



INSTITUTO  
MEXICANO DEL  
TRANSPORTE



*Certificación ISO 9001:2015*

---

---

# **Análisis de la rentabilidad de la utilización de tecnologías ITS en autopistas de cuota en México**

Jorge Artemio Acha Daza

**Publicación Técnica No. 492  
Sanfandila, Qro, 2017**



---

**SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**  
**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

**Análisis de la rentabilidad de la utilización de  
tecnologías ITS en autopistas de cuota en México**

**Publicación Técnica No. 492**  
**Sanfandila, Qro, 2017**

---



Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Integración del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte, por el Dr. Jorge Artemio Acha Daza.

Se agradece la colaboración del Dr. Carlos Daniel Martner Peyrelongue, Coordinador de Interacción del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte.



# Contenido

---

Resumen		v
Abstract		vii
Resumen	Ejecutivo	ix
Capítulo 1.	Introducción	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
Capítulo 2	Métodos de evaluación financiera de las inversiones	5
	2.1 Introducción	5
	2.2. Valor Presente Neto	5
	2.3 Tasa Interna de Rendimiento	7
	2.4 Periodo de Recuperación Descontado	7
	2.5 índice de Rentabilidad	8
	2.6 Conclusiones	8
Capítulo 3	Beneficios de las tecnologías y servicios de los ITS	9
	3.1 Cobro electrónico de peajes	9
	3.2 Red de fibra óptica	10
	3.3 Centros de control	10
	3.4 Paneles y señales de mensajes variables	10
	3.5 Estaciones meteorológicas	11
Capítulo 4	Conclusiones	13
Bibliografía		15
Anexos		17
		11



# Resumen

---

El uso de algunas de las tecnologías y servicios de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) es ya una práctica común en las autopistas de cuota en México. Tanto en el caso del cobro electrónico de peajes, como del resto de los servicios y componentes ITS requeridos como parte de las nuevas concesiones, se asume que serán económicamente rentables. Sin embargo, esa rentabilidad sólo ha sido demostrada ampliamente en otros países para el caso del peaje electrónico. Lo cual se ha considerado también válido para México. El resto de los servicios y tecnologías de los ITS requeridos en las nuevas autopistas de cuota en México no ha sido evaluado para determinar su rentabilidad. Lo anterior ha despertado el interés por contar con una herramienta de evaluación que ayude a estimar los beneficios de las distintas tecnologías de los ITS usadas en las autopistas de cuota a fin de identificar aquellas que resulten más rentables y proponer su instalación en las carreteras de cuota que entraron en operación con términos de concesión anteriores. En este texto se presenta un análisis para la definición de esa herramienta. Se concluye que la mayoría de las tecnologías requeridas en los títulos de concesión no forman parte de un servicio y no es posible evaluar sus beneficios de forma aislada.



# Abstract

---

The use of some of the technologies and services of the Intelligent Transportation Systems (ITS) is already a common practice in the toll roads in Mexico. In the case of electronic toll collection, and the rest of the ITS services and components required as part of the new concessions, it is assumed that they will be economically profitable. But profitability has been widely demonstrated in other countries only in the case of electronic tolling. Which it has been considered also valid for Mexico. The rest of the services and ITS technologies required in new toll roads in Mexico have not been evaluated to determine its profitability. This has aroused the interest in the part of the Mexican authorities on having an assessment tool to help estimate the benefits of the various technologies of ITS used in toll roads in order to identify those that are most profitable and propose their installation on toll roads which came into operation with earlier concession terms. In this text an analysis for the definition of that tool is presented. It is concluded that most of the technologies required in the concession titles are not part of a service and it is not possible to assess their benefits in isolation.



## Resumen ejecutivo

---

El uso de algunas de las tecnologías y servicios de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) es ya una práctica común en las autopistas de cuota en México. En particular, el servicio de cobro electrónico de peajes, como una opción más de pago, es ya utilizado por un cada vez mayor número de usuarios de esta infraestructura. A ese respecto, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT, sin fecha) señala que para las concesiones que otorgue: “La Concesionaria deberá realizar el cobro a través de medios electrónicos de pago (telepeaje, tarjetas de crédito y débito, etc.), por lo menos en un carril por sentido de circulación de cada una de las plazas de cobro troncales...”.

