



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ingeniería

Aceptación del uso de los Sistemas Avanzados de Información al Viajero y vías urbanas de cuota para acceder a Ciudad Universitaria.

TESIS

Que para obtener el título de
INGENIERO CIVIL

Presenta:

Rubí González Sánchez

Director de Tesis:

M.I. Francisco Javier Granados Villafuerte

México, D.F., octubre 2013



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Señorita
RUBI GONZÁLEZ SÁNCHEZ
Presente

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/129/13

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. FRANCISCO JAVIER GRANADOS VILLAFUERTE, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

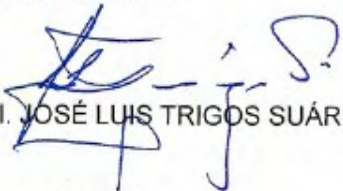
"ACEPTACIÓN DEL USO DE SISTEMAS AVANZADOS DE INFORMACIÓN A VIAJEROS Y VÍAS URBANAS DE CUOTA PARA ACCESAR A CIUDAD UNIVERSITARIA"

- INTRODUCCIÓN
- I. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE
- II. SISTEMAS AVANZADOS DE INFORMACIÓN A VIAJEROS (ATIS)
- III. PREFERENCIAS DEL USUARIO: INFORMACIÓN AL VIAJERO Y USO DE VÍAS URBANAS DE CUOTA
- IV. RESULTADOS OBTENIDOS Y RECOMENDACIONES
- V. CONCLUSIONES
- REFERENCIAS

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

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 3 de octubre del 2013.
EL PRESIDENTE


M.I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

JLTS/MTH*gar.

Contenido

INTRODUCCIÓN	5
Antecedentes e importancia del trabajo	5
Preguntas de la investigación.....	7
Objetivos	12
Resumen de las actividades de investigación	12
Organización de la tesis.....	14
Capítulo 1. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE	15
1.1. Problemas en el transporte.....	15
1.2. Enfoques para resolver los problemas.....	16
1.3. ¿Qué son los Sistemas Inteligentes de Transportes?.....	17
1.4. Clasificación.....	18
1.5. Componentes	23
1.6. Arquitectura y estándares.....	30
1.7. Sistemas Inteligentes de Transporte en el mundo.....	31
Capítulo 2. SISTEMAS AVANZADOS DE INFORMACIÓN A VIAJEROS (ATIS)	35
2.1. Definición	35
2.1.1. Medios para el acceso a la información	38
2.2. ATIS especializados en información de tránsito.....	41
2.2.1. ¿Qué servicios deben ofrecer?.....	41
2.2.2. ¿Qué servicios ofrecen?	43
2.3. ATIS especializados en información de tráfico.....	45
2.3.1. ¿Por qué consultar información de tráfico?.....	46
2.3.2. ¿Qué servicios deben ofrecer?.....	47
2.3.3. ¿Qué servicios ofrecen?	49
2.3.4. Usuarios de los ATIS	50
2.4. Estado del arte en Sistemas Avanzados de Información a Viajeros.....	51
2.4.1. Tecnologías utilizadas actualmente	56
Capítulo 3. PREFERENCIAS DEL USUARIO: INFORMACIÓN AL VIAJERO Y USO DE VÍAS URBANAS DE CUOTA	63
3.1. Introducción a una encuesta al viajero en Ciudad Universitaria, Distrito Federal.....	63
3.1.1. Objetivos de la encuesta	63

3.1.2.	La encuesta: enfoque y administración	64
3.2.	Resultados y análisis de la encuesta	72
3.2.1.	Distribución geográfica de los participantes de la encuesta.....	72
3.2.2.	Análisis de datos.....	73
3.2.3.	Resumen de los resultados	92
Capítulo 4.	Resultados obtenidos y recomendaciones.....	94
Capítulo 5.	Conclusiones.....	98
Referencias		100

INTRODUCCIÓN

Antecedentes e importancia del trabajo

Los medios de transporte son utilizados para facilitar la movilización de bienes o personas que buscan vencer las barreras geográficas y del tiempo. Su evolución ha crecido vertiginosamente debido a que transportarse es una actividad fundamental dentro del desarrollo de la humanidad.

Las ventajas que nos brindan los medios de transporte, son a su vez contrastantes en las grandes ciudades, donde se generan serios problemas para los usuarios, que pierden tiempo en las vialidades debido al congestionamiento, accidentes, obras de reparación, manifestaciones, saturación de la vialidad existente, operación inadecuada de las intersecciones semaforizadas, entre otros; situación de la que no están exentos los viajeros con destino a la Universidad Nacional Autónoma de México, en Ciudad Universitaria, convirtiéndose esta situación en el objeto de esta investigación.

El tiempo que emplean los viajeros de Ciudad Universitaria, como el de todas las personas, es un recurso invaluable y destinarlo a trasladarse resulta ser una contradicción, es por este motivo que desde hace algunas décadas se ha dedicado especial atención a la investigación para desarrollar e implementar tecnologías que ataquen el problema, un ejemplo específico son los Sistemas Avanzados de Información al Viajero, llamados ATIS por sus siglas en Inglés (Advanced Traveler Information System), los cuales usan la tecnología para recopilar, procesar y distribuir información útil para el público que viaja.

Los ATIS tienen como principal objetivo brindarle a los usuarios un panorama de las condiciones actuales de la ruta que van a tomar o en la que se encuentran, de esta manera los viajeros tienen la oportunidad de tomar decisiones informadas sobre a dónde ir, qué modo de transporte utilizar y qué ruta tomar.

Para beneficio de los viajeros, la gestión del transporte tiene un objetivo trascendental: optimizar la capacidad de la red vial existente con el control eficiente de los vehículos de la red. Los ATIS son una herramienta útil para lograr tal objetivo, ya que proporciona a los viajeros información dinámica de las condiciones del camino, así los usuarios pueden cambiar su hora de salida, tomar rutas alternativas, elegir un modo diferente de transporte e incluso considerar el uso de las vías urbanas de cuota si esto significa un ahorro de tiempo, este último punto es muy importante pues una de las principales estrategias para aumentar la

capacidad de las redes de transporte es promover el desarrollo de vías urbanas de cuota.

En otros países como Estados Unidos de América (EUA) usan el financiamiento de las autopistas de peaje para construir en menos tiempo los proyectos, lo cual libera el congestionamiento vial más rápido.

Sin embargo, para pagar la deuda de las nuevas carreteras de peaje, los inversionistas dependerán del ingreso que proporcione el peaje, el cual es un recurso incierto. Inicialmente, el tráfico es lento en las autopistas de peaje, y crece lentamente a través del tiempo conforme los automovilistas se van dando cuenta del tiempo que ahorran y de otros beneficios que obtienen al utilizar una autopista de peaje. Persad (2004) ha demostrado que las autopistas de peaje generalmente no ganan suficientes ingresos en los primeros 15 a 25 años para cubrir sus gastos.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, podemos relacionar a los ATIS con el incremento de la expectativa de las vías de cuota. Hay evidencia en diversos estudios de que la información oportuna sobre los congestionamientos (proporcionada por los ATIS) aumenta la posibilidad de elegir una vía de peaje. Por ejemplo, el crecimiento del tráfico en caminos de cuota en la ciudad de Melbourne, en Australia, ha sido parcialmente atribuido a una agresiva campaña de información que enfatiza las demoras de las otras rutas competitivas.

Con estos antecedentes podemos concluir que actualmente son muchos los problemas de transporte que aquejan a los viajeros de Ciudad Universitaria, por lo cual es necesario recurrir a la tecnología para buscar soluciones; los ATIS representan una buena opción para mejorar la utilización de la red vial debido a que, además de brindar información útil a los viajeros, incrementa el uso de las vías de peaje, lo cual reduce congestiones en las otras vías, traduciéndose en una mayor movilidad, mejora de la seguridad y reducción de la contaminación para todo el sistema.

Finalmente, la evaluación del potencial dual de los ATIS en el contexto de vías de peaje es la esencia de esta idea de investigación que se dirige a abordar los siguientes aspectos:

- Aceptación de los viajeros al uso de ATIS, y
- Aceptación al uso de vías urbanas de cuota.

Además, en el trabajo se evaluó el potencial del desarrollo de las nuevas tecnologías de la información al viajero para saber las preferencias de los usuarios y su influencia en ellos.

Preguntas de la investigación

La siguiente sección es una revisión breve y práctica de las principales áreas identificadas en la propuesta de investigación, con la discusión de las preguntas que deben abordarse en este proyecto.

1. ¿Qué información ayudaría a los usuarios a elegir una vía de peaje?

Los sistemas avanzados de información a viajeros (ATIS) son “sistemas que adquieren, analizan, comunican, y presentan la información para ayudar a los viajeros a trasladarse desde su viaje de origen hasta su destino” (Definición de ITS America). Wolinetz (2001) identificó seis preocupaciones de los viajeros:

- Incertidumbre por el tiempo de viaje
- Cómo obtener información
- Qué tan confiable es la información
- Qué tan actualizada está la información
- Relevancia a la situación del conductor, ubicación, destino, propósito del viaje.
- Accesibilidad de la información

Decisiones de conductores basadas en información

Hay bastante evidencia de que la información al viajero puede cambiar el comportamiento de su viaje. Yim (1997) reportó que el 75% de las personas encuestadas en el área de la Bahía de San Francisco escuchan información del tráfico en la radio, y 50% de ellas cambian su comportamiento de viaje como consecuencia. Khattak (1999) encontró que con información al viajero, 17% de los encuestados en el área de la Bahía cambiarían su ruta, mientras que un 20% cambiaría al menos dos decisiones sobre la hora de salida, ruta y modo de transporte.

Una encuesta en la región de Seattle hecha por Mehndiratta (2000), quien encontró que entre las personas que usan información al viajero ya estando en la ruta, 34% cambian parte de sus rutas, mientras que un 22% cambian sus rutas por completo. En Texas, un estudio hecho por Balke (1995) con 15 pasajeros en Houston que tuvieron acceso al tiempo de viaje e información de incidentes, encontró que 8 de ellos cambiaron sus patrones de viaje, 5 cambiaron de ruta. Un mejor tamaño de muestra de viajeros es necesario para poder obtener conclusiones significativas.

Contenido y formato de la información

La información al viajero se puede categorizar como previa al viaje y durante la ruta. Es preferible la información durante la ruta. Abdel-Aty (1996) encontró que un 37% de las personas encuestadas en el área de los Ángeles utiliza información previa al viaje y un 51% escucha información durante el viaje. Wolinetz (2001) encontró que un 78% de los usuarios quiere actualizaciones regulares sobre los problemas de tráfico y retrasos. Kim (1999) realizó una encuesta en Sydney, Australia y encontró que la información sobre accidentes, demoras de tráfico y zonas de trabajo son más altas en importancia (Tabla 1).

Tabla 1 Información deseada por los usuarios en Sydney, Australia

Importancia del tipo de información	% Acuerdo/Muy de acuerdo	% Neutralidad
Accidentes	85	11
Tráfico	77	14
Zonas de obra	68	15
Rutas alternativas	49	34
Clima	49	29
Mejoras deseadas	% Acuerdo/Muy de acuerdo	% Neutralidad
Tiempo estimado de un incidente	77	9
Rutas alternativas	69	11
Retraso estimado	51	14

Fuente: Elaboración por Kim (1999).

Las preferencias en el formato de la información varían según la familiaridad con la red de carreteras. Yang (1998) estudió algunos temas en un simulador de conducción y encontró que para una red familiar, el orden de preferencia de los conductores fue solo el audio, la combinación de audiovisuales y después sólo visual. Para un territorio desconocido, su preferencia fue una combinación de audiovisuales, sólo visual y después sólo audio.

2. Aumento potencial del uso de vías urbanas de cuota debido a los ATIS

Una de las premisas de esta propuesta de investigación es que los viajeros estarían dispuestos a pagar una cuota a cambio de información para viajar. Cuando un conductor tiene que decidir entre una vía con o sin cuota, la vía de peaje es menos atractiva por el evidente costo extra. Sin embargo, en muchas situaciones, la vía de cuota realmente puede ahorrar dinero y tiempo para los usuarios.

¿Quién busca información vial?

Las personas que experimentan poca confiabilidad en el tiempo de viaje tienden a buscar información. Wolinetz (2001) encontró que las personas que buscan

información son aquellas que van al trabajo, frecuentemente experimentan congestiones, tienen viajes muy largos y poseen un teléfono celular. Las mujeres tienden más a buscar información en comparación con los hombres. Es más probable que la información que proporciona la radio durante el trayecto tenga mayor influencia en los cambios del viaje que la planificación previa a éste. Mehndiratta (2000) clasifica a los usuarios de la información de tráfico como sujetos de control, jefes de la red y planificadores de viajes. Las técnicas de implementación y tasas de uso probablemente van a ser diferentes para cada grupo.

El valor de la información

Algunos viajeros le dan un valor muy alto a la información de tráfico. Ng (1995) encontró que los conductores norteamericanos estaban dispuestos a pagar de \$227 a \$366 dólares por la implementación de un ATIS en su vehículo. Wolinetz (2001) encontró que un 73% de los que buscan información de tráfico están dispuestos a pagar por ella, en promedio \$3.84 dólares por mes ó \$0.74 dólares por uso. Los Neoyorkinos están dispuestos a pagar todavía más: 78% pagaría en promedio \$11 dólares por mes. Las mujeres, aquellas con mayores ingresos, y las personas mayores indican mayor disposición a pagar.

Mercado potencial de las vías urbanas de cuota

Supernak (2002) comparó en un estudio a los usuarios de una vía sin cuota en San Diego, California, con otros usuarios que utilizan una vía de peaje, y encontró que éstos últimos tenían las siguientes características:

- Altos estudios académicos
- De hogares con altos ingresos
- Probablemente eran sujetos de entre 35-54 años y menos probable de 65 años de edad.
- Muy probablemente eran mujeres de mediana edad
- Pertenecían a hogares con dos vehículos
- Muy probablemente eran dueños de una vivienda

Se necesitan estudios similares para identificar el mercado potencial de información/ cuota en el caso de Ciudad Universitaria.

Información y la elección de la ruta de cuota

Los factores importantes que afectan el comportamiento de los conductores en la desviación de la ruta son los tiempos de viaje en la ruta actual y en las rutas alternativas, conocimiento de los niveles de congestión, y el propósito del viaje (Hall 1999). Entre estos atributos, el tiempo de viaje es considerado el más importante. En algunos estudios, los investigadores propusieron una noción de "tiempo de viaje previsto" debido a la subjetividad del tiempo de viaje en la que la

decisión de los conductores está basada (Fujii y Kitamura 2000). Estos estudios sugieren que la información de tráfico influirá en el juicio de los conductores al elegir una ruta.

Los modelos de elección de la ruta actualmente se pueden dividir en dos tipos: modelos determinísticos y modelos estocásticos. El determinístico es el conocido como Shortest-Path, que supone que todos los conductores eligen la ruta de menor costo. Los estocásticos incluyen a los modelos logit y probit. Ambos modelos asumen que hay una probabilidad de elección de cada ruta posible, determinada por los atributos de la ruta misma y del conductor. Comparada con la ruta sin cuota, la ruta con peaje básicamente tiene un costo exógeno- la cuota más el esfuerzo por desviarse. Por lo tanto, los modelos de elección de ruta pueden ser directamente aplicados al problema de elegir una ruta con o sin peaje.

3. Efectos operacionales en la red sin cuota

Las investigaciones son relativamente escasas en relación con el impacto que tiene la información en el funcionamiento del sistema. De acuerdo al estudio realizado por Lockheed Martin Feredal Systems (1996), el cual fue llamado "Presentación y Beneficios de los ATIS", los ATIS muestran beneficios significativos en el aumento de la eficacia del sistema de transporte y mejora de la movilidad.

Impactos potenciales

Wunderlich (2000) examinó el impacto de la integración de datos arteriales en autopistas con ATIS teniendo en cuenta las interacciones a nivel regional. Los beneficios estimados incluyen un aumento del 0.2% en el rendimiento del vehículo, aumento del 0.4% en el kilómetros recorridos, reducción del 7% en horas-vehículo de retraso, disminución del 2.7% en el número de paradas y 2.1% de reducción en la variación del tiempo de viaje. Los resultados del modelado para San Antonio, Texas (USDOT 2001) indican una reducción del 5.4% en el tiempo de viaje para los usuarios de ATIS por internet.

4. Consideraciones técnicas y financieras

Mientras que el potencial de los ATIS para desviar el tráfico ha sido demostrado, su aplicación en las vías de cuota no ha sido investigada. Específicamente las cuestiones técnicas y financieras deben ser abordadas.

Diseño del mensaje

En el diseño de los mensajes de información al viajero, se debe tener en cuenta la habilidad humana para procesar la información (Yang 2001). La toma de decisiones del conductor depende de la modalidad en la que se adquiera la información, cantidad y frecuencia de repetición en relación con las condiciones externas. La memoria de un conductor le permite asimilar entre +7/-2 partes de la

información que se le presenta, es por esta razón que las señales de tráfico tienen que repetirse constantemente para permitirle al conductor captar el mensaje completo antes de que estén listos para actuar.

Las distracciones del conductor son un aspecto de interés y de preocupación. La atención visual y auditiva se puede combinar, desde que la atención a la carretera y al tráfico se volvió principalmente visual, los conductores pueden manejar cómodamente con audio como la música o conversaciones. Sin embargo, la combinación audio-audio (escuchar la radio y a un pasajero) o la combinación visual-visual (leer un mapa mientras se maneja) no es tan eficiente y resulta una saturación de información para el conductor y un gran distractor. El diseño del mensaje es un componente clave para presentar la información de una manera eficiente.

Desarrollo de la tecnología

Las tecnologías actuales de desarrollo incluyen internet, celular y sistemas basados en carreteras. Mientras que un número de resultados positivos han sido observados desde la instalación de las señales de mensaje variable (VMS, por sus siglas en inglés), hay posibles deficiencias también. La infraestructura es estática y costosa, y el impacto es restringido a una pequeña región alrededor de la señal. La cantidad de información que puede proporcionar es muy limitada, de hecho, muchos conductores nunca obtienen el mensaje completo a menos que se encuentren en medio de un congestionamiento.

El internet y los teléfonos celulares con ATIS tienen algunas deficiencias. Los sistemas basados en internet son principalmente para la planificación previa del viaje, pero los usuarios no pueden tener acceso a la información relevante para su viaje o la información puede ser inexacta para el momento en el que se hace el viaje. Los sistemas basados en celulares tienen deficiencias similares. Al usar el celular también se ocupa una parte de la visión, razón por la cual perjudica el rendimiento del conductor, tan es así, que ahora la ley ha prohibido el uso del celular durante el manejo.

La tecnología de inserción puede ser más exitosa que los sistemas basados en la demanda porque la gente prefiere ser usuarios pasivos en lugar de tener que actuar para recibir la información. Por ejemplo, un vehículo con sistema de posicionamiento a bordo usa un sistema autónomo como el GPS para situarse dentro de un área y la información personalizada para la ubicación es alimentada a la unidad.

Costos y beneficios de la implementación

Se deben evaluar el costo y la remuneración de la implementación de información al viajero. Si se implementa en sistemas para autos, los costos de configuración serán mínimos. Si se implementa a través de las carreteras con señales de mensaje variable, la ubicación y la frecuencia de dichas señales debe

determinarse. Se prevé que el costo no debe ser mayor que el envío de mensajes a la máquina virtual. Si los costos son relativamente bajos, pueden ser absorbidos en una parte del peaje.

La rentabilidad dependerá principalmente en el aumento de los ingresos del peaje. Este cálculo se basará en el incremento del flujo en la carretera de cuota y en el aumento resultante de los ingresos de la cuota. De hecho, si este concepto tiene una alta relación costo/beneficio, puede ser provechoso quitar el costo de este concepto y manejarlo como un incentivo. También se evaluarán los beneficios de reducir la congestión en las vías sin cuota, aunque éstos tal vez no puedan traducirse directamente en ingresos, pero si pueden estimarse para justificar el financiamiento para la implementación.

Conclusión

El identificar el comportamiento de la elección de ruta con información, permitirá hacer evaluaciones de la aceptación a la cuota y junto con las tareas relacionadas con la identificación de las necesidades de los usuarios por medio de cuestionarios, los resultados de estos esfuerzos permitirán obtener un valioso conjunto de recomendaciones y herramientas sobre el uso de información a viajeros.

Objetivos

1. Evaluar la aceptación del uso de Sistemas Avanzados de Información a Viajeros para personas que desean acceder a Ciudad Universitaria, a través de un análisis teórico y técnicas de investigación de campo.
2. Describir el impacto de la información al viajero para el uso de vías urbanas de cuota.

Resumen de las actividades de investigación

Para lograr los objetivos de la tesis de una manera integral, fue necesario completar las siguientes tareas en el programa de trabajo.

Tarea 1. Aprovechar la experiencia de la industria.

El objetivo de esta tarea consistió en el análisis de un estudio de investigación desarrollado en Estados Unidos por la Universidad de Austin, Texas, el cual integra los hallazgos y reportes del Departamento de Transportes de Texas con

los avances en el área de Sistemas Inteligentes de Transporte y la industria de las vías urbanas de cuota. Este estudio fue el punto de partida que sirvió como base para desarrollar el trabajo actual.

Tarea 2. Resumir el estado del arte del desarrollo de la información al viajero.

El objetivo de esta tarea fue integrar la información existente en las áreas de los Sistemas Inteligentes de Transporte, información al viajero y operación de las vías urbanas de cuota, para así poder generar un panorama del estado actual de cada uno de estos rubros. La investigación se realizó consultando diversas fuentes correspondientes a la literatura de los Departamentos de Transporte de Estados Unidos de America y artículos en revistas científicas. Se abarcaron los temas de las tecnologías para proporcionar la información al viajero y las tendencias de la telemática, por ejemplo, sistemas de navegación, satélite, radio, mensajería dinámica, entre otras. También se investigó el progreso actual en el diseño del mensaje y la forma de entregarlo al viajero, así como los efectos de la redistribución del tráfico en las vías urbanas sin cuota.

Tarea 3. Encuesta para determinar las preferencias en la información al viajero y el uso de vías urbanas de cuota.

El objetivo de esta tarea fue identificar las preferencias de los viajeros para recibir la información y los probables factores de desviación a una vía urbana de cuota. La encuesta que se aplicó es una traducción y adaptación al caso de estudio. La encuesta original fue elaborada por un grupo de investigadores de la Universidad de Austin, quienes desarrollaron una metodología para formular las preguntas y así obtener información demográfica, patrones de viaje, preferencias de la información al viajero, el impacto de la información al viajero en las decisiones del usuario y conocer la actitud de los viajeros frente a las vías urbanas de cuota y su comportamiento en el cambio de ruta.

Tarea 4. Análisis de usuarios potenciales, tipos de información deseada, posibles fuentes, tecnología para entregar de información.

El objetivo de esta tarea fue convertir la información desarrollada en las tareas 1,2 y 3 en una síntesis de los requisitos de los usuarios utilizando el enfoque analítico. Los tipos de información que los viajeros quieren/buscan, incluyendo, ubicación/frecuencia en relación con la longitud del viaje y las decisiones de ruta. Se evaluaron las fuentes de información, requisitos y tecnología de procesamiento. Esta tarea se llevó a cabo en conjunto con la tarea 3.

Tarea 5. Analizar la tecnología y posibles fuentes formas de implementación.

El objetivo de esta tarea fue analizar los requisitos de los viajeros para poder proponer posibles alternativas para desarrollar un plan de implementación. Esta tarea examinó las necesidades de los usuarios y sus preferencias e incluyó un análisis de alternativas para la entrega de información.

Organización de la tesis

Este trabajo empezó a gestarse en marzo del año 2012. La idea inicial era investigar la aceptación de los viajeros con destino a Ciudad Universitaria para usar los ATIS, así como identificar sus preferencias. Posteriormente, se encontró factible investigar a la par la aceptación de los usuarios para utilizar vías urbanas de cuota.

Como una introducción al tema, se presentan los principales problemas que existen en el transporte hoy en día, seguido de algunos enfoques para resolverlos, y a medida que se profundiza en el estudio del contenido, cada vez se hace más clara la necesidad de abordar el tema de los Sistemas Inteligentes de Transporte, el cual se estudia en el capítulo 1 de este informe, y es precisamente del cual se deriva el capítulo 2 que es nuestro tema de interés, los Sistemas Avanzados de Información al Viajero, este capítulo se enfoca en definirlos, su estado de arte y tecnologías utilizadas actualmente.

Luego de culminar esta primera etapa de contextualización y una vez preparado el escenario del trabajo, se presenta la segunda fase de la investigación en el capítulo 3 con las preferencias de los usuarios en cuando a la información al viajero y el uso de vías urbanas de cuota, en esta parte se presenta la encuesta que se realizó para poder recabar la información necesaria para esta investigación, seguida de los resultados y el análisis de la encuesta. Posteriormente se presenta un resumen de los datos obtenidos y algunas recomendaciones en el capítulo 4, y finalmente se aborda el capítulo 5, donde se establecen las conclusiones del trabajo.

Capítulo 1. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

El transporte terrestre es un factor muy importante en la vida de un país. Es necesario para sustentar el crecimiento económico y satisfacer las necesidades de movilidad de la comunidad. Los países hacen un esfuerzo económico muy importante para lograr un sistema de transporte que permita el desarrollo económico y social. Sin embargo, el transporte enfrenta, generalmente, serios problemas que se repiten en forma similar en todos los países del mundo. Problemas de congestión, seguridad, contaminación del medio ambiente y el alto costo en el mantenimiento de la infraestructura, son sólo un ejemplo (Giosa 2003).

México no es ajeno a esta realidad mundial. Para solucionar estos problemas, surge a partir de los años 80 en los países económicamente más desarrollados como Estados Unidos y los algunos países europeos, una nueva disciplina en el transporte llamada Sistemas Inteligentes de Transporte, que busca mejorar la eficiencia y la seguridad del sistema.

En este capítulo se estudian los problemas más comunes del transporte y como los Sistemas Inteligentes de Transporte intentan solucionarlos, así como su clasificación, componentes, su arquitectura, estándares y su aplicación en otros países.

1.1. Problemas en el transporte

El problema de la movilidad no puede disociarse del crecimiento caótico que ha tenido la Ciudad de México. En una cuenca casi cerrada ubicada a 2, 240 metros sobre el nivel del mar, hace más de cinco décadas inició la ocupación masiva de su territorio por una población en crecimiento constante y con actividades muy diversas que excedió los límites administrativos y políticos de la ciudad, para mezclarse con los municipios del vecino Estado de México y que hoy integra a las 16 delegaciones del Distrito Federal, 58 municipios del Estado de México y 1 del Estado de Hidalgo, para configurar la zona Metropolitana del Valle de México, ZMVM. (Fideicomiso para el Mejoramiento de las Vías de Comunicación del Distrito Federal, s.f.).

Si nos referimos específicamente a la población de Ciudad Universitaria tenemos que en 1955 era de 36,165 alumnos y para el año 2012, incluyendo alumnos de primer ingreso de licenciatura y de posgrado era de 213,364, de acuerdo a la información que proporciona la Dirección General de Planeación de la Universidad Nacional Autónoma de México en su página web en la sección “Agenda Estadística 2012”.

Este incremento significativo de población universitaria trae consigo problemas graves en el transporte, y dentro de los más apremiantes se encuentran la congestión y la seguridad.

La congestión se refiere a cuando existen demasiados vehículos circulando por las calles y como consecuencia la velocidad de circulación tiende a disminuir, incluso llegando a detener completamente al tráfico. Este fenómeno se da debido a que la capacidad de las calles se ve excedida y tiene consecuencias negativas en distintos aspectos. Por un lado se desperdicia combustible y se contamina el aire. Las agendas de las personas y los horarios del transporte público se ven alterados. Además las personas desperdician incontables horas productivas, causando perjuicios económicos a ellos mismos y al país. (Giosa 2003)

Otro problema muy grave tiene que ver con la seguridad. Cada año se producen innumerables accidentes de tránsito que causan graves daños a las personas, a la sociedad y a la economía, y el humano es el factor más relevante que está implicado en la ocurrencia de accidentes viales, tan solo en el año 2011 en la Ciudad de México hubieron 16 466 accidentes de tránsito, de acuerdo a los datos proporcionados en la página web del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI.

1.2. Enfoques para resolver los problemas

El enfoque tradicional que se ha aplicado sistemáticamente para resolver los problemas de movilidad ha sido el de construir o ampliar las calles y caminos existentes. Si bien este enfoque ha resultado exitoso en épocas pasadas, hoy en día no resulta tan efectivo como lo fue antes. Esto se debe principalmente, al costo que tienen este tipo de obras, a las trabas impuestas para el cuidado del medio ambiente y el rechazo de la población a este tipo de proyectos. Por otro lado, en las ciudades, que es donde se encuentran con mayor frecuencia los problemas de congestión, ampliar la infraestructura no es una buena solución porque resulta muy costoso o eventualmente imposible y el beneficio obtenido es escaso. Esto no quiere decir que en algunos casos ampliar la infraestructura no sea la solución correcta, simplemente no es una regla general (Giosa 2003).

En materia de seguridad las soluciones comúnmente intentan la prevención de accidentes. Generalmente se explicita la ordenanza del tráfico, estableciendo señalización o semáforos. Otra tarea importante de prevención es el control del cumplimiento de las ordenanzas de tránsito, principalmente en cuanto al exceso de velocidad y respeto de la señalización existente. El Instituto Mexicano del Transporte (IMT) indica que algunas de sus medidas aplicables para la seguridad vial han sido observar y estudiar las condiciones geométricas o climáticas críticas y caracterizadas por la ocurrencia de accidentes o en zonas con volumen

vehicular elevado para tomar acciones pertinentes de prevención (Instituto Mexicano del Transporte 2013).

Para los expertos, la aplicación de la tecnología en el transporte les ofrece la posibilidad de revolucionar la disciplina. La tecnología ya ha sido utilizada en el tráfico por muchas décadas, principalmente enfocada a resolver problemas específicos de seguridad y ordenamiento. Hasta los años 80's la tecnología utilizada consistía principalmente en semáforos, inventados en los años 20's para ordenar el tráfico en las ciudades. En los años 60's surge el primer sistema de semáforos controlados por computadoras y los mensajes de señales variables, que son paneles que despliegan mensajes relacionados con las condiciones del tráfico. A partir de la efectividad de estos avances, se evidencia la conveniencia de aplicar tecnologías en el transporte. Es entonces cuando se comienza a hablar de Sistemas Inteligentes de Transporte, ITS por sus siglas en inglés.

Durante los años 70's y 80's, se estudia principalmente la viabilidad de posibles soluciones a distintas áreas y se desarrollan prototipos. Sobre finales de los 80's, es cuando se consolida firmemente la disciplina, permitiendo que durante los años 90's se implanten con éxito distintos sistemas en varias partes del mundo.

1.3. ¿Qué son los Sistemas Inteligentes de Transportes?

Para poder dar una respuesta más clara a esta pregunta se presentarán algunas definiciones dadas por distintas autoridades en el tema.

