

PEAJES URBANOS: UNA SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE MOVILIDAD

Miller Salas Rondón

Recibido Febrero 27, 2009 – Aceptado Abril 24, 2009

<http://dx.doi.org/10.18566/puente.v3n1.a09>

Resumen— En la búsqueda del desarrollo sostenible de cualquier ciudad, se requiere de un sistema de transporte moderno con la calidad y cantidad tal que permita garantizar: mayores oportunidades a nivel nacional e internacional, un intercambio de conocimiento y servicios, mejor aprovechamiento del tiempo y mejor calidad de vida. Para lograr ese estado de movilidad y desarrollo, es necesario disponer de recursos suficientes que permitan la construcción de nuevas infraestructuras, mejorar las existentes y contar con un sistema de transporte público eficaz.

Actualmente muchas ciudades del mundo después de cuantificar las pérdidas sociales y económicas, están aplicando una política tarifaria “*congestion pricing*” en las carreteras para controlar los efectos externos que produce este modo y a la vez que permita generar recursos para fortalecer el transporte público, crear infraestructura e implementar innovaciones que mejoren la movilidad de sus habitantes.

Este artículo pretende identificar los diferentes aspectos teóricos, tecnológicos, prácticos y de oposición que implica adoptar este tipo de soluciones para gestionar los problemas de movilidad en ciudades con carreteras congestionadas.

Palabras clave— Movilidad, Financiación, Infraestructuras, tarifación, Congestión.

Abstract— Any city looks for its sustainable development that requires a modern transportation system with the quality and the quantity that ensures greater national and international opportunities. To achieve this level of mobility and development, it is necessary to have enough resources to build new infrastructure, improve existing ones and have an efficient public transportation system.

Artículo presentado el 26 de febrero, 2009.

M. Salas, Doctor Ingeniero Civil. Profesor Asociado Área de Vías y Transporte. Facultad de Ingeniería Civil de la UPB. E-mail: miller.salas@upbbga.edu.co

Nowadays, many cities in the world after quantifying its social and economic losses, are implementing a tariff policy called “congestion pricing” to control the external effects produced by this mode and at the same time to generate revenues for strengthening public transport, create infrastructure and implement innovations that improve the mobility of the inhabitants.

This article aims to identify the different theoretical, technological and practical aspects also including the opponents of this policy that imply the adoption of this type of solutions to manage the mobility problems in cities with congested roads.

Keywords— Mobility, Funding, Infrastructure, Pricing, Congestion.

1. INTRODUCCIÓN

LA necesidad de movilidad se empieza a acrecentar cuando Henry Ford (1908) introduce el modelo T y mecaniza el proceso de producción de los vehículos, iniciando así una nueva era en la forma de moverse. La producción masiva de automóviles en Dearborn (Michigan), llegó en pocos años a construir 15'000.000 de autos cumpliéndose el sueño de Ford, masificar el uso del automóvil.

Después de la segunda guerra mundial, se le da mayor importancia al comercio mundial y una orientación creciente de la producción hacia nuevos mercados, los cuales constituyen la base de la globalización de la economía. Como consecuencia de la globalización se incrementa el flujo poblacional tanto en las principales ciudades como sus entornos, dando como resultado un crecimiento notable de los viajes de pasajeros y mercancías en todos los modos de transporte, siendo el modo carretero el que predomina, tal como se muestra en la figura 1.

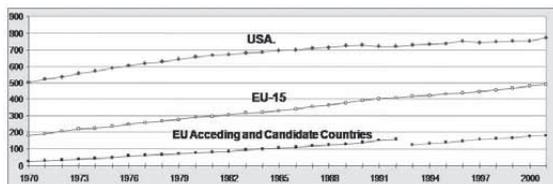


Figura 1. Motorización 1970-2001 (autos/1000 habitantes). Fuente: International Road Federation, (2003)

Para atender al incremento permanente de la demanda y movilidad en los diferentes modos, se requiere la construcción de grandes infraestructuras que permitan la cohesión del territorio para hacerlo accesible tanto a las relaciones sociales como a la producción de bienes y servicios.

A la necesidad de disponer de infraestructuras (en este caso carreteras) se le añade la necesidad de disponer de los recursos suficientes tal que permitan la ejecución de las mismas a través de mecanismos de financiación. Estos mecanismos en la mayoría de los casos han pasado por modelos de financiación pública, limitados por los presupuestos generales del Estado y por exigencias de política económica en materia de déficit público, subvenciones e inflación, entre otras. Debido a estos problemas, se aprecia una tendencia hacia la integración del sector privado en los mecanismos de financiación de infraestructuras y a establecer diferentes formas de cooperación entre las autoridades públicas y el mundo empresarial, con la financiación mixta denominadas asociaciones público-privadas (APP), cuyo objetivo es garantizar la financiación, construcción, renovación, gestión o el mantenimiento de una infraestructura o la prestación de un servicio.

Independiente del tipo de financiación que se aplique para la disposición de las infraestructuras, siempre se genera un gasto público el cual debe ser asumido por los ciudadanos de la región donde se encuentre la obra, ya sea a través de impuestos (contribuyentes) y/o a través de tarifas (usuarios).