Para el caso de otras tecnologías y servicios ITS, en el mismo documento, la SCT indica que:

“El Participante deberá incluir en su propuesta un anteproyecto de un sistema inteligente de transporte (“ITS”), que incluya al menos lo siguiente: red de comunicaciones con base en fibra óptica o algún otro medio que pueda compararse en su desempeño con la fibra óptica por todo lo largo de las Autopistas. Una sala en el centro de control de operación con un sistema de información para la recepción, procesamiento, análisis y respuesta de los dispositivos que le suministren información para desempeñar las funciones de respuesta ante llamadas de auxilio, llamadas de quejas y sugerencias, reportes de accidentes o incidentes generadas por los usuarios, las cámaras o el personal de la Autopista. Estaciones de Servicio a la Operación que alojen servicios tales como grúa, ambulancia, unidad de rescate, base de radio, etc. Paneles y señales de mensajes variables, para uso exclusivo de informes y datos que ayuden al conductor a conocer la situación de la Autopista en el momento. Teléfonos SOS. Estaciones meteorológicas.”

Tanto en el caso del cobro electrónico de peajes, como del resto de los servicios y componentes ITS requeridos como parte de la concesión, se asume que serán financieramente rentables. Sin embargo, esa rentabilidad sólo ha sido demostrada, en otros países, para el caso del peaje electrónico. El resto de los servicios y tecnologías de los ITS requeridos en las nuevas autopistas de cuota en México no ha sido evaluado para determinar su rentabilidad.

El hecho anterior ha despertado el interés de la Dirección General de Desarrollo Carretero de la SCT por contar con una herramienta de evaluación que ayude a estimar los beneficios de las distintas tecnologías de los ITS, usadas en las autopistas de cuota, a fin de identificar aquellas que resulten más rentables y

proponer su instalación en las carreteras de cuota que entraron en operación con los términos de concesión anteriores.

Por lo anterior, se identificó la necesidad de llevar a cabo este estudio para definir un modelo de evaluación de la rentabilidad de los servicios y tecnologías de los ITS requeridos por la SCT en las nuevas autopistas de peaje.

*Evaluación financiera.* Cuando se desea invertir un capital disponible, se buscará hacerlo en aquellos proyectos que les resulten rentables, ya sea desde un punto de vista financiero, económico o social, y que resulte en un incremento de su capital monetario, la actividad económica de una región o la mejora de las condiciones de vida de la población.

Cuando se presentan diferentes opciones de inversión habrá que identificar, mediante el uso de diferentes técnicas, aquella o aquellas que resulten más atractivas para invertir ahí el capital disponible.

El caso particular de la evaluación financiera de un proyecto de inversión requiere la determinación de los gastos e ingresos durante el periodo de vida del proyecto que darán origen a los flujos de efectivo necesarios para llevar a cabo esa evaluación. Una vez determinados los flujos de efectivo, la evaluación financiera puede llevarse a cabo mediante métodos como el Valor Presente Neto (VPN), Tasa interna de rendimiento (TIR), período de recuperación descontado (PR) o índice de rentabilidad (IR) (Zapata, 2009).

*Beneficios de los ITS.* Hace ya tiempo que se ha demostrado que el uso de un sistema de cobro electrónico para el cobro de peajes mejora la calidad del flujo en una autopista y conduce a ahorros en el consumo de combustibles con la consiguiente reducción en la emisión de contaminantes.

De lo anterior, puede identificarse claramente que una forma adecuada de medir los beneficios del uso del peaje electrónico es la determinación del tiempo de viaje promedio de los conductores. De la estimación de los tiempos de viaje pueden inferirse los niveles de consumo de combustible y de emisiones contaminantes. Serán pues este tipo de estudios, realizados antes y después de la implantación del peaje electrónico, los que muestren si el uso de estos sistemas reporta beneficios en la operación de una autopista de peaje.

Lamentablemente, en México todavía es restringido el uso de un peaje electrónico sin barreras, limitándose en esa forma sus beneficios. En las autopistas de cuota interurbanas todavía se requiere que los vehículos reduzcan su velocidad antes de que sus etiquetas electrónicas sean leídas por el sistema de peaje electrónico. En algunas autopistas de peaje urbanas, en dónde sólo circulan vehículos particulares, se cuenta con barreras sólo en las entradas de las autopistas para limitar el acceso a los vehículos que no cuenten con una tarjeta electrónica o sin saldo suficiente en su cuenta.

