques de Reforma	2.77	División del Norte	11
Calzada Misterios	4.3	Río Tacubaya	0.85	Cumbres de Maltrata	2.67
Av. 608	2.88	Palmas	4.05	Plutarco Elías Calles	4.16
Acueducto-IPN	7.11	Calz. Mariano Escobedo	4.16	Calz. de la Viga	0.95
Chalma la Villa	1.81	Calz. al Desierto de los Leones	1.23	Calz. Acoxta	9.02
Venustiano Carranza	6.08	Camino al Desierto de los Leones	15.75	Canal de Tezontle	3.89
FFCC Monte Alto	0.69	Paseo del Pedregal	3.26	Av. Texcoco	7.87
Madero	1.66	Av. Centenario	10.47	Av. Canal Nacional	1.24
5 de Febrero	0.16	Calz. de las Águilas	8.03	Av. Canal de Chalco	3.3
16 de Septiembre	0.07	Barranca del Muerto	0.48	Camino a Nativitas	5.94
20 de Noviembre	0.65	Camino a Santa Fe	10.49	México Tenochtitlan	1.02
José María Pino Suárez	1.01	San Bernabé	7.78	Cuauhtémoc	0.7
Galindo y Villa	2.38	San Jerónimo	6.27	Tlahuac Chalco	5.34
Avenida Ceylán	3.1	Luis Cabrera	3.4	Tlahuac Tulyehualco	1.67
Ricardo Flores Magón	4.46	Carretera Picacho Ajusco	11.3	La Morena	1.99
Av. de las Granjas	4.72	Canal de Miramontes	2.34	Aut. México Cuernavaca	1.87
Heliópolis	1.41	Calz. de Tlalpan	4.55	Aut. México Toluca	19.8
Av. Legaria	5.05	Zacatepetl	0.92	Aut. México Puebla	6.33
Ejercito Nacional	3.19	Camino a Santa Teresa	7.23		
Av. del Conscripto	1.28	Calzada del Hueso	4.5		

Figura 43. Composición y longitudes de vialidades o arterias principales en el D.F.

Eje vial	Longitud km	Eje vial	Longitud km
Eje 1 Norte	12.541	Eje 9 Sur	10.3
Eje 2 Norte	8.648	Eje 10 Sur	2.118
Eje 3 Norte	29.2	Eje Central Lázaro Cárdenas	24.7
Eje 4 Norte	5.302	Eje 1 Oriente	21.917
Eje 5 Norte	18.5	Eje 2 Oriente	37.145
Eje 6 Norte	6.011	Eje 3 Oriente	8.879
Eje 1 Sur	12.964	Eje 4 Oriente	3.025
Eje 1A Sur	8.099	Eje 5 Oriente	7.454
Eje 2 Sur	8.999	Eje 6 Oriente	1.971
Eje 2A Sur	3.634	Eje 7 Oriente	0.821
Eje 3 Sur	14.331	Eje 1 Poniente	19.871
Eje 4 Sur	17.821	Eje 2 Poniente	8.721
Eje 5 Sur	18.5	Eje 3 Poniente	9.993
Eje 6 Sur	18.7	Av. Revolución	4.646
Eje 7 Sur	6.517	Eje 6 Poniente	2.395
Eje 7A Sur	10.1	Eje 6A Poniente	2.997
Eje 8 Sur	2.779	Eje 7 Poniente	3.893

Figura 44. Composición y longitudes de los ejes viales en el D.F.

En el caso de la distribución de los ejes viales, por ejemplo, se entiende que del primer cuadro que comprende la zona del centro histórico hacia el norte se extienden los ejes denominados eje norte que tienen un sentido de tránsito que va de oriente a poniente y viceversa, por otra parte, del mismo punto de referencia hacia el sur se extienden los ejes denominados eje sur, que al igual que los ejes norte tienen un sentido de tránsito de oriente a poniente y viceversa, de manera respectiva los ejes oriente y poniente, se extienden hacia el oriente y poniente del Distrito Federal, teniendo un sentido de tránsito de norte a sur y viceversa.

Estos ejes tienen la característica de formar una red a lo largo y ancho del territorio que comprende el D.F.; cada eje en algunos casos solamente tiene un solo sentido de tránsito, por ejemplo el eje central, que tiene un sentido de tránsito de sur a norte únicamente, por otro lado existen ejes que poseen los dos sentidos de tránsito en alguno de sus tramos como por ejemplo el eje 3 oriente, también es importante mencionar que el sentido de tránsito que presentan los ejes viales se encuentra de manera alternada entre uno y otro, por ejemplo, el eje 4 sur tiene un sentido de tránsito de poniente a oriente, entonces el eje 5 sur tendrá un sentido de tránsito de oriente a poniente.

3.2. ESTADO ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN EL DISTRITO FEDERAL.

El estado actual de la infraestructura vial en el D.F. cuenta con los datos siguientes:

- La longitud total de la red vial en el Distrito Federal es de 10,200 km aproximadamente
- Las vialidades primarias se componen por 930 km de longitud que representan el 9% del total
- Las de vías de acceso controlado tienen una longitud de 171.42 km
- Los ejes viales ocupan alrededor de 421.16 km de longitud
- Las conocidas como arterias principales tienen una longitud de 320.57 km
- La longitud de vialidades secundarias se compone por 9,229 km
- Los ejes viales construidos en la ciudad de México suman 31, 6 al norte, 10 al sur, 7 al oriente, 7 al poniente y el eje central.
- La red vial secundaria posee una longitud estimada de 9,557 km

Esta infraestructura vial da cabida a servicios de transporte eléctrico que cuenta con una red de trolebuses que dan servicio mediante 344 trolebuses distribuidos en 17 líneas a lo largo de 422.14 km de longitud, una red de transporte de pasajeros (RTP) que posee un parque vehicular de 944 unidades distribuidas en 98 rutas recorriendo una longitud diaria de 180,000 km diarios aproximadamente y transportando diariamente alrededor de 513 mil pasajeros en promedio.

Además se tienen 9 empresas de transporte concesionadas, integradas por un parque vehicular de alrededor de 1,197 unidades cubriendo 97 rutas a lo largo de 3,000 km transportando a un promedio diario de un millón 200 mil pasajeros, apoyados por 102,110 unidades de taxis, de los que el 90% son taxis denominados libres y el 10% son taxis de sitio y que atienden un promedio de 1.1 millones de viajes diarios.

En lo que respecta al equipamiento de transporte en la ciudad de México se tienen 46 centros de transferencia modal (CETRAM) que ocupan una superficie aproximada de 80 hectáreas, estos CETRAM brindan servicio diariamente a 4 millones de usuarios con 23,000 unidades de transporte público de los cuales un 45% provienen del Estado de México.

Complementando de alguna manera a la infraestructura vial en el D.F. se tienen alrededor de 1,216 estacionamientos públicos con la capacidad de albergar a un total de 160,966 automóviles, además se cuenta con 1,645 parquímetros distribuidos en la Colonia Juárez y de 2,700 en la Colonia Cuahutémoc.

Acerca de los sistemas de control, la ciudad de México tiene alrededor de 3,056 intersecciones semaforizadas, de las cuales 1,810 son semáforos electrónicos y 1,246 son semáforos computarizados, esto además se complementa con 172 cámaras de video en diferentes vialidades con el fin de observar el tránsito vehicular y los incidentes en la vía pública y con 20 tableros electrónicos que proporcionan información horaria, atmosférica y recomendaciones de seguridad vial a los conductores.

3.3. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS QUE SE ENCUENTRAN IMPLEMENTADOS EN EL DISTRITO FEDERAL Y SU PERSPECTIVA.

En lo que se refiere a la incursión de los sistemas de transporte inteligente en el Distrito Federal, podemos mencionar que los primeros pasos se dieron hace 30 años con la puesta en marcha del Sistema de Transporte Colectivo (METRO) ya que para su funcionamiento se implementó tecnología de vanguardia, que en ese tiempo Francia había desarrollado para ese medio de transporte, conformado principalmente por sistemas de señalización y conducción automática, entre otros.

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

Otro de los sistemas que se han actualizado recientemente en el D.F. debido a la acelerada tasa de crecimiento del parque vehicular en la ciudad, ha sido la de los sistemas de control y señalización, la Secretaría de Seguridad Pública tiene a su cargo la instalación y operación de estas innovaciones tecnológicas, la herramienta principal que la SSP tiene, es la red de semáforos, la cual está constituida por 3,056 intersecciones semaforizadas, clasificadas en dos grandes sistemas:

- 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.

- 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 verde 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:

El Circuito Cerrado de Televisión (CCTV), que opera con 172 cámaras de video, de resolución a color, operadas a control remoto desde el centro de control, con movimientos de 360 grados en plano horizontal y 120 grados en plano vertical, así como con un zoom de acercamiento de casi

600m, 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.

Y el Sistema de Señales Dinámicas, que está compuesto por 20 tableros electrónicos 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.

Por otra parte, en los últimos 5 años, la ciudad de México cuenta ya con dispositivos y servicios ITS implementados en su infraestructura vial y carretera, algunos de estos dispositivos y servicios han sido implementados tan discretamente que para algún sector de la población han pasado desapercibidos y no conoce la utilidad de estos dispositivos y servicios o por el contrario, los han adoptado como algo ya tan cotidiano que hasta parecieran haber estado ahí todo el tiempo.

Lo cierto es que nos encontramos en una fase de adaptación a estos servicios y para conocerlos un poco mejor y saber sus funciones se presenta la figura 45, en la que se describen las aplicaciones existentes en el D.F., los avances que se tienen y algunas consideraciones que se pueden tener para mejorar el servicio, en algunos casos la implementación de estos dispositivos corre por cuenta de empresas privadas o por parte del gobierno estatal o federal a través de las dependencias correspondientes.

