

Propuestas teóricas y prácticas sobre la congestión de tráfico urbano y su tarificación

La congestión del tráfico urbano es uno de los problemas más graves para las ciudades del siglo XXI y una de las principales externalidades negativas del transporte. La Economía sugiere que tal fallo de mercado requiere una medida correctiva para internalizarlo y, aunque existe consenso teórico sobre la necesidad de llevar a cabo tal corrección, en la práctica, pocas ciudades han puesto en marcha cordones de peaje o licencias de área para luchar contra la congestión. En este trabajo se pondrá de manifiesto la importancia de la congestión del tráfico como externalidad negativa del sector transporte y se revisará la literatura más reciente sobre las medidas de tarificación empleadas para reducirla.

Hiriko trafikoaren pilaketa da XXI. mendeko hirietan dagoen arazorik larrienetako bat, eta garraioak jasaten dituen kanpoko eragin negatibo nagusietako bat ere bai. Ekonomiak iradokitzen duenez, merkatuaren akats hori neurri zuzentzaile baten bidez barneratu behar da; eta zuzenketa hori egiteko beharizanaren inguruko adostasun teorikoa dagoen arren, benetan hiri gutxik abiarazi dituzte bidetari-lerroak edo gunelizentziak, pilaketaren aurka egiteko. Lan honetan trafikoaren pilaketak garraioaren sektorerako garrantzi handia duela agerian jarriko da, kanpoko eragin negatiboa den aldetik; gainera, pilaketa hori gutxitzeko tarifikazio-neurriei buruz dagoen literaturarik berriena aztertuko da.

Urban traffic congestion is a very serious problem for 21st Century cities and one of the biggest transport negative externalities. From Economics perspective, it would be necessary an «optimal tariff» to internalize it. Although there is a theoretical consensus, few cities have implemented cordon tolls or area licenses to fight against congestion. This work emphasizes the importance of traffic congestion as a negative transport externality and offers a survey of the current literature about urban congestion charging used to reduce it.

ÍNDICE

1. Introducción
2. La congestión del tráfico urbano como externalidad negativa del transporte
3. Tarificación: una solución posible a la congestión del tráfico
4. Limitaciones a la implantación de la tarificación de la congestión
5. Conclusiones

Referencias bibliográficas

Palabras clave: sostenibilidad, coste marginal social, coste marginal privado, tarificación

N.º de clasificación JEL: R41, R48

1. INTRODUCCIÓN

Desde la década de los setenta del siglo xx ha existido una preocupación creciente por el deterioro medioambiental, el uso racional de los recursos y la calidad de vida, que se tradujo, dos décadas más tarde, en la incorporación del desarrollo sostenible en la agenda política y económica de instituciones y organismos supranacionales. El Tratado de Maastricht añadió a las políticas comunitarias la de medioambiente en 1992, y el Tratado de Amsterdam incluyó el desarrollo sostenible como objetivo de la Unión Europea (UE) en 1997. La concepción del desarrollo sostenible ha sido objeto de distintos enfoques teóricos que se concreta en las nociones de sostenibilidad *débil* y *fuerte*. Según esta última, que lleva aparejada la consecución de la equi-

dad intergeneracional e intrageneracional, un sistema es sostenible si el uso de recursos renovables no supera sus tasas de regeneración o el tiempo de obtención de sustitutos, y si las emisiones de contaminación tampoco superan la capacidad de asimilación del medio ambiente¹.

Desde esta perspectiva, el sector del transporte genera gran parte de los problemas de sostenibilidad medioambiental. Así se recogía en la Declaración de Bergen de 1990, donde se exponían sus principales efectos externos: la congestión del tráfico en las infraestructuras, en

¹ Con esta idea de sostenibilidad «fuerte», algunos autores rechazaron la noción de sostenibilidad «débil» asumida por la Economía ortodoxa y, en particular por Solow (1991, 1992), quien admitía que el problema de la herencia de stock de capital natural para las futuras generaciones, teóricamente, quedaría resuelto si la inversión anual en stock de capital cubría, al menos, su deterioro en ese período. Norton (1992), Daly (1990) o Noorgard (1994, 1996) advertían que el stock de capital natural estaba compuesto por objetos heterogéneos y, en ocasiones, insustituibles con capital producido por el hombre.

* Agradezco las sugerencias y comentarios del evaluador anónimo que han contribuido a mejorar sustancialmente la versión inicial de este trabajo.

los accesos a los núcleos urbanos y en las ciudades; la emisión de productos contaminantes atmosféricos; la emisión de gases de efecto invernadero; la contaminación acústica; los accidentes; la contaminación del suelo y las aguas; la intrusión visual de las infraestructuras y la ocupación del suelo.

De acuerdo con los principios de sostenibilidad mencionados, la UE, siguiendo a la OECD (2000), ha definido un sistema sostenible de transporte como aquel que permite a los individuos, empresas y sociedades acceder a los servicios básicos de forma consecuente con la salud humana y que promueve la equidad inter e intrageneracional. Además, es asequible, eficiente y apoya el desarrollo económico y regional. Limita las emisiones y el gasto de los recursos de acuerdo con la capacidad del planeta para absorberlos, utiliza recursos renovables a sus tasas de generación, o por debajo de ellas y recursos no renovables a las tasas de generación de sustitutos renovables o por debajo de ellas, minimizando el impacto sobre el territorio y la generación de ruido (Comisión Europea, 2001; Working Group on Sustainable Urban Transport, 2004).

En la agenda 21 de la Cumbre de Río de 1992 se establecieron una serie de objetivos, más tarde apoyados por la UE, para lograr que el transporte fuera sostenible o menos insostenible, que incluían la reducción de la demanda de transporte privado y el incremento del uso del transporte público (Comisión Europea, 2001). Finalmente, en la Cumbre de Goteburgo (2001), el transporte se convirtió en uno de los ámbitos prioritarios de actuación para alcanzar el triple objetivo de sostenibilidad económica, social y medioambiental.

En las áreas urbanas de la UE, el vehículo privado es el modo de transporte dominante, correspondiéndole el 75% de los kilómetros recorridos en conurbaciones. El transporte urbano contribuye al calentamiento global y a la polución de las áreas circundantes a la urbe, y sus emisiones contaminantes provocan negativos efectos para la salud. En la UE, más del 10% de las emisiones de CO₂ provienen del tráfico motorizado en áreas urbanas, principal fuente de emisiones de CO (Comisión Europea, 2001). En este contexto, una de las líneas de actuación de la UE ha consistido en la concepción y puesta en práctica de planes de movilidad urbana sostenible, como la iniciativa CIVITAS y el proyecto CUTE del quinto programa marco. La movilidad sostenible se define, por tanto, en función de la existencia de un sistema y de unos patrones de transporte que puedan proporcionar los medios y oportunidades para cubrir las necesidades económicas, medioambientales y sociales, eficiente y equitativamente, minorando las externalidades negativas asociadas (Comisión Europea, 2001b)².