La siguiente definición corresponde a una respuesta que proporciona el Departamento de Transporte de los EUA (DOT) en su página web:

“Los Sistemas Inteligentes de Transporte representan el siguiente paso en la evolución de todo el sistema de transporte de una nación. Mientras que las tecnologías de la información y los avances en la electrónica continúan revolucionando todos los aspectos de la vida moderna, también son aplicados a la red de transporte. Esas tecnologías incluyen lo último en computadoras, electrónica, comunicaciones y sistemas de seguridad”.

Lo que quiere decir que los ITS son la evolución de los sistemas de transporte, además, el avance de la informática y de las telecomunicaciones está alcanzando a todos los ámbitos de la sociedad, y el transporte, por su relación intrínseca con el espacio y el tiempo, se ve particularmente influenciado por esta evolución.

Además el DOT añade este párrafo:

“Los Sistemas Inteligentes de Transporte recolectan, almacenan, procesan y distribuyen información relacionada con el movimiento de personas y bienes. Ejemplos incluyen sistemas para controlar el tráfico y el transporte público,

manejar emergencias, brindar información a viajeros, realizar un control avanzado de vehículos y de seguridad, manejar operaciones con vehículos comerciales, cobrar automáticamente peajes y controlar en forma segura el cruce de barreras de tren.”

Esta definición señala la importancia de la información que se recolecta para distribuirse oportunamente a los usuarios y así mejorar el nivel de servicio del transporte.

La Intelligent Transportation Society of America, ITS America, en el año 2000 nos brinda la siguiente definición:

“La aplicación de tecnologías avanzadas en sensores, computadoras, electrónica, comunicaciones y estrategias de control, de manera integrada, para incrementar la seguridad y la eficiencia en el sistema de transporte terrestre.”

Es decir, el conjunto de distintas tecnologías es la clave para resolver los problemas en el sistema de transporte terrestre.

Finalmente, podemos unificar este concepto diciendo que, los Sistemas Inteligentes de Transporte son la evolución a los sistemas de transporte actuales, los cuales integran tecnologías de vanguardia para lograr, entre otros, ahorros efectivos de los tiempos y costos de viajes, disminución de accidentes y mejorar el desempeño general del sistema.

Los ITS son una herramienta básica para mejorar las condiciones del transporte y su éxito actual y futuro se basa sobre todo en:

- El agotamiento de otras soluciones, incapaces de resolver por sí mismas los problemas de eficiencia y capacidad.
- La reducción de costos relativos que han tenido en los últimos años.
- El aumento de los estándares de vida que reclaman mayor seguridad y valoran mucho más la información y el tiempo. A este respecto, se destaca que la información suministrada a usuarios y gestores debe ser confiable, oportuna y puntual.

1.4. Clasificación

Debido a la amplitud y complejidad de los ITS existen numerosas clasificaciones que contemplan diferentes criterios, entre ellos están los que consideran el tipo de tecnología usada hasta los de la tipología de los beneficios. Tomando el caso de estudio de la carretera podemos basarnos en la clasificación que realiza la Comisión de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y

Puertos (2003) en su Libro Verde de los Sistemas Inteligentes de Transporte Terrestre, en el cual se adopta una primera clasificación taxonómica intuitiva que distingue entre infraestructura y vehículos, para luego profundizar dentro de cada uno de estos conceptos en función de los beneficios derivados de la información manejada. El resultado de esta primera clasificación sería la Figura 1.1:

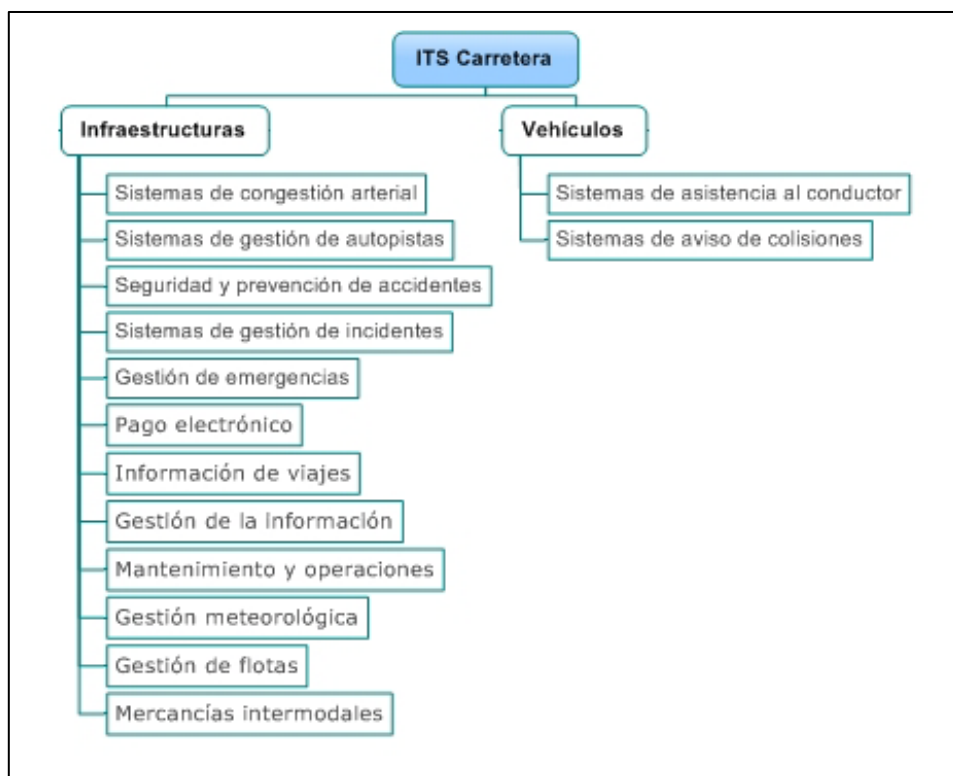


Figura 1.1 Clasificación de los ITS carreteros

Fuente: Libro Verde de los Sistemas Inteligentes de Transporte Terrestre (2003).

Una profundización de los conceptos incluidos en cada epígrafe de la Figura 1.1 da lugar a los siguientes esquemas, que cubren de manera exhaustiva el panorama actual de los ITS en el transporte por carretera. En la Figura 1.2 se puede observar la primera clasificación de los ITS por concepto de Infraestructura.

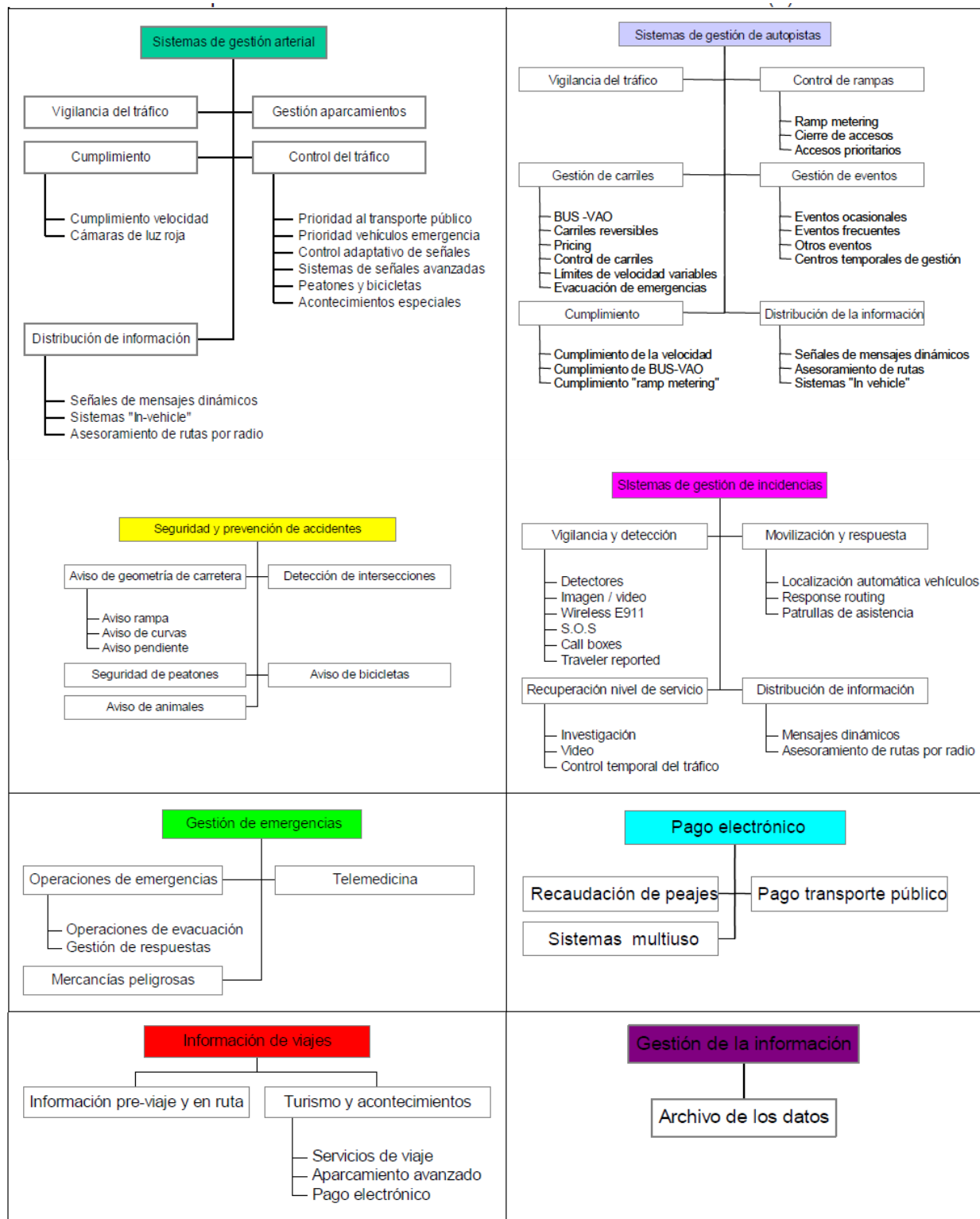


Figura 1.2 Aplicación de los ITS a la infraestructura de carreteras (1)

Fuente: Libro Verde de los Sistemas Inteligentes de Transporte Terrestre (2003).

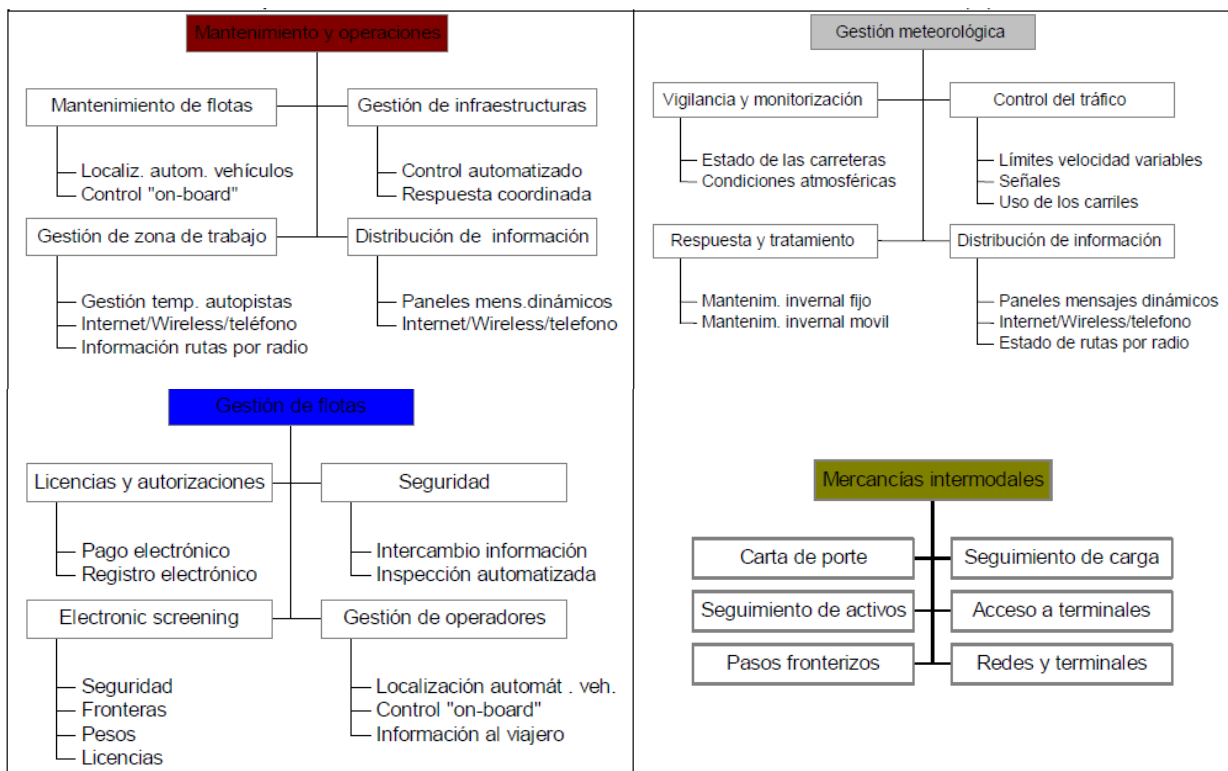


Figura 1.2 Aplicación de los ITS a la infraestructura de carreteras (2)

Fuente: Libro Verde de los Sistemas Inteligentes de Transporte Terrestre (2003).

Un desarrollo equivalente puede hacerse para la clasificación de los ITS por concepto de vehículos, dando lugar a la Figura 1.3, distinguiendo los sistemas de asistencia al conductor, que son los más abundantes en términos conceptuales, de los sistemas de aviso de colisión.

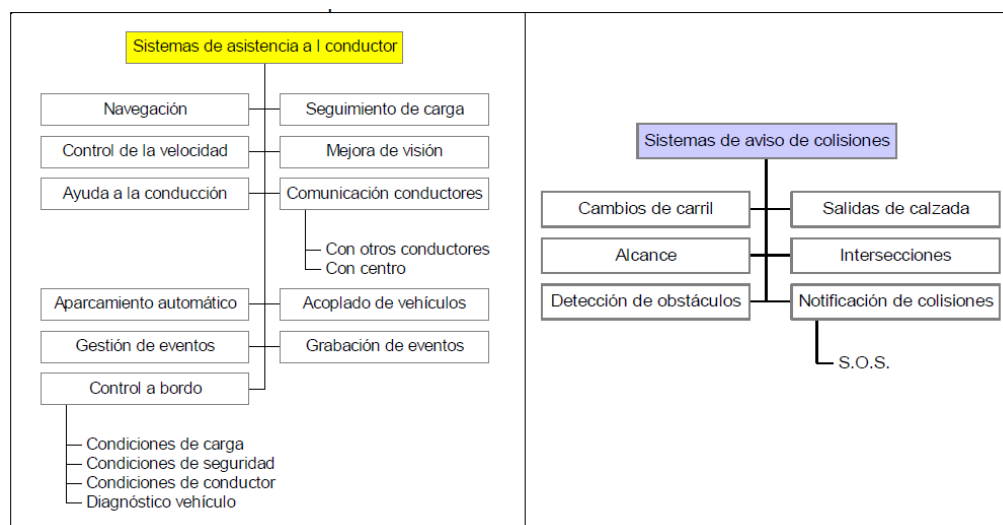


Figura 1.3 Aplicación de los ITS a los automóviles

Fuente: Libro Verde de los Sistemas Inteligentes de Transporte Terrestre (2003).

Ahora bien, a pesar de lo útil que pueden resultar las anteriores clasificaciones, se aprecian ciertas inconsistencias. Por ejemplo, la distribución de la información se encuentra repetida de manera prácticamente idéntica en la gestión de sistemas arteriales y en la gestión de autopistas (señalización dinámica, mensajes de radio, etc.). Incluso existen duplicidades importantes cuando, dentro de este mismo epígrafe, se excluye el concepto de sistemas “in vehicle”, ya que existe otra categoría general mucho más amplia de “vehículos inteligentes”.

Por otra parte, puede decirse que la anterior clasificación está incompleta, pues en la gestión de la infraestructura no se menciona al transporte público, que generalmente comparte infraestructura con los vehículos privados. Una clasificación realizada con un criterio similar al antes aplicado daría lugar a la Figura 1.4 para el transporte público.

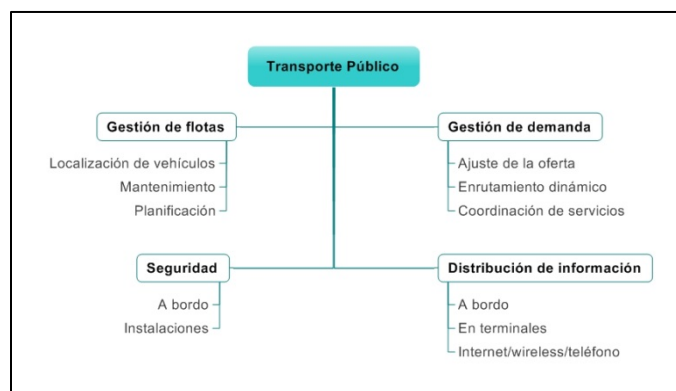


Figura 1.4 Clasificación del transporte público

Fuente: Libro Verde de los Sistemas Inteligentes de Transporte Terrestre (2003).

Y, una vez más, podría decirse que esta clasificación es útil para cubrir todas las áreas de interés, pero no es excesivamente rigurosa. Es evidente que vehículos e infraestructuras interactúan y es relativamente complicada la separación entre infraestructura y vehículos.

Alternativamente a los enfoques del Libro Verde, podría pensarse que un posible enfoque sería adoptar lo que ya está asentado: por ejemplo, alguna clasificación normalizada. Las tareas desarrolladas en el seno de la Organización Internacional de Normalización, ISO, podrían ser una base para esto, sin embargo esta estructura incluye temas muy diversos y heterogéneos que no están sistematizados.

La inminente aprobación, por parte del Comité Técnico 204 de ISO, de una clasificación de servicios ITS podría simplificar el problema. En definitiva, todo esto no hace sino poner de manifiesto la complejidad del tema y su cierto grado de inmadurez, que provoca que áreas de actuación potencialmente muy importantes no estén todavía desarrolladas y, por tanto, sea difícil precisar su alcance. De hecho, es posible encontrar en la literatura muy diferentes enfoques que se

complementan parcialmente, sin que se haya asentado ninguna referencia universal.

1.5. Componentes

Es muy probable que se incorporen nuevos componentes que integren a los ITS a medida que la disciplina vaya evolucionando, mientras tanto aquí se describen los más importantes, (Giosa 2003):

Administración del Transporte

El área de Administración de Transporte sirve de ‘ojos’ del sistema, ya que se encarga de recolectar información del estado del sistema de transporte. Si bien utiliza esa información para emprender acciones sobre el sistema, también la deja disponible para que la utilicen otros componentes del ITS. Por lo tanto el área de Administración del Transporte es un pilar fundamental en los ITS.

Los objetivos principales que tiene el área son: mejorar la seguridad, utilizar el sistema eficientemente y hacerlo predecible. Para lograr estos objetivos utiliza la infraestructura disponible, por ejemplo utilizando sistemas de semáforos adaptativos, sensores que indican el nivel de congestión del tráfico o brindando información a los usuarios. Si bien los sistemas de Administración de Transporte dependen del recurso que administren, por ejemplo, un túnel, una carretera o el sistema de semáforos, todos comparten las siguientes funciones básicas:

- **Estimación del sistema.** Consiste en obtener información sobre las condiciones actuales del sistema.
- **Determinar una estrategia.** Luego de que el estado del sistema está determinado, se necesita establecer una estrategia para cumplir los objetivos definidos. Esta es una tarea muy difícil, ya que, las condiciones en el sistema de transporte varían muy rápido y no es posible controlar a cada vehículo. Tradicionalmente esta tarea es realizada de un modo manual, aunque cada vez hay más herramientas disponibles.
- **Ejecución de la estrategia.** Luego que la estrategia ha sido determinada, se debe llevar a cabo. Para eso se utilizan los recursos de la infraestructura disponibles, que pueden ser, adaptar el tiempo del cambio de luces de semáforos, enviar mensajes en carteles electrónicos o por estaciones de radio dedicadas a transmitir información de tráfico.
- **Evaluación de la estrategia.** Esta tarea completa el ciclo de las actividades del sistema tal como se puede ver en la Figura 1.5. Esta función es importante debido a que en los sistemas de transporte las condiciones nunca son determinísticas y es necesario evaluar

continuamente la efectividad de las estrategias. De este modo se pueden modificar las estrategias y comprender mejor cual es el mejor uso que se le puede dar a las herramientas disponibles.

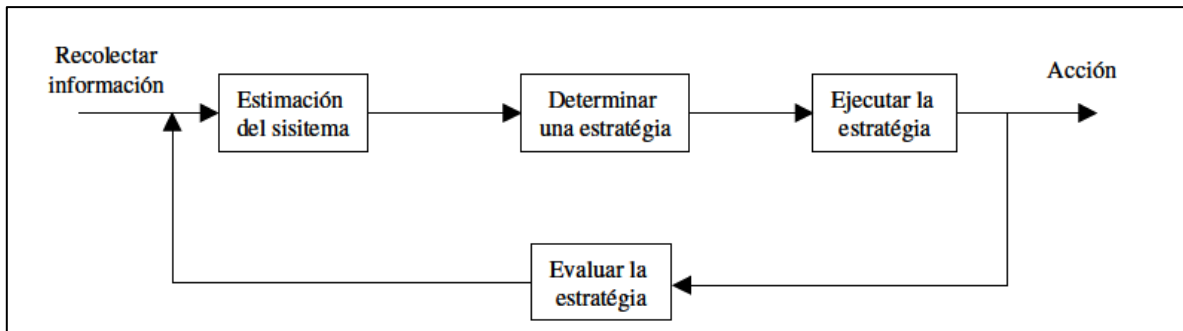


Figura 1.5 Funciones básicas de la administración del transporte

Fuente: Giosa 2003

Sistemas Avanzados de Información a Viajeros (ATIS)

Esta área se encarga de diseminar al público la información recolectada por el área de Administración del Transporte. Disponiendo de esa información los usuarios puede hacer un uso más eficiente y seguro del sistema de transporte.

Los Sistemas Avanzados de Información a Viajeros también conocidos como ATIS por sus siglas en inglés (Advanced Traveler Information Systems), se distinguen dependiendo del tipo de información que brindan. Un tipo de sistema brinda información de tráfico y está orientado a los conductores de vehículos. El otro tipo de sistema existente brinda información sobre el tránsito y está orientado a las personas que se movilizan utilizando los distintos medios de transporte público. El desafío principal en esta área es poder llevar la información a las personas en el momento y lugar que la necesitan.

Por ejemplo, la información puede necesitarse antes de comenzar un viaje o en medio de una congestión. Por otro lado está el medio en el que se accede a la información. Eso depende de varios factores, por ejemplo, si la persona está conduciendo su vehículo, podría acceder a la información mediante un teléfono celular, radio, dispositivos en el vehículo o por computadoras portátiles de bolsillo con conexión inalámbrica. En el siguiente Capítulo se profundiza más en el estudio de los Sistemas Avanzados de Información a Viajeros.

Manejo de Emergencias e Incidentes

Los sistemas de Manejo de Emergencias e Incidentes tienen como objetivo detectar eventualidades y enviar la asistencia necesaria, lo más pronto posible. Los incidentes son definidos como eventos que distorsionan el flujo normal del

tráfico. Los incidentes incluyen, accidentes, obras de construcción o condiciones climáticas adversas.

La detección de incidentes tiene dos formas de operar: mediante dispositivos de seguridad personal o mediante la detección automática de colisiones. Los dispositivos de seguridad personal son utilizados por el usuario para enviar alertas al centro de control indicando algún incidente, por ejemplo un desperfecto mecánico en su vehículo.

Por otro lado la detección automática de colisiones tiene como objetivo detectar choques de vehículos, en forma rápida y certera. Para eso se instalan detectores en los puntos más propicios a accidentes como carreteras de alta velocidad y cruces de calles. Las tecnologías más utilizadas son cámaras de video, detectores por ciclos de inducción (en Inglés llamados Inductive Loop Detectors) o micrófonos.

Cuando se informa de un accidente al centro del control, éste reacciona tratando de que el servicio requerido llegue al lugar lo más pronto posible. Para eso considera la flota de vehículos disponible, determinando cuál es punto de salida más adecuado. Se planifica la ruta del vehículo teniendo en cuenta los niveles de congestión del momento y los semáforos ajustan el cambio de luces para que el vehículo pueda pasar sin detenerse.

Cobro automático de Peajes

Esta área se encarga de automatizar el cobro del peaje. Los beneficios de que el cobro de peajes esté automatizado son: reducir las filas, aumentar la tasa de vehículos que pasan, reducir las emisiones de gases, reducir el costo del sistema de peajes y facilitar el servicio al usuario, entre otras. Para lograrlo existen distintas tecnologías, por ejemplo la Identificación Automática de Vehículos utiliza dispositivos electrónicos que identifican a los vehículos y registran automáticamente el paso del vehículo por el peaje. También se utilizan cámaras que registran la patente del vehículo, en el caso de que no tenga instalada el dispositivo de identificación. Los sistemas de Cobro Automático de Peajes, son muy importantes en lugares donde existen muchos peajes o están ubicados en lugares de alto tránsito.

En el país, entre los servicios carreteros de Caminos y Puentes Federales (CAPUFE 2012) se tiene equipamiento de pago automático de peaje a través de distintos medios electrónicos. El servicio IAVE (Identificación Automática Vehicular) funciona por medio de una tarjeta electrónica o calcomanía adherida al parabrisas que, al cruzar por el carril exclusivo IAVE, es identificada por una antena lectora que abre la barrera automáticamente permitiéndole el paso. La Figura 1.6 muestra el acceso a la Autopista Urbana con el servicio IAVE a la altura del centro comercial Gran Sur.

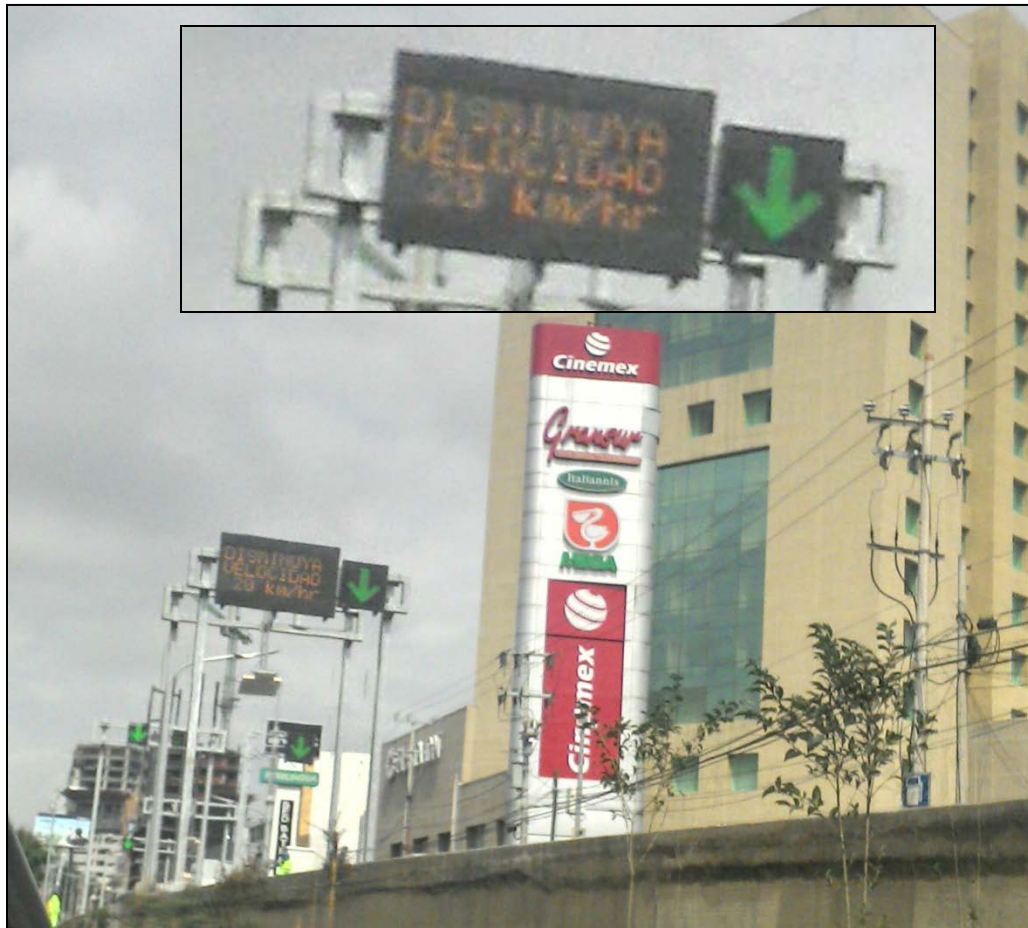


Figura 1.6 Acceso a la Autopista Urbana por medio de IAVE

Fuente: Rubí González Sánchez

Transporte Público

Los sistemas encargados del transporte público tienen como objetivo resolver distintos tipos de problemas que presenta el transporte actual. En México el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) tiene como objetivo identificar las aplicaciones de ITS para la mejora de la seguridad vial, administración de la demanda, administración de flotillas, rutas de transporte público, etc. Establece también el plan de implantación de los servicios, incluyendo un análisis costo beneficio así como la identificación de los proveedores de las tecnologías recomendadas.

El servicio de información en ruta del transporte público proporciona a los viajeros información en tiempo real del transporte público y de vehículos de alta ocupación, permitiendo alternativas de viaje una vez que el viajero está en la ruta. Consiste en tres funciones principales:

- 1) **Distribución de información.** Comprende la capacidad de contar con una red de información, que permita dotar a los usuarios con información relativa al viaje en tiempo real mientras se encuentran en tránsito.
- 2) **Recepción de información.** Permite la actualización continua con información en tiempo real de cada sistema de transporte público, incluyendo todos los modos de transporte posibles, y todos los proveedores de servicio de transporte dentro del área de jurisdicción.
- 3) **Procesamiento de información.** Este servicio integra información proveniente de diferentes modos de transporte público y la presenta a los viajeros para la toma de decisiones. Incluye horarios, servicio real proporcionado, y opciones de transbordo describiendo servicios disponibles y sus horarios asociados.

Otro tema importante en esta área es el de la automatización del cobro de los boletos con la intención de que el sistema de cobro sea más ágil para el usuario, reduzca la posibilidad de fraudes y disminuya los costos. Un ejemplo de este tipo cobro son las máquinas automáticas que cobran los boletos del Sistema Colectivo Metro, el Metrobús y el tren ligero.

Sistemas Rurales de Transporte inteligente

Los Sistemas Rurales de Transporte Inteligente extienden la potencialidad de los ITS al medio rural. En las áreas urbanas los ITS están dedicados principalmente a balancear la capacidad del sistema de transporte, pero en el área rural, eso no es un problema tan grave. En el medio rural el objetivo de los ITS es principalmente monitorear la infraestructura para que el transporte sea seguro y confiable. El problema principal en el área rural son las grandes distancias, pero las tecnologías que habilitan el monitoreo remoto son de gran ayuda.

