



ISSN 0188-7297



*Certificación ISO 9001:2000 †*

---

---

# **DETERMINACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE EN EL COBRO ELECTRÓNICO DE CUOTAS**

Jorge Artemio Acha Daza

**Publicación Técnica No. 312  
Sanfandila, Qro, 2008**



---

**SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**

**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

**Determinación del estado del arte en el cobro  
electrónico de cuotas**

**Publicación Técnica No. 312  
Sanfandila, Qro, 2008**



---

Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Integración del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte por el Dr Jorge A Acha Daza. Se agradecen los comentarios del Ing Roberto Aguerrebere Salido, Coordinador de Integración del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte.

---



# Índice

---

<b>Índice de tablas y cuadros</b>	III
<b>Resumen</b>	V
<b>Abstract</b>	VII
<b>Resumen ejecutivo</b>	IX
<b>1. Introducción</b>	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Alcances	3
1.3 Objetivos del estudio	3
1.4 Metodología	3
1.5 Estructura del reporte	3
<b>2. Tecnologías Tradicionales de Cobro Electrónico</b>	5
2.1 Introducción	5
2.2 Aplicaciones	6
2.3 Beneficios de un sistema de cobro electrónico	8
2.4 Costos de un sistema de cobro electrónico	10
2.4.1 Costo del sistema de telecomunicaciones al lado del camino (RS-TC)	10
2.4.2 Costo de la plaza de cobro (TP)	12
2.4.3 Costo de la administración de peajes (TA)	12
<b>3. Sistemas de Cobro Electrónico basados en GPS</b>	15
3.1 Introducción	15
3.2 Antecedentes del contrato	15
3.3 Sistema de cobro de cuotas basado en GPS	16
3.4 Contratistas, proveedores y equipo instalado	17
3.5 Sistema dedicado de comunicaciones de corto alcance (DSRC)	18
<b>4. Sistema de Reconocimiento Óptico de Placas</b>	19
4.1 Introducción	19
4.2 Tecnología para captura de imágenes	19
4.2.1 Operación de los sistemas para la captura de imágenes	21
4.2.2 Aspectos a considerar en los sistemas para la captura de imágenes	22

<b>5. Conclusiones</b>	25
<b>Referencias bibliográficas</b>	27
<b>Apéndice. Sistemas de Cobro Electrónico en Operación en las carreteras interestatales de los Estados Unidos de América</b>	29

## Índice de tablas y cuadros

---

Tabla 2.1	Costos unitarios (ajustados) de telecomunicaciones al lado del camino (RS-TC)	11
Tabla 2.2	Costos unitarios de la plaza de cobro (TP)	12
Tabla 2.3	Costos unitarios de la administración de peajes (TA)	12
Cuadro A1	Sistemas de cobro electrónico en los Estados Unidos de América	31



# Resumen

---

El pago electrónico de cuotas en carreteras, puentes y túneles de peaje se considera como una de las aplicaciones más útiles de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS). Su principal beneficio radica en permitir que la operación de cobro por el uso de la infraestructura carretera, se realice sin necesidad de detener completamente el vehículo del usuario; y con algunos sistemas, a las velocidades de operación normales.

El cobro electrónico de cuotas elimina también la necesidad de contar con efectivo en el momento de hacer el pago. Las transacciones se cargan a la cuenta que el usuario mantenga con la entidad operadora del sistema de peaje, y esta cuenta puede liquidarse periódicamente por transferencia electrónica o en las oficinas del operador. Al no existir la necesidad de detener los vehículos, el cobro electrónico reduce el consumo de combustible, mejorando la calidad del aire y disminuyendo los retrasos en las plazas de cuota.

El propósito de esta investigación es actualizar un trabajo previo en el área de las tecnologías para el cobro electrónico de cuota, mostrando los avances que se han dado en el área en la última década. Después de presentar una introducción en donde se describen los distintos elementos del cobro electrónico de cuotas, el trabajo identifica los avances recientes en el área, y describe aquellos elementos que pudieran resultar de utilidad a los operadores de las carreteras de cuota en México.

**Palabras Clave:** Cobro electrónico, ITS, carreteras de cuota



# Abstract

---

The use of electronic toll payment for roads, bridges, and tunnels is considered as one of the most important applications of ITS. Its main benefit is that it allows that toll charging for the use of the road infrastructure be conducted without having to completely stop vehicles, and in some cases at normal operating speeds. Electronic toll payment eliminates the need of having cash at hand to pay for tolls. Toll transactions are charged to the billing account that the users keep with the toll system operator. The balance of this account can be paid periodically by means of electronic transfer or directly at the operator offices. Without having to stop for payment, electronic charging reduces fuel consumption, improves air quality, and reduces delays at toll plazas.

The main objective of this research is to update a previous work in the area of technologies for electronic toll payment, showing the advances of the last decade. After the introduction, the work identifies recent developments for electronic toll collection. It also describes those elements that could be useful for Mexican toll roads operators.

**Key words:** Electronic toll collection, ITS, toll roads



# Resumen ejecutivo

---

Aun cuando de acuerdo con cifras de la Dirección General de Planeación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) de México, el porcentaje de kilómetros en las carreteras de cuota es apenas superior al 4.4 % del total de la red carretera pavimentada federal y estatal, el número de operaciones de cobro de cuotas es significativamente alto. En las vías que opera Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE), dicho volumen está por encima de los 500 millones de operaciones por año, por lo que aun pequeñas reducciones en el tiempo necesario para el cobro de las cuotas podrían significar ahorros importantes para el conjunto de usuarios de las carreteras o puentes de cuota.

Por otro lado, el retraso que los usuarios de caminos de cuota enfrentan al detenerse a pagar los peajes, y los congestionamientos en las plazas de peaje es una de las principales quejas. Los sistemas de cobro electrónico de cuotas (CEC) son una tecnología que puede considerarse ya como madura y a la vez parte de los servicios de los Sistemas Inteligentes de Transporte, han sido identificados como un elemento que ayudaría a reducir el tiempo que se emplea en pagar las cuotas.

En ese sentido, CAPUFE está cambiando el sistema de pago en efectivo en casetas atendidas por personal y tarjeta IAVE, por uno nuevo de opciones múltiples que incorpora aceptar pagos con tarjeta de crédito, y casetas completamente automatizadas para vehículos con tarjetas de acceso. El nuevo sistema de cobro electrónico emplea una tecnología más actual que se espera permita un mejor servicio a los usuarios. A finales de 2006 se habían puesto en operación 124 casetas de cobro electrónico, con un total de 643 carriles, en los 12 corredores carreteros más importantes del país. El sistema funciona con una calcomanía adherida al parabrisas de los vehículos, y cuenta con un chip que contiene los datos de la unidad que la porta. El sistema de calcomanías IAVE registra 40 mil usuarios particulares y 5 mil empresas con 130 mil calcomanías.

Lo anterior describe una situación de un mayor uso del cobro electrónico en las autopistas del país. Sin embargo, la tecnología utilizada no es todavía la más moderna. Se estima que es conveniente analizar las nuevas opciones que el cobro electrónico actual ofrece, buscando identificar las ventajas adicionales que esto significa, y aquellos servicios que de manera adicional pudieran proporcionarse a los usuarios.

Este trabajo pretende, por medio de una revisión de la literatura más reciente en el área, ampliar el conocimiento en México acerca de los sistemas de CEC, sus beneficios y la tecnología asociada a estos, buscando aportar elementos para una operación más eficiente de la red de carreteras de cuota, y tratando de remarcar las ventajas que un cobro de peaje sin necesidad de detenerse en las plazas de cobro tendría en la operación del sistema carretero nacional.

El cobro electrónico de cuotas emplea procesos automáticos para identificar de forma única a los automóviles cuando pasan por un sensor, sin importar la velocidad de circulación. Con ello permite automatizar el cobro y los procesos de pago sin necesidad de detenerse en las casetas de cuota, propiciando en algunos casos que éstas desaparezcan, y eliminando la necesidad de contar con efectivo para cubrir el monto del peaje.

Un sistema básico de cobro electrónico de cuotas tiene tres elementos funcionales: un sistema automático de identificación de vehículos; un sistema de clasificación de vehículos; y un sistema de apoyo de video, que en conjunto forman el controlador de línea. Los sistemas de cobro electrónico utilizan equipos de cómputo para transmitir, procesar, analizar y guardar la información de las distintas transacciones de cobro de cuotas

La aplicación de un sistema de este tipo permite mejorar el servicio a los usuarios al agilizar el paso vehicular, eliminando la necesidad de detenerse completamente, buscar efectivo para pagar la cuota, bajar la ventanilla, efectuar el pago, esperar a recibir el cambio y el comprobante de pago, subir la ventanilla, y finalmente, volver a arrancar.

Estos sistemas también proporcionan a los propietarios de los automóviles la comodidad de saldar la cuenta por el uso de carreteras de cuota periódicamente usando efectivo, cheques, tarjetas de crédito o, en la actualidad, por medio de una transferencia electrónica de fondos. Los usuarios con tarjetas de crédito tienen la opción de que sus cargos se registren automáticamente en sus estados de cuenta.

A nivel internacional, los sistemas de cobro electrónico de cuotas se utilizan en Europa: en Alemania, Austria, Dinamarca, Eslovenia, España, Francia, Inglaterra, Irlanda, Italia, Noruega, Portugal, la República Checa, Suiza y Turquía. En Norteamérica: en Canadá y diversos estados de la unión americana. En Suramérica: en Brasil y Chile. En el Caribe: en Jamaica. En Asia: en Filipinas, Hong Kong, India, Japón, Corea, Malasia, Pakistán, Singapur y Taiwán. En Oceanía: en Australia (Smith y Benko, 2007).

#### *Beneficios de un sistema de cobro electrónico de cuotas*

Con su empleo pueden esperarse los siguientes beneficios potenciales: se incrementa la capacidad de las casetas de cuota; permite retrasar la construcción de nuevas casetas de peaje; reduce el costo de operación del sistema de recolección de cuotas; permite mejorar el manejo de los esquemas de descuento; permite la participación voluntaria; permitirán eliminar programas de suscripción tales como los cupones para viajeros frecuentes, pases mensuales, etc; reducen la emisión de contaminantes en las plazas de cuota al disminuir tiempos de espera para pagar, y movimientos de arranque y frenado; se contará con ventajas administrativas y de seguridad al no tener que manejar dinero en efectivo; permiten pagar en efectivo, con cheque, tarjetas de crédito o transferencias electrónicas de fondos, contrario a los esquemas tradicionales que sólo permiten el pago en efectivo.

Entre los beneficios ya estimados, y que se reportan en la literatura de los últimos años, se encuentran los siguientes:

Gillen (1999) menciona que los ahorros de tiempo por la instalación del sistema de cobro electrónico de cuotas (CEC) en el puente Carquiñez, California, fue de 2,153 h por año al compararse el CEC contra el pago con boletos y de 3,533 al compararse el CEC con los pagos en efectivo. Los ahorros de tiempo por los maniobras en la puente de cuota se estimaron en 19,500 h. Los ahorros totales fueron de 25,193 h. El ahorro de combustible se estimó en 55,425 galones por año, o 60,968 dólares por año a precios de 1995. Las reducciones de emisiones se estimaron en 9.82 millones de gramos de CO; 1.06 millones de Nox; y 0.46 millones de gramos de HC (por año).

Se esperan reducciones del 72% en monóxido de carbono; 83% en hidrocarburos; y 45% en óxidos de nitrógeno por kilómetro, mediante el uso del CEC en el Turnpike Oklahoma.

De acuerdo con Wilbur Smith Associates (2001), el sistema de cobro electrónico E-Z Pass se estima que genere los siguientes beneficios:

- Una reducción de aproximadamente el 85% en los retrasos en las plazas de cobro para un ahorro de 2,091,000 h/v/año
- Una reducción en el retraso de vehículos de pasajeros de 1.8 millones de h/año
- Una reducción en el retraso de camiones de 291,000 h/año
- Una reducción en el retraso de los usuarios del E-Z Pass de 1,344,000 h/año
- Ahorros en los costos a los usuarios por 19 millones de dólares por año para los vehículos de pasajeros y de 6.1 millones de dólares para los camiones, para un total anual ahorrado de 25.1 millones de dólares
- Los costos del combustible ahorrado se estimaron en 1.5 millones de dólares para los automóviles y 400 mil dólares para los camiones
- Una reducción en el consumo de combustibles de 1.2 millones de galones por año
- Una reducción en las partículas suspendidas de 0.35 ton/día correspondiendo el 80% a vehículos ligeros
- Una reducción en los Óxidos de Nitrógeno de 0.056 ton/día con un 58% correspondiendo a vehículos ligeros

En Japón, el sistema tradicional de cobro de cuotas toma, en promedio, 14 seg/veh. El sistema CEC toma sólo 3 seg/veh. (Highway Industry Development Organization, 1997).