El medio ambiente y la salud se colocan en un primer plano en las políticas para el transporte y los sectores conexos

² Desde una perspectiva crítica y partiendo de la base de que el objetivo de la movilidad es la accesibilidad a los bienes y servicios, Gudmundsson&Höjer (1996) manifiestan que la aceptación del término movilidad sostenible como objetivo de las políticas de transporte de la UE plantea dos dificultades. En primer lugar, que las políticas de apoyo a la movilidad sostenible no tienen por qué ser políticas de transporte, ya que la accesibilidad se podría lograr sin implicar el movimiento físico de las personas, ni de las mercancías. En segundo lugar, cuestionan la aplicación de la sostenibilidad a un solo sector económico, ya que el desarrollo sostenible debe ser entendido a escala global.

en el marco local, nacional e internacional (OECD, 2000; World Bank, 1996; IEA, 2004; POSSUM, 1998; Schade y Schlag, 2000). El reto para los sistemas de transporte urbanos en el futuro será garantizar la accesibilidad para todas las personas y las mercancías, minimizando los impactos sobre el medioambiente y salvaguardando la calidad de vida, teniendo en cuenta que para lograr la movilidad sostenible se han de combinar las medidas tecnológicas con cambios en la conducta ciudadana (Comisión Europea, 2001a; Fulton, 2004).

La congestión urbana, íntimamente relacionada con la degradación medioambiental, se ha convertido en uno de los problemas más graves de las grandes ciudades y sus áreas metropolitanas y es una de las causas del «mal vivir» en las urbes (Comisión Europea, 2001a; Oberholzer y Weck, 2002). En algunas ciudades europeas, la congestión provoca una reducción de las velocidades medias en horas punta por debajo de los 15 km/h³. Aunque existen acuerdos a escala internacional en materia de transporte, la congestión urbana es un problema local que requiere una adecuada actuación ya que sus efectos se dejan sentir en las ciudades que más la sufren. Si bien será difícil reducir el volumen de transporte de mercancías y viajeros en el futuro, no es menos cierto que se puede organizar de una manera más racional, mediante soluciones intermodales, adoptando tecnologías ahorradoras de energía en los vehículos o con sistemas regulatorios más estrictos (Nijkamp, 2003).

La Economía del Transporte considera la congestión de tráfico como una de las principales externalidades negativas del transporte, dada su enorme dimensión y la consecuente amenaza para la competitividad de la economía. En la UE, se estima que los costes externos de la congestión del tráfico vial suponen el 0,5% del Producto Interior Bruto (PIB) comunitario y se prevé un incremento de un 142% hasta el año 2010, cuando alcanzarán el 1% del mismo (Comisión Europea, 2001a). La toma de decisiones sobre la demanda de transporte privado se realiza teniendo en cuenta el coste privado del uso del vehículo y no el coste marginal social. Desde este punto de vista, el sistema de precios se configura como el mecanismo más eficiente en materia de asignación de recursos y se considera que la tarificación urbana puede ser un método eficaz para lograr un uso más eficiente de la carretera.

A principios de la década de los sesenta del siglo xx, el Ministerio de Transportes británico publicó el informe Smeed donde se recogían las posibilidades técnicas y económicas de la tarificación urbana por congestión y se defendía su puesta en marcha para hacer mejor uso del espacio viario (U.K. Ministry of Transport, 1964). Aunque en las décadas de los sesenta y de los setenta, el Banco Mundial ofreció asistencia a los gobiernos de Malasia y Tailandia para introducir la tarificación de la congestión en Kuala Lumpur y Bangkok, estas propuestas no dieron fruto. Tampoco tuvo éxito el informe Voorhees auspiciado por la misma institución para Venezuela, pero, en 1974, el Comité de Acción para el Transporte por Carretera decidió su implantación en Singapore. En junio de 1975 se hacía rea-

³ Los suecos recorrían diariamente 0,5 km para desplazarse de su casa al centro de trabajo en 1930, mientras que en 1985 este recorrido ascendía a 33 km (Grübler, 1990). En Gran Bretaña se pasó de 3,6 km en 1900 a 37 km en 1990 (Oyón, 1999).

lidad con la inauguración del Plan de permisos de área (ALS)⁴, convirtiéndose en el primer anillo de peaje en oposición al corredor de peaje para reducir la congestión de tráfico. A esta iniciativa le siguió una propuesta muy detallada para Hong Kong, pero rechazada por impopular. El anillo de Bergen en Noruega, implantado en 1986 para financiar mejoras en carreteras, generó una importante reducción de tráfico (Gomez-Ibañez y Small, 1994; Roth, 1996), y la experiencia se extendió a Oslo y Trondheim. En 1991, se comenzaron a utilizar precios variables en la carretera de peaje del norte de París para gestionar el tráfico del fin de semana. El cordón de Londres y uno más pequeño en Durham son las primeras implantaciones británicas. En enero de 2006, se inauguró un cordón de peaje urbano de prueba en Estocolmo para conocer si la eficiencia del sistema de tráfico mejoraría con tarifas de congestión. Sus objetivos son reducir la congestión, aumentar la accesibilidad y mejorar la calidad medioambiental. Las pruebas concluirán en julio de 2006 y el 17 de septiembre de este mismo año, coincidiendo con las elecciones generales, se realizará un referéndum para decidir si la tarificación permanece (Stockholms Stad, 2005). En el referéndum postal celebrado entre el 7 y el 21 en Edimburgo, para decidir la implantación de un peaje urbano, se impuso el «no» (74.4%) por aplastante mayoría, pese a la propuesta de pagar 2 libras al día con independencia de las veces que se cruzara el cordón de peaje. Los ingresos estimados de 760 millones de libras en 20 años debían destinarse a mejoras de transporte.

En el presente trabajo se contextualiza la congestión de tráfico dentro de las externalidades negativas del transporte y se analiza su tarificación como medida para aliviarla. En este sentido, se hace una revisión de la literatura sobre el tema, dividiendo el artículo en tres partes. En la primera, se estudia la congestión como problema económico. En la segunda, se plantea la tarificación como una posible solución a la congestión de tráfico urbano. Por último, se pormenorizan las limitaciones técnicas y sociales a la aplicación de esta medida y se exponen algunos de los resultados alcanzados con ella en las ciudades que la han puesto en marcha.