Los sistemas rurales ponen especial énfasis en mejorar la seguridad. Un estudio sobre el estado de Montana en Estados Unidos concluye que el 85% de los accidentes en las rutas podrían haberse evitado con sistemas que informarán al conductor de condiciones adversas. Por eso el foco en estos sistemas está en indicarle al conductor las posibles condiciones riesgosas en su camino, como rutas resbaladizas, intersecciones o advertencias de peligro por tomar curvas con demasiada velocidad.

Otro aspecto del que se encarga esta área es el de mejorar la productividad de los vehículos comerciales. Por ejemplo, los vehículos de transporte pueden planificar las rutas teniendo en cuenta congestiones u obras de construcción en las rutas, ahorrando tiempo y dinero. También se puede mejorar el tiempo perdido en las aduanas y controles efectuados a camiones, mediante la automatización de las inspecciones, usando sistemas de información, tecnologías de seguimiento del vehículo y bitácoras electrónicas.

Operación de vehículos comerciales

Esta área está encargada de aplicar la tecnología de los ITS al transporte de mercancías y personas. Los puntos claves en los que se espera que los ITS aporten a esta área son:

- **Movimiento de mercancías.** Esta área se encarga de mejorar la planificación de la adquisición y distribución de mercancías. Apoyar los servicios de transporte. Automatizar la identificación y el flujo de información sobre las mercancías. Apoyar la logística, la producción justo a tiempo y la planificación de recursos de las empresas.
- **Operación de las empresas transportistas.** Esta área se ocupa de asistir en la administración de las empresas de transporte. Algunas de las aportaciones son coordinar la carga de mercancías y el procesamiento de las órdenes. Controlar el despacho y el seguimiento del envío, y automatizar la administración de las flotas de vehículos, son algunos de los aportes que se espera de los ITS en la eficiencia y disminución de costos de las empresas transportistas.
- **Operación de los vehículos de transporte.** Esta área se encarga de asistir y controlar la operación del vehículo de transporte. Algunas de las actividades son la localización automática del vehículo y asistir la navegación. Monitorear el funcionamiento mecánico del vehículo y del conductor. Registrar las actividades del conductor y proveer comunicación con el centro de operaciones.
- **Administración de la documentación e inspecciones automatizadas.** Esta área se ocupa de la administración de la documentación requerida para la operación en el transporte y realizar eficientemente las inspecciones en los puntos de control. Por ejemplo, las oficinas de control o aduanas identifican automáticamente al vehículo y determinan si es necesario inspeccionarlo o controlar la documentación.

Las actividades dentro del área de Operación de Vehículos Comerciales son muy variadas. Algunas de las tecnologías con las que se cuenta para lograr los propósitos planteados son:

- **Información digitalizada,** que permita el intercambio de datos, comercio electrónico y manejo de documentación electrónica.
- **Sistemas de información,** permiten el almacenamiento, procesamiento y distribución de la información.
- **Redes de comunicación.**

- **Tecnología para la identificación automática de mercancías**, por ejemplo códigos de barra, reconocimiento óptico de caracteres e identificación por frecuencias de radio.
- **Tecnologías en el vehículo**, permiten obtener información del estado y las operaciones del vehículo.

Vehículos Inteligentes

Los Vehículos Inteligentes son vehículos equipados con dispositivos de última tecnología que permiten asistir al conductor en la navegación. El área de Vehículos Inteligentes utiliza sensores, algoritmos inteligentes e infraestructura con la cual coopera para comprender el entorno cercano al vehículo y tomar acciones que faciliten y hagan más segura la conducción del vehículo. La cooperación con la infraestructura es en dos sentidos, es decir el vehículo recibe y envía información a la infraestructura. Por ejemplo, el vehículo le envía la posición en la que se encuentra a la infraestructura y ésta le responde cuál es la velocidad máxima a la que puede tomar la próxima curva sin salirse de la ruta. Las áreas más importantes en las que se trabaja son:

- **Advertencia de choques.** Se instalan sensores en el vehículo que determinan la posición de vehículos cercanos y obstáculos con los que se pudiera chocar. Los sensores le avisan al conductor cuando advierten alguna situación riesgosa.

El servicio de eliminación de colisiones basada en los vehículos consiste en sistemas que mejoran la habilidad del conductor para evitar o disminuir la severidad de las colisiones longitudinales o laterales. Estos tipos de colisiones pueden evitarse potencialmente mediante la provisión de alertas y/o toma temporal del control del vehículo, si una colisión es inminente.

- **Asistencia en la conducción.** Los vehículos tienen capacidad de asistir en la conducción adaptando la velocidad, frenando o advirtiendo si el vehículo se aparta del carril, por ejemplo si tomara una curva muy rápido y se pudiera salir del camino.
- **Conducción automática.** Permiten que el vehículo sea conducido automáticamente sin la necesidad de intervención humana. Distintos prototipos están siendo probados exitosamente en Europa, Asia y Estados Unidos.

El servicio de operación automática del vehículo es un sistema vehículo-camino que mejora la seguridad y eficiencia de viajes en carretera, mejora la comodidad del conductor, y ayuda a reducir la contaminación del aire mediante el movimiento de vehículos equipados con control totalmente automático (operación hands-off y feet-off) en carriles exclusivos.

La función de control automático se instala a los vehículos para apoyar la operación del conductor mediante el control de velocidad a través de operación automática de frenos, o de asistencia al conductor si se detecta peligro; al mismo tiempo, considerando la posición y comportamiento del control del vehículo y de los otros vehículos cercanos, y de obstáculos.

Además, la conducción automática de vehículos se implementa con sensores del ambiente y funciones de asistencia al conductor. Estas últimas incluyen el control de velocidad mediante operación automática de frenado y aceleración y control de guiado de neumáticos.

- **Mejoras a la seguridad basada en sensores.** Para instrumentar una rápida y apropiada atención y rescate tras un accidente o desastre, los vehículos involucrados envían automáticamente una señal para notificar a los organismos competentes con emergencias, para reducir significativamente el tiempo de identificación del incidente y de su ubicación.
- **Activación de restricciones al movimiento antes de impactos.** Con el objetivo de reducir los accidentes incluyendo peatones, se instala en los vehículos una señal de alarma que detecta a los peatones en la ruta del vehículo, además de activar automáticamente los frenos.

El servicio de activación de restricciones al movimiento reduce la cantidad y severidad de lesiones mediante la provisión de medios para anticipar una colisión y activar sistemas de seguridad al pasajero, previas a un impacto.

Uno de los problemas más difíciles de resolver en esta área es el de ¿qué es primero? Es decir, sin infraestructura inteligente de soporte, no es posible tener inteligencia en los vehículos y viceversa. Mientras el problema se va resolviendo, la tendencia en la industria está en potenciar principalmente la inteligencia en los vehículos.

1.6. Arquitectura y estándares

El concepto subyacente de los Sistemas Inteligentes de Transporte es la integración de los distintos componentes del transporte en un sistema de sistemas. La filosofía es compartir recursos y datos para formar una red de transporte unificada. Para eso, es necesario contar con un marco que integre todos los componentes del sistema, es decir una *arquitectura del sistema*. Esta arquitectura describe en detalle qué tipos de interfaces deben existir entre los componentes del ITS, cómo intercambian información y trabajan juntos.

Para aprovechar cada uno de los beneficios que los ITS ofrecen y aquellos que se desarrollen en el futuro, es necesario que los sistemas y el equipo utilizado sean

compatibles a fin de lograr una adecuada y correctamente dirigida transferencia de información, y que ésta pueda emplearse en los diversos servicios que las tecnologías ITS ofrezcan. Una arquitectura ITS es necesaria para proveer el marco que permita un adecuado desarrollo e implantación de los ITS y de los servicios a los usuarios que éstos proporcionen.

Una arquitectura ITS para México deberá definir los elementos y su interrelación para asegurar que los sistemas, equipos y servicios relacionados con ITS que se desarrollen en México sean compatibles, y que puedan utilizarse en las distintas regiones del país. La arquitectura buscará coordinar las acciones de los sectores público y privado para la adecuada implantación de las tecnologías ITS en México. Sin embargo, habrá que buscar que la arquitectura ITS sea lo suficientemente flexible para que no limite las opciones de los oferentes de servicios a los usuarios (Instituto Mexicano del Transporte, Hacia una arquitectura nacional para los sistemas inteligentes de transporte 2004).

Además, deberá definir los estándares necesarios para lograr la interoperabilidad a nivel regional, nacional e incluso internacional. En este último aspecto, será conveniente atender los desarrollos de estándares de países experimentados en estos temas. La adopción de estándares comunes redundará en beneficios mutuos.

La arquitectura del sistema y la estandarización son dos temas por demás interesantes y complejos, pero para los efectos de este trabajo, no se profundizarán más de lo ya expuesto.

1.7. Sistemas Inteligentes de Transporte en el mundo

A principios de los años 80's, tres potencias en la economía mundial, Japón, Estados Unidos y Europa, eran líderes en el mercado de fabricación de automóviles y en las inversiones en infraestructuras de transporte, particularmente en carreteras. Esto debido a los síntomas de saturación que empezaban a generarse por el alto crecimiento de tráfico de viajeros y de mercancías, además los accidentes tomaban cada vez un mayor número de víctimas. Aunado a estos problemas, las pérdidas económicas debido a las horas empleadas en congestiones comenzaban a ser preocupantes.

La búsqueda de soluciones que mejoraran la situación del transporte fue encabezada por los gobiernos que plantearon a la tecnología como un motor para revolucionar al transporte.

La Unión Europea fue quien tomó la iniciativa con su primer Programa Marco Comunitario de Investigación y Desarrollo, del cual nació el Proyecto Drive. Miles de empresas europeas se asociaron para estudiar el problema desde todos los puntos de vista: económico, técnico, tecnológico, social, humano, etcétera. La

investigación fue abundante, resultando conclusiones, productos incipientes, escenarios de prueba, y consenso previo a la normalización. El Programa Drive fue todo un éxito por lo cual se decidió convocar a un Drive II.

Mientras tanto, los japoneses y estadounidenses trabajaban en sus poderosas industrias automovilísticas preparando productos telemáticos dentro de los vehículos. Los japoneses incluso comenzaban a hacer pruebas con vehículos que se comunicaban con la infraestructura vial.

A principios de los años 90's, los estadounidenses tomaron como ejemplo el proyecto europeo de Drive, por lo cual el gobierno propuso un amplio programa de inversiones en infraestructura del transporte para el periodo de 1991-1997, a cargo de la Intermodal Surface Transportation Efficiency Act (ISTEA).

En Europa el Comité Europeo de Normalización (CEN) parecía ir en la delantera en las nuevas tecnologías aplicadas al área del transporte, pero en 1997 la situación cambió drásticamente: Estados Unidos obtuvo los resultados de los seis años de investigación.

El proyecto inicialmente creado en respuesta a Drive, pasó a llamarse ITS. El avance en la investigación en tecnología, desembocó en procesos de normalización para lograr un marco legal y fiscal favorable, se creó, entonces, la institución ITS América, sin fines de lucro, consiguiendo modificar la legislación para permitir la participación de la iniciativa privada en las inversiones, creándose fondos de garantía para disminuir el riesgo de los proyectos.

Estos acontecimientos lograron que se continuara con la investigación a través del nuevo proyecto llamado ISTEA II para el periodo 1997-2003. De esta forma, el mercado estadounidense ITS se convirtió en la principal referencia mundial.

Por su parte, Japón desplegó un ambicioso programa en sus carreteras, el llamado Vehicle Information and Communication System (VICS), dotado de fondos públicos. Sin embargo, la falta de proyección internacional de las tecnologías japonesas de tráfico, la dificultad de coordinación de los diferentes actores con competencias en este ámbito y la escasa participación de la iniciativa privada, limitó mucho el avance japonés.

En Europa, por iniciativa de la Unión se creó Ertico, institución similar a ITS América, después de un tiempo Ertico cambió de nombre a ITS Europa. Hay quienes consideran que el despliegue de los ITS europeos no ha sido bien proyectado debido a la falta de normalización de una arquitectura interoperable y a la falta de compromiso del capital privado en los proyectos. Además, la Unión Europea no presenta un panorama uniforme, existen realidades nacionales, como Alemania, Francia o Gran Bretaña, comparables en grado de desarrollo ITS a las americanas o japonesas, pero hay también países con gran retraso en esta área.

Han sido muchos los países que se han sumado a los proyectos de ITS, incluso creando su propia institución ITS. La línea de investigación más reciente alrededor del mundo está enfocada en el cuidado del medio ambiente, es por esta razón que surge el concepto de los Sistemas Inteligentes de Transporte Verdes (Green ITS), que buscan reducir el impacto ambiental de los sistemas de transporte.

Los ITS verdes son sistemas que monitorean el comportamiento del conductor con el fin de lograr un mejor aprovechamiento de los recursos del vehículo, así como disminuir el impacto ambiental con vehículos eléctricos de cero emisiones y avanzadas tecnologías de comunicación que impulsan las estrategias de distribución de la información, nueva infraestructura para cargar la batería y autopistas eléctricas de alta tecnología.

Hoy en día, existen algunos sistemas disponibles en el mercado que supervisan el comportamiento de conducción, tales como el Fiat Eco: Drive, que informa sobre la economía del combustible después del viaje.

Otro ejemplo de estos ITS verdes es un proyecto desarrollado por un grupo de investigadores de la University of Twente (Netherlands) , en septiembre de 2011, quienes proponen un sistema que supervisa el desempeño del conductor con el fin de lograr un comportamiento que haga más eficiente el uso del combustible.

El consumo del combustible puede ser reducido con un comportamiento de manejo amigable con el medio ambiente, evitando altas velocidades, aceleraciones abruptas y la falta de previsión de tráfico, factores identificados como las principales causas de la producción excesivas de emisiones. Mediante la mejora de las habilidades de conducción a un estilo más respetuoso con el ambiente, podemos reducir el consumo de combustible, los gastos del mismo, así como la producción de emisiones. Esto beneficia tanto al individuo como al medio ambiente.

El sistema propuesto por los investigadores monitorea la conducción para lograr un comportamiento más eficiente del combustible. El sistema muestra la información sobre la conducción y las emisiones de CO₂, así como el impacto al medio ambiente. La pantalla del dispositivo va cambiando gradualmente de verde al color rojo cuando se detecta un comportamiento ineficiente, como la excesiva presión en el pedal de velocidad o cuando el auto se está revolucionando. Con un comportamiento eficiente de combustible la pantalla se convierte en verde otra vez.

En la Figura 1.7 se puede observar que la barra de la esquina indica cuanto combustible queda y durante el viaje se muestran dos gráficas, la curva verde indica el comportamiento óptimo y la curva roja el comportamiento actual. Al

finalizar el viaje se le indica al conductor cuánta gasolina gastó y cuánta hubiera gastado bajo las condiciones de optimización, así como la cantidad de dinero que pudo haber ahorrado.



Figura 1.7 Ejemplo de un ITS verde

Fuente: Tomada del artículo User Needs in Green ITS: Results of a Questionnaire Survey and Proposal for Green ITS Design.

Capítulo 2. SISTEMAS AVANZADOS DE INFORMACIÓN A VIAJEROS (ATIS)

Un componente muy importante de los Sistemas Inteligentes de Transporte son los Sistemas Avanzados de Información a Viajeros (ATIS), debido a que interactúan directamente con los usuarios del sistema de transporte. Es el componente encargado de llevar hasta los usuarios la información necesaria para que puedan realizar un viaje en las mejores condiciones de eficiencia y seguridad posibles. De este modo el usuario, peatón o conductor de un vehículo tendrá contacto directo con el sistema de transporte, en forma global.

En este Capítulo se presentan los Sistemas Avanzados de Información a Viajeros. Inicialmente se da una definición de los ATIS, se explican los distintos tipos que existen y cuáles son sus características. Finalmente se describe el estado del arte en los ATIS.

2.1. Definición

Los ATIS son los componentes encargados de brindar información y servicios sobre el sistema de transporte, tiene como objetivo procurar la información adecuada en el momento preciso, antes o durante el viaje, para mejorar su calidad y conveniencia.

Dependiendo del tipo de información que brindan, hay dos clases de sistema. Un tipo de sistema se encarga de la información y servicios de *tráfico*, y están orientados a los conductores de vehículos. El otro tipo de sistema se encarga del *tránsito* y está orientado a personas que deben movilizarse utilizando el transporte público o medios alternativos como caminar o ir en bicicleta.

Para llevar la información a los usuarios, los ATIS deben utilizar algún medio de comunicación, para eso hay distintas posibilidades, los medios comúnmente utilizados son televisión, radio, teléfonos, Internet o kioscos. El medio utilizado y la información consultada dependen del momento del viaje en el que se encuentre la persona. Desde este punto de vista, hay tres momentos en un viaje: antes de comenzar, durante el transcurso del viaje y cuando se arriba al destino. Los ATIS deben poder llevar la información en todos los momentos del viaje.

Los ATIS proporcionan información para programar viajes multimodales, guiar al viajero en ruta, elegir la hora de partida y estimar la duración del viaje. Entre las principales funciones que realizan los ATIS, podemos resaltar (Revista técnica de Centro Zaragoza 2010):

- Planificación de viajes multimodales: proporcionan información regional global y asistencia al viajero de transporte particular (automóviles) y de transporte público.
- Servicios de información de guía para la ruta: proveen de una guía en línea autónoma o dinámica (información en tiempo real) que permite programar la ruta y propone instrucciones de viraje durante el viaje.
- Funciones de consulta y soporte: avisos y sugerencias que pueden incluir advertencias de incidentes, avisos de demoras, tiempos de viaje (estimado en tiempo real), siguiente conexión intermodal (por ejemplo paradero de autobuses y estación de metro), aviso de condiciones meteorológicas adversas, restricciones a vehículos comerciales (altura y peso), información y estado de los estacionamientos, próximos peajes, entre otros.

La información ayuda al usuario a tomar decisiones sobre su viaje, por lo que se requiere que ésta sea precisa, oportuna y confiable antes de iniciar la ruta.

Con el uso de los ATIS, todos los usuarios del sistema de transporte son los beneficiados. El informe “Intelligent Transportation Systems Benefits and Cost. Update 2011” publicado por Mitretek Systems en el año 2011 nos habla de los beneficios que experimentan los viajeros, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- Mejoras en la movilidad, el tiempo en desplazarse de un lugar a otro disminuye.
- Optimización del sistema de transporte. Las calles son mejor utilizadas, balanceándose el uso.
- Mayor fiabilidad en la estimación de tiempos, mejor planificación de los viajes y la reducción de llegadas tempranas y tardías.
- Estudios recientes hablan de una relación de costo-beneficio de 1:16 a 1:25.

Además, de acuerdo a un programa piloto desarrollado en Japón, se encontró que los participantes que eran capaces de controlar, evaluar y ajustar su comportamiento de viaje, pueden disminuir sus emisiones de carbono en un 20%.

El desarrollo de estas nuevas tecnologías ha permitido la incorporación de sistemas de navegación en los vehículos (basados en tecnología GPS), que indican en cada momento al conductor la ruta a seguir para llegar a un destino seleccionado previamente. Esta información se realiza con indicaciones verbales y visuales, señalando además continuamente la posición del vehículo. Si el conductor toma otra ruta distinta a la definida por el navegador, por cualquier

motivo, como puede ser el descuido o el intentar evitar obras, el sistema recalcula automáticamente otra ruta alternativa.

Para lograr su objetivo, los ATIS utilizan tecnología avanzada para recolectar información, procesarla y liberarla. La palabra 'avanzados' hace referencia al hecho de dejar atrás enfoques anteriores, abordados con tecnologías que finalmente no prosperaron. La información es recolectada de diversas fuentes como los Sistemas de Administración del Transporte, información climática, páginas amarillas u oficinas de turismo. Todo se almacena en forma digital, en bases de datos de computadoras. Los usuarios acceden a la información utilizando los medios de comunicación tradicionales como radio y televisión o de última tecnología como teléfonos celulares, dispositivos instalados en el vehículo o computadoras.

En la Figura 2.1 se presenta un esquema similar al de los ATIS propuesto en la ciudad de Phoenix en Arizona, Estados Unidos. En esta misma figura se pueden ver los distintos componentes proveedores de la información de tráfico y tránsito comunicándose con los Centros de Administración del Transporte mediante la infraestructura de comunicaciones. Luego de procesar esa información la envían a los ATIS, éstos además, la complementan con otra información también relevante para el usuario como puede ser disponibilidad de lugar para el estacionamiento del vehículo, clima o noticias. Finalmente la información llega al usuario utilizando los distintos medios de comunicación disponibles.

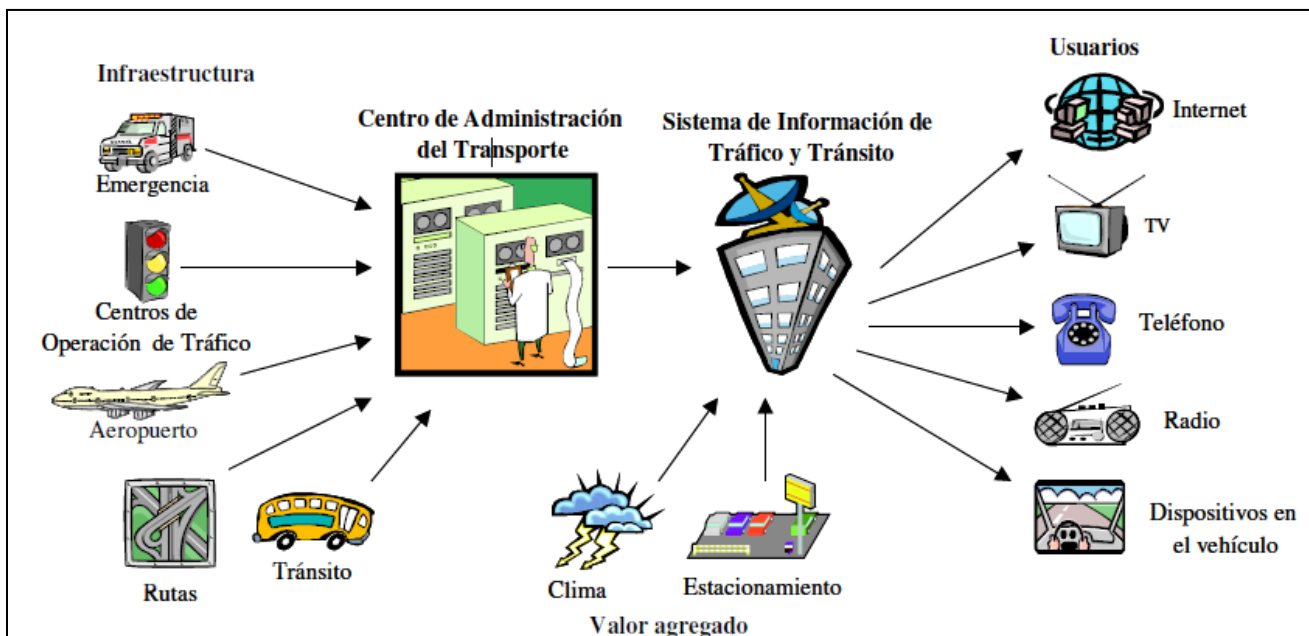


Figura 2.1 Funcionamiento de un ATIS

Fuente: Giosa 2003.

2.1.1. Medios para el acceso a la información

La forma más utilizada por la industria para clasificar a los ATIS consiste en determinar en qué momento del viaje es utilizado el servicio. Existen tres momentos en los que puede ser utilizado un ATIS: antes de iniciar el viaje, durante el transcurso del viaje o luego de finalizado.

En general, cuando se consulta un ATIS antes de iniciar el viaje lo que se busca es conocer de antemano la situación de congestión de las calles, buscando evitar las zonas más congestionadas y eventualmente buscar la hora más conveniente para realizar el viaje. Cuando se consulta un ATIS durante el transcurso del viaje, generalmente es porque el usuario debe cambiar la ruta que tenía planificada y requiere un nuevo camino. La consulta a un ATIS luego de que el viaje finalizó, generalmente es utilizada para comparar la información proporcionada con la realidad.

En las siguientes secciones se describen los medios para diseminar la información, dependiendo de la etapa del viaje.

Etapas previas al viaje

Los sistemas de información al viajero previa al viaje entregan información sobre la red de carreteras, información sobre recorridos, itinerario y tarifas del transporte público, con el objeto de que el usuario pueda usar esta información para planificar su viaje. Esta planificación puede incluir la elección de una determinada ruta para evitar un posible embotellamiento, qué modo de transporte utilizar, y a qué hora comenzar el viaje.

Esta etapa tiene como objetivo construir un entorno vial/carretero seguro y agradable para los conductores, peatones y usuarios de los sistemas de transporte, incluyendo a la gente de la tercera edad o con problemas de movilidad. Para proporcionar la información las plataformas utilizadas son principalmente de localización fija, por ejemplo:

- **Kioscos.** Los kioscos son computadoras con software de información de tráfico y tránsito, bases de datos y dispositivos de comunicación para poder acceder a información en tiempo real. Están ubicados generalmente en lugares donde hay un alto tránsito de personas, como puede ser un centro comercial o terminales de camiones. Cuentan con imágenes, audio, video y se operan con pantallas sensibles al tacto. Adicionalmente pueden contar con impresoras para llevar copias de la información y líneas telefónicas para comunicarse con una operadora. Los kioscos no han sido exitosos para brindar información de tráfico, principalmente porque en los momentos en que se necesita la información, que generalmente es mientras se está conduciendo el vehículo en la ruta, los kioscos no están disponibles.

- **Sitios web.** Son accesibles desde cualquier lugar en donde esté disponible una conexión a Internet. La disponibilidad del acceso a Internet tanto desde los hogares, como desde el trabajo hace que ésta sea la plataforma más popular para diseminar información de viajes. También es posible acceder a la información durante el viaje, utilizando conexiones inalámbricas y computadoras portátiles.
- **Televisión.** Existen canales de televisión que transmiten información de tráfico. Esta modalidad de informar es muy valorada, principalmente en los viajes que se realizan en la mañana hacia el trabajo. Los usuarios encuentran la información por televisión más útil que la de radio. Además, encuentran en la televisión un medio en el cual no es necesario hacer un gran esfuerzo de atención para recibir el mensaje.
- **Teléfonos con audio o texto.** Estos servicios ofrecen información mediante contestadores automáticos u operadores en línea. El usuario interactúa hablando, si el sistema reconoce voz o también digitando las opciones desde el teclado. Actualmente Estados Unidos designó el número 511 para brindar información de tráfico y tránsito en todo el país.

Según el reporte del Departamento de Transporte de Estados Unidos en el año 2011, los principales beneficios de utilizar este tipo de información se observan en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1 Beneficios de la información previa al viaje

Información previa al viaje	
Beneficios	
Productividad	En el área de San Francisco, modelos de simulación encontraron que la información al viajero puede tener grandes beneficios en los principales corredores durante eventos inesperados, como incidentes. La relación beneficio-costo osciló entre 16 y 25. Aunque la mayoría de los beneficios se deriva de la información al viajero de carretera, la información de viajero de transporte público también fue eficaz impulsando en un 4% el uso de éste transporte.
Energía y medio ambiente	En Japón, un sistema personalizado de planificación de viajes les proporciona a los usuarios de celulares equipados con GPS y acceso a Internet ayuda para analizar su comportamiento diario de viaje y elige las rutas y modos más amigables con el ambiente. Datos de la encuesta indican la influencia del sistema en el comportamiento del viaje (principalmente la selección del modo) permitiendo a los voluntarios reducir las emisiones de dióxido de carbono en un 20% durante sus trayectos diarios.

Fuente: Elaboración propia con base en el reporte del Departamento de Transporte de Estados Unidos del año 2011.

Etapas en la que se está viajando (en ruta)

La función principal de este tipo de consulta es permitir a los usuarios acceder a la información mientras viajan, informándoles de las rutas alternas según sea su destino. Las opciones para recibir información mientras se está en la ruta utilizan principalmente comunicaciones inalámbricas y dispositivos portátiles, por ejemplo:

- **Radio.** Algunas estaciones de radio emiten informes de tráfico, principalmente de incidentes. Son útiles, ya que es muy común que mientras se conduce, la radio permanece encendida.
- **Teléfonos celulares inteligentes.** Permiten la comunicación de audio, texto y servicios de operadores en vivo. Cuentan con mapas digitales para indicar las posibles rutas a tomar. Actualmente existen diferentes aplicaciones que nos brindan información de las rutas, accidentes, tiempos estimados para llegar al destino, posibles peligros en el camino, ubicación de policías y otros servicios como gasolineras, restaurantes y hospitales. Esta opción puede tener problemas en lugares donde la recepción sea de mala calidad.
- **Dispositivos en el vehículo.** Son dispositivos similares a computadoras con software de navegación que se instalan en el vehículo. Disponen de una pequeña pantalla donde se presenta la información y botones para la operación. Pueden utilizar componentes del vehículo especiales para la navegación como giroscopios o compases. Algunos tienen capacidad para comunicarse con proveedores de información. La principal función es asistir en la navegación. El costo de poner en funcionamiento estos sistemas es alto por la inversión en infraestructura de comunicaciones necesaria.

Los principales beneficios de utilizar este tipo de información se observan en la Tabla 2.2:

Tabla 2.2 Beneficios de la información en la ruta

Información en la ruta	
Beneficios	
Movilidad	En San Francisco, las señales de mensajes dinámicos muestran el viaje de carretera y tránsito del día, incluyendo horarios de trenes. Datos de la evaluación indican que 1.6% de los conductores cambia a transporte público cuando el ahorro de tiempo es menos de 15 minutos y 7.9% de los conductores cambia a transporte público cuando el ahorro de tiempo es más de 20 minutos.
Productividad	Sondeos de vehículos utilizados para monitorear el tráfico en Carolina del Norte y Carolina del Sur, muestran tiempos de viaje y velocidades para los viajeros en autopistas y arterias de tráfico a una cuarta parte del costo de otras alternativas como las microondas o radares.

Fuente: Elaboración propia con base en el reporte del Departamento de Transporte de Estados Unidos del año 2011.

Etapas posterior al viaje

Esta etapa es sumamente importante para el usuario ya que al llegar al destino le proporciona un momento de relajación, donde tiene la oportunidad de reflexionar sobre el viaje realizado. Algunas reflexiones o acciones que puede hacer son:

- Si la información que consultó previamente o durante el viaje fue útil y actualizada.
- Si las decisiones que tomó utilizando la información fueron acertadas.
- Si el medio que utilizó para acceder a la información es adecuado y seguro.
- Reportar información que pueda servir para otros usuarios.
- Si las expectativas que tenía se cumplieron, por ejemplo la duración del viaje.

2.2. ATIS especializados en información de tránsito

Los ATIS especializados en información de tránsito tienen como objetivo llevar al usuario toda la información que necesite sobre cómo utilizar el transporte público de forma eficiente. El aspecto más crítico de estos sistemas es lograr recopilar toda la información de las distintas fuentes donde se genera e integrarla de tal modo que el usuario perciba al sistema de transporte en forma global, unificado y coordinado.

En la siguiente sección se estudian los motivos por los cuales el usuario consulta la información y qué servicios e información se le deben ofrecer, después se presentan los resultados de una evaluación sobre los servicios de los sistemas.