En la plaza de cobro del puente Tappan Zee, un carril operado manualmente puede procesar de 400-450 veh/hora, mientras que un carril de cobro electrónico puede procesar 1000 veh/hora. (Lennon, 1995).

#### *Costos de un sistema de cobro electrónico*

Los costos involucrados para proporcionar el servicio de pago electrónico incluyen:

- El costo del sistema de telecomunicaciones al lado del camino
- El costo de la plaza de cobro
- El costo del sistema de administración de peajes

Los costos de un sistema de cobro pueden verse mejor al establecer un monto por transacción. En un sistema de este tipo, el costo por transacción va de cinco a diez centavos de dólar, dependiendo del tamaño del sistema y del número de usuarios, comparado con los montos para un sistema manual que son de alrededor de nueve centavos de dólar por transacción. Si la mitad de los movimientos de cobro de peajes se procesan en carriles automáticos, el costo promedio por transacción se reduce a alrededor de seis centavos de dólar.

Otra parte del costo de un sistema de cobro electrónico es el correspondiente a los equipos instalados en el vehículo, el cual es cubierto normalmente por los usuarios al inscribirse al sistema. Las estimaciones del costo de este equipo varían de acuerdo con el proveedor, y las características deseadas en la tarjeta. Normalmente, el costo de las etiquetas electrónicas varía de 15 a 50 dólares por cada una, dependiendo del tipo y cantidad comprada.

#### *Sistema de cobro de cuotas basado en GPS*

El sistema de cobro de cuotas basado en GPS consiste en diversos métodos: unidades a bordo de los vehículos (OBU); terminales manuales de pago; y vía la Internet. Las OBU's trabajan vía GPS; y el odómetro o tacógrafo de la unidad se utiliza como respaldo para determinar la distancia que los camiones han viajado usando como referencia un mapa digital; por su parte un sistema de comunicación GSM es el conveniente para autorizar el pago del peaje vía una conexión inalámbrica. Un sistema de pago manual está disponible para aquellas unidades que no cuentan con la OBU.

#### *Sistema de reconocimiento óptico de placas*

Los procedimientos de reconocimiento de placas se aplican para capturar imágenes de las placas de los vehículos que circulan por las carreteras que cuentan con sistemas de cobro electrónico de cuotas. Las imágenes que se obtienen por medio de cámaras sirven para determinar los caracteres de la matrícula, y, comparando con los archivos disponibles, de esa forma identificar la cuenta asociada al vehículo, cargando a la cuenta respectiva el monto del peaje.

Una de las principales ventajas de los sistemas de cobro de peajes basados en el reconocimiento de las placas es la eliminación de las barreras de paso. La tecnología conocida como reconocimiento óptico de caracteres tiene ya una

precisión que ha permitido la operación de una carretera con este sistema. La carretera 407, en Toronto, Canadá, cuenta con esta tecnología en especial para aquellos vehículos que carecen de una etiqueta electrónica para cobro electrónico. Sin embargo, el alto costo que representa, además de los problemas para el reconocimiento de placas, ha retrasado su aplicación en otras carreteras tanto en Canadá como en otros países.

En países como México, el principal problema para el establecimiento de un sistema de peajes basado en el reconocimiento de placas es la carencia de un padrón vehicular confiable.

### *Conclusiones*

Es ya imperiosa la necesidad del empleo masivo del cobro electrónico en las autopistas del país. El número de operaciones de peaje que actualmente se realizan, el cual es de esperarse se incremente con la construcción de nuevas carreteras de cuota, justifican plenamente esta forma de pago. La tecnología del peaje electrónico es ya lo suficientemente madura como para considerar que los riesgos asociados con su implantación son mínimos. Los beneficios que pueden esperarse de su uso son considerablemente mayores a los costos asociados con su establecimiento.

Si bien el sistema IAVE, ahora en uso, mejora al que anteriormente se empleaba, se requiere que los programas de comercialización de la nueva tarjeta sean más agresivos a fin de lograr un mayor número de usuarios, que reduzcan el monto de recurrir al servicio para la entidad operadora, y lograr economías de escala en el servicio.

La experiencia alcanzada con la operación del sistema actual debe considerarse como base para el desarrollo futuro de formas de cobro electrónico que permitan la operación sin barreras de las casetas de peaje. Esto sería particularmente útil si se pretende establecer sistemas de carreteras de cuota en medios urbanos. Para lograr lo anterior es imperioso contar con un padrón vehicular confiable, sin el cual la operación sin barreras en las casetas de peaje seguirá siendo una utopía en México.

No sólo debe buscarse la operación sin barreras en las casetas de cuota, pues sistemas de peaje electrónico más avanzados permiten obtener información relacionada con los aforos por tipo de vehículo, origen y destino de los viajeros, o patrones de uso horario, que resultarían ser un apoyo para los planificadores de la infraestructura.

El cobro electrónico está ya presente en prácticamente todo el planeta. Todos aquellos países que cuentan con carreteras de cuota, han visto como una mejor opción el uso del cobro electrónico. El cobro electrónico es también la opción para los sistemas de tarificación urbana que se han puesto de moda en Europa; y que desde hace un tiempo son comunes en Singapur, primero con sistemas manuales de cobro; pero que ahora están tomando ventaja con el cobro electrónico.

Las ventajas del uso del cobro electrónico han dejado de ser meramente potenciales. Se cuenta ya con estimaciones de la magnitud de los beneficios que su aplicación ha generado en diversas regiones del mundo. En especial en tiempo para los usuarios de las carreteras de peaje, al no tener que detenerse en las casetas de peaje y reducir sus retrasos, así como en el consumo de combustibles y en la consecuente reducción de contaminantes emitidos a la atmósfera por los vehículos, que esperan para pagar una cuota en las casetas atendidas manualmente.

El nuevo sistema de peaje basado en sistemas GPS como el de Alemania, permite cobrar por el uso de cualquier tipo de infraestructura carretera, sin necesidad de contar con casetas y plazas de cobro. Esto elimina las erogaciones asociadas con la construcción, el terreno y la operación de las casetas de peaje. Este nuevo sistema representa una opción atractiva para México. Sin embargo, siendo Alemania el primer país en donde se ha aplicado, resultará conveniente esperar unos años para observar su desempeño.

La tecnología de cobro electrónico basada en el reconocimiento óptico de placas presenta todavía problemas de costo y precisión de la tecnología utilizada. Estos problemas han ocasionado que su uso no se haya extendido más allá de la carretera 407 en Toronto, Canadá, limitándose su aplicación a vehículos sin una etiqueta electrónica para el pago electrónico tradicional.

En el caso de México, la recomendación de sistemas de radio-frecuencia con tarjetas electrónicas, expresada en el reporte anterior, sigue siendo válida. Deberá buscarse ir más allá en cuanto a la tecnología actualmente usada, y recurrir a tarjetas electrónicas de lectura y escritura, sobre todo por las ventajas que presentan respecto a la privacidad y control de las cuentas de los usuarios.

# 1. Introducción

---

## 1.1 Antecedentes

Aún cuando, de acuerdo con cifras de la Dirección General de Planeación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) de México, el porcentaje de kilómetros en las carreteras de cuota es apenas superior al 4.4 % del total de la red carretera pavimentada federal y estatal, el número de operaciones de cobro es significativamente alto, y ha experimentado un constante crecimiento en los últimos años.

Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE) reporta que en las carreteras de cuota que esta entidad opera en México, el número está por encima de los 500 millones de operaciones por año, cifra que muestra que aun pequeñas reducciones en el tiempo necesario para el cobro del peaje podrían significar ahorros importantes para el conjunto de usuarios de las carreteras o puentes de cuota (El Universal, 2006).

Por otro lado, el retraso que los usuarios enfrentan al detenerse a pagar los peajes y los congestionamientos en las plazas de cobro es una de las principales quejas. El problema se agrava los fines de semana y períodos vacacionales, siendo frecuente observar largas filas en las plazas de cobro aun cuando todas las casetas estén abiertas. Los sistemas de cobro electrónico de cuotas (CEC), una tecnología que puede considerarse como madura y que es parte de los servicios de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS, por sus siglas en inglés), se han identificado como un elemento que ayudaría a reducir el tiempo utilizado en pagar las cuotas.

En los años 90's, CAPUFE puso en operación una opción de pago que no requiere el uso de efectivo para cubrir los peajes, con el consiguiente ahorro en tiempo para efectuar el pago. El sistema, conocido como IAVE (Identificación Automática de Vehículos); utiliza una tarjeta de acceso, la cual haciendo uso de las tecnologías de comunicación entre la infraestructura instalada en el camino y el vehículo, capta las señales electrónicas que son emitidas desde una antena, localizada unos metros antes de la caseta de peaje, y que transmite la información necesaria para determinar el monto a cargar a la cuenta del usuario registrado como propietario de la tarjeta. Para su operación, éste tiene que reducir su velocidad de circulación antes de llegar a la caseta y esperar que se le permita continuar sin detenerse totalmente. En caso de una falla en el sistema de lectura de la tarjeta, el usuario es enviado a una caseta atendida. El sistema graba también el tiempo en el cual se realiza el cruce. Un cargo periódico, con detalles acerca del número y hora de los cruces, se hace a la tarjeta de crédito registrada en la cuenta.

Sin embargo, debido a los requisitos a cubrir para obtener la tarjeta de acceso, el uso del sistema IAVE se vio limitado a líneas de autobuses de pasajeros con servicio regular y algunas compañías de autotransporte de carga. Usuarios de tipo particular eran sólo un reducido porcentaje del total de solicitantes. Otro problema que se observó fue el bajo número de casetas dedicadas exclusivamente a la tarjeta IAVE. Por ejemplo, en la autopista México- Puebla, sólo se contaba con una en cada plaza de cobro en ambas direcciones, cambiando estas casetas a un sistema de operación mixto en períodos de alta demanda.

CAPUFE está cambiando el sistema de pago en efectivo en casetas atendidas por personal y tarjeta IAVE, por uno nuevo con opciones múltiples que acepta pagos con tarjeta de crédito, y casetas completamente automatizadas para vehículos con tarjetas de acceso; también busca incrementar el número de casetas en las plazas de cuota. El nuevo sistema incorpora tecnología más actual que se espera permita un mejor servicio a los usuarios. De acuerdo con declaraciones del Director General de la compañía I+D, a finales de 2006 se habían puesto en operación 124 casetas electrónicas, con un total de 643 carriles en los 12 corredores carreteros más importantes del país. El sistema de cobro electrónico funciona con una calcomanía adherida al parabrisas que contiene un chip con los datos del vehículo respectivo, y que sustituye a la anterior tarjeta IAVE, pero conservando características similares de funcionamiento, es decir, todavía es necesario reducir la velocidad antes de llegar a la caseta (El Universal, 2006).

El sistema de calcomanías IAVE cuenta con 40 mil usuarios particulares y 5 mil empresas con 130 mil calcomanías. Además, se esperaba ofrecer, a partir de 2007, el prepago para usuarios que no dispongan de una cuenta en el sistema de cobro electrónico.

Lo anterior describe una situación de mayor uso del peaje electrónico en las autopistas del país. Sin embargo, la tecnología no es todavía la más moderna. Se estima que es conveniente analizar las nuevas opciones que ofrecen identificar las ventajas adicionales que este tipo de sistemas tienen, y aquellos servicios que de manera adicional pudieran proporcionarse a los usuarios.

Este trabajo pretende actualizar el estudio en el tema publicado por el IMT hace algunos años (Acha Daza, 2000) y que dio como resultado la Publicación Técnica 159. "Tecnologías para el cobro electrónico de cuotas en carreteras y puentes", y por medio de una revisión de la literatura más reciente en el área, ampliar el conocimiento en México acerca de los sistemas de CEC, sus beneficios y la tecnología asociada a estos, buscando aportar elementos para una operación más eficiente de la red de carreteras de cuota, y además remarcar las ventajas que un cobro de peajes sin necesidad de detenerse en las plazas de cobro, tendría en la operación del sistema carretero nacional.

## 1.2 Alcances

El beneficio esperado de este trabajo es la identificar de los avances recientes en el área del cobro electrónico de cuotas, que sean de utilidad para la operación de las autopistas de cuota del país.

## 1.3 Objetivos del estudio

El objetivo principal de la investigación es identificar los desarrollos recientes en el área de cobro electrónico de cuotas aplicado a carreteras, puentes y túneles, a fin de conocer y difundir los avances en la materia.