Aceptando de antemano que el modo más flexible para alcanzar los máximos niveles de

permeabilidad en un territorio es el transporte por carretera (dado que llega hasta lugares imposibles de acceder para el resto de los modos), se tiene que este modo de transporte también produce grandes efectos externos negativos representados en la polución, ruido, accidentalidad, escasez de territorio, congestión, etc. Estos efectos externos, actualmente están siendo cuantificados en diversas investigaciones. Los resultados de estos estudios muestran que se están generando grandes pérdidas económicas y sociales, lo cual ha llevado a que diferentes gobiernos traten de internalizarlos bajo los principios de “quien usa paga” y “quien contamina paga”, es decir, que sea el usuario de la infraestructura quien asuma la mayor parte de los costos sociales del transporte.

2. DEFINIENDO UNA TARIFA POR CONGESTIÓN

Inicialmente los problemas de las carreteras se centraban en los problemas de su financiación. Para ello se instauró (y aún hoy se aplica) el impuesto a los combustibles. Este impuesto, tiene la ventaja que se puede administrar y captar fácilmente, además, es aceptado fácilmente por los conductores. En 1919, Oregón fue la primera ciudad en implementar una tasa a los combustibles (\$0.01/galón) y posteriormente en 1939 todos los Estados tenían aplicada una tasa para sufragar los costos de construcción y mantenimiento de las carreteras. Posteriormente, en EE.UU (1956) se estableció el Highway Trust Fund quién era el encargado de financiar la red de carreteras interestatales con ingresos provenientes de los impuestos al combustible, neumáticos, venta de camiones y el uso de vehículos pesados (Lindsey, 2003).

No fue sino hasta comienzos de los 60s donde se muestra que el método de financiar y administrar infraestructuras a través del impuesto a los combustibles empieza a mostrar signos de deterioro (Wachs, 2003).

Aún hoy continúan los problemas de financiación de infraestructuras, pero se ha sumado otro más grande y es el problema de la

movilidad. Son muchas las causas que lo han originado y varias las posibles soluciones entre ellas medidas restrictivas, tarifarias o una combinación de ambas. Este artículo se centra en una solución de tipo tarifaria.

Al investigar sobre los problemas de movilidad, diversos profesionales interactuaron para desarrollar una política conjunta de base económica que permitiera alcanzar la eficiencia de la capacidad actual de una infraestructura. Esta política consistiría en la aplicación de una tarifa por el uso de las carreteras, tal que, además de gestionar la demanda en el corto plazo, también se captarían recursos para el mejoramiento del transporte público y para la construcción y mantenimiento de las mismas (largo plazo).

Uno de los primeros estudios los realizó el economista británico Arthur C. Pigou en 1920, quien publicó el texto “*The Economics of Welfare*”, en donde sugirió la tarifación de la congestión “*congestion pricing*” y posteriormente fue ampliado por Frank Knight en 1924. Luego el Nobel William Vickrey en 1963, propuso un cobro diferenciado para los usuarios de la carretera, planteando un esquema de captación del tipo electrónico. Posteriormente, Vickrey y Smeed en 1964, avalaron esta medida de tarifar la congestión y formularon algunos criterios para su implantación. El concepto de tarifación de la congestión significa que los conductores pagan directamente una tarifa por conducir en una carretera o un área particular y tiene básicamente dos objetivos generales: generar ingresos y gestionar la demanda.

De acuerdo con la teoría micro económica (aspa Marshalliana), cuando la curva de demanda y la curva de costos del usuario se intersecan, se determina el punto de equilibrio G, tal como se muestra en la figura 2 y en este caso no corresponde al óptimo para la sociedad ya que el flujo q^0 , ignora la congestión que imponen a otros usuarios. Luego, el punto óptimo para la sociedad lo establece el flujo q^* , en el punto B, ya que el costo marginal social es igual al beneficio social marginal.

Las curvas $CMe(q)$ y $CMA(q)$ reflejan el promedio y el costo marginal generalizado asociado con los diferentes flujos. Se aprecia en la figura 2, como después del punto O, cada conductor adicional que se añade ocasiona un aumento en los costos de operación y tiempo para los demás usuarios de la carretera.

Desde el punto de vista social el flujo q^0 , es excesivo ya que recibe un beneficio de q^0G , pero impone los costos de q^0F . El flujo adicional más allá del óptimo q^* genera los costos q^0FBq^* pero solamente disfruta del beneficio q^0GBq^* . Luego la tarifa óptima que debe aplicarse para conseguir el flujo óptimo q^* y así internalizar los costos de congestión está dado por el segmento DB, obteniéndose una ganancia igual al área GBF, la cual representa el coste social de congestión o la pérdida de bienestar que ahorrará la sociedad. Esta teoría para la regular la congestión, está basada en la teoría de tarifación del coste marginal y aunque es cuestionada (Rothengatter, 2003), también es defendida (Nash, 2003) y tomada como punto de partida para internalizar diversas externalidades.

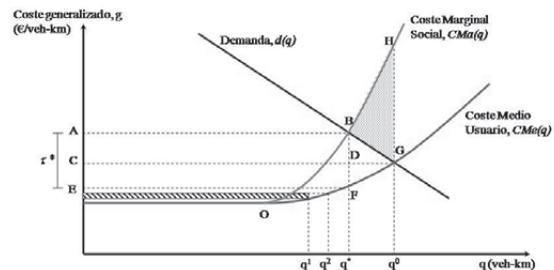


Figura 2. Modelo estándar para determinar la tarifa óptima por congestión.