2. LA CONGESTIÓN DEL TRÁFICO URBANO COMO EXTERNALIDAD NEGATIVA DEL TRANSPORTE

La dependencia creciente del vehículo privado para los viajes personales ha generado un círculo vicioso en materia de demanda de transporte, porque las demandas adicionales sólo se pueden satisfacer con más automóviles. Como se observa en el cuadro n.º 1, tanto en Europa como en Estados Unidos, el automóvil es el medio de transporte mayoritariamente empleado en los viajes personales.

La idea generalizada de que el vehículo privado aumenta la libertad de movimiento y el grado de accesibilidad ha provocado su sobreutilización, con consecuencias negativas en la vida social, porque se margina a los colectivos más desfavorecidos y a las áreas periféricas. El crecimiento desordenado de la urbe provoca un desarrollo disperso y de baja densidad desde el núcleo urbano y, a menudo, evita áreas poco desarrolladas

⁴ *Area Licensing Scheme.*

Cuadro n.º 1

Características del viaje personal en Europa y Estados Unidos

Medio de transporte	Europa		Estados Unidos	
	Viajes %	Distancia %	Viajes %	Distancia %
Coche	62	75	86	91
A pie	25	2	5	<1
Bicicleta	5	3	<1	<<1
Tren	1	6	<<1	<<1
Aire	<<1	5	<1	3
Otros transportes públicos	7	9	2	2
Número medio de viajes diarios	3		4,3	
Longitud media del viaje	13 km		15 km	
Tiempo dedicado al viaje	60 min./día		60 min./día	

Fuente: European Union Road Federation (2004).

en favor de otras que compiten por el desarrollo (Burchell *et al.*, 1998). El crecimiento metropolitano desorganizado aumenta los costes públicos y privados, reduce la capacidad fiscal del centro tradicional y deviene en problemas de infraestructura y deterioro de sus servicios. El transporte, vínculo de unión en su origen, puede convertirse, finalmente, en una fuente de disparidades económicas y sociales (OECD, 1996).

La actual configuración del sector del transporte genera gran parte de los problemas de sostenibilidad medioambiental mundiales, dado el alto consumo de recursos no renovables y el grado de emisión de agentes contaminantes que superan la capacidad de asimilación del medio ambiente. El problema más grave asociado al modelo de transporte es su dependencia en un 98%, de energías fósiles no

renovables y la degradación medioambiental relacionada con la producción, transformación y consumo final de esta energía (IEA, 2004a). Según el World Business Council for Sustainable Transport (WBCST) (2004), en 2030 el sector del transporte será el principal consumidor de energía, por delante de la industria.

Analizando a los modos de transporte, la carretera consume más del 80% del petróleo total y, en el año 2000, los vehículos por carretera consumieron las tres cuartas partes correspondientes al sector transporte y, de ellos, los turismos, la mitad de energía (OECD, 1996; Fulton y Eads, 2004). Además, los vehículos ligeros utilizaron el 80% del total de la gasolina, y los camiones el 75% del diesel. Las proyecciones sobre el uso de combustible en el sector del transporte a escala internacional ponen de manifiesto que, entre 2000 y 2050,

se producirá un incremento del 250%, protagonizado por los combustibles fósiles no renovables, y su uso aumentará significativamente para todos los modos, excepto para los autobuses (gráfico n.º 1).

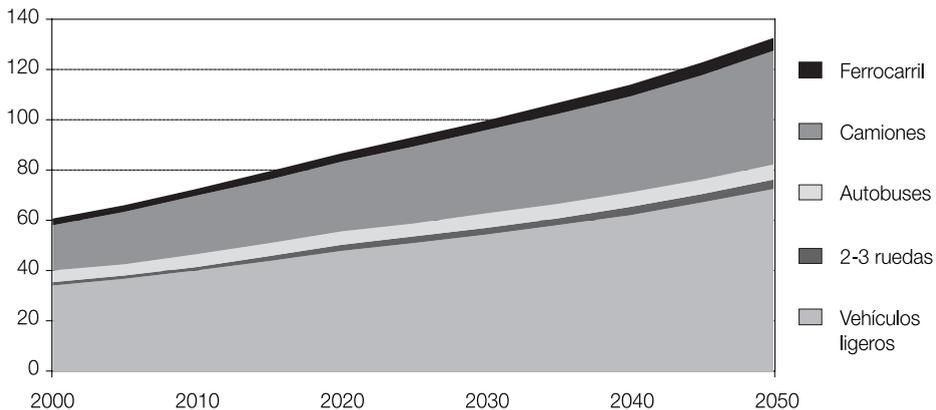
La ocupación del terreno, la intervención de los ecosistemas y la transformación del paisaje para el trazado de carreteras y autopistas forman parte del impacto negativo del sector del transporte a la sostenibilidad global. Más del 65% de la superficie de Los Ángeles está pavimentada, el 2% del territorio de Estados Unidos está ocupado por el automóvil (carreteras, calles, aparcamientos), y en la UE-15 sólo la red vial ocupa 40.000 kilómetros cuadrados. En las urbes, el modo de transporte que requiere más espacio es el vehículo pri-

vado, estacionado el 90% del tiempo (20 a 22 horas al día) (Kenworthy y Laube, 2001; UITP, 2003).

Junto a la dependencia energética, principal causa de la insostenibilidad del modelo de transporte actual, hay que considerar sus externalidades negativas, costes impuestos a terceros no incluidos en el precio de la mercancía, como el elevado número de víctimas y accidentes de tráfico que se producen cada día o los efectos negativos de la congestión del tráfico urbano.

En los informes INFRAS/IWW (1999, 2004) se han evaluado los costes externos del transporte en la UE-17 (UE-15, Suiza y Noruega), en términos totales, medios y marginales, y se han considerado los componentes de esos costes: los acci-

Gráfico n.º 1
Utilización de combustible por modo de transporte terrestre, 2000-2050 (exajoules)



Fuente: Elaboración propia a partir de Fulton&Eads (2004).

dentes de tráfico; el ruido; la contaminación atmosférica (daños a la salud, daños materiales y daños a la biosfera); los riesgos de cambio climático; los costes para la naturaleza y el paisaje; los costes adicionales en áreas urbanas; los procesos aguas arriba y aguas abajo y la congestión, aunque esta última se ha calculado independientemente.