Para lograr el objetivo principal ya señalado, se revisarán las fuentes documentales y electrónicas desarrolladas en los últimos años.

## 1.4 Metodología

La metodología respectiva comprendió la búsqueda bibliográfica y el análisis de material de producción reciente sobre el cobro electrónico de cuotas. Los resultados se presentan en este reporte.

## 1.5 Estructura del reporte

El reporte está organizado de la siguiente forma:

El primer capítulo presenta la introducción del estudio. Se describe de manera general los sistemas de cobro electrónico de cuotas, y su aplicación a las carreteras en México, a la vez que se presentan el alcance, los objetivos y la metodología del estudio.

El segundo capítulo se describen, en forma más detallada las tecnologías utilizadas tradicionalmente para la operación de un sistema de cobro electrónico de cuotas.

En el tercero, se identifican los avances recientes en el área de cobro electrónico de cuotas para carreteras, puentes y túneles. En particular se hace énfasis en las tecnologías de cobro basadas en sistemas GPS.

En el cuarto se hace alusión al esquema de reconocimiento de placas.

El quinto, presenta las conclusiones de la investigación.

Finalmente, se incluye un apéndice en donde se listan algunas características de los sistemas de cobro electrónico en los Estados Unidos de América.



## 2. Tecnologías tradicionales de cobro electrónico

---

En este capítulo se describen las tecnologías de cobro electrónico tradicionalmente utilizadas en la operación de carreteras, puentes y túneles.

### 2.1 Introducción

El cobro electrónico utiliza tecnologías de identificación automática de vehículos para caracterizar de forma única, a los automóviles cuando pasan por un sensor, sin importar la velocidad de circulación. Asimismo, el peaje electrónico permite automatizar el cobro y los procesos de pago sin tener necesidad de detenerse en las casetas de cuota, permitiendo en algunos casos que éstas desaparezcan, y eliminando la necesidad de contar con efectivo para cubrir el monto de la tarifa.

Al recurrir a este sistema, los procesos de pago se automatizan eliminando la necesidad de contar con casetas atendidas por personal; además los sensores pueden instalarse en portales sobre la carretera, permitiendo su operación a velocidades normales de circulación.

Un sistema básico de cobro electrónico tiene tres elementos funcionales: un sistema automático de identificación de vehículos; un sistema de clasificación de vehículos; y un sistema de apoyo de video. Los elementos mencionados forman el controlador de línea. Además utilizan equipos de cómputo para transmitir, procesar, analizar y guardar la información de las distintas transacciones de cobro de peajes

Para identificar de forma única a los vehículos, se utilizan dispositivos de radiofrecuencia o lectores láser que leen las etiquetas electrónicas, o las etiquetas de barras instaladas en las unidades. Recientemente se han empezado a emplear sistemas de reconocimiento óptico de caracteres para leer las placas de los vehículos, y sistemas de posicionamiento global (GPS). Estos dos últimos esquemas de cobro se revisarán en los capítulos siguientes.

Las etiquetas electrónicas pueden ser de tres tipos: de lectura solamente; de lectura y escritura; o utilizar tarjetas inteligentes con etiquetas de radio-frecuencia.

El sistema de clasificación de vehículos utiliza sensores instalados en el pavimento o alrededor del carril de circulación para determinar el tipo de unidad que está pasando, clasificándolo de acuerdo con las categorías preestablecidas, y así determinar la tarifa que le corresponda; verifica también si la clasificación de la unidad corresponde a la etiqueta electrónica leída por el sistema de identificación. En caso de discordancia se procederá a enviar al automotor a una caseta atendida por personal. Cuando la etiqueta electrónica no sea para un vehículo en particular,

se procederá a cargar a la cuenta respectiva el monto que se determine conforme con el sistema de clasificación automática.

Al capturar imágenes (mediante de cámaras fotográficas o de video), de las placas de los vehículos infractores, es decir, que no cuenten con una etiqueta electrónica válida, los sistemas de apoyo de video sirven para identificar a los propietarios y enviar a sus domicilios los requerimientos de pago de las cuotas y/o las multas respectivas. El uso de estas formas de captura requiere de personal para determinar las placas, de ahí que los sistemas más modernos emplean el procesamiento digital de las imágenes, mediante el reconocimiento óptico de caracteres, que evita la participación manual.

Cada plaza de cobro cuenta también con una computadora local que guarda información de las transacciones que efectúan los controladores de línea, y las listas de las etiquetas electrónicas válidas. Estas listas se actualizan periódicamente a fin de evitar que usuarios no autorizados puedan seguir pasando por las casetas de cobro. Las computadoras de las distintas plazas se encuentran conectadas a una computadora central que sirve para almacenar la información generada en las casetas.

Un centro de servicio a clientes procesa los estados de cuenta de los usuarios; se encarga de vender las etiquetas de identificación; y del proceso de las imágenes de video. Este centro concentra la información de las transacciones en las casetas, asignándolas a las cuentas respectivas. Periódicamente, también envía a las plazas de cobro la información de las etiquetas válidas para que pueda ser consultada por los controladores de línea.

El uso de un sistema de cobro electrónico mejora el servicio a los usuarios, ya que agiliza el paso de los vehículos por las plazas de cuota, eliminando el detenerse completamente; buscar efectivo para pagar la cuota; bajar la ventanilla; efectuar el pago; esperar a recibir el cambio y el comprobante de pago; subir la ventanilla; y finalmente, volver a arrancar. También proporcionan a los propietarios la comodidad de saldar la cuenta por el uso de carreteras de cuota periódicamente con efectivo, cheques, tarjetas de crédito o, en la actualidad, por medio de una transferencia electrónica de fondos. Los usuarios que usan tarjetas de crédito tienen la opción de que sus cargos sean registrados automáticamente en sus estados de cuenta.

## **2.2 Aplicaciones**

A nivel internacional, los sistemas de cobro electrónico de cuotas se utilizan en Europa: en Alemania, Austria, Dinamarca, Eslovenia, España, Francia, Inglaterra, Irlanda, Italia, Noruega, Portugal, la República Checa, Suiza y Turquía. En Norteamérica: en Canadá y diversos estados de la unión americana. En Suramérica: en Brasil y Chile. En el Caribe: en Jamaica. En Asia: en Filipinas,

Hong Kong, India, Japón, Corea, Malasia, Pakistán, Singapur y Taiwán. En Oceanía: en Australia (Smith y Benko, 2007).

Por lo que respecta a México, CAPUFE contrató en abril de 1992, a la compañía Amtech para instalar un sistema de cobro electrónico en las diferentes autopistas de peaje y puentes que tenía bajo su cargo. El sistema se instaló inicialmente en 134 casetas de cuota de 58 plazas. El sistema IAVE utilizaba una tarjeta electrónica de acceso que capta las señales emitidas desde una antena, localizada unos metros antes de la caseta, y que transmite la información necesaria para determinar el monto a cargar a la cuenta del propietario de la tarjeta.

Para su correcta operación, el usuario tenía que reducir la velocidad de circulación antes de arribar a la caseta y esperar a que se le permitiera continuar. En caso de una falla en el sistema de lectura de la tarjeta, el portador era conducido a una caseta atendida; y en cuanto a evitar problemas con los cargos, el sistema grababa también el tiempo en el cual se realizaba el cruce. Un cargo periódico, con detalles acerca del número y hora de los cruces se aplicaba a la cuenta del usuario.

La puesta en operación del sistema comenzó a mediados de 1992. A pesar de las ventajas que IAVE ofrecía, su contratación no fue muy extensa por parte de particulares debido a los requisitos a cubrir. IAVE era usado principalmente por autobuses de pasajeros en rutas regulares y por algunas compañías de transporte de carga, debido a las ventajas que ofrecía para el control de su gasto en peajes. Otro problema que presentaba el sistema original era el reducido número de casetas dedicadas exclusivamente a portadores de la tarjeta IAVE. En periodos de alta demanda, algunas de las casetas se convertían en uso mixto.

En los últimos años, CAPUFE ha cambiando el sistema de pago en efectivo en casetas atendidas por personal y tarjeta IAVE, por uno nuevo con opciones múltiples de pago que incorpora tarjetas de crédito, y casetas automatizadas para vehículos con tarjetas de acceso. Se busca también incrementar el número de casetas en las plazas de cuota.

Dicho sistema, aún cuando conserva el nombre anterior (IAVE), maneja tecnología más moderna que se espera permita un mejor servicio. De acuerdo con el Director General de I+D, la compañía encargada de operar el sistema de cobro electrónico, a finales de 2006 se habían puesto en operación 124 casetas con ese propósito con un total de 643 carriles, en los 12 corredores carreteros más importantes del país. El sistema funciona con una calcomanía adherida al parabrisas de los automotores, misma que cuenta con un chip con los datos del vehículo que la porta para identificarlo de manera única, y que sustituye a la anterior tarjeta IAVE, pero conservando características similares de funcionamiento; es decir, todavía es necesario reducir la velocidad previo a la caseta (El Universal, 2006).

La facilidad con la que ahora puede adquirirse la calcomanía IAVE, ya que con requisitos mínimos puede comprarse en una cadena de autoservicio en el área metropolitana de la Ciudad de México; y en todo el país en centros de servicio, ha incrementado el número de usuarios. De acuerdo a reportes de I+D, IAVE cuenta ya con 40 mil particulares y 5 mil empresas con 130 mil calcomanías, esperándose que el número se incremente sustancialmente en el corto plazo. Además, se ofrece a partir de 2007, un servicio de prepago para potadores que no dispongan de una cuenta en el sistema de cobro electrónico.

El nuevo sistema IAVE permite también manejar las cuentas de los usuarios desde el portal de Internet del operador, facilitando así el control de las transacciones y la verificación del uso que hacen los conductores de transporte de carga.

## **2.3 Beneficios de un sistema de cobro electrónico**

De acuerdo con Venable et al (1995), al utilizar un sistema de cobro electrónico, pueden esperarse los siguientes beneficios potenciales:

- Un incremento en la capacidad de las casetas de cuota, ya que se requiere menor tiempo por transacción. El número de vehículos atendidos en una caseta de cuota aumenta de 350 por hora en el caso de una caseta atendida, a 1200 para una caseta equipada con sistemas de cobro electrónico y barreras.
- El uso de los sistemas de peaje electrónico permite retrasar la construcción de nuevas casetas de cobro. Esto se traduce en ahorros en costos de construcción, compra de equipo, y en la contratación de nuevo personal.
- El cobro electrónico de cuotas reduce el monto de operación del sistema de captación de cuotas mediante la automatización de los pagos y la reducción de personal. Además, incrementa la seguridad en el manejo de los fondos al eliminarse la necesidad de utilizar efectivo.
- Este sistema permite mejorar el manejo de los esquemas de descuento que se aplican a los usuarios, identificando de manera única a los vehículos que violen tales esquemas. También se logra un mejor control contable de las operaciones del sistema de cobro.
- Para proteger la privacidad de los usuarios, la participación en esquemas de cobro electrónico puede ser voluntaria. Aquellos con un uso limitado de las carreteras de cuota, pueden continuar en la forma tradicional de pago.
- Las vías de cuota que incorporan sistemas electrónicos son más eficientes, y dan un mejor servicio a los usuarios.

- Los sistemas de cobro electrónico permitirán programas de suscripción tales como los cupones para viajeros frecuentes, pases mensuales, etc.
- Los sistemas de cobro electrónico reducen la emisión de contaminantes en las plazas de cuota al acortar tiempos de espera para pagar y movimientos de arranque y frenado.
- Los operadores de una flota de camiones o autobuses contarán con ventajas administrativas y de seguridad al no tener que manejar dinero en efectivo.
- Los sistemas de pago por cobro electrónico son más convenientes, ya que permiten pagar en efectivo, con cheque, tarjetas de crédito o transferencias electrónicas de fondos, contrario a los esquemas tradicionales que sólo admiten dinero en efectivo.

Entre los beneficios ya estimados y que se reportan en la literatura de los últimos años, se encuentran los siguientes:

Gillen (1999) menciona que los ahorros de tiempo por la instalación del cobro electrónico de cuotas (CEC) en el puente Carquiñez, California, fue de 2,153 h/año contra el pago con boletos; y de 3,533 al compararse con los pagos en efectivo. Los ahorros de tiempo por los maniobras en el puente de cuota se estimaron en 19,500 h. Los ahorros totales fueron de 25,193 h. El ahorro de combustible se estimó en 55,425 galones/año o 60,968 dólares/año a precios de 1995. La reducción de emisiones se estimó en 9.82 millones de gramos de CO; 1.06 millones de Nox, y 0.46 millones de gramos de HC (por año).