Fuente: Salas (2008).

3. TECNOLOGÍA PARA EL COBRO

A medida que evolucionan las carreteras de pago, el sistema de cobro también evoluciona insertando la tecnología necesaria para hacer más eficiente el servicio y que la demora por el pago sea la menor posible, además se puede obtener un mayor control financiero y sobre todo, una mayor eficiencia en determinar el tipo de vehículo y la cantidad de kilómetros recorridos sobre una carretera.

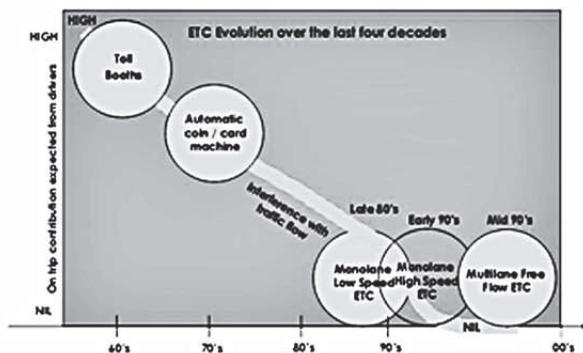


Figura 3. Evolución tecnológica del cobro del peaje.
Fuente: ALG, Bangkok, 2004.

Con base en la tecnología existente, se puede decir que hay una continuidad y mejora de los diversos sistemas tarifarios en cuanto a su clasificación y a sus objetivos. Para empezar, éstos se pueden dividir en sistemas no electrónicos y sistemas electrónicos, siendo los primeros los menos evolucionados. La figura 3 muestra la evolución tecnológica para el cobro del peaje en las carreteras.

3.1. Sistemas no electrónicos

El sistema más elemental es el pago manual o en metálico utilizado en las autopistas con las tradicionales casetas de peaje, posee los inconvenientes de que el conductor debe disponer de dinero en efectivo y debe detener su vehículo para realizar el pago correspondiente al personal allí ubicado, que sumado a la limitada capacidad de cobro (350 veh/carril/hora con operario y 400 veh/carril/hora con máquina de monedas), perjudica la circulación normal del tráfico ocasionando congestión y demoras en su viaje.

3.2 Sistemas electrónicos

Dentro de la tecnología de las tarjetas con bandas magnéticas que aún funcionan en muchas autopistas del mundo se encuentran las tarjetas de débito y crédito, que poseen la ventaja que el conductor no necesita disponer de dinero en efectivo para realizar el pago, pero siguen ocasionando congestión pues se debe detener el vehículo para poder pasar la tarjeta.

Los concesionarios de autopistas introdujeron los sistemas de peaje electrónico sin detención conocido como telepeaje, peaje dinámico o ETC (*Electronic Toll Collection*) a principios de los años noventa en las autopistas para reducir el tiempo de paso por las áreas de peaje y aumentar así su capacidad. Debido a que los sistemas introducidos a nivel local y posteriormente a nivel nacional son distintos e incompatibles entre sí (Italia, Portugal, Francia, Suiza, Eslovenia y Noruega presentan este tipo de incompatibilidades), existen organismos internacionales como la ISO (*International Organization for Standardization*), IEC (*International Electrotechnical Commission*) y en Europa la CEN (*Comité Européen de Normalisation*) que propenden por la estandarización de sistemas en el mundo que sean compatibles desde el punto de los usuarios, operadores y productores. En el caso de la UE ya han tomado cartas para solucionar este tipo de dificultades a través de la Directiva 2004/52/EC (sobre la interoperabilidad de los sistemas de peaje electrónico en la Comunidad), que establece el marco regulatorio para la utilización de un servicio único Europeo de ETC.

De acuerdo con Sorensen y Taylor (2005), para la implementación de *road pricing* o un sistema de tarifación que pretenda determinados objetivos se requiere para el cobro de la tarifa de un conjunto de tecnologías que permitan:

- Detectar la entrada, salida o presencia dentro de determinada área geográfica.
- Detectar la entrada, salida o presencia a lo largo de un tramo específico de carretera.
- Determinar la ubicación del vehículo en una red de carreteras.
- Determinar la distancia recorrida.
- Determinar el tiempo de viaje.
- Reconocer el vehículo a través de cierta información, tal como tipo, peso, configuración, etc.
- Guardar los datos del trayecto y calcular el precio a pagar.
- Transmitir al centro de información tanto los datos del viaje como la factura a pagar.

- Mantener la privacidad del usuario para vehículos ligeros (esto es menos importante para los vehículos comerciales).
- Prevenir la evasión del pago de peaje.

Para la consecución de estos propósitos, actualmente se emplea la siguiente tecnología:

Unidad a bordo (OBU -On Board Unit-), también se le conoce como OBE - *On Board Equipment* -, IVU - *In Vehicle Unit* -, *Transponder* o TAG, es un módulo de ordenador (de variada complejidad) que se instala en el vehículo para almacenar en la memoria datos como tiempos de entrada y salida o lugares de entrada y salida del área restringida, hace cálculos de la tarifa a pagar, y también almacena información específica del vehículo como su identificación, tipo, peso y configuración. Posee una estructura que permite integrarse con otras tecnologías como GPS, comunicación a través de móviles -GSM- y DRSC.