En lo que se refiere a la perspectiva de los ITS en la infraestructura vial urbana del D.F. se considera que los dispositivos implementados actualmente darán entrada a otros dispositivos y servicios ITS, de tal manera que se pueda contar en el futuro con una infraestructura suficiente y completa para cubrir las necesidades de una ciudad tan grande como el Distrito Federal y de esta manera cumplir con los objetivos principales que se plantean por el uso de los ITS y con la opción de poder, en un futuro, interrelacionar de esta manera a todo el territorio nacional.

Estos servicios y aplicaciones ITS se han venido modernizando de manera que actualmente se cuenta con un equipo y tecnología adecuado para la ciudad de México y en algunos casos como en las empresas privadas, se cuenta con tecnología de punta.

Un ejemplo de ello es el dispositivo conocido como Lo/Jack que surge a raíz del problema de robo a vehículos automotores, este sistema permite rastrear y recuperar el vehículo robado en un lapso de

tiempo menor a 2 horas, esta tecnología beneficia tanto a los dueños de vehículos automotores como a las compañías de seguros y que se percibe mediante un cobro menor en las primas de seguro.

Aplicación en el D.F.	Avances	Consideraciones
Centro de control.	En la ciudad de México, existen instalaciones donde realizan el monitoreo del tránsito en las principales vialidades urbanas específicamente en la SSP.	La integración de los sistemas permitirá instalar adecuadamente un centro de control, evaluando detalladamente los equipos disponibles.
Servidor de Datos.	Existen diversas bases de datos de instituciones y autoridades relacionadas con el transporte (CAPUFE, DGAF, PFP, INEGI, IMT, DDF, SETRAVI, etc.)	Es factible realizar un programa de interconexión, apoyándose en las universidades y centros estudios superiores, que permita utilizar coordinadamente las diferentes bases de datos.
Televisión de Baja Potencia (TUBP).	Existen canales de televisión abierta y sistemas de televisión por cable y satelital que en algunos noticieros matutinos transmiten rápidamente algunas tomas de condiciones de tránsito en las principales vialidades de la ciudad de México; además en diversas estaciones radiofónicas, transmiten continuamente información sobre condiciones e incidentes de tránsito.	Se podría analizar la obligatoriedad para cada canal, de transmitir alternadamente determinado número de minutos con la información del sistema la propuesta se analizaría en función de días de la semana, horas pico de tránsito, horas de mayor demanda televisiva y cobertura.
Programa de etiquetas de viaje.	Algunas empresas privadas de autotransporte tienen registros de distancias y tiempos de recorrido de sus flotas, mediante sistemas GPS.	Se puede desarrollar un sistema piloto utilizando vehículos oficiales o de empleados federales voluntarios y los transponders y antenas de desecho de la administración general de aduanas.
Sistema de localización de vehículos (VLS).	Existen algunas aplicaciones de estos sistemas, utilizando GPS.	La DGAF está iniciando a estructurar un proyecto de este tipo, aplicable inicialmente al autotransporte, utilizando DSRC.
Página Internet.	El programa red vial, de info red, tiene servicio de atención vía internet en su dirección: www.monitor.com.mx ; también existe la página www.radarvial.com.mx del gobierno del D.F.	Mediante la hipervinculación de las páginas de empresas públicas y privadas, se podrían reforzar y ampliar las páginas existentes.
Sistemas de información al viajero.	Se tienen dispositivos instalados en el aeropuerto internacional del D.F. y en centrales de autobuses como la terminal de oriente y la terminal del norte, además se cuenta con pantallas informativas a lo largo de las principales vialidades del D.F.	Se podrían instalar más dispositivos en todas las líneas que prestan servicio foráneo contenidas en cada una de las terminales tanto de autobuses como aéreas y ampliar el tipo de información que proporcionan de manera que se interrelacionen los modos de transporte en el D.F.

Figura 45. Aplicaciones de ITS en el D.F.

3.4. DEPENDENCIAS ENCARGADAS DE DESARROLLAR Y MODERNIZAR LOS ITS EN MÉXICO Y APLICACIONES A SU CARGO.

México cuenta actualmente con un comité de ITS que forma parte de ITS América (Intelligent Transport Society of América) en donde la secretaría de comunicaciones y transportes (SCT) es la dependencia gubernamental rectora y más alta autoridad del comité en México, cabe señalar que la prioritaria y particular función de las telecomunicaciones se debe a que el funcionamiento de los ITS se basa fundamentalmente en éste campo.

Además de la SCT, se cuenta con la participación de otras dependencias gubernamentales tales como:

La Secretaría de Economía, que participa en los tratados, acuerdos y normas de ámbito internacional y determina la metodología específica en los procesos de importación y exportación de dispositivos ITS.

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público, que se encarga del manejo de recursos financieros, la aplicación de modelos financieros para el desarrollo de los proyectos y también atiende lo referente al pago de derechos y regalías, manejo de fondos, pago de adquisiciones y equipos, suministros e internación de bienes de tecnología ITS y utilización de sistemas ITS para eficientar los procesos aduanales.

La Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, tiene como responsabilidad la adecuación y construcción de infraestructura e implementación de sistemas ITS, prestando especial atención a la preservación del medio ambiente y la ecología, así como el uso de combustibles alternos.

La Secretaría de Turismo, se encarga del planteamiento y estructuración de proyectos encaminados a la creación y eficientización de servicios de transporte para el turismo e información a usuarios, concertando acciones con aeropuertos y servicios auxiliares y con la Cámara Nacional de Autotransporte de Pasaje y Turismo, principalmente.

La Secretaría de Gobernación, por conducto de la Procuraduría General de la República y el apoyo de la Secretaría de Seguridad Pública participa prioritariamente en la actualización y modernización

de cuerpos policíacos, la interacción de operativos y procedimientos tanto para la estricta aplicación de las leyes y reglamentos de tránsito, como para el combate a la delincuencia en el transporte, mediante el uso y aplicación de tecnologías ITS.

La Secretaría de Relaciones Exteriores, se encarga del protocolo para el establecimiento de acuerdos y convenios comerciales y de transferencia de tecnología ITS, además de coordinar la participación de representantes y delegados mexicanos especialistas en ITS, para asistir a foros internacionales.

La Secretaría de Salud, participa en el diseño y elaboración de proyectos basados en ITS, destinados a la prevención de accidentes viales y principalmente a desarrollar mecanismos y procedimientos para la expedita y adecuada atención y canalización de lesionados accidentados en vialidades.

El Instituto Mexicano de Transporte, se encarga de la coordinación de proyectos de investigación, conformación de cuadros y matrículas para la formación de especialistas en ITS, atención a los programas de intercambio académico y de investigadores con universidades e institutos extranjeros, principalmente con Canadá y los Estados Unidos de América.

Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, tiene bajo su responsabilidad el desarrollo y modernización de las autopistas que administra, implementando tecnologías y dispositivos ITS, en una etapa inicial se tiene contemplado la modernización y ampliación de su sistema de telepeaje, promoción del comercio electrónico, vigilancia por medio de circuitos de cámaras, sistemas de señalización dinámica y atención de emergencias, además promoverá el desarrollo del proyecto piloto de carretera inteligente que tiene elaborado desde hace algunos años.

Aeropuertos y Servicios Auxiliares, participa en la modernización de servicios en la red aeroportuaria, mejorar los servicios a usuarios, atención de emergencias y actualización de ayudas aéreas.

El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, participa en la conformación de esquemas y bases de datos que sirvan como soporte para estudios de factibilidad y regionalización de aplicación de tecnologías ITS, adicionalmente se encarga del diseño, estructuración, aplicación y control de medios, mecanismos y metodologías informáticas para el desarrollo de ITS.

La Comisión Federal de Telecomunicaciones, participa en el uso y control de frecuencias, protocolos y estándares para la aplicación de tecnologías ITS, vigilando la adecuada utilización del espectro radio eléctrico, evitando fallas e interferencias.

La Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del estado de México, participan en el desarrollo de proyectos de aplicación de tecnologías ITS para el mejoramiento del transporte público urbano, sistemas de semaforología, protección al medio ambiente que conjuntamente con la secretaría de protección y vialidad, emplean sistemas con tecnología ITS para el combate a la delincuencia y mejora de la atención ante emergencias y accidentes viales.

La iniciativa privada también integra y contribuye en las actividades del comité ITS en México, participando en la estructuración de programas de aplicación de tecnologías ITS, diseñando y definiendo compromisos, acuerdos y contratos para la realización de los proyectos y el uso de tecnologías ITS, además de proporcionar la información sobre alternativas tecnológicas, que sirvan de base para la elaboración de proyectos con tecnología de vanguardia, que satisfaga real y ampliamente las necesidades de México, también participa en la elaboración de esquemas financieros accesibles para la adquisición y explotación de los respectivos productos, que sean atractivos para los transportistas nacionales.

Dentro de las instituciones privadas que conforman dicho comité encontramos a la Cámara Nacional de Autotransporte de Pasaje y Turismo, la Cámara Nacional de Autotransporte de Carga, la Asociación Nacional de Transporte Privado, a la Confederación Nacional de Transportistas Mexicanos, la Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones, a la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros, se encuentran también empresas como: Transportes Arwest, Kenworth de México, Grupo DINA, 3M México, Terminal Multimodal Altamira, Asociación Mexicana de Infraestructura Concesionada, Sistemas de Información Geográfica S.A., Internacional de Contenedores Asociados de Veracruz, Cal y Mayor y Asociados, APL de México, entre otras.

En la figura 44 se mencionan en forma general las aplicaciones ITS en México y las autoridades responsables de la implementación y desarrollo de estas aplicaciones.