2.2.1. ¿Qué servicios deben ofrecer?

Los usuarios consultan los ATIS de tránsito porque esperan: controlar el tiempo del recorrido, disminuir la incertidumbre que tienen al realizar un viaje y mejorar las decisiones que realizan. Los beneficios que citan los usuarios son los siguientes:

- Reducir el estrés.
- Satisfacción de utilizar el sistema.
- Mejor control sobre el tiempo y las decisiones del viaje.

La siguiente lista de herramientas e información que debe presentar un ATIS está basada en un artículo publicado por el U.S. Department of Transportation (US DOT), en el año 2011, donde las dos principales necesidades de los usuarios son:

- La importancia de proporcionar al viajero el tiempo de recorrido es ampliamente apreciado. El valor de la información del tiempo de viaje es muy alto.
- Contar con información para poder tomar decisiones más informadas acerca de sus horarios, modos y rutas de viaje.

Del mismo informe del US DOT se obtuvo la información y servicios que se ofrecen en sitios web de tránsito y tráfico de organismos públicos y privados de algunas ciudades como New York, New Jersey o San Francisco.

- **Mapa de la ciudad.** El mapa debe presentar información turística, como sitios de interés, plazas, museos, monumentos y construcciones importantes de la ciudad. Localización de las distintas oficinas públicas, estaciones de policía, bomberos y hospitales. También debe haber información sobre centros comerciales y lugares de esparcimiento. El mapa debe permitir distintos tipos de consultas, búsquedas textuales o mediante clics directos.
- **Información sobre los medios de transporte públicos.** Por ejemplo, rutas de camiones, metrobús y subterráneo, paradas, puntos de trasbordo, horarios y tarifas.
- **Herramientas de planificación de itinerarios.** En estas herramientas, el usuario selecciona un origen y un destino y el sistema le proporciona una planificación del itinerario donde le indica: qué medios de transporte debe utilizar para llegar al destino, qué línea de metro o ruta debe tomar, en qué parada debe abordar o transbordar con otro medio. Si tuviese que caminar, en qué dirección debe hacerlo y por cuántas cuadras. Si existiesen distintas opciones, el usuario debe poder seleccionarlas e incorporarlas al itinerario. Además se debe incluir las distintas tarifas y tiempo estimado de viaje.
- **Recomendaciones sobre el mejor momento para hacer el viaje y cuáles son las rutas más rápidas.** En este caso se ingresa el origen y destino y se obtienen los mejores momentos del día para efectuar el viaje y cuáles son las rutas que llegan más rápido al destino. Resolver este punto requiere utilizar información obtenida en tiempo real para determinar las condiciones actuales junto con registros históricos.
- **Información en tiempo real.** Se refiere a brindar información de camiones, Metrobús o metro en tiempo real, por ejemplo su localización actual, tiempo de arribo y partidas.

- **Comunicación con el usuario.** Habilitar direcciones de correo electrónico, números de teléfono u otros medios de comunicación para que el usuario pueda enviar preguntas o solicitar asistencia.
- **Información actualizada periódicamente.** Es importante que el usuario sepa con qué frecuencia se actualiza la información.
- **Reserva y venta de boletos en línea.** Se refiere a tener un modo seguro para comprar y reservar boletos, desde el sitio web para no tener que ir en persona hasta el punto de venta.

2.2.2. ¿Qué servicios ofrecen?

Actualmente los servicios que se ofrecen a los usuarios de ATIS son muy diversos y podemos analizarlos consultando una página web de New York, creada por la Metropolitan Transportation Authority (MTA), en la cual podemos encontrar la siguiente información:

- Cuenta con mapas del sistema subterráneo, de las rutas de los autobuses y del ferrocarril, muestra los mapas regionales y de áreas particulares.
- Presenta información de las paradas y puntos de trasbordo.
- El sitio ofrece mapas interactivos donde se puede acceder para obtener información más detallada.
- La información sobre horarios y tarifas de boletos está ampliamente disponible.
- El servicio de planificación de itinerario es bastante amplio, te muestra las diferentes alternativas que existen junto con las indicaciones, horarios y costos de cada ruta elegida, además te indica un tiempo estimado de viaje.
- La página cuenta con noticias relevantes de próximos eventos, suspensión del servicio y horarios.
- Hay una sección donde se pueden consultar los tiempos de llegada de los trenes seleccionando la estación, la Figura 2.2 muestra un ejemplo:

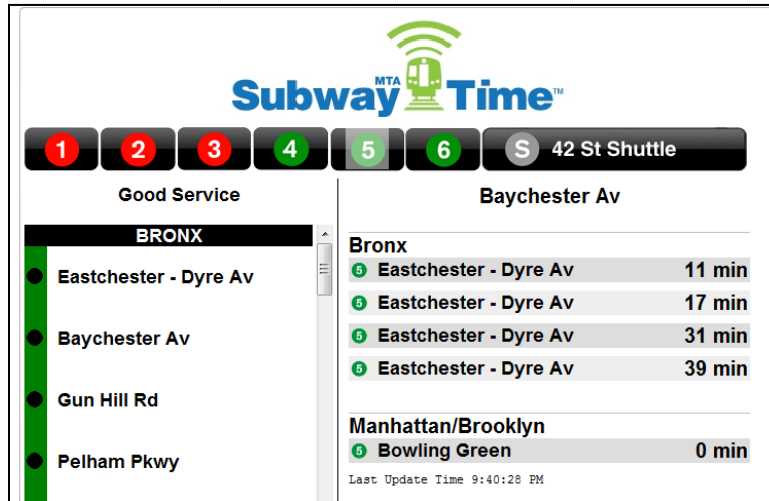


Figura 2.2 Servicio web de la MTA de New York

Fuente: Imagen tomada de la página web del servicio de metro de Nueva York.

En nuestro país, podemos consultar la página del Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad de México, donde encontramos la categoría de:

La red del sistema. Contiene información de horarios de servicio, costo del boleto, mapa de la red, planos de barrios por estación y una sección llamada orige- destino donde se ingresa la estación origen y a la que se desea llegar y la página entrega una lista de resultados con las posibles rutas, el número de transbordos y el tiempo estimado para cada opción (ver Figura 2.3). El inconveniente de esta opción es que la información que proporciona es meramente indicativa y estática.

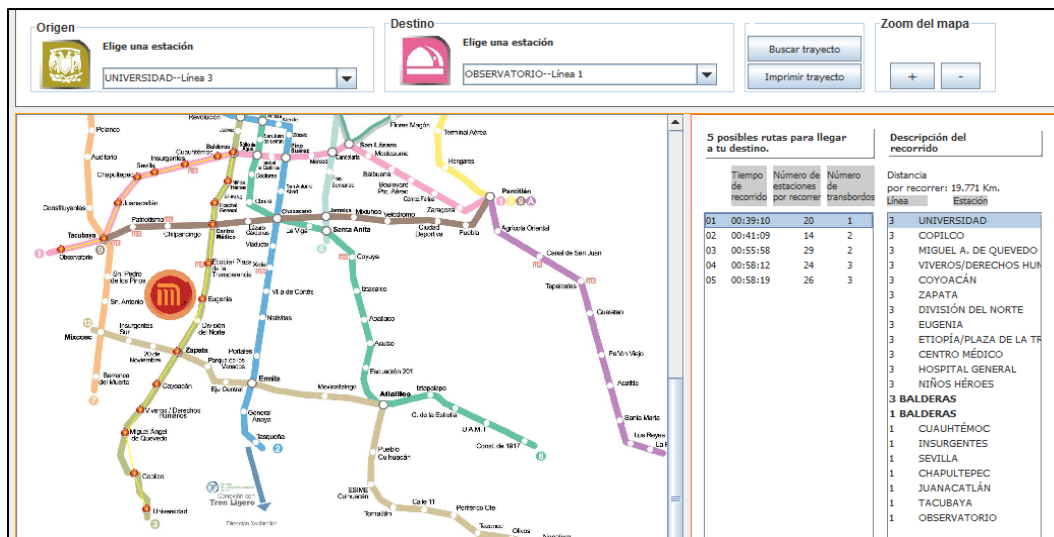


Figura 2.3 Red de Transporte Colectivo Metro, México

Fuente: Imagen tomada de la página web del metro de la Ciudad de México.

En la Ciudad de México existen la Red de Trolebuses y el Tren Ligero como alternativa de transporte, en su sitio web de consulta están los mapas de la red de trolebuses y del tren ligero (ver Figura 2.4), en la página web no existe información dinámica.

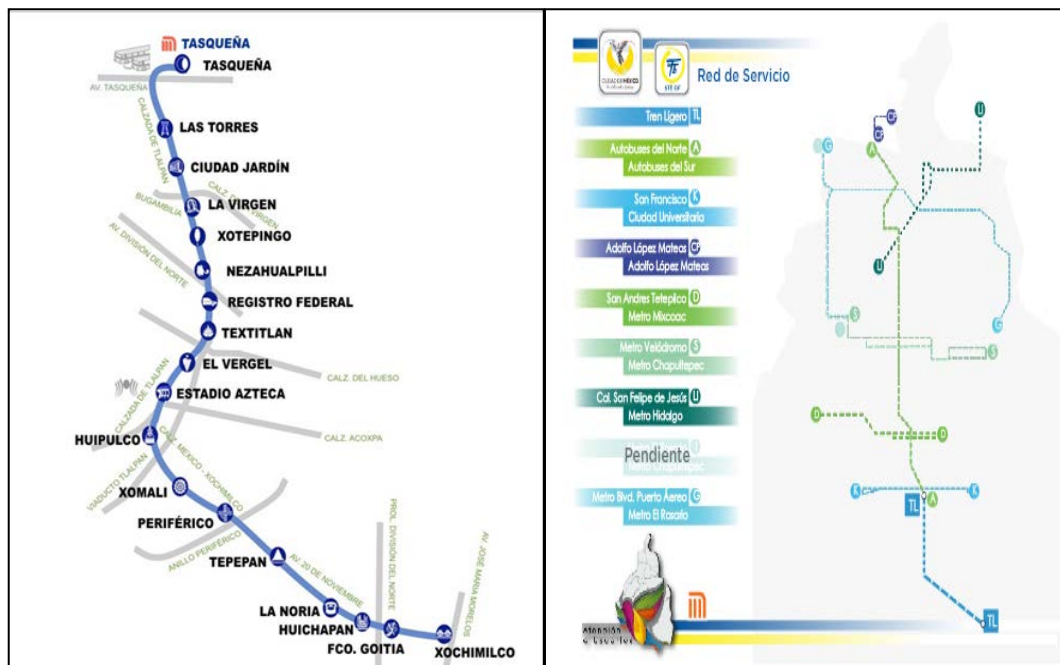


Figura 2.4 Mapas de la red de trolebuses y tren ligero

Fuente: Imagen tomada de la página web de Transporte Colectivo del D.F.

Es el mismo caso para las páginas del Metrobús y la Red de Transporte de Pasajeros, RTP, en la Ciudad de México, no contienen información en tiempo real, por lo cual, la única información disponible es el mapa de rutas.

En conclusión, los servicios que están ofreciendo este tipo de páginas web en otros países como Estados Unidos, es bastante aceptable y tiende a mejorar con respecto a la actualización de la información para poder presentarla y generar mayor confiabilidad en las decisiones de los usuarios, sin embargo en nuestro país sigue siendo prioridad contar con información en tiempo real, por lo cual nuevas herramientas siguen siendo desarrolladas para lograr este objetivo.

2.3. ATIS especializados en información de tráfico

Los ATIS especializados en información de tráfico tienen como objetivo brindarle al conductor de un vehículo información para que pueda realizar el viaje en las mejores condiciones posibles.

2.3.1. ¿Por qué consultar información de tráfico?

- Los usuarios consultan estos servicios por razones similares a las que consultan un ATIS de tránsito, reducir la incertidumbre en el viaje, disminuir las demoras por la congestión y poder controlar el tiempo de viaje. También existen otras razones importantes que tienen que ver con la seguridad, la calidad de vida y el costo monetario y ambiental que tienen las congestiones de vehículos. La demanda de información de tráfico depende de distintos factores (US Department of Transportation 2012), por ejemplo:
- Las características locales de tráfico. Incluyen atributos de la región como, el tamaño de la zona urbana y los niveles de congestión diarios. En las regiones donde existe más congestión es donde se genera la mayor demanda de información.
- La calidad del servicio de información. Este punto es tan importante como el anterior, ya que determinará la frecuencia en las consultas, el nivel de confianza y si es útil para el usuario y cumple con sus expectativas.
- Las características del viaje. El propósito del viaje y la relación que hay entre la duración del viaje y la demora por la congestión, son motivos para consultar. También si existiera flexibilidad en el momento de partida, se consultaría para conocer cuál es el momento más adecuado.
- Las características del conductor. Dependiendo de la actitud y los valores del conductor, es que consultará información o preferirá, por ejemplo, preguntarle a otra persona por indicaciones. Generalmente las personas más jóvenes se sienten más cómodas con el uso de la tecnología y están más predispuestas a consultar información de tráfico.

Los usuarios del sitio web del Departamento de Transporte del estado de Washington, Estados Unidos, consultan el sitio por las siguientes razones:

1. Evitar congestiones en las rutas.
2. Evaluar los efectos de incidentes en el viaje.
3. Decidir entre rutas alternativas.
4. Estimar la duración del viaje.
5. Estimar el mejor momento de partida.

Los usuarios que utilizan los ATIS reportan que al consultar la información, las acciones más comunes que toman son:

- Cambiar el momento de partida.
- Cambiar parte o toda la ruta del viaje, variando el largo o la duración.

- Determinar con más precisión la duración del viaje y ajustar las expectativas, por ejemplo hacer ajustes en su agenda.

Los principales beneficios que han obtenido al consultar un sitio web de ATIS han sido:

1. Ahorro de tiempo.
2. Evitar congestiones.
3. Reducir el estrés de conducir en situaciones complicadas.
4. Evitar condiciones inseguras.

Los beneficios que reportan los usuarios son alentadores e indican que los ATIS cumplen con sus objetivos. En la siguiente sección se definen las características que debe de tener un sitio que publique información de tráfico.

2.3.2. ¿Qué servicios deben ofrecer?

La información que debe brindar un ATIS a sus usuarios es muy variada y depende principalmente de las características del tráfico local. Si bien se puede generalizar que cierta información y servicios son válidos para la gran mayoría de las ciudades, la respuesta final está en gran medida en manos de los usuarios. Por ejemplo, las vistas de cámaras pueden ser preferidas por los usuarios para planificar y guiarse por una ruta, ya que las cámaras permiten al usuario ejercitar su habilidad y conocimiento para determinar las condiciones del tráfico.

Las funciones principales entran en las siguientes categorías, de acuerdo a los criterios de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes:

- **Servicios de Información.** Incluye información turística, comercial, hoteles, alimentos, estacionamientos, eventos diarios o especiales, estaciones de gasolina cercanas, instalaciones locales de protección.
- **Información previa al viaje.** Consiste en información útil antes de comenzar el viaje, como información climática o las condiciones del camino.
- **Planificación de ruta.** Este servicio recomienda las rutas más favorables para llevar a cabo el viaje. Las rutas son recomendadas en términos de recorrer la menor distancia posible o llegar al destino en el menor tiempo posible.
- **Información mientras se está en el viaje.** Por ejemplo, advertencias de obras, congestiones de tráfico, incidentes o desvíos.
- **Notificación de emergencias.** Mediante este servicio el usuario solicita ayuda. El servicio responde enviando la asistencia necesaria.

Los ATIS generalmente cuentan con las herramientas que se describen a continuación (US Department of Transportation 2012):

- **Vistas de cámaras.** Las vistas de cámaras le dan la oportunidad al usuario de juzgar por sí mismo el estado de las rutas o calles. Adicionalmente a la imagen o video, se debe proporcionar información sobre la cámara, como localización y orientación, también la hora en que se tomó la imagen. La imagen debe ser clara, particularmente en días en que la situación climática afecta la visibilidad.
- **Información de incidentes.** La información actualizada sobre los incidentes es muy valorada por los conductores, que la utilizan en combinación con su propia experiencia para estimar la intensidad y duración de la congestión relacionada con el incidente. También se debe informar sobre las características del incidente como localización, hora y tipo de incidente, además del impacto que tiene en la zona adyacente.
- **Medidas en tiempo real de las velocidades prevalecientes, tiempos de viaje y nivel de congestión.** Las velocidades prevalecientes son estimaciones de las velocidades con las que circulan los vehículos en un determinado momento. El tiempo de viaje, es una estimación aproximada de cuánto tiempo toma llegar desde un punto a otro utilizando una ruta determinada. Cuando se selecciona entre varias rutas, la duración del viaje, es un factor decisivo, aunque las medidas directas de velocidad son referidas por los usuarios. Otra información útil es el nivel de congestión que hay en las calles. Los mapas son especialmente útiles y claros para presentar este tipo de información. Los mapas presentan una vista en la que las calles tienen distintos colores dependiendo del nivel de congestión que presenten.
- **Servicios personalizados que tengan en cuenta las condiciones de tráfico.** Por ejemplo, planificar la ruta del usuario. Este servicio consiste en indicar al viajero el camino que debe seguir hacia el destino y guiarlo. El servicio consiste en presentar un mapa con el camino a seguir e indicaciones de las calles que se toman y en las que se debe girar.
- **Condiciones climáticas.** El clima es una forma de incidente y los conductores deben saber de qué manera afecta al tráfico. Principalmente en lugares con nieve, heladas y lluvias. En caso de emergencias como por ejemplo tornados o inundaciones, la información de rutas de escape, es de vital importancia.
- **Información de rampas y accesos.** Las rampas y accesos permiten acceder a las carreteras de alta velocidad, la información de la cantidad de vehículos en la fila es útil para seleccionar la rampa adecuada para ingresar a la carretera.

- **Información predictiva y tendencias.** Se refiere a predecir las condiciones inmediatas del tráfico conjugando información actual, obtenida en tiempo real e información histórica esperada a cierta hora del día, día de la semana o condiciones climáticas. La información sobre las tendencias indica si la congestión se disipa o se agrava.
- **Información de estacionamiento.** En muchas zonas no hay suficientes lugares de estacionamiento para cubrir la demanda en horas pico. Por lo tanto si se informa qué zonas de estacionamiento tienen lugar disponible, se evita el tener que estar conduciendo para encontrar un lugar.
- **Información de señales de mensajes variables y radares.** Los señales de mensajes variables son paneles electrónicos colocados en distintas partes de las rutas que presentan información relevante para el conductor, por ejemplo las condiciones de tráfico o advertencias de accidentes. El mensaje es enviado por un centro de control, que lo cambia según lo crea conveniente. Otra información de utilidad, es la información recolectada por radares y otro tipo de sensores disponibles.
- **Cobertura.** El servicio debería cubrir todas las rutas mayores y de alta velocidad. Además debe brindar información sobre carriles especiales, por ejemplo para vehículos pesados. Los caminos con mayores dificultades deben ser cubiertos.
- **Frecuencia de actualización de la información.** La actualización de la información debe ser tal que refleje las condiciones actuales del tráfico.
- **Información móvil.** Los conductores necesitan la información de tráfico mientras conducen. En muchos viajes, la información que tuvieron al iniciar el viaje, es obsoleta al llegar a un lugar donde deben desviarse. En esta situación es donde existe la mayor demanda por los servicios de información.

2.3.3. ¿Qué servicios ofrecen?

En el país existen diferentes servicios que informan de las condiciones de tráfico. En los canales de televisión se tienen secciones en los programas de noticias donde informan de las condiciones del tráfico en algunas zonas. La radio también cuenta con reportes de información de tráfico durante todo el día.

Por otro lado, en internet se pueden encontrar páginas de la Ciudad de México que cuentan con reportes de tráfico que se actualizan constantemente, información sobre incidentes o advertencias de obras, son muy pocos los sitios webs que ofrecen información sobre las velocidades prevalecientes e imágenes de

cámaras en tiempo real. En general, casi todos los sitios cuentan con los mapas de las redes de transporte público como el Metrobús, Metro y Tren ligero. Son muy pocas las páginas que ofrecen servicios de valor agregado al usuario como, planificar la ruta, alertas de tráfico personalizadas o la duración estimada del viaje en tiempo real. Los mapas son ampliamente utilizados, principalmente los que muestran el área completa, aunque no todos los sitios webs ofrecen mapas interactivos.

Para los sistemas de información de tráfico, la información en tiempo real del estado de las calles es una herramienta básica, a partir de la cual, se pueden construir servicios que la procesen y agreguen valor para el usuario. Cada vez toma mayor importancia la participación de los usuarios para alimentar la información y obtener un panorama más completo de la situación del tráfico.

2.3.4. Usuarios de los ATIS

En esta sección se presentan las características de los usuarios de los ATIS y cuál es su nivel de aceptación.

¿Quiénes son los usuarios?

Los usuarios de los ATIS son, principalmente personas que tienen un empleo y que pierden mucho tiempo en el viaje entre sus hogares y su lugar de trabajo. Los usuarios que experimentan más congestión en sus rutas son los que frecuentemente más utilizan los ATIS, además cuentan con un celular. Las mujeres son más propensas que los hombres a buscar información (Wolinetz 2001).

Un estudio hecho en Julio de 2011 por el US Department of Transportation indica que el número total de personas que usan ATIS diariamente, representa una porción relativamente pequeña de los viajeros en una región; sin embargo, la demanda puede ser extremadamente alta durante los periodos con clima severo, emergencias o eventos especiales. Los ATIS han registrado un uso muy alto durante estos periodos.

Estudios recientes indican que la información a viajeros puede ser muy eficaz durante los periodos de congestión no recurrentes causados por acontecimientos inesperados como incidentes.

Un estudio de mercado realizado en el 2000 por el US Department of Transportation, con el título en español “¿Quiénes son los usuarios de los ATIS?”, segmentó a los usuarios basándose en sus actitudes, necesidad de control, valor del tiempo, preferencias personales de viaje y uso en las tecnologías avanzadas y

determinó que existen tres grupos principales de usuarios. Estos grupos fueron llamados: *buscadores de control* (control seekers), *usuarios enfocados en la web* (webheads) y *buscadores de información previa al viaje* (pre-trip information seekers).

Los buscadores de control se caracterizan por utilizar ampliamente dispositivos portátiles avanzados como teléfonos celulares y computadoras portátiles. Estos usuarios utilizan los ATIS para cumplir su agenda, mantenerse informados, ahorrar tiempo y ser eficientes.

El grupo de usuarios enfocados en la web está formado por personas que utilizan fuertemente la tecnología más innovadora, principalmente computadoras e Internet. A diferencia del grupo anterior, estos usuarios son fanáticos de la tecnología en sí misma y la ven como algo más que una herramienta para potenciar la capacidad de las personas. Este grupo de usuarios está interesado principalmente en acceder mediante Internet al servicio, otras tecnologías alternativas como la televisión no le resultan atractivas.

El tercer grupo de usuarios, los buscadores de información previa al viaje, son los que están menos predispuestos a utilizar nuevas tecnologías. Tienen una baja aceptación al Internet y desconfían de las computadoras, por lo que utilizan los servicios que difunden la información por televisión. El grupo está formado por personas de mayor edad que el resto de los grupos.

En el año 2000 se realizó en Seattle un estudio de las características de los usuarios que buscan información y se encontró que son considerablemente más jóvenes que la población en general, con más poder monetario que el promedio, con más probabilidad de ser hombre y tener hijos. El estudio también encontró que los usuarios de ATIS son más propensos a viajar durante los periodos de hora pico a pesar de tener más flexibilidad en sus horarios de trabajo.

En general, se puede decir que los usuarios de ATIS se caracterizan por tener un ingreso mayor que el promedio, mayor nivel académico, conducir frecuentemente, hacer viajes de larga duración, encontrarse con retrasos inesperados, ser jóvenes, mayormente del sexo femenino, tener un empleo y un celular.

2.4. Estado del arte en Sistemas Avanzados de Información a Viajeros

Durante la década de los 90's comienza el auge del área de los Sistemas de Información a Viajeros. Principalmente se realizan implantaciones experimentales de sistemas que utilizan dispositivos en el vehículo. Por ejemplo el sistema Pathfinder, que es desarrollado entre 1991 y 1992 en una carretera de Santa Mónica en Los Ángeles, Estados Unidos. El sistema tenía tres componentes: un centro de operaciones con computadoras que procesaban la información de tráfico, un sistema de comunicación de radio que enviaba cada un minuto la

información a los vehículos y un sistema en el vehículo que consistía en una computadora que presentaba el mapa de la zona con el vehículo e indicaba las áreas más congestionadas de la ruta (Giosa 2003).

Las posibilidades de entregar la información de tráfico y tránsito utilizando el internet fueron posibles gracias a su desarrollo a mediados de los años 90's, además fue de gran utilidad el progreso de las comunicaciones inalámbricas y las computadoras portátiles que permiten que en todo momento se pueda tener acceso a la información. La combinación de estos avances hizo posible la evolución de los ATIS y creó una nueva área de trabajo, los sistemas y aplicaciones que utilizando Internet pueden notificar a los usuarios de las condiciones de su viaje.

Esta área despertó de inmediato el interés de la comunidad académica, motivo por el cual hubo un fuerte impulso en el desarrollo de los ATIS durante los últimos años de los 90's, algunos ejemplos de las universidades que participaron en las investigaciones y proyectos en ésta y en otras áreas del transporte son: Universidad de Princeton, Waterloo, en el Massachusetts Institute of Technology y en Los Alamos National Laboratory.

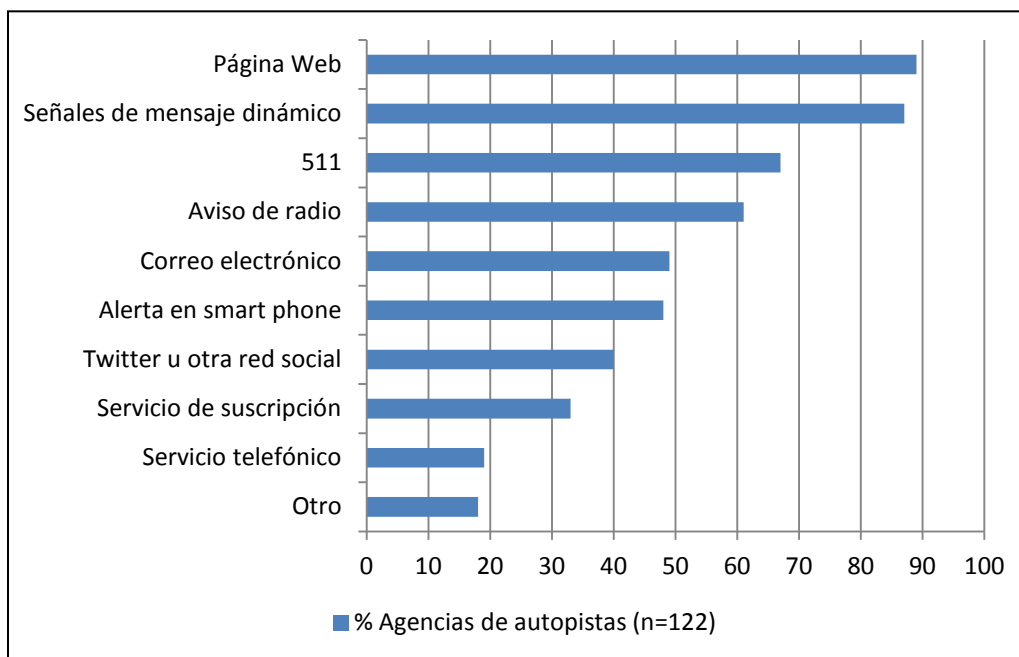
A principios del año 2000 fueron publicados por el Departamento de Tránsito de Estados Unidos algunos artículos sobre la situación de los ATIS en ese momento, uno de ellos, titulado "Who are ATIS Customers?" describe una segmentación de los clientes dependiendo de sus valores y actitudes frente a la información de tráfico y tránsito. Simultáneamente se publica "What do ATIS customers want?", que enumera las características acertadas que tienen algunos servicios de información. También se publica "Features of Traffic and Transit Internet Sites" que muestra los resultados de una encuesta llevada a cabo en 85 sitios con información de tráfico y 120 con información de tránsito. Los resultados de esta encuesta demuestran que la situación general de los sitios públicos y privados, en ese momento, es de muy poco desarrollo y que los sitios aún no alcanzan el nivel esperado.

A finales del año 2000 se publica "What have we learned about ITS" donde se muestra un resumen de los avances realizados tras haber cumplido 10 años del inicio de la aplicación de los ITS en Estados Unidos. Algunas de las conclusiones a las que se llegan en el informe son: aún no está claro que los ATIS puedan ser emprendimientos comerciales exitosos, Internet será la mayor fuente de información para los viajeros y la integración de la información de tráfico con los Sistemas de Administración del Transporte es prácticamente inexistente.

Todos estos reportes están encaminados a impulsar el desarrollo de los ATIS por parte del sector privado, donde se espera gran participación de las empresas privadas, a pesar de que el sector público hoy en día sigue siendo una fuente muy importante de información.

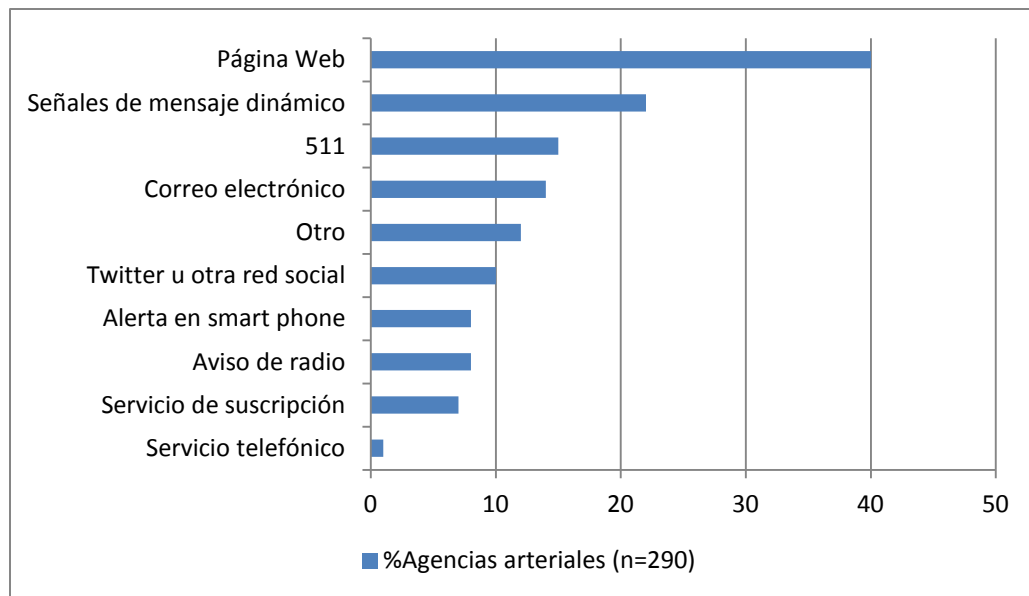
Entre 2007 y 2010 el porcentaje de organismos dirigidos a la información del viajero en dispositivos móviles se expandió considerablemente.