Los costes externos totales, excluidos los de congestión, y en el escenario superior de cambio climático⁵, suponían el 7,3% del PIB total de la UE-17 en el año 2000 y el modo con mayor aportación era el transporte por carretera, con el 87,48% del coste total (INFRAS/IWW, 2004). Dentro de éste, la contaminación atmosférica, los costes por accidentes y el cambio climático, con una contribución del 31,03%, del 29,39% y del 21,23%, respectivamente, eran los componentes más importantes. A mucha distancia les seguían los costes de los procesos aguas arriba y aguas abajo (8,21%) y del ruido (7,63%). Los costes de los efectos sobre la naturaleza y el paisaje, y de los efectos urbanos adicionales eran de menor importancia. El transporte de viajeros ocasionaba el 58,93% de los costes externos totales del transporte por carretera frente al 41,07% correspondiente al transporte de mercancías. No obstante, el primero genera el 87,66% del coste externo total de los accidentes (cuadro n.º 2).

En el informe citado, los costes de congestión de tráfico se calculan independientemente. Como es sabido, la congestión aparece cuando la incorporación de un vehículo adicional reduce la velocidad

de circulación de los demás y es consecuencia natural del funcionamiento de la oferta y demanda de transporte, ya que, mientras la capacidad de las vías es fija, la demanda tiene fluctuaciones temporales, produciéndose congestión, en mayor o menor medida, cuando la segunda supera a la primera. Hasta cierto nivel de densidad de tráfico los vehículos pueden circular a una velocidad limitada sólo por la regulación vigente, pero, a medida que dicha densidad aumenta, se puede producir congestión por dos motivos: por la reducción de velocidad derivada de la menor distancia entre los vehículos y por la formación de colas en cruces de vías o cuellos de botella. A esto hay que añadir el especial comportamiento de la demanda de transporte, que puede distorsionar las previsiones de reducción del tiempo teórico de los proyectos de ampliación de capacidad, debido al aumento de la demanda inducida.

Los costes generados por la congestión difieren entre modos de transporte y circunstancias como las horas del día y la localización de los recursos (Smal y Gómez Ibáñez, 1988; Newbery, 1988 y 1994). El impacto económico de la congestión incluye:

- Incrementos en los costes operativos de uso del vehículo privado.
- Incrementos en el tiempo medio de viaje, (porque implica mayor *stress* y frustración) debido a que el tiempo adicional dedicado al tráfico congestionado se valora más alto que el tiempo gastado en vías sin congestión.
- Incrementos en la variabilidad del tiempo de viaje que se pueden medir con la desviación típica del tiempo de viaje o una proporción de los vehículos que llegan tarde.

⁵ Los costes de cambio climático se calculan para dos escenarios: en el escenario inferior, el precio sombra de la tonelada métrica emitida de CO₂ es de 20 euros y en el superior es de 140 euros.

Cuadro n.º 2
Costes externos totales del transporte por carretera UE-17, 2000
 (en %)

Componente de coste	Categoría	Costes externos totales por modos						Viajeros	Mercancías
		Automóvil	Autobús	Moto	Camión ligero	Camión pesado	Total		
Accidentes	29,39	73,39	0,62	13,65	5,29	7,05	100	87,66	12,34
Ruido	7,63	47,56	1,26	4,46	18,84	27,87	100	53,29	46,71
Contaminación atmosférica	31,03	28,44	5,05	0,26	12,44	53,81	100	33,75	66,25
Cambio climático. Esc. Superior	21,23	57,67	2,97	1,17	12,01	26,18	100	61,82	38,18
Cambio climático. Esc. Inferior ¹	-3,03	57,67	2,97	1,17	12,01	26,18	100	61,82	38,18
Naturaleza y paisaje	3,66	59,90	1,43	1,20	13,23	24,24	100	60,49	39,51
Aguas arriba y abajo ²	8,21	44,43	3,65	0,77	12,13	39,02	100	48,85	51,15
Efectos urbanos	1,87	58,35	1,48	1,28	12,31	26,58	100	61,68	38,32
TOTAL (UE-17)³	100,00	51,45	2,77	4,78	10,75	30,25	100	58,93	41,07

Observaciones:

- 1) Costes del cambio climático en el escenario inferior, con un precio sombra de 20 €/tm CO₂ (valor a efecto informativo, no utilizado para calcular costes totales).
- 2) Costes del cambio climático de los procesos aguas arriba y aguas abajo, calculados con el valor sombra del cambio climático en el escenario superior (140 €/tm CO₂).
- 3) Costes totales calculados en el escenario superior de cambio climático.

Fuente: Elaboración propia a partir de INFRAS/IWW (2004).

En definitiva, los componentes de los costes de congestión para los usuarios de las carreteras son los costes operativos, representados en términos de combustible, neumáticos, etc. y los costes de tiempo (Kenneth, 1997), sin incluir costes de accidentes y medioambientales, que también varían con el nivel de congestión.

Para estimar los costes de congestión, Mayeres y Van Dender (2001) utilizan una metodología basada en los ahorros de tiempo en el transporte público. En el informe INFRAS/IWW (2004) se proponen tres métodos de cálculo: El peso muerto, es decir, la pérdida de bienestar debida a la localización ineficiente de los recur-

sos; el nivel de servicio, expresado mediante una estratificación sobre la calidad del mismo en grupos que pueden ir de la A (la mejor situación) a la F (congestión); y los ingresos esperados por la internalización del coste marginal social, mediante una tasa óptima. Los costes totales de congestión ascienden a 63.000 millones de euros, los ingresos de un sistema óptimo de precios de congestión se elevan a 753.000 millones de euros (8,4% del PIB) y los costes adicionales por retrasos suponen 268.000 millones de euros (3% del PIB).

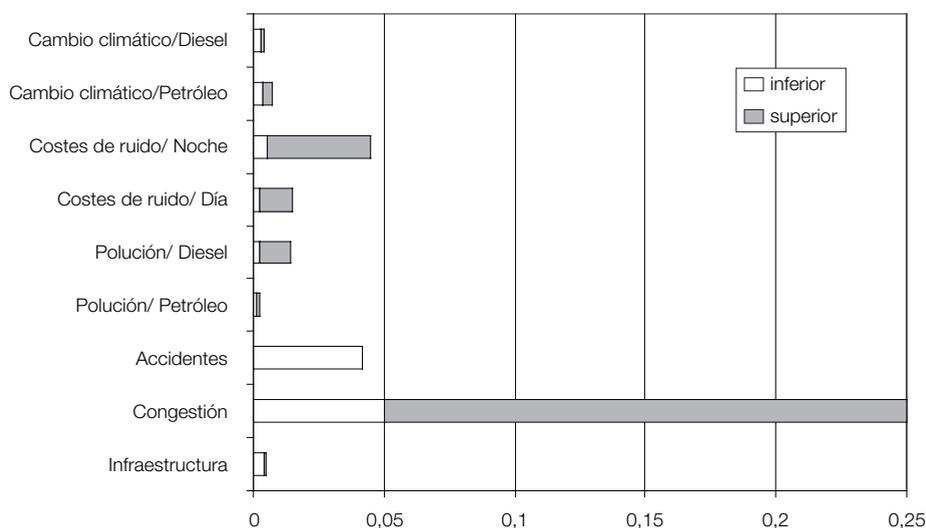
Estos últimos datos dan idea de la enorme dimensión de los costes de con-