Aplicación ITS	Responsable de su implementación y desarrollo
Manejo y control del tráfico interurbano.	SCT y CAPUFE.
Peajes electrónicos.	SCT y CAPUFE.
Manejo y control del tráfico urbano.	Gobierno estatal y dependencias de seguridad pública.
Identificación electrónica de vehículos.	Gobierno estatal y dependencias de seguridad pública.
Monitoreo de velocidad y tráfico.	Gobierno estatal y Policía.
Sistemas de información al pasajero.	Autoridades del transporte público y operadores de autobuses.
Tarjetas de pago.	Autoridades del transporte público operadores de autobuses.
Sistemas de información al conductor.	Gobierno estatal y autoridades del transporte colectivo.
Aplicaciones de manejo eficiente de flotas y cargas.	Operadores de flotas de camiones o de transporte de carga, empresas privadas.
Aplicaciones para la seguridad de las vías.	SCT y CAPUFE.

Figura 44. Aplicaciones ITS y responsables de su aplicación y desarrollo en México.

De esta manera quedan distribuidas las responsabilidades de aplicación y desarrollo de los ITS en México, es importante señalar que para el cumplimiento de todas estas responsabilidades se cuenta con el apoyo del sector privado y el sector académico, aportando recursos económicos y humanos respectivamente.

3.5. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS QUE SE ENCUENTRAN IMPLEMENTADOS EN PAISES COMO FRANCIA, ESPAÑA, COLOMBIA Y CHILE.

A continuación se presenta una breve descripción de dispositivos y servicios de ITS implementados en países Europeos y Sudamericanos, con el fin de realizar una comparación más clara del desarrollo y avance que se tiene y que se puede tener en materia de ITS y posicionar a México en un claro nivel de aplicación, con la finalidad de fomentar el conocimiento, trabajo y desarrollo de los ITS en nuestro país.

- **FRANCIA.**

En lo que se refiere a servicios ITS, Francia ocupa uno de los primeros lugares junto con Inglaterra y Alemania, los franceses han implementado y desarrollado los servicios ITS que se enuncian en la figura 45, donde por un lado se clasifican los servicios ITS y por el otro se proporciona una pequeña descripción del servicio, además de estos servicios, Francia también cuenta con la ZELT (zona experimental y laboratorio de tráfico) donde se realizan actividades de investigación, ensayos a gran escala y evaluación de los servicios ITS implementados en el país.

Finalmente, en Francia, varias escuelas universitarias como la Escuela Nacional de Puentes y Caminos (ENPC), la Escuela Nacional de Obras Públicas del Estado (ENTPE), entre otras, ofrecen la enseñanza de los sistemas de transporte inteligente, también hay que destacar que esta formación permite difundir estas nuevas técnicas de manera adecuada.

• **ESPAÑA.**

España, por su cercanía con Francia y por pertenecer a la comunidad Europea, tiene una gran influencia con respecto a las aplicaciones ITS y al igual que los países líderes ha optado por desarrollar su propia arquitectura en ITS.

La aventura española en los ITS se inició con un proyecto denominado San Isidro Corridor en el año de 1998, orientado principalmente a los sistemas ATIS (Sistemas Avanzados de Información al Viajero) dando cabida posteriormente a las aplicaciones que complementarían la arquitectura ITS española actual y surgiendo así el 31 de mayo del 2002 la asociación de ITS en España conformada principalmente por la Asociación Española de la Carretera y la Asociación Técnica de Carreteras.

En la figura 46 se enlistan las aplicaciones de las que se derivan los servicios ITS que se encuentran integrados a la infraestructura vial urbana y carretera española.

Además de estos servicios, la infraestructura ITS española, cuenta con varias tecnologías aplicadas a varias áreas de los ITS como son:

- Identificación Automática de Vehículos
- Sistema de Posicionamiento Global GPS
- Captación de datos
- Detección de velocidad
- Comunicaciones móviles
- Tarjetas inteligentes
- Sistema de Información Geográfica GIS
- Reconocimiento de matrículas
- Detección automática de incidentes

- **COLOMBIA.**

En lo que respecta a los ITS en Colombia, su nivel de implementación es mínimo debido a la reducida infraestructura vial que posee y a que el gobierno colombiano ha optado por ordenar su sistema vial a través de varias estrategias enfocadas principalmente al mejoramiento de su transporte público, de tal manera que las aplicaciones ITS que posee Colombia se enfocan principalmente a este servicio, entre los dispositivos que se encuentran implementados en esta infraestructura está una central de control de autobuses que realiza un monitoreo del funcionamiento del sistema, se cuenta también con un sistema de pago automático que para su funcionamiento es necesario emplear una tarjeta inteligente sin contacto, a estos dispositivos lo complementan sistemas de señalización variable y georeferencial, incluyendo tecnología GPS.

Finalmente los servicios ITS implementados para el buen funcionamiento del transporte público en Colombia, concretamente en Bogotá, se integra por un sistema gráfico global para diferenciar redes y áreas y para entregar en paraderos y estaciones información referente al sistema, como se puede observar, las aplicaciones y servicios ITS en este país son mínimas, esto se debe, si lo comparamos con nuestro país, a su reducida infraestructura vial y al reducido desarrollo en el ámbito de transportes que posee.

- **CHILE.**

Como consecuencia de problemas tales como la congestión vehicular, la contaminación ambiental del aire y recientemente la puesta en operación de concesiones de autopistas urbanas e interurbanas, se ha llevado a cabo en Chile, la incorporación de tecnologías ITS a través de diversos proyectos, en la figura 47 se aprecian las aplicaciones ITS implementadas principalmente en Santiago de Chile y el equipo con el que se prestan estos servicios.

Tanto en Santiago, Valparaíso y diversas ciudades a lo largo Chile (ciudades intermedias), se encuentran implementados o están en desarrollo modelos estratégicos de transporte urbano, estos modelos, dentro de los cuales destacan ESTRAUS (Santiago), ESTRAVAL (Valparaíso-Viña del Mar), VIVALDI (ciudades Intermedias) y VERDI (Módulo de Evaluación de Proyectos Estratégicos), han sido creados para estudiar y evaluar los impactos sobre el sistema de transporte urbano de proyectos de carácter estructural, como son nuevas líneas de metro, grandes obras viales y otros, dentro de un marco de escenarios de proyección del desarrollo urbano de cada ciudad.

Finalmente no se puede dejar de mencionar que actualmente Chile está trabajando para lograr un desarrollo más integrado, compatible e interoperable de los ITS con el apoyo de la Trade and Development Agency de los Estados Unidos de América, que encargaron a un consorcio formado por las empresas norteamericanas Lockheed Martin Corp., Consystec Corp. y Aristo Consultores Ltda. de Chile, el desarrollo de una primera versión de una arquitectura ITS para Chile para poder así construir una arquitectura nacional que orientará el desarrollo de los ITS en los próximos 10 ó 15 años, esto debido a que el gobierno chileno en un principio adquirió e implementó dispositivos ITS de diferentes regiones (Estados Unidos de América, Japón y Europa), lo que provocó que al intentar integrar todos los dispositivos implementados en un solo sistema o arquitectura ITS surgieran problemas de incompatibilidad, manifestándose en una operación deficiente en todos los dispositivos implementados.

Aplicación orientada a los ITS	Descripción del Servicio
Horario Electrónico.	Receptor portátil que recibe mensajes alfanuméricos emitidos por un servicio de radiomensajería por vía hertziana.
Sistema "infobus".	Facilita el uso de los transportes públicos, informa sobre los tiempos de arribo de los próximos autobuses a las paradas establecidas.
Minitel.	Proporciona información acerca del estado de las carreteras en todo el territorio francés.
Pase Electrónico.	Es un sistema que permite el pago del servicio de transporte público y el pago de peaje en autopistas.
Telepeaje.	Permite realizar el pago del peaje antes o después del viaje con el fin de evitar largas filas en las casetas.
Paneles de mensajes variados.	Ofrecen principalmente servicios de información de tráfico, condiciones atmosféricas, orientación de rutas, información de accidentes y recomendaciones de manejo.
Sistema Sirius (Servicio de información de la red inteligible para los usuarios).	Se encuentra integrado por los paneles de mensajes variados, cámaras de video y dispositivos de recepción instalados a lo largo de las principales avenidas en Francia, que proporcionan información de tráfico en tiempo real.
Sistemas de alerta integrados.	Permite al usuario pedir ayuda en caso de algún accidente o avería, o simplemente pedir información sin tener que salir del vehículo.
Biseles de despliegue automático.	Son barreras de protección que permiten a los vehículos en dificultades esperar ayuda cerca de las barreras de contención.
Detección automática de incidentes.	Proporciona al centro de gestión una identificación casi instantánea de los accidentes que ocurren en las vialidades.
Terminal interactiva.	Permiten al usuario acceder a información de tipo multimodal para el transporte público.
Vehículo de libre acceso.	Son flotas de pequeños autos eléctricos que se encuentran estacionados a lo largo de una calle a disposición del público a modo de self-service.
Sistema GPS.	Sistema de localización de vehículos.
Visionauta.	Sistema de información de carreteras, permite tener acceso a la información de tráfico en las carreteras.
Gestión de flota y flete.	Permite a los transportistas conocer la ruta óptima para el traslado de mercancías además de proporcionar al conductor información acerca del tráfico.
Carminat.	Es un sistema integrado de guía que permite al usuario conocer la ruta óptima a algún destino en particular.

Figura 45. Aplicaciones y servicios ITS en Francia (1ª parte).

Aplicación orientada a los ITS	Descripción del Servicio
Aplicación para la información en las autopistas (AIDA).	Informa a los usuarios en tiempo casi real, acerca de las condiciones que imperan en la autopista (incidentes, tráfico, accidentes, etc.) además de informarle de las condiciones meteorológicas y de circulación por la autopista.
Cruces inteligentes y ondas verdes.	Es un sistema que controla el cambio de luz en los semáforos controlados desde una computadora evitando que los usuarios se detengan en cada cruce.
Centros regionales de información y coordinación de carreteras.	Informan de las condiciones meteorológicas en las carreteras y emiten boletines a través de varias fuentes con recomendaciones de conducción.
Radio de isofrecuencia 107.7 Mhz	Proporciona a través de 5 emisoras de radio, información de las condiciones de las carreteras y vialidades.