Smart Card, es una tarjeta con un chip electrónico que permite almacenar datos los cuales pueden ser removidos desde el OBU para ser insertados en lectores de tarjetas ubicados en puntos de recolección de pagos (estaciones de servicio, un centro de cómputo, etc.) y posteriormente enviados a las autoridades competentes. Con esta opción el usuario tiene pleno control de transferir los datos, por lo que las *smart cards* no facilitan una facturación totalmente electrónica.

DSRC (Dedicated Short-Range Communications): es un medio de comunicación simultáneo a través de microondas de corto alcance (menor a 30 metros) entre vehículos y receptores (ubicados al borde o encima de la carretera). DSRC se emplea específicamente para comprobar cuándo un vehículo entra o sale de un segmento delimitado de la vía o determinada área geográfica, presenta la desventaja que el vehículo debe reducir la velocidad (entre 30 y 40 km/h) para ser detectado. DSRC también se usa para el control del pago, por ejemplo, verificando si el vehículo que pasa tiene un OBU activo que registre los

precios o que comunique los datos de viaje o facturas. La figura 4 ilustra el proceso de telepeaje usando DSRC.

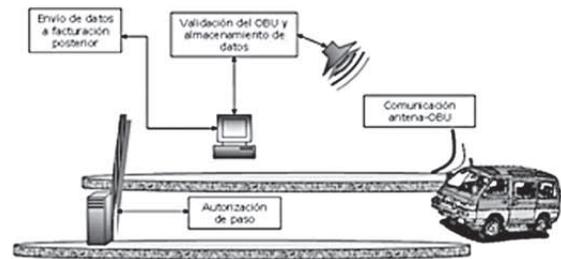


Figura 4. Telepeaje con comunicación DSRC.
Fuente: Salas (2008)

GSM (Global System for Mobile communications): es otra alternativa para DSRC, el GSM también se utiliza para comunicar tanto los datos del viaje como los datos del precio a pagar. Aunque, normalmente son más costosos que DSRC, GSM no requiere la instalación de dispositivos de comunicación en las carreteras ya que permite comunicaciones en tiempo real desde cualquier punto de la red (particularmente útiles en rutas guiadas, gestión de flotas de vehículos y momentos de emergencia).

GPS (Global Positioning System): emplea la tecnología de radiolocalización por satélite. Los satélites del GPS (integrados al OBU) se usan para precisar la ubicación del vehículo dentro de la red de carreteras, obtener la velocidad, tiempo y distancia de viaje. Presenta la desventaja que algunas veces especialmente en regiones urbanas o montañosas se pierde temporalmente la señal del GPS, lo que ocasiona una implementación poco práctica a escala natural. Suiza (que combina DSRC y GPS) junto con Alemania, han optado por utilizar la localización por satélite asociada a las comunicaciones móviles (GNSS/CN, *Global Navigation Satellite Systems/Cellular Networks*), inicialmente GPS y posteriormente GALILEO. Este tipo de medidas son la única solución que permite aplicar sin problemas el “peaje por zonas”, es decir, tarifar los vehículos que entran o salen de una determinada zona geográfica. La figura 5 ilustra el proceso de pago actual para los camiones en Alemania.

El precio a pagar se calcula dependiendo de la forma como se estipula la tarifa, la cual puede ser fija si se quiere ingresar a un área determinada o recorrer una determinada cantidad de kilómetros o variable calculada en tiempo real según la hora del día en que se utilice la infraestructura, en cualquiera de las dos formas puede aplicarse una política de descuentos.

Para hacer efectivo el pago por el uso de la infraestructura, éste se puede hacer de forma prepago, postpago y pago inmediato. La forma prepago se puede realizar a través de la compra de una tarjeta *smart card* que se mantendrá en el vehículo o a través de una suscripción por un periodo de tiempo determinado o autorizando para que se descuente de forma automática de una cuenta bancaria exclusiva cada vez que se usa el sistema; en cualquiera de las dos formas el vehículo debe disponer de un OBU para ser identificado.



Figura 5. Sistema de cobro en Alemania empleando GPS/GSM para camiones.

Fuente: Toll Collect. Alemania 2005.

Para la forma postpago, el propietario del vehículo (previa instalación del OBU) suscribe una cuenta bancaria con la solvencia necesaria (calculada sobre la base del kilometraje mensual o el número de veces al mes que ingresa al área restringida) más un suplemento por razones de seguridad, para que le sea descontado el importe que figura en la lista detallada de la factura a pagar.

Para el cobro instantáneo desde una cuenta bancaria se hace mediante transmisión electrónica de datos desde el OBU a un ordenador central.

Para ayudar a prevenir la evasión de pago de peajes se han formulado diversas estrategias complementarias:

OBU a prueba de alteraciones: con este sistema se busca asegurarse de que el usuario no desactive o inhabilite temporalmente el OBU durante algunos períodos del viaje. Algunas sugerencias incluyen sellos a prueba de alteraciones del OBU, inutilizando el motor si el OBU no funciona; además, comparar el OBU con el odómetro (tacómetro) para asegurar que el kilometraje recorrido sea coherente.

Control externo: bajo esta estrategia, se instalan *transponders* DSRC en varios lugares en toda la red, tal que al pasar los coches se envíen señales para garantizar que el equipo a bordo del vehículo funciona de forma adecuada.

