

01149



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

T E S I S

SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS):  
“SEÑALIZACIÓN DINÁMICA”

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN INGENIERÍA  
( TRANSPORTE )

PRESENTA:

CÉSAR ENRIQUE BENÍTEZ JOYNER



DIRECTOR DE TESIS:

M.I. JOSÉ FRANCISCO LOBACO AMAYA

CD. UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2001.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## *DIOS: GRACIAS POR TODO*

*A mi director de tesis  
a quien admiro y respeto  
por su profesionalismo a toda prueba,  
por ser visionario y emprendedor,  
quien ha sido mi guía en esta nueva aventura,*

*al M. en I. José Francisco Lobaco Amaya,*

*gracias por compartir su experiencia y su gran calidad humana,  
lo que contribuyó a la culminación de este trabajo  
del que somos coautores.*

*Muchas gracias.*

*A mi gran amigo y guía*

*al Ingeniero Juan Manuel Castillo Miranda,*

*Quien desde el inicio de mi carrera siempre creyó en mí,  
a quien admiro, respeto y estimo,  
por su alto sentido ético, humano y profesional,  
no olvido que sin tu apoyo incondicional en todo momento,  
no habría logrado la culminación de esta meta,  
que quiero compartir contigo.*

*Gracias por todo amigo*

A

*ELIZABETH MÉRIDA MARTÍNEZ  
(LIZ)*

*porque eres el amor de mi vida,*

*la dueña de mi alma y mi corazón,*

*mi inspiración,*

*con quien quiero compartir este pequeño*

*momento de alegría,*

*y toda mi vida.*

*te amo, quiero y adoro con todo mi corazón.*

*ENRIQUE*

*A mis padres:  
A quienes admiro y amo  
por todo su amor y cariño que me han dado,  
que sin su ayuda y apoyo incondicional  
no sería quien soy, gracias de todo corazón.  
Los quiero mucho.*

*A mis hermanos Adrián, Lily y Jo:  
Por su cariño y apoyo en todos los momentos de nuestras vidas.  
Gracias los quiero con todo mi corazón.  
No olviden que siempre cuentan conmigo  
Gracias*

*A Joshua Adair:  
A este pequeño ser que a iluminado mi alma y mi corazón,  
quien me ha dado fe en que la humanidad puede ser mejor,  
si uno abre su corazón sin condición.  
Aunque aún no puedes entender estas líneas  
ya sabes cuanto te quiero.*

*A Mamaita:  
Por guiarme por el sendero de la luz y el bien,  
y por creer en mí,  
te quiero con todo mi corazón,  
Gracias.*

*A mi abuelita Noemí:  
Por tu cariño tan especial, te quiero.  
Gracias*

*A mi prima Milka:  
Porque también eres una hermana para mí,  
por tu apoyo y tu cariño, gracias.  
Sabes que siempre contarás conmigo. Te quiero mucho.*

*A mi amiga Margarita Cárdenas:*

*Por ser una excelente amiga a toda prueba, quien ha creído en mí  
en todo momento. Sabes que en mí tienes a un gran amigo.*

*Por tu apoyo y aliento para continuar.*

*Gracias*

*A mi amiga Rosario Barragán Paz:*

*Por tu apoyo y fe en mí,  
en los momentos más críticos de mi vida,  
sabes que cuentas conmigo.*

*Gracias*

*Al Dr. Victor García Garduño*

*y al M. en I. Federico Vargas Sandoval:*

*Por su apoyo incondicional y comprensión, por creer en mí,  
y ser excelentes compañeros y personas  
con gran sentido ético y humano.*

*Gracias*

*Al Dr. Mario Ibarra Pereyra:*

*Por ser un excelente guía, tiene toda mi admiración.*

*Por su ayuda en todo momento.*

*Gracias*

*Al Dr. José Luis Fernández Zayas*

*Por su apoyo y orientación. tiene mi admiración y respeto.*

*Gracias*

*Y a todos y cada uno de mis familiares, amistades y profesores que  
estuvieron conmigo en este camino.*

**GRACIAS**

## **AGRADECIMIENTOS**

Para la realización del presente trabajo, el autor se ve influenciado y apoyado por un buen número de individuos y organizaciones, quienes merecen mi admiración, agradecimiento y reconocimiento. Sin sus comentarios, ideas y recomendaciones, la elaboración de esta tesis estaría incompleta. La visión que se presenta acerca de la tecnología ITS de Señalización Dinámica se ha visto influenciada a través de estos últimos meses en particular por:

### **Secretaría de Transportes y Vialidad - SETRAVI**

- **Ing. Silvia Blancas Ramírez**  
Directora General De Planeación y Vialidad.
- **Ing. Jorge Casahonda Centella**  
Subdirector de Tecnología del Transporte
- **Ing. Humberto Tenorio Pradexis**
- **Ing. Aniceto Mendoza Calderón**
  
- **Ing. Carlos Ortiz**  
Subdirección de Estudios Prospectivos

### **Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos – CAPUFE**

- **Dr. Victor O. Cortes Moreno**  
Director de Operación
- **Lic. Oscar Alcaraz Spinola**  
Gerencia de Electrónica Aplicada

### **Secretaría de Comunicaciones y Transportes - SCT** **Dirección General de Autotransporte Federal**

- **Ing. Martha Olivia Félix Salazar**  
Jefa del Departamento de Investigación Tecnológica

### **Secretaría de Seguridad Pública de la Ciudad de México**

- **Ing. Enrique González Villaseñor**  
J U.D. Centro Computarizado de Control Vial
- **Ing. Alfredo Hernández García**  
Subdirección de Sistemas y Mantenimiento Vial

## **Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad - COMETRAVI**

- **Lic. Sergio Suárez Llamas**  
Secretario Técnico
- **Ing. Arturo Moreno Trejo**  
Director de Apoyo a Transporte

## **ADDCO – Traffic Control Group – Industrial Products Group**

- **Lisa Dumke**  
Vice President, Business Development
- **Gary Lindberg**  
International Market Manager

## **Quixote – Transportation Safety**

- **Warren A Tolentino-Fowlie**  
Latin American Regional Manager

**Por su valiosa ayuda, gracias.**



# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>i</b>
---------------------	----------

## **CAPÍTULO 1**

---

### **Estado actual de la infraestructura vial de la Ciudad de México**

1.1 Vialidad	3
1.2 Dispositivos de Control de Tránsito	9

## **CAPÍTULO 2**

---

### **¿Qué son los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)?**

2.1 Antecedentes de ITS	11
2.2 Concepto de ITS	12
2.3 Los beneficios y aplicación de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)	12
2.3.1 Área metropolitana	13
2.3.2 Vehículos Inteligentes	16
2.4 Clasificación general de sistemas que se basan en la tecnología ITS	19
2.5 Organismos Internacionales	22

## **CAPÍTULO 3**

---

### **Factores humanos en ITS**

3.1 Importancia de los factores humanos en el diseño, uso y operación de los ITS	23
--	----

3.2	Percepción y acción	24
3.3	Asimilación de información y toma de decisión	25
3.4	Conocimiento y actitudes del conductor	27
3.5	La Interacción del operador en los ITS	28

## CAPÍTULO 4

---

### Normalización de las señales dinámicas en México

4.1	Señales dinámicas	31
4.2	Señal dinámica para regular el uso de carriles (D-1)	34
4.2.1	Indicaciones de una señal dinámica para el uso de carriles	36
4.3	Señal dinámica para el control de límite de velocidad (D-2)	38
4.3.1	Indicaciones de una señal dinámica para el control de límite de velocidad	38
4.4	Señal dinámica para información general (D-3)	39
4.4.1	Indicaciones de una señal dinámica para información general	40
4.5	Propuesta de mejora a las normas para Señalización Dinámica en México	43
4.5.1	Características del panel de elementos luminosos	43
4.5.2	Características de Visibilidad de la Señalización Dinámica	44
4.6	Importancia de los Estándares	45
4.6.1	Concepto de estándares y protocolos	45
4.6.2	Sistema de Arquitectura	45
4.6.3	Criterios y objetivos para el establecimiento de los estándares ITS	47
4.7	Estándares para Señalización Dinámica	48

## **CAPÍTULO 5**

---

### **Escenario y perspectivas de desarrollo de la Señalización Dinámica en el área urbana y suburbana de la Ciudad de México**

5.1	Objetivo	55
5.2	Escenario actual de los ITS en México	55
5.2.1	Implantación de la Arquitectura Nacional ITS	55
5.2.2	Centro Computarizado de Control Vial de la Ciudad de México	58
5.2.3	Centro de Administración de Tráfico (CAT) de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE)	60
5.3	Escenario probable y perspectivas de integración para la Señalización Dinámica en la Ciudad de México	62

## **CAPÍTULO 6**

---

### **Beneficios que se pueden obtener mediante el empleo de la Señalización Dinámica**

6.1	Los beneficios y su correlación con las características de la tecnología ITS de Señalización Dinámica	65
	<b>Conclusiones</b>	<b>72</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>77</b>

## INTRODUCCIÓN

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) utilizan tecnologías de vanguardia para hacer más efectiva la transportación de personas y de cargas. La meta de los ITS es hacer que el transporte sea seguro, económico, menos contaminante, más productivo y más competitivo a nivel nacional e internacional.

Las tecnologías ITS son aplicables a todos los modos de transporte, siendo los modos terrestres los más empleados mundialmente y por lo tanto los que mayor avance han tenido en los últimos años; en países como México y debido a la tendencia mundial, las modalidades de transporte carretero, urbano y suburbano son las más atendidas.

Específicamente existe el problema de la congestión vehicular en las principales ciudades; en la Ciudad de México se tienen condiciones muy especiales debido a que es la ciudad más grande del país y del planeta, con la más alta concentración humana jamás antes vista en la historia de la humanidad; además es el lugar donde se realizan las principales actividades de administración pública, finanzas, educación, transacciones comerciales, de servicios, etc.; dada su localización en la geografía del país, es un caso real para poder identificar los problemas y necesidades existentes y aplicar los ITS a las condiciones prevalecientes en el transporte.

El presente trabajo tiene como principal objetivo analizar y proponer la aplicación de una de las tecnologías ITS, la Señalización Dinámica (la cual se conoce comúnmente con las siglas en inglés VMS – Variable Message Sign), para facilitar la circulación de las principales vialidades en la Ciudad de México.

Con el propósito de satisfacer la necesidad de disponer de los criterios estandarizados para la aplicación y uso de la tecnología ITS, debido a la presente globalización mundial, se realizó una investigación bibliográfica y de campo en el área institucional y comercial especializada en los ITS, en el ámbito nacional e internacional.

Se realizó una clasificación y análisis sistemático, señalando en el *Capítulo 1* el estado actual de la infraestructura vial de la Ciudad de México; el *Capítulo 2* presenta los antecedentes históricos de los ITS, también se han definido y relacionado los beneficios, aplicaciones, clasificación y organismos que regulan los temas concernientes a ITS; en el *Capítulo 3* es tratada la importancia de la intervención de los factores humanos en ITS; y en el *Capítulo 4* se hace referencia a la normalización de las señales dinámicas en México. De esta manera se consideró poder presentar en el *Capítulo 5* el escenario y perspectivas de desarrollo de la Señalización Dinámica en el área urbana y suburbana de la Ciudad de México; pudiendo identificar en el *Capítulo 6* los beneficios a obtenerse por el empleo de la tecnología de señalización dinámica.

Como resultado principal en el presente trabajo se muestra un instrumento conceptual que facilita el análisis y conocimiento de esta tecnología ITS; para con base en ello contar con un elemento sólidamente fundamentado y estructurado para la consulta de datos técnicos relevantes de alta confiabilidad, referente a las características y criterios de aplicación de la tecnología ITS de Señalización Dinámica.

## CAPÍTULO 1

---

### Estado actual de la infraestructura vial de la Ciudad de México

#### 1.1 Vialidad

---

El sistema vial de la Ciudad de México, compuesto por calles, calzadas, avenidas, viaductos, ejes viales, circuitos, etc., ha tenido una serie de problemas como la ejecución incompleta de proyectos, las obstrucciones físicas generadas en las vialidades y las prácticas incorrectas de los usuarios; esto representa algunas de las agravantes que han ocasionado la pérdida de capacidad vial, por lo que el Gobierno del Distrito Federal se ha enfocado a recuperar por lo menos su capacidad física, lo que permitirá incrementar la velocidad de operación en la circulación vial, además de disminuir los índices de contaminación generada por vehículos.

Por otro lado, en los años anteriores el desarrollo de la red vial no se visualizó de forma metropolitana, por lo tanto no existe continuidad en algunas vías principales que cruzan las fronteras entre el Distrito Federal y el Estado de México, debido a que la planeación de la red no consideró los requerimientos combinados de las entidades, por ello se han empezado a realizar obras con visión metropolitana para eliminar los cuellos de botella que se presentan entre las dos entidades.

Por tales motivos, a partir de 1995 se inició el “Programa Permanente de Modernización de la Infraestructura” que contempla principalmente la continuidad de tramos inexistentes, construcción de entronques a desnivel, ampliación de las secciones, tanto peatonales como vehiculares y la construcción de pasos peatonales.

Asimismo, se han realizado convenios entre el Gobierno Federal por conducto de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y los Gobiernos del Estado de México y del Distrito Federal, para consolidar el proyecto del tercer anillo metropolitano, a través del “Programa de Autopistas de Cuota”.

Para 1998 se contaba con 929.75 kilómetros de vialidad construida, lo que corresponde a 147.88 kilómetros de acceso controlado y el resto sin controlar (Tabla 1.1).

### Inventario de Vialidad

Vialidad	Total [km]	Acceso Completado	Sin Controlar	Sección Transversal	Pavimento [m <sup>2</sup> ]	Observaciones
Periférico	92.70	42.70	50.00 km Cuernavaca- Mario Colín	A/Contr. 40.0 km S/Contr. 23.60 km Total	1,708,000 1,160,000 2,868,000	27.95 km corresponden al Estado de México
C. Interior	43.70	36.98	6.72	A/Contr. 41.0 km S/Contr. 26.00 km Total	1,516,180 174,720 1,690,900	Tramo Vicente Eguía - Universidad
Calz. Tlalpan	18.75	18.75	0	A/Contr. 30.0 m Total	562,500 562,500	San Antonio Abad - Carr. México Cuernavaca
Viaducto M. A.	13.55	10.15	3.40	A/Contr. 33.0 m S/Contr. 24.0 m Total	382,800 46,800 429,600	Eje 5 Poniente (Sur 122) - Zaragoza
Viaducto B. B.	1.80	1.80	0	A/Contr. 30.0 m Total	54,000 54,000	Av. San Antonio - Viaducto M. A.
Calz. Zaragoza	14.70	10.50	4.20	A/Contr. 48.0 m S/Contr. 42.0 m Total	504,000 176,400 680,400	Eje 3 Oriente Eduardo Molina - Ermita
Rad. A. Sertán	9.45	3.20	6.25	A/Contr. 36.0 m S/Contr. 28.0 m Total	115,200 175,000 290,200	Calz. de las Armas - Marina Nacional
Rad. R. S. Joaquín	5.40	5.40	0	A/Contr. 31.0 m Total	167,400 167,400	Ingenieros. Militares Circuito Interior
Gran Canal	10.50	4.00	6.50	S/Contr. 42.0 m Total	105,000 105,000	Periférico Arco Norte - Eje 3 Oriente
Ejes Viales (31)	514.20	4.60	509.60	Ver cuadro de Vialidad Principal	6,798,210	
Vialidad Principal	205.00	13.80	191.20	Ver cuadro de Ejes Viales	3,709,115	A la fecha se encuentra construido 328.50 km.
Total	929.75	151.88	777.87		17,355,325	

Fuente: Dirección General de Obras Públicas - SOS

Tabla 1.1 Inventario de Vialidad.

Se presenta en las siguientes tablas las vialidades principales construidas y los Ejes Viales de la Ciudad de México.

<i>Vialidades Principales</i>				
<i>Vialidad</i>	<i>Tramo</i>	<i>Long. Kms.</i>	<i>Sección</i>	<i>Carpeta Asfáltica</i>
Calzada de Guadalupe	Eje 2 Nte - Fray Juan de Zumárraga	3.49	25.00	87.25
Calzada de los Misterios	Eje 5 Nte - 2 Nte	4.00	22.00	88.00
Paseo de la Reforma	Constituyentes - Eje 2 Nte	14.90	28.50	424.65
Parque Lira	Constituyentes - V. Río Tacubaya	1.50	21.00	31.50
Prolong. Río Tacubaya	Periférico - Constituyentes	4.29	16.00	68.64
Ejército Nacional Oriente	Mariano Escobedo - Circuito Interior	1.40	19.50	27.30
Calzada del Hueso	Tlalpan - Anáhuac	3.50	22.00	77.00
M. A. de Quevedo	Av. Insurgentes - Tláhuac	8.99	18.00	161.82
Las Águilas	Desierto de los Leones - Centenario	7.80	18.00	140.40
Calz. de las Armas	Naranja - Aquiles Serdán	3.82	-	-
Calz. de la Naranja	Las Armas - Sta. Lucía	1.50	16.00	24.00
Desierto de los Leones	Periférico - Capulines	12.90	8.00	103.20
Av. Toluca - Camino Real a Toluca	Periférico - Desierto de Los Leones	3.98	10.00	39.80
Camino Sta. Fe Vasco de Quiroga	Periférico - Universidad Iberoamericana	8.40	16.00	134.40
Legaria	Tacuba - Estado de México	4.45	21.00	93.45
Mariano Escobedo	México Tacuba - Circuito Interior	3.75	21.00	78.75
Cañal de Chalco	Periférico - Villa Centroamericana	5.20	14.00	72.80
San Bernabé	Periférico - Sn. Jerónimo	7.20	9.00	64.80
San Jerónimo	Sn. Bernabé - Periférico	3.30	8.00	26.40
C. Sta. Teresa	Cañada - Periférico	2.60	14.00	36.40
Av. Insurgentes	La Raza - México Cuernavaca	23.20	9.00	208.80
Dr. Vértiz	Río de la Loza - Div. del Norte	6.38	8.00	51.04
Universidad	Copilco - Eje Central	6.78	14.00	94.920
Div. del Norte	Juan Escutia - Calz. del Hueso	-	22.50	-
Plutarco E. Calles	Eje 4 Sur - Río Churubusco	4.65	18.00	83.70
Av. IPN	Acueducto - Eje Central	0	18.00	-
Granjas	Cuñahuac - Ceylan	2.78	21.00	58.38
Oceania	Av. Nacoziari - Estado de México	6.25	14.00	87.50
Luis Cabrera	Periférico - Corona del Rosal	4.80	22.00	105.6
San Fernando	Viaducto - Tlalpan - Insurgentes	3.00	21.00	63.00
Flores Magón	Insurgentes - Camarones	3.70	12.00	44.40
Palmas	Reforma - Periférico	3.98	22.00	87.56
Acoxta	Tlalpan - Periférico	3.15	21.00	66.15
Tezontle	Eje 3 Ote. - Eje 5 Ote.	3.82	19.00	72.58
Cumbres de Maltrata	Tlalpan - Eje 4 Sur	52.55	21.00	1103.55

Fuente: Dirección General de Obras

Tabla 1.2 Vialidad principal de la Ciudad de México.

## Ejes Viales de la Ciudad de México

Ejes Viales	Longitud Planeada	Año de Construcción	Longitud Construida	Sentido de Circulación	Sección Franjeada Construida	Costo Asfáltico Construido (M\$)
EJE 1 NORTE. Alzate, Rayón, Albañiles. <i>Límites:</i> Periférico Oriente – Periférico Poniente.	14.10	1979	10.70	Pte - Ote	22.00	233,400
EJE 2 NORTE. Peñón, Canal del Norte, Manuel Gonzalez. <i>Límites:</i> Oceanía – Las Armas.	16.15	1979	8.65	Ote – Pte	21.00	181,650
EJE 3 NORTE. Las Torres, 5 de Mayo, Hecleópolis, Salónica, Cuilahuac, Robles Domínguez. Oriente 101, Oriente 95, Calle 602, Av. Texcoco. <i>Límites:</i> Av. Texcoco – Av. Las Armas.	-	1979	17.90	Doble	-	181,650
EJE 4 NORTE. Puente de Guerra, San Martín Hidalgo, Av. Azcapotzalco, La Villa, Fortuna; Euzcaro, Talismán, Av. 610, Av. 412. <i>Límites:</i> Radial Aquiles Serdán – Av. 212.	14.00	1979/1980	4.50	Pte – Ote	-	-
EJE 5 NORTE. Taxímetros, San Juan de Aragón, Montevideo, Poniente I-40, Deportivo Reynosa. <i>Límites:</i> Calz. Las Armas – Av. Central	-	1979/1980	18.15	Ote – Pte	22.00	399,300
EJE 6 NORTE. Av De las Culturas, Pte 152, Othón Mendizábal, Miguel Bernard, Juan de Dios Batiz, Calz. Ticomán, Gral. Martín Carrera, Ote. 157, Gran Canal, Villa de Ayala, Valle de las Zapatas. <i>Límites:</i> Radial Aquiles Serdán – Av. Hank González	13.00	-	NE	Pte – Ote	-	-
EJE 1 Y 1A SUR. Constituyentes, Chapultepec, Fray Servando T. De Mier. <i>Límites:</i> Reforma – Viaducto.	11.00	1979	11.00	Doble	-	-
EJE 2 Y 2A SUR. Taller, Querétaro, Juan Escutia. <i>Límites:</i> Viaducto – Circuito Interior.	-	1979	12.80	Pte – Ote	4.50	145,000
EJE 3 SUR. Vicente Eguía, Baja California, Morelos, Añil. <i>Límites:</i> Constituyentes – Zaragoza.	20.40	1979	14.80	Ote – Pte	17.00	251,000
EJE 4 SUR. Plutarco Elías Calles, Xola, Calle 4. <i>Límites:</i> Constituyentes – Zaragoza.	19.00	1979	14.50	Pte – Ote	20.50	297,250
EJE 5 SUR. Purísima, Ramos Millán, Eugenia. <i>Límites:</i> Alta Tensión – Autopista México – Puebla.	29.50	1979/1998	20.00	Ote – Pte	18.00	360,000
EJE 6 SUR. San Antonio, Ángel Urraza, Pie de la Cuesta. <i>Límites:</i> Alta Tensión – Aut. México – Puebla.	31.60	1980/1998	20.80	Pte – Ote	18.00	360,000
EJE 7 Y 7A SUR. Comonfort, E. Zapata, Félix Cuevas. <i>Límites:</i> Periférico Pte. – Rojo Gómez.	9.40	1980	7.40	Ote – Pte	16.00	59,200
EJE 8 SUR. Molinos, Popocatepetl, Ermita Iztapalapa <i>Límites:</i> Camino al Desierto – Calz Ignacio Zaragoza.	-	1980/1993	20.30	Pte – Ote	22.50	456,750
EJE 9 SUR. Madero, Bilbao, Tanqueña, Miguel A. de Quevedo, Frontera. <i>Límites:</i> Periférico Poniente – México Tláhuac.	16.50	1980	NE	Doble	-	-
EJE 10 SUR. San Jerónimo, Río Magdalena, Copilco, Av. Torres, Calz. de la Virgen, Carr México Tláhuac. <i>Límites:</i> Periférico Poniente – Aut México – Puebla.	11.75	1980/1984	9.25	Doble	19.00	175,750
EJE 1 PONIENTE. Vallejo, Guerrero, Cuauhtémoc. <i>Límites:</i> Calle 23A – Av. Universidad.	-	NE	19.60	Nte – Sur	25.00	490,000
EJE 2 PONIENTE. Gabriel Mancera, Florencia, Tíber. <i>Límites:</i> Marina Nacional – Av Coyoacán.	-	1980	8.75	Sur – Nte	13.00	113,750

N.E No Especificado

Fuente: Dirección de Obras Públicas - SOS

Tabla 1.3 Ejes Viales de la Ciudad de México.