Figura 45. Aplicaciones y servicios ITS en Francia (2ª parte).

Aplicaciones ITS	Servicios en España
Información de tráfico, viaje y turística.	Sistemas embarcados multimedia. Servicios de información al viajero. Sistemas embarcados de navegación. Sistemas a bordo información de tráfico. Vehículos flotantes. Comunicaciones móviles.
Emergencias - Mercancías peligrosas.	Servicios de asistencia en carretera. Equipos a bordo de aviso de emergencias.
Flotas de vehículos comerciales.	ITS en planificación de transporte y logística. Sistemas de control y gestión de flotas. Monitorización y seguimiento de flotas. Tacógrafos digitales. Sistemas a bordo seguridad de mercancías. Procesos administrativos en flotas. Transporte intermodal. Sistemas de pesaje dinámico.
Control y gestión del tráfico.	Pago y gestión de estacionamientos. ITS en la planificación de tráfico. Detección, clasificación y conteo de vehículos. Videovigilancia - supervisión del tráfico. Equipos de señalización e información. Meteorológicos, ambientales y de emisiones. Centros de gestión de tráfico. Control de túneles. Regulación de tráfico urbano. Sistemas de peaje. Gestión de incidentes.
Transporte Público.	Gestión multimodal del transporte público. ITS en la planificación de transporte público. Planificación (horarios / turnos). Sistemas de información al usuario. Sistemas de Ayuda a la Explotación. Conteo de pasajeros. Pago electrónico en transporte público.
Pago electrónico.	Pago y gestión de estacionamientos. Pago electrónico en transporte público. Sistemas de peaje. Tarjetas inteligentes.

Figura 46. Aplicaciones y Servicios ITS en España.

Aplicación ITS	Equipo
Sistema de Peaje Electrónico.	Peaje electrónico canalizado. 2000 transponders
Sistema de Control de Tráfico del Gran Valparaíso.	Control de 50 intersecciones. Control de tiempo fijo. 6 Cámaras en CCTV de monitoreo. Contadores vehiculares. Sitio WEB de información de tráfico a usuarios.
Sistema de Supervisión y Control de Operaciones.	Sistema de control y supervisión de flota. Seguimiento y localización de trenes. Control de frecuencia. Sistema de despacho.
Sistema de Control de Tráfico de Santiago.	Control de 1655 intersecciones, de las cuales 300 intersecciones cuentan con control dinámico SCOOT. 35 Cámaras en CCTV. Sistema GIS. 6 Letreros de mensaje variable. 40 Contadores vehiculares en red. Sitio WEB de información de tráfico a usuarios.
Sistema de Gestión de Flota Camiones Antepuerto.	Control de acceso de los camiones al puerto. Coordinación carga / descarga con despachos.
Sistema de Peaje Electrónico.	Peaje electrónico canalizado.
Sistema de Auditoría de Sistemas Electrónicos de Cobro de Peajes de Concesiones.	Conexión con los sistemas de peaje de los concesionarios. Funciones de auditoría Información de tráfico interurbano.
Sistemas de Localización Automática de Vehículos. Red Interurbana de Contadores Vehiculares. Sistema de Peaje Electrónico. Sistema de Gestión de Tráfico.	Mayoritariamente con GPS. Estimación de 200 vehículos. 70 Contadores instalados en todo Chile. Tecnología basada en espiras. Sistema de flujo libre y de autopistas (no canalizado). 300.000 transponders. Norma europea CEN. Letreros de mensaje variable. Contadores vehiculares. Teléfonos de emergencia. Control de incidentes. Control de túneles.
Censo de Flujos de Tráfico de Santiago.	Red urbana de 138 contadores vehiculares. Una fracción de los contadores con capacidad de clasificación. Diferentes tecnologías.
Sistema de Control de Tráfico Concepción.	Supervisión y control de 152 intersecciones. Sistema centralizado.
Modernización del Sistema de Tarificación y Cobros para el Transporte Masivo.	Tarjeta inteligente. Medio único de pago para Metro, MetroBus, MetroTren.
Actualización de Red Interurbana de Contadores Vehiculares.	Ampliación a 240 puntos de medición de flujos vehiculares.
Sistema de Supervisión y Control de Cruces Fronterizos.	Trámites de aduanas expeditos. Utilización de tecnología de transponders. Control de ingreso de los vehículos.
Sistema de Supervisión y Control del Transporte Público.	Control de frecuencia. Localización vehicular.

Figura 47. Aplicaciones y servicios ITS en Chile (1ª parte).

Aplicación ITS	Equipo
Mejoramiento del Sistema de Control de Tráfico de Santiago.	Nuevas redes de semáforos con control dinámico. Mejoramiento del sistema CCTV. Sistemas de detección automática de incidentes y de detección vehicular por video. Mejoramiento del sistema de letreros de mensaje variable. Mejoramiento del sistema de información a usuarios. Nuevos negocios o servicios. Arquitectura ITS urbana.
Centro de Control de Tráfico Interurbano.	Consola de gestión para tráfico interurbano.
Arquitectura Nacional ITS.	Dispositivos y servicios ITS.
Censo de Flujos Vehiculares en Regiones.	Instrumentación en 18 ciudades.

Figura 47. Aplicaciones y servicios ITS en Chile (2ª parte).

CAPÍTULO 4

IMPORTANCIA DE LA IMPLEMENTACIÓN Y EL DESARROLLO DE LOS ITS EN LAS VIALIDADES URBANAS

Lo que actualmente parece innegable en materia de transporte es el uso de las nuevas tecnologías que se han convertido en una de las principales esperanzas en lo que al control de rutas o a la gestión del transporte público se refiere y mediante un uso adecuado y coordinado de las nuevas tecnologías se pueden, sin duda, reducir los tiempos de desplazamiento y las distancias recorridas, a la vez que se incrementan la seguridad, el confort y el conjunto de servicios que pueden ser ofrecidos a los usuarios y clientes.

En cuanto a la información vial y de tráfico podemos señalar que la señalización vial a menudo puede entregar información redundante, contradictoria o a destiempo, los sistemas telemáticos VMS (Variable Message Sign) o Señales de Mensajes Variables apuntan a corregir esta situación, permitiendo en un mismo panel desplegar información actualizable remotamente desde una central de operaciones, que recoge y procesa la información de campo que capturan los sensores instalados en las arterias, de esta forma el usuario puede elegir la mejor opción de ruta con información actualizada, reduciendo las demoras.

En referencia a la gestión moderna del transporte público resulta fundamental destacar que gran parte de los esfuerzos de las autoridades urbanas se centra en incentivar el uso del transporte público por sobre los vehículos particulares, para ello se requiere garantizar la movilidad mediante un sistema de transporte público de calidad, con un modelo tarifario económicamente atractivo, conseguir un equilibrio entre los diferentes medios de transporte público, garantizando transbordos sencillos y con sistemas integrados de pago, asegurar un horario preestablecido o al menos una frecuencia regular adaptando la flota a la demanda de transporte existente en cada período.

Todo esto puede lograrse a través de aplicaciones diversas de sistemas de transporte inteligente, estos sistemas reciben y procesan la información capturada por distintas aplicaciones telemáticas, entregando soluciones globales orientadas a hacer un mejor uso de los sistemas de transporte, lo que apoya la toma de decisiones tanto de los usuarios como los operadores de la red, aplicaciones típicas en este sentido son, la localización de vehículos a través de GPS (Global Positioning System) o Sistema de Posicionamiento Geográfico y su integración en un GIS (Geographic Information

System) o Sistema de Información Geográfico, sistemas de prioridad al transporte público, sistemas de información al pasajero y sistemas de regulación de frecuencias por demanda.

Entre las ventajas de su incorporación se ha constatado una importante reducción en los tiempos de viajes, principalmente para los usuarios del transporte público, un mejor uso de la flota operativa de autobuses y desde el punto de vista medioambiental, un ahorro de combustible y una disminución de los contaminantes.

Adicionalmente, el sistema implementado permite entregar información al pasajero sobre los tiempos de viajes y de llegada actualizada de los autobuses a cada parada considerando las condiciones de tráfico imperantes en esos instantes, tanto en kioscos interactivos donde se puede consultar las rutas y adquirir los pasajes, como en las paradas del autobús y vía Internet, de esta forma el usuario puede planificar mejor su desplazamiento.

En cuanto al pago automático de tarifas y peajes debe quedar claro que para el transporte colectivo resulta importante generar mecanismos que faciliten el pago de tarifas, así como otorgar mayor seguridad al proceso de recaudación de pasajes, con el desarrollo actual de la tecnología, principalmente de las tarjetas inteligentes, es posible hacer esto y también realizar transbordos sin tener que comprar boletos adicionales.

Los pasajeros y conductores pueden realizar de manera más fácil sus viajes, disminuyendo además las demoras producidas en las paradas debido al cobro de la tarifa, en este sentido, con un adecuado manejo de la información contenida en las tarjetas, se puede llegar a una mejor gestión de la flota, reforzándola en las horas de mayor demanda, basándose en información de primera mano, el uso de la tarjeta inteligente "monedero electrónico" permite pagar otro tipo de servicios, además de soportar cambios en la tecnología y durar hasta cuatro años, otra área de gran desarrollo y difusión es la de la utilización de los telepeajes, por lo general asociadas a los procesos de concesión de obras viales, se estima que un cobrador manual puede atender 250 vehículos por hora, mientras que un dispositivo de telepeaje puede atender hasta 1800 automóviles por hora.