gestión y de la grave amenaza que ésta representa para la competitividad de la economía Europea, como se reconoce en el Libro Blanco del Transporte (Comisión Europea, 2001a). En el proyecto UNITE (UNification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency), del quinto programa marco de la UE, se estiman costes marginales por modos y tipos de transporte para 18 países (UE-15, Estonia, Hungría y Suiza) en los años 1996, 1998 y 2005. En el gráfico n.º 2 se ofrece un resumen de los resultados para los viajes urbanos en coche, en euros por vehículos y kilómetro. La categoría más importante está representada por los costes

de congestión, seguidos a gran distancia, de los costes de accidentes, del ruido, especialmente por la noche, y de la contaminación medioambiental.

Aunque existen diversas medidas para aliviar la congestión, tales como expandir la capacidad de las vías, limitar el acceso a las áreas congestionadas mediante racionamiento o mejorar la eficiencia de la carretera (carriles VAO, carriles BUS-Taxi, construcción de rotondas, reprogramación de semáforos...); la tarificación de la congestión, en todas sus versiones, es el instrumento que más polémica y literatura económica está generando.

Gráfico n.º 2
Costes marginales para viajes urbanos en coche
(€/vkm)



Fuente: Nash (2003).

3. TARIFICACIÓN: UNA SOLUCIÓN POSIBLE A LA CONGESTIÓN DEL TRÁFICO

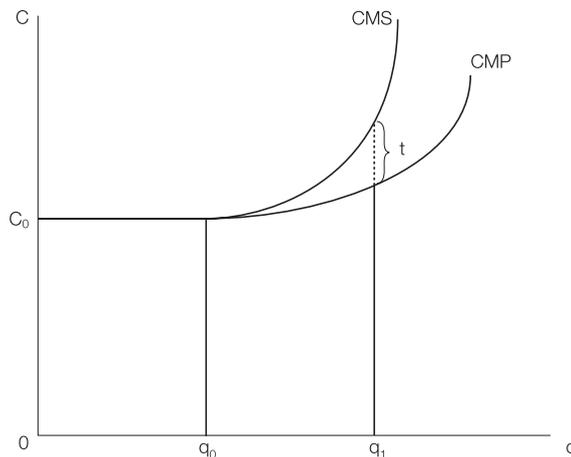
Pigou (1920) y Knight (1924) ya sugerían el establecimiento de un peaje para el uso de las carreteras congestionadas, a fin de incrementar el coste individual del uso en una cantidad igual a las de-seconomías externas impuestas por un usuario a los demás. Con todo, la primera propuesta relevante sobre la puesta en marcha de tarificación de la congestión se realizó tras la Segunda Guerra Mundial, cuando la prosperidad económica condujo a un rápido crecimiento de la propiedad de los vehículos privados, y la congestión de tráfico comenzó a convertirse en un grave problema urbano. La

propuesta, originaria de Buchanan (1952), y relativa a la inviabilidad de un sistema global de peajes y la defensa de un sistema para las horas punta por las rutas urbanas, fue desarrollada posteriormente por diversos autores (Walters, 1961; Thompson, 1962; Roth 1967; Vickrey, 1963, 1967; Solow, 1973; Pines y Sadka, 1985). Aunque se identificaron un número significativo de problemas técnicos para establecer la tarificación de la congestión (Goodwin, 1995; Button y Verhoef, 1998), en la literatura sobre Economía del Transporte esta medida se erigió en un instrumento de amplia aceptación para gestionar la demanda de transporte privado en su acceso al centro de la ciudad.

La teoría económica se ha centrado en el cálculo de tarifas de *first-best*, en mo-

Gráfico n.º 3

Curvas de costes marginales de la conducción



Fuente: Thomson&Bull (2001).

delos estáticos y dinámicos, aunque está fehacientemente demostrado que estos cálculos no son realistas porque se apoyan en supuestos de partida muy restrictivos, y sirven, únicamente, como referencia para evaluar las políticas de tarificación de transporte urbano (Milne *et al.*, 2000). De ahí que, en los últimos años, las nuevas contribuciones en el ámbito de la literatura económica se ocupen, cada vez más, de la obtención de soluciones de *second-best* y de su comparación con la alternativa óptima.

El peaje óptimo, en un modelo estático que considera un origen y un destino conectados por una sola carretera, se corresponde con una tasa *pigouviana*, cuya magnitud es igual al coste marginal por congestión impuesto por el usuario a los demás (Walters, 1961). En otras palabras, dicha tasa se alcanzará si el coste marginal social del viaje iguala a su beneficio marginal social y corresponde a la diferencia entre el coste marginal social (CMS) y el coste marginal privado (CMP) en cada enlace y a través de cada cruce en el nivel de equilibrio de tráfico propio de cada carga (Morrison, 1986; Hau, 1992). Gráficamente, si se relaciona el coste de uso de la infraestructura con el flujo de tráfico, resulta que la congestión aparece a partir del nivel de flujo q_0 , cuando el CMS comienza a superar al CMP. La diferencia entre ambas curvas representa el aumento de coste que soportan los demás vehículos que están circulando, a causa de la introducción de un vehículo adicional y se correspondería con el peaje de *first-best*.

Para determinar los elementos externos de los costes de tiempo de una relación velocidad/flujo se puede proceder de la siguiente forma (Newbery, 1990;

High Level Group on Transport Infrastructure Charging, 1999):

El coste, en términos monetarios, de cada kilómetro recorrido (k) de un vehículo medio se puede escribir:

$$k = \frac{h}{v} \quad (1)$$

Siendo v la velocidad en kilómetros/hora; $1/v$ el tiempo que se tarda en recorrer cada kilómetro y h el valor monetario de una hora para un vehículo medio. Los costes totales (K) para un nivel de flujo de tráfico medido en *passenger car unit* (PCU), resultan del producto del coste del kilómetro (k) y el flujo de tráfico (q). De modo que:

$$K = k \times q \quad (2)$$

El coste marginal para un flujo de tráfico q se obtiene diferenciando la expresión (2) respecto a q , de lo que resulta:

$$\frac{dK}{dq} = k + q \frac{dk}{dq} \quad (3)$$

El coste marginal para un flujo de tráfico q es el coste por kilómetro en que incurre un vehículo adicional (k), más el incremento en coste de tiempo por vehículo, multiplicado por el número de vehículos que lo sufren (q).