## Ejes Viales de la Ciudad de México

Ejes Viales	Longitud Planeada	Año de Construcción	Longitud Construida	Sentido de Circulación	Sección Prorrateada Construida	Costo Asfáltico Construido en \$
<b>EJE 3 PONIENTE.</b> Mississippi, Sevilla, Av. Coyoacán <i>Límites:</i> Río San Joaquín - Río Churubusco.	-	1980	9.75	Nte-Sur	14.00	136,500
<b>EJE 4 PONIENTE.</b> Revolución. <i>Límites:</i> Circuito Interior Sur - Anillo Periférico Sur.	4.20	NE	-	Doble	-	-
<b>EJE 5 PONIENTE.</b> Blvd. del pipila, Teresa, Tecamachalco, Prado Norte, Montes Escandinavos, Bosque de Chapultepec 2ª Sección, Luz y Fuerza, Camino Santa Teresa <i>Límites:</i> Blvd. del Pipila - Insurgentes.	31.26	NE	5.36	Doble	16.50	88,440
<b>EJE 6 PONIENTE.</b> Tezozomoc, Ferrocarril Central. <i>Límites:</i> Río de los Remedios - 5 de Mayo	-	NE	NE	-	-	-
<b>EJE 7 PONIENTE.</b> Renacimiento, Ingenieros Militares. <i>Límites:</i> Río de los Remedios - Periférico Poniente.	-	NE	NE	-	-	-
<b>EJE 8 PONIENTE.</b> Calz. de las Armas, Río de los Remedios <i>Límites:</i> Periférico Norte a Periférico Poniente	-	NE	NE	-	-	-
<b>EJE CENTRAL.</b> Niño Perdido, San Juan de Letrán, 100 Metros. <i>Límites:</i> Tequesquihahuac - Av. Imán.	25.25	1979/1980	24.60	Sur - Nte	24.50	602,700
<b>EJE 1 ORIENTE.</b> FFCC Hidalgo, Andrés Molina, Canal de Miramontes <i>Límites:</i> FFCC Hidalgo - Anillo Periférico	-	1979/1980	25.85	Nte - Sur	22.50	581,625
<b>EJE 2 ORIENTE.</b> La Viga, Imprenta, Inguarán. <i>Límites:</i> Martín Carrera - Periférico.	-	1979/1980	18.75	Sur - Nte	21.50	402,625
<b>EJE 3 ORIENTE.</b> Cafetales, Fco. del Paso y Troncoso, E. Molina <i>Límites:</i> Puente Negro - Periférico.	-	1975	25.36	Doble	27.50	697,400
<b>EJE 4 ORIENTE.</b> México Tláhuac, Río Churubusco Hasta Periférico. <i>Límites:</i> Anillo Periférico Calz. de la Virgen.	9.40	1980	NE	Doble	-	-
<b>EJE 5 ORIENTE.</b> Calle 1, Rojo Gómez, Gavilanes, San Felipe, San Lorenzo <i>Límites:</i> Río Churubusco - San Felipe.	11.23	1979/1980	6.63	Doble	20.00	132,600
<b>EJE 6 ORIENTE.</b> San Lorenzo, San Felipe, Rosario Castellanos, Oriente 253, Calle 4. <i>Límites:</i> Río Churubusco - Calz. México Tláhuac.	11.30	NE	NE	Doble	-	-
<b>EJE 7 ORIENTE.</b> Crisóstomo Bonifla, Providencia, Av. México, Justicia, Sor Juana Inés de la Cruz. <i>Límites:</i> Av. Texcoco - Tulyehualco.	-	NE	NE	Doble	-	-

N.E. No Especificado

Fuente: Dirección de Obras Públicas - SOS

Tabla 1.3 Ejes Viales de la Ciudad de México (continuación).

En 1998 se concluyeron los ejes viales 5 y 6 Sur que conectan la Avenida de Ermita Iztapalapa con la Autopista a Puebla, incrementando 400 metros a cada eje vial (Tabla 1.4).

*Obras Viales realizadas 1995-1998*

1995	
Vialidad	Km.
Ejes 3 y 4 Sur (Guelatao - Marina)	0.20
Ampl. Eje 7 Ote. (6 Sur - Cabeza de Juárez)	0.40
Gran Canal (Río de los Remedios - Talismán)	2.00

1996	
Vialidad	Km.
Profl. Eje 5 y 6 Sur (1ª etapa)	4.00 c/u
Ejes 3 y 4 Sur	0.80 c/u
Ampl. Eje 7 Ote.	3.60
Gran Canal	3.60
Ampl. Eje 5 Pte. (5 y 6 Sur - M. Rosas)	1.50

1997	
Vialidad	Km.
Profl. Eje 5 y 6 Sur (2ª etapa)	0.50 c/u
Ejes 3 y 4 Sur	0.70 c/u
Ampl. Eje 7 Ote.	0.20
Gran Canal	2.10
Ampl. Eje 5 Pte.	0.50
Ampl. Av. Canal de Miramontes	1.80

1998	
Vialidad	Km.
Profl. Ejes 5 y 6 Sur (terminada)	0.40 c/u

Fuente: Dirección de Obras Públicas - SOS

Tabla 1.4 Obras viales realizadas entre 1995 y 1998 en la Ciudad de México.

Cabe señalar que los pavimentos de las avenidas no habían recibido un mantenimiento adecuado, por lo que se planeó para 1998 la repavimentación de 3,000 km<sup>2</sup> de vialidad primaria, logrando cumplir la meta superándola en 3%. Así mismo se repavimentaron 200 km<sup>2</sup> de vialidad secundaria, misma longitud que fue planeada. Esta acción se realizó en su mayoría dentro de las delegaciones Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Tláhuac, Magdalena Contreras y Xochimilco.

Aunado al mejoramiento de la vialidad en general, se realizaron adecuaciones geométricas, se efectuó la renivelación de accesorios, tales como coladeras y rampas para discapacitados como parte inicial de un programa que está realizándose en la vialidad primaria.

## Puentes Peatonales y Vehiculares construidos en la Ciudad de México

Delegación	Obra 1995	Obra 1996	Obra 1997	Obra 1998
A. Cárdenas	Av. Revolución - Av. Copilco	Periférico - Tarasquillo		Periférico - Redención; Taquíhuaco - Del Recuerdo; Av. Constituyentes Frente al No. 849;
Azcapotzalco		Aguiles Serdán - Osa Mayor		Aguiles Serdán - Tezozomoc Eje 5 Norte - Mecánicos, Aguiles Serdán - Rafael Alducin,
Coyoacán	Calz. de Tlalpan - Churubusco; Calz. de Tlalpan - Daksta	Periférico - Alba	Acoaxpa - Bordo; Calz. de las Bombas - Av. Canal de Miramontes	Av. Universidad - Churubusco
G. A. Madero	Periférico - Texcoco, Canal de Desfogue - Las Flores, Fray J. de Zumarraga - Misterios	Ampl. Periférico - Tamazula	Gran Canal, Eje Central - Calle 13, Gran Canal - Buenrostro, Gran Canal Oriente 95	Misterios - Zaragoza, Ticomán - Ruiz Cortines, Miguel Bernard frente a la E.S.I.A., Tenayuca - Calz. Vallejo
Iztacalca	Eje 5 Oriente - Av. Norte		Eje 3 Ote - Azafraán - Azteca	Prosperidad - Entre Calle 2 y Calle 3; Eje de 3 Sur - Canela, Plutarco Elias Calles - Av. 5; Eje 4 Sur - Sur 109
Iztapalapa	Av. Tláhuac - Km 18.5, Periférico - Noche Buena	Ermida Iztapalapa- Primavera, Periférico - Díaz Soto, Av. Tláhuac - Agujas, Periférico - Eje 6 Sur, Periférico - Cándido Aguilar (Const. 1997), Periférico - Hilario Medina, Javier Rojo Gómez - Eje 6 Sur y Gavilanes	Javier Rojo Gómez - Eje 6 Sur, Periférico - Soto y Gama, Guelatao - Barrilte, Eje 3 Ote - Calle 8	Río Churubusco - Cajeros, Eje 5 Sur - Sociólogos, J. Rojo Gómez - Eje 4 Sur, Eje 6 Sur - Nayant, Eje 3 Oriente - Saravia, Ermida Iztapalapa - Gpe. Victoria, Río Churubusco - Cirujanos, Periférico - Bilbao, Periférico - Jacarandas, Periférico - Mirasoles, Periférico - Revolución Social
M. Contreras	Jacarandas - Contreras	Ampl. Periférico Sur - Oaxaca		Instituto Técnico - Carriz, Ejército Nacional - Alejandro Dumas, Marina Nacional frente a la esc. Hidalgo; Constituyentes - Observatorio
M. Hidalgo	Rocalosas - Alpes			Tláhuac - El Árbol, Periférico frente al IFE, Periférico frente a la Esc. F. Shontal, Periférico - Zacatepetil, Periférico frente a la SEMARNAP, Periférico - Tegua, Periférico Sur Hotel Royal, Periférico Sur - Santa Teresa
Tláhuac	Av. Tláhuac - Antonio Bajar			
Tlalpan	Periférico - Vaqueritos, Periférico - Calle 10 Oriente, Carretera Picacho - Ajusco, Periférico - Juan Badiano, Picacho - Calle Tizimin	Ampl. Periférico Sur - Viaducto, Periférico Sur/Miramontes - Eje 3 Ote, Periférico - México Xochimilco, Periférico - Miramontes	Periférico - Canal de Miramontes, Periférico - Prol División del Norte	
V. Carranza	Periférico - Chimalpopoca			Eduardo Molina - Tomatlan
Xochimilco	Plan de Ayutla - Río San Buenaventura, I. Zaragoza - Río San Buenaventura, Plan de Mauguarda - Río San Buenaventura	Periférico - Prol. División del Norte	Periférico - Ampl. Canal de Miramontes, Periférico - Ampl. División de Norte, Prol. División del Norte - Betancourt	Periférico - Mayaguarda

Fuente: Dirección de Obras Públicas - SOS

Tabla 1.5 Puentes peatonales y Vehiculares Construidos en la Ciudad de México (1995- 1998).

Por otro lado, se ha trabajado en la construcción y mantenimiento de puentes peatonales. Para 1998 se programó la construcción de 40 puentes peatonales, lo que representa el 60 % más que en los tres años anteriores (Tabla 1.5).

A partir de 1995 se han construido 10 puentes vehiculares que abarcan una longitud total de 8,221 metros y 9 pasos a desnivel (Tabla 1.6).

<i>Pasos a Desnivel Construidos en la Ciudad de México</i>					
1995		1996		1997	
<i>Paso a Desnivel</i>	<i>km</i>	<i>Paso a Desnivel</i>	<i>km</i>	<i>Paso a Desnivel</i>	<i>km</i>
Eje 10 Sur - Aut. México Puebla	Inicio	Eje 10 Sur - Aut. México Puebla	Proceso	Eje 10 Sur - Aut. México Puebla	0.30
Eje 6 Sur - Periférico Ote.	Inicio	Eje 6 Sur - Periférico Ote.	Proceso	Eje 6 Sur - Periférico Ote.	0.50
		Periférico - Calz. México Xochimilco (2 cuerpos)	0.56 c/u	Periférico - Calz. México Xochimilco (Gazas)	0.13
		Eje 3 Ote - Viaducto (2 cuerpos)	0.765 c/u		
		Eje Central - Periférico Norte	Inicio	Eje Central - Periférico Norte	0.50
		Eje 5 Sur - Aut. México Puebla	Inicio	Eje 5 Sur - Aut. México Puebla (term.)	0.21
		Glorieta Vaqueritos (2 cuerpos)	Inicio	Glorieta Vaqueritos (2 cuerpos) (term.)	0.52 c/u
		Eje 5 Pte. - Barranca Río Mixcoac (2 cuerpos)	0.20		
				Periférico Ote. - C. Chalco	0.45
				Calz. Vallejo - Periférico Norte	0.48

Fuente: Dirección de Obras Públicas - SOS

Tabla 1.6 Pasos a desnivel construidos en la Ciudad de México (1995 - 1997).

## 1.2 Dispositivos de Control de Tránsito

Actualmente tanto la señalización horizontal como la vertical requiere de una modernización constante, motivo por el cual desde años anteriores se planteó el "Programa de Mejoramiento de la Señalización", en el que se consideran principalmente dos áreas:

### a) Semaforización.

Tiene como prioridad la ampliación de la red computarizada en los Ejes viales, Centro Histórico, Zona Rosa y Polanco, la modernización del equipo instalado, realizar el mantenimiento y en su caso la restitución de ductos, registros y cableado, instalar el equipo necesario para no interrumpir el servicio en puntos conflictivos y establecer el programa de semaforización en zonas escolares, llevando a cabo una coordinación metropolitana para estas tareas.

En este sentido, se han estado sustituyendo los semáforos electrónicos por semáforos computarizados, de tal forma que de 1997 a 1998 se incrementaron en un 81 %, es decir 932 semáforos, manejando al mismo tiempo una nueva imagen; asimismo se han suprimido semáforos que no tenían razón de ser (Tabla 1.7).

### Total de semáforos por Delegación Política

Delegación	Computarizado			Electrónico		
	1997	1998	Total	1997	1998	Total
Álvaro Obregón	20	20	40	101	69	170
Azcapotzalco				184	149	333
Benito Juárez	288	329	617	141	124	265
Coyoacán				152	137	289
Cuajimalpa				45	9	54
Cuauhtemoc	525	547	1072	338	235	573
Gustavo A. Madero				213	274	487
Iztacalco				111	116	227
Iztapalapa				151	194	345
Magdalena Contreras				55	26	81
Miguel Hidalgo	15	15	30	282	215	497
Milpa Alta				29	1	30
Tláhuac				60	30	90
Tlalpan				52	57	109
Venustiano Carranza	9	21	30	167	171	338
Xochimilco				49	35	84
<b>Total</b>	<b>857</b>	<b>932</b>	<b>1789</b>	<b>2,130</b>	<b>1,842</b>	<b>3972</b>

Fuente: Dirección Ejecutiva de Control de Tránsito

Tabla 1.7 Total de semáforos en la Ciudad de México por Delegación Política.

**b) Señalización:**

En esta área se pretende establecer un programa integral metropolitano de señalización introduciendo programas de mantenimiento a los dispositivos de control de tránsito, tanto al señalamiento vertical como al horizontal, utilizando sistemas modernos de señalización, los cuales incluyan el mejoramiento del nivel de servicio en los cruces de ferrocarril.

De igual forma, se promueve la implementación de la normatividad para el pintado de las marcas sobre el pavimento y la incorporación de revos (reductores de velocidad).

## CAPÍTULO 2

---

### ¿Qué son los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)?

#### 2.1 Antecedentes de ITS

---

En la década de los ochenta un pequeño grupo de ingenieros en California E.U., reconocieron el impacto que se tuvo con la rápida evolución de las computadoras y las comunicaciones y lo que podrían influir en la transportación terrestre

Adicionalmente y en combinación con la aplicación de tecnologías originalmente diseñada para usos militares, nació la idea de lo que hoy en día se conoce como ITS (Intelligent Transport Systems) - Sistemas Inteligentes de Transporte (originalmente se le había denominado IVHS - Intelligent Vehicle Highway Systems - Sistemas de autopista y vehículo inteligentes).

Los ITS se sustentan en la capacidad de las nuevas tecnologías para mejorar la seguridad y la eficiencia de transportación de personas y bienes, logrando así una mejor calidad de vida.

Hoy en día muchos países han avanzado en la aplicación de ITS en lo que respecta a la transportación terrestre, equipando las vías de comunicación con avanzados sistemas de pago de peaje con tarjetas electrónicas, sistemas de semaforología computarizada, señalización dinámica, quioscos informativos y de servicio, monitoreo dinámico, atención de emergencias, etc.; es así como los vehículos de servicio público de pasajeros, comerciales y particulares han sido equipados con sistemas de ayuda de navegación, sistemas copiloto y sistemas de notificación de emergencia, entre otros, con lo cual se confirma que con la aceptación de dichos sistemas existen beneficios en el transporte de la comunidad y hacia el público en general.

Los ITS se han desarrollado significativamente debido a las tendencias tecnológicas globales de finales del siglo XX, incluyendo la disminución de costos y el avance vertiginoso en la informática y la tecnología de las telecomunicaciones. Como resultado, existen productos cada vez más sofisticados, confiables y asequibles en un corto periodo de tiempo. Sin embargo al observar la evolución de los ITS, se deja en claro que la tecnología es solamente la mitad de la historia.

El éxito de los ITS también ha requerido especial atención en lo que concierne a los aspectos sociales e institucionales de los países, encontrando nuevas formas de hacer negocios, de administración pública, de servicio al cliente y de comodidad en el transporte.

Especialmente los ITS se enfocan hacia la cooperación (autoridades y responsivos) entre los sectores público, privado y académico; siendo este factor, una pieza clave desde su comienzo.

El Departamento de Transporte de los E.U. (DOT) reconoce lo prometedor de los ITS en términos de incremento en la seguridad, eficiencia y protección al medio ambiente, dando apoyo para el desarrollo e investigación, estándares y arquitectura, además de pruebas de campo. Este apoyo público ha existido junto y en cooperación con el esfuerzo del sector privado, creando un amplio mercado viable de productos y servicios de ITS.

## 2.2 Concepto de ITS

---

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) incluyen la aplicación de tecnología de punta y conocimientos avanzados en:

- 1) Manejo y procesamiento de información (empleo de sistemas de cómputo),
- 2) Telecomunicaciones,
- 3) Estrategias de planeación y dirección,
- 4) Ingeniería de Tránsito.

Elementos conjugados mediante una integración y coordinación de tal manera que se mejore el funcionamiento de los sistemas de transporte. Una traducción no literal, pero más acertada y precisa de ITS es: **Sistemas Integrados de Transporte.**

Los ITS ofrecen una alternativa de análisis para identificar los problemas de transporte y sus necesidades.

Estos sistemas proveen de información en tiempo real al viajero para incrementar la seguridad y la eficiencia en los sistemas de transportación terrestre, para pasajeros y mercancías, en áreas urbanas, suburbanas y rurales, entre ciudades y corredores internacionales incluyendo los cruces fronterizos, considerando la reducción de congestionamientos de vehículos con el uso de caminos inteligentes, para el control del tránsito por medio del monitoreo continuo y confiable.

ITS también contribuye con ideas creativas que incluyen formas innovadoras de infraestructura, aplicación tecnológica, financiamiento e inversión en el transporte.

## 2.3 Los beneficios y aplicación de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)

---

Los beneficios y aplicaciones de los ITS se pueden observar en las secciones siguientes

- 2.3.1 Área metropolitana
- 2.3.2 Vehículos inteligentes



### 2.3.1 Área metropolitana

---

En ciudades y suburbios de todo el país, se deben emplear los ITS dependiendo de las necesidades actuales y futuras, para lograr una infraestructura que preste un mejor servicio, con más eficiencia y servicios de transporte efectivos.

Los ITS pueden reducir los congestionamientos, prevenir choques automovilísticos y agilizar respuestas de emergencias, mejorando la calidad del transporte público y ayudando a mantener más limpio el medio ambiente y por consiguiente una mejor calidad de vida.

El empleo de medidores de flujo vehicular en la rampas de entrada de las vías rápidas y las señales de control de tráfico, ayudan a disminuir el tráfico durante las horas pico. Las nuevas tecnologías de monitoreo alertan a las autoridades de incidentes de tráfico pudiendo actuar rápidamente y eficientemente.

Los señalamientos inteligentes, mejor conocidos como señalización dinámica, que previenen de accidentes u otros incidentes que pueden causar grandes retrasos y congestionamientos vehiculares en las vialidades importantes sugiriendo rutas alternativas en tiempo real

Los ITS pueden ser usados para disminuir el congestionamiento de tráfico vehicular teniendo en cuenta el empleo de:

- a) **Tecnologías avanzadas de telecomunicaciones** con capacidad de enviar información sobre el tráfico vehicular, a centros de control para a su vez proporcionar la información a medios masivos de comunicación (radio y televisión, abierta o de paga).
- b) **Sensores especiales** instalados en las vialidades para la medida del flujo vehicular
- c) **Medidores en las rampas de acceso**, los cuales miden y regulan cuanto tráfico entra y sale de las vías rápidas.
- d) **Cámaras de video** estratégicamente localizadas para el monitoreo de tráfico, para detectar el flujo vehicular y los incidentes ocurridos en las vialidades.
- e) **Señalización dinámica** y señalamientos de tráfico vehicular pueden agilizar la velocidad de flujo de vehículos, aviso de rutas alternas, aviso de incidentes y dar prioridad al tránsito de vehículos de emergencia (ambulancias, bomberos, policía, etc.).
- f) **Tecnologías avanzadas para la detección y atención de choques y colisiones**, informan rápidamente sobre incidentes en las vialidades, ayudando a no disminuir la velocidad del flujo vehicular, proporcionan los medios para la atención pre-hospitalaria, de manera pronta y eficiente para personas lesionadas.

g) La información generada por estas tecnologías de vanguardia pueden ser transmitidas hacia sistemas de información centralizada. Pudiendo ser consultados por quien desee elegir su ruta de destino y la disponibilidad del transporte público, en tiempo real; además los centros médicos pueden atender de manera eficiente los auxilios de emergencias médicas.

h) Grúas y patrullas localizadas estratégicamente en áreas conflictivas para acudir rápidamente para apoyo y auxilio vial.

Estas tecnologías pueden reducir la duración de tiempo de viaje entre un 10% y hasta un 45% durante las horas pico de congestión, reducir en 25% la contaminación ambiental y disminuir en 10% la mortalidad de víctimas de accidentes de tráfico, además de una notable disminución en el consumo de combustible y la consiguiente reducción en la emisión de contaminantes.