Actualmente los ATIS han tenido un gran desarrollo, el internet se ha convertido en el mayor medio de información para hacer viajes, ayuda a planificarlos como a proporcionar información estando en la ruta, esto se puede observar en las gráficas obtenidas del reporte del Departamento de Transportes de Estados Unidos en el año 2011, ver las gráficas 2.1 a 2.3.



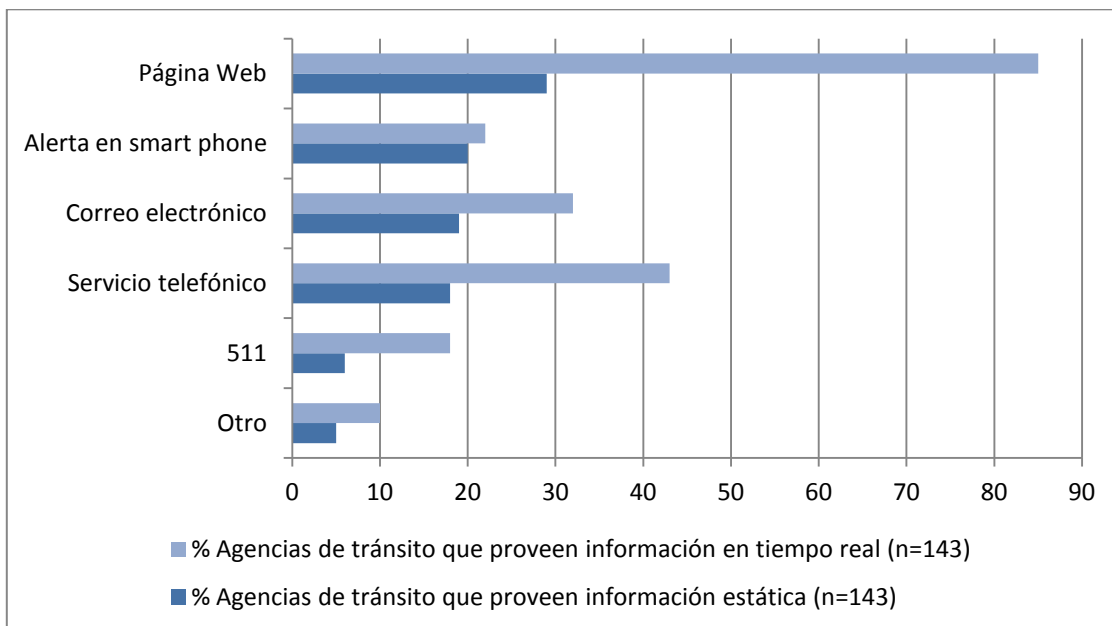
Gráfica 2.1 Métodos para distribuir la información al viajero adoptado por agencias de autopistas

Fuente: Elaboración propia con base en el reporte del Departamento de Transportes de Estados Unidos en el año 2011.



Gráfica 2.2 Métodos para distribuir la información al viajero adoptado por agencias arteriales

Fuente: Elaboración propia con base en del reporte del Departamento de Transportes de Estados Unidos en el año 2011.



Gráfica 2.3 Métodos para distribuir la información al viajero adoptado por agencias de tránsito

Fuente: Elaboración propia con base en del reporte del Departamento de Transportes de Estados Unidos en el año 2011.

En el mismo reporte se encontró que los datos recabados de grandes áreas metropolitanas con una población de un millón de habitantes o más, entre los años 2007 y 2010 han indicado por primera vez que la información al viajero basada en la infraestructura de sistemas tales como la radio y dispositivos de señales dinámicos están migrando a mensajes en el vehículo a través de dispositivos móviles y a las redes sociales como Twitter. El bajo costo y amplio alcance de estas fuentes son atractivos para las agencias.

De los resultados de la encuesta del desarrollo de los ATIS del reporte antes mencionado, podemos concluir que el internet es el medio más común para distribuir la información y es utilizado por casi el 89% por las agencias de gestión de las autopistas, 40% de las agencias arteriales y 85% por las agencias de tránsito.

Además de la utilización de las páginas web, el correo electrónico se ha convertido en un importante método de distribución de información, tanto previa al viaje como durante el viaje (alertas a los dispositivos móviles). La siguiente tecnología más adoptada para brindar información al viajero incluye el sistema telefónico (el número 511 en los Estados Unidos) y los avisos por radio, que se utilizan alrededor de un 60% por las agencias. Curiosamente, un poco más del 40% de las agencias reportan el uso de las redes sociales para distribuir la información.

Finalmente, la evolución de los ATIS puede ser presentada a través de tres escenarios generales:

- 1) Los años de 1990 a 2000: Esta etapa se centra en mejorar los tiempos de viaje y acceso a la información. La mayoría de estos sistemas dependía de las tecnologías existentes y del conocimiento del conductor de la red.
- 2) Los años de 2000 a 2010: Esta etapa está basada en los sistemas de información en la ruta, con un incremento de contenido interactivo. Los usuarios se convierten en parte de la alimentación del sistema.
- 3) Los años de 2010 a 2020: En este escenario veremos el desarrollo de la comunicación entre la infraestructura y los vehículos, los cuales serán usados para reportar las condiciones del camino y la infraestructura procesará los datos y los usará para administrar el tráfico e informar a los usuarios.

El desarrollo actual de los ATIS está en manos de la industria y las autoridades de tránsito, a medida que surgen nuevas tecnologías, éstas son rápidamente asimiladas.

2.4.1. Tecnologías utilizadas actualmente

Existen varias formas de categorizar la información a viajeros, la industria ha tomado como estándar clasificarla dependiendo de la etapa del viaje en que es recibida. Existen dos etapas en las que se recibe la información, en la etapa previa a iniciar el viaje y mientras se está en la ruta.

En la etapa previa al viaje se consulta información como: cuál es el mejor momento de partida o la ruta a seguir. Para eso se utilizan principalmente medios de localización fija, como puede ser televisión, computadoras con acceso a Internet, teléfonos o kioscos. Todos estos sistemas tienen sus propias características así como sus ventajas y desventajas.

En cuanto a la información a la que se accede cuando se está en la ruta, hay básicamente tres medios que se están utilizando actualmente: teléfonos inteligentes, dispositivos en el vehículo y las tabletas digitales.

Por otro lado, la velocidad con la que aparecen nuevas tecnologías en el mercado es muy superior al tiempo que necesitan los usuarios para “interiorizarlas”. La obsolescencia es rapidísima y en cuestión de meses lo que era una novedad es desplazado por otra innovación. En lo que se refiere a las aplicaciones en el campo del transporte, las tendencias más relevantes apuntan hacia las mejoras en la comunicación del vehículo con la infraestructura del sistema. A continuación se presenta una breve descripción de las diferentes tecnologías usadas actualmente.

Radio digital

La DAB (Digital Audio Broadcasting) o radio digital, es la última línea de investigación, pues el sistema FM está llegando a su límite técnico. Esta banda de frecuencias está muy saturada, por lo que no hay espacio en ella para el desarrollo de formas alternativas de radiocomunicaciones con el potencial necesario para cumplir con las demandas del futuro (Comisión de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos 2003).

Los sistemas digitales resuelven estos problemas y abren el camino a nuevas formas de multimedia, garantizando calidad en recepción en todo momento, y más espacio para nuevos programas en el futuro. DAB es más que simple radio, tal como lo conocemos actualmente: el método de radiodifusión digital permite difundir audio, texto y gráficos. Se abren así nuevas posibilidades a la transmisión de información, que pueden adoptar casi cualquier formato.

La Figura 2.5 muestra una carátula de una radio digital que puede ser instalado en un vehículo.



Figura 2.5 Radio digital

Fuente: Autoradio Navegador 2011.

Comunicación vía telefonía móvil

El crecimiento espectacular de la telefonía móvil usando la tecnología celular, ha obligado a todas las grandes empresas de comunicaciones a destinar cantidades de sus presupuestos a la innovación. Entre los proyectos más interesantes se incluyen las aplicaciones que funcionan con el uso de internet y proporcionan al viajero información de rutas, tiempos de viaje, mapas dinámicos, estado de los caminos, accidentes, entre otros, y todos ellos en tiempo real.

En México la mayoría de las empresas de telecomunicaciones ofrecen a los usuarios de celulares la tecnología 3G, que es la abreviatura de tercera generación de transmisión de voz y datos a través de telefonía móvil mediante UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Aunque esta tecnología estaba orientada a la telefonía móvil, desde hace unos años las operadoras de telefonía móvil ofrecen servicios exclusivos de conexión a Internet mediante módem USB, sin necesidad de adquirir un teléfono móvil, por lo que cualquier computadora puede disponer de acceso a Internet.

Actualmente también existe la tecnología 4G, que es la evolución de la tercera generación. La diferencia entre 3G y 4G está en la superioridad de las velocidades de descarga, siendo la cuarta generación mucho más rápida, hasta 6 veces superior al 3G. La tecnología 4G cambiará radicalmente la forma de usar un teléfono inteligente, lo que obligará a los fabricantes de teléfonos a mejorar sus productos para que pueda aprovecharse al 100% la velocidad de esta nueva red.



Figura 2.6 Compañías de telefonía en el país

Fuente: Telcel, Iusacel y Unefón 2013.

Comunicación infrarroja

Es preciso hacer mención del sistema que compite con la radiofrecuencia, con ventaja en muchos de los casos: “Comunicaciones ópticas infrarrojas”. Las comunicaciones ópticas inalámbricas tienen la ventaja de su inmunidad frente a las interferencias electromagnéticas y también pueden emplearse en ambientes difusos o cuasi difusos sin necesidad de visión directa entre el transmisor y receptor (Comisión de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos 2003).

Otro protocolo que impacta en la telemática aplicada al transporte es el Bluetooth. Los dispositivos en casa, oficina y coche pueden intercambiar información entre ellos en un área común de comunicaciones. En el mundo Bluetooth, el celular, la agenda electrónica y el ordenador abordo, comparten los mismos datos, directorios telefónicos, agendas y archivos de correo electrónicos.

Bluetooth resulta más interesante porque convierte los datos en una plataforma independiente que flota alrededor del usuario. Con Bluetooth cualquier dispositivo puede intercambiar información con otros dispositivos y también tener acceso a Internet.

El Wi-Fi tiene una gran cobertura como modo de conexión a internet y con esto, las oportunidades que se abren son muchas. En la Figura 2.7 podemos observar una representación del funcionamiento de la comunicación infrarroja.



Figura 2.7 Comunicación infrarroja

Fuente: Red por infrarrojos 2012.

Navegación y posicionamiento por satélite

El Sistema de Posicionamiento Global conocido como GPS por sus siglas en inglés, es un sistema de posicionamiento por satélites desarrollado por el Departamento de la Defensa de los E.U., diseñado para apoyar los requerimientos de navegación y posicionamiento precisos con fines militares. En la actualidad es una herramienta importante para aplicaciones de navegación, posicionamientos de puntos en tierra, mar y aire. Un sistema de navegación basado en satélites artificiales puede proporcionar a los usuarios información sobre la posición y la hora (cuatro dimensiones) con gran exactitud, en cualquier parte del mundo, las 24 horas del día y en todas las condiciones climatológicas.

Los sistemas de navegación para automóviles son GPS diseñados para guiar la navegación de vehículos en carretera tales como automóviles, autobuses y camiones. Este sistema usa datos de posición para ubicar al usuario en una calle mapeada en un sistema de base de datos. Usando la información de los archivos de calles de la base, la unidad puede dar direcciones de otros puntos a lo largo del área. Con cálculos de inferencia, datos de distancias, tiempos de recorrido, así el usuario puede ser guiado para llegar a su destino. La Figura 2.8 muestra un ejemplo donde un sistema GPS está instalado en un automóvil.



Figura 2.8 Sistema de navegación GPS en automóviles

Fuente: Mapa de Colombia para GPS 2011.

Internet y las redes sociales

Las redes sociales en Internet son comunidades virtuales donde los usuarios interactúan con personas de todo el mundo. Funcionan como una plataforma de comunicaciones que permite conectar a la gente con la información de su interés, se basan en un software que integra numerosas funciones individuales: blogs, wikis, foros, chat, mensajería, fotografías, videos, enlaces, entre muchas otras más funciones que se integran en una misma interfaz para proporcionar la conectividad entre los usuarios de la red.

Actualmente existen numerosas redes populares entre los usuarios de internet, quienes han utilizado estas plataformas para transmitir información al viajero. Twitter es un ejemplo de la aplicación del internet en los ATIS, ya que se han

creado cuentas que proporcionan la información de tráfico en diferentes ciudades, en estas cuentas los usuarios pueden conocer la situación actual del tráfico en tiempo real. Aquí se muestra en la Figura 2.9 un ejemplo de una cuenta creada para los usuarios de la Ciudad de México, donde se presentan reportes de tráfico relevantes en esa área, además de fotografías y videos de algunas zonas, las cuales complementan el reporte.



Figura 2.9 Información al viajero en Twitter

Fuente: Información de tráfico y clima cada 15 minutos 2013.

Otra de las implementaciones de la tecnología del internet a los teléfonos inteligentes son las aplicaciones (apps) desarrolladas en el área de transporte, en este caso existen varias apps diseñadas para proporcionar información al viajero.

La app más solicitada últimamente es la llamada Waze Social GPS Maps Traffic, la cual es una aplicación social para teléfonos móviles que te indica cómo llegar a destino con base en las condiciones del tráfico en el momento en que conduces. Es mantenida en un 100% por sus usuarios; cuanto más manejan, más calidad se agrega a la aplicación.

Waze cuenta con más de 50 millones de usuarios en todo el mundo y su objetivo es que los usuarios alimenten la información del sistema para evadir el tránsito, ahorrar tiempo y dinero, así como mejorar sus viajes diarios. Al hacer uso de la

app se está contribuyendo con la información de tránsito y de las calles en tiempo real, también se pueden hacer alertas sobre accidentes, obstáculos, bloqueos de calles, policías y otros incidentes en la vía. Lo que ofrece Waze es:

- Ruteo en tiempo real basado en la información de tránsito y vías generadas por la comunidad de usuarios.
- Guía de la ruta para llegar al destino por medio de mapas y voz, así como el tiempo estimado del viaje y las condiciones de tráfico.
- Re-ruteo automático cuando cambian las condiciones en las calles.
- Alertas sobre las condiciones del camino hechas por la comunidad.
- Identificación de lugares de servicios como hospitales, gasolineras, centros comerciales, restaurantes, museos, entre otros.

La Figura 2.10 muestra la opción de la aplicación para elegir entre las posibles rutas disponibles para llegar a un destino, en este caso, el Instituto de Ingeniería. Se puede observar la distancia promedio y el tiempo de viaje esperado para cada ruta.



Figura 2.10 Pantallas de Waze que muestran las rutas

Fuente: Aplicación Waze para teléfono celular.

En la Figura 2.11 se observa el trazo de la ruta, la hora esperada del arribo, la distancia y el tiempo promedio del destino, también se presentan las diferentes

alertas en el camino, si es que las hay, como por ejemplo tráfico, accidentes, policías, cámaras, así como las velocidades en diferentes tramos de la ruta.

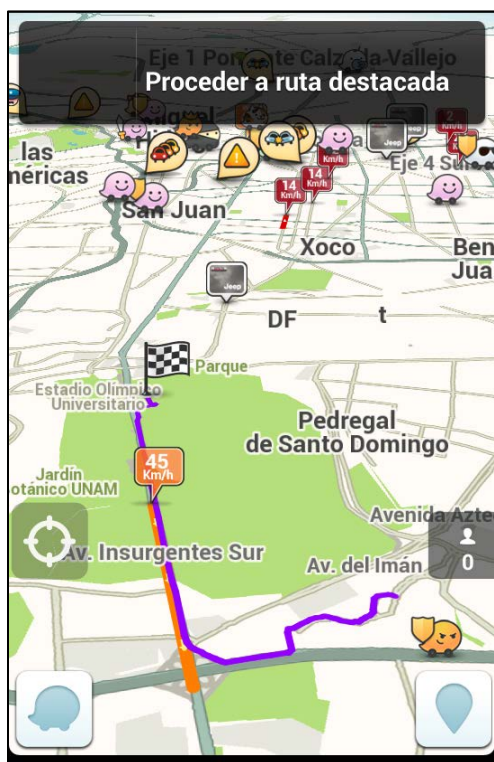


Figura 2.11 Pantalla de Waze que muestra las condiciones del camino

Fuente: Aplicación Waze para teléfono celular.

Capítulo 3. PREFERENCIAS DEL USUARIO: INFORMACIÓN AL VIAJERO Y USO DE VÍAS URBANAS DE CUOTA

3.1. Introducción a una encuesta al viajero en Ciudad Universitaria, Distrito Federal

3.1.1. Objetivos de la encuesta

La evaluación del potencial dual de la información al viajero en el contexto de las vías de urbanas de cuota es la esencia de este proyecto de investigación. El objetivo general de la encuesta a los viajeros, que es una de las principales tareas en el estudio, es identificar las preferencias de los usuarios y los probables factores de desviación a una vía de cuota. Esta encuesta al viajero tiene específicamente tres objetivos:

1. Identificar las características demográficas de los viajeros de la zona de Ciudad Universitaria, así como sus patrones de viaje. Las preguntas que se trataron en este primer objetivo fueron las siguientes: ¿Cuáles son las características demográficas de los viajeros de la zona de Ciudad Universitaria (por ejemplo, ingresos, edad, empleo, número de viajeros en un hogar y número de vehículos en un hogar)? ¿Cuántos días por semana viajan durante las horas de tráfico? ¿Cuáles son los principales propósitos de viaje? ¿Qué tipo de transporte utilizan con mayor frecuencia cuando viajan durante las horas pico de la mañana y de la tarde? ¿Qué calles utilizan con mayor frecuencia para desplazarse en las horas pico? ¿Cuáles son sus tiempos de viaje promedio, así como sus distancias de viaje?
2. Examinar las preferencias de información al viajero de las personas de Ciudad Universitaria. Las preguntas que se trataron para este objetivo son las siguientes: ¿Con qué frecuencia los viajeros de Ciudad Universitaria comúnmente buscan información al viajero durante las horas pico de la mañana y de la tarde? ¿Cómo reciben actualmente la información al viajero en el sistema de vialidades del Distrito Federal? ¿Qué dispositivos prefieren usar los usuarios para recibir información al viajero en el sistema de vialidades local? ¿Cuándo buscan la información al viajero? ¿Qué tipo de información es buscada por los viajeros para determinar las condiciones de tráfico? ¿Cómo impacta la información al viajero en las decisiones del usuario (por ejemplo, cambiar la hora de salida, cambiar el modo de viaje, cancelar el viaje)?

3. Examinar la actitud de los viajeros de Ciudad Universitaria hacia las vías urbanas de cuota y su comportamiento de cambio de ruta. Las preguntas dirigidas a este objetivo son las siguientes: ¿Qué probabilidad hay de que los viajeros cambien a otra ruta dado un tipo específico de información al viajero? ¿Cuál es el ahorro de tiempo mínimo que estimularía a los viajeros a cambiar de ruta y cuánto estarían dispuestos a pagar por ello? ¿Elegirían una vía de peaje si la información al viajero indicara un ahorro de tiempo?

3.1.2. La encuesta: enfoque y administración

La encuesta fue aplicada por alumnos de la Facultad de Ingeniería pertenecientes al grupo de la asignatura Sistemas de Transporte del M.I. Francisco Javier Granados Villafuerte, y se distribuyó en formato impreso dentro de Ciudad Universitaria, considerando las facultades de Ingeniería, Arquitectura, Contaduría y Administración, Derecho, Psicología, Odontología, Medicina, Química, Economía, Trabajo Social, Ciencias Políticas y Sociales, Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ciencias, Diseño Industrial, además del Anexo de Ingeniería, el Instituto de Ingeniería, el Centro Médico y el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS).

La estructura de la encuesta está formada por una introducción y cuatro secciones diferentes. A continuación se presenta cada sección, así como una descripción correspondiente a las preguntas abordadas. El formato completo de la encuesta puede consultarse en el Anexo 1.

La primera parte es una introducción al trabajo que se va a realizar a raíz de las respuestas de la encuesta. En este apartado también se define el concepto “información al viajero” y se mencionan algunos ejemplos de este tipo de información para dejar más claro el concepto.



ENCUESTA SOBRE EL USO DE LA INFORMACIÓN AL VIAJERO EN CIUDAD UNIVERSITARIA

En el Instituto de Ingeniería de la UNAM estamos realizando una investigación que nos permita conocer los requerimientos de información a los viajeros. Con su colaboración vamos a determinar el tipo de información al viajero más útil para el público y desarrollar sistemas de información al viajero que nos permitirán aliviar la congestión del tráfico. Definimos información al viajero, como noticias o actualizaciones sobre la condición de los viajes en las vialidades que utiliza (por ejemplo, las noticias de accidentes y el flujo de tráfico en general). El cuestionario requiere de aproximadamente 10 a 12 minutos en completarse, y sus respuestas serán confidenciales. Le agradecemos por tomarse el tiempo para hacernos saber su opinión sobre la información al viajero. Si usted tiene alguna pregunta por favor póngase en contacto conmigo en la siguiente dirección de correo electrónico.

M.I. Francisco Granados Villafuerte, P.I. Rubí González Sánchez

(fgranadosv@ii.unam.mx, rgonzalezs@iingen.unam.mx)

La primera sección contiene ocho preguntas introductorias sobre los patrones de viaje de los encuestados. En esta parte se identifican el número de días de viajes a la semana, el propósito del viaje, el modo de transporte, las vialidades más usadas, el tiempo y la distancia del viaje, así como la hora necesaria de llegada al destino.

Sección 1. Sus patrones de movilidad

En esta sección queremos preguntar acerca de los viajes que hace durante las horas pico. Definimos las horas pico como las horas entre las 7:00- 9:00 a.m. y 6:00 - 8:00 p.m. en días laborables y desde las 10 a.m. a 5 p.m. el fin de semana.

1. ¿Cuántos días a la semana viaja durante las horas pico? (Por favor introduzca un valor en el espacio correspondiente) _____ número de días.

Sección 1. Sus patrones de movilidad (Continuación)

2. Normalmente cuando viaja durante las horas pico, ¿Cuál es el principal propósito(s) del viaje?

- a) Trabajar
- b) Escuela
- c) Cuidado o escuela de los niños
- d) Recreación/ Social
- e) Compras
- f) Médico
- g) Otro (Especifique): _____

3. ¿Qué tipo de transporte usa con mayor frecuencia cuando viaja durante la mañana y/o las horas pico de la tarde? (Por favor seleccione una respuesta - si utiliza más de un modo, por favor seleccione el que utiliza para la mayoría de sus viajes)

- a) Automóvil (incluyendo carro o camioneta)
- b) Transporte público
- c) Caminar
- d) Bicicleta
- e) Motocicleta
- f) Otro (especifique): _____

4. ¿Cuál de las siguientes vialidades de la zona cercana a CU utiliza con mayor frecuencia en sus viajes durante las horas pico? (Por favor, seleccione todos los que correspondan)

- a) Insurgentes Norte
- b) Insurgentes Sur
- c) Periférico Norte
- d) Periférico Sur
- e) Eje 10 (Copilco)
- f) Av. Revolución
- g) Av. del IMAN

5. ¿Conoce el sistema local de vialidades lo suficientemente bien como para encontrar rutas alternativas cuando es necesario?

Sí _____ No _____

6. Cuando viaja durante las horas pico, ¿Cuál es el tiempo promedio en minutos que le toma llegar hasta su destino final? (Por favor, introduzca un valor numérico en el espacio provisto).

_____ Número promedio de minutos empleados en el viaje de ida

_____ Número promedio de minutos empleados en el viaje de regreso

Sección 1. Sus patrones de movilidad (Continuación)

7. Cuando viaja durante las horas pico, ¿Cuántos kilómetros viaja en promedio? (Por favor, introduzca un valor numérico en el espacio provisto.)

_____ Número promedio de kilómetros recorridos en el viaje de ida
_____ Número promedio de kilómetros recorridos en el viaje de regreso
_____ Lo desconozco

8. ¿A qué hora normalmente necesita llegar a su viaje de destino? (Por favor, use una hora y formato de minutos, por ejemplo 08:30 o 10:00, en el espacio provisto.)

Entre semana: _____ : _____ am
Entre semana: _____ : _____ pm

La segunda sección está dirigida al uso y requisitos de la información al viajero por parte de los usuarios. Se les pregunta a las personas la frecuencia con la que buscan la información, dónde la buscan y dónde preferirían recibirla, además, cuál es la información de mayor interés y su efecto en el viaje.

Sección 2. Uso de la información al viajero

Ahora le preguntaremos acerca de su uso de información al viajero. Definimos información al viajero, como noticias o actualizaciones de la condición de los viajes (por ejemplo, las noticias de accidentes y el flujo de tráfico en general) de las vialidades que utiliza.

1. ¿Con qué frecuencia suele buscar información sobre su viaje durante la mañana y en las horas pico de la tarde?

HORAS PICO	NUNCA	ALGUNAS VECES	CON BASTANTE FRECUENCIA	MUY FRECUENTEMENTE
Mañana	1	2	3	4
Tarde	1	2	3	4

2. ¿Cómo recibe información al viajero en el sistema vial local? (Por favor, seleccione todo lo que corresponda.)

- a) Radio
b) TV
c) Periódico local
d) Internet
e) Señales de mensajes electrónicos
f) Otros (Especifique): _____

Sección 2. Uso de la información al viajero (Continuación)

3. ¿Cuál de las siguientes opciones preferiría usar para recibir información al viajero en el sistema vial local? (Por favor seleccione una respuesta).

- a) Radio
- b) TV
- c) Periódico local
- d) Internet
- e) Señales de mensajes electrónicos
- f) Otros (Especifique): _____

4. ¿Cuándo busca información al viajero?

- a) Antes de partir de su hogar/destino
- b) Mientras está en la ruta
- c) Ambas

5. Si existiera la siguiente información, ¿Qué posibilidad hay de que la buscara para determinar las condiciones del tráfico? (Por favor, marque una calificación para cada tipo de información al viajero)

Información sobre:	Probabilidad de buscar información al viajero				
	Muy improbable	Improbable	Neutral	Probable	Muy probable
Obras viales/ tramos en reparación	1	2	3	4	5
Cierre de carriles	1	2	3	4	5
Advertencias de peligro en las vialidades	1	2	3	4	5
Accidentes	1	2	3	4	5
Vialidades congestionadas	1	2	3	4	5
Tiempo estimado de viaje	1	2	3	4	5
Rutas alternativas	1	2	3	4	5
Estado del tiempo (clima)	1	2	3	4	5
Otros (Especifique)					

6. ¿A qué hora es más importante para usted la siguiente información al viajero? (Por favor, marque una casilla para cada tipo de información al viajero.)

Información en:	¿Cuándo es más importante la información?			
	A.M.	P.M.	Todo el tiempo	Nunca
Obras viales/ tramos en reparación				
Cierre de carriles				
Advertencias de peligro en las vialidades				
Accidentes				
Vialidades congestionadas				
Tiempo estimado de viaje				
Rutas alternativas				
Estado del tiempo (clima)				
Otros (Especifique)				

Sección 2. Uso de la información al viajero (Continuación)

7. ¿Cómo afectaría la información que recibiera para ejecutar su viaje? (Por favor seleccione una respuesta)
- a) Elegir una forma alternativa de transporte diferente a mi auto, como transporte público, caminar o el autobús.
 - b) Retrasar mi hora de salida.
 - c) Salir antes de lo previsto.
 - d) Elegir una ruta alternativa.
 - e) Cancelar el viaje.
 - f) No tiene impacto en la decisión de mi viaje.
 - g) Otra (Especifique): _____

La tercera sección se centra en la respuesta a la información al viajero, concretamente en el cambio de ruta y el valor del tiempo. En esta sección se evalúa la probabilidad de cambiar de ruta al contar con diferente tipo información, también busca conocer el tiempo mínimo ahorrado para cambiar de ruta y el valor monetario asignado a estos minutos, y finalmente, la influencia que tiene la información al viajero para hacer que los usuarios utilicen las vías urbanas de cuota.

Sección 3. Cambio de ruta y valor del tiempo

Ahora vamos a hacerle algunas preguntas acerca de la congestión vial y el cambio a una ruta de viaje alternativa.

1. Para cada tipo de información al viajero listada a continuación por favor indique qué tan probable sería cambiar a otra ruta si ese tipo de información estuviera a su disposición y además supiera que podría afectar a su viaje típico. (Por favor, marque una calificación para cada opción que se enumera a continuación).

Información en:	Probabilidad de cambiar de ruta				
	Muy improbable	Improbable	Neutral	Probable	Muy probable
Obras viales/ tramos en reparación	1	2	3	4	5
Cierre de carriles	1	2	3	4	5
Advertencias de peligro en las vialidades	1	2	3	4	5
Accidentes	1	2	3	4	5
Vialidades congestionadas	1	2	3	4	5
Tiempo estimado de viaje	1	2	3	4	5
Rutas alternativas	1	2	3	4	5
Estado del tiempo (clima)	1	2	3	4	5
Otros (Especifique)					

Sección 3. Cambio de ruta y valor del tiempo (Continuación)

2. Si supiera que puede ahorrar tiempo al cambiar a una ruta alternativa, ¿Cuál es el mínimo número de minutos de tiempo ahorrado que lo motivaría a cambiar de ruta? (Por favor, seleccione una respuesta)

a. 5min. b. 10 c.15 d.20 e.25 f.30
3. Para ahorrar el tiempo que seleccionó en la pregunta anterior, ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar? _____ (Cantidad en moneda nacional)
4. ¿Elegiría una vialidad de peaje, si la información al viajero dijera que en ella puede ahorrar tiempo?

Sí _____ No _____

La última sección captura los datos demográficos del viajero, por ejemplo, su edad, género, nivel de estudios, situación laboral, ingreso monetario, lugar de residencia, número de personas por vivienda y cuántos de ellos manejan y tienen un automóvil.

Sección 4. Sus datos demográficos

Esta información nos permitirá clasificar las respuestas de la encuesta y hacer comparaciones de los resultados entre diferentes grupos demográficos y las áreas o regiones en una zona. La información no se utilizará para identificar a los encuestados.

1. ¿Cuántas personas viven en su casa, incluyendo a usted?
_____ Número de personas en el hogar.
2. De las personas que viven en su casa, ¿Cuántos manejan?
_____ Número de conductores en el hogar.
3. ¿Cuántos vehículos tiene en su casa?
_____ Número de vehículos en el hogar.
4. ¿Tiene hijos en casa de 0 a 11 años de edad?
Sí _____ No _____
5. ¿Cuál es su código postal actual? _____
6. ¿Cuál es su género?
a) Masculino
b) Femenino

Sección 4. Sus datos demográficos (Continuación)

7. ¿Cuál es su edad?

- a) 15 a 19 años
- b) 20 a 24 años
- c) 25 a 34 años
- d) 35 a 44 años
- e) 45 a 54 años
- f) 55 a 59 años
- g) 60 a 64 años
- h) 65 o más.

8. ¿Cuál es el nivel educativo más alto que ha completado?

- a) Primaria
- b) Secundaria
- c) Preparatoria o bachillerato
- d) Licenciatura
- e) Estudios de posgrado

9. ¿Cuál es su situación laboral actual?