Se esperan reducciones del 72% en monóxido de carbono; 83% en hidrocarburos; y 45% en óxidos de nitrógeno por kilómetro mediante el uso del CEC en el Turnpike Oklahoma.

De acuerdo con Wilbur Smith Associates (2001), el sistema de cobro electrónico E-ZPass se estima genere los siguientes beneficios:

- Una reducción de aproximadamente el 85% en los retrasos en las plazas de cobro para un ahorro de 2,091,000 h-veh/año
- Una disminución en el retraso de vehículos de pasajeros de 1.8 millones de h/año
- Una contracción en el retraso de camiones de 291,000 h/año
- Una reducción en el retraso de los usuarios del E-Zpass de 1.344 millones de h/año
- Ahorros en los costos a los usuarios por 19 millones de dólares/año para los vehículos de pasajeros, y de 6.1 millones de dólares para los camiones; para un total anual ahorrado de 25.1 millones de dólares

- Los costos del combustible ahorrado, se estimaron en 1.5 millones de dólares para los automóviles y 400,000 dólares para los camiones
- Una disminución en el consumo de combustibles de 1.2 millones de galones/año
- Una reducción en las partículas suspendidas de 0.35 ton/día, correspondiendo el 80% a vehículos ligeros
- Una reducción en los Óxidos de Nitrógeno de 0.056 ton/día, con un 58% correspondiendo a unidades ligeras.

En Japón, el sistema tradicional de cobro de cuotas toma, en promedio, 14 seg/veh, en tanto que el sistema CEC toma sólo 3 seg/veh. (Highway Industry Development Organization, 1997).

En la plaza de cobro del puente Tappan Zee, un carril operado manualmente puede procesar de 400-450 veh/hora; mientras que un carril de cobro electrónico puede procesar 1000 veh/hora (Lennon, 1995).

## **2.4 Costos de un sistema de cobro electrónico**

Los costos involucrados para proporcionar el servicio de pago electrónico incluyen:

- El costo del sistema de telecomunicaciones al lado del camino (RS-TC)
- El costo de la plaza de cobro (TP)
- El costo del sistema de administración de peajes (TA)

### **2.4.1 Costo del sistema de telecomunicaciones al lado del camino (RS-TC)**

La tabla 2.1 muestra los distintos elementos del sistema de telecomunicaciones al lado del camino, y su correspondiente costo.

**Tabla 2.1**  
**Costos unitarios (ajustados) de telecomunicaciones al lado del camino (RS-TC)**

Concepto	Vida útil Años	Costo de capital Dólares de 2005 (Año base)	Costo de O y M Dólares de 2005 (Año base)	Descripción
Línea de comunicación DS0	20	0.5 -0.9 (1995)	0.6 – 1.2 (2003)	Capacidad de 56kbps. Rentada con una distancia típica de terminal a terminal de 15 a 25 km, pero la mayor parte del costo no depende de la distancia
Línea de comunicación DS1	20	0.5 -0.9 (1995)	4.6 – 9.6 (2005)	Capacidad de 1.544 Mbps (línea T1). Rentada con una distancia típica de terminal a terminal de 15 a 25 km, pero la mayor parte del costo no depende de la distancia
Línea de comunicación DS3	20	2.7 – 4.6 (1995)	22 -67 (2001)	Capacidad de 44.736 Mbps (Línea T3). Rentada con una distancia típica de terminal a terminal de 15 a 25 kilómetros, pero la mayor parte del costo no depende de la distancia
Pago al proveedor de servicios de Información	20		0.17 – 0.6 (2002)	La cuota mensual varía de 15 dólares para el servicio por teléfono a 50 dólares para una línea dedicada
Diseño e instalación de ductos en corredor	20	50 – 75 (2005)	3 (2005)	El costo es por milla. Incluye excavación y ductos (de 3 o 4 pulg). El costo será significativamente menor para una instalación aérea. El costo de la instalación subterránea será significativamente menor si se combina con un proyecto de construcción
Instalación de par trenzado	20	11 – 15.7 (2004)	1.98 (2004)	El costo es por milla
Instalación de cable de fibra óptica	20	20 – 52 (2005)	1 – 2.5 (2005)	El costo es por milla de cable e instalación subterránea. El costo será significativamente menor para una instalación aérea. El costo de la instalación subterránea será significativamente menor si se combina con un proyecto de construcción
Radio espectro de 900 mhz	10	8.2 (1999)	0.1 – 0.4 (2004)	El costo es por nodo
Microondas terrestres	10	5 – 19.1 (2005)	.5 - 1 (2005)	El costo es por nodo y podrá ser mayor dependiendo de la instalación de la torre o antena
Comunicaciones inalámbricas de poco uso			0.123 – 0.2 (2003)	Se dispone de 125 kbytes/mes (uso no continuo)
Comunicaciones inalámbricas de uso medio			0.5 – 0.6 (1995)	Se dispone de 1,000 kbytes/mes (uso no continuo)
Comunicaciones inalámbricas de uso intenso	20	0.5 – 0.9 (1995)	1.1 – 1.7 (2002)	Se dispone de 3,000 kbytes/mes (uso no continuo)
Caseta de emergencia	10	4 – 6.7 (2004)	0.25 – 0.58 (2004)	El Costo de capital incluye la cabina de emergencia y su instalación. O y M es el costo unitario por año del servicio de mantenimiento y el pago anual del servicio celular

Nota: todos los costos están en miles de dólares. La fecha en paréntesis debajo del costo del capital y costo de la operación y mantenimiento (O y M) muestra el año del que se actualizó el costo.

Fuente: <http://www.itsoverview.its.dot.gov/>

## 2.4.2 Costo de la plaza de cobro (TP)

La tabla 2.2 contiene los costos estimados de una plaza de cobro

**Tabla 2.2**  
**Costos unitarios de la plaza de cobro (TP)**

Concepto	Vida útil Años	Costo de capital Dólares de 2005. (Año base)	Costo de O y M Dólares de 2005. (Año base)	Descripción
Lector electrónico de cuotas	10	2 – 5 (2001)	0.2 – 0.5 (2001)	Lectores por carril. O y M se estima a un 10% del costo de capital
Cámara de alta velocidad	10	7 – 10 (2003)	0.4 – 0.8 (1995)	El costo incluye una cámara por cada dos carriles
Programa de cobro electrónico de cuotas	10	5 – 10 (1995)		Incluye el programa COTS y la base de datos
Estructura de cobro electrónico de cuotas	20	13 – 19 (1995)		Estructura principal

Nota: todos los costos están en miles de dólares. La fecha en paréntesis debajo del costo del capital y costo de la operación y mantenimiento (O y M) muestra el año del que se actualizó el costo.

Fuente: <http://www.itsoverview.its.dot.gov/>

## 2.4.3 Costo de la administración de peajes (TA)

La tabla 2.3 muestra los costos del sistema de administración de peajes

**Tabla 2.3**  
**Costos unitarios de la administración de peajes (TA)**

Concepto	Vida útil Años	Costo de Capital Dólares de 2005. (Año base)	Costo de O y M Dólares de 2005. (Año base)	Descripción
Equipo de administración de cuotas	5	5.9 – 8.8 (2004)	0.29 – 0.44 (2004)	Incluye dos estaciones de trabajo, impresora y modem. O y M se estima un 5% del costo de capital
Programas de administración de cuotas	10	38 – 76 (1995)	3.8 – 7.6 (1995)	Incluye base de datos local y coordinación de base de datos nacional. El programa es COTS

Nota: todos los costos están en miles de dólares. La fecha en paréntesis debajo del costo del capital y costo de la operación y mantenimiento (O y M) muestra el año del que se actualizó el costo.

Fuente: <http://www.itsoverview.its.dot.gov/>

Los montos de un sistema de peaje pueden verse mejor al establecer un costo por transacción. En un sistema de electrónico, el costo por transacción va de cinco a diez centavos de dólar, dependiendo del tamaño del sistema y el número de usuarios, contra la erogación para un sistema manual, que son de alrededor de nueve centavos de dólar por transacción. Si la mitad de las transacciones de cobro de peajes se procesan en carriles automáticos, el promedio por transacción se reduce a alrededor de seis centavos de dólar.

Otra parte del costo de un sistema electrónico es el correspondiente a las unidades instaladas en el vehículo, el cual es cubierto normalmente por los usuarios al inscribirse al sistema. Estas unidades sirven para identificar de manera única al vehículo. Las estimaciones del monto de las unidades varían de acuerdo con el proveedor y las características deseadas en la tarjeta. Normalmente, el precio de las etiquetas electrónicas variaba de 15 a 50 dólares por cada una, dependiendo en el tipo y cantidad comprada. Sin embargo, las etiquetas actuales tienen un costo significativamente menor. En México, los portadores de tarjetas de crédito pueden adquirir las calcomanías IAVE por aproximadamente 15 dólares, eliminando el fondo de garantía que anteriormente tenía que cubrirse. Los 15 dólares incluyen también los gastos administrativos para inscribirse como usuario del sistema. El costo actual de una etiqueta electrónica va de uno a tres centavos de dólar por transacción, dependiendo del manejo mensual y de la vida útil de la etiqueta.



## **3. Sistemas de cobro electrónico basados en GPS**

---

En este capítulo se describe un nuevo sistema de cobro electrónico basado en tecnologías de posicionamiento global, recientemente aplicado en Alemania y que elimina totalmente el uso de plazas de cobro.

### **3.1 Introducción**

Desde enero de 2005, un nuevo sistema de cobro está siendo aplicado a todos los camiones de 12 ton o más en los 12 mil kilómetros del sistema de autopistas de Alemania. El nuevo sistema, llamado LKW-MAUT, es un impuesto que se aplica en función de la distancia recorrida medida en kilómetros, número de ejes y la categoría de emisiones del camión. El promedio de la cuota es de 12 centavos de euro por kilómetro recorrido; se cobra a todos los camiones que recorren las autopistas alemanas, independientemente de si van cargados o vacíos, estimulando así la eficiencia en el uso de los camiones (Road Traffic Technology, 2007).

El sistema fue construido y es administrado por la compañía Toll Collect, consorcio formado por Daimler-Chrysler (con un 45% de las acciones y actuando como socio controlador original), Deutsche Telecom (con un 45% de las acciones y actuando como socio controlador actual), y Cofiroute (con un 10% de las acciones). El sistema es una empresa de gran envergadura que tendrá efecto sobre más de 1.5 millones de transportistas en Alemania y el resto de Europa. Los recursos recaudados por cuotas los empleará el Gobierno en los caminos actuales, y en la construcción de nuevas carreteras.

La inversión estimada para el nuevo sistema de cobros hecha por Toll Collect es del orden de 700 millones de Euros. El sistema vigilará entre 1.3 y 1.5 millones de camiones, que viajan un estimado de 23 mil millones km/año. Se espera que el sistema logre ingresos para el Gobierno por 3 mil millones de euros/año.

### **3.2 Antecedentes del contrato**

El Gobierno alemán otorgó oficialmente el contrato para la construcción del sistema de cobro de cuotas a Toll Collect en agosto de 2002. Sin embargo, esta resolución fue impugnada por el consorcio AGES-MAUT (integrado por Shell, Vodafone y diversas instituciones financieras). Dicho consorcio perdió la impugnación, y el contrato original con Toll Collect se mantuvo. Los términos de referencia del documento original establecían que el sistema estaría listo en agosto de 2003, y se imponían diversas multas para castigar cualquier retraso.

Desafortunadamente, esto último fue el caso, y se tuvieron varios retrasos durante el desarrollo del sistema debido a problemas técnicos, que llevaron al anuncio de la cancelación del contrato en febrero de 2004. Es de señalarse que contar con solamente un año para la construcción de un sistema tan complejo no fue una posición realista de parte del Gobierno alemán. El contrato se renegoció en marzo de 2004 con un cronograma más realista y multas acordadas entre el Gobierno y Toll Collect. Esta última aceptó una reducción del 5% en sus costos.

La primera fase del sistema debería estar lista y funcionando en enero de 2005, y una segunda fase con modificaciones en enero de 2006. Se acordó establecer una multa de 780 millones de euros si la fecha límite de enero de 2005 no se cumplía. Al mismo tiempo se estableció que si la fecha límite de enero de 2006 para la segunda fase del sistema no se cumplía, las multas no tendrían límite. Debido al retraso en la entrada en operación del sistema, el Gobierno ha perdido 3 mil millones de euros, y está buscando recuperar esa cantidad mediante una demanda judicial.