Finalmente, en el manejo eficiente de flotas a través de los GPS y GIS, se puede monitorear en cada instante la ruta que está siguiendo cada vehículo de una flota, esto permite ejercer un mayor control y gestión sobre la flota, ya que el sistema puede reportar detenciones no autorizadas, aperturas del compartimiento de carga, velocidad del vehículo, entre otros eventos.

La información es enviada en tiempo real a una central, la cual visualiza en un mapa digital el vehículo, su ubicación, la hora y duración del evento, entre otros datos programables, si esto se asocia con un sistema de comunicación de datos móviles, es posible suministrar información actualizada de las condiciones de tráfico o sobre cambios en la ruta trazada previamente por variaciones en la demanda, reduciendo un 37.5% los tiempos muertos por un mejor manejo de los despachos y una reducción de un 35% de las demoras en el servicio.

La implementación de sistemas de transporte inteligentes en vehículos comerciales es pues de gran utilidad en el manejo y la operación comercial, las tecnologías ITS permiten minimizar las interrupciones en la ruta de los vehículos de carga debido a chequeos de ésta en aduanas o pasos fronterizos, minimizando así sus demoras, también pueden ser implementados sistemas de pesaje automático, manteniendo un alto nivel de seguridad y eficiencia en la operación.

Es posible implementar también sistemas de prevención de colisión lo que ayuda a los conductores a manejar los vehículos de forma segura, estos sistemas, entre otras cosas, alertan a los conductores a dejar espacios más amplios entre vehículos e incluso los sistemas más avanzados permiten controlar y mantener automáticamente una distancia segura.

En cuanto a la asistencia al conductor en las redes de caminos, este tipo de sistemas, coordinados con las señales de tráfico, pueden detectar y ayudar en el manejo de incidentes mostrando información y dando consejos o instrucciones a los conductores por ejemplo en condiciones climáticas u horarias en las que la visibilidad se reduce, además, el control continuo de ciertas áreas presenta un gran beneficio a los operadores y tomadores de decisiones que pueden llevar a un mejor control sobre el número y tipo de vehículo que pasa por cierta ruta en un período dado y así tener mayor cantidad de información disponible, de manera rápida y confiable.

Finalmente, si bien es cierto que la implementación de todas estas soluciones tecnológicas son de gran utilidad por sí solas, es importante también que su funcionamiento esté coordinado y reglamentado para aprovechar todas sus potencialidades y lo más importante es que se puedan desarrollar y actualizar con la finalidad de mantener el mismo nivel de eficiencia en las vialidades urbanas con el correr del tiempo.

4.1. BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE TRANSPORTE INTELIGENTE.

Dependiendo de la orientación o el tipo de problema que pretende resolver un determinado sistema ITS, se obtendrán diferentes beneficios en particular, sin embargo, a modo global y general la implantación de sistemas ITS genera uno o algunos de los siguientes beneficios.

o Aumento de los índices de seguridad de tránsito.

o Aumento de la eficiencia en la fiscalización.

o Aumento de la eficiencia de la infraestructura.

o Aumento de la eficiencia económica de las empresas de transporte.

o Mejoramiento de la gestión de tráfico.

o Disminución de los tiempos de viaje.

En forma individual cada uno de los servicios mencionados en el capítulo 3 proporciona beneficios por su implementación, a continuación se indican los beneficios de estos servicios que integran en su conjunto a los ITS.

Beneficios por la aplicación de la tecnología en APTS

Aumento de eficiencia del servicio y del uso de la infraestructura.

Aumento de la seguridad de tránsito y ciudadana.

Toma de decisiones informadas en el ámbito operativo y de planificación.

Mejora en la calidad del servicio a los usuarios.

Reducción de costos de operación.

En lo que respecta a los ATIS cada subsistema que integra este servicio debe ser diseñado y construido para satisfacer los objetivos sociales, políticos y económicos de una comunidad.

Beneficios por la aplicación de la tecnología ATIS

Promueve la elección del modo de viaje basado en información en tiempo real y en forma precisa.

Reduce el tiempo de viaje intermodal y retrasos para viajeros individuales.

Reduce el "stress" del viajero para viajes a destinos poco familiares.

Reduce los riesgos de choque y de siniestros (por ejemplo, disminuye distracciones al conductor en rutas desconocidas).

Reducción global de los tiempos de viaje y retrasos.

Aumento del número de pasajeros de transporte público y de los ingresos a los operadores.

Mejora del servicio de transporte público y de la visibilidad e imagen en la comunidad.

Disminución de situaciones de congestión vehicular.

Beneficios por la aplicación de la tecnología ATMS

Reducción de la congestión vehicular.

Maximización del uso de una infraestructura existente.

Disminución del consumo de combustible en los vehículos.

Disminución de emisiones de los vehículos al aire.

Gestión integrada del tráfico en una región determinada, incluyendo arterias, calles y autopistas.

Mejora la perspectiva y la visión de los operadores de tráfico, la gestión del sistema de tráfico, las operaciones y la distribución de información.

Beneficios por la aplicación de la tecnología AVCS

Aumento de la seguridad (conductores, pasajeros y peatones) en la conducción de vehículos.

Disminución de accidentes en la ciudad y en carretera.

Mayor eficiencia en la conducción de vehículos.

Mejoras en los tiempos de transporte individuales y colectivos.

Mejora en la comodidad de las personas en viaje.

La aplicación de tecnologías ITS/CVO benefician en:

- o Reducción de la frecuencia y severidad de los accidentes de los vehículos comerciales.
- o Reducción de los costos de administración de los organismos reguladores y fiscalizadores y de las empresas de transporte.
- o Reducción de la congestión y mejoramiento de la eficiencia en estaciones de pesaje y en cruces de fronteras internacionales.
- o Mejoramiento de la competitividad económica por medio de la reducción de costo de transporte de las empresas de transporte y de la regulación.
- o En forma más específica, los beneficios anteriores se pueden desglosar como se presenta a continuación.

Los beneficios que tienen relación con el mejoramiento de la seguridad son:

- o Reducción de la congestión en estaciones de pesaje, es decir reducción del largo de colas de camiones en espera de su turno de pesaje.
- o Los esfuerzos de fiscalización se concentran en vehículos y operadores de alto riesgo y no revisados.

- o Menos camiones entrando y saliendo de estaciones de pesaje , lo cual reduce el riesgo de accidentes en la vía.

Los beneficios que tienen relación con la simplicidad o aumento de productividad son:

- o Mejoramiento de la eficiencia de la inspección, a través de operaciones automatizadas y simplificadas de inspección sobre los operadores de transporte de alto riesgo.
- o Aumento de la eficiencia y de la simplicidad en el trabajo diario de las empresas de transporte, conductores y reguladores, a través del intercambio de estandarizado de datos.
- o Disminución de la cantidad y simplificación del procedimiento de inspección en la vía de los vehículos, conductores y de las empresas de transporte de bajo riesgo.
- o Simplificación del llenado de solicitudes, lo que puede ser realizado desde las oficinas administrativas de las empresas de transporte.
- o Mejora en la calidad y rapidez en el acceso de la información de las agencias reguladoras y fiscalizadoras, por parte de las empresas de transporte.
- o Los beneficios que tienen relación con la disminución de costos son:
 - o Eliminación de detenciones innecesarias de camiones para una inspección de peso y seguridad, a través de la inspección electrónica.
 - o Reducción de costos por "movimiento de papeles", a través del informe y registro automático de datos.
 - o Eliminación de viajes y visitas de representantes de las empresas de transporte a las oficinas de las agencias reguladoras y fiscalizadoras para llenar solicitudes o requerir información.
 - o Aumento de la rapidez y precisión en el procesamiento de solicitudes, certificados y licencias por parte de las agencias gubernamentales.

- o Reducción del consumo de combustible y del tiempo ocioso de espera, a través de la disminución del número de detenciones y partidas de vehículos comerciales para inspección.
- o Mejora en la fluidez y en los tiempos de entrega de bienes en la cadena de distribución.
- o El uso de nuevas tecnologías representa un costo de inversión más barato en comparación con la construcción de estaciones de pesaje de vehículos.
- o Uso más efectivo de la infraestructura y servicios viales.
- o Desplazamiento de personal de las agencias gubernamentales desde tareas de "movimiento de papeles" a otras tareas productivas.
- o Aumento de la efectividad en la recolección de impuestos u otros ingresos por parte del Estado.

Beneficios por la aplicación de los Sistemas de Seguridad de Tránsito

Reducción general de cantidad de accidentes de tránsito.

Reducción de la severidad de los accidentes de tránsito.

Reducción de la cantidad de choques de vehículos con consecuencias fatales.

Reducción de la cantidad de choques de vehículos con lesionados.

Reducción de la cantidad de atropellos de peatones y ciclistas.

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

- o 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.

- o Aumenta la seguridad y comodidad del viajero al no utilizar dinero en efectivo.
- o Aumenta la seguridad y disminuyen los fraudes para el proveedor del servicio de transporte u otro.
- o 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.
- o Aumenta la flexibilidad para definir tarifas, variantes en el tiempo, o dependiendo de condiciones o estados de operación del sistema.
- o Disminuye costos por administración y gestión del dinero (transporte de monedas y billetes, depósitos, giros, etc.).
- o No genera cuellos de botella en el pago, por ejemplo, el abordaje al autobús es más fluido y los vehículos no se detienen ni disminuyen la velocidad al pagar peaje.

Y finalmente entre los principales beneficios que se logran mediante la aplicación de sistemas y tecnologías relacionadas u orientadas al manejo de emergencias, se pueden mencionar los siguientes:

- o Disminución del tiempo para avisar de una emergencia al organismo correspondiente.
- o Disminución del tiempo que toma a los servicios de emergencia en llegar al lugar del suceso.
- o Aumento de la eficiencia de los servicios de emergencia, manejo óptimo de la flota de vehículos, disminución del consumo específico de combustible y aumento de la capacidad de atención de emergencias.
- o Disminución de pérdidas de vidas humanas y pérdidas materiales.
- o Disminución de accidentes en los que están involucrados vehículos de emergencia.