- a) Empleado de tiempo completo y trabajo desde mi hogar
- b) Empleado de tiempo completo y trabajo fuera de mi hogar
- c) Empleado de medio tiempo y trabajo desde mi hogar
- d) Empleado de medio tiempo y trabajo fuera de mi hogar
- e) Desempleado
- f) Trabajador familiar no remunerado
- g) Estudiante de tiempo completo
- h) Retirado
- i) Otro (Especifique): _____

10. ¿Aproximadamente, cuál es su ingreso total mensual?

- a) Menos de \$3,000
- b) De \$3,000 a \$6,000
- c) De \$6,000 a \$9,000
- d) De \$9,000 a \$12,000
- e) Más de \$12,000

3.2. Resultados y análisis de la encuesta

3.2.1. Distribución geográfica de los participantes de la encuesta

Para obtener la distribución geográfica de los encuestados se verificaron sus códigos postales, se excluyeron a los participantes que proporcionaron un código postal incorrecto (14 personas) y a los que no lo proporcionaron (13 personas), quedando así un total de 241 participantes evaluados para obtener la Tabla 3.1 que muestra su procedencia.

Tabla 3.1 Distribución geográfica de los participantes de la encuesta

Estado	Delegaciones/Municipio	Frecuencia
Ciudad de México	Coyoacán	40
	Iztapalapa	31
	Benito Juárez	27
	Tlalpan	23
	Álvaro Obregón	15
	Gustavo A. Madero	12
	Cuahutémoc	11
	La Magdalena Contreras	11
	Xochimilco	9
	Venustiano Carranza	6
	Azcapotzalco	5
	Iztacalco	5
	Tláhuac	4
	Miguel Hidalgo	3
	Cuajimalpa de Morelos	2
	Milpa Alta	0
	Subtotal=	204
Estado de México	Ecatepec de Morelos	9
	Nezahualcóyotl	8
	Cuautitlán Izcalli	4
	Naucalpan de Juárez	3
	Tlalnepantla de Baez	3
	Chimalhuacán	2
	La Paz	2
	Chicoloapan	1
	Coacalco de Berriozábal	1
	Tultitlán	1
	Subtotal=	34
Hidalgo	Mineral de la Reforma	1
Morelos	Cuautla	1
	Cuernavaca	1
	Subtotal=	2
Total=		241

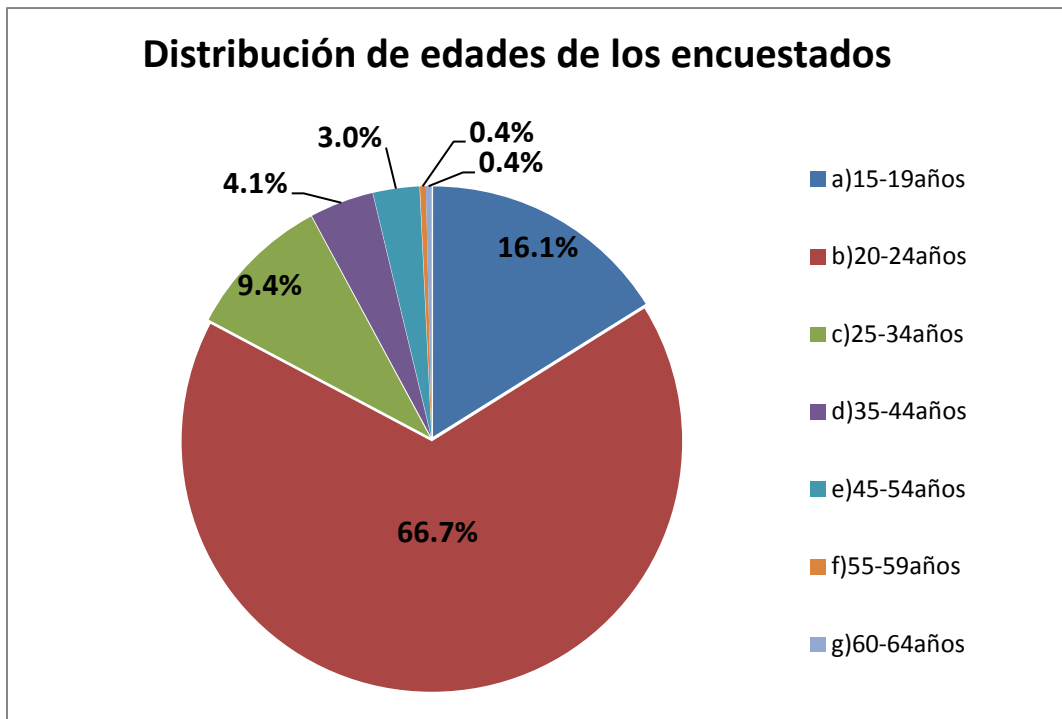
Fuente: Elaboración propia con base en los datos obtenidos de la encuesta.

3.2.2. Análisis de datos

Existen diferentes tipos de respuestas en la encuesta, por lo tanto, las respuestas que expresan grado de conformidad se presentan como puntuaciones en una escala determinada. Los otros resultados fueron expresados como porcentajes de quienes respondieron “sí” o “no” a una pregunta en particular. Para facilitar el análisis de los datos se presentan los resultados en gráficas o tablas.

3.2.2.1. Características demográficas de los viajeros

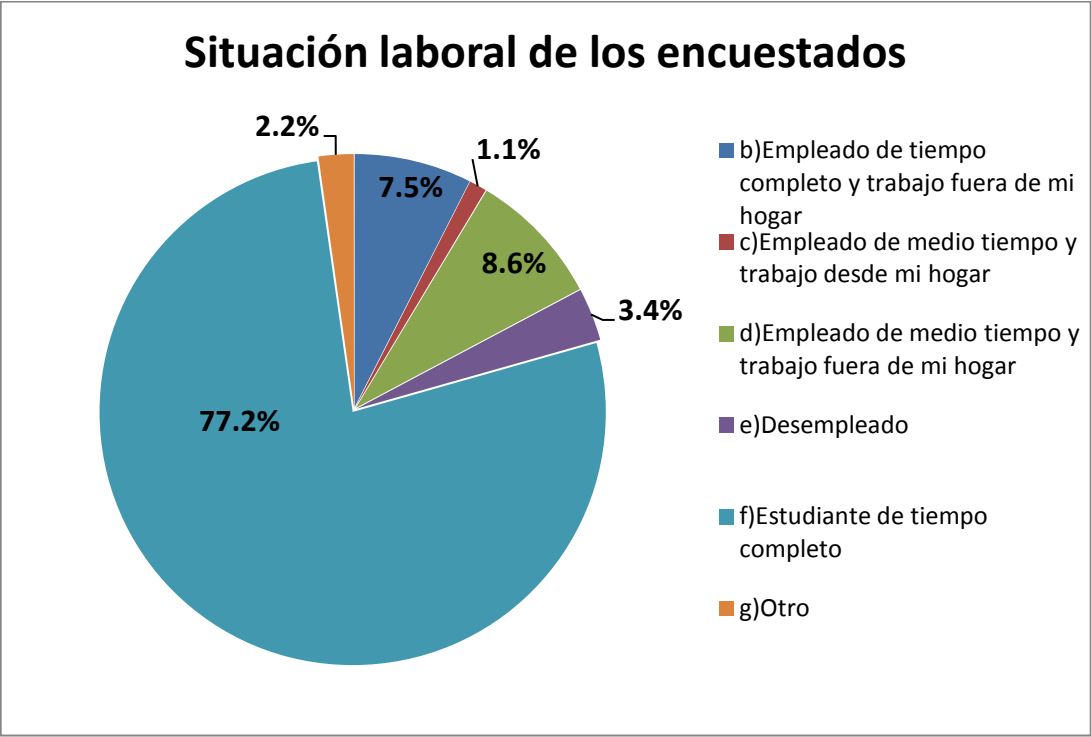
La Gráfica 3.1 presenta la distribución de edades de los encuestados divididos en grupos. El grupo de edad dominante corresponde al de 20 a 24 años (66.7%), seguido por el grupo de 15 a 19 años (16.1%), 25 a 34 años (9.4%), el resto corresponde a las edades de 35 a 59 años. La razón por la cual cerca del 90% de los encuestados son de entre 15 y 55 años es porque las personas que pertenecen a estos grupos son más activas porque se trasladan a la escuela, trabajo o negocios.



Gráfica 3.1 Distribución de edades de los encuestados

Fuente: Elaboración propia con base en los datos obtenidos de la encuesta.

La situación laboral de los encuestados se refleja en la Gráfica 3.2, donde se aprecia que la gran mayoría que representa el 77% son estudiantes de tiempo de completo.



Gráfica 3.2 Situación laboral de las personas encuestadas

Fuente: Elaboración propia con base en los datos obtenidos de la encuesta.

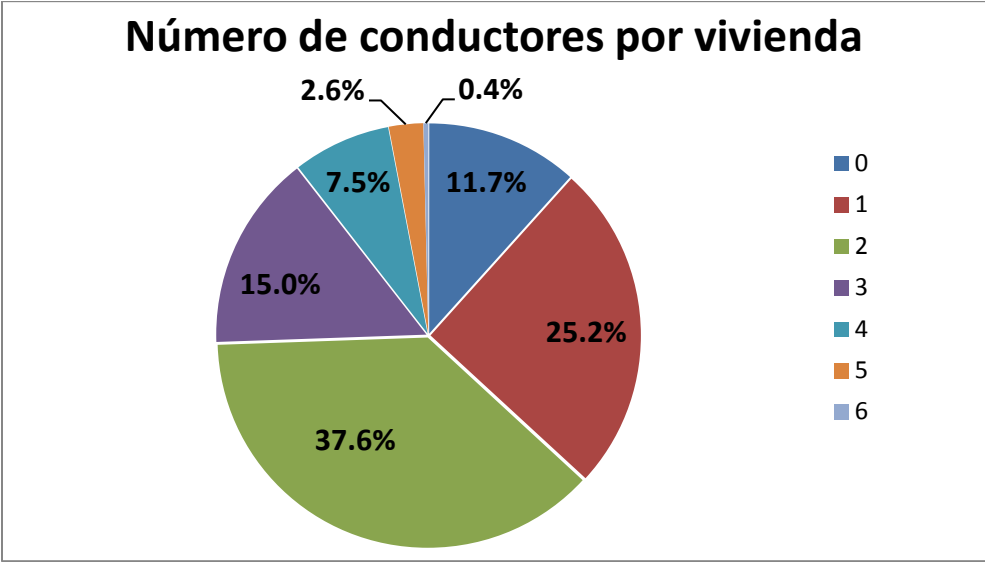
La Tabla 3.2 presenta el número de personas que viven en la casa de los encuestados, el número de habitantes predominante es 4, representando el 30% seguido por un 23% que indica 5 habitantes por vivienda.

Tabla 3.2 Número de habitantes por vivienda

Habitantes por vivienda	% Encuestados	# Encuestados
1	3.4%	9
2	7.5%	20
3	18.0%	48
4	30.0%	80
5	23.2%	62
6	10.1%	27
Más de 6	7.9%	21

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

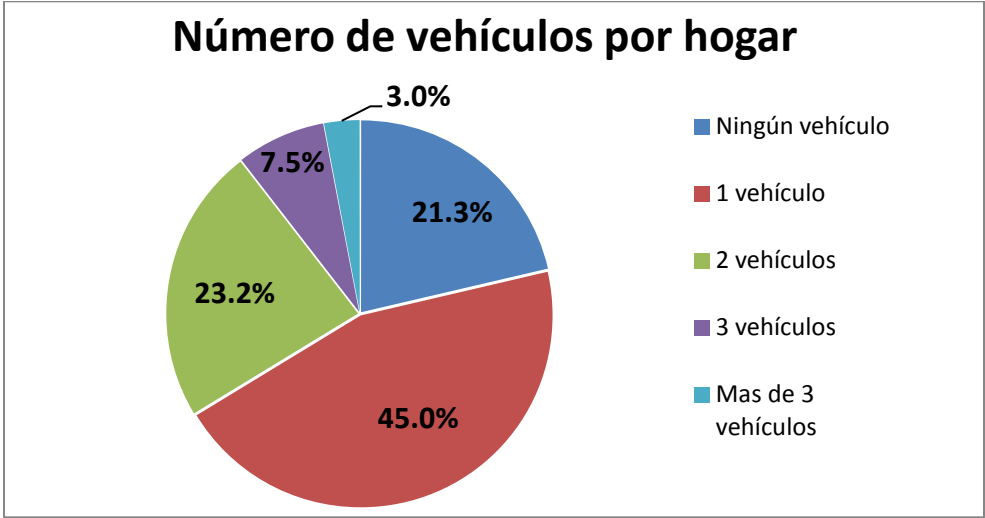
El número de conductores por hogar está representado en la Gráfica 3.3 en donde se indica que casi el 40% de los encuestados se encuentra en el grupo de dos conductores por casa, seguido con un 25% de un conductor por vivienda y un 15% de tres conductores, mientras que casi el 12% reporta no tener ni un conductor por vivienda.



Gráfica 3.3 Número de conductores por vivienda

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

La Gráfica 3.4 muestra el número de vehículos que hay por vivienda. La mayoría de los encuestados respondió que sólo tienen 1 vehículo (45%).



Gráfica 3.4 Número de vehículos por vivienda

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

Se les preguntó a los encuestados si tenían hijos en casa de entre 0 a 11 años de edad y un 84% respondió no tener hijos, mientras que el otro 16% son padres o madres. Los resultados se muestran en la Gráfica 3.5.

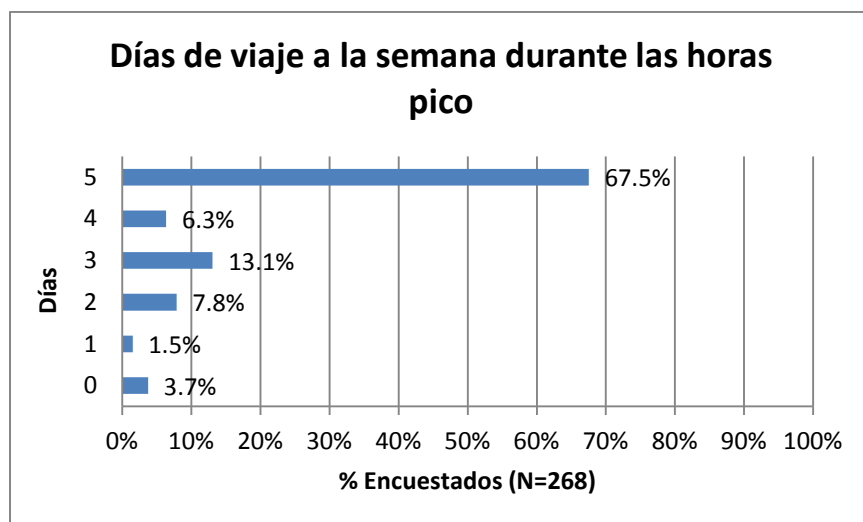


Gráfica 3.5 Encuestados con hijos de 0 a 11 años de edad

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

3.2.2.2. Patrones de desplazamiento de los viajeros

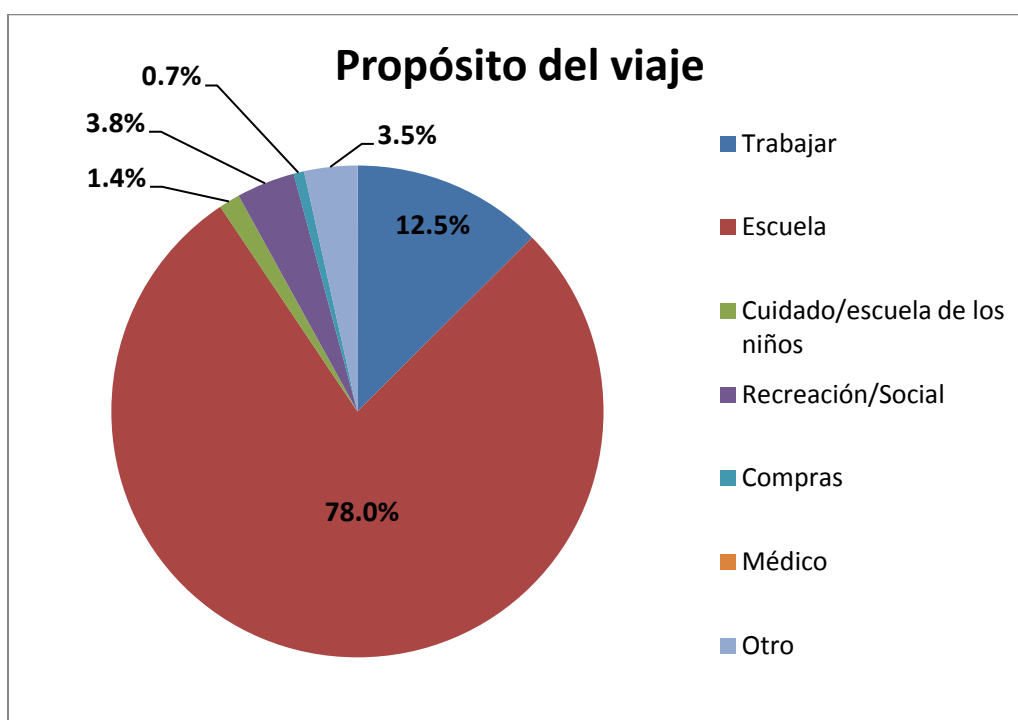
La Gráfica 3.6 muestra la frecuencia con la que los encuestados viajan a la semana durante las horas pico y podemos observar que alrededor del 68% de los encuestados lo hacen 5 días a la semana, son muy pocos, con un 3.7%, los que no viajan ni un solo día a la semana en horas pico.



Gráfica 3.6 Días de viaje a la semana durante las horas pico

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

De los encuestados que viajan en la semana durante las horas pico, la gran mayoría, 78% de ellos, lo hacen con fines de asistir a la escuela, siguiendo un 12.5% para ir a trabajar. La Gráfica 3.8 muestra la distribución de los diferentes propósitos de viaje.



Gráfica 3.7 Propósito del viaje efectuado en horas pico

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

Para determinar el número de kilómetros que recorren los encuestados cuando viajan durante las horas pico para llegar a Ciudad Universitaria se recurrió al programa Google Earth. La distancia del viaje de los participantes se obtuvo identificando la ubicación correspondiente al código postal que proporcionaron en la encuesta, teniendo así el origen del viaje. El destino del viaje es un dato conocido ya que se tiene el registro de donde se realizó la encuesta.

Una vez conocido el origen y el destino del viaje, se introdujeron los datos en el programa Google Earth, el cual nos muestra el recorrido, la distancia y tiempo promedio del viaje. En la Figura 3.1 se puede ver un ejemplo del resultado del procedimiento anterior.

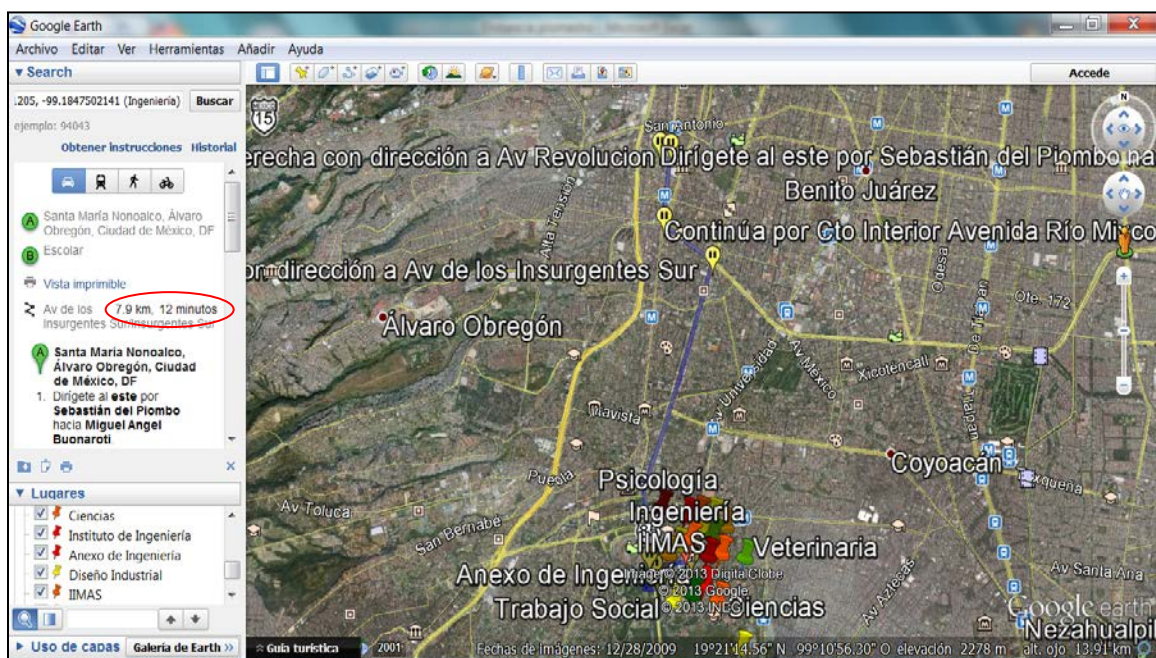
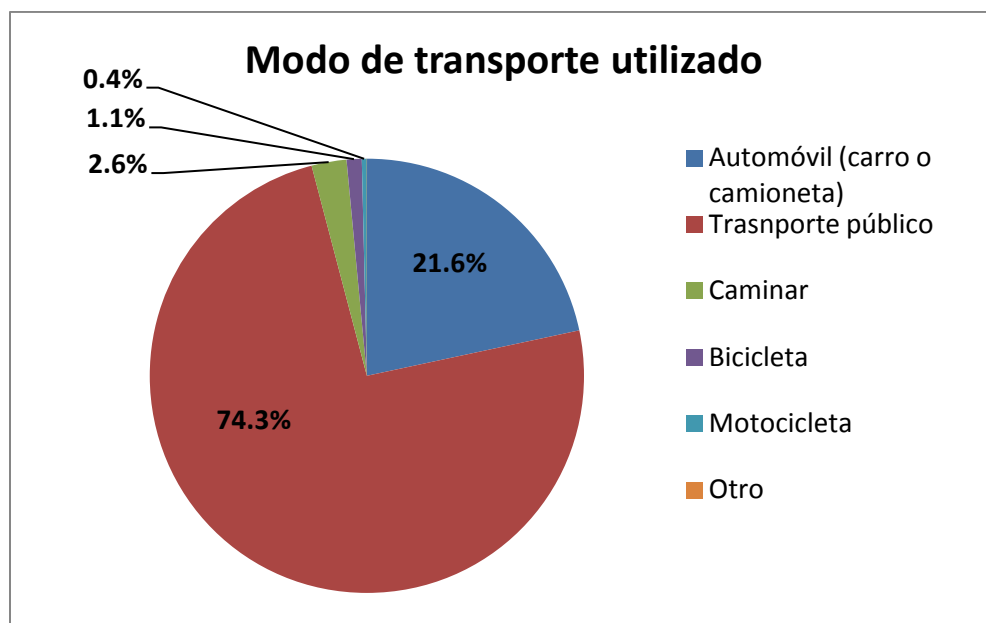


Figura 3.1 Obtención de la distancia de viaje con el programa Google Earth

Fuente: Imagen obtenida de la pantalla del programa de Google Earth

Se empleó el mismo análisis para obtener la distancia recorrida de cada uno de los participantes de la encuesta y los resultados indicaron que viajan en promedio 17.7 kilómetros durante las horas pico para llegar a Ciudad Universitaria.

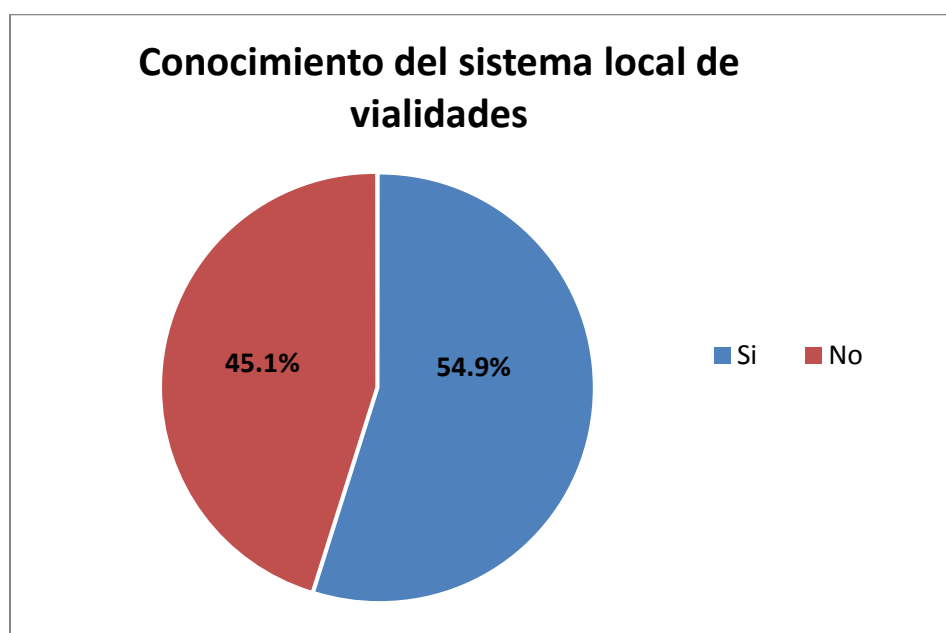
La Gráfica 3.9 indica el tipo de transporte utilizado con mayor frecuencia por el encuestado durante las mañanas y/o las horas pico de la tarde, en este caso, si utilizaba más de un modo de transporte debía seleccionar el que usaba para la mayoría de sus viajes. De la Gráfica 3.9 observamos que aproximadamente 74% de los encuestados recurre al uso de transporte público para hacer sus viajes, el segundo modo más utilizado es el automóvil con un 21.6%.



Gráfica 3.8 Modo de transporte utilizado durante las horas pico

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

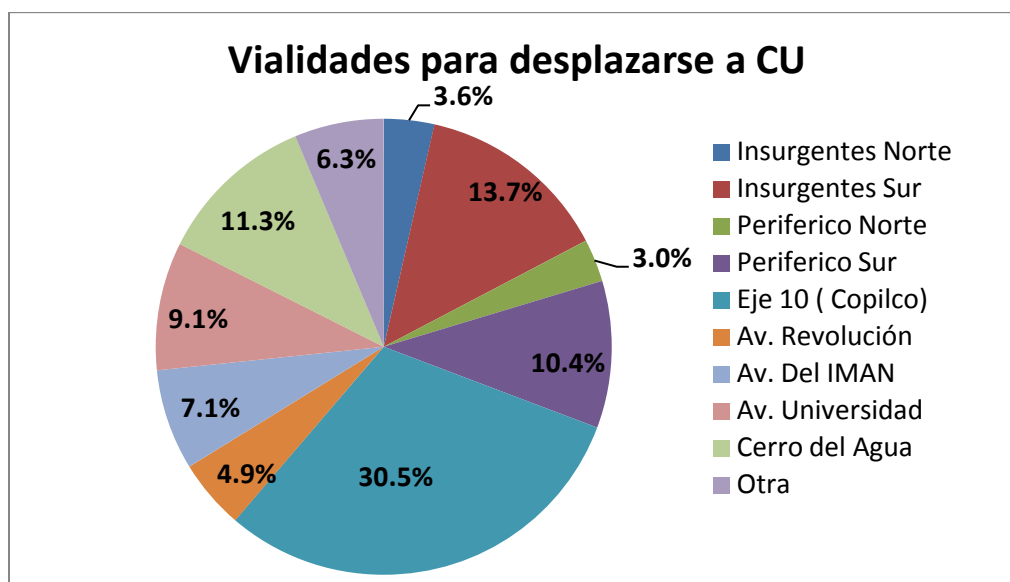
Como se muestra en la Gráfica 3.10, el 54.9% de los encuestados indicaron que están lo suficientemente familiarizados con las vialidades locales de la Ciudad como para encontrar una ruta alternativa si es necesario, mientras que el resto, 45.1%, declaró lo contrario.



Gráfica 3.9 Conocimiento del sistema local de vialidades de La Ciudad

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

Para llegar a Ciudad Universitaria existen diferentes vialidades, en la Gráfica 3.11 se muestran los porcentajes de las vías más utilizadas por los encuestados, en primer lugar, con casi una tercera parte del total, se encuentra el Eje 10 Copilco con un 30.5% a pesar de que esta vialidad cuenta con serios problemas de tráfico en las horas pico.



Gráfica 3.10 Vialidades utilizadas con mayor frecuencia para llegar a CU

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

Se les preguntó a los encuestados cuál es el tiempo promedio que les toma llegar a su destino final durante las horas pico, tanto de su viaje de ida como de su viaje de regreso y se observó que hacer el viaje de ida es por lo general más tardado que hacer el viaje de regreso, y además, que el mayor porcentaje de encuestados (marcado con color azul en la Tabla 3.3) en ambos casos hacen más de una hora o hasta hora y media para llegar a su destino.

Tabla 3.3 Tiempos promedio de viaje durante horas pico

Minutos	VIAJE	
	IDA	REGRESO
	% encuestados	% encuestados
Menos de 15	1.87	1.87
15-30	17.98	14.55
31-45	18.35	17.91
46-60	22.10	20.90
61-90	25.09	25.75
91-120	11.99	14.55
Más de 120	2.62	4.48

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta

La hora promedio de llegada al destino de los encuestados es a las 8:20 por la mañana y por la tarde a las 18:00, en la Tabla 3.4 se observa que más de la mitad de los encuestados, un 57.6%, necesita llegar a su destino a las 7:00 a.m., seguido de un 14.75% de encuestados que requieren estar a las 8:30 a.m.

Tabla 3.4 Hora de arribo al destino en la mañana

Hora de llegada A.M.	% Encuestados
07:00	57.60
07:30	4.15
08:00	8.29
08:30	14.75
09:00	12.90
09:15	0.46
09:30	1.84

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta

3.2.2.3. Uso de la información al viajero

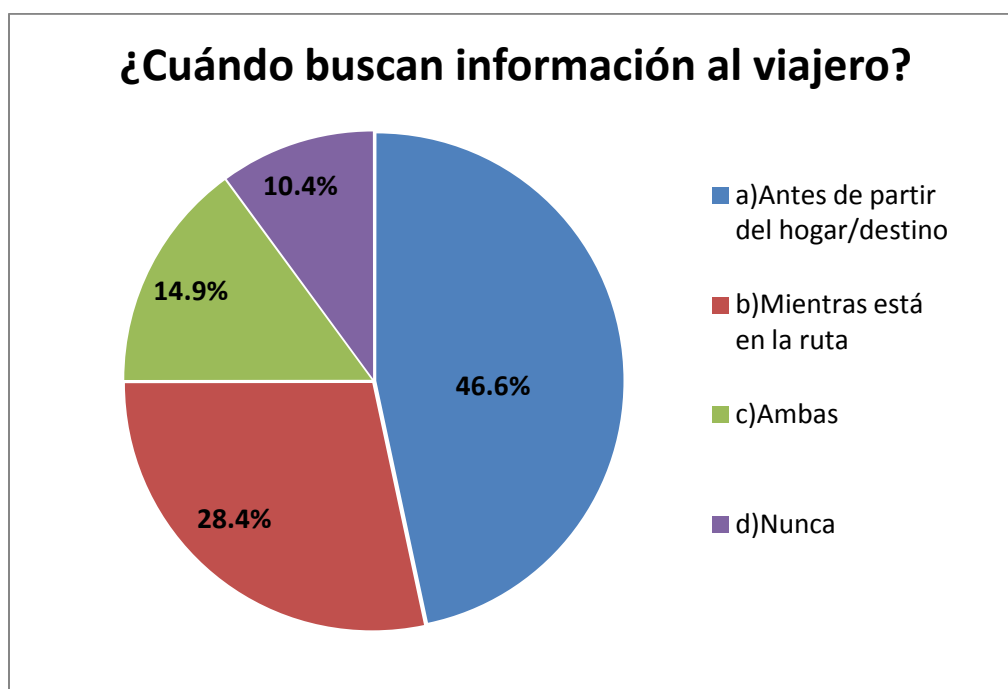
La mayoría de los encuestados indica que no buscan información al viajero durante su trayecto. Los resultados de la Tabla 3.5 muestran que son un poco más los viajeros que buscan información por la mañana comparados con los de la tarde.