Considerando lo acordado en las renegociaciones del contrato, Toll Collect llevó cabo una fuerte reorganización de sus recursos a fin de lograr cumplir con los nuevos términos del contrato, y otorgó a Siemens un papel más relevante en desarrollo de la segunda fase del proyecto. La primera fase ha sido considerada un éxito por observadores independientes, lográndose ingresos por 665 millones de euros en los primeros tres meses de operación. Los gobiernos de diversos países europeos están al pendiente del desempeño del sistema ya que es la primera vez que un sistema de peaje basado en GPS se está aplicando en el mundo.

### **3.3 Sistema de cobro de cuotas basado en GPS**

El sistema de cobro de cuotas no se basa en la construcción y operación de casetas y plazas de cobro instaladas en las carreteras. En lugar de lo anterior está el que es por medio de diversos métodos: unidades a bordo de los vehículos (OBU), terminales manuales de pago y vía la Internet.

Las OBU's trabajan vía GPS, y el odómetro o tacógrafo de la unidad se utiliza como respaldo para determinar la distancia que los camiones han viajado teniendo como referencia un mapa digital; y un sistema de comunicación GSM se utiliza para autorizar el pago del peaje vía una conexión inalámbrica.

Un sistema de pago manual está disponible para aquellas unidades que no cuentan con la OBU. Se instalarán alrededor de 3,500 terminales de pago de peajes en las estaciones de servicio de las carreteras, o en las áreas de descanso en donde los conductores podrán introducir los detalles de su viaje y cubrir la cuota por adelantado, obteniendo el recibo de pago correspondiente. El pago se hará sólo en euros si es en efectivo, o con una tarjeta de crédito o de una compañía de venta de combustibles.

Aquellos conductores que deseen cubrir el peaje muy anticipadamente contarán con la opción de realizar el pago vía Internet.

Además de los 300 arcos para verificar el pago de cuotas que estarán estratégicamente localizados en el territorio alemán, se utilizará también el patrullaje, con una flota de 300 unidades tripulada por 540 oficiales de la Oficina Federal de Carga (BAG). Los oficiales patrullarán las autopistas, verificando los camiones y conductores para ver si han pagado el peaje o tienen la OBU instalada. Los automotores con una OBU estarán equipados con un sistema de comunicaciones de corto alcance de rayos infrarrojos, que puede ser usado para verificar camiones en movimiento. La BAG tendrá autoridad para detener los vehículos para revisión en cualquier punto de su viaje.

El sistema de autopistas tendrá también 300 arcos equipados con sistemas infrarrojos de detección, y cámaras de alta resolución que podrán seleccionar camiones por medio de su perfil o sus placas. Estos últimos sistemas mandarán una señal de corto alcance al transponder de la OBU en el camión a fin de verificar la precisión del GPS como respaldo, y advertir a los oficiales de la BAG de cualquier violación en el pago de los peajes. La OBU podrá trabajar también con el sistema satelital de posicionamiento Galileo, que estará en operación a partir de 2008, y que está siendo desarrollado por los países europeos como una alternativa más precisa que el GPS. Hasta enero de 2005, alrededor de 300 mil unidades contaban ya con una OBU siendo el objetivo de que al final de ese año 500 mil unidades estuvieran equipadas.

El sistema de cobro de peajes será completamente funcional desde el principio, sin restricciones. La parte automática se activará en dos etapas: en la primera etapa, la versión 1.0 del software como un mapa digital de la red carretera y los montos de las cuotas. Sin embargo en enero de 2005, el mapa digital y los montos de las cuotas no podían ser actualizados vía el sistema inalámbrico GSM. No obstante, los cambios previsibles en la red de cuotas han sido pre-programados en la versión 1.0 del software, y serán efectivos cuando se requiera de acuerdo con la fecha establecida. Hacia el mes de enero de 2006, cuando los vehículos acudan a los talleres de mantenimiento se iniciará la segunda etapa, en la que el software de la OBU será actualizado a la versión 2.0. Esta versión del software garantizará que el mapa digital y los montos de las cuotas sean constantemente actualizables.

### **3.4 Contratistas, proveedores y equipo instalado**

Deutsche Telecom es el accionista controlador y gerente de operaciones para el proyecto, mientras que T-Systems, una subsidiaria de Deutsche Telecom, es el contratista que tiene la responsabilidad de construir el sistema; mantener las líneas fijas de infraestructura; y la programación. T-mobile y Vodafone son los encargados de manejar la parte de las comunicaciones móviles del proyecto.

A Siemens se le ha encargado la responsabilidad como coordinadores técnicos del proyecto para la versión 2.0 del software de la OBU. Las terminales de pago de cuotas fueron abastecidas por Hoefft Wessel AG de Hanover y NCR (Nacional Cash Register) de Estados Unidos de América, con un contrato estimado en 87 millones de euros. Grundig y Siemens son los proveedores de las OBU's. Las OBU's usan un sistema GPS manufacturado por Navman NZ de Nueva Zelanda junto con Unitronic de Alemania, y aplicando un diseño de Rockwell Conexant. La OBU emplea también una unidad inalámbrica GSM fabricada por Wavecom de Francia. Para instalar y dar servicio de mantenimiento a las OBU's, hay en Alemania y países vecinos 1,850 instaladores autorizados. VITRONIC de Wiesbaden, Alemania maneja la responsabilidad de la vigilancia del sistema de peaje, siendo el proveedor de los 300 arcos del sistema.

### **3.5 Sistema dedicado de comunicaciones de corto alcance (DSRC)**

Los arcos de vigilancia del sistema de peajes y las patrullas de la BAG utilizan un sistema dedicado de comunicaciones de corto alcance (DSRC) multifuncional infrarrojo activo de 1 Mbit/seg manufacturado por EFKON de Austria. Los sistemas de las patrullas incluyen una oficina móvil; terminales de pago; copiadoras; y scanner para generar evidencias de las violaciones del sistema de cobro de peajes. El sistema completo de DSRC cuenta con dos interfaces duales: EFKON también proporciona, mediante sistemas infrarrojos, la vigilancia en carriles de circulación de flujo libre en 300 sitios en los lugares más concurridos como son cruces fronterizos y a las entradas de las ciudades. Estos sistemas de vigilancia se han diseñado para operar a velocidades de hasta 250 km/h. Además, habrá 200 antenas funcionando con energía solar para aquellos puntos en los que no sea posible utilizar el GPS, por ejemplo, a las salidas de túneles o en sitios de construcción. El equipo EFKON tiene compatibilidad total con el resto del equipo instalado.

## **4. Sistema de reconocimiento óptico de placas**

---

En este capítulo se describen los elementos y la operación de un sistema de cobro electrónico de basado en el reconocimiento de los caracteres de la placa de circulación de las unidades. Se concluye que para su correcto funcionamiento es indispensable un patrón vehicular confiable y permanentemente actualizado.

### **4.1 Introducción**

Los sistemas de reconocimiento de placas se utilizan para capturar imágenes de las placas de los automotores que circulan por las plazas de las carreteras donde existen sistemas de cobro electrónico de cuotas. Las imágenes respectivas se utilizan para definir la matrícula, y comparando con archivos disponibles, identificar la cuenta asociada al vehículo, y descargar en ella el monto del peaje. Para una utilidad práctica, tanto la captura de la imagen como la obtención de la información deben realizarse de forma automática.

En el caso de matrículas sin cuenta asociada, el sistema puede determinar también el lugar de registro (ciudad y estado) y el propietario del vehículo. Mediante procesos manuales de identificación es factible verificar la información a fin de enviar al titular una notificación mencionando el adeudo del peaje y la multa respectiva. En el caso de infractores, y en particular de los reincidentes, normalmente el monto de la multa es en mucho más alto que el peaje a fin de disuadir al usuario de violaciones posteriores. Cuando éste se niega a liquidar la multa, el operador de la carretera de peaje puede proceder penalmente para lograr el pago.

Una de las principales ventajas de los sistemas de peajes basados en el reconocimiento de las placas es la eliminación de las barreras de paso, lo cual permite que los usuarios circular sin disminuir su velocidad, o detenerse. Sin embargo, si éstos creen que el operador no cuenta con sistemas de video, puede verse estimulado a cometer una violación a través de no pagar la cuota respectiva, afectando la principal fuente de ingresos del operador de la carretera. Es por lo anterior, que contar con un sistema de video resulta indispensable con el fin de grabar la información necesaria, identificar al infractor, recuperar las cuotas, y emitir las multas que ayuden a disuadir a los usuarios de evitar el pago.

### **4.2 Tecnología para captura de imágenes**

Las tecnologías más comúnmente utilizadas para la captura de imágenes de placas, son las siguientes ( <http://www.ettm.com/ves.html>, 2007):

1. **Fotografías:** Las cámaras fotográficas fueron el primer medio para lograr las imágenes de las placas de quienes evadían el pago del peaje. Sin embargo, esta tecnología fue pronto desechada debido al alto costo y tiempo que representaba procesar las imágenes del vehículo infractor. Además se enfrentaban problemas tales como la activación de la cámara en el momento oportuno; la falta de correlación de la imagen con el carril de circulación; la no inclusión de la fecha y hora en la fotografía; y el almacenaje de las fotografías. Por esas desventajas, nunca fue utilizada en sistemas automáticos de cobro de peajes, y sólo se limitó a la captura de imágenes de infractores.
2. **Grabación en cintas de vídeo:** Las cámaras fotográficas fueron sustituidas por grabadoras de cinta magnética, las cuales tienen capacidad de grabar las imágenes de las unidades al pasar por las casetas de peaje. El sistema requiere una cámara de vídeo y una grabadora por cada caseta de cobro. Las cintas se envían a una central de procesamiento y almacenaje, para su revisión posterior. En la central de procesamiento puede obtenerse la matrícula de los vehículos, y determinarse el tiempo de cruce. Normalmente, la cinta se reproduce en cámara lenta para definir el número de matrícula. Para mejorar el almacenamiento de imágenes y optimizar el proceso de revisión de imagen, la grabación se realiza en dos formatos de velocidad; sin embargo presenta el problema del espacio necesario para el almacenamiento de las cintas, y el transporte que lleve las cintas al centro de procesamiento. A pesar de lo mencionado, este método se sigue empleando en muchos países. Al igual que la obtención de imágenes por medio de una cámara fotográfica, este medio de identificación de placas resulta poco práctico para su aplicación en un sistema automático de cobro, y no se reporta en la literatura ningún caso de aplicación.
3. **Imágenes digitales:** La necesidad de contar con imágenes que pudieran procesarse de manera prácticamente instantánea ha sido cubierta por los sistemas de video, que capturan y almacenan digitalmente las imágenes. Estos sistemas tienen la capacidad de digitalizar imágenes, almacenarlas electrónicamente y transmitir las a lugares remotos en un tiempo reducido. Se utilizan como parte fundamental de los procesos de reconocimiento de matrículas autorizadas que permiten identificar automáticamente la ubicación de la placa en la imagen y los caracteres que la forman para almacenar los datos en el proceso de pago de cuota. Este sistema reemplaza el método de revisión manual de las cintas, y permite reducir los costos de operación del cobro electrónico. Para operar con estos sistemas, se instala una cámara en cada uno de los carriles de la plaza de cuota.
4. **Reconocimiento de matrículas autorizadas:** Al obtener imágenes de alta calidad puede determinarse el número de la placa del vehículo que utiliza los carriles donde existen sistemas de cobro electrónico basados en el procesamiento de imágenes. Al comparar la información de la placa con los archivos correspondientes, se identifica la cuenta asociada. El objetivo

principal de tal tecnología es obtener la información de la placa de manera precisa y a un costo mínimo. Por su parte la tecnología conocida como reconocimiento óptico de caracteres (OCR por sus siglas en inglés) posee una precisión que ha permitido la operación de una carretera con este sistema: la 407, en Toronto, Canadá, para el cobro de cuotas a vehículos que no cuenten con una etiqueta electrónica para operar en el sistema tradicional de peaje electrónico. Sin embargo, el alto costo que representa, además de los problemas para el reconocimiento de placas, ha retrasado su aplicación en otras carreteras tanto en Canadá como en otros países.

5. Los sistemas de reconocimiento de matrículas autorizadas enfrentan todavía problemas, como son el nivel de precisión para obtener la información, asociados a factores que se combinan y afectan la obtención de esa información. Entre otros factores pueden mencionarse: la falta de uniformidad en los estándares de las matrículas, estas varían de estado a estado, de país a país, y en ocasiones de año en año; placas sucias por lodo o en mal estado; ubicación no uniforme con respecto al vehículo o ausencia de éstas por robo o pérdida; ambigüedad o similitud de letras y números que no pueden ser determinados explícitamente, etc. Como resultado de los factores mencionados, los sistemas de reconocimiento de placas frecuentemente requieren la intervención humana para leer imágenes y confirmar los resultados. Buscando resolver lo anterior, los fabricantes de tecnología de reconocimiento de matrículas han perfeccionado los dispositivos para capturar imágenes múltiples, aumentando el nivel de confiabilidad de los datos y reduciendo la revisión manual.