Si se diferencia la ecuación (1) resulta que el incremento en coste de tiempo por vehículo es igual al cambio proporcional en la velocidad, multiplicado por el tiempo ($1/v$) y por el valor del tiempo (h):

$$\frac{dk}{dq} = -\frac{h}{v^2} \frac{dv}{dq} \quad (4)$$

Y sustituyendo la ecuación 4 en la 3 se obtiene:

$$\frac{dK}{dq} = k - q \frac{h}{v^2} \frac{dv}{dq} \quad (5)$$

El primer elemento en esta ecuación, k , es el coste del tiempo por kilómetro soportado por cada usuario y , el segundo, representa los costes impuestos por cada individuo al resto de los usuarios. Por tanto, el coste marginal externo de congestión (CMC) en términos del valor monetario del tiempo de los otros conductores y ocupantes es igual a:

$$\text{CMC} = -q \frac{h}{v^2} \frac{dv}{dq}$$

El peaje no eliminaría completamente la congestión, y el coste marginal externo total variará con la elasticidad velocidad-flujo (dv/dq), que depende del tipo de carretera y el volumen de tráfico en PCU; de la velocidad, que varía en función del tipo de carretera y del volumen de tráfico; y del valor del tiempo (h), que varía con el propósito del viaje y los ingresos de los usuarios. Con el peaje se logra reducir tanto el tiempo del viaje como los costes del retraso, esto es, la diferencia entre el tiempo real de realización del trayecto y la duración esperada.

En áreas urbanas, la congestión puede ser resultado de cuellos de botella que se forman en cruces, en secciones inclinadas o debido a un número reducido de carriles o a accidentes. Los cuellos de botella requieren un modelo de análisis basado en las colas, alternativo al esquema velocidad/flujo, ya que los patrones de tarificación son muy diferentes en ambos casos. Siempre que la deman-

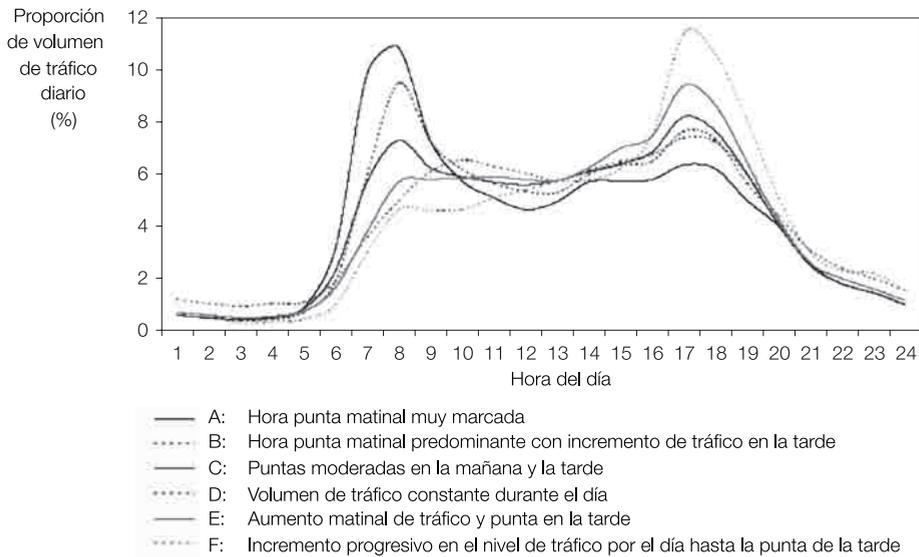
da excede la capacidad del cuello de botella, las colas crecen y solo se disipan cuando la demanda cae por debajo de la capacidad. En un modelo de colas los vehículos que llegan cuando se está formando ésta imponen retrasos iguales a la duración de la cola a los vehículos subsiguientes; el coste externo de la congestión en esta situación disminuye de forma constante en función de la duración de la cola (Small, 1992).

Los modelos dinámicos, dependientes del tiempo, añaden dos elementos a los estáticos: concretando tanto la demanda de tráfico en función del tiempo, como los flujos de tráfico en función del tiempo y del espacio. Una vez estimada la relación velocidad/flujo, si se conoce la demanda de transporte a lo largo del día, se pueden predecir los niveles de congestión. Con la información del gráfico n.º 4, donde se representan los patrones típicos de demanda de transporte, relacionando proporción de volumen de tráfico y hora del día, y la relación velocidad flujo, se puede predecir el nivel de congestión, calcular sus costes y, por tanto, la tarificación óptima en función del tiempo.

Bajo este enfoque, el óptimo social se logrará al implantar un peaje que varíe en el tiempo e incorpore dos componentes, uno estático, análogo a la tasa pigouviana, y otro dinámico, calculado en función de la duración del viaje (Lindsey y Verhoef, 2000).

La teoría expuesta sugiere que los usuarios de las carreteras deberían pagar precios que reflejaran el coste marginal que imponen. Sin embargo, el actual sistema de tarificación a los automovilistas, implantado en los Estados miembros de la UE, no asegura que se hagan cargo de

Gráfico n.º 4

Patrones típicos de demanda de transporte

Fuente: INFRAS/IWW, 2004.

estos costes. Por un lado tenemos los impuestos ligados a la propiedad y adquisición de los vehículos son: el IVA; el impuesto de matriculación y el impuesto de circulación; y por otro está el impuesto sobre hidrocarburos que grava el consumo de combustibles. Los primeros intentan reflejar el coste de construcción y mantenimiento de la carretera, pero ninguno de ellos varía en función de la congestión de tráfico. El impuesto sobre hidrocarburos, en cambio, está directamente relacionado con las emisiones de gases efecto invernadero (GEI), pero la mayoría de los conductores no conoce cómo varía el consumo de combustible según las condiciones de tráfico, además, no todas las emisiones

dependen exclusivamente del combustible consumido, sino de la tecnología del motor⁶. El impuesto de circulación varía

⁶ Actualmente, los elementos fiscales relacionados con el coste de la movilidad son los impuestos sobre el capital y los vehículos (impuestos de compra y venta, IVA, impuesto sobre la propiedad, costes de adquisición de la licencia de conducción), los impuestos indirectos sobre movilidad cuya cuantía no varía con la densidad de tráfico (tasas de combustible, aparcamiento...) y las tasas directas en función del uso (tarifas de taxi, billetes del transporte público...). Los gobiernos han venido aumentando el impuesto sobre hidrocarburos para reducir el uso del vehículo privado y el nivel de polución (CfIT, 2001). Labandeira y López Nicolás (2002), se han ocupado del estudio de mecanismos correctores a las externalidades, en particular, del impuesto sobre el consumo de carburantes y de la difícil elección entre los impuestos unitarios y los impuestos *ad valorem*.

proporcionalmente con la cilindrada de éstos, pero no en función del kilometraje recorrido (Comisión Europea, 1995; CfIT, 2002). Este sistema de tributación grava más la posesión de vehículos que su circulación y comportamiento ambiental.