- o Aumento en la seguridad de las personas, los vehículos policiales llegan en menos tiempo al lugar donde son necesarios, igual cosa sucede con los servicios médicos en caso de accidentes graves.
- o Aumento en la sensación de seguridad de las personas, frente a un evento imprevisto, se sienten respaldados al poder comunicarse con entidades que le ayudarán a solucionar su problema.
- o Disminución de la congestión de tráfico asociado a una emergencia vial.
- o Mejora en la comodidad de las personas en viaje.
- o El tiempo de respuesta de los vehículos de emergencia ha mejorado entre un 15% a 20%.
- o Aumento de la eficiencia del servicio de emergencia (ambulancias) entre un 10% a 15%.
- o Disminución de incidentes viales en un 40%.
- o Disminución de los tiempos de interrupción del tráfico en vialidades urbanas en un 55%.
- o Reducción de la tasa de severidad de incidentes en un 8%.

Todos estos beneficios son el resultado de años de investigación, análisis y desarrollo de los países que han adoptado a los ITS como parte integral de sus sistemas tanto político, social, cultural y económico.

4.2. EXPERIENCIAS EN MÉXICO Y ALGUNOS PAISES DEL MUNDO.

Con la finalidad de apreciar en forma real la importancia de los beneficios de las aplicaciones y servicios que ofrecen los ITS, se mencionan a continuación algunas experiencias a este respecto.

En lo que se refiere a experiencias en el uso de ITS en México podemos mencionar que desde 1999, se lanzaba ya un proyecto para la automatización de cruces fronterizos en el norte del país para desarrollar las operaciones de cruce de manera ágil y expedita mediante la integración de los

sistemas de cómputo e informática, así mismo, se construía un tramo piloto de carretera inteligente de 10 kilómetros en la carretera México-Cuernavaca y México-Querétaro incorporando sistemas de telepeaje existentes, sistemas de señalización dinámica, atención de accidentes, información al usuario y control de velocidad y peso y dimensiones de vehículos, por medio de circuitos de cámaras detectoras.

Así mismo, se creaba un sistema telemático, vía satélite, para dar a conocer las condiciones climáticas y la intensidad del tránsito de vehículos en las carreteras, lo que permitiría un incremento de la seguridad y la eficiencia en estas vías de comunicación y desplazamiento, actualmente el país sigue incrementando estos avances a través de la difusión del uso de tarjetas inteligentes en las que a través de ellas ya se realiza el pago de peajes en carreteras y autopistas concesionadas, una aportación basada en este sistema es la aparición de lo que se ha denominado como “combustible electrónico” en donde a lo largo y ancho del país 1,600 estaciones de gasolina venden combustible a través de un sistema integral de prepago que funciona mediante tarjetas electrónicas, la información de los vehículos (placa y número de serie) y los datos de la empresa son grabados en las tarjetas que se utilizan para las transacciones, mientras que la identidad del conductor se verifica a través de su número de identificación personal, estas tarjetas evitan que las empresas entreguen dinero efectivo a los conductores evitando así un mal uso de los capitales, además, los informes semanales, quincenales o mensuales le permiten a los clientes tener un control de sus gastos y ahorro en el consumo de combustible.

También se tienen experiencias en el ámbito de sistemas de localización de vehículos basados en tecnología GPS pues son cada vez más las empresas privadas que cuentan con este tipo de servicio ya que ha demostrado ser una herramienta poderosa en lo que se refiere a la gestión de flotas de vehículos comerciales.

Por otro lado, los avances en la región latinoamericana hasta el momento han sido escasos pero muy significativos teniendo en cuenta que suponen un principio de confianza en las posibilidades de las nuevas tecnologías como mecanismos para tratar de hallar soluciones para problemas que, de otro modo, siguen agravando aún más los efectos que se han producido hasta el momento.

En este sentido, Chile a través de la Ministra de Planificación y Cooperación, Alejandra Krauss, anunció a finales del año 2000, la realización de tres estudios destinados a mejorar el flujo vehicular de la capital del país, el primero de los estudios abarca un período de doce meses de duración y está

orientado a establecer las estrategias de mejora del sistema de control y a definir la incorporación de nuevas tecnologías, en particular, el estudio deberá recomendar y priorizar las nuevas redes de semáforo que operarán en control dinámico (semáforos inteligentes que se adaptan a los flujos vehiculares), la ubicación de cámaras de televisión y letreros de mensaje variable, así como la habilitación de sistemas de prioridad especial para autobuses destinados al transporte público, todo ello sin olvidar el uso de sistemas satelitales de posicionamiento de vehículos e información en línea a los conductores de las condiciones de tránsito existentes en la red vial de Santiago.

En otro de los trabajos, se tiene como objetivo instalar unas 250 estaciones de conteo conectadas en línea al sistema de control (las que se unen a las 30 actualmente en funcionamiento), con lo que se logrará una completa cobertura de la ciudad, estas estaciones de conteo medirán parámetros tales como flujos vehiculares, tiempos de ocupación sobre un detector (con la intención de monitorear la congestión) y velocidades, además de permitir la clasificación de vehículos, con esta información se pueden realizar estimaciones muy precisas de las variaciones del flujo vehicular en las diferentes zonas de Santiago y mejorar la capacidad de actualizar las programaciones de los semáforos que operan con planes de tiempo prefijados.

El último de los estudios contempla mejorar el programa computacional que se utiliza actualmente en la unidad operativa de control de tránsito para modelar redes de semáforo y calcular sus planes de tiempo, entre los adelantos a ser incorporados destacan facilidades gráficas, mejoras en la modelación del transporte público, la inclusión de los impactos de agentes externos como el ruido y la contaminación y una mejor estimación de las demoras y detenciones, lo que se traducirá en mejores programaciones de semáforos, según las estimaciones formuladas la materialización de estas iniciativas podría elevar a la unidad de control de Santiago, en un plazo de tres años, a los niveles más avanzados del mundo.

En lo que se refiere a Argentina, se cuenta con el centro de control de tránsito de la autopista inteligente, su implementación significó una inversión de cinco millones de pesos y permite recoger información múltiple de lo que sucede en la autopista y a partir de ella, operar en forma inmediata a favor del confort y la seguridad de los automovilistas, el centro de control está formado por un complejo de equipos de última generación y opera como cerebro del sistema, recibe información a través de las diversas fuentes colocadas sobre la autopista que decodifica, reproduce y almacena, con todos estos datos, los expertos de los departamentos técnicos y de seguridad vial, previenen y

asisten accidentes, detectan problemas de circulación, controlan el desempeño de los equipos que trabajan sobre la autopista y elaboran estadísticas de tránsito.

A través de este sistema es posible ver y medir en tiempo real secciones enteras de la autopista a través de cámaras y sensores respectivamente, informar del estado de la circulación a los conductores, monitorear el nivel de los servicios prestados en la autopista, conservar un amplio archivo selectivo de imágenes, brindar apoyo a la policía para disuadir actos delictivos o coordinar operativos, en la actualidad comprende un circuito cerrado de televisión con 22 cámaras, 53 estaciones de tomas de datos, entre los que se cuentan detectores de accidentes y medidores de velocidad y densidad de tránsito, 6 carteles electrónicos de mensajería variable, 5 semáforos microrregulados a través de sensores que determinan la densidad de tránsito y acortan o alargan automáticamente el tiempo de espera, el proyecto comprende el tramo que se extiende desde avenida Lugones hasta Ricardo Balbín, en la Avenida General Paz y desde esta última hasta Avenida Márquez.

Esta iniciativa se complementa con la implantación en Buenos Aires de un sistema de captación de infracciones por medios fotográficos, llamado “sistema de control inteligente de infracciones” con el pleno funcionamiento de los sistemas de telepeaje en las autopistas 25 de Mayo, Perito Moreno o la autopista del Buen Ayre entre otras, el buen resultado de estas experiencias es lo que ha impulsado de una manera definitiva la construcción de una “autopista inteligente” en la provincia de San Luis mediante una inversión de 130 millones de pesos.

Por otra parte, ciudades como Bogotá, en Colombia, han empezado a trabajar con innovaciones tecnológicas, fundamentalmente, la ciudad se encuentra con diversas empresas de transporte público automotor y los usuarios tienen que emplear tres o cuatro pasajes por recorrido cuando no existe una ruta que lo lleva de su residencia al trabajo y viceversa, con la propuesta por una “ciudad inteligente” además de reducir esta confusión de transporte, se ha pretendido que el usuario pague su recorrido y no por la simple subida al vehículo con lo que se confía en las posibilidades de uso de las tarjetas inteligentes, por una parte se ha pensado ya en establecer sistemas de comunicaciones entre los vehículos destinados al transporte público incluyendo sistemas de localización automática que permitan conocer la localización de un vehículo en un determinado momento, conocer si éste tiene retrasos o adelantos en sus horarios o si está fuera de la ruta.

Una de las últimas innovaciones es la que tuvo lugar en República Dominicana en enero del 2002, momento en el que la autoridad metropolitana del transporte proporcionó a sus agentes computadoras manuales, conectadas mediante Intranet, que han servido para aumentar la seguridad y la modernización del país en el manejo del tránsito, estas computadoras manuales se utilizan para la aplicación de multas, detectar vehículos robados o asuntos pendientes con la justicia, además, el tamaño del equipo es lo suficientemente práctico para ser llevado por los policías y se ha previsto un programa de capacitación para todos los agentes que deberán emplearlos, mediante el uso de estos equipos de alta tecnología los conductores podrán pagar las multas impuestas por las infracciones de la ley de tránsito mediante el uso de tarjeta de crédito o débito al mismo policía de tránsito, por su parte, los representantes de la ley pueden detectar la presencia de vehículos robados con el simple hecho de digitar el número de la placa, ya que el equipo se encuentra conectado con los departamentos correspondientes de la policía, si el propietario o conductor del vehículo tiene cuentas pendientes con las autoridades policiales o judiciales, ese dato saldrá en la pantalla del monitor cuando el número de su cédula o la placa sea digitada, con ese sistema los conductores no tendrán la obligación de entregar la licencia a los agentes, ni podrán tener la excusa de alegar que no tienen ese documento, ya que con el número de la cédula o la placa se podrá imponer la multa correspondiente.