Lamentablemente, la abundancia de referencias para estimar los beneficios del cobro electrónico de peajes no se ve correspondida con referencias para el resto de las tecnologías consideradas en las bases de licitación de las nuevas autopistas en México.

El uso del posible excedente de capacidad de una red de comunicación de fibra óptica puede verse como una oportunidad de negocio para el operador de la autopista de peaje, pero deberá llevarse a cabo un estudio de mercado para determinar su rentabilidad.

En el caso de un centro de control deberán identificarse los servicios de ITS que se pretenda ofrecer a los usuarios de las autopistas de cuota para así determinar las características que el centro de control debería tener. Sin contar con un panorama completo respecto a los servicios de ITS a ofrecer en una autopista de peaje, es complicado realizar una evaluación de sus beneficios.

Los paneles y señales de mensajes variables son sólo una parte de un sistema más complejo que deberá incluir la captura, el procesamiento y la difusión de información de tráfico. Los paneles y señales de mensajes variables no pueden verse como un elemento aislado. Por lo anterior, buscar evaluar sus beneficios de forma también aislada no resulta razonable.

La operación de manera automática de las estaciones meteorológicas puede ayudar a reducir el número de accidentes debido a distintos fenómenos meteorológicos pero, de nueva cuenta, deberán ser parte de un sistema de información a los conductores.

*Conclusión.* Las tecnologías y servicios de los ITS ya desarrollados tienen una amplia relevancia para mejorar las condiciones del servicio en las autopistas de cuota en México.

Sin embargo, en el caso de las autopistas de peaje, deben definirse claramente los servicios de los ITS que se pretende ofrecer y buscar evaluar correctamente sus beneficios financieros, económicos y sociales.



# 1. Introducción

---

## 1.1 Antecedentes

El uso de algunas de las tecnologías y servicios de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) es ya una práctica común en las autopistas de cuota en México. En particular, el servicio de cobro electrónico de peaje, como una opción más de pago, es ya utilizado por un cada vez mayor número de usuarios de esta infraestructura. A ese respecto, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT, sin fecha) señala, en las bases generales de concurso, que para las concesiones que otorgue: “La Concesionaria deberá realizar el cobro a través de medios electrónicos de pago (telepeaje, tarjetas de crédito y débito, etc.) por su cuenta o a través del proveedor que decida, por lo menos en un carril por sentido de circulación de cada una de las plazas de cobro troncales...”. Lo anterior implica, para las concesionarias, el contar con esta forma alternativa de pago al uso de efectivo en las casetas de cobro.

Para el caso de otras tecnologías y servicios ITS, la SCT indica, en el mismo documento, que:

“El Participante deberá incluir en su propuesta un anteproyecto de un sistema inteligente de transporte (“ITS”), que incluya, al menos, la configuración, funciones y características indicadas en el Anexo 14 del Título de Concesión, que incluye, sin limitar, lo siguiente:

Red de comunicaciones con base en fibra óptica o algún otro medio que pueda compararse en su desempeño con la fibra óptica para las aplicaciones que se requiere, por todo lo largo de las Autopistas.

Una sala en el centro de control de operación con un sistema de información para la recepción, procesamiento, análisis y respuesta de los dispositivos que le suministren información, así como terminales suficientes para desempeñar las funciones de respuesta ante llamadas de auxilio, llamadas de quejas y sugerencias, reportes de accidentes o incidentes generadas por los usuarios, las cámaras o el personal de la Autopista.

Estaciones de Servicio a la Operación: sub bases que alojen servicios tales como grúa, ambulancia, unidad de rescate, base de radio, etc. que garanticen el acceso de los servicios a cualquier punto de la autopista en tiempos menores a 30 (treinta) minutos según se detalla en el mismo anexo.

Una metodología de operación que admita el análisis de los datos, tiempos de respuesta, situación de la Autopista en el momento del incidente, etc. que permitan al operador efectuar mediciones y, así, sustentar programas de mejora continua.

Paneles y señales de mensajes variables para uso exclusivo de informes y datos que ayuden al conductor a conocer la situación de la Autopista en el momento (tiempos de recorrido estimados desde ese punto hasta otro, situación de tráfico en puntos específicos, velocidad permitida en el momento, situación climatológica, etc.)

Teléfonos SOS, según descritos en su apartado.

Estaciones meteorológicas, y todas las aplicaciones indicadas en el apartado de referencia relativo a lo mencionado arriba.”