Reconocimiento automático de matrículas – ANPR- (Automated Number Plate Recognition): ANPR utiliza la fotografía digital y el reconocimiento óptico de caracteres (OCR) de algoritmos para identificar a los vehículos que pasan por un lugar en particular. Esta tecnología se aprovecha para propósitos que faciliten el cumplimiento de la ley, en esquemas como el tipo cordón en Londres y estructuras tarifarias basadas en la distancia.

Internet y facturación On-Line: con frecuencia, estas tecnologías se aplican para automatizar la facturación y el proceso de recolección de pagos.

Para proteger la privacidad del usuario (una de las grandes dificultades de implementación de esta tecnología de cobro), los gobiernos deben asegurar que el acceso a las grabaciones detalladas del viaje de los conductores será limitado (sobre todo para vehículos ligeros más que para los camiones). Para lograr este objetivo se han planteado dos enfoques, el primero que para propósitos de tipo operacional, la información total del viaje se agrupe y el OBU determine el precio total a pagar, de esta forma el gobierno nunca verá cualquiera de los detalles del historial del viaje, solamente la cantidad a pagar.

El segundo enfoque es que el OBU comunique la información detallada del viaje a un tercer agente, quién agrupa los datos y presenta solamente la factura definitiva al gobierno. Como sucede en el sector de telefonía, este tercer agente está legalmente obligado a mantener la privacidad de estos datos excepto en casos de citaciones hechas por la ley.

4. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

En el momento en que se plantea la tarificación de la congestión como mecanismo de eficiencia para el uso de las carreteras y a la vez captar recursos para el mejoramiento del transporte público, diversas ciudades del mundo estudiaron, modelaron y ensayaron la forma de introducir dicho concepto.

Apoyados en los avances tecnológicos actualmente desarrollados para recaudar el pago de la tarifa permiten administrar de forma óptima dichos ingresos y además permiten que el vehículo circule con la velocidad que traía inicialmente antes del pago. La Tabla 1 resume brevemente los estudios y aplicaciones que se han hecho alrededor del mundo para implementar un peaje urbano.

Vale la pena destacar que a nivel de Latinoamérica no existen experiencias de peajes urbanos para la tarificación de la congestión. Para combatir los problemas de movilidad, se han empleado medidas restrictivas al uso del vehículo como por ejemplo: el día del no carro (lo cual resulta impracticable a largo plazo si se amplía a más días) y el pico y placa (donde se prohíbe usar el carro durante dos días de la semana durante las horas punta). Esta última medida de restricción genera que personas con poder adquisitivo adquieran un segundo vehículo lo cual incrementa el parque automotor y no soluciona el problema de movilidad. Además, no tiene en cuenta el pago anual que por impuesto de circulación realizan los propietarios de los vehículos.

TABLA 1. Experiencias internacionales con estudios y aplicaciones en zonas urbanas y metropolitanas de una tarifa por congestión. (Fuente: Salas, 2008).

CIUDAD PAÍS	URBAN CONGESTION PRICING
Trondheim (Noruega)	Cordón de peaje: 22 puntos de cobro. Ingresos para TP, Infraestructuras, Seguridad vial y ambiental Disminución de congestión y Mejorar accesibilidad
Bergen (Noruega)	Vías de acceso al centro de la ciudad cargadas con peaje en 7 puntos de cobro Cobro a visitantes por aparcar en el centro ciudad. Se paga por entrar a la ciudad 15NOK por vehículo ligero y 30NOK por vehículo pesado de lunes a viernes de 6:00 am. - 10:00 pm.
Oslo (Noruega)	Anillo de peaje con 19 puntos de cobro. Primera en establecer identificación automática de vehículos. Se paga por entrar a la ciudad 13NOK por vehículo ligero y 26 NOK por vehículo pesado.
Copenhague (Dinamarca)	Variación de fases semafóricas para trasladar congestión a las autopistas y carreteras. - Regular flujos (planes de movilidad, restricción de parking, altas inversiones en transporte público, (TP) y <i>road pricing</i> (RP)) - División de la ciudad en cordones y tarifa kilométrica.
Estocolmo (Suecia)	Zona del centro de la ciudad cargada con peaje Tarifa variable en hora punta entre 10-20 SEK (9,17 SEK≈1€). Otras horas del día y fines de semana no se cobra. Máximo 60 SEK por veh/día. Vehículos especiales no pagan Prueba puesta en práctica desde enero de 2006 y en enero de 2007 se decidió continuarla mediante votaciones. Los resultados mostraron una disuasión del tráfico del 22% que representa 100.000 vehículos que no entraron al centro de la ciudad durante el periodo de tarificación. Se favorece el transporte público como medida complementaria
Gotemburgo (Suecia)	- Dos escenarios para cobro por kilómetro 1. Tasa por Congestión: activo durante horas punta 2. Tasa por efectos medio Ambientales - Ingresos destinados al sistema de tráfico.
Helsinki (Finlandia)	- Peaje urbano tipo cordón, con varios anillos y zonas. - Integrar el sistema de peajes a la tarifa Integrada del TP, para favorecer desplazamientos multimodales.
Edimburgo (Escocia)	- Implementar RP con doble cordón y un paquete de medidas. - Implantar tres líneas de tranvías Funcionamiento de <i>Park & Ride</i> - Mejorar servicio de autobuses e información en tiempo real a los viajeros, etc.
Bristol (UK)	-Cordón simple con sistema TAG (aparato electrónico que permite el flujo libre) -RP como parte de medidas para mejorar movilidad en la ciudad: +Tren ligero, +Controlar tráfico y zonas de parqueo, +Crear <i>Park & Ride</i> +Nuevas líneas de autobuses, +Facilidades a ciclistas, +Información en tiempo real de los pasajeros

Continuación TABLA 1.