Este conjunto de medidas no sólo agilizará el conjunto de procedimientos sino que beneficiará a los ciudadanos, ya que se sentirán más seguros a la hora de desplazarse por las principales vías de tránsito en todo el país, así mismo, estas medidas impedirán que se vulneren los principios elementales de los derechos humanos como ha sucedido hasta el momento y con constantes atropellos de los agentes de tráfico contra los conductores.

Acompañando a este propósito, la entidad ha colocado un sistema inteligente de cámaras en las carreteras y en puntos urbanos de gran afluencia de tráfico, las cámaras, colocadas de forma estratégica en puntos clave de la capital Santo Domingo y principales provincias del interior, así como en las carreteras y autopistas más importantes del país, graban los acontecimientos del tránsito y poder así proveer de una herramienta de ayuda a las autoridades en el momento que ocurran accidentes y asaltos en dichas vías, estas cámaras también podrán leer las placas de los vehículos y servirán de radar para medir la velocidad en las carreteras y autopistas del país.

Continuando con las experiencias en el continente Americano, en los Estados Unidos de América, durante el año 2000 se creó a nivel federal el programa de seguridad pública por sistemas inteligente

de transporte, de tal manera que los servicios de transporte, de bomberos, de fiscalización y servicios médicos puedan compartir información precisa, correcta, relevante y oportuna y así poder lograr más rapidez, eficiencia y seguridad en la resolución de incidentes.

Hace unos pocos años se creó el programa de asistencia en seguridad para empresas de transporte motorizado (MCSAP en inglés) y auditorías de seguridad a los transportistas, a través de este programa la U.S. Federal Highway Administration (FHWA) y los estados proveen acceso electrónico desde la inspección en terreno a los datos de seguridad de las empresas de transporte y de licencias de conductor.

De acuerdo a análisis estadísticos basados en datos del sistema de informes de accidentes fatales, se han logrado reducciones del tiempo de notificación de incidentes en zonas rurales en promedio de 9.6 a 4.4 minutos, principalmente debido a la incorporación de dispositivos de envíos de señal de socorro, esto representa una reducción de los índices de fatalidad de accidentes del orden de un 7% a nivel rural o interurbano, en zonas urbanas, estas reducciones de tiempo han sido de 5.2 a 2.2 minutos, lo cual representa una reducción de los índices de fatalidad de un 15%, en Washington, Illinois, New York, Virginia y California, en autopistas controladas y supervisadas por sistemas de gestión de tráfico, las colisiones se han reducido entre un 15 y 50% por efectos de la utilización de medidores de rampa.

Por otro lado, la aplicación de sistemas ATMS en Los Angeles ha permitido obtener los siguientes indicadores, reducción de los tiempos de viaje en un 18%, reducción de las esperas en las intersecciones en un 44%, reducción de las detenciones en un 41% y reducción de las emisiones al aire en un 35%.

Las estadísticas obtenidas de la aplicación de control dinámico o adaptivo SCOOT en diversas ciudades del mundo permiten mostrar los siguientes índices, en comparación con la mejor programación de planes de tiempo fijo de los semáforos, reducción de los tiempos de viaje en un 8%, reducción de las esperas en las intersecciones en un 17%, reducción de las detenciones en un 22%, reducción del consumo de combustible en un 5.7%.

La experiencia más importantes en sistemas ATIS en Estados Unidos de América se puede apreciar en Seattle, Washington con su sistema de información al viajero Transit Watch que provee de información de arribo y partida de autobuses en tiempo real, también en Minneapolis, Minnesota

con el sistema de información al viajero Travlink que proporciona información en tiempo real basado en la integración de sistemas CAD y AVL, otro estado que posee un avanzado sistema ATIS es Washington DC, con el sistema de autobús inteligente el cual provee de información a los pasajeros en el autobús a través de anunciadores de voz y de letreros, también se encuentra Chicago con su sistema de información al pasajero en el vehículo para trenes y trenes subterráneos.

En Japón, la instalación de dispositivos de control de la señalización de tráfico sensibles a la velocidad ha reducido las colisiones en las intersecciones equipadas con estos dispositivos entre un 25 a 30% y los atropellos a peatones en un 85%.

En Londres, Inglaterra, la utilización de fiscalización de velocidad e infracción de luz roja basada en video ha reducido las colisiones entre un 20 y 80% y los accidentes fatales o graves se han reducido en un 50%, en el caso de Southampton en el condado de Hampshire en Inglaterra, se ha implementado un programa ATMS llamado ROMANSE (ROad MANAgement System for Europe), el que está siendo extendido al resto de la Comunidad Europea.

En pruebas de campo realizadas en Alemania, los sistemas a bordo de notificación de colisiones han mostrado que ante una situación de emergencia o choque, el tiempo de arribo de la asistencia médica disminuyó entre 14 y 8 minutos para el caso urbano y para el caso interurbano las disminuciones de tiempo fueron de 21 minutos, esto representa un incremento de 43% en las probabilidades de sobrevivencia de un accidentado.

Las aplicaciones de tecnologías APTS en el mundo han sido parciales, en el sentido que sólo algunos de los sistemas que conforman la colección APTS han sido implantados por las operadoras de transporte, siendo los más ampliamente utilizados los sistemas de gestión de flotas, de pago electrónico y de información al viajero.

En Estados Unidos de América un total aproximado de 430 agencias u operadores de transporte público han implantado en un cierto grado tecnologías APTS, en Europa, países como Francia, Alemania, Inglaterra, Suecia, España, entre otros, han realizado un gran despliegue de sistemas APTS en los sistemas de transporte público.

Las experiencias en el mundo de aplicaciones ITS/CVO, son escasas, no obstante, los sistemas de gestión de flotas, sistemas de gestión de tráfico, sistemas de gestión de incidentes, sistemas de

información al viajero, han sido aplicados e implantados en diversas partes del mundo como Estados Unidos de América en donde se está desarrollando el proyecto CVINS (Commercial Vehicle Information Systems and Networks), el cual implanta tecnología ITS en el ámbito CVO, este proyecto considera servicios y programas en los temas de seguridad, credenciales electrónicas, inspección y fiscalización y operación de empresas de transporte, este programa ha gestionado acuerdos con Canadá y México para tratar en forma conjunta la implantación de sistemas de inspección de aduanas en cruces fronterizos.

En Europa, Austria se encuentra en operación desde el año 1998 el sistema Eco - Point, el cual permite controlar el acceso, salida fronteriza y la permanencia al interior del país de los camiones comerciales.

En general estas son algunas de las experiencias que se tienen en relación con los sistemas y servicios que integran los ITS en países donde se han adoptado y desarrollado estos sistemas como modelo de seguridad y confort en el sistema de transporte urbano, el análisis de cada una de estas experiencias nos debe llevar a un mejor desarrollo de estos sistemas con lo cual se mejorarían las condiciones tanto de tránsito como del medio ambiente, que son los objetivos principales de los ITS.

CAPÍTULO 5

PRESENTACIÓN MULTIMEDIA

El contenido de este capítulo se creó empleando el sistema operativo Windows Me y Office 2000 por lo que puede ser observado bajo los sistemas operativos Windows 2000, ME y XP, empleando programas de Office 2000 y XP tales como editores de texto (Microsoft Word), editores de diapositivas y presentaciones multimedia (Microsoft Power Point) y editores de imágenes (Microsoft Photo Editor).

La información que integra este documento se encuentra archivada en un disco compacto (adjunto) y está dividida en tres carpetas:

- Tesis
- Imágenes
- Presentación

En la carpeta “Tesis” se encuentran archivados (en formato DOC) todas y cada una de las partes que componen este trabajo en su totalidad, desde el contenido o índice hasta las referencias bibliográficas, estos documentos pueden ser “abiertos” o leídos por medio de un editor de texto como Microsoft Word en la versión de Office 2000 o XP.

En la carpeta “Imágenes” se encuentran archivadas todas las imágenes (en formato JPG) empleadas para la realización de este trabajo y para la realización de las presentaciones en formato PPT (Power Point), algunas de estas imágenes son a color y pueden ser vistas empleando un editor de fotografías como el Microsoft Photo Editor en la versión de Office 2000 y XP.

Finalmente en la carpeta “Presentación” se encuentra archivada la presentación en diapositivas (en formato PPT), en donde se explica de manera breve el contenido los capítulos que componen este trabajo, esta presentación puede ser vista empleando el programa Microsoft Power Point en la versión de Office 2000 o XP.

Finalmente, el contenido del disco a excepción de las fotografías se encuentran protegidas contra cambios premeditados o accidentales en su estructura y solamente se permite, en caso de los documentos, la impresión parcial o total de cada capítulo.

CAPÍTULO 6

COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Una de las primeras ideas que se nos viene a la mente es, que la aplicación de tecnología ITS implica una inversión considerable de recursos para su instalación, sin embargo, es importante resaltar que dicha inversión no es excesivamente alta en comparación con la disminución en los costos de operación y mantenimiento de los sistemas actuales.

Es importante señalar también, que aún cuando existen beneficios inmediatos por el uso de tecnología ITS, es en el mediano y largo plazos cuando se podrán valorar las decisiones de aplicación de ITS, así como esta tecnología plantea un nuevo modelo para el diseño y operación de los sistemas de transporte, de igual manera es necesario conocer y comprender nuevos esquemas y parámetros de evaluación de proyectos acordes a este modelo.