Ejemplos de aplicaciones de algunos sistemas utilizados en áreas metropolitanas:

TIPO DE SISTEMA	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	APLICACIÓN
<b>Bucle de tráfico (traffic loop)</b>	<p>Consiste en un rizo metálico inductivo (o de forma rectangular), que está sintonizado para presentar una resonancia a una cierta frecuencia. Cuando un automóvil pasa sobre este sensor, cambia la frecuencia de resonancia, siendo detectado.</p> <p>Puede ser instalado durante la construcción de la vialidad o posteriormente de manera superficial, siendo inmunes a la inclemencia del clima y al vandalismo.</p>	<p>Con ayuda de sofisticados algoritmos y procesamiento de señales, se puede obtener:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación de vehículos,</li> <li>• Cálculo de volúmenes de tráfico,</li> <li>• Ocupación de carriles,</li> <li>• Velocidad de vehículos,</li> <li>• Velocidad promedio de tránsito,</li> <li>• Tiempo de espera en condiciones de tráfico denso.</li> </ul>
<b>Video</b>	<p>Consiste en la instalación de sistemas de circuitos cerrados de televisión estratégicamente localizados en las principales vialidades para realizar el monitoreo de tráfico vehicular.</p> <p>Este tipo de sistema es el más caro, pero considerablemente también el más flexible.</p>	<p>Es el más versátil, siendo algunas aplicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de tráfico,</li> <li>• Detección de incidentes,</li> <li>• Identificación y seguimiento de vehículos,</li> <li>• Etc.</li> </ul>
<b>Microondas</b>	<p>Detecta la presencia de vehículos. Estos sensores son pequeños y ligeros y más fáciles en su instalación que los de bucle de tráfico.</p> <p>De bajo costo y bajo consumo de energía.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detección de movimiento en intersecciones,</li> <li>• Control de señalamientos de vehículos y peatones,</li> <li>• Clasificación de vehículos,</li> <li>• Cálculo de volúmenes de tráfico,</li> <li>• Ocupación de carriles,</li> <li>• Velocidad de vehículos,</li> <li>• Velocidad promedio.</li> </ul>

TIPO DE SISTEMA	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	APLICACIÓN
<b>Infrarrojo</b>	Se basa en la tecnología infrarroja pasiva, la cual opera en la parte del espectro electromagnético para detectar cualquier objeto o cuerpo con una temperatura mayor al cero absoluto en su superficie	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Clasificación de vehículos, con ayuda de scanners,</li> <li>◦ Velocidad de vehículos,</li> <li>◦ Detección de movimiento.</li> </ul> <p>Estos sistemas presentan problemas cuando hay lluvia, niebla o nieve.</p>
<b>Láser</b>	Se basa en el empleo de un transductor fotoeléctrico, el cual convierte un rayo de luz láser en una señal eléctrica utilizable al ser obstruida o bien dirigida a un vehículo, para ser procesada mediante dispositivos electrónicos (Se emplea para reconocimiento el principio de interferencia de la luz) Se obtiene una gran precisión con este tipo de sistemas ópticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Detección de vehículos,</li> <li>◦ Clasificación de vehículos,</li> <li>◦ Identificación de vehículos,</li> <li>◦ Velocidad de vehículos.</li> </ul>
<b>Radar</b>	Se emplea el efecto doppler (se da este nombre al evidente cambio de frecuencia de una fuente de radio debido al movimiento relativo entre ella y el observador) para determinar la velocidad de un objeto en movimiento por medio del radar (significa en inglés. radio detecting and ranging -detección y alcance de radio) La detección y alcance (distancia) provienen de la reflexión, del retraso y de la rapidez de onda.  Al dirigir un haz de ondas a un automóvil estando estacionado, las ondas reflejadas tendrán la misma frecuencia, pero si éste se dirige hacia el punto donde se ubica el radar, las ondas reflejadas presentarán una frecuencia mayor. En efecto, el automóvil en movimiento actúa como una fuente en movimiento y se produce entonces un doble desplazamiento Doppler: uno de salida y otro de entrada. Su magnitud depende de la rapidez del automóvil. Una computadora calcula el límite de velocidad y la muestra en un visualizador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Detección de velocidad de vehículos,</li> <li>◦ Presencia de vehículos,</li> <li>◦ Cálculo de volúmenes de tráfico,</li> <li>◦ Ocupación de carriles, en ocho líneas separadas usando un solo sensor de radar</li> </ul>
<b>Sónico o ultrasónico</b>	Se basa en la transmisión de señales de frecuencia ultrasónica e interpretando lo que refleja en el regreso de la misma. No tiene partes móviles, de gran durabilidad y requiere de poco mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Control de intersecciones.</li> </ul>
<b>Piezo eléctrico</b>	Se instalan en las franjas de la vialidad o cerca de la superficie. Estos sensores miden el grado de polarización eléctrica cada vez que un vehículo pasa sobre el.	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Detección de vehículos,</li> <li>◦ Clasificación de vehículos,</li> <li>◦ Identificación de vehículos,</li> <li>◦ Velocidad de vehículos,</li> <li>◦ Conteo de vehículos,</li> <li>◦ Medición del peso a vehículos en movimiento</li> </ul> <p>Se tiene una alta precisión con estos sensores.</p>

TIPO DE SISTEMA	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	APLICACIÓN
Magnéticos	<p>Se basa en el cambio de la intensidad del campo magnético del sensor al detectar el paso de un vehículo dependiendo de la longitud del mismo.</p> <p>A partir del grado en que es afectado el campo magnético del sensor puede ser interpretada la información acerca del tránsito en la vialidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación de vehículos,</li> <li>• Conteo de vehículos,</li> <li>• Detección de vehículos,</li> <li>• Cálculo de volúmenes de tráfico.</li> </ul>

### 2.3.2 Vehículos Inteligentes

Vehículos equipados con sistemas de control de pilotaje automático, controlados por medio de una sofisticada y compacta computadora de viaje integrada al automóvil, con conexión vía satélite a sistemas centralizados de información en forma dinámica sobre el estado de tiempo, la situación de las vialidades al instante, coordinando y monitoreando por medio de sensores que previenen impactos con otros vehículos o personas, tanto a nuestro alrededor como en cruceros, empleando sistemas de radar o tecnología de sonar para detectar objetos alertando del peligro al conductor para así mantener la velocidad adecuada, al igual que la distancia segura a guardar con otros vehículos al circular.

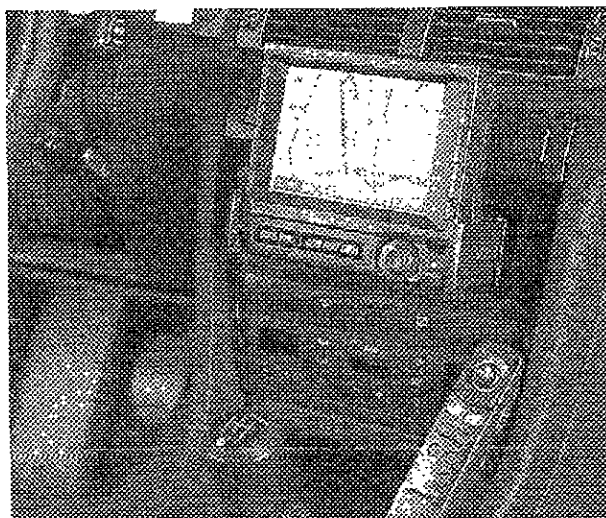


Fig. 2.1 Sistema de navegación móvil.

Los sensores instalados en el sistema del vehículo monitorean a cada instante del viaje el estado del conductor, evitando que éste conduzca cansado, somnoliento o bajo efecto de estimulantes, alertándolo con señales auditivas, visuales y mecánicas, obligándolo a orillar el vehículo (controlando la velocidad y previniendo choques y colisiones al gobernar en dichas situaciones los sistemas de frenos y de dirección) hasta que presente condiciones seguras para poder conducir.

En caso de presentar exceso en el consumo de bebidas alcohólicas no permitirá el arranque del motor, evitando así accidentes muy frecuentes por ésta situación.

## Sistema móvil Mayday™ HCX-B200A

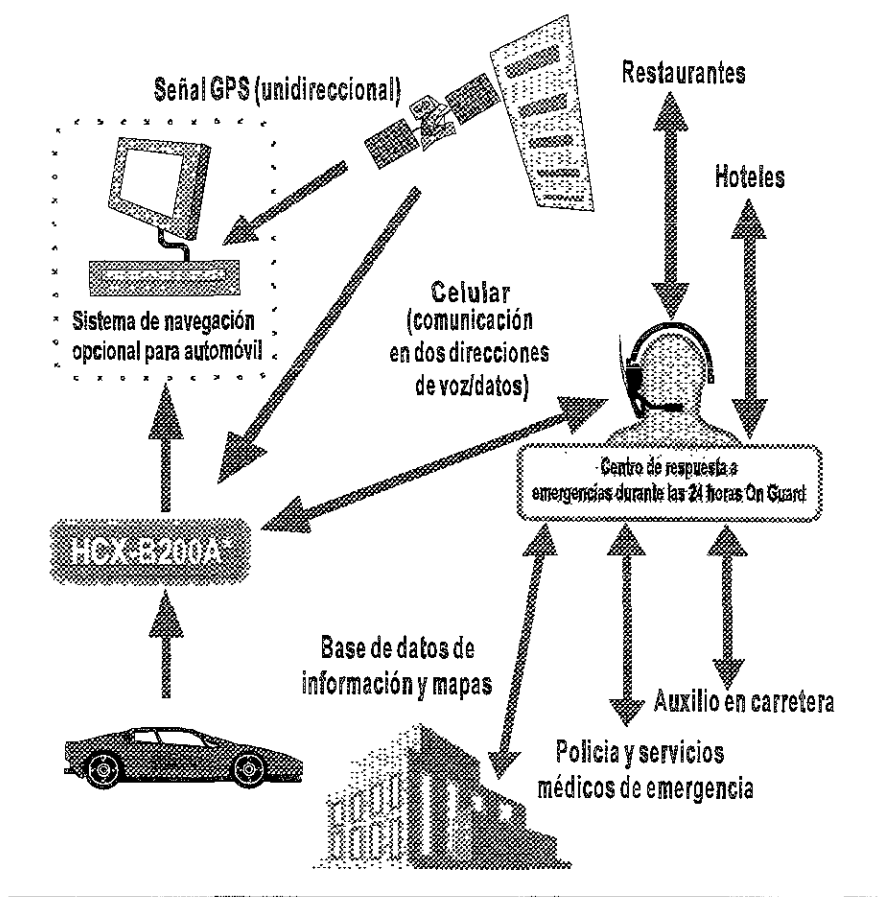


Fig. 2.2 Esquema de funcionamiento de un sistema de navegación.

Los sistemas basados en visión nocturna en el parabrisas mejoran la visibilidad del conductor, pudiendo apreciar claramente a personas u objetos en el camino.

El vehículo tiene control sobre la velocidad de crucero segura, para circular en una curva o sección de un camino, pudiendo corregir errores en la conducción, como derrapes o posibles volcaduras.

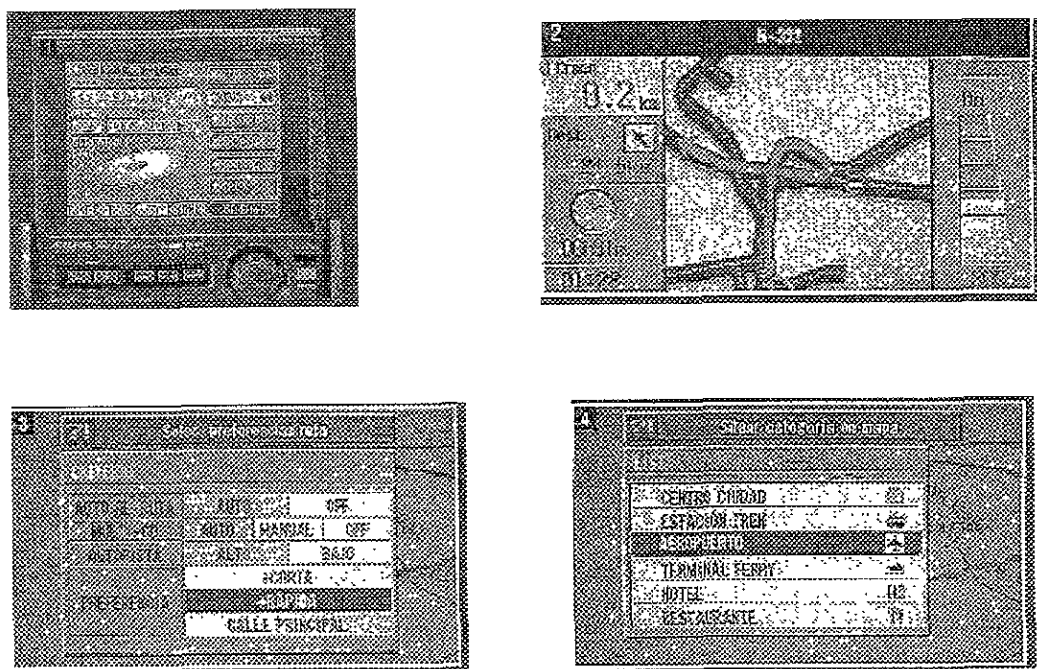


Fig. 2.3 Sistema de navegación y diversos modos para la visualización de operación:

- 1) **Monitor con tamaño DIN** y pantalla en color, actúa como interface del sistema ofreciendo al conductor la información de forma clara y precisa.
- 2) Con la **pantalla en modo de zoom**, se puede apreciar perfectamente las carreteras existentes y la ruta a seguir así como las indicaciones visuales de la pantalla.
- 3) **Al trazar un itinerario**, es posible variar múltiples parámetros como rutas más rápidas o calles principales entre otras opciones.
- 4) El software cuenta con **abundante información práctica** catalogada como puntos de destino a los que se puede acceder directamente.

Los vehículos inteligentes cuentan con sistemas inteligentes de iluminación, logrando direccionar correctamente las luces del automóvil en cada situación al guiarlo durante la noche, evitando deslumbrar a los conductores de los carriles contrarios y a su vez obtener una mejor visibilidad de la vialidad, obteniendo una mayor seguridad al conducir.

Se puede obtener ayuda informática de localización y elección de la mejor ruta (Figuras 2.1, 2.2 y 2.3) mediante un sistema de proyección en alguna sección del parabrisas o bien instalado en alguna parte del tablero, donde sea posible seleccionar y ver el mapa de la zona donde se encuentra, pudiendo identificar el nombre de las avenidas y calles, o bien, introducir en la computadora la dirección a la cual se desea dirigir, para así guiar al conductor de manera auditiva, indicándole paso a paso la ruta.

Este tipo de características en un futuro cercano serán características estándar de muchos vehículos comerciales, aún cuando muchas de estas tecnologías están actualmente instaladas en algunos vehículos, principalmente en países industrializados.

## 2.4 Clasificación general de sistemas que se basan en la tecnología ITS \_\_\_\_\_

Los Sistemas Inteligentes de Transporte se pueden clasificar en cuatro grandes áreas, las cuales son:

### 1) ATIS (Advanced Traveller Information Systems - Sistemas Avanzados de Información para Viajero).

Estos sistemas proporcionan información en tiempo real, tanto a conductores como a pasajeros, sobre las condiciones de tráfico en las vialidades y de las rutas menos congestionadas y más viables a seguir.

Ayudan al viajero en la toma de decisiones antes de comenzar un viaje, al seleccionar una ruta apropiada o bien el modo de transporte a utilizar, así como el seguimiento durante la ruta elegida, reduciendo así la incertidumbre en el cambio de las condiciones en el transporte.

Las tecnologías ATIS emplean los siguientes recursos tecnológicos:

- a) Terminales de información de viajes (información en tiempo real).
- b) Señalización dinámica (señales de mensajes variables).
- c) Mapas electrónicos y equipos de guía de ruta en vehículos.
- d) Displays o pantallas de información en las paradas de autobuses.
- e) Programas de radio y TV sobre la información de las condiciones del tránsito vehicular en las vialidades, incidentes, condiciones meteorológicas, etc., todo ello en tiempo real.

Beneficios que obtiene el usuario.

- Información precisa en tiempo real, sobre la situación del tránsito para una mejor elección de la ruta a seguir.
- Reduce la frustración y la incertidumbre en los conductores y pasajeros de los sistemas de transporte.
- Reducción en la ocurrencia de accidentes.

- Disminución en el impacto al medio ambiente
- Aumento en la calidad de vida.

## 2) ATMS (Advanced Traffic Management Systems - Sistemas de Dirección de Tráfico Avanzado)

Las tecnologías ATMS emplean los siguientes recursos tecnológicos:

- a) Medidores para controlar y coordinar el flujo en rampas de acceso a vías rápidas.
- b) Señalización dinámica (señales de mensajes variables).

Beneficios que obtiene el usuario.

- Información en tiempo real con precisión sobre la situación del tránsito para una mejor elección de la ruta a seguir.
- Reduce la frustración y la incertidumbre en los conductores y pasajeros de los sistemas de transporte.

## 3) CVO (Commercial Vehicle Operations - Operaciones de Vehículos Comerciales)

Las tecnologías CVO emplean los siguientes recursos tecnológicos:

- a) Sistema de identificación automático de vehículos (AVI - Automatic Vehicle Identification Systems).
- b) Sistema de localización automática de vehículos (AVL - Automatic Vehicle Location Systems).

Beneficios que obtiene el usuario.

- Respuesta en tiempo real.



- Seguimiento de cargamentos de alto valor.
- Comunicación y monitoreo con unidades en viajes largos.
- Máxima eficiencia en administración de flotas.

#### 4) AVCS ( Advanced Vehicle Control Systems - Sistemas Avanzados de Control de Vehículos)

Las tecnologías AVCS emplean los siguientes recursos tecnológicos.

- a) Antibloqueo de frenos.
- b) Control de tracción.
- c) Control de velocidad de cruceo dependiendo de las condiciones prevalecientes del tráfico en una vía rápida.
- d) Sistemas de frenado por radar.

Beneficios que obtiene el usuario.

- Mayor seguridad para los usuarios de vehículos en diferentes condiciones climatológicas y de tráfico.
- Reducción en la ocurrencia de accidentes.
- En un futuro próximo, revolucionar las vías rápidas de comunicación terrestre, tanto en su construcción como en su operación, para una automatización.

## 2.5 Organismos Internacionales

---

Existen tres organismos que integran las asociaciones y agrupaciones nacionales; tienen como principales objetivos la coordinación de trabajos y avances en ITS, apoyo al desarrollo armónico y sustentable, avanzar en la armonización y compatibilidad de sistemas, resolver problemas multinacionales y fomentar el intercambio de información relativa a ITS.

- a) **ITS América. (Intelligent Transport Society of America)** Se crea el organismo en 1990 con sede en Washington D.C., E.U., agrupando a los siguientes países:

Canadá, Estados Unidos de América, México, Brasil, Chile, Argentina, y Sudáfrica.

- b) **ERTICO (European Roads and Transport Intelligent Commission)**. Organismo con sede en Bruselas, Bélgica, que agrupa a los siguientes países:

Bélgica, Inglaterra, Francia, Alemania, España, Italia, Holanda, Suecia, Dinamarca, Noruega, Portugal, Irlanda, Rumania, Grecia y Polonia.

- c) **ITS Japan (Intelligent Transport Society of Japan)**. Organismo con sede en Tokio, Japón, agrupa a los siguientes países:

Japón, Corea, China, Taiwan, Hong Kong, Taipei, Singapur, Indonesia, Nueva Zelanda, Australia, Malasia, Kuala Lumpur y Vietnam.

En nuestro país se constituye el **Comité ITS México**, entre otras funciones para la creación de normas en tres diferentes órdenes:

1) **Fabricación (SE)**

1) **Operación (SCT, SETRAVI, COMETRAVI, SEMARNAT)**

2) **Servicios (SHCP, SEDESOL)**

El Comité ITS México está formado por un Consejo Consultivo, integrado por diversos representantes de los sectores público, privado, académico y social.

## CAPÍTULO 3

---

### Factores humanos en ITS

#### 3.1 Importancia de los factores humanos en el diseño, uso y operación de los ITS

---

Los factores humanos tienen una importancia vital en el desarrollo y aplicaciones en ITS, desde el diseño de visualizadores de navegación en vehículos y controles, señales dinámicas, así como proporcionar seguridad y eficiencia en la transición de los sistemas manuales de control hacia sistemas de alta automatización de control.

Las investigaciones sobre los factores humanos relacionan cantidad de trabajo cognitivo y físico, tanto como sea posible para soluciones y requerimientos en ITS.

Por lo tanto en este capítulo se describirán algunas características de percepción y cognitivas de los conductores, las consideraciones de diseño y observaciones acerca de la operación, que quizá influyan en el éxito de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS).

Las características cognitivas implican limitantes sobre qué información requieren los conductores y cómo puede ser la mejor manera de presentar dicha información.

Por lo tanto las características cognitivas de los conductores ayudan a definir los requerimientos en la información y los formatos para su presentación y control.

Aunque las características cognitivas ayudan a definir los requerimientos de diseño, estas no son los únicos factores involucrados.

Otros múltiples factores como características funcionales de ITS, factores ambientales y características del conductor nos determinan el contexto para la interacción del conductor con los ITS y juegan un rol importante en la determinación de cual información deberá ser presentada al conductor.

En la figura 3.1 se ilustra el principio que un diseño de ITS depende de cada una de las consideraciones de estos elementos.

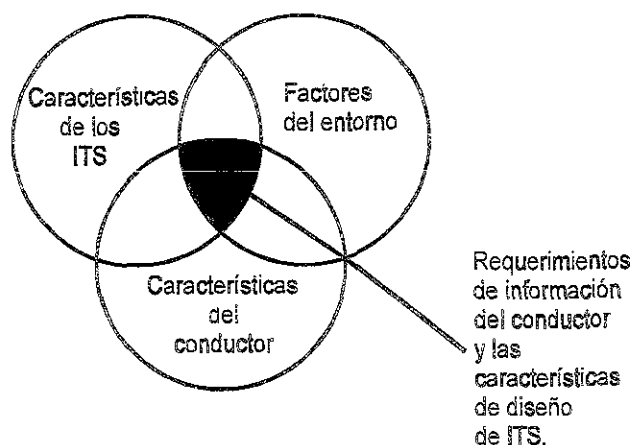


Fig. 3.1 Elementos para consideraciones de diseño en sistemas ITS.

La conducta del conductor y la implicaciones de diseño asociadas dependen del entendimiento de ambas en el contexto de las características operativas y cognitivas del conductor.

Se estudiarán las características cognitivas del conductor en el siguiente orden:

- 3.2 Percepción y acción.
- 3.3 Asimilación de información y toma de decisión.
- 3.4 Conocimiento y actitudes del conductor.

## 3.2 Percepción y acción

---

Las características motoras y de percepción del conductor afectan la interacción con la tecnología ITS. Estas características se refieren a las limitantes asociadas con el proceso de recepción y acción de estímulos para el buen aprendizaje y respuesta a la par.

Imprecisión en la percepción y la respuesta podrían inhibir a las características cognitivas complejas del procesamiento de la información, toma de decisión, actitudes y conocimiento.