Tabla 3.5 Frecuencia de búsqueda de Información al viajero

Horas pico	Frecuencia de búsqueda de información al viajero (%)			
	Nunca	Algunas veces	Con bastante frecuencia	Muy frecuentemente
Por la mañana	64.18	28.36	4.10	3.36
Por la tarde	72.39	21.27	4.48	1.87

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta

En términos de tipos de información al viajero, casi el 47% de los encuestados indican que buscan información previa al viaje y un 28.4% indican que buscan la información mientras están en la ruta. Los resultados se muestran en la Gráfica 3.12.



Gráfica 3.11 Momento de búsqueda de información al viajero

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

Al buscar información al viajero para determinar las condiciones del tráfico, los encuestados muestran interés particular en las vialidades congestionadas, siendo este concepto el de mayor importancia, posteriormente el segundo lugar de importancia lo ocupan los tiempos estimados de viaje y el tercero, las rutas alternativas. La Tabla 3.6 presenta un resumen de los intereses de los encuestados al buscar información al viajero para determinar las condiciones de tráfico.

Tabla 3.6 Información al viajero buscada por los encuestados

Contenido de la información al viajero	Posibilidad de buscar información	Momento del día en que es importante la información			
	(%)	Horas pico A.M. (%)	Horas pico P.M. (%)	Ambas: A.M./P.M. (%)	Nunca (%)
Vialidades congestionadas	15.67	54.48	1.12	17.91	26.49
Tiempo estimado de viaje	13.43	37.31	4.48	33.58	24.63
Rutas alternativas	13.06	26.12	5.60	40.67	27.61
Estado del tiempo (clima)	11.94	29.85	3.73	43.66	22.76
Cierre de carriles	8.21	32.84	5.22	40.67	21.27
Accidentes	6.72	34.70	4.48	35.82	25.00
Advertencias de peligro	4.85	32.09	6.34	41.04	20.52
Obras viales/ tramos en reparación	3.73	25.00	7.84	38.06	29.10

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

Además de la probabilidad de que los viajeros busquen cierto tipo de información, también se investigó las horas en las que la buscan. Como se muestra en la misma Tabla 3.6, los porcentajes en que los viajeros buscan cada tipo de información durante las horas pico de la mañana son significativamente superiores a las de las horas pico de la tarde. Esto es consistente con los resultados mostrados en esta tabla.

En el cuestionario aplicado para la investigación, se les preguntó a los usuarios cuál es la forma actual por la cual reciben la información al viajero, y la mayoría, un 36.42%, citó la radio como la fuente más utilizada. Después de la radio, el segundo dato con mayor porcentaje es muy interesante porque indica que casi el 24% de los encuestados no utilizan ningún medio para recibir información al viajero. Además, en esta pregunta había un campo destinado a otras formas de recibir información, y un 2% de los encuestados mencionaron utilizar el Twitter y la aplicación Waze.

Cuando se les preguntó acerca de cómo preferirían recibir la información al viajero, los encuestados mostraron un gran interés en recibir la información por celular seguido de la radio. Puede verse que el periódico resultó ser de muy poco interés para los usuarios.

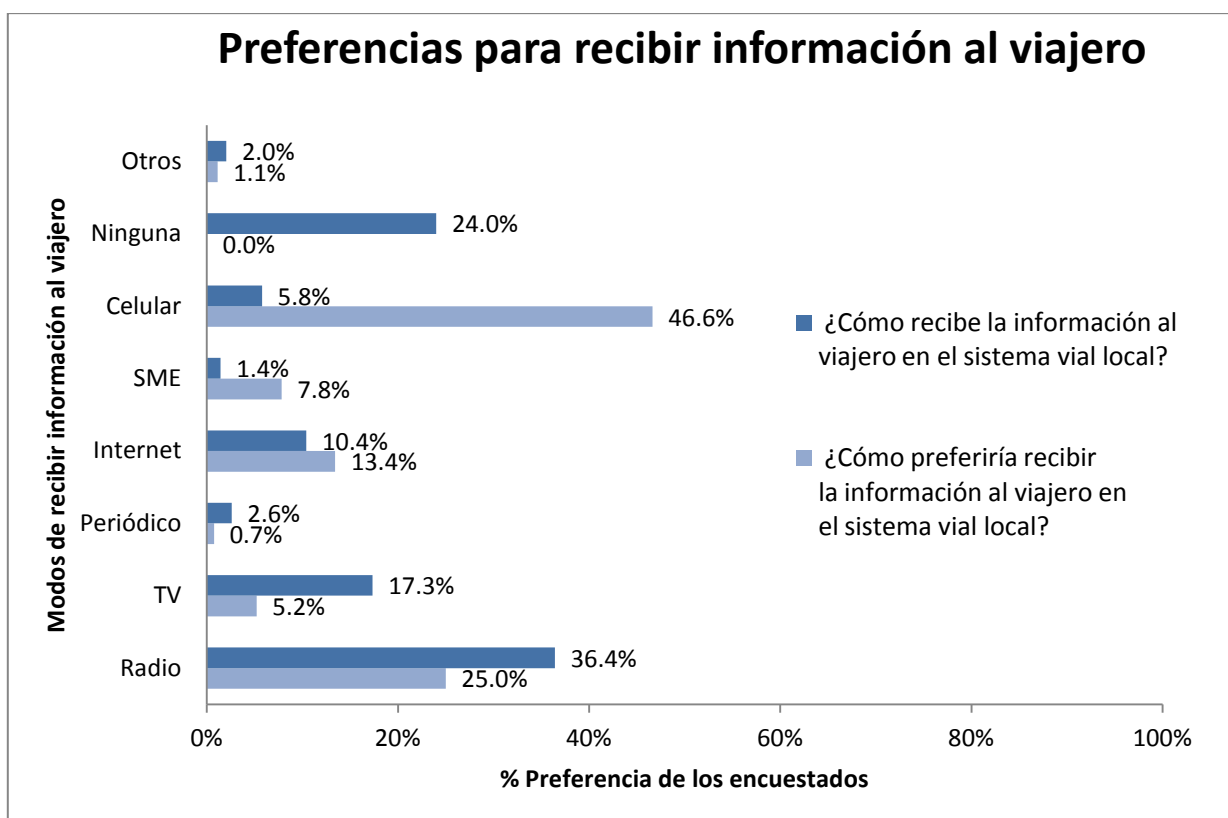
En la Tabla 3.7 se muestran los resultados de cómo se recibe actualmente la información al viajero y las preferencias de cómo le gustaría recibirla.

Tabla 3.7 Preferencias para recibir información al viajero

Pregunta	Radio	TV	Periódico	Internet	SME	Celular	Ninguna	Otros
¿Cómo recibe la información al viajero en el sistema vial local?	36.42%	17.34%	2.60%	10.40%	1.45%	5.78%	23.99%	2.02%
¿Cómo preferiría recibir la información al viajero en el sistema vial local?	25.00%	5.22%	0.75%	13.43%	7.84%	46.64%	0.00%	1.12%

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

En la Gráfica 3.13 se presentan los datos de la Tabla 3.7 para comparar al mismo tiempo las dos respuestas.



Gráfica 3.12 Preferencias para recibir información al viajero

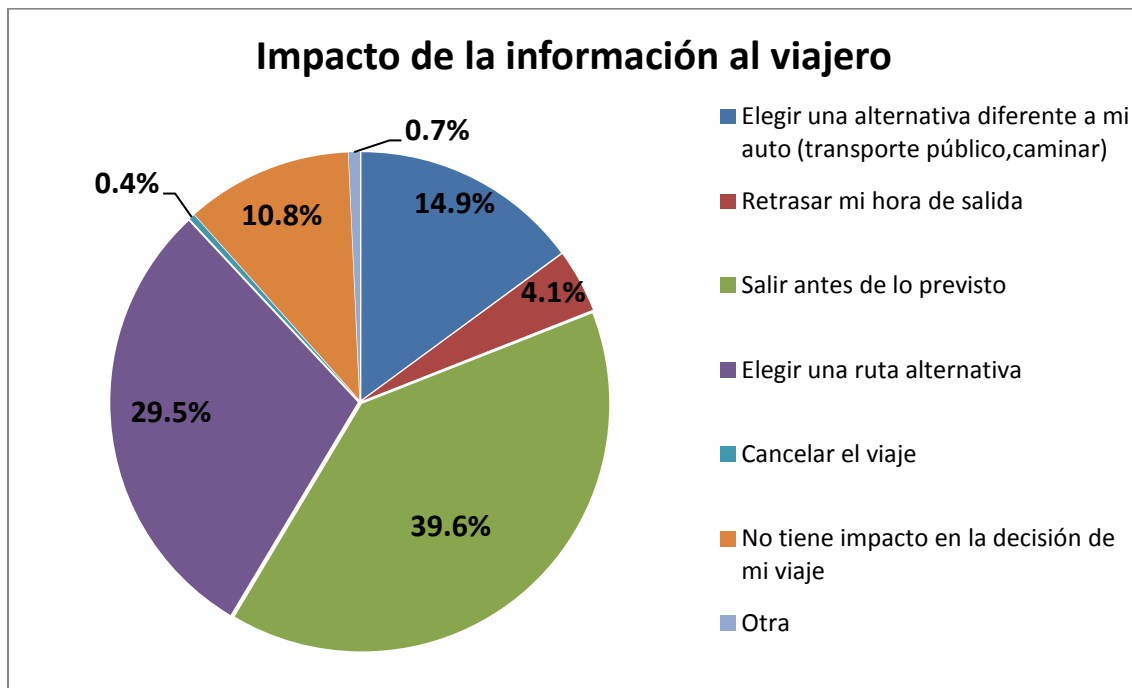
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

3.2.2.4. Información al viajero y cambio de ruta

Los factores más importantes que afectan el comportamiento de desviación en la ruta del viajero son: el tiempo de viaje en la ruta actual y en las rutas alternativas, el conocimiento de los niveles de congestión y el propósito del viaje. Entre estos atributos el tiempo de viaje es considerado el más importante.

En algunos estudios, los investigadores propusieron una noción de “tiempo de viaje previsto” debido a la subjetividad del tiempo de viaje en el cual se basa la decisión del conductor (Fujii y Kitamura 2000). Los estudios sugieren que la información al viajero influirá en el juicio de los conductores sobre el tiempo de viaje previsto y finalmente influirá en la elección de ruta de los conductores. En esta encuesta, se diseñaron varias preguntas para investigar el impacto potencial de la información al viajero en el cambio de ruta del conductor.

Cuando se preguntó acerca del impacto de la información al viajero en el comportamiento del viaje, casi el 40% de los encuestados declaró que saldrían antes de lo previsto, seguido por el 30% que cambiaría de ruta, mientras que un 15% indicó que elegiría una forma alternativa de transporte diferente al automóvil, como transporte público o caminar y un 11% reportó que no influiría en sus decisiones de viaje. La Gráfica 3.14 muestra los datos obtenidos del impacto de la información al viajero en las decisiones del viaje.



Gráfica 3.13 Impacto de la información al viajero en el comportamiento del viaje

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

La Tabla 3.8 presenta la probabilidad de que los viajeros a Ciudad Universitaria cambien de ruta después de haber recibido cierto tipo de información al viajero.

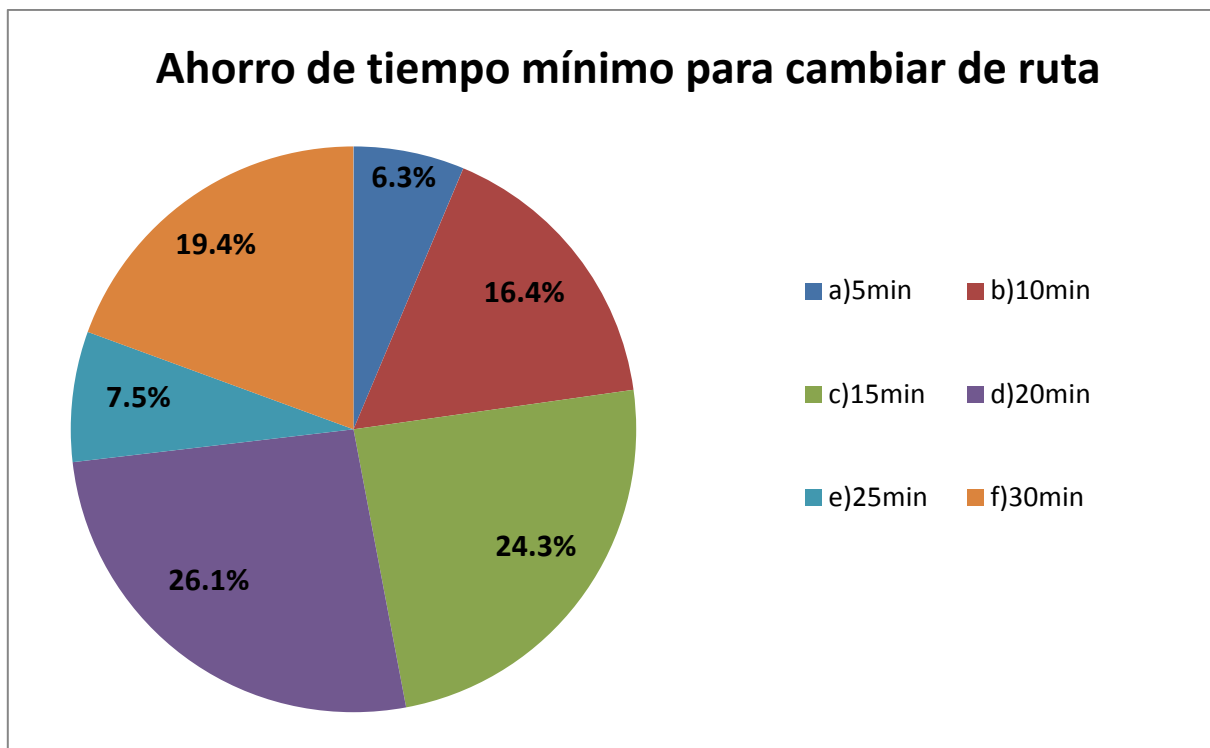
Por ejemplo, se aprecia que aproximadamente el 61% de los encuestados es probable o muy probable que busquen una ruta alternativa si se les informa que las vialidades de su ruta regular están congestionadas, 53% de los encuestados respondieron que es probable o muy probable que cambien su ruta si la información al viajero indica que hay accidentes en su camino, 52% respondió que es probable o muy probable que cambien su ruta si la información recomienda una ruta alternativa, un 46% indicó que es probable o muy probable que si se les informa que el tiempo de viaje en una ruta alternativa es más corto que el de su ruta actual tomarían esta alternativa.

Tabla 3.8 Impacto potencial de la información al viajero en el cambio de ruta

Contenido de la información al viajero	Probabilidad de cambio de ruta (%)				
	Muy improbable	Improbable	Neutral	Probable	Muy probable
Obras viales/ tramos en reparación	31	8	19	21	22
Cierre de carriles	23	7	20	34	17
Advertencia de peligro en las vialidades	22	6	29	28	14
Accidentes	16	7	24	34	20
Vialidades congestionadas	15	4	19	33	28
Tiempo estimado de viaje	16	12	26	27	19
Rutas alternativas	18	7	23	29	23
Estado del tiempo (clima)	25	12	29	24	10

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

El ahorro de tiempo es claramente un gran incentivo para cambiar de ruta, sin embargo, poco se ha encontrado en la literatura sobre cuál es el ahorro de tiempo mínimo que haría que los viajeros decidieran cambiar a una ruta nueva. La Gráfica 3.15 presenta los ahorros de tiempo mínimos que harían cambiar de ruta a los encuestados. Puede verse que la mayoría de los encuestados espera ahorrarse al menos de 15 a 20 minutos para tomar la decisión de cambio de ruta.



Gráfica 3.14 Ahorro de tiempo mínimo para cambiar de ruta

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

Considerando que el ahorro de tiempo es también un ahorro económico, el Instituto Mexicano del Transporte, IMT, realizó un trabajo de investigación para obtener la estimación del valor económico del tiempo de los usuarios de la infraestructura de transporte carretero en México.

En esta investigación se encontró que el valor del tiempo de los usuarios del sistema de transporte carretero es de gran utilidad en los estudios de asignación de tránsito de una red de caminos, así como en los estudios de rentabilidad económica de proyectos de inversión, ya que los beneficios que se presentan por ahorros de tiempo de recorrido pueden ser cuantificados a partir de las estimaciones del valor del tiempo de los pasajeros que utilizan este modo de transporte (Instituto Mexicano del Transporte 2012).

De acuerdo al análisis obtenido por el IMT, la estimación del valor promedio general nacional para una hora de viaje en la red carretera en el 2012 fue de \$34.41/h, cuando es realizado por motivo de trabajo. Mientras que el valor del tiempo para viajes por motivos de placer fue de \$20.64/h.

En el caso de la población que recibió más de 3 salarios mínimos, su valoración del tiempo superó en un 72.96% al promedio general nacional, al pasar de

\$34.41/h a \$59.58/h. La población de este segmento representó 38.70% del total de la población ocupada con ingresos, es decir, 13.95 millones de personas con ingreso mayor a 3 salarios mínimos.

Por su parte, el total de la población que recibió más de 5 salarios mínimos fue de 5.9 millones de personas, 16.66% del total de la población ocupada con ingresos, para la cual se estimó un valor horario del tiempo de \$84.21, es decir, 145% mayor al promedio general del ingreso del total de la población ocupada con ingresos.

La información del IMT indica que debido a que el cálculo de valoración del tiempo de los pasajeros es función directa del salario mínimo, el crecimiento presentado entre 2012 y 2013 fue de 3.9%, tasa idéntica al crecimiento del salario mínimo. Por ello se puede aplicar esta tasa de crecimiento del salario mínimo del 3.9% para actualizar el valor del tiempo en este año 2013.

Por lo tanto, el valor del tiempo estimado de los pasajeros que circulan por las carreteras mexicanas en este año es de \$35.75 por hora para viajes de trabajo, y \$21.44 para viajes por motivo de placer.

La Tabla 3.9 y Tabla 3.10 nos muestran un resumen del valor económico del tiempo de los usuarios de infraestructura carretera en el país para los años 2012 y 2013.

Tabla 3.9 Valor del tiempo de los usuarios de la red carretera en el año 2012

Población ocupada con ingresos. Año 2012	Motivo del viaje	
	Por trabajo	Por placer
General Nacional (total)	\$34.41/h	\$20.64/h
Más de 3 salarios mínimos	\$59.58/h	\$35.69/h
Más de 5 salarios mínimos	\$84.21/h	\$50.63/h

Fuente: Elaboración propia con base en la información proporcionada por el IMT.

Tabla 3.10 Valor del tiempo de los usuarios de la red carretera en el año 2013

Población ocupada con ingresos. Año 2013	Motivo del viaje	
	Por trabajo	Por placer
General Nacional (total)	\$35.75/h	\$21.44/h
Más de 3 salarios mínimos	\$61.90/h	\$37.08/h
Más de 5 salarios mínimos	\$87.49/h	\$52.50/h

Fuente: Elaboración propia con base en la información proporcionada por el IMT.

3.2.2.5. Actitud de los viajeros ante vías urbanas de cuota

La gente está intrínsecamente poco dispuesta a cambiar sus patrones de viaje, incluyendo el tiempo de partida, modo y ruta. Cuando un viajero se enfrenta a la disyuntiva de un camino con cuota y otro libre, la vía de peaje es normalmente menos atractiva debido al evidente costo adicional. Sin embargo, en muchas situaciones, la información al viajero puede ayudar a vencer la renuencia a modificar los patrones de viaje.

Estudios anteriores y esta encuesta han encontrado que las demoras inesperadas aumentarán la aceptación a cambiar de ruta y que los conductores que están bajo presión de tiempo, tratarán de evitar las congestiones cambiando a rutas alternativas. Cuando se le informa a un conductor que la condición del tráfico de su ruta frecuente es peor de lo habitual, será más probable que cambie a una ruta alterna. Los factores significativos que podrían afectar al decidir el cambio de ruta han sido identificados:

- Niveles de congestión en rutas alternas.
- Tiempo de viaje de la ruta habitual contra el de la ruta alterna.
- Saber el tiempo de recorrido de la ruta alterna.
- Existencia de información transmitida por la radio.

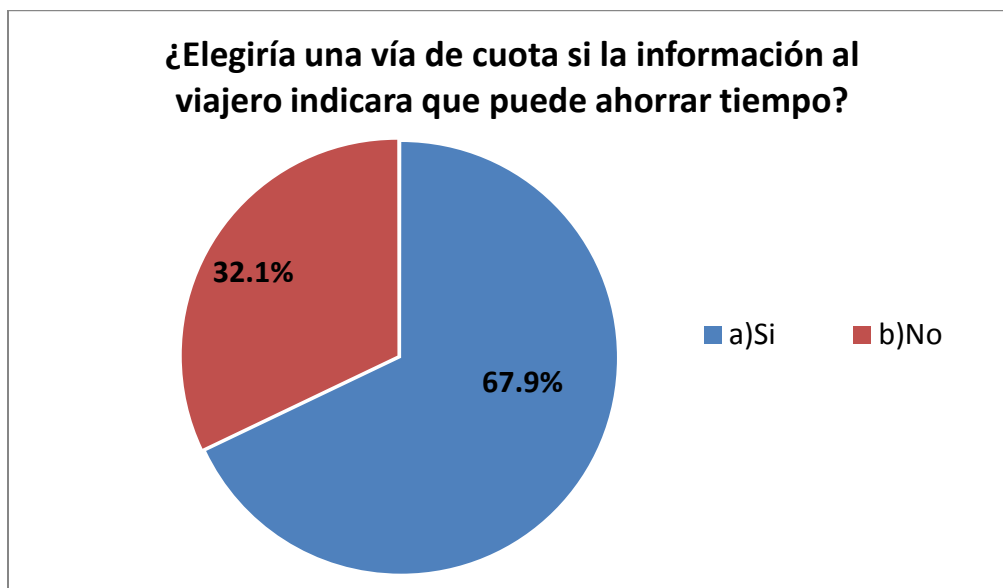
El impacto de estos factores es confirmado por esta encuesta, ver Tabla 3.8 .Los resultados confirman el potencial del uso de los Sistemas Avanzados de Información al Viajero para informar sobre congestiones y demoras, a fin de alentar a los viajeros a cambiar a rutas alternas, incluyendo a aquellas de cuota.

Para conocer la aceptación de los viajeros a usar vías urbanas de cuota, se les preguntó a los encuestados cuánto estarían dispuestos a pagar por ahorrar el tiempo mencionado de la Grafica 3.15. Los resultados demuestran que el 18% de los encuestados no está dispuesto a pagar, mientras que el resto indicó que estarían dispuesto a pagar una cuota que va desde los \$0.50 pesos hasta los \$100 pesos, con la mayoría que prefiere pagar menos de \$10 pesos por ahorrar tiempo.

Para los encuestados que están dispuestos a pagar, la cantidad promedio es de \$21.16 pesos para un ahorro de tiempo esperado promedio de 17.5 minutos, lo que es equivalente a pagar \$72.50 pesos por hora o a \$12.08 pesos por cada 10 minutos.

Cuando se les preguntó a los encuestados si usarían una vía de cuota cuando la información al viajero así lo sugiriera para ahorrar tiempo, el 68% indicó que sí lo

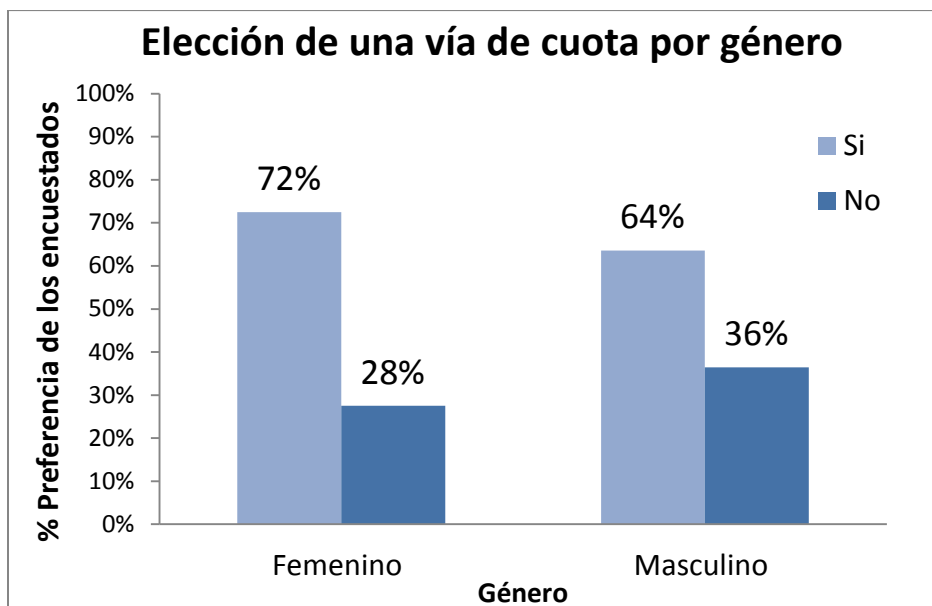
haría, mientras que el 32% respondió que la vía de cuota no era una opción, podemos observar estos resultados en la Gráfica 3.16.



Gráfica 3.15 Elección de vías de cuota para ahorrar tiempo.

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

La Gráfica 3.17 muestra que, si lo indica la información al viajero, las mujeres son más propensas que los hombres a elegir una vía de cuota.



Gráfica 3.16 Probabilidad de elegir una vía de cuota por género

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

La Tabla 3.11 ilustra que como aumenta el nivel de ingresos, el porcentaje de encuestados dispuestos a elegir vías con cuota también aumenta, hay una excepción en los encuestados con mayor ingreso, donde la gran mayoría no usaría vías de cuota.

Tabla 3.11 Disposición de los viajeros a elegir vías de cuota por nivel de ingresos

Ingreso mensual	Elección de vía de peaje si lo indica la información al viajero	
	Si	No
Menos de \$3000	67% (96 encuestados)	33% (47 encuestados)
De \$3000 a \$6000	63% (27 encuestados)	37% (16 encuestados)
De \$6000 a \$9000	74% (39 encuestados)	26% (14 encuestados)
De \$9000 a 12000	67% (6 encuestados)	33% (3 encuestados)
Más de 12000	26% (5 encuestados)	74% (14 encuestados)

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

En la Tabla 3.12 se puede observar la aceptación del uso de vías urbanas de cuota con respecto a la edad de los participantes. En general hay un aumento de aceptación en el uso de vías de cuota conforme la edad se incrementa, solo el grupo de personas de entre 25 a 34 años se muestran renuentes al uso de estas vías.

Tabla 3.12 Disposición de los viajeros a elegir vías de peaje por su edad

Edad	Elección de una vía de peaje si la información al viajero lo indica	
	Si	No
15-19años	74% (32 encuestados)	26% (11 encuestados)
20-24años	69% (123 encuestados)	31% (55 encuestados)
25-34años	40% (10 encuestados)	60% (15 encuestados)
35-44años	73% (8 encuestados)	27% (3 encuestados)
45-54años	88% (7 encuestados)	13% (1 encuestado)
55-59años	100% (1 encuestado)	0% (0 encuestados)
60-64años	100% (1 encuestado)	0% (0 encuestados)

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

Finalmente en la Tabla 3.13 se indica la influencia del nivel de estudios en el uso de las vías de peaje, se observa que a mayor escolaridad, mayor será la aceptación a usar estas vías.

Tabla 3.13 Disposición de los viajeros a elegir vías de peaje por su escolaridad

Escolaridad	Elección de una vía de peaje si la información al viajero lo indica	
	Si	No
Preparatoria o bachillerato	65% (123 encuestados)	35% (66 encuestados)
Licenciatura	75% (52 encuestados)	25% (17 encuestados)
Estudios de posgrado	78% (7 encuestados)	22% (2 encuestados)

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

3.2.3. Resumen de los resultados

Los resultados más destacables obtenidos de los datos de la encuesta se resumen de la siguiente manera:

- 1) Alrededor del 55% de los encuestados indican que están lo suficientemente familiarizados con la red vial para acceder a Ciudad Universitaria, por lo cual pueden encontrar una ruta alternativa si es necesario. Por otra parte, el 68% de los encuestados elegiría una vía de cuota si la información al viajero se lo sugiriera para ahorrar tiempo.
- 2) Los viajeros tienen más presión en el tiempo de viaje durante las horas pico de la mañana, como consecuencia, buscan información al viajero más frecuentemente en estas horas que en las de la tarde. Sin embargo, la mayoría de los viajeros buscan la información tanto en la mañana como en la tarde.
- 3) La información al viajero solicitada por la mayoría como preferente incluye las vialidades congestionadas, tiempo estimado de viaje y rutas alternativas.
- 4) Aunque la televisión y la radio son actualmente los medios más utilizados por los viajeros para recibir información de tráfico, los resultados de la encuesta muestran que la tecnología celular y las tecnologías en el vehículo tienen gran potencial en la entrega de información al viajero.
- 5) La mayoría de los participantes de la encuesta, el 40%, prefiere “salir antes de lo previsto” como respuesta a la información al viajero recibida, mientras

que el 30% prefiere “elegir una ruta alternativa”. Estos porcentajes son mucho mayores que los de las personas que prefieren “elegir una ruta alternativa al auto” o “no tiene impacto en la decisión de mi viaje”.

- 6) La mayoría de los encuestados, el 50.5%, indica que espera ahorrarse entre 15 y 20 minutos al cambiar su ruta. El ahorro de tiempo previsto representa el 70% del tiempo que invierten en sus viajes de ida o de regreso.
- 7) Alrededor del 82% de los encuestados indicaron que pagarían para ahorrar tiempo de viaje. Aquellos que respondieron que estarían dispuestos a pagar, la cantidad promedio es de \$21.16, con un ahorro de tiempo promedio esperado de 17.5 minutos, lo que es equivalente a pagar \$72.50 pesos por hora o a \$12.08 pesos por cada 10 minutos.
- 8) El 68% de los encuestados respondió que elegiría una vía de cuota si la información al viajero lo recomendara para ahorrar tiempo.