En consecuencia, la actual forma de tarificación no es un mecanismo eficiente para minimizar el principal impacto externo de los vehículos en las zonas urbanas, e influye en el comportamiento de los conductores respecto al viaje y al uso de las carreteras. Una nueva forma de tarificación, más clara y directa, debería mostrar a los usuarios qué costes de congestión están imponiendo. En muchos servicios de uso diario, como el teléfono o la electricidad, la forma de pago depende de la hora del día en que se utilicen y los tramos horarios más congestionados son los más caros. Ante la magnitud que están adquiriendo las externalidades negativas asociadas al transporte, en el seno de la UE se han financiado varios proyectos dedicados a estudiar la forma de internalizarlas: TRANSPRICE, FISCUS, FATIMA, AFFORD, PETS, PATS y CAPRI en el cuarto programa y PROGRESS, REVENUE, UNITE, IMPRINT y CUPID, en el quinto.

La actual filosofía que informa la política tarifaria de la UE en el terreno de las infraestructuras de transporte, persigue que los impuestos, gravámenes e incentivos fiscales reflejen los costes marginales sociales y se orienten a lograr la reducción de la congestión y de la contaminación, y a la desvinculación entre aumento del transporte y crecimiento económico (Comisión Europea, 1998). El Libro Blanco del Transporte (Comisión Europea, 2001a), hace especial énfasis en la internalización de los costes externos y en

la situación de la revisión de la Directiva «euroviñeta» (99/62), que suscitó un intenso debate sobre la tarificación de infraestructuras y los costes que deberían incluirse (congestión, accidentes, ruido, etc.).

4. LIMITACIONES A LA IMPLANTACIÓN DE LA TARIFICACIÓN DE LA CONGESTIÓN

Pese al consenso teórico sobre la necesidad del establecimiento de la tarificación de la congestión, existen algunas dificultades, tanto de tipo técnico como político y social, para llevarla a cabo. La relevancia de las soluciones basadas en el mercado para afrontar problemas financieros se ha utilizado especialmente en los países del Hemisferio Oeste, aunque de diferentes formas (Harvey, 1992). Sin embargo, esta opción es impopular y ha encontrado firmes rechazos argumentados sobre principios de equidad e invasión de la privacidad (Button, 1995); incluso, se ha llegado a plantear si esta opción sería aceptable en una urbe democrática (Borins, 1988; In't Velt, 1991; May, 1992).

La primera y más obvia dificultad para lograr el *first-best* es su cálculo, ya que las tarifas eficientes varían por enlace, cruce, hora del día y tipo de vehículo. Además, se requeriría conocer el valor del tiempo, diferente para cada individuo y según los motivos del viaje. De otro lado, los modelos de *first-best* se construyen bajo supuestos de información perfecta y de existencia de decisores bien intencionados pero, normalmente, se alcanzan *best* arbitrarios ya que el coste marginal social no prevalece en toda la economía, los costes de información para

poder determinarlo son muy altos y el objetivo de los planificadores políticos no siempre es la maximización del bienestar social (Oberholzer&Weck, 2002; Common, 1989). En cualquier caso, a pesar de que fuera posible computar las cargas óptimas y anunciarlas anticipadamente o en tiempo real a los viajeros potenciales, a éstos les resultaría imposible realizar elecciones eficientes (Nash&Sansom, 2001). Desde una perspectiva estrecha, el cálculo del *first-best* supone que todos los instrumentos de tarificación reflejan el principio del coste marginal, pero que su puesta en marcha no tiene costes. Sin embargo, desde una perspectiva amplia se han de tener en cuenta los costes de desarrollo y de regulación (Milne *et al.*, 2000).

Existe, además, cierto debate técnico en torno a los costes marginales a corto y largo plazo. La consideración de los costes marginales a largo plazo implica que cubrieran los costes del tiempo, los costes operativos del vehículo y que se recuperara la inversión en capital. Sin embargo, si la carretera no está construida óptimamente, el coste marginal a largo plazo enviaría una señal de precio demasiado baja, respecto al óptimo en el largo plazo. La utilización de los costes marginales a corto plazo permitiría un uso óptimo de la infraestructura existente, aunque no permite la recuperación de la inversión (Hau, 1992; Roy, 2002). Sin embargo, dada la escasa posibilidad de ampliación de infraestructuras en los espacios urbanos y a su elevado coste, es preferible utilizar un sistema de tarificación conforme al coste marginal a corto plazo para lograr un uso eficiente del espacio viario disponible. En consecuencia, las inversiones en ampliación de capacidad debe-

rían evaluarse con un análisis coste-beneficio (Matas, 2004). Por su parte, Milne *et al.* (2000) demuestran que la solución de *first-best* puede proporcionar los incentivos adecuados para la toma de decisiones, tanto a largo, como a corto plazo, no solo en relación con la ruta o el modo de transporte, sino respecto a la tecnología, al comportamiento espacial y a la sostenibilidad.

Los motivos expuestos hacen que la tarificación de *first-best* se utilice, normalmente, para compararla con opciones más realistas de *second-best*, y han llevado a los economistas del transporte a dedicar sus esfuerzos al estudio de alternativas como los cordones de peaje urbano (Ubbels&Verhoef, 2004). Para calcular tarifas de *second-best*, se supone que todos los usuarios tienen la misma elasticidad constante de demanda de viajes y responden de la misma forma al coste del tiempo, los costes por kilómetro del vehículo y las tarifas del viaje (Verhoef, 2002, 2004; Shepherd y Sumalee, 2002; May *et al.*, 2002, 2004; Yang y Zhang, 2002; Santos, 2004).