Específicamente, las limitantes de percepción y acción influyen en las habilidades de los conductores para identificar la presencia de señalamientos (restrictivos, de precaución o de información; sean estáticos o dinámicos), para reaccionar apropiadamente a las flechas de dirección dadas por una ayuda de navegación en el automóvil y acertar en presionar los botones para controlar un visualizador multifunción, por ejemplo (Tabla 3.2).

<i>CARACTERÍSTICAS COGNITIVAS</i>	<i>CONSIDERACIONES DE DISEÑO</i>
Límite de rango en la percepción de color.	Mínima iluminación, codificación redundante.
Pérdida de agudeza visual con baja iluminación.	Mínima iluminación, limitación de medidas.
Daltonismo (ceguera para los colores).	Codificación redundante.
Reducción visual.	Localización de información.
Atención visual y limitación de tiempo de observación.	Límite en la transmisión de información.
Habilidad defectuosa en los oídos.	Elección de rango y nivel de frecuencia.
El aumento de edad con relación al tiempo de respuesta.	Presentación de información.
Velocidad y precisión en el control motriz.	Tamaño y distancia de los controles.
Interacción de la percepción.	Coordinación en los flujos de información.
Interacción de la respuesta.	Coordinación de requerimientos de respuesta, presentación de la información.
Sobresaltar el efecto de alarmas.	Ajuste del nivel de ruido ambiental.
Estereotipo de población.	Acciones sugeridas y requeridas según expectativas.

Tabla 3.2 Resumen de las características cognitivas de acción y percepción y su relación con los requerimientos de información.

### 3.3 Asimilación de información y toma de decisión

Las características del conductor están asociadas con la integración y el entendimiento de la información. A diferencia de las características de percepción y motoras, estas características no describen qué características cognitivas directamente influyen en las habilidades del conductor para entender y actuar a estímulos del entorno.

Las características de asimilación de información y toma de decisión, determinan las habilidades del conductor para entender e interpretar el significado de los señalamientos dinámicos, estáticos o mensajes desplegados en visualizadores en el automóvil, así como las decisiones que implican.

Estas características van más allá de lo que los conductores pueden exactamente percibir y actuar a las señales provenientes de su entorno, describiendo si los conductores pueden entender el contenido semántico de los señalamientos dinámicos, visualizadores y mensajes; específicamente como integra el conductor la información proporcionada por el entorno y los componentes de ITS para seleccionar rutas alternativas para evitar los congestionamientos o imprevistos en la ruta deseada; como interactuar con una base de datos en el automóvil para encontrar un punto de interés y comprender mensajes de precaución para impedir daños (Tabla 3.3).

<i>CARACTERÍSTICAS COGNITIVAS</i>	<i>CONSIDERACIONES DE DISEÑO</i>
Limitación por atención dividida.	Colocación de información similar.
Limitación por concentración en la atención.	Reconocimiento de los distractores del conductor de su tarea primaria con excesiva información.
La relación de la edad con el decremento de la división de la atención.	Prever fuentes de información redundantes
Sobrecarga mental.	Minimización de información no crítica en momentos de altas cargas de trabajo.
Prioridad defectuosa a una tarea.	Incluir prioridades en mensajes para el conductor.
Error en la estimación de tiempo.	Visualizar el tiempo estimado para una ruta y rutas alternativas para mostrar el ahorro de tiempo con respecto a la desviación.
Limitación alfabética (escritura).	Uso de iconos, hacer uso del sistema sin tener que leer un manual.
Limitación matemática.	Minimizar la necesidad de cálculo de valores.
Diferencias en el lenguaje.	Uso de iconos.
Carencia en la familiaridad con computadoras.	No hacer uso de metáforas computacionales.
Interpretación de iconos.	Identificación del texto en conjunto con la estandarización.

Tabla 3.3 Resumen de las características cognitivas de toma de decisión y asimilación de información y su relación con los requerimientos de información.

### 3.4 Conocimiento y actitudes del conductor

Las características del conductor referentes al conocimiento y actitudes influyen en la interacción con los componentes de ITS.

Estas características determinan como los conductores emplean las capacidades ITS.

Las actitudes y el conocimiento del conductor son importantes porque si los conductores perciben correctamente y entienden la información presentada por un componente ITS, sus actitudes y conocimientos quizá inhiban su actuar sobre esta información (Tabla 3.4).

<i>CARACTERÍSTICAS COGNITIVAS</i>	<i>REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN</i>
Organización jerárquica del conocimiento de navegación.	Proporcionar información en forma que sea compatible con la estructura del conocimiento.
Diferentes niveles de destreza de Navegación.	Proporcionar a la gente información sobre navegación según su destreza.
Conocimiento limitado con respecto a expertos.	Proporcionar una representación exacta de la información respecto a la vialidad requerida.
Tendencia hacia modelos mentales simples.	Realizar modelos mentales apropiados con la interfase o a través del uso de analogías.
Potencial para modelos imprecisos.	Realizar modelos mentales apropiados con la interfase o a través de analogías.
Dependencia con analogías para entender los sistemas.	Descripción de funciones y características usando analogías que proporcionen una verídica y completa descripción del sistema.
Confianza.	Transmitir una reflexión exacta del desempeño del sistema, mecanismos que guían el sistema y el propósito del mismo.
Confianza en sí mismo.	Transmitir una reflexión exacta del desempeño del conductor.

Tabla 3.4 Resumen de las características cognitivas de actitudes y conocimiento y su relación con los requerimientos de información.

### 3.5 La Interacción del operador en los ITS

---

El operador en un sistema ITS se encuentra localizado en un **Centro de Control de Tráfico** (Traffic Management Center - TMC) y representa una parte importante para el buen desempeño del mismo, siendo el que coordina los recursos de cómputo para el envío de información estandarizada a los conductores a través de diversas salidas de información (como por ejemplo señalización dinámica), y un mejor control del flujo de los automóviles en una ciudad.

En el TMC, el operador incorpora la fusión de datos de las condiciones medidas en las diversas arterias viales de la ciudad mediante diversos sensores y circuitos cerrados de televisión instalados en toda la ciudad, que lo alertan de distintas situaciones, para poder así poder hacer uso de equipos de cómputo para el procesamiento de la información y poder conocer las condiciones a prevalecer en el tránsito vehicular en cualquier instante.

En algunas ocasiones se cuenta con equipo automatizado con rutinas de acciones y decisiones a tomar, ayudando al control del tráfico y disminuyendo la carga de trabajo del operador, estandarizando a su vez la información que será enviada y observada por los conductores.

El TMC es el lugar donde se realiza la llegada de los datos, procesamiento de información, comunicación y control de los diferentes dispositivos, para el control de tránsito. Desde aquí los operadores mediante una central de computadoras verifican las condiciones de flujo vehicular, buscando su óptimo desempeño.

Teniendo como resultado de toda estas interacciones un complejo sistema de lazo cerrado de información y un sistema de control (Figura 3.5).

La función más importante a realizar en el TMC, es la de interpretar la información que llega a él, reconocer las indicaciones de circulación y los problemas a futuro en el flujo del tráfico, selección de tácticas de respuesta inmediata, llevar a cabo estas tácticas y evaluar la efectividad de las mismas.

Debido a que las tareas a desempeñar por los operadores no son repetitivas, ni predecibles, se requiere de un equipo de operadores que se enfrenten a problemas únicos y frecuentes que necesitan de una rápida reacción en momentos críticos, éstos deben contar con altos niveles de entrenamiento, preparación y conocimiento en el área, al igual que un gran sentido de responsabilidad en el desempeño de su trabajo.

Los operadores deben contar con gran destreza verbal, alto grado de conocimientos en computación y gran destreza en razonamiento (sentido común), estas características representan un estándar para los operadores en un TMC.



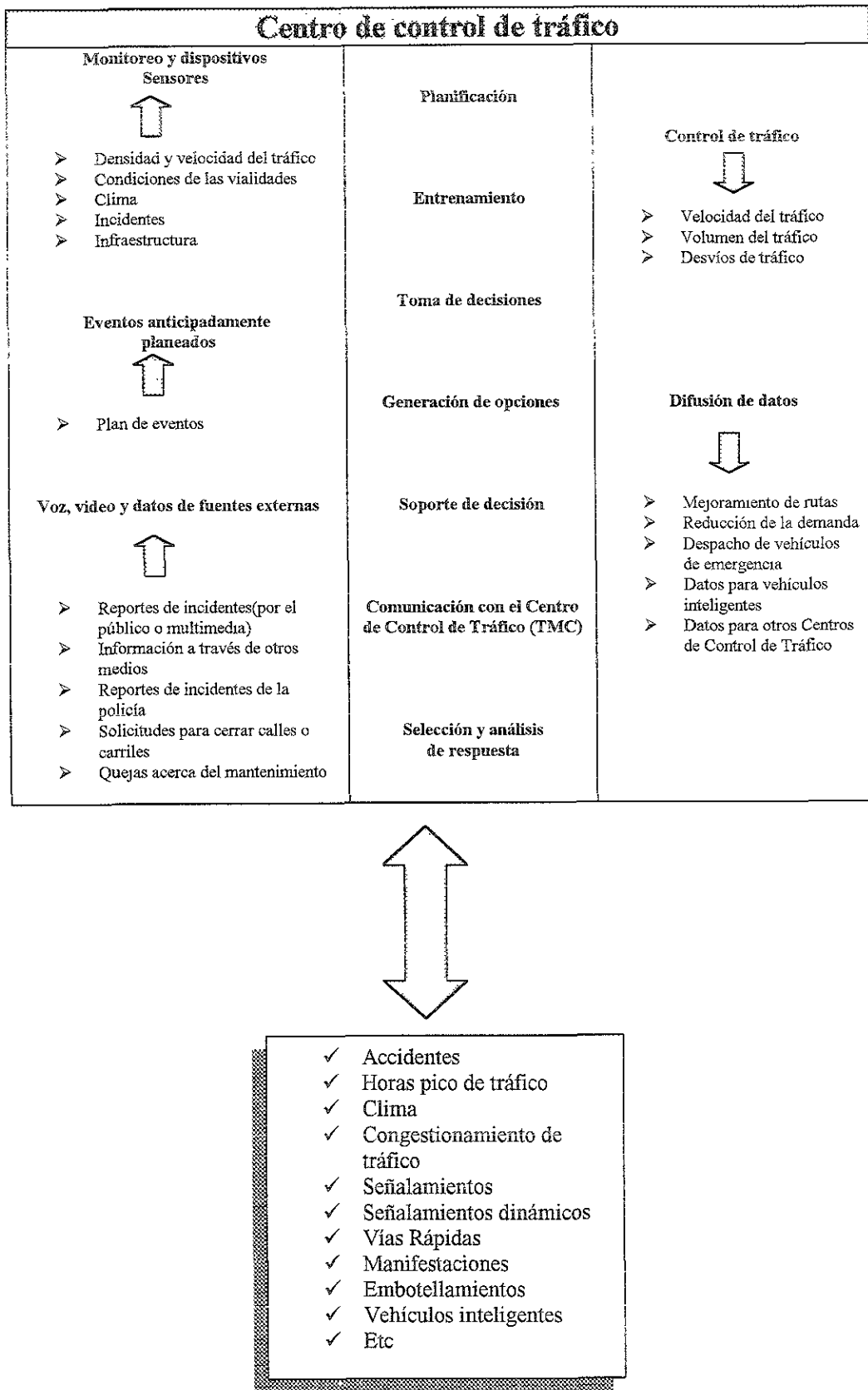


Fig. 3.5 Estructura típica de un Centro de Control de Tráfico (TMC – Traffic Management Center).

Algunos centros emplean a estudiantes como operadores, usualmente bajo supervisión de un operador principal. Otros centros con mayor número de incidentes requieren de operadores más altamente calificados, que se desempeñaron en centros de control de señalamiento, técnicos en tráfico, ingenieros en tránsito, ingenieros en computación, quienes tendrán la asignación de diversas tareas o proyectos especiales.

En algunos centros europeos la totalidad del personal está integrado por policías, que interactúan estrechamente con otros oficiales quienes trabajan directamente en las calles, requiriendo un mínimo de ingenieros o técnicos calificados.

El TMC debe estar coordinado con los policías de tránsito, de manera que en un sistema automatizado no exista la interferencia negativa de ellos, perdiendo efectividad en el control del tránsito; se puede evitar esto, proporcionando una capacitación real y funcional a los policías de tránsito sobre la existencia de los ITS y de cuál es su interacción con estos para un mejor desempeño en la realización de su trabajo, en cómo funciona el TMC y cuál es su función y su área de acción dentro del mismo, para contar en un futuro próximo con un cuerpo de policía capacitado e integrado acorde al desarrollo tecnológico del TMC.

El rol del operador en el sistema debe estar bien definido. Cada una de la funciones seleccionadas, quizá asignadas a un operador o a un sistema automatizado, podrían ser una combinación de ambas, logrando una interacción en la cual se pueden analizar detalles y lograr documentarlos para ser más concisos y accesibles en los procedimientos aplicados, logrando la realización de un manual de procedimientos, contando así con operadores expertos que serán una ayuda invaluable para redefinir el diseño del sistema del TMC con el paso del tiempo.

## CAPÍTULO 4

---

### Normalización de las señales dinámicas en México

En este capítulo se hace referencia al capítulo 1 del Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito, donde se normaliza todo lo referente a la señalización dinámica en México; por lo tanto la nomenclatura de las figuras presentadas, es la empleada en el manual indicado y difiere con la nomenclatura utilizada en los otros capítulos de este trabajo.

#### 4.1 Señales Dinámicas

---

##### • Descripción

Son señales que tienen por objeto informar a los conductores de vehículos, de diferentes situaciones que atañen directamente a la circulación vehicular. Su característica fundamental es mostrar versatilidad ante circunstancias diversas por medio de indicaciones generadas por elementos luminosos (generalmente grupos de diodos emisores de luz), por ende no son estáticas.

##### • Aplicación

Se instalan principalmente en vialidades que cuentan con carriles reversibles y en lugares donde constantemente se generan cambios en la circulación vehicular, ya sea por las características propias de la vialidad, por diferentes desvíos en áreas de trabajo o de conservación.

##### • Autorización legal

Se colocan únicamente con la autorización de la dependencia oficial competente, con el propósito de informar a los usuarios de las condiciones en las vialidades. Ninguna señal puede llevar un mensaje que no sea esencial para el control de tránsito, por lo que queda prohibida la utilización de las señales o de sus elementos de instalación para colocar publicidad o mensajes no autorizados.

Cualquier señal no autorizada debe ser removida por la autoridad correspondiente.

##### • Clasificación

Las señales dinámicas tienen diferentes aplicaciones y es en base a ellas que se genera la siguiente clasificación:

- D-1 Señales dinámicas para regular el uso de carriles
- D-2 Señales dinámicas para el control de límite de velocidad
- D-3 Señales dinámicas para información general

## Características

Las señales se colocan siempre en sentido vertical y pueden ser de forma cuadrada (señales D-1 y D-2) o de forma rectangular (señal D-3).

Las señales dinámicas están compuestas por tres elementos principales (Figura F1-d):

- **Gabinete.** En éste se alojan tanto el panel como la pantalla, así como los demás elementos encargados del funcionamiento adecuado de los elementos luminosos. Funciona a su vez, como estructura externa para la señal.
  - **Panel de elementos luminosos.** Sirve como soporte de los elementos luminosos (conjunto de diodos emisores de luz), y además sirve como fondo para que las indicaciones luminosas tengan un contraste adecuado
3. **Pantalla antirreflejante translúcida.** Se utiliza frente al panel de elementos luminosos, con la finalidad de que las indicaciones generadas por estas señales puedan ser distinguidas con claridad por los usuarios, dando un mayor contraste al momento de emitir la indicación luminosa. Otra finalidad es evitar que los rayos del sol incidan sobre ésta, provocando la impresión de estar iluminada.

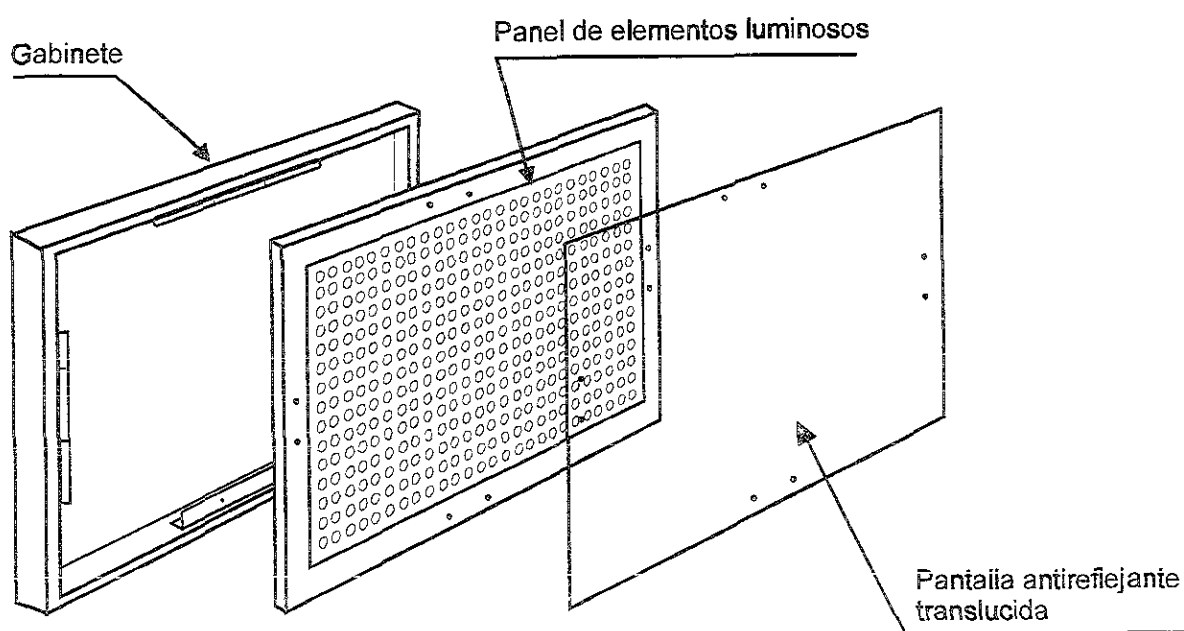
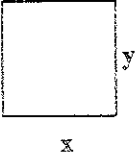



Fig. F1-d Elementos que constituyen una señal dinámica.

Las dimensiones de estas señales se especifican en la tabla T1-d.

SEÑAL	FIGURA	DIMENSIONES DE LA LÁMINA [cm]		ALTIMETRIA DE LA LETRA [cm]			USO
		x	y	RENGLONES			
Dinámica para regular el uso de carriles D-1.  Dinámica para el control de límite de velocidad D-2.		75 x 75					En avenidas, ejes viales y vías rápidas urbanas
		90 x 90					
Dinámica para información general D-3		x	y				En avenidas, ejes viales y vías rápidas urbanas
		min. 180 máx. 305	90	1	2	3	
		min. 180 máx. 305	122	-	25	25	

T1-d Dimensiones de las señales dinámicas.

Las dimensiones que se especifican en la tabla T1-d para las señales dinámicas pueden aplicarse indistintamente en avenidas, ejes viales o vías rápidas. El criterio para establecer la aplicación de una dimensión u otra se basa fundamentalmente, en la visibilidad de la señal en relación a las condiciones geométricas de la vialidad y al aforo vehicular que transita por la misma.

Las señales dinámicas pueden utilizar elementos diversos para las indicaciones que generen, como son:

1. Símbolos
2. Flechas
3. Caracteres para el uso de diferentes leyendas

Se recomienda que la brillantez de los elementos luminosos de las señales pueda ser controlada en dos niveles de intensidad, con el propósito de que las indicaciones sea claramente visibles por los conductores de vehículos, tanto en el día como en la noche. La visibilidad de las señales debe ubicarse dentro de un ángulo de 40°, a una distancia mínima de 250[m] (Figura F2-d).

En lo referente a la transmisión de órdenes, las señales deben ser capaces de mandar tanto la confirmación de ejecución de la orden recibida al controlador de la señal, como mensajes de falla generados por mal funcionamiento de algún elemento luminoso; de esta manera, se garantiza que el controlador de las señales puede detectar problemas en elementos luminosos que deben estar prendidos y que están apagados o viceversa. Esta secuencia debe ser realizada continuamente por el controlador de la señal, con la finalidad de verificar lo anterior cada vez que un comando deba ser ejecutado.

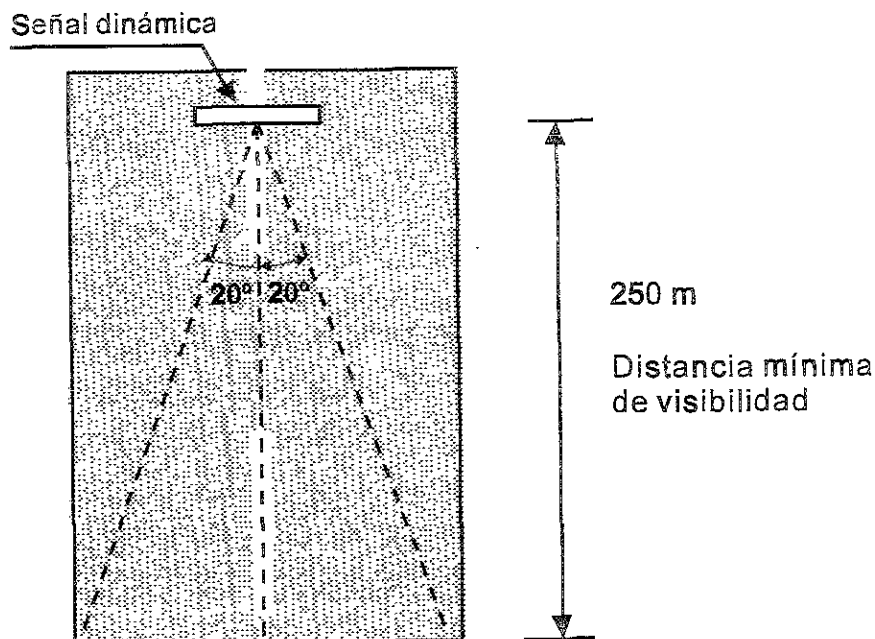


Fig. F2-d Características de ubicación de una señal dinámica en una vialidad.

## 4.2 Señal dinámica para regular el uso de carriles (D-1)

Esta señal se utiliza para regular el uso de carriles en una vialidad. Esta aplicación se justifica, siempre y cuando un estudio de Ingeniería de Tránsito lo avale. El uso de estas señales puede aplicarse en los siguientes casos:

- En una vialidad donde se desea mantener el tránsito fuera de ciertos carriles a determinadas horas, para facilitar la incorporación al tránsito de una vialidad alterna.
- En una vialidad para indicar los movimientos a seguir en uno o varios carriles, a causa de un trabajo (obra civil, conservación, etc.) o de algún evento.
- En las circulaciones de áreas próximas a casetas de control, cuando es necesario invertir el sentido del tránsito para un funcionamiento eficaz.
- En la entrada o la salida del área de estacionamiento de un estadio, centro comercial o similar, cuando la circulación de tránsito en un sentido excede a la capacidad del número de carriles de que se dispone para la circulación normal.
- En una vialidad cuando por ciertas condiciones transitorias, conviene aumentar el número de carriles de que se dispone para la circulación normal con el fin de atender los periodos de máxima demanda del tránsito en un sentido.