“La descripción detallada de las características de los dispositivos requeridos para cada una de las autopistas que deberá contemplar en su propuesta el Participante está contenida en el Anexo 14 del Título de Concesión.”

“El Centro de Control de Operaciones (“CCO”): lugar en el que se controla la operación de la Autopista. Deberá ubicarse en un área específica para las actividades, que contemple acceso a todos los medios de comunicación y acceso a las relaciones con los proveedores externos de la Concesión.

El CCO no tiene que estar ubicado en las plazas de cobro; es más importante la selección de acuerdo con los criterios de Operación, como la atención a clientes, atención a eventos, ubicación conveniente para iniciar procesos de rescate, servicio, atención a accidentes, incidentes, entre otros.”

“Las especificaciones de las características de ubicación y edificación del CCO se encuentran descritas en el Anexo 14 del Título de Concesión.”

Tanto en el caso del cobro electrónico de peajes, como del resto de los servicios y componentes ITS requeridos como parte de la concesión, se asume que serán financieramente rentables y que, por tanto, su costo no significará una carga adicional al concesionario. Sin embargo, esa rentabilidad sólo ha sido ampliamente demostrada, en otros países, para el caso del peaje electrónico. Lo cual se ha considerado también válido para México. El resto de los servicios y tecnologías de los ITS requeridos en las nuevas autopistas de cuota en México no ha sido evaluado para determinar su rentabilidad.

El hecho anterior ha despertado el interés de la Dirección General de Desarrollo Carretero de la SCT por contar con una herramienta de evaluación que ayude a estimar los beneficios de las distintas tecnologías de los ITS usadas en las autopistas de cuota a fin de identificar aquellas que resulten más rentables y proponer su instalación en las carreteras de cuota que entraron en operación con los términos de concesión anteriores.

Por lo anterior, se identificó la necesidad de llevar a cabo un estudio para definir un modelo de evaluación de la rentabilidad de los servicios y tecnologías de los ITS requeridos por la SCT en las nuevas autopistas de cuota. Este modelo buscará identificar las variables de interés para evaluar los beneficios de esas tecnologías y servicios, así como el procedimiento para llevar a cabo la estimación de esos beneficios.

## **1.2 Alcances**

Para lograr el objetivo principal de este estudio, se revisaron las fuentes de información documental que describieran los modelos de evaluación de beneficios de los ITS en otros países buscando adaptarlas al caso de México.

## **1.3 Objetivos del estudio**

El objetivo principal del estudio propuesto es el de definir los elementos de un modelo de evaluación de las tecnologías y servicios ITS instalados en las autopistas de cuota en México a fin de determinar su rentabilidad.

## **1.4 Metodología**

La metodología utilizada comprendió la revisión y el análisis de las fuentes de información documental en el tema. A partir de ese análisis, se buscó definir un modelo de evaluación para el caso de México. Finalmente, se elaboró este reporte de investigación.

## **1.5 Estructura del reporte**

Este reporte está organizado de la siguiente forma:

Este primer capítulo presenta la introducción del estudio. Se describe, de manera general, la necesidad de contar con información acerca de los beneficios de las tecnologías y servicios de los ITS solicitados a los concesionarios de autopistas de cuota en México. En este mismo capítulo, se presentan el alcance, los objetivos y la metodología del estudio.

El segundo capítulo se da a conocer una descripción general de los métodos de evaluación financiera de las inversiones.

En el tercer capítulo, se presenta una revisión de los beneficios que han sido identificados para las tecnologías y servicios de los ITS solicitados a los concesionarios de autopistas de cuota en México.

El cuarto capítulo presenta las conclusiones de este trabajo.



## **2. Métodos de evaluación financiera de las inversiones**

---

En este capítulo se describen los métodos tradicionales para la evaluación financiera de un proyecto de inversión.

### **2.1 Introducción**

Cuando una persona, empresa privada o entidad pública están interesadas en invertir un capital disponible, buscarán hacerlo en aquellos proyectos que les resulten rentables, ya sea desde un punto de vista financiero, económico o social, y que resulte en un incremento de su capital monetario, la actividad económica de una región o la mejora de las condiciones de vida de la población.

Cuando se presentan diferentes opciones de inversión habrá que identificar aquella o aquellas que resulten más atractivas para invertir ahí el capital disponible. Mediante el uso de diferentes técnicas, la evaluación de proyectos puede ayudar a identificar esas mejores opciones y, de esa forma, facilitar la toma de la mejor decisión de inversión.