Londres (UK)	Después de varios estudios, en febrero de 2003 se implanta una tarifa de £5 por congestión en un área que cubre el corazón de Londres (22 km ²), el cual está limitado por una carretera que forma un anillo interior. Sólo se cobra a las personas que cruzan el anillo, no para los que están en el anillo. Incrementa el área de la zona cargada y la tarifa actual a £8 (julio -2005) Aprovecha la experiencia e implementa la actual tecnología para tarifar la zona a ampliar. La tarifa se aplica de lunes a viernes desde las 7:00 am hasta las 6:30 pm y no aplica los días festivos. Se puede pagar por correo, teléfono, SMS o Internet. Base de datos registra la placa del vehículo que hizo el pago. Existen dos rutas libres de tarifa para evitar el efecto barrera.
Génova (Italia)	- Cordón tarifario, área de 2,5 Km ² . - Aplicación de tecnología de punta. - Los vehículos no necesitan implementar ningún dispositivo.
Roma (Italia)	Zona de acceso restringido área central histórica 4,6 Km ² . 23 entradas Centro de control complejo. Días laborables 6:30 – 18:00, Sábados 14:00 – 18:00 Tecnología TELEPASS: Cámaras de video con infrarrojos, Transmisión de datos por microondas, Sistema OBE (<i>On Board Equipment</i>) con <i>Smart Card</i>
Singapur	1975 inicia primera vez en el mundo de <i>Area Licensing Scheme</i> (ALS). Además de un paquete de medidas se instauró una tarifa por congestión. Restricción de vehículos al CBD. Área 5,6Km ² . Acceso al CBD por un número de puntos distintos. Inicialmente pago manual, luego tarjetas. Instalación de OBE en los coches Autos particulares SGD\$ 3/día, o SGD\$ 0,60/día por pago mensual. Vehículos comerciales pago doble. Taxis y vehículos con alta ocupación (> 4 pasajeros) libres de pago Pago con <i>Smart card</i> en bancos, estaciones de combustible, puntos de venta.
Hong Kong	Peaje urbano con ERP (<i>Electronic Road Pricing</i>) Mejora de la infraestructura Privatización de estacionamientos en la ciudad. Introducción de <i>Park & Ride</i> Altos costos en la propiedad de vehículos. Información en tiempo real para viajeros con GPS.
Bangkok (Tailandia)	Modelo de tarificación en el entorno metropolitano Acompañado de un paquete de medidas para mejorar el TP.

5 EFECTOS DE APLICAR UNA TARIFA PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN

La implantación de un sistema de tarificación requiere que los diversos sectores económico, social, político, ambiental, etc., estén sintonizados con los objetivos que se esperan alcanzar con dicho sistema.

La implantación de la tarificación basada en costes marginales para el transporte por carretera en Europa, ha sido investigada en el proyecto MC-ICAM (*Implementation of Marginal Cost Pricing in Transport –Integrated Conceptual and Applied Model Analysis*), cuyos resultados identifican tres tipos de obstáculos o barreras que pueden afectar a nivel nacional, local y regional la consumación de este tipo de tarificación:

- Barreras tecnológicas y prácticas para desarrollar e instalar ETC y las dificultades de computar la tarifa óptima y la forma de transferirlo a los usuarios;
- Barreras legales e institucionales como la libertad de movilidad, derechos de privacidad y la presión en tarifas de las carreteras que ejercen los operadores privados;
- Barreras de aceptabilidad. El público y los políticos se han opuesto a la tarificación de la congestión como una forma de doble tarificación, inequitativa para las personas de bajos recursos y para otros sectores.

Dichas barreras al peaje por congestión imponen restricciones de varios tipos. Por ejemplo, cuáles y cómo deben ser tarifadas las carreteras, el grado de diferenciación de las tarifas por grupo de usuarios, la forma de invertir esos ingresos y qué medidas complementarias no tarifadas se aplicarían.

5.1 Barreras tecnológicas y prácticas

Tanto a nivel metropolitano como interurbano del transporte por carretera, el coste y la fiabilidad de la tecnología, unido a la confianza con la que trabajaría es mucho más importante que la disponibilidad tecnológica. La disponibilidad de un OBU en el vehículo, bien sea para navegación o tarificación, ocasionará un gran impacto y probablemente cambiará radicalmente las condiciones (incluyendo la actitud de los conductores) en el futuro. Para el transporte urbano, la tecnología con *smart card* está eliminando rápidamente las barreras tecnológicas para la implementación de una tasa por congestión.

El otro gran reto tecnológico para la tarificación interurbana lo constituye la interoperabilidad, donde distintos países están utilizando diversas soluciones tecnológicas y dado el movimiento internacional de los camiones, es necesario que la interoperabilidad sea un objetivo fundamental. En el caso de Europa, existe la Directiva 2004/52/EC (interoperabilidad de los sistemas de peaje electrónico en la Comunidad, que establece el marco regulatorio para la utilización de un servicio único Europeo de ETC).