Por otro lado, considerando que la ciencia y la tecnología son creadas por el hombre, la participación humana en el uso y operación de estos sistemas resulta fundamental, desde los aspectos de aceptación, utilización, capacitación y operación hasta los de voluntad y compromiso para la adecuada aplicación de esta tecnología, además representa un factor decisivo para el uso o no, para el éxito o fracaso, para la aceptación o rechazo, de la tecnología ITS.

En la ciudad de México la tecnología ITS ha comenzado a aplicarse mediante diferentes dispositivos tecnológicos en determinados sistemas y se actualiza de acuerdo a un programa de modernización, diversificando sus servicios y operaciones para los automovilistas, un ejemplo de ello es la instalación de dispositivos para cruces prioritarios en transporte colectivo (Tren Ligero), pantallas de señalización dinámica y en un futuro el uso de localizadores satelitales (GPS), además de la aplicación de sistemas digitalizados para la navegación (GIS), considerando que la aplicación de esta tecnología conlleva a revisar y adecuar los aspectos legislativos, jurídicos, normativos y socioculturales, necesarios para su correcta utilización.

Este conjunto de experiencias analizadas nos indica con claridad que los sistemas de transporte inteligente pueden ayudar a salvar vidas y a reducir el número de heridos en las vialidades, a reducir la congestión y la contaminación producida por el tráfico, a mejorar la eficiencia del transporte y a

hacer que los sistemas de transporte sean más accesibles y más agradables para el usuario, en todo caso, pueden convertirse en una de las respuestas más eficaces de cara a combatir el crecimiento del parque vehicular, de la congestión del tráfico y de la contaminación, que se han convertido en una seria amenaza para la calidad de vida en el Distrito Federal.

Pero a pesar del éxito que han supuesto o pueden suponer iniciativas como las indicadas, debemos tener en cuenta que la tecnología por sí misma no soluciona los problemas, aunque su incorporación sistemática y coordinada, por parte de sectores público y privado, puede ayudar a avanzar en la dirección adecuada, el problema de fondo puede no ser tanto la disponibilidad de la tecnología sino la optimización de su uso, con aplicaciones pensadas e implementadas para los problemas que debe enfrentar el Distrito Federal.

El desafío del transporte inteligente es extraordinario por sí mismo, pero quizá existe uno aún más extraordinario que deberá superarse para hacer posible el primero, se trata de crear la capacidad institucional para abordar cuestiones complejas a largo plazo, de confiar en las facultades institucionales actuales, si bien es prácticamente seguro que la tecnología desempeñará un papel muy importante para abordar estos desafíos es probable que los límites de la capacidad institucional y no los límites de la tecnología, determinen el ritmo al que se abordarán los desafíos o incluso si se abordarán.

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 disponibles para aplicar sistemas ITS 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 Distrito Federal, motivaría la modernización y ampliación de los mismos, acordes con una adecuada visión de desarrollo, de igual forma concientizaría y acostumbraría a la población al uso de este tipo de tecnología.

Es primordial mencionar que el éxito de la aplicación de ITS para el control de tránsito, reside en la sociedad civil, por lo que la educación vial constituye el punto de mayor importancia, entendiéndose educación vial no sólo al conocimiento y capacitación, sino más aún a la madurez y sensatez requerida para el respeto a las señalizaciones y medidas de control, reforzando esto mediante la correcta y estricta aplicación de la ley correspondiente, lo que en Canadá, los Estados Unidos de América y como en la mayoría de los países desarrollados se denomina enforcement.

Es importante indicar que la aplicación de los ITS ayudan a salvar vidas, evitar lesiones, ahorrar tiempo, ahorrar dinero y por ende hacer el transporte más seguro, ayudan a prevenir y responder a situaciones desastrosas, desde eventos de causa natural o errores humanos.

Por último, conforme al objetivo planteado para la realización de este trabajo que es el observar y determinar el nivel de implementación, desarrollo y beneficios del empleo de los sistemas de transporte inteligente en algunas de las vialidades principales del Distrito Federal y realizar una comparación con sistemas de transporte inteligente empleados en varios países del mundo, considero que el trabajo realizado cubre de forma satisfactoria dicho objetivo, pues proporciona un panorama adecuado de los avances tecnológicos aplicados al transporte vial urbano existentes en el mundo y de las posibilidades de implementarlos y desarrollarlos en la ciudad más poblada de nuestro país.

Finalmente resulta interesante concluir con la siguiente reflexión: En la edad de piedra el invento de la rueda transformó la vida humana, en la revolución industrial la máquina de vapor se utilizó, entre otras cosas para evolucionar el transporte, en la segunda guerra mundial se creó la teoría de sistemas y la producción en serie, en el último cuarto del siglo veinte la informática y la computación modificaron diversos sistemas, entre ellos los de transporte, durante la última década del segundo milenio surgieron y se desarrollaron los sistemas de transporte inteligente en los países más industrializados, ahora, en el umbral del nuevo milenio ¿hasta donde llegará México utilizando esta tecnología para desarrollar sus modos de transporte? y principalmente ¿hasta donde llegará nuestro país en la aplicación de ITS para prevenir accidentes y mejorar la seguridad en las vialidades?

REFERENCIAS

- o Página web consultada en junio del 2003.
www.iigov.org/dhial/?p=31_00
"Llega el Transporte Inteligente".
- o Página web consultada en junio del 2003.
www.sct.gob.mx/direccion_gral/dgaf/proyectoits.htm#Ci
"La Implementación de Tecnología ITS para la prevención de accidentes y el incremento de la seguridad en las carreteras y vialidades"
- o Enciclopedia Microsoft Encarta 2001.
- o Enciclopedia Práctica Jackson.
Tomo VIII.
Ingeniería Civil.
Sistemas de Transporte.
- o Página web consultada en julio del 2003.
www.sct.gob.mx
Programa sectorial 2001-2006 cap. 9
"Perspectiva del Transporte"
- o Página web consultada en julio del 2003.
www.sct.gob.mx
"ITS, Sistemas Inteligentes de Transporte"
- o Página web consultada en julio del 2003.
www.sct.gob.mx
"La Implementación de Tecnología ITS para la prevención de accidentes y el incremento de la seguridad en las carreteras y vialidades"
- o Página web consultada en julio del 2003.
www.sct.gob.mx
"Comité ITS México"
- o Página web consultada en julio del 2003.
www.sct.gob.mx
"Aspectos generales y metodológicos específicos de sistemas de transporte inteligentes – its"
Archivo pdf.
- o Página web consultada en julio del 2003.
www.sectra.cl/its/aps
"Sistemas avanzados de transporte público"
- o Página web consultada en julio del 2003.
www.sectra.cl/its/atis
"Sistemas avanzados de información al viajero"

- o Página web consultada en julio del 2003.
www.sectra.cl/its/atms
“Sistemas avanzados de gestión de tráfico”
- o Página web consultada en julio del 2003.
www.sectra.cl/its/avcs
“Sistemas avanzados de control de vehículos”
- o Página web consultada en julio del 2003.
www.sectra.cl/its/socv
“Sistemas para operación de vehículos comerciales”
- o Página web consultada en julio del 2003.
www.sectra.cl/its/sst
“Sistemas de seguridad de tránsito”
- o Página web consultada en julio del 2003.
www.sectra.cl/its/eps
“Sistemas de pago electrónico”
- o Página web consultada en julio del 2003.
www.sectra.cl/its/sme
“Sistemas de manejo de emergencias”
- o Página web consultada en octubre del 2003.
www.sinaloa.gob.mx/viviendo/conductor/dispositivos.htm
“Dispositivos y señales que controlan la circulación”
- o Página web consultada en octubre del 2003.
www.obras.df.gob.mx/Infraestructura/Infraestructura.html
“Vialidades”
- o Página web consultada en octubre del 2003.
www.df.gob.mx/agenda2000/infraestructura/cinfraestructura.html
“Red vial primaria 1999”
- o Página web consultada en octubre del 2003.
www.df.gob.mx/agenda2000/infraestructura/10_4_2.html
“Infraestructura y equipamiento urbano de la carpeta asfáltica 1999”
- o Página web consultada en octubre del 2003.
www.setravi.df.gob.mx/programas/pitv.pdf
“Programa integral de transporte y vialidad 2001-2006”
(Anexos)
- o Página web consultada en octubre del 2003.
www.lojack.com.ar/
“Proteja su vehículo”

Referencias

- o Página web consultada en septiembre del 2003.
www.sectra.cl/its/its_frm.html
“ITS en Chile”
- o Página web consultada en septiembre del 2003.
www.atec-tec.net/fr/its_dossiers_f7.asp
“Portal ITS France”
- o Página web consultada en octubre del 2003.
www.its-actif.org/Contenu/architecture_generale.asp
“Documents”
- o Página web consultada en octubre del 2003.
www.ITSEspana.com
“Proyecto San Isidro Corridor”
- o Página web consultada en octubre del 2003.
www.aecarretera.com/itsespana.htm
“Comunicados de prensa emitidos por la AEC”
- o Página web consultada en octubre del 2003.
www.lauca.usach.cl/conad/visionindustrial/transporte_esp.htm
“Nuevo plan de transporte, la solución a la contaminación”
- o Página web consultada en octubre del 2003.
www.directorioits.com/privado/index_censo_esp.asp
“Productos y servicios ITS”
- o Página web consultada en octubre del 2003.
www.revistatranvia.cl/tv23/aristo.htm
“Arquitectura y sistemas ITS en Chile”
- o Página web consultada en octubre del 2003.
www.members.tripod.com/chlewey/Bogota/traf_prop.html
“Control de tráfico automotor”
- o Página web consultada en octubre del 2003.
www.angelfire.com/ny5/transmilenio/bellezas.html
“Transmilenio: las bellezas”