El caso particular de la evaluación financiera de un proyecto de inversión requiere la determinación de los gastos e ingresos, durante el periodo de vida del proyecto, que darán origen a los flujos de efectivo necesarios para llevar a cabo esa evaluación. Esos gastos incluirán la inversión inicial para llevar a cabo el proyecto y todos los gastos necesarios para que el proyecto siga en marcha. Los ingresos incluirán lo recaudado durante la operación del proyecto y el valor de rescate a la conclusión del mismo.

Una vez determinados los flujos de efectivo, la evaluación financiera puede llevarse a cabo mediante métodos como el Valor Presente Neto (VPN), Tasa interna de rendimiento (TIR), período de recuperación descontado (PR) o índice de rentabilidad (IR) (Zapata, 2009).

### **2.2 Valor Presente Neto (VPN)**

Krugman y Wells (2006) señalan que el valor presente neto de un proyecto puede definirse como “el valor presente de los ingresos actuales y futuros menos el valor presente de los costes actuales y futuros”. Es decir, ayuda a medir el valor creado o las pérdidas para el inversionista por llevar a cabo ese proyecto. Desde el punto

de vista de un inversionista privado, sólo aquellos proyectos que tengan un VPN positivo deberán ser considerados como opciones de inversión válidas.

La fórmula para calcular el VPN es la siguiente:

$$VPN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FE_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

I = Inversión inicial del proyecto

FE = Flujos de efectivo de operación en el año

t = año

n = duración de la vida del proyecto en años

r = tasa de rendimiento requerida del proyecto

La ecuación toma los flujos de efectivo futuros y los descuenta para llevarlos a un valor presente. Con esto se obtendrán el valor de esos flujos en el momento actual. Al restar el valor de la inversión inicial, puede obtenerse el rendimiento o pérdida que el proyecto presentará.

Para que un proyecto sea considerado, el resultado del VPN debe ser positivo. De lo contrario, el proyecto no creará ningún valor para la empresa o el inversionista.

La evaluación puede realizarse en cualquier punto en el horizonte temporal del proyecto, sólo habrá que modificar la fórmula para el cálculo correcto de los valores futuros de los flujos de efectivo, pero el resultado deberá ser positivo para tomar en cuenta el proyecto. Así, por ejemplo, si se escogiera el final de la vida del proyecto como el punto en el que se evaluará, la fórmula sería entonces:

$$VFN = -I(1+r)^n + \sum_{t=1}^n FE_t(1+r)^{n-t}$$

Donde:

VFN = Valor Futuro Neto

I = Inversión inicial del proyecto

FE = Flujos de efectivo de operación en el año

t = año

$n$  = duración de la vida del proyecto en años

$r$  = tasa de rendimiento requerida del proyecto

## 2.3 Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

Además del método del VPN para la evaluación financiera de un proyecto de inversión, es común utilizar también el método de la Tasa Interna de Rendimiento (TIR). La TIR es la tasa de descuento que hace que el VPN de los flujos de efectivo sea igual a cero. El inversionista podrá tomar alguna decisión después de comparar la TIR obtenida de sus cálculos con la tasa del costo de capital, y deberá aceptar el llevar a cabo proyecto sólo si la TIR resulta superior a ésta (Aguilar, et. al, 2012).

El costo de capital es la tasa de rendimiento que el inversionista deberá obtener para conservar el valor de su inversión, considerando el riesgo del mercado.

Para encontrar la TIR se busca la tasa de rendimiento que en la ecuación del VPN hace que el resultado sea cero. Por la forma de esa ecuación, no existe un enfoque matemático definido para encontrar la TIR. La forma común de hacerlo es a prueba y error.

Es importante hacer notar que cuando todos los flujos de efectivo son positivos, ya que los gastos de operación no superan a los ingresos anuales, el resultado para la TIR será un valor único. Sin embargo, cuando el proyecto requiere durante su vida útil gastos que superen en algún o algunos años a los ingresos, haciendo que los flujos de efectivo sean positivos y negativos, podrá obtenerse más de un valor para la TIR. En esta situación podría ser más recomendable utilizar solamente el método del VPN.

## 2.4 Periodo de Recuperación Descontado

Al utilizar el método del periodo de recuperación descontado se busca calcular el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial, considerando los flujos de efectivo actualizados al valor presente. El criterio de aceptación de un proyecto de inversión con base al Periodo de Recuperación Descontado de la inversión será definido exclusivamente por la empresa y no podrá compararse con los de la industria. La inversión se aceptará si el periodo de recuperación de la inversión es menor al establecido.