Sin embargo, en países como México, el principal problema para el establecimiento de un sistema de peajes basado en el reconocimiento de placas es la carencia de un padrón vehicular confiable. Si bien, cuando un vehículo es nuevo, se cuenta, en forma más o menos precisa, con los datos del propietario, información que normalmente se pierde cuando, después de cierto tiempo, el auto se vende en el mercado secundario, o cuando es robado. Se padece también el ingreso casi permanente de unidades de procedencia extranjera que circulan sin documentación, y de los que no puede rastrearse su procedencia o propietario. En este sentido, las autoridades mexicanas han propuesto un registro público vehicular, el cual, de cumplir con sus objetivos podría servir para establecer un control más preciso de las unidades que circulan en las carreteras del país.

### **4.2.1 Operación de los sistemas para la captura de imágenes**

Los sistemas para la captura de imágenes trabajan de la siguiente forma (<http://www.ettm.com/ves.html>, 2000):

1. Los sensores instalados en el pavimento detectan e informan a la computadora de carril la presencia de un vehículo que está en posición para comenzar la captura de la imagen.
2. La cámara instalada en el carril de circulación capta una imagen análoga del vehículo, enviándola por medio de un proceso de conversión digital. Todas las casetas en la plaza de cobro cuentan con una cámara digital enfocada para capturar el área total de la matrícula. Normalmente captan la imagen de la placa frontal, siendo esto indispensable en el caso de camiones ya que esta placa es más visible.
3. Una o varias imágenes de cada vehículo que circula por una caseta, se almacenan temporalmente en la memoria de un tablero de interfase. Si el operador de la caseta identifica que se trata de un infractor, las imágenes en el tablero son almacenadas. Antes de guardarse, el operador puede sobreponer en la imagen el número de la caseta, la identificación de la plaza de cuota, la fecha, la hora y en algunas ocasiones el tipo de infracción y/o de cámara.
4. La imagen puede ser almacenada localmente en el controlador de la caseta o transferida al sistema de control de la plaza; o también transmitirse al centro de servicio al cliente de la carretera de peaje.
5. Las imágenes de los vehículos infractores son procesadas por un sistema de revisión en el centro de servicio al cliente. Las imágenes se transfieren por medio de una transmisión en red o por partes, en un disco óptico o en una cinta.
6. Las imágenes de vehículos no infractores son descartadas; no así las de los infractores, cuyas imágenes son normalmente almacenadas en un archivo del servidor de la plaza por un periodo de tiempo corto, antes de ser eliminadas. Estas imágenes se envían al centro de atención a clientes y se emplean para notificar a los infractores. Este tipo de imágenes se reservan el tiempo necesario, hasta completar el cobro del peaje y la multa respectiva o concluir el proceso legal.

#### **4.2.2 Aspectos a considerar en los sistemas para la captura de imágenes**

Otros aspectos a considerar en la captura de imágenes son los siguientes:

1. Campo visual de las cámaras - Se refiere al tamaño (ancho y altura) de la imagen que captará la cámara. Es importante ya que de eso depende la resolución que la cámara ofrece, la cual debe ser lo suficientemente alta para ser vistas y leída en un monitor, o por un sistema automático de reconocimiento de caracteres a fin de obtener, de manera precisa, los datos de la placa. Cuando el campo visual de la cámara no abarca

completamente el carril de la caseta, el problema es obtener una imagen con la suficiente calidad para determinar la información. Esto se resuelve con equipo de mayor resolución, tomando varias imágenes de los vehículos, y/o instalando más cámaras de vídeo.

2. Privacidad - Si el sistema graba una o más imágenes completas de un automotor que pasa por la caseta de cuota, es posible identificar al conductor y/o pasajeros, lo que podría considerarse una invasión de su privacidad; este caso se presenta especialmente cuando el sistema captura imágenes de cada vehículo, descartando posteriormente a los que no incurren en la violación del sistema. Para evitar el problema la imagen plasmada es generalmente reducida para observar sólo el área correspondiente a la matrícula del vehículo y, si es posible, captar sólo a los que infringen el pago de la cuota (Pietrzik y Mierzejewski, 1993).
3. Iluminación y velocidad de disparo - La rapidez de disparo se configura de acuerdo con la luz que exista y la velocidad del vehículo, ya que un desplazamiento inadecuado puede resultar en imágenes borrosas o manchadas. Para las operaciones nocturnas, la luz es primordial para imágenes claras y el tipo de iluminación debe ser compatible con las características de la cámara. Se debe considerar el sitio de instalación del sistema de iluminación para evitar que los conductores o peatones se den cuenta que existe una cámara. En algunas plazas, se recurre a sensores infrarrojos para minimizar el problema. Afortunadamente, los equipos más modernos permiten ajustar la captura de la imagen a las características de iluminación presentes en el momento de la toma, facilitando el trabajo de identificación de la placa
4. Número de Imágenes a capturar – En algunas instalaciones se toman secuencias de imágenes a fin de mejorar la precisión con la que se obtiene la información de la matrícula.
5. Reducción de imágenes – A fin de reducir el espacio en memoria necesario para su almacenamiento, las imágenes se comprimen antes de ser guardadas en la computadora o de ser transmitidas a los centros de revisión. Con esto se logra el objetivo de no saturar la memoria, y se reduce el tiempo que se requiere para transferir imágenes a la computadora central. El formato típico de compresión de imágenes que se utiliza es el del Grupo Unido de Expertos en Fotografía (JPEG por sus siglas en inglés).
6. Placas frontales - Un camión conformado por un semirremolque presenta problemas respecto a la ubicación de la cámara, debido a que la matrícula trasera, que es comúnmente el objetivo de los sistemas de captura de imágenes, generalmente no tiene la localización requerida. Para resolver este problema se capta una imagen de la placa frontal.

7. Transferencia de imágenes para procesamiento de infractores – En la actualidad, el desarrollo de redes de comunicación de mayor capacidad y velocidad, mediante el uso de fibra óptica, ha permitido transmitir las imágenes electrónicamente a los centros de revisión con mayor frecuencia. En los sistemas antiguos era común almacenar las imágenes en la plaza de cuota para periódicamente enviarlas al centro de revisión en discos o cintas, creando una demora en el proceso de detección de infractores.
8. Verificación del equipo - Durante el proceso de revisión, las imágenes pueden clasificarse de acuerdo con su nitidez para llevar un control estadístico de las que son revisadas. En caso de que existan imágenes distorsionadas se puede determinar que existe un problema con el equipo, e identificar la cámara que esté fallando para posteriormente corregir la situación con el mantenimiento adecuado.

## 5. Conclusiones

---

Del desarrollo de este trabajo se pueden establecer las siguientes conclusiones:

Es ya imperiosa la necesidad de la aplicación masiva del cobro electrónico en las autopistas del país. El número de operaciones de cobro que actualmente se realiza, y el cual es de esperarse se incremente con la construcción de carreteras de cuota, justifican plenamente esta forma de pago. La tecnología del cobro electrónico es ya lo suficientemente madura como para considerar que los riesgos asociados con su implantación son mínimos. Los beneficios que pueden esperarse de su uso son considerablemente mayores a los costos asociados con su implantación.

Si bien el sistema IAVE ahora usado mejora al que anteriormente estaba en servicio, se requiere que los programas de comercialización de la nueva tarjeta sean más agresivos a fin de lograr un mayor número de usuarios, que reduzcan el costo de utilizar el servicio para la entidad operadora, y lograr economías de escala en el servicio.

La experiencia lograda con la operación del sistema actual debe considerarse como base para el desarrollo futuro de tecnologías de cobro electrónico que permitan la operación sin barreras de las casetas destinadas a ese servicio. Esto sería particularmente útil si se pretende establecer vías de cuota en medios urbanos. Para lograr lo anterior es imperioso contar con un padrón vehicular confiable. Sin este padrón, la operación sin barreras en las casetas de peaje seguirá siendo una utopía en México.

No sólo debe buscarse la operación sin barreras en las casetas de cuota; sistemas de cobro electrónico más avanzados permiten obtener información múltiple, como aforos por tipo de vehículo, origen y destino de los viajeros, o patrones de uso horario, que puede resultar muy útil para los planificadores de la infraestructura.

El cobro electrónico de cuotas está ya presente en prácticamente todo el planeta. Todos aquellos países que cuentan con carreteras de peaje, han visto como una mejor opción para cobrar las cuotas el uso del cobro electrónico. Esta tecnología es la opción también para los sistemas de tarificación urbana que se han puesto de moda en Europa; y que hace un buen tiempo son usados en Singapur, primero con sistemas manuales de cobro, pero que ahora están tomando ventaja de la tecnología de cobro electrónico.

Los privilegios del cobro electrónico han dejado de ser meramente potenciales. Se cuenta ya con estimaciones de la magnitud de los beneficios que su empleo ha generado en diversas regiones del mundo. Dichas ventajas son tanto en tiempo para los usuarios de las carreteras de cuota, al no tener que detenerse en las casetas de peaje y reducir sus retrasos, como en el consumo de combustibles y

en la consecuente tendencia a la baja de contaminantes emitidos a la atmósfera por los vehículos que esperan para pagar en las casetas atendidas manualmente.

El nuevo sistema de cobro basado en tecnología GPS en Alemania, permite cobrar por el uso de cualquier tipo de infraestructura carretera, sin necesidad de contar con casetas y plazas de peaje. Esto elimina los costos asociados con la construcción, el terreno y la operación de las casetas de peaje. Este nuevo sistema representa una opción que pudiera ser atractiva para México. Sin embargo, siendo Alemania el primer país en donde se aplica esta tecnología, resultará conveniente esperar unos años para observar su desempeño. Un posible problema, el cual Europa está ya resolviendo con su propia constelación de satélites, es la dependencia de la señal de los satélites americanos. Esto último podría ser un impedimento para el desarrollo en México de un sistema de peaje similar al alemán.

La tecnología de cobro electrónico basada en el reconocimiento óptico de placas presenta todavía problemas de costo y precisión de la tecnología utilizada. Estos problemas han ocasionado que su uso no se haya extendido más allá de la carretera 407 en Toronto, Canadá. Su aplicación al respecto se limita a vehículos que no cuenten con una etiqueta para el pago electrónico tradicional.

En el caso de México, la recomendación del empleo de sistemas de radiofrecuencia con tarjetas electrónicas, expresada en el reporte anterior, sigue siendo válida. Deberá buscarse ir más allá en cuanto a la tecnología actualmente usada y recurrir a tarjetas electrónicas de lectura y escritura, sobre todo por las ventajas que presentan respecto a la privacidad y control de las cuentas de los usuarios.