En el capítulo siguiente se presenta un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos en la encuesta.

Capítulo 4. Resultados obtenidos y recomendaciones

El objetivo del estudio es examinar las preferencias de los viajeros de Ciudad Universitaria acerca de los ATIS y cómo el uso de esta información afectará en el comportamiento de viaje en el contexto de las vías urbanas de cuota. En particular el estudio analiza:

- El tipo de información que influye en las decisiones de los viajeros.
- Las necesidades de los encuestados en la información al viajero.
- El valor de la información.
- La información al viajero y su influencia en las vías urbanas de cuota.

Distribución geográfica

De acuerdo a la distribución geográfica de los participantes de la encuesta podemos observar que casi el 85% de las personas que viajan a Ciudad Universitaria viven en la Ciudad de México, mientras que un 14% pertenece a los municipios vecinos en el Estado de México y el resto, 1%, viaja desde otros estados como Hidalgo y Morelos. Pese a que la mayor parte de las personas que viajan a Ciudad Universitaria viven en la Ciudad de México, pertenecen a diferentes delegaciones y zonas, además se puede observar que hay quienes viajan desde otros estados, es decir, la procedencia de la población es diversa.

Características demográficas

Entre las características demográficas de los participantes se encontró que la mayoría de ellos, con casi un 67%, pertenece al grupo de entre 20 y 24 años de edad, el segundo grupo predominante, con un 16%, son personas de entre 15 a 19 años, y el resto, 17%, se encuentran en el rango de 25 a 55 años. El motivo por el cual el grupo de 20 a 24 años es el más numeroso, se debe a que del total de la muestra, el 77% son estudiantes de tiempo completo, mientras que casi el 9% son empleados de medio tiempo y cerca del 8% empleados de tiempo completo, el resto, 6%, tienen una situación laboral diferente.

Los hogares de los participantes están formados en su mayoría por 4 integrantes donde en general hay 2 conductores por cada casa y sólo un vehículo. Además, el 84% de los participantes no tiene hijos porque en su mayoría son estudiantes solteros.

Patrones de desplazamiento de los viajeros

La mayoría de los encuestados viaja 5 días a la semana durante las horas pico, ya sea de la mañana o de la tarde y el motivo principal es asistir a la escuela (78%), cifra que concuerda con la ocupación de la mayoría del grupo de encuestados, el segundo motivo de hacer el viaje es por trabajo (casi 13%), los demás participantes (9%) se desplazan por otros motivos como ir de compras, recreación o por el cuidado de sus hijos.

En promedio las personas viajan 17.7 kilómetros durante las horas pico para llegar a Ciudad Universitaria y la forma de hacerlo para la mayoría que representa el 74% es en transporte público, mientras que casi el 22% lo hace en automóvil, el 4% restante prefiere caminar, ir en bici o en motocicleta. Lo cual indica que el transporte público es un sector que se vería beneficiado con la implementación de los Sistemas Avanzados de Información al Viajero.

Estar familiarizado con el sistema local de vialidades es un factor fundamental para poder encontrar rutas alternativas en caso de que se presente una eventualidad en la ruta frecuente. El 55% de los encuestados declaró conocer bien el sistema local, mientras que el 45% indicó lo contrario. Los Sistemas Avanzados de Información al Viajero podrían guiar a las personas que no conocen lo suficientemente bien el sistema local vial por rutas más eficientes.

El acceso a Ciudad Universitaria puede hacerse por diferentes vialidades, pero la más utilizada es el Eje 10 Copilco. Con ayuda de los Sistemas Avanzados de Información al Viajero se podría saber con certeza cuál de los accesos es el más conveniente en ese momento.

El tiempo promedio para llegar al destino durante las horas pico, tanto en el viaje de ida como en el de regreso, está entre 1hr y 1.5hr. Se observó que por lo general tiene mayor duración el viaje de ida que el de regreso. Esto puede ser debido a que el mayor porcentaje de los encuestados necesita arribar a su destino a las 7 a.m. Las horas promedio de llegada a los destinos de los viajeros son: las 8:20 a.m. y las 6:00 p.m.

Uso de la información al viajero

Las personas se muestran con poco interés para buscar información al viajero con los medios que existen actualmente, el 64% de ellas indica que nunca busca información por la mañana, mientras que el 29% lo hace algunas veces, 4% con bastante frecuencia y sólo el 3% busca muy frecuentemente la información. Por la tarde se incrementa el porcentaje de personas que nunca buscan información al

viajero (72%), el 21% indica que algunas veces busca información, 5% lo hace con bastante frecuencia y sólo el 2% lo hace muy frecuentemente. Para aumentar el uso de la información al viajero es necesario que existan más alternativas para buscar y recibir la información.

Como se mencionó anteriormente, la búsqueda de información al viajero puede hacerse en diferentes etapas del viaje, los resultados indican que las personas son más propensas a buscar información en la etapa previa al viaje (47%), seguidas de las que lo hacen mientras están en la ruta (28%). También están las personas que hacen la consulta en ambas situaciones (15%) y las que nunca lo hacen (10%).

La información al viajero más relevante para las personas en orden de importancia son: las vialidades congestionadas, los tiempos estimados de viaje y las rutas alternativas. Otro factor importante a considerar es la hora en la que se busca información, por ejemplo, en la mañana la información más relevante son las vialidades congestionadas y por la tarde son las obras viales o tramos en reparación. Además, se observó que es notablemente más alto el número de personas que busca información por la mañana, esto es resultado de que la hora de entrada de los encuestados en el trabajo o en la escuela es a las 7:00 a.m.

Actualmente la forma más utilizada para recibir información al viajero es la radio, debido a lo accesible que resulta este medio, además en nuestro país es una de las pocas maneras de entregar la información, en contraste con la preferencia de la gente que desearía recibir la información al viajero por medio del celular.

Información al viajero y cambio de ruta.

La información al viajero influye en las decisiones del viaje, el principal impacto que tiene la información es hacer que las personas salgan antes de lo previsto, seguido de elegir una ruta alternativa para el viaje. Es casi nulo el porcentaje de gente que cancelaría su viaje por influencia de la información al viajero.

La información que más influencia tiene sobre los viajeros para cambiar de ruta es cuando se les informa que las vialidades están congestionadas, seguida de la existencia de rutas alternativas que indican un menor tiempo de viaje. El uso de los ATIS que cuente con este tipo de datos puede informar a los viajeros sobre las condiciones de una vía sin cuota y otra con cuota.

Se encontró que el tiempo mínimo promedio que esperarían ahorrarse los viajeros para cambiar de ruta es de 15 a 20 minutos. Ahorrar tiempo es uno de los factores que más influencia tiene sobre los viajeros para tomar esta decisión.

Actitud de los viajeros ante vías urbanas de cuota

Los Sistemas Avanzados de Información al Viajero son un factor importante para promover el uso de las vías urbanas de cuota ya que informan sobre las condiciones de las vialidades y así el viajero puede tomar una decisión más informada y decidir si prefiere pagar una cuota para ahorrar tiempo. La cantidad promedio que las personas estarían dispuestas a pagar para obtener un ahorro de tiempo de 10 minutos es de \$12.08 pesos. Esta cifra representa el valor que los viajeros de Ciudad Universitaria le dan al tiempo de viaje personal.

Las probabilidades de que una persona elija una vía de cuota dependiendo de que la información al viajero se lo recomiende, son del 68% y este dato varía según sea el género, nivel de ingresos, edad o nivel de estudios de las personas.

Los resultados indican que si la información al viajero recomienda el uso de una vía de cuota, entonces:

- Las mujeres tienen mayor aceptación que los hombres.
- Las personas con mayor nivel de ingresos muestran más aceptación.
- Hay un aumento de aceptación conforme la edad se incrementa.
- A mayor nivel de estudios, mayor será la aceptación a usar estas vías.

Por lo tanto hay una gran oportunidad de utilizar los ATIS para mejorar las operaciones de la red de vías urbanas de cuota y sin cuota.

Capítulo 5. Conclusiones

Uno de los objetivos de la tesis se centra en evaluar la aceptación del uso de los Sistemas Avanzados de Información al Viajero para las personas con destino a Ciudad Universitaria, y se utilizó como herramienta la aplicación de la encuesta, con la cual fue posible determinar que las personas están dispuestas a hacer uso de los ATIS, ya que el porcentaje de personas que no utilizan los ATIS bajó del 24% al 0% cuando se planteó la posibilidad de que existiera la información por diferentes medios como radio, televisión, periódico, internet, señales de mensaje variable y celular. Estos datos nos indican que es necesario que los ATIS cubran todos los medios posibles para transmitir la información.

En nuestro país el desarrollo de los ATIS se encuentra rezagado en comparación con otros países como EUA o Japón, además de que es poca la investigación que existe para la implementación de nuevos sistemas que cumplan con las necesidades de los viajeros mexicanos. El celular puede ser un mercado importante para impulsar el uso de los ATIS, pues de acuerdo a los resultados de la encuesta es el medio preferido por la gente para recibir información; actualmente ya existen algunas aplicaciones para el celular que brindan información al viajero y que muestran gran aceptación por parte de los usuarios.

Para lograr que la aceptación de los ATIS se incremente, es necesario apostar en la calidad del servicio de información. La frecuencia de actualización de los datos deber ser tal que refleje las condiciones actuales en la red de transporte para generar mayor certeza en los viajeros. Otro factor que debe considerarse es el uso de ATIS que generen bajo costo de implementación y tengan un amplio alcance de fuente, como es el caso de las redes sociales.

El segundo objetivo de la tesis fue evaluar la aceptación de las vías urbanas de cuota para acceder a Ciudad Universitaria y los datos indican que la información al viajero tiene gran influencia para hacer que las personas utilicen estas vías para ahorrar tiempo. Se encontró que existe una diferencia de \$15.01 entre el valor que los usuarios le dan a su tiempo y el que está estimado por el IMT. Los viajeros le atribuyen un valor de \$72.48 a su tiempo por cada hora que pasan en el transporte para ir a trabajar y el valor que proporciona el IMT por el uso de la red carretera para este año es de \$87.49/h (Para personas que viajan por motivo de trabajo y además tienen un ingreso de más de 5 salarios mínimos, que es aproximadamente \$6,300 al mes).

Con base en los resultados obtenidos de la encuesta, se observó que es muy alto el porcentaje de viajeros que utiliza el transporte público, por este motivo la

implementación de Sistemas Avanzados de Información al Viajero favorecería a este sector, lo que podría verse reflejado en el aumento de calidad en el servicio y mejor utilización de las vialidades. El sector público es un mercado potencial para el desarrollo de los ATIS, éstos podrían comparar los tiempos estimados de viaje utilizando transporte público y un vehículo particular, de esta forma los viajeros podrían elegir el modo de viaje más conveniente y optimizar su tiempo.

Uno de los enfoques tradicionales en la ingeniería civil para resolver problemas en el área de transporte ha sido construir o ampliar las calles y caminos existentes, pero debido a lo poco viable que resulta esta alternativa es necesario pensar en los ATIS como una solución para optimizar la capacidad de la red vial existente sin necesidad de construir. Los ATIS son una herramienta básica para mejorar las condiciones del transporte y su éxito actual y futuro se basa en el agotamiento de otras soluciones incapaces de resolver por sí mismas el problema de eficiencia y capacidad, aunado a la reducción de costos y a la calidad de vida que reclama mayor seguridad y valora el tiempo.

Una estrategia de los ATIS para aumentar la capacidad de las redes de transporte es promover el desarrollo de las vías urbanas de cuota lo cual se traduce en una mayor movilidad (el tiempo en desplazarse de un lugar a otro disminuye), mejora de la seguridad y reducción de la contaminación en todo el sistema.

Es importante resaltar el compromiso de la ingeniería civil con el cuidado del medio ambiente y un ejemplo son los llamados ATIS verdes que representan una solución congruente. Estos sistemas buscan reducir el consumo de combustible con un comportamiento de manejo amigable con el medio ambiente para disminuir la producción excesiva de emisiones y bajar los costos del uso de combustible para los usuarios.

En la tesis pudo estimarse el valor del tiempo de los usuarios del sistema de transporte, este dato es de gran utilidad en los estudios de asignación de tránsito de una red vial así como en los estudios de rentabilidad económica de proyectos de inversión debido a que los beneficios de ahorrar tiempo de viaje se pueden cuantificar a partir de la estimación del valor del tiempo de los pasajeros que utilizan el transporte.

Referencias

Abdel-Aty, M., Vaughn, K.M., Kitamura, R., and Jovanis, P., 1996. Understanding the effects of ATIS on Commuters' Route Choice Decisions. Proceedings of ITS America Conference, Houston, TX.

Autoradio Navegador, 2011. Disponible en:
<<http://tienda.autoradiocar.com/autoradio-navegador-audi-a4-con-gps-tdt-dvd-hd-p-83.html>>. [13 Junio 2013].

Balke, K.N., et al., 1995. Benefits of Real Time Travel Information in Houston, Texas. SWUTC/95/60010-1.

Caminos y Puentes Federales 2012, Servicios Carreteros, Disponible en:
<<http://www.capufe.gob.mx/portal/site/wwwCapufe/menuitem.c7c51f4d931a9ce05a034bd7316d8a0c/>>. [7 Marzo 2013].

Comisión de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos 2003, *Libro Verde de los Sistemas Inteligentes de Transporte Terrestre*, Madrid, España.

Correos de México 2013, *Consulta códigos postales*. Disponible en:
<<http://www.sepomex.gob.mx/servicioslinea/paginas/ccpostales.aspx>>. [8 Agosto 2013].

Dirección General de Planeación Universidad Nacional Autónoma de México, *Agenda Estadística 2012*, Disponible en:
<<http://www.planeacion.unam.mx/Agenda/2012/>>, [12 Mayo 2013].

Fideicomiso para el Mejoramiento de las Vías de Comunicación del Distrito Federal s.f., *Diagnóstico de la movilidad de las personas en la Ciudad de México*, Disponible en:
<<http://www.fimevic.df.gob.mx/problemas/1diagnostico.htm>>. [12 Mayo 2013].

Fujii, S., and R. Kitamura. 2000. Anticipated travel time, information acquisition, and actual experience: Hanshin Expressway route closure, Osaka-Sakai, Japan. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1725: 79-85.

Giosa, D 2003, *Sistemas de Información de Tráfico*. Universidad de la República Oriental del Uruguay, Uruguay.

Hall, R.W. 1999. *Handbook of transportation science*. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.

Información de tráfico y clima cada 15 minutos, 2013. Disponible en:

<<https://twitter.com/trafico889> . [13 Junio 2013].

Instituto Mexicano del Transporte, *Hacia una arquitectura nacional para los sistemas inteligentes de transporte 2004*, Publicación Técnica No 251, México. Disponible en:

<<http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt251.pdf>>

[12 Mayo 2013].

Instituto Mexicano del Transporte 2012, *Actualización de la metodología para estimar el valor del tiempo de los usuarios de la red carretera nacional*, México, Disponible en:

<<http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt381.pdf>>

[20 Mayo 2013]

Instituto Mexicano del Transporte, *Seguridad vial 2013*, Disponible en:

<http://www.imt.mx/sitioimt/Seguridad/ServiciosTecnologicos/SistIntTrans/frmSistIntTrans.aspx?ID_CON_Seccion=14&Pagina=498&Ruta=Seguridad%20vial/Sistemas%20Inteligentes&ID_CON_Menu=471> [5 marzo 2013].

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, *Accidentes viales 2011*, Disponible

en:<http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?proy=atus_accidentes?s=est> [12 Mayo 2013].

Intelligent Transportation Primer. Institute of Transportation Engineers, ITS America and USDOT. Libro publicado por el Institute of Transportation Engineers. 2000. ISBN 0-935403-45-0.

Khattak, A.J., Yim, Y., and Stalker, L., 1999. Does travel information influence commuter and noncommuter behavior? Results from the San Francisco Bay Area TravInfo project. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1694: 48-58.

Kim, K.S. and Vandebona, U., 1999. User Requirements and Willingness to Pay for Traffic Information Systems: Case Study of Sydney, Australia. *Transportation Research Record* 1694, pp.42-47, Washington, D.C.

Lappin, J. *Advanced Traveler Information Service (ATIS): Who are ATIS Customers?*. US Department of Transportation. January 2000. Disponible en:

<http://www.its.dot.gov/itsweb/EDL_webpages/webpages/SearchPages/Alpha_Search.cfm>Número: 12285.

Lockheed Martin Federal Systems, Odetics Intelligent Transportation Systems Division, 1996 . ITS Performance and Benefit Study. Report prepared for FHWA, USDOT, Washington, D.C.

- Mapa de Colombia para GPS, 2011. Disponible en:
<<http://www.preciolandia.com/co/mapa-de-colombia-para-gps-garmin-mas-poi-d4kb3-a.html>>. [13 Junio 2013].
- Mehndiratta, S.R., Kemp, M.A., Lappin, J.E., and Nierenberg, E., 2000. Likely Users of Advanced Traveler Information Systems. Transportation Research Record 1739, pp.15-24, Washington, D.C.
- Metropolitan Transportation Authority of New York 2013. Disponible en:
<<http://new.mta.info/>>.
- Mitretek Systems 2011, *Intelligent Transportation Systems Benefits and Costs, Deployment, and Lessons Learned Desk Reference: September 2011 Update*. Disponible en:
<[http://www.benefitcost.its.dot.gov/its/benecost.nsf/images/Reports/\\$File/Be_n_Cost_Less_Depl_2011%20Update.pdf](http://www.benefitcost.its.dot.gov/its/benecost.nsf/images/Reports/$File/Be_n_Cost_Less_Depl_2011%20Update.pdf)>. [17 Mayo 2013].
- Ng, L., W. Barfield, and F. Mannering, 1995. A Survey-Based Methodology to Determine Information Requirements for Advanced Traveler Information Systems. Presented at 74th Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington, D.C.
- Persad, 2006, Persad, K., Walton, C.M., and Hussain, S., 2006. *Toll Collection Technology and Best Practices*. TxDOT Research Product 0-5217-P1.
- Red por infrarrojos, 2012. Disponible en:
<<http://gonzalezoronabrendalizeth.blogspot.mx/2012/09/disena-e-instala-redes-lan-de-acuerdo.html>>. [26 Agosto 2013].
- Revista técnica de Centro Zaragoza 2010, *ITS: Sistemas Inteligentes de Transporte*. Disponible en:
<<http://www.supermotor.com/revista/seguridad-vial/274517/sistemas-inteligentes-transporte-traffic-informacion-tecnologias.html>>.
[15 Mayo 2013].
- Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad de México 2013. Disponible en: <<http://www.metro.df.gob.mx/tucamino2/indexesp.html>>. [23 Abril 2013].
- Springer 2011, *User Needs in Green ITS: Results of a Questionnaire Survey and Proposal for Green ITS Design*. Disponible en:
<<http://link.springer.com/article/10.1007/s13177-011-0041-1/fulltext.html>>.
[12 Mayo 2013].
- Supernak et al., 2002 "San Diego's I-15 Congestion Pricing Project – Attitudinal, Behavioral and Institutional Issues," Transportation Research Record 1812, pp78-86, Washington, D.C.

- Telcel, Iusacel y Unefón, 2013. Disponible en:
<<http://redesquintopoder.com/?p=5625>>. [13 Junio 2013].
- US Department of Transportation 2012, *Preguntas Frecuentes*, Disponible en:
<<http://www.its.dot.gov/faqs.html>> [5 marzo 2013].
- US Department of Transportation 2012, *Review of Existing Literature and Deployment Tracking Surveys. Decision Factors Influencing ITS Adoption*. FHWA-JPO-12-043. Disponible en:
<www.its.dot.gov/index.htm>. [23 Abril 2013]
- Wolinetz, L.D., Khattak, A.J., and Yim, Y., 2001. Why Will Some Individuals Pay for Travel Information When It Can Be Free?: Analysis of a Bay Area Traveler Survey. Transportation Research Record 1759, pp.9-18, Washington, D.C
- Wunderlich, K., Bunch, J. and Larkin, J., 2000. Seattle Metropolitan Model deployment Initiative Evaluation. Transportation Research Record 1739, pp.35-43, Washington, D.C.
- Yang, C.Y., Fricker, J.D., and Kuczek, T., 1998. Designing Advanced Traveler Information Systems from a Driver's Perspective: Results of a Driving Simulation Study. Transportation Research Record 1621, pp.20-26, Washington, D.C.
- Yang, C.Y. David, and Fricker, J.D., 2001. Using Human Information Processing Principles to Design Advanced Traveler Information Systems. Transportation Research Record 1759, pp.1-8, Washington, D.C.
- Yim, Y., Hall, R.W., and Weissenberger, S., 1997. TravInfo Evaluation: Traveler Response Element Broad Area Survey. PATH Working Paper UCB-ITS-PWP-97-9, California Department of Transportation, CA.

ANEXO 1

Formato de la encuesta

En el Instituto de Ingeniería de la UNAM estamos realizando una investigación que nos permita conocer los requerimientos de información a los viajeros. Con su colaboración vamos a determinar el tipo de información al viajero más útil para el público y desarrollar sistemas de información al viajero que nos permitirán aliviar la congestión del tráfico. Definimos información al viajero, como noticias o actualizaciones sobre la condición de los viajes en las vialidades que utiliza (por ejemplo, las noticias de accidentes y el flujo de tráfico en general). El cuestionario requiere de aproximadamente 10 a 12 minutos en completarse, y sus respuestas serán confidenciales. Le agradecemos por tomarse el tiempo para hacernos saber su opinión sobre la información al viajero. Si usted tiene alguna pregunta por favor póngase en contacto conmigo en la siguiente dirección de correo electrónico.

M.I. Francisco Granados Villafuerte, P.I. Rubí González Sánchez

(fgranadosv@ii.unam.mx, rgonzalezs@iingen.unam.mx)

Sección 1. Sus patrones de movilidad

En esta sección queremos preguntar acerca de los viajes que hace durante las horas pico. Definimos las horas pico como las horas entre las 7:00- 9:00 a.m. y 6:00 - 8:00 p.m. en días laborables y desde las 10 a.m. a 5 p.m. el fin de semana.

1. ¿Cuántos días a la semana viaja durante las horas pico? (Por favor introduzca un valor en el espacio correspondiente) _____ número de días.
2. Normalmente cuando viaja durante las horas pico, ¿Cuál es el principal propósito(s) del viaje?
 - a) Trabajar
 - b) Escuela
 - c) Cuidado o escuela de los niños
 - d) Recreación/ Social
 - e) Compras
 - f) Médico
 - g) Otro (Especifique): _____
3. ¿Qué tipo de transporte usa con mayor frecuencia cuando viaja durante la mañana y/o las horas pico de la tarde? (Por favor seleccione una respuesta - si utiliza más de un modo, por favor seleccione el que utiliza para la mayoría de sus viajes)
 - a) Automóvil (incluyendo carro o camioneta)
 - b) Transporte público
 - c) Caminar
 - d) Bicicleta
 - e) Motocicleta
 - f) Otro (especifique): _____

4. ¿Cuál de las siguientes vialidades de la zona cercana a CU utiliza con mayor frecuencia en sus viajes durante las horas pico? (Por favor, seleccione todos los que correspondan)
- a) Insurgentes Norte
 - b) Insurgentes Sur
 - c) Periférico Norte
 - d) Periférico Sur
 - e) Eje 10 (Copilco)
 - f) Av. Revolución
 - g) Av. del IMAN
5. ¿Conoce el sistema local de vialidades lo suficientemente bien como para encontrar rutas alternativas cuando es necesario?
Sí _____ No _____
6. Cuando viaja durante las horas pico, ¿Cuál es el tiempo promedio en minutos que le toma llegar hasta su destino final? (Por favor, introduzca un valor numérico en el espacio provisto).
- _____ Número promedio de minutos empleados en el viaje de ida
_____ Número promedio de minutos empleados en el viaje de regreso
7. Cuando viaja durante las horas pico, ¿Cuántos kilómetros viaja en promedio? (Por favor, introduzca un valor numérico en el espacio provisto.)
- _____ Número promedio de kilómetros recorridos en el viaje de ida
_____ Número promedio de kilómetros recorridos en el viaje de regreso
_____ Lo desconozco
8. ¿A qué hora normalmente necesita llegar a su viaje de destino? (Por favor, use una hora y formato de minutos, por ejemplo 08:30 o 10:00, en el espacio provisto.)
- Entre semana: _____ : _____ am
Entre semana: _____ : _____ pm

Sección 2. Uso de la información al viajero

Ahora le preguntaremos acerca de su uso de información al viajero. Definimos información al viajero, como noticias o actualizaciones de la condición de los viajes (por ejemplo, las noticias de accidentes y el flujo de tráfico en general) de las vialidades que utiliza.

1. ¿Con qué frecuencia suele buscar información sobre su viaje durante la mañana y en las horas pico de la tarde?

HORAS PICO	NUNCA	ALGUNAS VECES	CON BASTANTE FRECUENCIA	MUY FRECUENTEMENTE
Mañana	1	2	3	4
Tarde	1	2	3	4

2. ¿Cómo recibe información al viajero en el sistema vial local? (Por favor, seleccione todo lo que corresponda.)

- a) Radio
- b) TV
- c) Periódico local
- d) Internet
- e) Señales de mensajes electrónicos
- f) Otros (Especifique): _____

3. ¿Cuál de las siguientes opciones preferiría usar para recibir información al viajero en el sistema vial local? (Por favor seleccione una respuesta)

- a) Radio
- b) TV
- c) Periódico local
- d) Internet
- e) Señales de mensajes electrónicos
- f) Otros (Especifique): _____

4. ¿Cuándo busca información al viajero?

- a) Antes de partir de su hogar/destino
- b) Mientras está en la ruta
- c) Ambas

5. Si existiera la siguiente información, ¿Qué posibilidad hay de que la buscara para determinar las condiciones del tráfico? (Por favor, marque una calificación para cada tipo de información al viajero)

Información sobre:	Probabilidad de buscar información al viajero				
	Muy improbable	Improbable	Neutral	Probable	Muy probable
Obras viales/ tramos en reparación	1	2	3	4	5
Cierre de carriles	1	2	3	4	5
Advertencias de peligro en las vialidades	1	2	3	4	5
Accidentes	1	2	3	4	5
Vialidades congestionadas	1	2	3	4	5
Tiempo estimado de viaje	1	2	3	4	5
Rutas alternativas	1	2	3	4	5
Estado del tiempo (clima)	1	2	3	4	5
Otros (Especifique)					

6. ¿A qué hora es más importante para usted la siguiente información al viajero?
(Por favor, marque una casilla para cada tipo de información al viajero.)

Información en:	¿Cuándo es más importante la información?			
	A.M.	P.M.	Todo el tiempo	Nunca
Obras viales/ tramos en reparación				
Cierre de carriles				
Advertencias de peligro en las vialidades				
Accidentes				
Vialidades congestionadas				
Tiempo estimado de viaje				
Rutas alternativas				
Estado del tiempo (clima)				
Otros (Especifique)				

7. ¿Cómo afectaría la información que recibiera para ejecutar su viaje? (Por favor seleccione una respuesta)

- a) Elegir una forma alternativa de transporte diferente a mi auto, como transporte público, caminar o el autobús.
- b) Retrasar mi hora de salida.
- c) Salir antes de lo previsto.
- d) Elegir una ruta alternativa.
- e) Cancelar el viaje.
- f) No tiene impacto en la decisión de mi viaje.
- g) Otra (Especifique): _____

Sección 3. Cambio de ruta y valor del tiempo

Ahora vamos a hacerle algunas preguntas acerca de la congestión vial y el cambio a una ruta de viaje alternativa.

1. Para cada tipo de información al viajero listada a continuación por favor indique qué tan probable sería cambiar a otra ruta si ese tipo de información estuviera a su disposición y además supiera que podría afectar a su viaje típico. (Por favor, marque una calificación para cada opción que se enumera a continuación).

Información en:	Probabilidad de cambiar de ruta				
	Muy improbable	Improbable	Neutral	Probable	Muy probable
Obras viales/ tramos en reparación	1	2	3	4	5
Cierre de carriles	1	2	3	4	5
Advertencias de peligro en las vialidades	1	2	3	4	5
Accidentes	1	2	3	4	5
Vialidades congestionadas	1	2	3	4	5
Tiempo estimado de viaje	1	2	3	4	5
Rutas alternativas	1	2	3	4	5
Estado del tiempo (clima)	1	2	3	4	5
Otros (Especifique)					

2. Si supiera que puede ahorrar tiempo al cambiar a una ruta alternativa, ¿Cuál es el mínimo número de minutos de tiempo ahorrado que lo motivaría a cambiar de ruta? (Por favor, seleccione una respuesta)

a. 5min. b. 10 c.15 d.20 e.25 f.30

3. Para ahorrar el tiempo que seleccionó en la pregunta anterior, ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar? _____ (Cantidad en moneda nacional)

4. ¿Elegiría una vialidad de peaje, si la información al viajero dijera que en ella puede ahorrar tiempo?

Sí _____ No _____

Sección 4. Sus datos demográficos

Esta información nos permitirá clasificar las respuestas de la encuesta y hacer comparaciones de los resultados entre diferentes grupos demográficos y las áreas o regiones en una zona. La información no se utilizará para identificar a los encuestados.

1. ¿Cuántas personas viven en su casa, incluyendo a usted?

_____ Número de personas en el hogar.

2. De las personas que viven en su casa, ¿Cuántos manejan?

_____ Número de conductores en el hogar.

3. ¿Cuántos vehículos tiene en su casa?

_____ Número de vehículos en el hogar.

4. ¿Tiene hijos en casa de 0 a 11 años de edad?

Sí _____ No _____

5. ¿Cuál es su código postal actual? _____

6. ¿Cuál es su género?

- a) Masculino
- b) Femenino

7. ¿Cuál es su edad?

- a) 15 a 19 años
- b) 20 a 24 años
- c) 25 a 34 años
- d) 35 a 44 años
- e) 45 a 54 años
- f) 55 a 59 años
- g) 60 a 64 años
- h) 65 o más.

8. ¿Cuál es el nivel educativo más alto que ha completado?

- a) Primaria
- b) Secundaria
- c) Preparatoria o bachillerato
- d) Licenciatura
- e) Estudios de posgrado

9. ¿Cuál es su situación laboral actual?

- a) Empleado de tiempo completo y trabajo desde mi hogar
- b) Empleado de tiempo completo y trabajo fuera de mi hogar
- c) Empleado de medio tiempo y trabajo desde mi hogar
- d) Empleado de medio tiempo y trabajo fuera de mi hogar
- e) Desempleado
- f) Trabajador familiar no remunerado
- g) Estudiante de tiempo completo
- h) Retirado
- i) Otro (Especifique): _____

10. ¿Aproximadamente, cuál es su ingreso total mensual?

- a) Menos de \$3,000
- b) De \$3,000 a \$6,000
- c) De \$6,000 a \$9,000
- d) De \$9,000 a \$12,000
- e) Más de \$12,000