Estas señales pueden usarse sobre los carriles que se desea controlar colocadas sobre estructuras tipo puente (Figura F3-d).

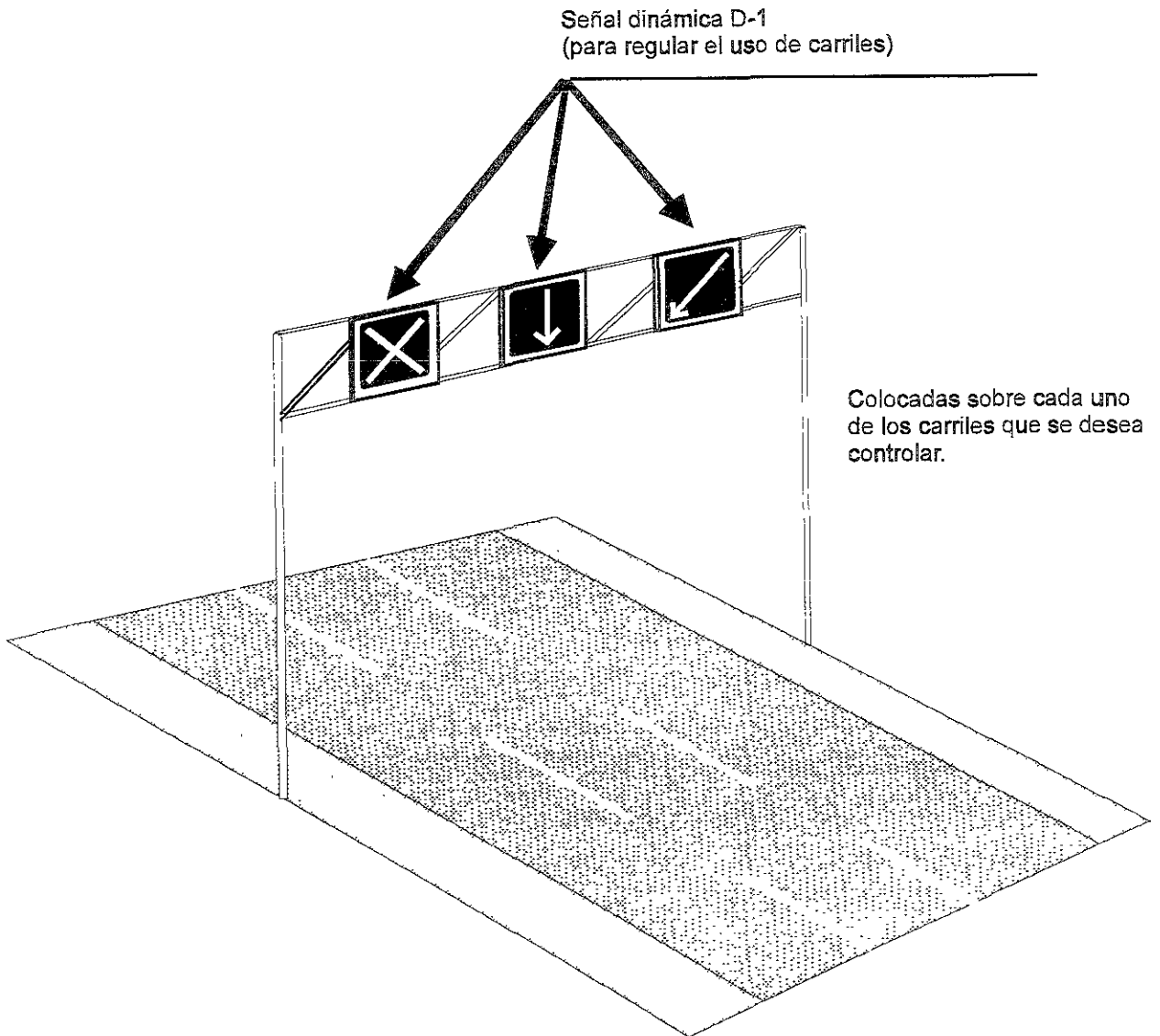

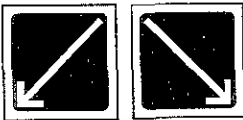



Fig. F3-d Señales dinámicas para regular el uso de carriles colocadas sobre estructuras tipo puente.

### 4.2.1 Indicaciones de una señal dinámica para el uso de carriles

El controlador de la señal debe indicar cuatro símbolos en el panel de elementos luminosos, su descripción se especifica en la tabla T2-d:

SEÑAL LUMINOSA	INDICACIÓN	DESCRIPCIÓN	
	ROJO FIJO	ALTO	Indica a los conductores de vehículos que avanzan hacia la señal, que no pueden continuar por el carril en el que están y que por lo tanto, deben desalojarlo inmediatamente. Esta indicación prevalece sobre cualquier otra.
	AMARILLO O AMBAR FIJO	DESVIACIÓN	Indica a los conductores de vehículos que avanzan hacia la señal, que deben desviarse hacia el carril de la derecha o de la izquierda, según la dirección que apunte la flecha.
	VERDE FIJO	SIGA	Indica a los conductores de vehículos que avanzan hacia la señal, que pueden circular por el carril donde está ubicada esta indicación.

T2-d Descripción de las indicaciones generadas por una señal dinámica para regular el uso de carriles.

#### • Color

- \* Fondo del panel en negro mate.
- \* Los emisores de luz deben de generar los colores y los símbolos descritos en la tabla anterior:

Cruz en rojo (Alto).

Flecha derecha en amarillo o ámbar (Desviación).

Flecha izquierda en amarillo o ámbar (Desviación).

Flecha descendente en verde (Siga).

#### • Aplicación

Deben tomarse en cuenta las referencias listadas a continuación. Su ubicación aparece al pie, acorde a la nomenclatura.

- A) Fabricación
- B) Colocación e instalación
- C) Contexto urbano



A continuación se muestran figuras relativas a las señales dinámicas para regular el uso de carriles.

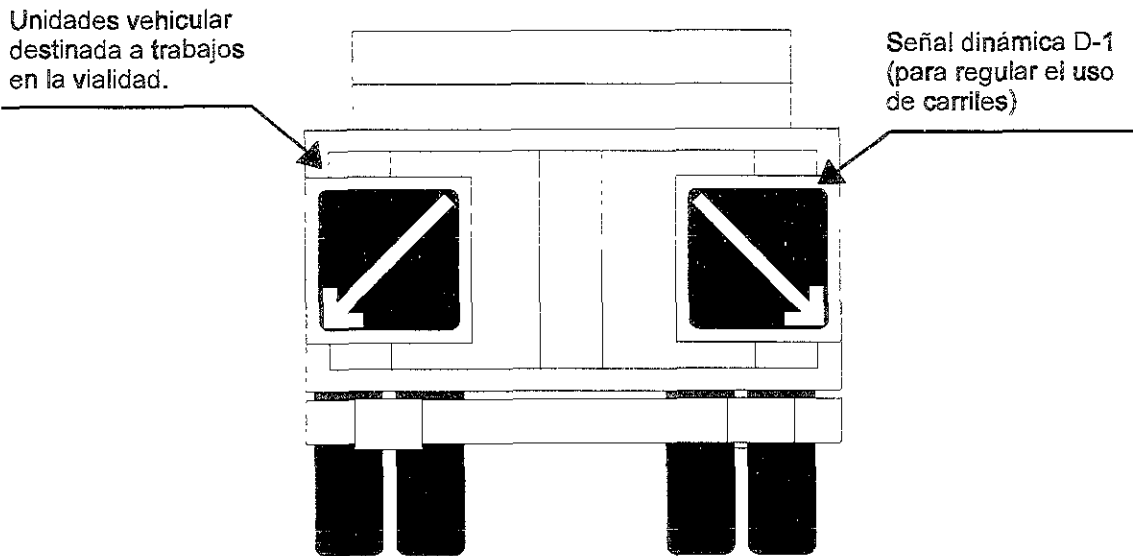


Fig. F4-d Señales dinámicas para regular el uso de carriles colocadas en la parte posterior de unidades vehiculares.

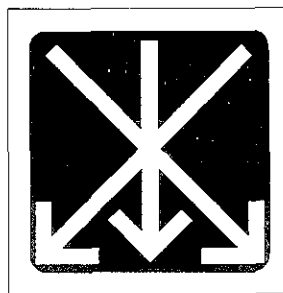


Diagrama de las diferentes indicaciones que se generan en una señal dinámica para regular el uso de carriles.

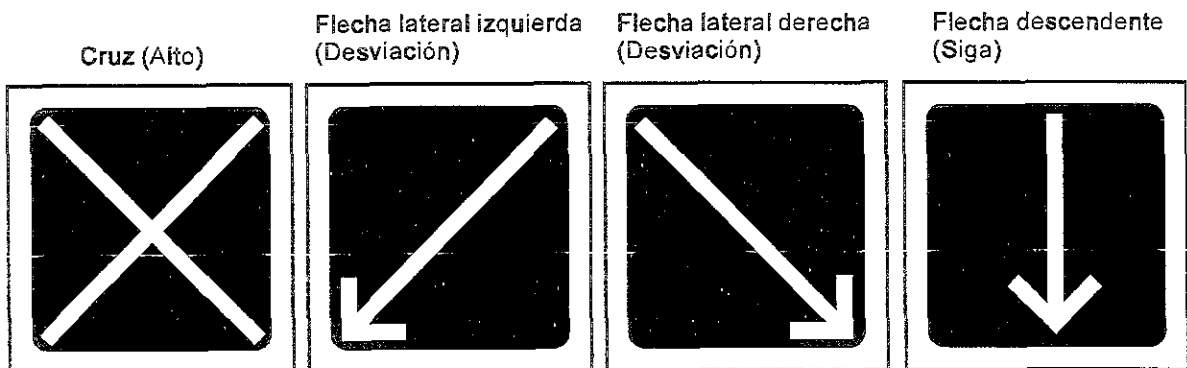


Fig. F5-d Símbolos generados en una señal dinámica para regular el uso de carriles.

### 4.3 Señal dinámica para el control de límite de velocidad (D-2) \_\_\_\_\_

Esta señal se ocupa en lugares donde constantemente se generan cambios en el flujo de circulación vehicular, ya sea por las características propias de la vialidad, por diferentes desvíos causados en áreas de trabajo o de conservación. La finalidad es de indicar el límite máximo de velocidad establecido según las condiciones viales que se generan en el tramo de referencia.

Debe colocarse en el mismo lugar de la restricción, de forma tal que sea perfectamente visible y legible por los conductores de vehículos.

Esta señal nunca debe exceder el límite máximo permitido de la velocidad del proyecto o el que se establece en el Reglamento de Tránsito del Distrito Federal.

#### 4.3.1 Indicaciones de una señal dinámica para el control de límite de velocidad \_\_\_\_\_

El controlador de la señal debe ser capaz de indicar 3 elementos principales.

1. Símbolo: Anillo restrictivo.
2. Leyenda 1: Debe indicar cualquier valor en dos dígitos de 01 a 99 para establecer el límite de velocidad permitido.
3. Leyenda 2: Debe indicar la abreviatura de kilómetros por hora [km/h].

#### • Color

- \* Fondo del panel en negro mate.
- \* Anillo de restricción en Rojo (color generado por los diodos emisores de luz).
- \* Leyendas (dígitos de límite de velocidad y km/h) en blanco (color generado por los emisores de luz).

#### • Aplicación

Deben tomarse en cuenta las referencias listadas a continuación. Su ubicación específica en el manual aparece al pie de esta página, acorde a su nomenclatura.

- A) Fabricación
- B) Colocación e instalación
- C) Contexto urbano

En la figura F6-d se muestra un ejemplo de las señales dinámicas para el control de límite de velocidad.

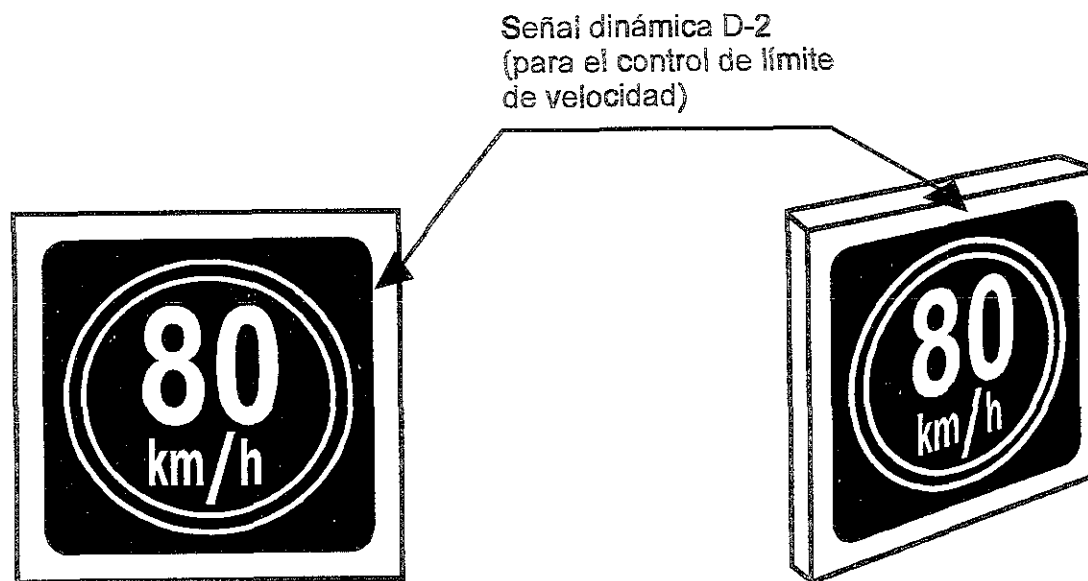


Fig. F6-d Ejemplo de una señal dinámica para el control de límite de velocidad.

#### 4.4 Señal dinámica para información general (D-3)

Esta señal se ocupa en lugares donde constantemente se generan cambios en la circulación vehicular, ya sea por las características propias de la vialidad, por diferentes eventos o por desvíos causados en áreas de trabajo o de conservación. La finalidad es indicar por medio del uso de diferentes leyendas, las diferentes condiciones que puedan llegar a presentarse en el tramo de referencia.

Las señales dinámicas para información general pueden clasificarse en tres grupos diferentes dependiendo del tipo de mensaje informativo que transmitan:

1. **Preventiva:** Se utiliza para prevenir a los usuarios de la existencia de una situación peligrosa y de su naturaleza.
2. **Restictiva:** Se utiliza para establecer una restricción o prohibición para el uso de la vía pública .
3. **De recomendación:** Se utiliza para informar a los usuarios sobre determinadas disposiciones o recomendaciones que conviene observar para dirigir sus movimientos en forma ordenada y segura.

#### 4.4.1 Indicaciones de una señal dinámica para información general \_\_\_\_\_

El controlador de la señal debe indicar los diferentes caracteres que conforman las leyendas que se busca indicar. Las leyendas empleadas pueden estar dispuestas en uno, dos y hasta tres renglones (Tabla T1-d). Se debe procurar en lo posible, mantener un parámetro de referencia en base a las series de letras manejadas por este manual, pero lo más importante en este aspecto es que en todos los casos las leyendas deben ser claras, perfectamente visibles y legibles por los usuarios.

##### • Color

###### \* Para señales con información preventiva:

- ⇒ Fondo del panel en negro mate
- ⇒ **Leyenda en amarillo o ámbar** (color generado por los emisores de luz)

###### \* Para señales con información restrictiva:

- ⇒ Fondo del panel en negro mate
- ⇒ **Leyenda en rojo** (color generado por los emisores de luz)

###### \* Para señales con información de recomendación:

- ⇒ Fondo del panel en negro mate
- ⇒ **Leyenda en blanco** (color generado por los emisores de luz)

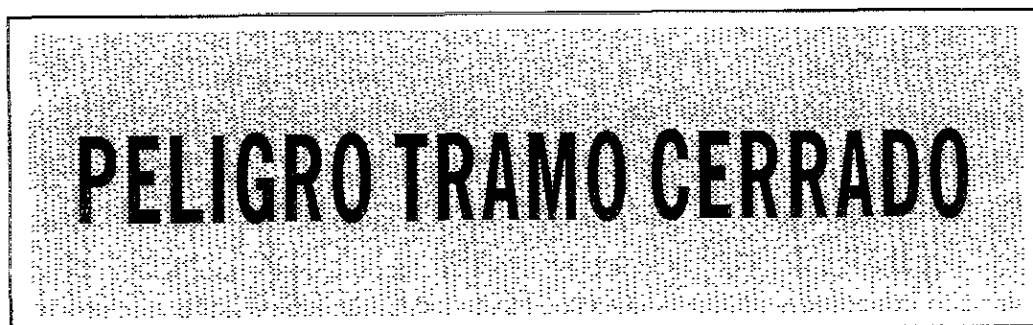
##### • Aplicación

Deben tomarse en cuenta las referencias listadas a continuación. Su ubicación en este manual aparece al pie de esta página, acorde a su nomenclatura.

- A) Fabricación
- B) Colocación e instalación
- C) Contexto urbano

En la siguiente página se muestran ejemplos de las señales dinámicas para información general (Figura F7-d).

Señal dinámica D-3 con información preventiva.



Señal dinámica D-3 con información preventiva.



Señal dinámica D-3 con información restrictiva.

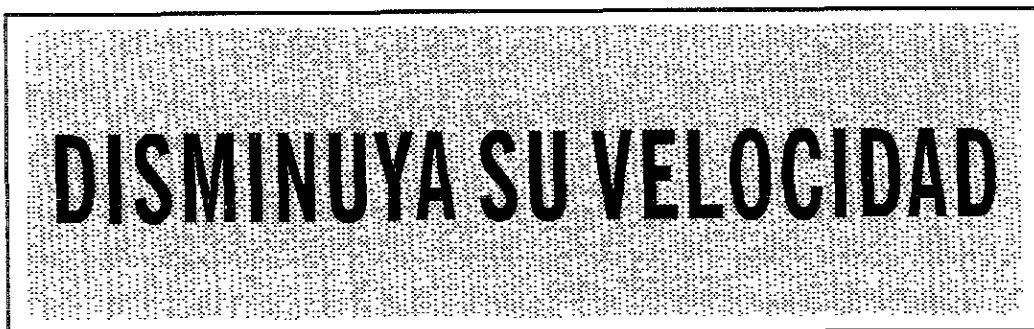


Fig. F7-d. Ejemplos de las señales dinámicas para información general.

Señal dinámica D-3 con información restrictiva.



Señal dinámica D-3 con información de recomendación.



Señal dinámica D-3 con información de recomendación.

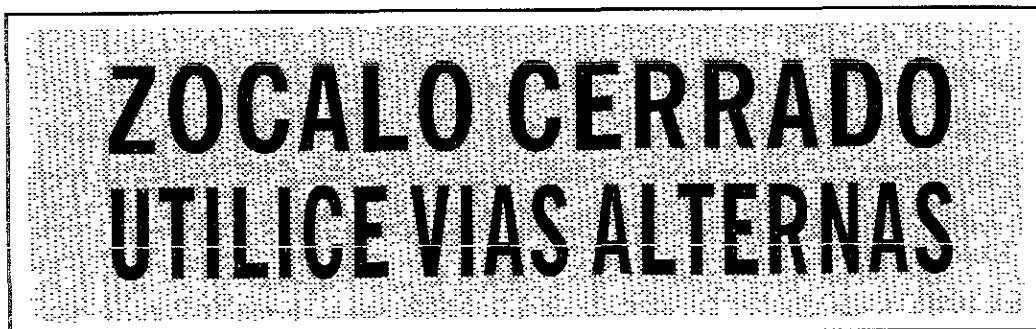


Fig. F7-d. Ejemplos de las señales dinámicas para información general.

## 4.5 Propuesta de mejora a las normas para Señalización Dinámica en México

Estas propuestas son relativas al Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito, donde se normaliza lo referente a la señalización dinámica en México.

Una propuesta consiste en proporcionar especificaciones más precisas en cuanto a las características del color que deberán emitir los diodos emisores de luz (leds), el número de diodos que deberán constituir un pixel en el panel, el mínimo número total de diodos por panel, etc..

A partir de la investigación realizada, con base en la información proporcionada por algunos de los principales fabricantes de paneles para Señalización Dinámica, se definieron las siguientes características mínimas para lograr la eficiencia de estos dispositivos.

### 4.5.1 Características del panel de elementos luminosos

Se propone el uso de paneles modulares que podrán integrarse según las necesidades, para tener una mayor versatilidad en diversas aplicaciones y poder construir paneles de diversos tamaños y configuraciones, combinándolos con señalamientos fijos (señalamientos híbridos); esto permite un mejor mantenimiento al tener fallas aisladas, teniendo que cambiar solo pequeños módulos sin tener que desmontar o sustituir el panel en su totalidad, obteniendo así una mayor economía en su construcción y mantenimiento, siendo las siguientes:

Características	Panel de Alta Densidad	Panel de Densidad Estándar
Largo	48.8 cm (19.25 in)	
Ancho	34.9 cm (13.75 in)	
Espesor	5.08 cm (2 in)	
Peso	1.95 kg	1.8 kg
Arreglo de pixeles	8x12	5x7
Número de pixeles	96	35
Leds por pixel	4	4
Espaciamiento de los leds en un pixel	1.3 cm (0.5 in)	4.2 cm (1.65 in)
Espaciamiento entre pixeles	3.4 cm (1.35 in)	6.9 cm (2.75 in)
Tipo de Led	De tres estados. Colores de emisión: Ámbar @ $\lambda=592$ nm Rojo @ $\lambda=700$ nm Verde @ $\lambda=565$ nm ( $\lambda$ = longitud de onda de la luz emitida) (nm = nanómetros= $10^{-9}$ metros)	De tres estados. Colores de emisión: Ámbar @ $\lambda=592$ nm Rojo @ $\lambda=700$ nm Verde @ $\lambda=565$ nm
Tamaño mínimo de un carácter (altura)	26.6 (10.5 in) (5x7 pixeles) 18.5cm (7.4 in) (4x5 pixeles)	46 cm (18 in) (5x7 pixeles)

Tabla 4.8 Características de paneles modulares para señalización dinámica.

## 4.5.2 Características de Visibilidad de la Señalización Dinámica

Para obtener una óptima visibilidad, legibilidad y coherencia en un panel para señalización dinámica, es importante conocer las características de los leds (diodos emisores de luz) a emplear, como por ejemplo las siguientes:

- Cuatro leds componen un pixel, que es la mínima unidad programable en un panel.
- Patrones de radiación espacial bien definidos.
- Ángulos de visión: 15 y 30 grados
- Alta Intensidad luminosa (brillo) de salida

Ángulo de visión	Intensidad luminosa @ 20 mA	
	Mínima	Típica
15 grados	2600	4500
30 grados	1000	1700

Tabla 4.9 Características de intensidad luminosa de los leds, a diferentes ángulos de visión.