## 6. Referencias bibliográficas

---

- Acha Daza, Jorge A. "Tecnologías para el cobro electrónico de cuotas en carreteras y puentes". Publicación Técnica 159. Instituto Mexicano del Transporte. (2000)
- Cosmen-Shortmann, J., y Halleman, B. "Space saver?: The design of a distance-based system for urban environments". Traffic Technology International. (Ago-Sep 2007)
- Crawford, D. "Peaje de control". TecnoVial Mundial. Route One Publishing. (Jul 2001). pp. 7-12
- El Universal (2006). "Lanzarán en 2007 tarjetas de prepago para autopistas". 26 de diciembre de 2006. <http://www.el-universal.com.mx/articulos/36624.html>. Consultado el 14 de nov de 2007
- Gillen, D., et al. "Assessing the Benefits and Costs of ITS Projects: Volume 2 An Application to Electronic Toll Collection". California PATH program Research Report, Report number UCB-ITS-PRR-99-10 (Marzo 1999)
- Glaskin, Max. "Out of this World: The space-age route to road user charging". Traffic Technology International. (Ago-Sep 2007)
- Highway Industry Development Organization,. Ministry of Construction "Intelligent Transport Systems Handbook in Japan" (Oct 1997)
- Lennon, L.. "Tappan Zee Bridge E-Z Pass System Traffic and Environmental Studies". Artículo presentado en el 64th ITE Annual Meeting, Institute of Transportation Engineers (1995)
- Patchett, N., "The Road Ahead: Distance-based charging by 2012". Traffic Technology International. (Ago-Sep 2007)
- Pietrzyk, M.C.; and Mierzejewski, E.A. "Electronic Toll and Traffic Management (ETTM) Systems". NCHRP Synthesis 194. Transportation Research Board, (1993)
- Road Traffic Technology. "LKW-MAUT Electronic Toll Collection System for Heavy Goods Vehicles, Germany". 2007. en [http://www.roadtraffic-technology.com/project\\_printable.asp?ProjectID=3227](http://www.roadtraffic-technology.com/project_printable.asp?ProjectID=3227). Consultado el 12 de nov de 2007
- Samuel, P. "Argumentos a favor del peaje". TecnoVial Mundial. Route One Publishing. (Ene 2002). pp. 34-35

- Samuel, P. "La visión mundial del peaje". TecnoVial Mundial. Route One Publishing. (May 2001). pp. 29-31
- Samuel, P. "Las tecnologías funcionarán en paralelo". TecnoVial Mundial. Route One Publishing. (Jul 2005). pp. 18-19
- Smith, L. y Benko, M. "Electronic Toll Collection". ITS Decision. Institute of Transportation Studies de la University de California en Berkeley y Caltrans. (Jun 2007)
- TecnoVial Mundial. "Los protagonistas" Route One Publishing. Edición No. 1, (1998). pp. 50-52
- Tecno Vial Mundial. "Oklahoma: la próxima generación". Route One Publishing. (Jul 2000). pp. 34-36
- Toll Facilities in the United States. Publicación No.FHWA-PL-05-018  
<http://www.fhwa.dot.gov/tollpage/cover.htm> . Consultado en agosto de 2007
- Venable, D. L.; Machemehl, R.B.; and Euritt, M. "Electronic Toll Collection Systems". Research Report 1322-2. Center for Transportation Research. The University of Texas at Austin. (May 1995)
- Video Enforcement Systems. <http://www.ettm.com/ves.html>. Consultado en enero del 2007
- Wilbur Smith Associates. "Operational and Traffic Benefits of E-ZPass to the New Jersey Turnpike". New Jersey Turnpike Authority (Ago 2001)
- Wlazlo, A. "Iniciativas latinoamericanas" TecnoVial Mundial. Route One Publishing. (Oct 2004). pp. 31-33

**Apéndice. Sistemas de cobro electrónico en operación en  
carreteras interestatales de los Estados Unidos de América**



**Cuadro A1**  
**Sistemas de cobro electrónico en los Estados Unidos de América**

Entidad operadora o financiera	Clase de infraestructura	Nombre	Plazas de cobro	Carriles de cobro	Sistema IAV (en operación/ esperado) tipo
<b>CALIFORNIA</b>					
Compañía Privada de Transporte de California (1996)	Carretera	SR 91	2	6	FASTRAK/Title 21/Sirit (12/95) L/E
Departamento de Transporte de California (1997)	Puente	Puente Antioch (SR 160)	1	3	FASTRAK/Title 21/Sirit (Esp. 2000) L/E
	Puente	Puente Carquinez (2 Puentes) (I-80)	1	12	FASTRAK/Title 21/Sirit (08/97) L/E
	Puente	Puente Dumbarton (SR 84)	1	6	FASTRAK/Title 21/Sirit (Esp. 2000) L/E
	Puente	Puente Benicia-Martinez (I-680)	1	9	FASTRAK/Title 21/Sirit (Esp. 2000) L/E
	Puente	Puente Richmond-San Rafael(I-580)	1	7	FASTRAK/Title 21/Sirit (Esp. 2000) L/E
	Puente	Puente Coronado (SR 75)	1	7	FASTRAK/Title 21/Sirit (Esp. 2000) L/E
	Puente	Puente de la Bahía de San Francisco-Oakland (I-80)	1	20	FASTRAK/Title 21/Sirit (Esp. 2000) L/E
	Puente	Puente San Mateo-Hayward (SR 94)	1	7	FASTRAK/Title 21/Sirit (Esp. 2000) L/E
Distrito de Transporte del Puente y la Carretera Golden Gate (1998)	Puente	Puente Golden Gate	1	11	FASTRAK/Title 21/Sirit (Esp. 2000) L/E
Asociación de Gobiernos de San Diego (1999)	Carretera	Interstate 15	1	2	FASTRAK/Title 21/Sirit (03/98) L/E
Agencias del Corredor de Transporte (1999)	Carretera	Eastern Toll Road (SR 241, SR 261, SR 133)	26	84	FASTRAK/Title 21/Sirit (10/98) L/E
	Carretera	Corredor Foothill (SR 241)			FASTRAK/Title 21/Sirit (11/93) L/E
	Carretera	Corredor S. Joaquin Hills (SR73)	12	42	FASTRAK/Title 21/Sirit (06/95) L/E

**Cuadro A1 (continuación)**  
**Sistemas de cobro electrónico en los Estados Unidos de América**

Entidad operadora o financiera	Clase de infraestructura	Nombre	Plazas de cobro	Carriles de cobro	Sistema IAV (en operación/ esperado) tipo
<b>COLORADO</b>					
Autoridad de la Carretera Pública E-470 (1999)	Carretera	Extensión SR 470 (E-470)	24	60	EXPRESS TOLL (07/91) L/E
<b>DELAWARE</b>					
Autoridad de Transporte de Delaware	Puente	Delaware Memorial (I-295)	N.D.	N.D.	E-Z Pass
Departamento de Transporte de Delaware (1999)	Carretera	Carretera JFK Memorial (I-95 & I-295)	1	20	E-ZPASS (11/98) L/E
	Carretera	State Route 1	5	44	E-ZPASS (03/99) L/E
<b>FLORIDA</b>					
Departamento de Transporte de Florida (Año Fiscal 1999)	Puente	Puente Navarre	1	2	SUNPASS (05/99) L/E
	Puente	Pinellas Bayway	3	8	SUNPASS (Esp. 2000) L/E
Departamento de Transporte de Florida (Año Fiscal 1999)	Puente	Sunshine Skyway	2	12	SUNPASS,EPASS, OPASS,Leeway (Esp. 2000) L/E
	Carretera	Alligator Alley (I-75) (Everglades Parkway)	2	10	SUNPASS (10/99) L/E
Turnpike de Florida (1999)	Carretera	Bee Line West Expressway (SR 528)	1	16	SUNPASS (Esp. 2000) L/E
	Carretera	Sawgrass Expressway (SR 869)	9	53	SUNPASS (09/99) L/E
	Carretera	Turnpike de Florida. Extensión Homestead	16	118	SUNPASS (05/99) L/E
	Carretera	Carril Principal de Turnpike de Florida	32	240	SUNPASS (04/99) L/E
	Carretera	Polk Parkway	8	46	SUNPASS (Esp. 2000) L/E
	Carretera	Seminole Expressway (SR 417)	4	24	E PASS (09/96) SUNPASS (Esp. 2000) L/E
	Carretera	Extension Southern Connector(SR 417)	3	16	E PASS (09/96) SUNPASS (Esp. 2000) L/E
	Carretera	Suncoast Parkway	Under Construction		SUNPASS (Esp. 2000) L/E
	Carretera	Veterans Expressway	7	45	SUNPASS (Esp. 2000) L/E
Condado Lee (1999)	Puente	Puente Cape Coral	1	14	LEEWAY (11/97) L/E

**Cuadro A1 (continuación)**  
**Sistemas de cobro electrónico en los Estados Unidos de América**

Entidad operadora o financiera	Clase de infraestructura	Nombre	Plazas de cobro	Carriles de cobro	Sistema IAV (en operación/ esperado) tipo
	Puente	Puente Midpoint Memorial	1	14	LEEWAY (11/97) L/E
	Puente	Puente Sanibel-Captiva	1	3	LEEWAY (11/97) L/E
Departamento de Obras Públicas del Condado de Metro Dade (1997)	Puente	Rickenbacker Causeway	N. D.	N. D.	C PASS (N. D.) L/E
	Puente	Venetian Way Causeway			C PASS (N. D.) L/E
Autoridad de la Autopista Miami-Dade (Año Fiscal 1999)	Carretera	Dolphin East/West Tollway (SR 836)	1	10	SUNPASS (06/99) L/E
	Carretera	Gratigny Parkway (SR 924)	1	17	SUNPASS (06/99) L/E
	Carretera	Miami Airport Expressway (SR 112)	1	6	SUNPASS (06/99) L/E
	Carretera	Don Shula Expressway (SR 874)	1	14	SUNPASS (06/99) L/E
Autoridad del Puente Mid-Bay (Año Fiscal 1999)	Puente	Puente Mid-Bay (SR 293)	1	4	SUNPASS (06/99) L/E
Autoridad de la Autopista de Orlando/ Condado de Orange (Año Fiscal 1999)	Carretera	Bee Line Expressway (SR 528)	4	24	E PASS (03/95) SUNPASS (Esp. 2000) L/E
	Carretera	Central Florida Greenway (SR 417)	22	66	E PASS (03/95) SUNPASS (Esp. 2000) L/E
	Carretera	East-West Expressway (SR 408)	20	70	E PASS (03/95) SUNPASS (Esp. 2000) L/E
	Carretera	Western Expressway (SR 429)	5	18	E PASS (03/95) SUNPASS (Esp. 2000) L/E
Condado de Osceola	Carretera	Osceola Parkway	2	8	O PASS (09/95) L/E
Autoridad del Puente de la Bahía de Santa Rosa (Año Fiscal 1999)	Puente	Puente Garcon Point	1	6	SUNPASS (05/99) L/E
Autoridad de la Autopista del Condado de	Carretera	Lee Roy Selmon Crosstown Expressway	7	45	SUNPASS (Esp. 2000)

Tampa-Hillsborough (Año Fiscal 1999)		(SR 618)			L/E
--------------------------------------	--	----------	--	--	-----

**Cuadro A1 (continuación)**  
**Sistemas de cobro electrónico en los Estados Unidos de América**

Entidad operadora o financiera	Clase de infraestructura	Nombre	Plazas de cobro	Carriles de cobro	Sistema IAV en operación/ (esperado) tipo
Pueblo de Bay Harbor Islands (Año Fiscal 1999)	Puente	Broad Causeway	1	6	IAV con código de barras laser
<b>GEORGIA</b>					
Departamento de Transporte de Georgia y Autoridad de Caminos de Cuota del Estado de Georgia (1998)	Puente	F. J. Torras Causeway	1	4	IAV con código de barras laser (1986)
	Carretera	Extensión SR 400	2	18	AMTECH (08/93) S/L
<b>ILLINOIS</b>					
Autoridad de Carreteras de Cuota del Estado de Illinois (1999)	Carretera	East-West Tollway (I-88)	16	79	I PASS (10/94) L/E
	Carretera	North-South Tollway (I-355)	10	73	I PASS (07/93) L/E
	Carretera	Northwest Tollway (I-90)	6	12	I PASS (03/98) L/E
	Carretera	Tri-State Tollway (I-94,	23	211	I PASS (10/94) L/E
<b>KANSAS</b>					
Autoridad de los Turnpike de Kansas (1988)	Carretera	Kansas Turnpike (I-35, I-135, I-470, I-70, I-335)	21	103	K-TAG (10/95) L/E
<b>LOUISIANA</b>					
Comisión de Autopistas de Nueva Orleans	Puente	Lake Pontchartrain Causeway	2	7	TOLLTAG (12/90) L/E
Departamento de Transporte y Desarrollo de Lousiana	Puente	Conexión Crescent City	1	12	TOLLTAG (01/89) L/E
<b>MAINE</b>					
Autoridad del Turnpike de Maine	Carretera	Maine Turnpike (I-95, I-195, I-295, I-495)	N.D.	N. D.	E-ZPASS (09/97) E/I

**Cuadro A1 (continuación)**  
**Sistemas de cobro electrónico en los Estados Unidos de América**

Entidad operadora o financiera	Clase de infraestructura	Nombre	Plazas de cobro	Carriles de cobro	Sistema IAV en operación/ (esperado) tipo
<b>MARYLAND</b>					
Autoridad del Transporte de Maryland (1998)	Puente	Puente Francis S. Key (I-695)	1	12	M-TAG (04/99) L/E
	Puente	Millard Tydings Bridge (I-95)	N.D.	N.D.	E-Z Pass
	Carretera	Carretera JFK (I-95)	1	12	M-TAG (Esp. 2000) L/E
	Túnel	Túnel de la Bahía de Baltimore (I-895)	1	14	E-Z Pass
	Túnel	Túnel Fort McHenry (I-95)	1	24	E-Z Pass
<b>MASSACHUSETTS</b>					
Autoridad Portuaria de Massachusetts (1999)	Puente	Puente Maurice J. Tobin	1	7	FASTLANE/E-ZPASS (11/99) L/E
Autoridad del Turnpike de Massachusetts (1998)	Carretera	Massachusetts Turnpike - Western Turnpike (I-90)	17	146	FASTLANE/E-ZPASS (06/99) L/E
	Carretera	Turnpike de Massachusetts – Extensión Boston (I-90)	4	44	FASTLANE/E-ZPASS (10/98) L/E
	Túnel	Túnel Callahan y Sumner	1	10	FASTLANE/E-ZPASS (10/98) L/E
	Túnel	Túnel Ted Williams (Tercera Bahía)	1	4	FASTLANE/E-ZPASS (10/98) L/E
<b>MICHIGAN</b>					
Autoridad de Puentes de Mackinac, Michigan	Puente	Puente Mackinac (I-75)	N.D.	N.D.	MDOT Pass
Corporación de Túneles de Detroit y Canadá	Túnel	Túnel Detroit- Windsor			MARK IV (Esp. 1996)
Autoridad de Puentes Internacionales de Michigan	Puente	Sault Ste. Marie (I-75)	N.D.	N.D.	Tarjetas magnéticas
<b>NEW JERSEY</b>					
Autoridad de las Carreteras de New Jersey (1997)	Carretera	Garden State Parkway	43	337	E-ZPASS (Parcial 12/99) L/E