## 2.5 Índice de Rentabilidad

Por último, el índice de rentabilidad (IR) o razón beneficio costo se determina calculando el cociente del valor presente de los flujos de efectivo esperados dividido entre el monto de la inversión inicial.

Si IR es mayor a 1, el proyecto se debe aceptar.

Si IR es menor a 1, el proyecto se debe rechazar.

Debido a que el IR depende de la correcta evaluación de los beneficios y costos de la inversión, es el método menos recomendado.

## **2.6 Conclusiones**

En este capítulo se han descrito de manera general cuatro métodos para la evaluación financiera de un proyecto de inversión. Surge entonces la pregunta, ¿cuál método es mejor? La mayoría de los inversionistas señalan al VPN como el método más confiable para soportar una decisión (Zapata, 2009), por las ventajas que presenta respecto a los otros métodos.

## **3 Beneficios de las tecnologías y servicios de los ITS**

---

En este capítulo se describen los beneficios asociados a cada uno de los servicios y tecnologías que deberán ser parte de las concesiones de autopistas de cuota y una propuesta para medir esos beneficios.

### **3.1 Cobro electrónico de peajes**

Hace ya tiempo que se ha demostrado que el uso de un sistema de cobro electrónico para el cobro de peajes mejora la calidad del flujo en una autopista. Un estudio de factibilidad para el uso del cobro electrónico de peajes en el Florida Turnpike mostró que una participación del 10 al 30 de los usuarios de esta autopista tendría razones de costo beneficio de 2 a 1 y de 3 a 1 respectivamente (Pietrzyk et al. 1990).

Para Wilbur Smith Associates (2001), el sistema de cobro electrónico de cuotas conocido como E-ZPass del Turnpike de New Jersey redujo los retrasos de los vehículos que ahí circulan en un 85%, estimando un ahorro de 1.2 millones de galones de combustible por año, con la consiguiente reducción en la emisión de contaminantes.

En California, el uso de cobro electrónico de peajes en el puente Carquiñez, redujo las emisiones de CO, NOx e hidrocarburos ahorrando a los conductores más de un millón de dólares por año (Gillen, D., et al., marzo, 1999).

Para Europa, se ha estimado que el cobro electrónico de peajes puede reducir los volúmenes de tráfico hasta en un 17% (Cordis Transport Sector of the Telematics Applications Programme, 1994-1998).

De los trabajos citados en esta sección, puede identificarse claramente que una forma adecuada de medir los beneficios del uso del peaje electrónico es la determinación del tiempo de viaje promedio de los conductores. De la estimación de los tiempos de viaje pueden inferirse los niveles de consumo de combustible y de emisiones contaminantes. Será, pues, este tipo de estudios, realizados antes y después de la implantación del peaje electrónico, los que muestren si el uso de estos sistemas reporta beneficios en la operación de una autopista de peaje.

Lamentablemente, en México todavía es restringido el uso de un peaje electrónico sin barreras, limitándose en esa forma sus beneficios. Esto es particularmente cierto en las autopistas de cuota interurbanas, en las que todavía se requiere que

los vehículos reduzcan su velocidad antes de que sus etiquetas electrónicas sean leídas por el sistema de peaje electrónico. En algunas autopistas de peaje urbanas, en donde sólo circulan vehículos particulares, se cuenta con barreras sólo en las entradas de las autopistas para limitar el acceso a los vehículos que no cuenten con una tarjeta electrónica o sin saldo suficiente en su cuenta.

## **3.2 Red de fibra óptica**

Lamentablemente, la abundancia de referencias para estimar los beneficios del cobro electrónico de peaje no se ve correspondida con referencias para el resto de las tecnologías consideradas en las bases de licitación de las nuevas autopistas en México.

El uso de una red de comunicación de fibra óptica permite la transmisión de grandes cantidades de información a velocidades altas. Sin embargo, antes de solicitar la instalación de ese tipo de red deberá establecerse la conveniencia técnica de la misma. Los volúmenes de información a transmitir como parte de las operaciones de una autopista de peaje pueden no ser suficientes para justificar la instalación de una red de fibra óptica.

Sin embargo, el posible excedente de capacidad instalada puede verse como una oportunidad de negocio para el operador de la autopista de peaje, pero deberá llevarse a cabo un estudio de mercado para determinar su rentabilidad.