Color:      Ámbar @  $\lambda=592$  nm  
 Rojo @  $\lambda= 700$  nm  
 Verde @  $\lambda=565$  nm

( $\lambda$ =longitud de onda de la luz emitida)  
 (nm = nanómetros= $10^{-9}$  metros)

- Señalamientos apropiados para aplicaciones de control de tráfico, señales de tránsito, para zonas de trabajo, etc.



## 4.6 Importancia de los Estándares

---

El desarrollo de estándares harán posible el alto grado de integración requerido para hacer de los Sistemas ITS una realidad global.

Los ITS abren nuevos mercados para productos a escala nacional e internacional. El establecimiento de estándares, puede hacer esto más fácil con menores costos para los usuarios de estos sistemas innovadores.

Para poder establecer el desarrollo o implantación de estándares y protocolos en México referentes a ITS, es necesario que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) comience por el establecimiento del proyecto de Arquitectura ITS Nacional para México, el cual en primera instancia podrá identificar donde son necesarios los estándares para el desarrollo y la implantación a futuro de las tecnologías ITS, siendo de forma gradual y a largo plazo la adopción de estándares, lo cual podrá dar como resultado la reducción de costos para el desarrollo de los ITS.

### 4.6.1 Concepto de estándares y protocolos

---

Los **estándares** pueden ser definidos como un conjunto de reglas, condiciones o requerimientos concernientes a la definición de términos y clasificación de componentes, especificación de materiales, operación, desempeño, definición de procedimientos, medición de cantidad y calidad en descripción de materiales, productos, sistemas o prácticas.

Un **protocolo** se define como un conjunto de reglas o formulación de convencionalismos, para el control en el intercambio de datos entre la conexión de dos o más entidades.

Los **elementos básicos de un protocolo** son: formato de los datos, niveles de señal, el control e información de errores y tiempos.

### 4.6.2 Sistema de Arquitectura

---

Un sistema de arquitectura constituye la estructura que describe como interactúan y trabajan juntos diversos dispositivos y componentes en un sistema para lograr un objetivo específico. También describe la operación del sistema, lo que cada componente tiene que hacer y que información es intercambiada entre los componentes.

Una arquitectura puede ser clasificada como abierta o cerrada. La Arquitectura Nacional ITS se desarrolla bajo el concepto de arquitectura abierta

En el área de la industria de las comunicaciones y la computación crearon la Organización Internacional para la Estandarización del Modelo de Referencia para Interconexión de Sistemas Abiertos (International Organization for Standardization's Open Systems Interconnection Reference Model) (RM – OSI), para facilitar el desarrollo de estándares abiertos.

Este modelo (RM – OSI) está constituido por siete capas o layers, divididos en dos grupos que soportan la funcionalidad de las comunicaciones abiertas: los layers del 1 al 4 definen la transmisión de datos, los layers del 5 al 7 definen el procesamiento de datos (Tabla 4.10).

Un principio básico de RM – OSI es la independencia entre los layers. Esto permite la sustitución de protocolos sin afectar a los layers adyacentes.

Modelo de Referencia para la Interconexión de Sistemas Abiertos (RM – OSI) (Open Systems Interconnection Reference Model)	
Layer 1 Physical (Reconocimiento)	Define las interfaces mecánicas y eléctricas, y el medio de transmisión.
Layer 2 Data Link (Enlace de datos)	Define los métodos para garantizar la integridad de los datos (corrección de errores).
Layer 3 Network (Red de trabajo)	Define como los paquetes de datos son direccionados de la fuente hacia el destino.
Layer 4 Transport (Transporte)	Define la organización de transmisión de datos hacia layers más bajos. Implica el fraccionamiento de mensajes largos en paquetes para su transmisión.
Layer 5 Session (Sesión)	Define el procedimiento para equipos de comunicación diferentes para el establecimiento de diálogos.
Layer 6 Presentation (Presentación)	Define la sintaxis y la semántica de la información a transmitir.
Layer 7 Application (Aplicación)	Define los procedimientos para la transferencia de archivos, métodos de acceso y dirección de mensajes.

Tabla 4.10 Modelo de Referencia para la Interconexión de Sistemas Abiertos (RM – OSI).

### 4.6.3 Criterios y objetivos para el establecimiento de los estándares ITS \_\_\_\_\_

Los estándares para los sistemas ITS se basan en los estándares de la industria de las telecomunicaciones y la informática, siendo los criterios y objetivos los siguientes:

- **Expandibilidad**

Apertura terminal; permite un avance continuo en la evolución en los sistemas de control y de información del transporte

- **Interoperatividad**

Capacidad de operar dispositivos de diferentes fabricantes o diferentes tipos de dispositivos en un mismo cable/canal de comunicaciones.

- **Compatibilidad**

No interferencia; diversos dispositivos de un mismo sistema deben operar sin interferir la operación de otros

- **Intercambiabilidad**

Independencia comercial; los dispositivos de diferentes fabricantes realizan las mismas funciones, por lo tanto pueden ser intercambiados.

- **Apertura**

Sin propiedad; promueve un rápido desarrollo de nuevas tecnologías y aceptación por el consumidor.

- **Escalabilidad**

Flexibilidad; posibilidad en el crecimiento y expansión de los sistemas en sus capacidades.

- **Modernización**

Uso de los mejores estándares disponibles para evitar la obsolescencia tecnológica.

## 4.7 Estándares para Señalización Dinámica

Los principales estándares para Sistemas Inteligentes de Transporte relacionados con su aplicación para Señalización Dinámica que utiliza el Departamento de Transportación de los Estados Unidos de América (DOT), establecidos conjuntamente por las siguientes de las siguientes organizaciones:

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)
- Institute of Transportation Engineers (ITE)
- National Electrical Manufacturers Association (NEMA)

Estos estándares son conocidos con las siglas NTCIP (National Transportation Communications for ITS Protocol), proporcionan las reglas para los formatos de comunicación (llamados protocolos) y el vocabulario (llamados objetos) necesarios para permitir que equipos electrónicos de control de tráfico de diferentes fabricantes puedan operar entre sí, formando un sistema integral.

El NTCIP es el primer conjunto de estándares para la industria del transporte que permite que sistemas de control de tráfico sean combinados (mix and match) aprovechando equipos de diferentes fabricantes, reduciendo la dependencia a un fabricante específico, teniendo por consiguiente una mayor versatilidad tanto tecnológica como económica.

ESTÁNDAR	INFORMACIÓN GENERAL
<p><b>NTCIP 1101</b></p> <p><b>Simple Transportation Management Framework (STMF)</b></p> <p>(Estructura de administración simple de transporte)</p>	<p><b>¿Para qué es este estándar?</b></p> <p>Este estándar especifica una serie de normas para el procesamiento, organización e intercambio de información entre centros de transporte (aplicaciones de administración) equipos y dispositivos de transporte (señales de control de tránsito, señalización dinámica, etc ) existiendo comunicación entre cada uno de ellos al ser compatibles.</p> <p><b>¿Quién emplea este estándar?</b></p> <p>Ingenieros en tránsito e ingenieros en comunicaciones involucrados en la especificación, selección, obtención, instalación operación y mantenimiento de equipos electrónicos de control de tráfico entre los controladores centrales y sensores, controladores de señales de tráfico, señalamientos dinámicos, etc</p> <p>Adicionalmente este estándar se interesa en las mejoras del software empleado por las computadoras responsables para el intercambio de información entre los dispositivos electrónicos de tráfico</p> <p><b>¿Cómo se emplea?</b></p> <p>Este estándar suministra las normas de comunicación para la descripción, la codificación y el procesamiento de datos, los cuales pueden ser empleados para permitir la transmisión de información entre computadoras, procesadores electrónicos y dispositivos relacionados con el control de tráfico electrónicos.</p>

Tabla 4.11 Información de los estándares relacionados con la señalización dinámica.

ESTÁNDAR	INFORMACIÓN GENERAL
<p><b>NTCIP 1102</b> <b>(Draft/Anteproyecto)</b></p> <p><b>Octet Encoding Rules (OER)</b> <b>(Normas de codificación en octetos – bytes)</b></p>	<p><b>¿Para qué es este estándar?</b></p> <p>Este estándar define cómo los objetos NTCIP son codificados para su transmisión (siendo la representación digital exacta del valor de un objeto que será transmitido)</p> <p><b>¿Quién emplea este estándar?</b></p> <p>Ingenieros en software, diseñadores de sistemas, integradores de sistemas; adicionalmente ingenieros de Tránsito y de Transporte involucrados con el diseño, especificación, procedimientos y pruebas de sistemas referentes a este estándar.</p> <p><b>¿Cómo se emplea?</b></p> <p>Este estándar se está empleando dentro de los perfiles de comunicaciones de NTCIP (NTCIP 1101 – STMP o NTCIP 2304 – DATEX)</p>
<p><b>NTCIP 1201</b></p> <p><b>Global Object Definitions</b> <b>(Definiciones de objetos globales)</b></p>	<p><b>¿Para qué es este estándar?</b></p> <p>Provee el vocabulario (comandos, respuestas e información) necesario para los dispositivos generales de dirección y control, incluyendo los objetos requeridos para la identificación de dispositivos.</p> <p><b>¿Quién emplea este estándar?</b></p> <p>Ingenieros en Transporte involucrados con la especificación, pruebas y operación de equipo para carreteras y vialidades (hardware y software).</p> <p><b>¿Cómo se emplea?</b></p> <p>Define un vocabulario de objetos empleados para asegurar un lenguaje común entre todos los dispositivos empleados</p>
<p><b>NTCIP 1203</b></p> <p><b>Object Definitions for Dynamic Message Signs</b> <b>(Definición de objetos para DMS)</b></p>	<p><b>¿Para qué es este estándar?</b></p> <p>Provee el vocabulario (comandos, respuestas e información) necesaria para el personal de operaciones y dirección de tráfico, para prevenir e informar a los operadores de los vehículos sobre las condiciones en las vialidades mediante el empleo de señalamientos dinámicos (VMS). Estos requieren múltiples objetos para operar (objetos de información, objetos de paginación, objetos de parpadeo, etc.), este estándar incluye la sintaxis de los mensajes llamado MULTI (Mark-Up Language for Transportation Information) el cual permite agrupar objetos en un objeto mensaje. El objeto mensaje es análogo a una frase, donde ambas requieren una sintaxis o bien un ordenamiento de los objetos de información (palabras) para ser entendido</p> <p>Este estándar contiene la definición de objetos para soportar la funcionalidad de los VMS usados para aplicaciones de control de tráfico y transporte</p> <p><b>¿Quién emplea este estándar?</b></p> <p>Ingenieros en Tránsito e ingenieros en Transporte involucrados con el diseño, especificación, selección, procedimientos, instalación, operación y mantenimiento de señalización dinámica (VMS).</p> <p><b>¿Cómo se emplea?</b></p> <p>Define un vocabulario de objetos usados para tener un lenguaje común entre las computadoras del centro de dirección de transporte y los señalamientos dinámicos (VMS)</p>

Fig.4.11 Características de los estándares NTCPI relacionados con la señalización dinámica.  
(Continuación).

ESTÁNDAR	INFORMACIÓN GENERAL
<p><b>NTCIP 2001</b></p> <p>Class B Profile (Perfil clase B)</p>	<p>¿Para qué es este estándar?</p> <p>Combina las normas NTCIP 1101 (STMF) para organización el intercambio de información entre centros de transporte y equipos de transporte (controladores de señales de tráfico, señalamientos dinámicos (VMS), etc) con otros protocolos de comunicación para formar un equipo completo, funcional y compatible de comunicaciones</p> <p>¿Quién emplea este estándar?</p> <p>Ingenieros en Tránsito y en Comunicaciones involucrados en la especificación, selección, procedimientos, instalación, operación y mantenimiento de equipo de comunicación electrónica para el control de tráfico entre la central de controladores y sensores, controladores de señalamientos de tráfico, señalamientos dinámicos, etc. Adicionalmente este estándar es de interés para mejoras en el software utilizado para el intercambio de información entre dispositivos de control electrónico de tráfico.</p> <p>¿Cómo se emplea?</p> <p>Provee de las normas de comunicación para transferir información entre computadoras, procesadores electrónicos, controladores electrónicos relacionados con dispositivos de control de tráfico. Empleando sistemas con capacidad de transmisión de datos de 1200 bits/seg en modems que empleen FSK (Frequency Shift Keying)</p>
<p><b>NTCIP 2101</b> <b>(Draft/Anteproyecto)</b></p> <p>Point to Multi-point Protocol Using RS – 232 Subnetwork Profile.</p> <p>(Protocolo punto a multi-punto usando RS- 232 Perfil de una Subred).</p>	<p>¿Para qué es este estándar?</p> <p>Especifica los requerimientos para la implementación de un área de comunicaciones para un sistema de control de señales de tráfico. Esto permite la integración de diversos dispositivos como los medidores de rampa, la señalización dinámica, etc teniendo una comunicación compatible entre los diversos dispositivos</p> <p>¿Quién emplea este estándar?</p> <p>Los fabricantes de equipos, integradores de sistemas y personal de la agencia de transporte. Los fabricantes e integradores deben entender las especificaciones de implementación y los requerimientos de operación que este estándar define para tener la posibilidad de compatibilidad con otras implementaciones, dando como resultado un Perfil de Implementación Conforme Especificación (Profile Implementation Conformance Specification) (PICS).</p> <p>¿Cómo se emplea?</p> <p>Como una interfase externa con otras tecnologías También este estándar emplea un protocolo para detección de error, activación de conexión y notificación de servicios.</p>

Fig.4.11 Características de los estándares NTCPI relacionados con la señalización dinámica.  
(Continuación)

ESTÁNDAR	INFORMACIÓN GENERAL
<p><b>NTCIP 2103</b> <b>(Draft/Anteproyecto)</b></p> <p>Subnet profile for point to point Protocol over RS-232</p> <p>(Perfil de subred para protocolo punto – punto sobre RS-232)</p>	<p><b>¿Para qué es este estándar?</b></p> <p>Especifica una serie de requerimientos para la implementación de un protocolo típico de comunicación asociado de manera aislada con los controladores de señalización de tráfico cerrando el lazo maestro. Esto permite aislar otros dispositivos como medidores de rampa, señalización dinámica, etc, compartiendo un método de acceso de comunicación común.</p> <p><b>¿Quién emplea este estándar?</b></p> <p>Los fabricantes de equipos, integradores de sistemas y personal de la agencia de transporte. Los fabricantes e integradores deben entender las especificaciones de implementación y los requerimientos de operación que este estándar define para tener la posibilidad de compatibilidad con otras implementaciones, dando como resultado un Perfil de Implementación Conforme Especificación (Profile Implementation Conformance Specification) (PICS).</p> <p><b>¿Cómo se emplea?</b></p> <p>En el nivel de conexión de datos, es usado para proporcionar servicios de detección de errores, control de activación y desactivación de conexión, notificación y autenticidad.</p>
<p><b>NTCIP 2104</b> <b>(Draft/Anteproyecto)</b></p> <p>Ethernet Subnetwork Profile (Perfil para subred en Ethernet)</p>	<p><b>¿Para qué es este estándar?</b></p> <p>Especifica los estándares y protocolos básicos que son usados para especificar las funciones de comunicación, servicios y requerimientos para tipos específicos de cable coaxial, par de cables trenzado y fibra óptica para funcionar a una velocidad media de transmisión de 10 megabits/seg. Se implementa a partir de los estándares Ethernet, que es una tecnología que especifica y permite la comunicación entre computadoras, unas con otras, en un área de trabajo.</p> <p><b>¿Quién emplea este estándar?</b></p> <p>Los fabricantes de equipos, integradores de sistemas y personal de la agencia de transporte. Los fabricantes e integradores deben entender las especificaciones de implementación y los requerimientos de operación que este estándar define para tener la posibilidad de compatibilidad con otras implementaciones, dando como resultado un Perfil de Implementación Conforme Especificación (Profile Implementation Conformance Specification) (PICS).</p> <p><b>¿Cómo se emplea?</b></p> <p>Este estándar define una serie de requerimientos o perfiles para la implementación de un protocolo de comunicación de dos niveles que opera en la misma base asociado con un área local de trabajo (LAN). Permite un uso de alta velocidad para intercambio de información.</p>

Fig.4.11 Características de los estándares NTCPI relacionados con la señalización dinámica.  
(Continuación)

ESTÁNDAR	INFORMACIÓN GENERAL
<p><b>NTCIP 2202</b> <b>(Draft/Anteproyecto)</b></p> <p>Internet (TCP/IP and UDP/IP) Transport Profile.</p> <p>(Perfil de transporte en Internet (TCP/IP y UDP/IP))</p>	<p>¿Para qué es este estándar?</p> <p>Define una combinación de estándares base y protocolos para proveer servicios y funciones específicas para 3 y 4 niveles de Sistemas de Interconexión Abiertos (OSI – Open Systems Interconnection).</p> <p>¿Quién emplea este estándar?</p> <p>Los fabricantes de equipos, integradores de sistemas y personal de la agencia de transporte. Los fabricantes e integradores deben entender las especificaciones de implementación y los requerimientos de operación que este estándar define para tener la posibilidad de compatibilidad con otras implementaciones, dando como resultado un Perfil de Implementación Conforme Especificación (Profile Implementation Conformance Specification) (PICS)</p> <p>¿Cómo se emplea?</p> <p>En el nivel de transporte, el TCP es usado para especificar el formato de datos y reconocimiento de los mismos que dos dispositivos almacenan e intercambian al realizar una transferencia de información. El UDP especifica el formato que es necesario para el intercambio de información para almacenarla y transferirla, pero no reconoce cada pieza de información (paquete).</p>
<p><b>NTCIP2301</b> <b>(Draft/Anteproyecto)</b></p> <p>Application Profile for Simple Transportation Management Frame work (STMF)</p> <p>(Perfil de aplicación para una estructura de dirección simple de transporte (STMF))</p>	<p>¿Para qué es este estándar?</p> <p>Este estándar especifica tres diferentes aspectos de estandarización El primer aspecto es una especificación de requerimientos para identificación, organización y descripción de la información para ser transferida El segundo especifica los métodos para el intercambio de información entre el protocolo de comunicación y la aplicación final El tercero define los procedimientos para codificar la información para transmitir por un perfil de transporte</p> <p>¿Quién emplea este estándar?</p> <p>Los fabricantes de equipos, integradores de sistemas y personal de la agencia de transporte. Los fabricantes e integradores deben entender las especificaciones de implementación y los requerimientos de operación que este estándar define para tener la posibilidad de compatibilidad con otras implementaciones, dando como resultado un Perfil de Implementación Conforme Especificación (Profile Implementation Conformance Specification) (PICS).</p> <p>¿Cómo se emplea?</p> <p>Este estándar es empleado como un mapa, en el cual se indica la manera como combinar varios estándares y protocolos de comunicación mediante un conjunto coordinado de funciones y procedimientos para la transmisión de información.</p>
<p><b>NTCIP 2303</b> <b>(Draft/Anteproyecto)</b></p> <p>Application Profile for File Transfer Protocol</p> <p>(Perfil de aplicación para protocolo de transferencia de archivos)</p>	<p>¿Para qué es este estándar?</p> <p>Este estándar combina varios estándares base y protocolos mediante un conjunto coordinado de funciones y procedimientos relacionados para la transferencia de archivos de gran tamaño</p> <p>¿Quién emplea este estándar?</p> <p>Los fabricantes de equipos, integradores de sistemas y personal de la agencia de transporte. Los fabricantes e integradores deben entender las especificaciones de implementación y los requerimientos de operación que este estándar define para tener la posibilidad de compatibilidad con otras implementaciones, dando como resultado un Perfil de Implementación Conforme Especificación (Profile Implementation Conformance Specification) (PICS).</p> <p>¿Cómo se emplea?</p> <p>Es usado para definir las reglas y procedimientos para el intercambio de archivos de gran tamaño entre dos entidades, principalmente entre el centro de dirección y las aplicaciones en las vialidades</p>

Fig.4.11 Características de los estándares NTCIP relacionados con la señalización dinámica. (Continuación)



Los estándares **NTCIP** relacionados con la señalización dinámica (VMS), son un importante soporte para que en México se puedan definir y seguir los criterios obtenidos en otros países a partir de proyectos de aplicaciones reales llevadas a cabo con este tipo de tecnología ITS, además de lograr evitar que los sistemas y dispositivos a emplearse en nuestro país sean de tecnología obsoleta; logrando estar actuales y a la punta de la aplicación ITS según las necesidades existentes en nuestro país, sin tener que depender de una fórmula tecnológica o de un nicho de mercado, al proporcionar los estándares **NTCIP** características genéricas que deben cumplir los fabricantes de todos los dispositivos y modos de comunicación entre los diversos elementos involucrados en los sistemas ITS.

En nuestro país no existe algo similar a estos estándares, por lo que la SCT en conjunto con el Comité ITS México, se deberán abocar a realizar definición y aplicación gradual de los estándares **NTCIP**, con la colaboración y participación de los fabricantes involucrados con ésta y todas las tecnologías ITS, para evitar un atraso tecnológico en México.

ESTÁNDAR	TÍTULO
NTCIP 1101	Simple Transportation Magnagement Framework (STMF) (Estructura de dirección simple de transporte)
NTCIP 1102 (Draft/Anteproyecto)	Octet Encoding Rules (OER) (Normas de codificación en octetos – bytes)
NTCIP 1201	Global Object Definitions (Definiciones de objetos globales)
NTCIP 1203	Object Definitions for Dynamic Message Signs (Definición de objetos para DMS)
NTCIP 2001	Class B Profile (Perfil clase B)
NTCIP 2101 (Draft/Anteproyecto)	Point to Multi-point Protocol Using RS – 232 Subnetwork Profile. (Protocolo punto a multi-punto usando RS- 232 Perfil de una Subred).
NTCIP 2103 (Draft/Anteproyecto)	Subnet profile for point to point Protocol over RS-232 (Perfil de subred para protocolo punto – punto sobre RS-232)
NTCIP 2104 (Draft/Anteproyecto)	Ethernet Subnetwork Profile (Perfil para subred en Ethernet)
NTCIP 2202 (Draft/Anteproyecto)	Internet (TCP/IP and UDP/IP) Transport Profile. (Perfil de transporte en Internet (TCP/IP y UDP/IP))
NTCIP2301 (Draft/Anteproyecto)	Application Profile for Simple Transportation Magnagement Frame work (STMF) (Perfil de aplicación para una estructura de dirección simple de transporte (STMF))
NTCIP 2303 (Draft/Anteproyecto)	Application Profile for File Transfer Protocol (Perfil de aplicación para protocolo de transferencia de archivos)

Fig.4.12 Estándares NTCIP aplicables a Señalización Dinámica. (Síntesis)

## CAPÍTULO 5

---

### Escenario y perspectivas de desarrollo de la Señalización Dinámica en el área urbana y suburbana de la Ciudad de México

#### 5.1 Objetivo

---

El empleo de Señalización Dinámica para facilitar la circulación vehicular en las principales vialidades de la Ciudad de México.