**Cuadro A1 (continuación)**  
**Sistemas de cobro electrónico en los Estados Unidos de América**

<b>Entidad operadora o financiera</b>	<b>Clase de infraestructura</b>	<b>Nombre</b>	<b>Plazas de cobro</b>	<b>Carriles de cobro</b>	<b>Sistema IAV (en operación/ esperado) tipo</b>
Autoridad del Turnpike de New Jersey (1997)	Carretera	Turnpike NJ	27	328	E-ZPASS (Esp. 2000) L/E
Autoridad del Transporte del Sur de Jersey (1998)	Carretera	Expressway de Atlantic City	7	52	E-ZPASS (11/98) L/E
Autoridad de Puertos Ribereños de Maryland (1998)	Puente	Puente Ben Franklin Puente (I-676)	1	13	E-ZPASS (12/99) L/E
Autoridad de Puertos Ribereños de Maryland (1998)	Puente	Puente Betsy Ross	1	10	E-ZPASS (12/99) L/E
	Puente	Puente Comodoro John Barry	1	7	E-ZPASS (12/99) L/E
	Puente	Puente Walt Whitman (I-76)	1	15	E-ZPASS (12/99) L/E
Comisión Conjunta de los Puentes de Cuota del Río Delaware	Puente	Puente de cuota I-78	N.D.	N.D.	E-Z PASS
	Puente	Brecha de agua Delaware (I-80)	N.D.	N.D.	E-Z PASS
<b>NEW YORK</b>					
Autoridad Pública del Puente Buffalo – Ft. Erie	Puente	Puente Peace	1	8	E-ZPASS (Esp. 2000) L/E
Puentes y Túneles Triborough	Puente	Puente Bronx-Whitestone (I-678)	1	22	E-ZPASS (06/96) L/E
	Puente	Puente Cross Bay	1	12	E-ZPASS (03/96) L/E
	Puente	Puente Henry Hudson	1	16	E-ZPASS (07/96) L/E
	Puente	Puente Marine Parkway	1	10	E-ZPASS (03/96) L/E
	Puente	Puente Throgs Neck (I-295)	1	21	E-ZPASS (05/96) L/E
	Puente	Puente Triborough (I-278)	2	38	E-ZPASS (08/96) L/E
	Puente	Puente Verrazano Narrows (I-278)	1	22	E-ZPASS (10/95) L/E
	Túnel	Túnel Brooklyn Battery (I-478)	1	16	E-ZPASS (12/96) L/E
	Túnel	Túnel Queens Midtown (I-495)	1	14	E-ZPASS (12/96) L/E

**Cuadro A1 (continuación)**  
**Sistemas de cobro electrónico en los Estados Unidos de América**

Entidad operadora o financiera	Clase de infraestructura	Nombre	Plazas de cobro	Carriles de cobro	Sistema IAV en operación/ (esperado) tipo
Autoridad de Puentes del Estado de Nueva York (1999)	Puente	Puente Bear Mountain(US 6/202)	1	2	E-ZPASS (05/98) L/E
	Puente	Puente Kingston-Rhinecliff	1	2	E-ZPASS (06/98) L/E
	Puente	Puente Mid-Hudson (US 44, NY 55)	1	5	E-ZPASS (11/98) L/E
Autoridad de Puentes del Estado de Nueva York (1999)	Puente	Puente Newburgh-Beacon (I-84, NY 52)	1	8	E-ZPASS (02/98) L/E
	Puente	Puente Rip Van Winkle (NY 23)	1	2	E-ZPASS (07/98) L/E
	Puente	Newburgh-Beacon (I-84)	N.D.	N.D.	E-Z PASS
Autoridad Estatal de Autopistas de Nueva York (1997)	Puente	Puente North Grand Island (I-190)	1	6	E-ZPASS (10/93) L/E
	Puente	Puente South Grand Island (I-190)	1	6	E-ZPASS (10/93) L/E
	Puente	Puente Tappan Zee (I-87)	1	13	E-ZPASS (09/93) L/E
	Carretera	NYS Thruway – Main Line (I-87, I-90)	45	280	E-ZPASS (04/95-02/96) L/E
	Carretera	NYS Thruway – Erie Section (I-90)	8	51	E-ZPASS (02/97) L/E
	Carretera	New England Thruway (I-95)	6	73	E-ZPASS (11/95) L/E
	Carretera	NYS Thruway – Niagara Section (I-190 Buffalo-Niagara Falls)			E-ZPASS (12/95) L/E
Autoridad de Puentes de Nueva York y New Jersey (1997)	Puente	Puente Bayonne (SH 440)	1	4	E-ZPASS (06/97) L/E
	Puente	Puente George Washington (I-95)	3	31	E-ZPASS (07/97) L/E
	Puente	Puente Goethals (I-278)	1	8	E-ZPASS (07/97) L/E
	Puente	Cruce del Puente Outer (SH 440)	1	11	E-ZPASS (07/97) L/E
	Túnel	Túnel Holland (I-78)	1	9	E-ZPASS (10/97) L/E

	Túnel	Túnel Lincoln (I-495)	1	14	E-ZPASS (10/97) IAV (07/89 sólo para Autobuses) L/E
--	-------	-----------------------	---	----	--

**Cuadro A1 (continuación)**  
**Sistemas de cobro electrónico en los Estados Unidos de América**

Entidad operadora o financiera	Clase de infraestructura	Nombre	Plazas de cobro	Carriles de cobro	Sistema IAV (en operación/ esperado) tipo
Autoridad de Puentes Mil Islas	Túnel	Mil Islas (I-81)	N. D.	N. D.	E-ZPASS
Comisión de Puentes de Niagara Falls	Túnel	Lewston-Queenston (I-190)	N. D.	N. D.	E-ZPASS
<b>OKLAHOMA</b>					
Autoridad de los Turnpikes de Oklahoma (1997)	Carretera	Turnpike Cherokee (US 412)	7	28	PIKEPASS (09/91) S/L
	Carretera	Turnpike Chickasaw	1	6	PIKEPASS (09/91) S/L
	Carretera	Turnpike Cimarron (US 412)	5	20	PIKEPASS (01/91) S/L
	Carretera	Turnpike Creek	7	30	PIKEPASS (07/92) S/L
<b>OKLAHOMA</b>					
Autoridad de los Turnpikes de Oklahoma (1997)	Carretera	Turnpike H. E. Bailey (I-44)	7	24	PIKEPASS (01/91) S/L
	Carretera	Turnpike Indian Nation (US 75)	5	20	PIKEPASS (01/91) S/L
	Carretera	Turnpike Kilpatrick (I-44)	9	44	PIKEPASS (09/91) S/L
	Carretera	Turnpike Muskogee (SR 165)	5	24	PIKEPASS (01/91) S/L
	Carretera	Turnpike Turner (I-44)	9	41	PIKEPASS (01/91) S/L
	Carretera	Turnpike Will Rogers (I-44)	7	43	PIKEPASS (01/91) S/L
<b>PENNSYLVANIA</b>					
Comisión de los Turnpikes de Pennsylvania (Año Fiscal 1999)	Carretera	Beaver Valley Expressway	5	24	E-ZPASS (Esp. 2000-02) L/E
	Carretera	Greensburg Bypass	5	24	E-ZPASS (Esp. 2000-02) L/E
	Carretera	Monvalley Expressway	3	16	E-ZPASS (Esp. 2000-02) L/E

	Carretera	Turnpike Pennsylvania	31	156	E-ZPASS (Esp. 2000-02) L/E
	Carretera	Extensión Noreste del Turnpike Pennsylvania	10	46	E-ZPASS (Esp. 2000-02) L/E

**Cuadro A1 (continuación)**  
**Sistemas de cobro electrónico en los Estados Unidos de América**

Entidad operadora o financiera	Clase de infraestructura	Nombre	Plazas de cobro	Carriles de cobro	Sistema IAV (en operación/ esperado) tipo
<b>PUERTO RICO</b>					
Autopistas de Puerto Rico y Compañía SE	Puente	Puente Teodoro Moscoso	1	10	Auto Expreso
Autoridad del Transporte y Carreteras de Puerto Rico	Carretera	PR 22	6	69	Auto Expreso
	Carretera	PR 52	5	73	
	Carretera	PR 53	5	42	
<b>SOUTH CAROLINA</b>					
Departamento de Transporte de Carolina del Sur (1999)	Carretera	Cross Island Parkway	3	11	PALMETTO PASS (3/98) L/E
<b>TEXAS</b>					
Autoridad de Caminos de Cuota del Condado de Harris (1995)	Puente	Puente del canal marino Sam Houston	N. D.	N. D.	EZ TAG (10/92) S/L
	Carretera	Hardy Toll Road	N. D.	N. D.	EZ TAG (10/92) S/L
	Carretera	Sam Houston Tollway	N. D.	N. D.	EZ TAG (10/92) S/L
Autoridad de Carreteras de Cuota del Norte de Texas (1998)	Túnel	Túnel de Cuota del Aeropuerto de Addison	1	6	TOLLTAG (1999) S/L
	Carretera	Dallas North Tollway	3	81	TOLLTAG (07/89) S/L
	Carretera	President George Bush Turnpike	17	73	TOLLTAG (1999) S/L
<b>VIRGINIA</b>					
Autoridad	Puente	Boulevard Puente (SR 161)	1	6	SMART TAG (08/99) L/E
	Carretera	Downtown Expressway (SR 146, SR 195)	4	22	SMART TAG (07/99) L/E

Metropolitana de Richmond (1998)	Carretera	Powhite Parkway (SR 76)	2	27	SMART TAG (07/99) L/E
Sociedad de Inversión en Caminos de Cuota II (1999)	Carretera	Dulles Greenway (SR 267)	11	34	SMART TAG (05/96) L/E

**Cuadro A1. (Continuación).**  
**Sistemas de cobro electrónico en los Estados Unidos de América**

Entidad operadora o financiera	Clase de infraestructura	Nombre	Plazas de cobro	Carriles de cobro	Sistema IAV (en operación/ esperado) tipo
Departamento de Transporte de Virginia (1999)	Puente	Puente Coleman	1	5	SMART TAG (08/96) L/E
	Carretera	Camino de Cuota Dulles (SR 267)	20	57	SMART TAG (04/96) L/E
	Carretera	Extensión del Powhite Parkway (SR 76)	4	28	SMART TAG (07/99) L/E
<b>WEST VIRGINIA</b>					
Autoridad para el Desarrollo Económico de Carreteras y Turismo de West Virginia	Carretera	West Virginia Turnpike	4	36	E-ZPASS (12/1999) L/E

N. D. No disponible.

L/E Identificación automática de vehículos con lectura y escritura

S/L Identificación automática de vehículos de lectura únicamente

E/I Identificación automática de vehículos con etiqueta inteligente

**Fuentes:** United States Department of Transportation. Federal Highway Administration (<http://www.fhwa.dot.gov/ohim/tollpage/cover>). United States Toll Facilities. (<http://www.ettm.com/>)

**CIUDAD DE MÉXICO**

Av Nuevo León 210  
Col Hipódromo Condesa  
CP 06100, México, D F  
Tel +52 (55) 52 653600  
Fax +52 (55) 52 653600

**SANFANDILA**

Carretera Querétaro-Galindo km 12+000  
CP 76700, Sanfandila,  
Pedro Escobedo, Querétaro, México  
Tel +52 (442) 216 9777  
Fax +52 (442) 216 9671

**[www.imt.mx](http://www.imt.mx)**  
[publicaciones@imt.mx](mailto:publicaciones@imt.mx)