5.2 Barreras legales e institucionales

Los problemas fundamentales de tipo institucional se presentan en la relación que establecen los diversos entes gubernamentales. La legislación tanto a nivel de la UE como en muchos países no está regulada para aplicar un precio igual al coste marginal social, lo cual constituye la principal barrera institucional. De la misma forma existen problemas de coordinación con otras políticas (fiscal, regional, social, uso del suelo, etc.) y sus alcances.

Las barreras de tipo legal e institucional relacionadas con la implementación de una tarifa que regule la movilidad pueden relacionarse con los siguientes temas:

- Marco y soporte legislativo insuficiente a nivel político;
- Objetivos contradictorios y soporte legislativo insuficiente a nivel nacional;
- Insuficiente coordinación/cooperación e ineficaz estructura organizacional;
- Legislación y políticas contradictorias en otras áreas y sectores, y;
- Oposición entre grupos y personas a favor y en contra.

5.3 Barreras de aceptabilidad

Esta barrera de aceptabilidad de los usuarios y de los políticos constituye el principal obstáculo para la aplicación de una tarifa por congestión tanto en el transporte metropolitano como interurbano. Diversos estudios muestran que la aceptación pública para la adopción de este tipo de medidas tarifarias es muy baja.

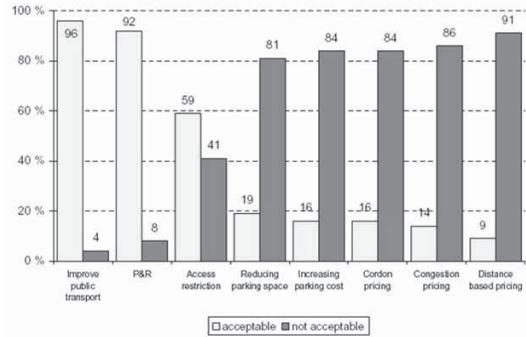


Figura 6. Varias medidas de aceptación pública para la gestión de la demanda.

Fuente: Proyecto MC-ICAM, Marler et al. 2003.

En el informe del proyecto MC-ICAM, se indica que las tarifas por estacionamiento y las tarifas por el uso de las carreteras (basadas en la distancia) son las menos aceptadas, mientras que medidas de mejoramiento del transporte público y restricciones por ingresar al centro de la ciudad son las que se eligen. La figura 6 ilustra medidas de aceptación pública para la gestión de la demanda.

La fuerte resistencia que el público impone para no aceptar la implementación se basa en los siguientes factores:

Problemas de percepción: se refieren a reconocer que las dificultades relacionadas con el tráfico y sus posibles soluciones, les concierne. Algunas encuestas han mostrado que la concienciación se manifiesta cuando surgen los problemas relacionados con la movilidad, sobre todo en regiones densamente pobladas. Por ejemplo, antes de implementar la tasa por congestión en Londres, la Fundación RAC del UK, indicaba que el 75% de los encuestados estaba de acuerdo con la imposición de dicha tasa. Otros estudios argumentan que habría aceptación de una tasa a la congestión, si ésta viene acompañada de un paquete de medidas, tales como disminución de impuestos, mejoramiento del transporte público, etc. La figura 7 ilustra dos puntos de vista para la fijación de una tarifa para gestionar la movilidad.

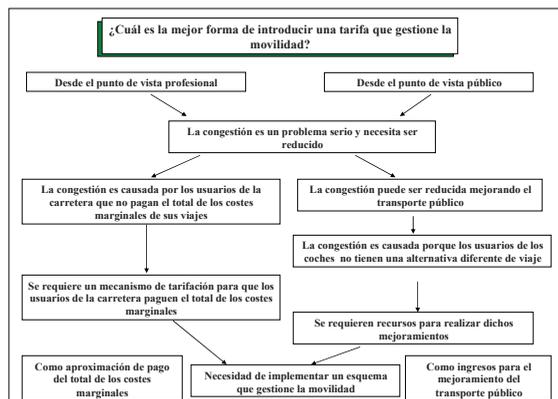


Figura 7. Reconocimiento de la congestión como problema público.

Fuente: Salas, 2008.

Equidad: la implantación de un peaje urbano crea inequidades entre grupos de diferentes ingresos. La equidad como concepto económico se refiere a la distribución real de beneficios y costes dentro de la sociedad, por lo tanto, los impactos en dichos costes y beneficios pueden diferir respecto a la posición social o económica, a la ubicación geográfica, al valor que se le dé al tiempo, etc. Ante la introducción de una tarifa, los usuarios tendrán que tomar decisiones que pueden modificar su comportamiento (cambiar de ruta para realizar el viaje, cambiar de modo o de índice de ocupación, cambiar el destino y la hora del viaje, cambiar la generación de viajes, cambiar el uso del suelo a medio o largo plazo, etc.) o no modificarlo (incrementando el porcentaje del presupuesto dedicado al transporte, conseguir que la empresa asuma el coste de la tarifa del trabajador, etc.).

La distribución de los ingresos que se produzcan del sistema tarifario, también afecta la equidad. Diversas investigaciones muestran que la asignación de estos ingresos juega un papel crucial para alcanzar la aceptabilidad, ya que las consideraciones de equidad pueden influenciar la distribución de los impactos en la dirección deseada.