#### 5.2 Escenario actual de los ITS en México

---

A partir de la incursión de México como asistente a congresos, no solo de carácter regional sino mundial, en lo relacionado a Sistemas de Transporte Inteligente (ITS), se ha recorrido un largo camino de asistencia; posteriormente de participación con ponencias y proyectos, hasta lograr ser un actor en el desarrollo y apoyo para el empleo de los ITS a nivel mundial con la realización del Primer Simposium Internacional de ITS: "Tendencias y pronósticos para el desarrollo de Sistemas Inteligentes de Transporte en México". Este evento organizado por el Consejo Directivo del Comité ITS México e ITS América, realizado en agosto de 2001 y teniendo como sede el Colegio de Ingenieros Civiles de México, con la participación y asistencia de representantes del sector público, privado, académico y social de México y Estados Unidos. Destacaron la participación de miembros de ITS América, Administración Federal de Carreteras (FHWA) y el Departamento de Transporte (DOT) de Estados Unidos de América, de Brasil, Canadá y Japón, miembros de sus respectivos organismos de ITS.

La finalidad del Simposium fue dar a conocer las ventajas de las aplicaciones de sistemas ITS como alternativa para la modernización y eficientización del transporte; y adicionalmente servir como elemento impulsor para el desarrollo gradual, adecuado, ordenado y sistemático en el uso de tecnologías ITS en México.

##### 5.2.1 Implantación de la Arquitectura Nacional ITS

---

El establecimiento de la Arquitectura Nacional ITS en México esta a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), la cual dará las pautas necesarias para que los Sistemas Inteligentes de Transporte sean una realidad en nuestro país, aprovechando la experiencia de todos los países que han realizado investigación y aplicación de estos sistemas por años; lo anterior trae consigo una clara ventaja al tener el conocimiento de errores y aciertos cometidos en

sus diversas aplicaciones y así aprovechar los diversos estándares no solo adoptándolos, sino además teniendo participación para su mejoramiento y perfeccionamiento a nivel nacional e internacional, para formar así parte activa de la globalización actual.

Es necesario establecer una ruta por etapas, en donde se comiencen a establecer y emplear los distintos estándares relacionados con los ITS, conforme metas claras, precisas y tiempos definidos mediante una calendarización de las actividades (Figura 5.1), siendo los estándares de los Estados Unidos de América los considerados como base en México para lograr tener una Arquitectura Nacional ITS. Dicha Arquitectura establecerá y describirá cómo se deben controlar, comunicar e interactuar juntos todos los componentes, dispositivos y sistemas involucrados en una operación global.

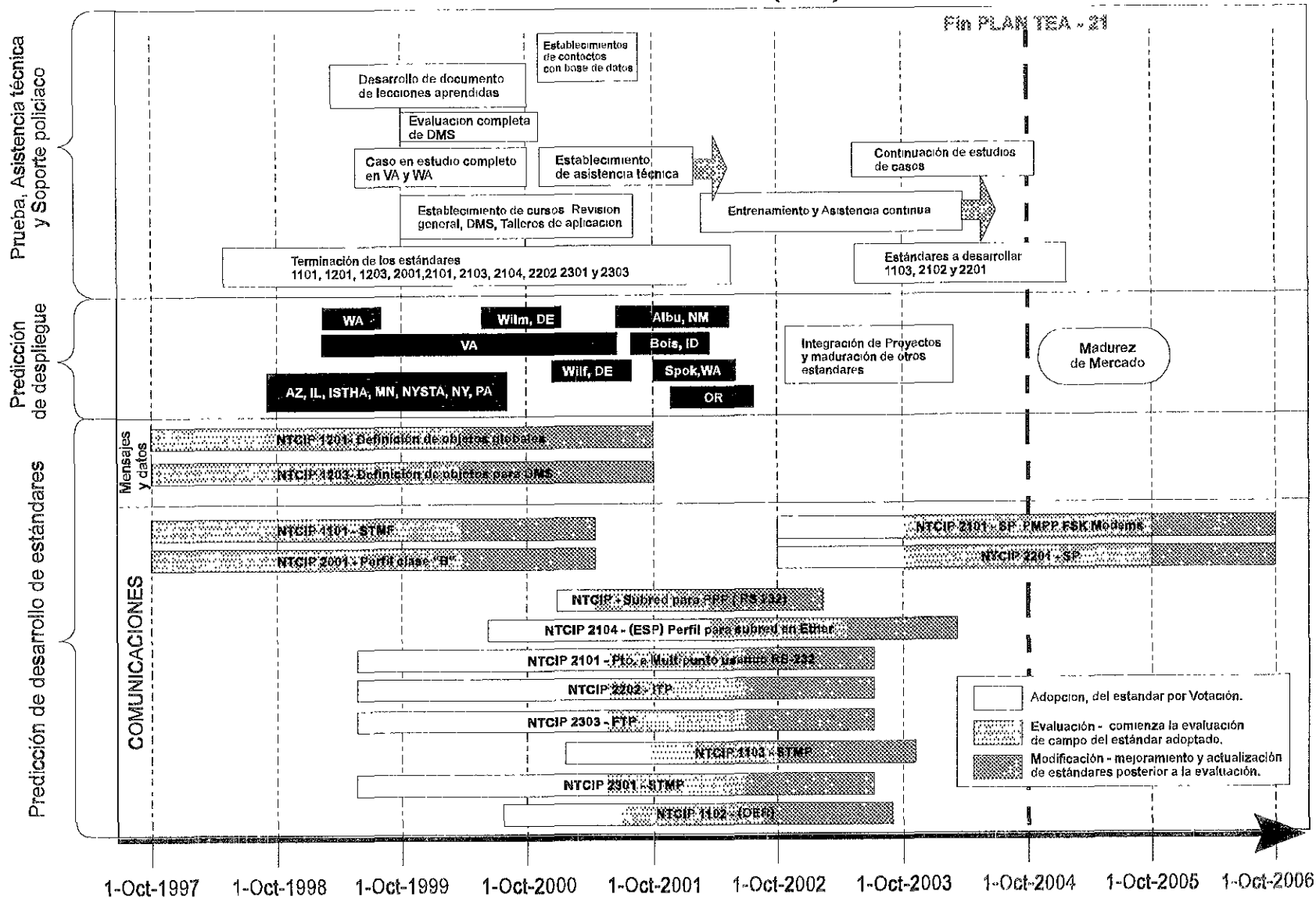
La adopción de los estándares promoverá las siguientes características a todos los dispositivos y equipos a utilizar por los sistemas ITS:

**Intercambiabilidad:** Es la capacidad para cambiar o sustituir dispositivos por otros del mismo tipo pero de diferente marca comercial (como por ejemplo señales dinámicas (VMS) de diversos fabricantes), sin tener la necesidad de cambiar nada de lo relacionado con el software principal del sistema, pudiendo realizar las mismas funciones estándar con cualquiera de los dispositivos de las diversos fabricantes disponibles en el mercado.

**Interoperatividad:** Es la capacidad para operar diversos dispositivos de diferentes manufacturas o diferentes tipos de dispositivos (como por ejemplo, señales de control de tránsito y señales dinámicas (VMS) ) en un mismo cable/canal de comunicaciones.

## SECUENCIA DE ACTIVIDADES Y EVENTOS RELACIONADOS PARA LA APLICACIÓN DE SEÑALIZACIÓN DINÁMICA (DMS)

Fig. 5.1 Ejemplo de secuencia de actividades para la aplicación de Señalización Dinámica.



## 5.2.2 Centro Computarizado de Control Vial de la Ciudad de México \_\_\_\_\_

Este Centro de Control Vial Computarizado es parte del Gobierno del Distrito Federal y esta a cargo de la Secretaría de Seguridad Pública; se encuentra localizado en la Plaza de Tlaxcoaque s/n, Col Obrera, México D.F., el cual tiene la difícil actividad de coordinar el tránsito vehicular de la ciudad. Su trayectoria es la siguiente:

- 1976 – Primer Sistema centralizado de Control de Tránsito.

En esta etapa se contaba con el control de 120 intersecciones, las cuales estaban comprendidas en la Zona Rosa e Insurgentes. El Sistema de control era Hewlett Packard 1100.

- 1979 – En este año se cambia el sistema anterior por uno marca Phillips, aumentando a 729 el número de intersecciones controladas en la ciudad.
- 2000 – En diciembre de este año se realiza una licitación internacional para la adquisición de un nuevo sistema de control vial. La compañía ganadora de dicha licitación, de origen australiano, instala un Sistema Adaptativo marca SCAT.

Actualmente el Centro de Control trabaja los 365 días del año y cuenta con los siguientes recursos materiales y humanos para su funcionamiento:

- **Manejo por personal de la policía.**
- **35 personas por turnos.**
- **200 km de fibra óptica.**
- **60 enlaces de microondas.**
- **1000 sensores del tipo bucle de tráfico (traffic loop) instalados bajo del pavimento de distintas intersecciones.**
- **Sensores de microondas, instalados en los postes de los semáforos, que proporcionan datos sobre el flujo vehicular.**
- **172 cámaras de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) instaladas en toda la ciudad.**
- **2 cámaras instaladas en dos helicópteros.**

- **20 señales dinámicas** instaladas en las principales vialidades de la ciudad, que de se encuentran en comunicación con el Centro de Control vía modem telefónico; comenzaron a funcionar en junio de 2001.
- **Los mensajes desplegados** se encuentran ya programados en el sistema y son autorizados y aprobados para su despliegue por la **SEDUVI** (Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda).
- **6 operadores por turno**, cada uno de ellos en su estación de trabajo cuenta con dos monitores de CCTV, una computadora conectada a una red común que con acceso a un banco de información, impresoras digitales, grabadoras de video desde donde pueden controlar las diversas cámaras de CCTV, tener comunicación con las diversas señales dinámicas instaladas en la ciudad y así monitorear el tránsito vehicular, los incidentes y accidentes existentes, además de tener comunicación vía radio en la frecuencia de uso exclusivo de la policía.
- El **software** del sistema tiene ciertas prioridades en sus usuarios, donde hay un operador principal y cinco operadores secundarios en sus funciones.
- La **sala principal** donde se encuentran los operadores cuentan además con 16 pantallas gigantes tipo cubo de LCD (Liquid Quartz Display) para una mejor visión, pudiendo realizar diversos arreglos con las mismas.
- **8 pantallas de cubo de LCD** se emplean para desplegar video de monitoreo de la ciudad.
- Las **8 pantallas** restantes se emplean para el control de tránsito.
- Se realiza **grabación digital** de todas las imágenes captadas por las cámaras de CCTV con una duración continua de 32 horas.
- El **mantenimiento** esta concesionado a empresas privadas, mediante licitación.

La existencia de este Centro Computarizado de Control Vial y otros similares en: León, Gto., Monterrey, N.L.; Guadalajara, Jal. y Aguascalientes, Ags., es un gran avance para la implementación e integración de los Sistemas Inteligentes de Transporte en México, para lo cual se deberá integrar a la Arquitectura ITS Nacional en todos sus aspectos para lograr un desempeño óptimo y poder cumplir con sus objetivos primordiales evitando la obsolescencia tecnológica.

### 5.2.3 Centro de Administración de Tráfico (CAT) de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE) \_\_\_\_\_

Este Centro de Administración de Tráfico (CAT) tiene como principales objetivos:

- Conocer el flujo vehicular en las carreteras y autopistas.
- Detectar y prevenir incidentes.
- Informar sobre las condiciones del tráfico antes y durante el recorrido a los conductores
- Realizar el monitoreo de las condiciones de la superficie de rodamiento.
- Monitoreo de condiciones climatológicas.

A finales del año 2000 entra en funcionamiento la primera fase del CAT empleando para el apoyo y seguridad de los conductores lo siguiente:

- Torres de auxilio vial instaladas cada 3 km a lo largo de las autopistas.
- Sensores meteorológicos de:
  - Temperatura.
  - Humedad relativa.
  - Precipitación.
  - Niebla.
  - Visibilidad.
  - Velocidad del viento.
- Circuito Cerrado de Televisión (CCTV).
- Comunicación mediante fibra óptica.
- Teniendo la recolección de todos los datos en el Centro de Monitoreo y Control (CMC) del CAT.
- 10 camionetas con unidades de señalamiento dinámico
- En funcionamiento permanente los 365 días del año.



- Al tener conocimiento de alguna condición de riesgo en la autopista, se establece comunicación con los operadores de las camionetas desde el CAT vía radio a través de una frecuencia de VHF de uso exclusivo de CAPUFE, para poder desplazar a la unidad más próxima al lugar y así proporcionar anticipadamente con el despliegue de mensajes variables que alertan y previenen de la condición de riesgo, accidente o incidente presente en la autopista a los conductores con una distancia anticipada de 500 a 1000 metros, mediante información que el operador desplegará en la pantalla del señalamiento dinámico (VMS).
- Estas unidades también ayudan de manera preventiva a mantener el control de velocidad en las autopistas.
- Están presentes en las siguientes autopistas:
  - México – Cuernavaca
  - Acapulco – Cuernavaca.
  - México – Querétaro.
  - Querétaro – Irapuato.
  - Puebla – Córdoba.
  - Tijuana – Ensenada.
  - Cuacnopala – Ensenada.
- Conjunto de mensajeros electrónicos en las principales casetas, como por ejemplo en la caseta de Tlalpan, a la entrada y salida de la Ciudad de México donde se informa a los conductores sobre las condiciones climatológicas y de tránsito existente en la ciudad y en la carretera.

El CAT tiene como misión el control y monitoreo en tiempo real de las autopista a cargo de CAPUFE.

Actualmente se encuentra en proceso el proyecto de Carretera Inteligente por parte de CAPUFE.

### 5.3 Escenario probable y perspectivas de integración para la Señalización Dinámica en la Ciudad de México

---

La Ciudad de México ha dado un gran paso hacia el empleo de la tecnología ITS de Señalización Dinámica aprovechando y empleando para su instalación parte de la infraestructura existente, como son los puentes peatonales, lo cual hace propicio el desarrollo e implementación de un sistema de Señalización Dinámica que puede ser integrado y mejorado en su ubicación y número con referencia al existente actualmente, para brindar mayores beneficios a toda la ciudad.

Una parte fundamental para lograr una integración adecuada de la Señalización Dinámica y de cualquier otra tecnología ITS, es comenzar a realizar los vínculos entre los centros de control de tránsito de las diferentes entidades colindantes con la ciudad y con CAPUFE, para poder compartir e intercambiar información en una primera instancia, además de experiencias sobre el empleo de dichos sistemas y lograr en un corto plazo el establecimiento de la comunicación entre todos los centros de control de tránsito existentes, dentro del marco de referencia de la Arquitectura Nacional ITS.

No solo es importante el intercambio de información, porque se puede provocar caos y anarquía en el empleo de diversos sistemas o programas piloto al no establecerse un marco de referencia rector para todos los involucrados respecto a la Señalización Dinámica, siendo la parte medular para el mejor desarrollo el integrarse al Proyecto de Arquitectura Nacional ITS; dicho proyecto considera necesario la definición de estándares adecuados a las necesidades de comunicación entre los dispositivos y elementos involucrados, además de las características propicias para tener una comunicación funcional entre centros de control existentes (Figura 5.2). Al emplear un sistema abierto en todos los centros de control de tránsito se propicia que todos los elementos de dicho sistema cumplan con las características de interoperatividad e intercambiabilidad, dando como resultado una compatibilidad e integración entre ellos, una mayor vida útil de los mismos y un mejoramiento en el servicio para el cual fue diseñado el sistema.

Este sería un primer paso a llevar a cabo; otra acción importante y urgente es la de participar y trabajar activamente en conjunto con los comités internacionales encargados del estudio, desarrollo y publicación de estándares, con el propósito de generar recursos humanos expertos en el área de los Sistemas ITS, que podrán coadyuvar a la mejor elección y rumbo a seguir en el empleo de los mismos a nivel regional y nacional, para en un corto plazo poder también exportar a otras partes del mundo recursos humanos expertos.

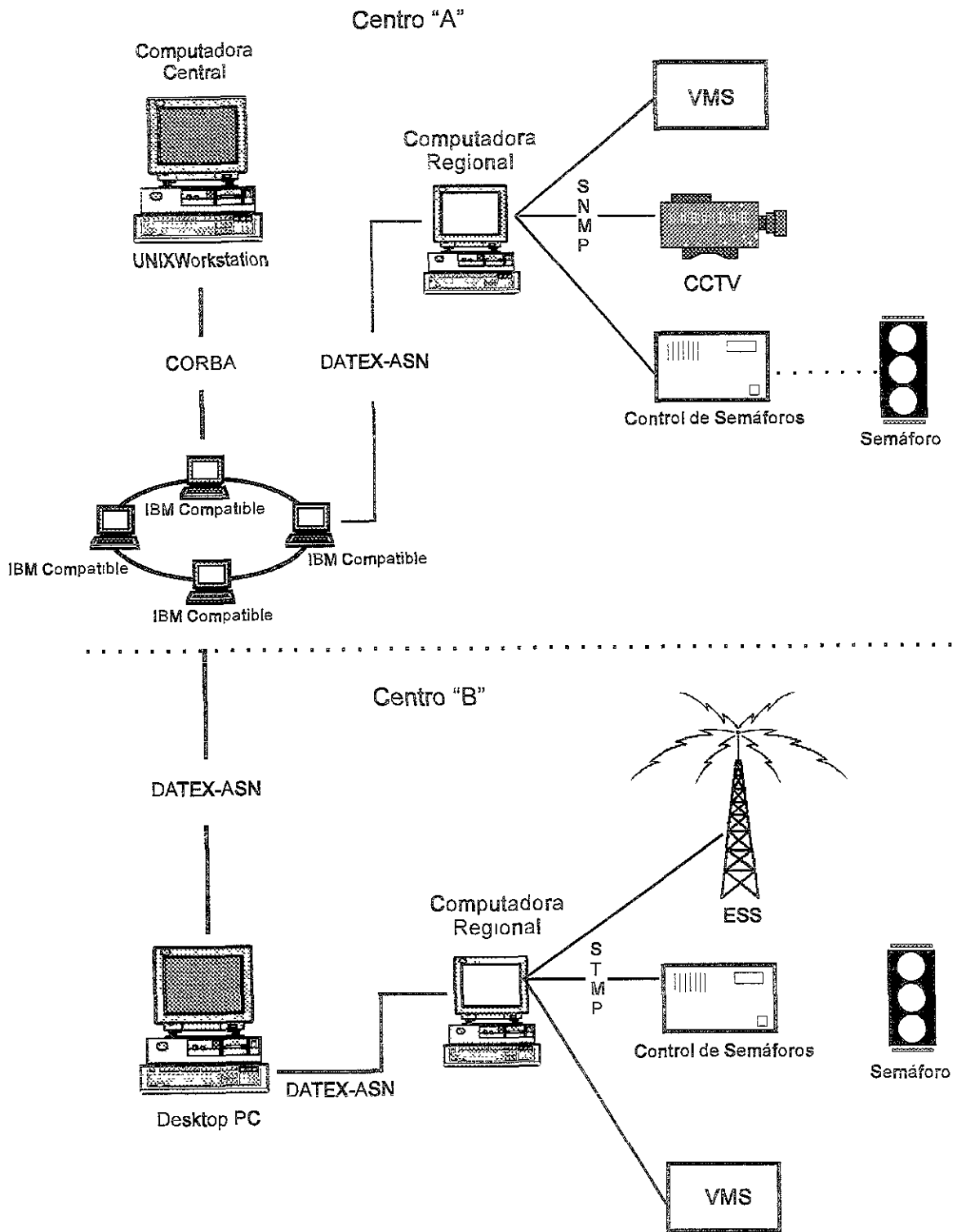


Fig. 5.2 Ejemplo de comunicación entre Centros de Control de Tránsito.

Dentro de este apartado es de suma importancia el crear un programa de información y educación a la población en general, sobre la existencia de los sistemas ITS, de los beneficios y ventajas que proporcionan su implementación, cual debe ser su uso adecuado y en el caso de la señalización dinámica, el cómo entender y emplear la información desplegada en ellas. Hasta el momento la población solo vio la aparición de estas pantallas sin existir un solo aviso o información acerca de cómo deben emplearse las mismas o si son parte de algún proyecto.

El sistema de Señalización Dinámica se deberá integrar a la Arquitectura Nacional ITS, una vez que esta sea establecida en nuestro país, mientras tanto habrá que seguir utilizando todas las pantallas ya existentes e ir adaptándolas a las características y ordenamientos establecidos posteriormente, hasta lograr el máximo aprovechamiento de la vida útil de las mismas; por ejemplo, la forma de comunicación hoy es vía modem entre el Centro de Control de Tránsito y las pantallas, por lo que posteriormente deberá ser mediante la adopción y empleo de los estándares referentes a los protocolos NTCIP, para lograr una comunicación funcional, óptima, segura y económica del sistema.

El establecimiento y aumento de la Señalización Dinámica en la ciudad, depende del avance gradual de la implementación de la Arquitectura Nacional ITS, para poder llevar a cabo el desarrollo de proyectos que cumplan con las características indispensables de la misma, no olvidando que el principal objetivo es la orientación y distribución adecuada del tránsito vehicular en la ciudad para el aprovechamiento de la totalidad de la infraestructura existente, aunque la misma en estos momentos ha sido saturada en sus características de diseño.

## CAPÍTULO 6

---

### **Beneficios que se pueden obtener mediante el empleo de la Señalización Dinámica**

En este capítulo se presentan los beneficios que se pueden obtener mediante el empleo de señalización dinámica en las principales vialidades de la Ciudad de México.

#### **6.1 Los beneficios y su correlación con las características de la tecnología ITS de Señalización Dinámica**

---

El empleo adecuado de la tecnología ITS de Señalización Dinámica, puede proporcionar beneficios a conductores, a la sociedad y al gobierno.

Los conductores son la parte humana fundamental de los transportes automotores como son: los automóviles particulares, taxis, autobuses públicos, camiones de carga, flotas de empresas privadas, etc., los cuales se ven beneficiados por esta tecnología, al poder circular por la ciudad de manera más fluida teniendo conocimiento de las características del tráfico, evitando la incertidumbre sobre cuál ruta es la más adecuada para llegar a su destino, desviaciones o cierre de carriles por la presencia de incidentes o accidentes, desviaciones por obras de mantenimiento, etc. Esto hará que el conducir en la ciudad sea de una manera menos agobiante y estresante, logrando una mayor concentración del conductor disminuyendo el número de accidentes, optimizando y aprovechando al máximo el tiempo empleado en transportación; lo que implica también un aprovechamiento más racional de la energía al disminuir el consumo de combustible, menor desgaste de los vehículos, menores costos de operación, teniendo como resultado el ahorro de dinero y de tiempo al estar justo a tiempo en el lugar deseado.