## **3.3 Centro de control**

Un centro de control es el corazón de un sistema de gestión del tráfico. Sin embargo, antes deberán identificarse los servicios de ITS que se pretenda ofrecer a los usuarios de las autopistas de cuota para así determinar las características que el centro de control debería tener. Sin contar con un panorama completo respecto a los servicios de ITS a ofrecer en una autopista de peaje, es complicado definir lo que un centro de control debería tener e igualmente complicado realizar una evaluación de sus beneficios.

## **3.4 Paneles y señales de mensajes variables**

Los paneles y señales de mensajes variables son un medio de información relativamente barato para hacer llegar a los conductores información acerca de las condiciones de operación de una autopista de peaje. Sin embargo, son sólo una parte de un sistema más complejo que deberá incluir la captura, el procesamiento y la difusión de información de tráfico. Los paneles y señales de mensajes variables no pueden verse como un elemento aislado. Por lo anterior, buscar evaluar sus beneficios de forma también aislada no resulta razonable.

## 3.5 Estaciones meteorológicas

Las estaciones meteorológicas sirven para captar información del clima, tales como lluvia, granizo, nieve y pueden ayudar a predecir la posible formación de neblina o hielo en la autopista. Su operación de manera automática puede ayudar a reducir el número de accidentes debidos a estos fenómenos meteorológicos pero, de nueva cuenta, deberán ser parte de un sistema de información a los conductores, el cual deberá contar con elementos de procesamiento y difusión de la información meteorológica.



## 4 Conclusiones

---

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

Es ya innegable el papel que los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) tienen en la operación del sector transporte en el país. Este papel tiende a ser cada vez más importante. Las tecnologías y servicios ya desarrollados tienen una amplia relevancia para mejorar las condiciones del servicio en las autopistas de cuota. Ejemplos de aplicación de las tecnologías de los ITS son ya comunes en México.

Sin embargo, en el caso de las autopistas de peaje, deben definirse claramente los servicios de los ITS que se pretende ofrecer y buscar evaluar adecuadamente su rentabilidad financiera, económica y social.



## Bibliografía

---

Aguiar, Inmaculada (Coord.); Díaz, Nieves L.; García, Yaiza; Hernández, Manuela; Ruiz, M<sup>a</sup> Victoria; Santana, Domingo J. y Verona, M<sup>a</sup> Concepción. (2012). Finanzas corporativas en la práctica. (3<sup>a</sup> Ed.) España: Delta publicaciones.

Cordis transport sector of the telematics applications programme, (1994-1998). 4th Framework Programme for RTD&D. Telematics Applications Programme - Transport Areas' Results (4th Funding Programme)

Gillen, D., et al. (Marzo, 1999) Assessing the Benefits and Costs of ITS Projects: Volume 2 An Application to Electronic Toll Collection. California PATH Program, University of California. Report No. UCB-ITS-PRR-99-10.

Instituto Mexicano del Transporte (2012). Manual Estadístico del Sector Transporte 2012.

Krugman, P., y Wells, R. (2006). Introducción a la economía: Microeconomía. (2<sup>a</sup> Ed.) España: Reverte.

Pietrzyk, Michael C., et al. (1990) Cost-Benefit Analysis of Electronic Toll and Traffic Management. Center for Urban Transportation Research, University of South Florida, College of Engineering.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. México. (Sin fecha). Ejemplo de bases generales de concurso y título de concesión. Apéndice 1. Apartado de aspectos técnicos y su formatos <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-desarrollo-carretero/publicaciones/bases-de-concurso/>. Recuperado el 10 de noviembre de 2015.

Smith Associates (agosto, 2001) Operational and Traffic Benefits of E-ZPass to the New Jersey Turnpike. New Jersey Turnpike Authority.

Zapata, Rocío (2009). Cómo evaluar proyectos de inversión (en línea). Recuperado el 31 de marzo de 2016 de <https://www.entrepreneur.com/article/262890>.



Km 12+000 Carretera Estatal 431 "El colorado-Galindo"  
Parque Tecnológico San Fandila  
Mpio. Pedro Escobedo, Querétaro, México  
CP 76703  
Tel +52 (442) 216 9777 ext. 2610  
Fax +52 (442) 216 9671

[publicaciones@imt.mx](mailto:publicaciones@imt.mx)

<http://www.imt.mx/>