Características del sistema: las características del esquema tarifario (método de tarifar, área tarifada y los tiempos de tarificación) tiene también un impacto en la aceptación del público. Sistemas de tarificación complejos (como por ejemplo, los

basados en el tiempo de permanencia o en las demoras) no son aceptados, así como sistemas tarifarios demasiado complejos no se aceptan tan fácilmente como los conocidos. En la misma línea, las expectativas de ahorrar tiempo no mejora tanto la aceptabilidad, como sí la tiene, la disminución de los efectos ambientales.

6 CONCLUSIONES

Con este artículo se estudia una de las diferentes soluciones que existen para reducir el problema de la congestión del tráfico en las grandes ciudades. Como respuesta a esta dificultad, varios gobiernos han implantado una política tarifaria para internalizar las grandes pérdidas económicas y sociales que ocasionan los atascos.

El mecanismo tarifario elegido corresponde al cobro de un peaje, cuya cuantificación se puede realizar siguiendo cualquiera de los enfoques de la teoría del coste marginal social, para lograr la eficiencia económica y social del sistema.

Bajo el enfoque del coste marginal a corto plazo se analiza cuál es la tarifa que representa el coste adicional a la sociedad relacionado con el kilómetro recorrido o viaje realizado de forma adicional debido al hecho de que la capacidad de la red de transporte se mantiene constante en el corto plazo. El objetivo fundamental al implantar la tarifa óptima es lograr la maximización del bienestar social disuadiendo el exceso de viajes o veh-km que son los generadores del coste externo.

En este mismo sentido, se ilustra cómo los avances tecnológicos desarrollados para el cobro del peaje han permitido generar diversas estrategias tarifarias. Dichas estrategias buscan racionar el uso del vehículo y lograr la eficiencia en el uso de la infraestructura. Además, se resumen algunas experiencias internacionales que demuestran la efectividad de este tipo de medidas para gestionar la movilidad y repercutir positivamente en toda la sociedad.

Lo que más preocupa con la aplicación de una política tarifaria que regule la movilidad, son los efectos en la equidad, ya que al cobrarse la misma tarifa sin distinguir los niveles de renta de los usuarios puede llegar a inducir a que sean las personas de menores ingresos las más perjudicadas. La compensación a los potenciales perdedores y la asignación apropiada del recaudo son objetivos claves para lograr una mayor aceptabilidad pública de este tipo de medidas.

BIOGRAFÍA

Miller Salas Rondón, es Doctor Ingeniero Civil por la Universidad Politécnica de Cataluña de Barcelona-España y Especialista en carreteras de la Universidad del



Cauca. Profesor Asociado de la Facultad de Ingeniería Civil en el área de vías y transportes de la Universidad Pontificia Bolivariana-Bucaramanga. Además, es Director del Grupo de Investigación Transporte, Infraestructuras y Territorio-GITIT.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ADVANCED LOGISTICS GROUP, ALG. Feasibility study for the analysis and assessment of the possible alternatives of toll establishment on the expressway network in the Metropolitan Bangkok Area. *Phase I Report*. ETA (Expressway and Rapid Transit Authority of Thailandia). 2004, p.420.

INTERNATIONAL ROAD FEDERATION. Reporte disponible en <http://www.irfnet.org/statistics.php>. Accedido en Noviembre de 2007.

KNIGHT, F.H. Some fallacies in the interpretation of social costs, *Quarterly Journal of Economics*, 38. 1924, p. 582-606.

LINDSEY, R. Road pricing issues and experiences in the US and Canada. *IMPRINT-EUROPE Fourth*

Seminar "Implementing Pricing Policies in Transport: Phasing and Packaging," Katholieke University of Leuven, Bélgica. 2003.

Marler et al. Pricing of Urban and Interurban Road Transport: Barriers, Constraints and Implementation Paths. *Implementation of Marginal Cost Pricing in Transport – Integrated Conceptual and Applied Model Analysis. Deliverable 4*. European Comisión 5th Framework Programme – DGTREN. 2003

PIGOU, A. *The Economics of Welfare*, Macmillan, London. 1920.

NASH, C. et al. Marginal cost and other pricing principles for user charging in transport: a comment. *Transport Policy* 10. 2003, p. 345-348.

ROTHENGATTER, W. How good is first best? Marginal cost and other pricing principles for user charging in transport. *Transport Policy* 10. 2003, p. 121-130.

SALAS RONDÓN, M. Análisis de estrategias tarifarias para la gestión de carreteras en entornos metropolitanos. Tesis Doctoral dirigida por F. Robusté. Escuela de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Cataluña en Barcelona-España. 2008, p. 320.

SORENSEN, P. y B. TAYLOR. Review and Synthesis of Road-Use Metering and Charging Systems. *UCLA Institute of Transportation Studies*. Report Commissioned by the Committee for the Study of the Long-Term Viability of Fuel Taxes for Transportation Finance. 2005.

TOLL COLLECT. Peaje para camiones en Alemania. Disponible en http://www.toll-collect.de/laendereinstieg/tcrdif014_laendereinstieg.jsp?jsessionid=40EAE9AD0803A92A7229749DC8A4F35C?display=es&locale=en. Accedido en Junio de 2006.

VICKREY, W.S. Pricing in urban and suburban transport. *American Economic Review*, 53. 1963, p. 452-465.

WACHS, M. Then and Now: The evolution of congestion pricing in transportation and where we stand today. *International Symposium on Road Pricing*. Key Biscayne, Florida. 2003.