La sociedad en general también se beneficia al poder acceder a mejores servicios en mejores condiciones de calidad y tiempo como pueden ser: transporte público, transporte privado, mensajería, servicio postal, distribución de productos, etc., un mejor uso y aprovechamiento de la infraestructura vial de la ciudad trae consigo una disminución de accidentes, menor contaminación del medio ambiente (por ruido, gases y calor producidos por los automotores) al tener un tránsito más ágil, dando como resultado principal una mayor calidad de vida de la población, reflejada principalmente en sus condiciones de salud.

El gobierno también se beneficia con la Señalización Dinámica, al aprovechar mejor los recursos destinados a la transportación de sus empleados, menores gastos de operación en los vehículos oficiales, empleo óptimo de la infraestructura vial existente pudiendo prever con anticipación la adecuación, mantenimiento y desarrollo de nuevos proyectos viales, provocando esto un mejor desarrollo económico regional y nacional.

En la tabla 6.1 se muestran los beneficios que se pueden obtener mediante el empleo de la Señalización Dinámica, y su correlación con las características propias de esta tecnología ITS, que se enumeran a continuación:

BENEFICIARIOS	BENEFICIOS	Correlación con las características de la tecnología de Señalización Dinámica
Conductores	➤ Ahorro de dinero	(e, h, l, m, n, o, p, q, r)
	➤ Menor stress	(a, b, c, g, h, i, m, n, o, p)
	➤ Menos accidentes	(b, d, e, f, g, i, j, m, q)
	➤ Mejor aprovechamiento del tiempo	(a, e, g, h, k, l, m, o, p)
Sociedad	➤ Menor contaminación	(a, b, g, h, k, l, m, n, o, q, r)
	➤ Menos accidentes	(b, d, f, g, h, i, j, k, m, o, q)
	➤ Mejores servicios	(a, b, h, i, k, m, n, o, p, q)
	➤ Mejor aprovechamiento de la infraestructura	(a, b, c, h, i, k, l, m, n)
Gobierno	➤ Mejor aprovechamiento de los recursos	(e, h, i, l, m, q, r)
	➤ Menores gastos de operación	(a, d, i, k, l, m, n, q, r)
	➤ Mejor aprovechamiento de la infraestructura	(a, b, c, h, i, l, m, n)

Tabla 6.1 Los beneficios y su correlación con las características del sistema ITS de señalización dinámica

• Características que ofrecen los sistemas que emplean tecnología ITS de Señalización Dinámica:

- a) Información en tiempo real sobre las condiciones del tráfico al circular por las vialidades.

- b) Contar con opciones viales para circular de manera más ágil.



**Fig. 6.1** Ejemplo de un señalamiento dinámico indicando una ruta alterna.

- c) Al contar en la actualidad con vialidades saturadas en la ciudad, lograr una buena circulación del tránsito aprovechando al máximo la infraestructura actual.
- d) Información en tiempo real sobre las condiciones climatológicas presentes.
- e) Una óptima toma de decisión sobre la ruta a seguir al destino deseado por parte del conductor



**Fig. 6.2** Ejemplo de un señalamiento dinámico lateral.

- f) Prevención sobre accidentes en el trayecto a circular, mediante el empleo de las pantallas fijas instaladas en la vialidad y mediante el apoyo de unidades móviles en el lugar.

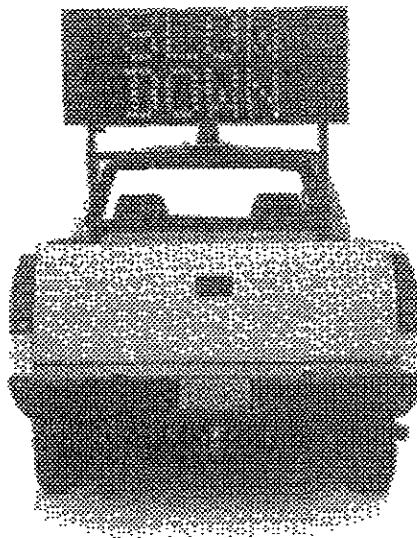


Fig. 6.3 Ejemplo de una unidad móvil con señalamiento dinámico.

- g) Aviso sobre carriles cerrados a la circulación.

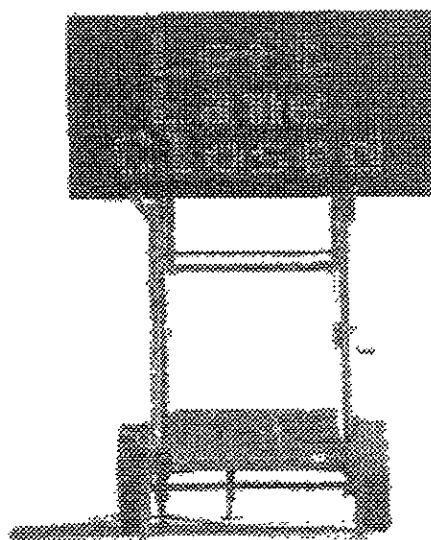


Fig. 6.4 Señalamiento dinámico temporal (Arrow Dynamic Sign (ADS))

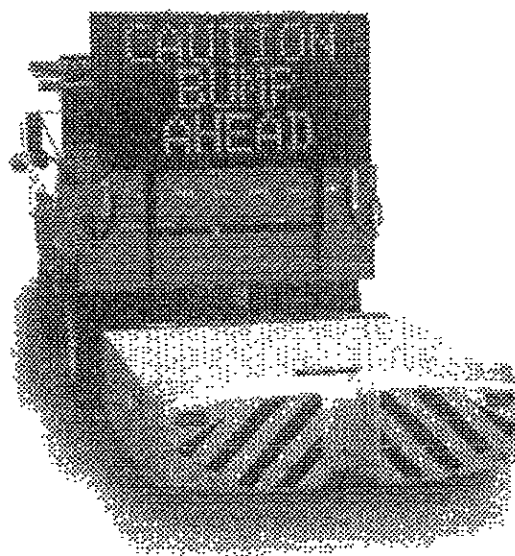


h) Indicación de desviaciones con anticipación.



**Fig. 6.5** Ejemplo de un señalamiento dinámico en una vía rápida, empleando infraestructura propia para obtener las mejores condiciones de visibilidad según las características geométricas de la vialidad

i) Avisos sobre obras de mantenimiento en las vialidades.



**Fig. 6.6** Señalamiento dinámico para trabajo de mantenimiento en vialidades

- j) Control sobre la velocidad de la circulación vehicular, al tener conocimiento de las condiciones de flujo vehicular.

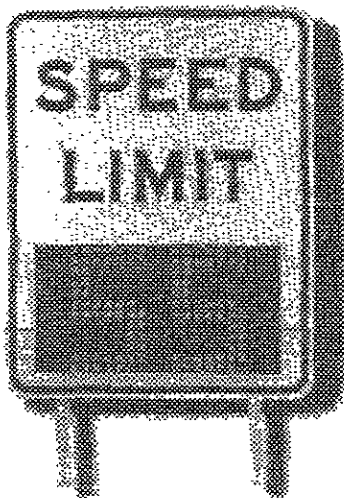


Fig. 6.7 Señalamiento variable para la indicación del límite de velocidad.

- k) Indicar tiempos de espera en los accesos a vías rápidas (con la ayuda de medidores en las entradas de los mismos para establecer el flujo vehicular) con lo cual se pueden emplear señalización híbrida (estática y dinámica) y así no saturar la circulación en las mismas.
- l) En horarios de mayor circulación aprovechar vialidades en donde se podrá cambiar el sentido de circulación de los carriles contrarios para agilizar el tránsito vehicular en el otro sentido, sin tener que incrementar la capacidad física de la infraestructura.
- m) Reducción de congestionamientos en horas pico
- n) Aumento en la velocidad del tránsito.
- o) Menor retraso en los recorridos al tener conocimiento de los posibles incidentes en las vialidades.
- p) Contar con tiempos de recorrido en vías rápidas y vialidades.

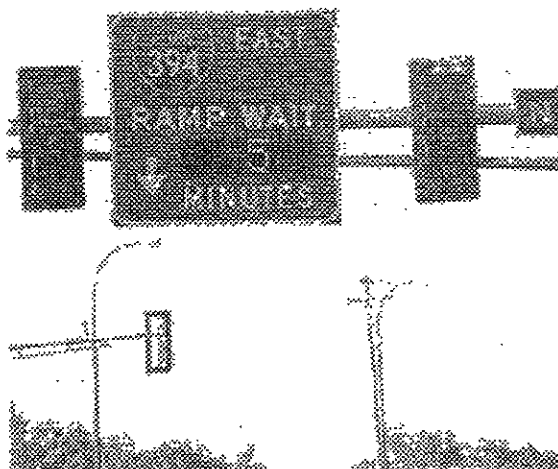


Fig. 6.8 Señalamiento dinámico para el control de rampas acceso a vías rápidas.

- q) Un menor desgaste en los vehículos.
- r) Menor consumo de combustible.

Sola la Señalización Dinámica no logrará los beneficios en general, sino se deberá realizar una adecuada integración de todos los recursos de Sistemas Inteligentes de Transporte y la corrección de ciertos vicios por parte de los usuarios y administradores de las vialidades y señalizaciones en la ciudad, como son: el empleo de topes para controlar la circulación y la velocidad, manipulación de las señales de control de tránsito por parte de elementos de policía de tránsito con solo el empleo de su criterio sin el apoyo del Centro de Control Computarizado de la Ciudad de México.

Estos beneficios de manera conjunta o aislada proporcionan a la población en general, una mejor calidad de vida.

## Conclusiones

---

La infraestructura vial de la Ciudad de México ha perdido su capacidad al no existir un plan estratégico por parte del Gobierno del Distrito Federal para su ampliación, mejora y mantenimiento; además de errores como el programa hoy no circula, que ha provocado un aumento en el número de vehículos viejos en circulación, saturando las vialidades actuales y disminuyendo la calidad de vida de la población al afectar aún más la calidad del aire de esta ciudad, siendo a su vez un foco de contaminación del aire de ciudades cercanas al Distrito Federal, como por ejemplo Cuernavaca.

Hace falta una proyección en conjunto con los estados colindantes al Distrito Federal y principalmente con el Estado de México, para constituir una red vial eficiente y funcional que permita una circulación constante entre ambas entidades.

Tomando en cuenta el surgimiento en la década de los ochentas de lo que hoy conocemos como ITS – Sistemas Inteligentes de Transporte, los cuales buscan mejorar la seguridad, la eficiencia y economía del transporte; hoy en día forman parte integral de la infraestructura vial de muchos países demostrando su alto rendimiento y desempeño; los dispositivos y elementos que conforman un sistema ITS, han dejado de ser un objeto de moda o lujo para ser parte indispensable para la adecuada planeación de proyectos, uso y aprovechamiento de la infraestructura vial de las ciudades, a nivel mundial.

El impulso que se necesita para lograr éxito en el uso y aplicación de la tecnología ITS en México, consiste primero en establecer un programa permanente de difusión y capacitación a las autoridades encargadas del sector Transporte, sobre la existencia de dicha tecnología enfatizando que ya existe su aplicación en las principales ciudades del país, por ejemplo, el empleo de Circuitos Cerrados de Televisión (CCTV) para el monitoreo de las condiciones viales prevalecientes y poder controlar adecuadamente los tiempos de las señales de control vial, utilizados hasta este momento de una manera aislada sin un plan o estrategia específica que integre a todas las aplicaciones de manera clara y ordenada; esto indica que México es un país en donde los ITS pueden encontrar un terreno fértil para su aplicación y explotación en búsqueda de soluciones a los diversos problemas viales que presentan sus principales ciudades.

Una vez que se oriente adecuadamente a las instituciones responsables y a los funcionarios quienes las dirigen, se deberá establecer un programa permanente de información y de educación acerca de las tecnologías ITS, dirigido a la población en general, donde se expliquen las ventajas y los beneficios que se obtienen mediante el empleo de los ITS.

Se debe buscar tener una participación permanente en los comités internacionales encargados de la creación, mejora y establecimiento de estándares, así como en foros internacionales de ITS; estableciendo así un ambicioso programa para la creación y conformación de recursos humanos expertos en el área, los cuales en un corto plazo podrán dar la correcta orientación a la planeación y aplicación de las tecnologías ITS en México, y en un mediano plazo exportar recursos humanos especializados a otras latitudes del planeta.

Por lo tanto habrá que tomar en cuenta para la realización de proyectos viales convencionales, esta integración de tecnologías ITS, que han demostrado en diversos países su efectividad en aplicaciones reales, resaltando que habrá que adaptar dichas tecnologías a las características y necesidades particulares de la Ciudad de México y de las ciudades más importantes del país donde se apliquen.

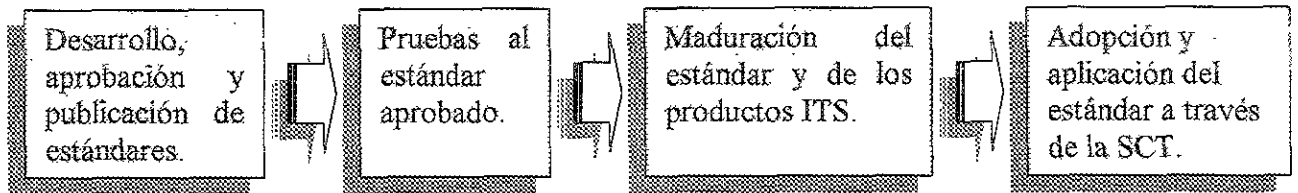
Es importante entender que el procedimiento adecuado para el empleo de tecnología ITS deberá ser de forma gradual, buscando establecer en una primera instancia una Arquitectura Nacional ITS de tipo abierta, la cual tendrá como objetivo principal el establecer los criterios adecuados (expandibilidad, interoperatividad, compatibilidad, intercambiabilidad, escalabilidad, apertura y modernización) para el establecimiento de los estándares que deberán cumplir los productos de la industria de las telecomunicaciones y la informática, logrando con esto la existencia de productos genéricos, que evitan y acaban con la dependencia tecnológica de un solo fabricante o marca.

La Señalización Dinámica es una forma ágil y efectiva de proporcionar información sobre las condiciones de la circulación vial a los conductores, pudiendo ayudar a la prevención de accidentes y congestiones viales.

El empleo de tableros destinados a la Señalización Dinámica, se basa en las normas existentes en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, por lo que se sugiere realizar una actualización permanente a las mismas, debido a los rápidos avances en la tecnología de la Señalización Dinámica que va de la mano con la adopción de estándares globales. Es importante recalcar la existencia de esta normatividad inicial, que servirá para fusionarse y ajustarse a la Arquitectura Nacional ITS, dando así las directrices a seguir para las características que deberán respetar los fabricantes de dichos dispositivos

De esta manera, la aplicación de la Señalización Dinámica en la Ciudad de México podrá ser planeada, teniendo conocimiento de que no es conveniente realizarla de manera improvisada, si es que se desea un desempeño eficaz de la misma para la consecución de mayores beneficios.

Como se mencionó anteriormente, para una correcta aplicación y funcionamiento de la tecnología ITS de Señalización Dinámica, ésta se deberá ajustar a los estándares adoptados a partir de la Arquitectura Nacional ITS; en el siguiente esquema se muestra el ciclo propuesto a realizar para lograr la adopción de estándares referentes a Señalización Dinámica:



Organizaciones encargadas del desarrollo de estándares coordinan el desarrollo de los mismos:

1) Durante el desarrollo un comité escribe y documenta los aspectos técnicos de los estándares.

2) Los estándares se aprueban a través de un proceso de votación, por medio de comités o grupos de trabajo que revisan los méritos técnicos del estándar. Un estándar puede o no pasar por votación.

3) Los estándares que pasan todas las exigencias del proceso de votación son aprobados. En este momento el estándar puede ser usado pero aún no puede ser publicado.

Se realizan pruebas de operación, correcciones y adición de mejoras a los estándares bajo condiciones reales de operación de transportación.

Esto mide el grado de interoperabilidad entre los estándares así como información acerca del desempeño de un estándar para la comunidad ITS.

Con la maduración del estándar, se desarrolla una competencia entre los diferentes fabricantes para proveer equipos con diferentes niveles de funcionalidad.

Obteniendo la institución encargada del desarrollo de los proyectos referentes al transporte una gran flexibilidad en la elección de productos para los requerimientos específicos de su proyecto.

La estandarización de productos dan como resultado la interoperatividad (es la capacidad de un dispositivo para comunicarse con diferentes tipos de dispositivos ITS) e intercambiabilidad (es la capacidad para sustituir un dispositivo por otro de diferente fabricante).

Con dispositivos ITS basados en estándares abiertos, se obtienen ahorros en los costos de operación y eficiente mantenimiento de los sistemas.

No todos los estándares alcanzan esta etapa.

Para la adopción de estándares ITS se deberá aplicar los criterios establecidos por la Arquitectura Nacional ITS y las instituciones involucradas para poder observar su viabilidad.

Los criterios para la adopción de estándares pueden basarse en lo siguiente:

- El estándar deberá ser aprobado por las organizaciones encargadas del desarrollo de los mismos.
- El estándar debe de estar sucesivamente bajo prueba en aplicaciones reales apropiadas.
- El estándar debe tener un alto grado de aceptación por la comunidad que lo utilizará
- Se deberá elaborar la documentación de soporte técnico que avale el uso del estándar.
- Se deberá proporcionar capacitación permanente referente a la correcta aplicación del estándar.

Con base en estos criterios se podrá contar con dispositivos y sistemas de la más alta confiabilidad para la realización de proyectos de Señalización Dinámica y gradualmente poder realizar los vínculos necesarios, tanto tecnológicos, de información y de políticas entre el Centro Computarizado de Control Vial de la Ciudad de México y el Centro de Administración de Tráfico (CAT) de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE), para lograr establecer una comunicación adecuada entre ambos centros y así proporcionar información a los conductores que se encuentran en la autopista dirigiéndose a la ciudad sobre las condiciones viales existentes en ésta y viceversa.

Para lo anterior se deberán establecer estándares que indique la forma de comunicación entre centros de control de tránsito para su automatización y correcta transferencia de datos e información necesaria.

Un aspecto importante a considerar en los proyectos de aplicación de Señalización Dinámica en la Ciudad de México es el de colocar los paneles en los lugares adecuados, para que los factores humanos que involucran al conductor sean óptimos para la toma de decisión y no afecten en forma negativa provocando accidentes, teniendo el tiempo necesario para leer la información presentada, entender y poder considerar seguir la misma ruta o cambiar por la opción u opciones desplegadas en los tableros. Para ello se deberán realizar estudios y encuestas a los conductores sobre su opinión y desempeño de estos sistemas durante su empleo, para saber cual ha sido el grado de aceptación y realizar las correcciones y adecuaciones necesarias para un mejor desempeño de esta tecnología.

Esta tecnología por sí sola no podrá dar solución al problema de congestión vial en la ciudad y su área metropolitana, además del uso de CCTV existente se sugiere también la implementación de quioscos de información referente a las condiciones viales y otros puntos de interés, que estarán compartiendo información con los centros de control de tráfico, siendo una manera de poder prever la ruta óptima a seguir por los conductores antes de emprender su transportación hacia su destino; otro apoyo de importante valor será la creación de una estación de radio y de televisión

que exclusivamente informen a la población acerca de las condiciones viales y climatológicas prevalecientes en la ciudad; que en conjunto con la Señalización Dinámica ayudarán a la solución de los congestionamientos vehiculares en la ciudad, logrando así disminuir la contaminación del aire en un menor grado, pudiendo verificarse esto con un constante monitoreo de la calidad del aire de las distintas zonas de la ciudad y observando las estadísticas obtenidas a lo largo de un periodo de tiempo se podrán comparar dichos índices, con los datos obtenidos con anterioridad a la aplicación de la Señalización Dinámica en cada zona.

Gradualmente se deberán aplicar los estándares referentes a la Señalización Dinámica, aprovechando al máximo la vida útil de los dispositivos existentes, tratando de adaptarlos a los nuevos estándares adoptados para la nueva generación de dispositivos que se irán integrando al sistema de Señalización Dinámica instalado, evitando la redundancia de los mismos y realizando la supresión de los que estratégicamente van quedando obsoletos

Se sugiere establecer un programa voluntario, en el cual mediante la instalación de una tarjeta inteligente en el parabrisas del automóvil se podrá detectar y localizar a través de antenas instaladas en distintos puntos de la ciudad, llevando un seguimiento en su recorrido desde el origen hasta el destino del conductor, para poder calcular el tiempos de recorrido a través de la ciudad y a su vez pronosticar el tiempo promedio que les llevará a los demás conductores el llegar a su destino; para esto no serán necesarios los datos del conductor, teniendo una confidencialidad absoluta, obteniendo solo datos estadísticos.

Para lograr todo lo anterior, hay que considerar que existen factores humanos que podrán desestabilizar y poner en riesgo la existencia y el éxito no solo de la Señalización Dinámica sino de todas las tecnologías ITS; en particular los cuerpos policíacos encargados del tránsito en la ciudad a través de décadas se han dado a la tarea de controlar a su antojo en horas pico, cruceros e intersecciones importantes y conflictivas, poniendo en caos total a la circulación vehicular, creando congestionamientos de grandes magnitudes por largos periodos de tiempo en toda la ciudad, producto de la ignorancia y la corrupción, lo anterior se deberá solucionar mediante una capacitación permanente de todos los cuerpos policíacos en el tema de los ITS y el papel importante que ellos desempeñan dentro de su aplicación; además de programas estrictos de aplicación de leyes y reglamentos, con el uso de sistemas, para un efectivo combate a la corrupción.

De esta manera el empleo de la Señalización Dinámica será útil e indispensable para la transportación óptima, segura y eficiente en la Ciudad de México elevando así, la calidad de vida de sus habitantes.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Elliot, S. D., & Dailey, D.J. (1995). ITS - Intelligent Transportation Systems: "Wireless Communications for Intelligent Transportation Systems. Artech House Inc., Boston, EEUU.
2. Noy, Y. I. (1997). Human Factors in Transportation: "Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces". Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Mahwah, New Jersey, EEUU.
3. Drane, C., & Rizos, C. (1998). Intelligent Transportation Systems: "Positioning Systems in Intelligent Transportation Systems". Artech House Inc., Boston, EEUU.
4. Barfield, W., & Dingus, T. A. (1998). Human Factors in Transportation. "Human Factor in Intelligent Transportation Systems". Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Mahwah, New Jersey, EEUU.
5. ITS International advanced technology for traffic management an urban mobility. March/April 1999, (pp. 48 – 58).
6. ITS International advanced technology for traffic management an urban mobility. May/June 1999, (pp. 40-42).
7. ITS International advanced technology for traffic management an urban mobility. July/August 1999, (pp. 38 – 50).
8. World Highways/Routes Du Monde. March 1991, (pp. 66 – 73).
9. ITE Journal. December 1995, (pp. 30 - 40).
10. ITE Journal. January 1996, (pp. 52 - 56).
11. ITE Journal. April 1996, (pp. 20 - 25).
12. ITE Journal. March 2000, (pp. 20- 23).
13. NTCIP News. A report from the National Transportation Communications for ITS Protocol Standars Committee Fall 2000
14. Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito. México 2000