A las razones técnicas que explican el limitado uso de la tarificación de la congestión (Button, 1995), habría que añadir su escasa aceptabilidad social: pública y política (Lave, 1995; Hahn, 1989; Frey *et al.*, 1985). El avance tecnológico ha resuelto muchos de los requerimientos prácticos para la introducción de planes de tarificación flexibles, pero en la práctica no se lleva a cabo, básicamente, por motivos políticos (Giuliano, 1992). Hay que tener en cuenta que se trata de una iniciativa local y se implanta más fácilmente cuando existe tanto una experiencia positiva de los sistemas de peaje como la idea de que es preciso mejorar el trans-

porte público y el medioambiente. Sin embargo, los peajes urbanos suelen ser más impopulares que los peajes para vías de alta capacidad, porque en las urbes se hace pagar a los individuos por el uso de vías con problemas de capacidad y los ingresos no sólo se dedican a solucionar este problema, sino que pueden emplearse, de manera más amplia, para cubrir los costes operativos del transporte, incluido el público.

Uno de los principales retos para poner en marcha un plan de peaje urbano es la obtención del suficiente apoyo público. Desde el punto de vista social, la ciudadanía suele ser bastante escéptica cuando se plantean soluciones de mercado para resolver problemas sociales (Frey *et al.*, 1985; Hahn, 1989). Parece existir un déficit general de información respecto a las medidas de gestión de demanda de transporte basadas en el precio, siendo mejor conocidas las mejoras de tráfico y las restricciones de acceso.

El grado de aceptación pública se ha estudiado recientemente con ayuda de encuestas actitudinales (Jones, 1991a, 1995; Schade&Schlag, 2000) y ha generado cierto volumen de trabajos (May, 1992; Bartley, 1995; Jones, 1998; Schlag y Teubel, 1997; Luk y Chung, 1997; Verhoef *et al.*, 1997; Rienstra *et al.*, 1999; Schade y Schlag 2000, 2003, 2003a). Estos estudios se refieren a algunas preocupaciones públicas con respecto a los sistemas de tarificación electrónica (*Electronic Road Pricing*, ERP), como su complejidad, que puede llevar a la falta de comprensión, o a aspectos relacionados con la equidad y la justicia, la resistencia a los nuevos gravámenes y el rechazo de las medidas tarifarias por parte de una mayoría de automovilistas (Giuliano, 1992, 1994; Jones,

1991ab, 1995, 1998; May, 1992, Goodwin, 1989). Otros importantes argumentos en su contra, con respecto a la aceptabilidad, incluyen el miedo a la violación de la privacidad (Keuchel, 1992), la falta de transparencia en el uso de los ingresos y la discriminación de los grupos socialmente más débiles (Schlag y Teubel, 1997; Schlag y Schade, 2000). Por contra, las medidas de mayor aceptabilidad y las más utilizadas son las relacionadas con la mejora del transporte público, seguidas por la restricción del acceso al centro de la ciudad y la reducción del espacio destinado a aparcamiento en las calles.

El carácter lineal de la tarificación de la congestión puede afectar negativamente a la equidad socioeconómica. De un lado, daría lugar a efectos redistributivos regresivos verticalmente, ya que el aumento del uso del vehículo privado afectaría más a los conductores de bajos ingresos. Se teme que el establecimiento de la tarificación de la congestión agrave la exclusión social dado que supone un incremento del coste de la movilidad y crea otra barrera al acceso al trabajo, al ocio y a la educación para los individuos de bajos ingresos (Schlag y Teubel, 1997).

De otro, la equidad horizontal, esto es, la relativa a la justicia entre grupos de individuos con necesidades y recursos comparables, es decir, a la justicia en la distribución de costes y beneficios, se vería afectada negativamente si la recaudación obtenida se empleara sólo en mejoras infraestructurales en beneficio de los individuos que pagaron la tasa (Giuliano, 1994).

Sin embargo, en el primer caso, con una planificación adecuada que sustituyera la forma de pago actual por el uso

de las vías por un sistema impositivo más justo, no se generaría mayor presión fiscal a los usuarios de la carretera. Por ello, siempre que los automovilistas de bajos ingresos tendrían que pagar tasas por congestión, se beneficiarían por una reducción en el impuesto municipal de vehículos o en el impuesto sobre hidrocarburos. Esto quiere decir que solo serían tasados por conducir en carreteras congestionadas, en lugar de subsidiar a los automovilistas de altos ingresos que tienden a utilizar más sus vehículos.

En el segundo caso, para que la iniciativa de tarificación de la congestión tenga éxito, es preciso que los ingresos se destinen a la financiación de medidas que compensen los efectos negativos distributivos (Small, 1992; Banister, 1994; Ubbels y Verhoef, 2004). En este caso, los individuos no conductores y los de bajos ingresos se beneficiarían de la mejora de productividad del transporte público que funcionaría bajo condiciones de menor congestión.

Un importante aspecto a destacar es que la implantación de un nuevo sistema de aplicación de gravámenes en función del Coste Marginal Social, según el principio «el usuario paga», puede modificar las relaciones público-privadas en las urbes. Si antes el ciudadano, pagando sus impuestos directos, adquiría el derecho a usar el viario público, tras una reforma tributaria local se transformaría en un cliente que accedería al uso de la vía congestionada, no por derecho de ciudadanía, sino por el pago del precio en función del «consumo». Este hecho cambiaría toda la estructura fiscal local, pero requeriría la incorporación de la tecnología más innovadora y del cambio en la conducta ciudadana.

Asimismo, hay que diferenciar claramente los peajes urbanos por congestión que son instrumentos de gestión de la demanda de tráfico que tienen como fin reducir éste, de los peajes cuyo objetivo es maximizar el ingreso y son acuerdos limitados a un número específico de años. Si éstos sustituyen a los impuestos sobre vehículos y a las tasas sobre hidrocarburos, se producirá un cambio en la concepción sobre los bienes públicos, porque las carreteras no congestionadas dejarían de considerarse bienes públicos no rivales y excluibles (Stiglitz, 1997).

Otro de los aspectos polémicos es el relativo a la privacidad, derecho fundamental en las sociedades occidentales, y que puede ser violado con el desarrollo de sistemas inteligentes de transporte (ITS)⁷, en particular, de los peajes electrónicos (ETC)⁸, ya que éstos pueden proporcionar datos detallados sobre la localización en tiempo real de los individuos (Wright, 1995). Un sistema de ETC requiere que los vehículos estén equipados individualmente con la tecnología precisa, que puede consistir en un *transponder*⁹ o en una tarjeta electrónica. La tarjeta se comunica vía radio frecuencia o microondas con un lector situado a un lado de la carretera, se identifica al usuario y el peaje se carga electrónicamente en la cuenta bancaria asociada a la tarjeta. En sistemas complejos, como el proyecto de Melbourne City, una tarjeta puede leerse varias veces en diferentes lugares de una sección tarifada, de forma que con la información conseguida se puede recons-

⁷ Intelligent Transport Systems.

⁸ Electronic Toll Collection.

⁹ Dispositivo sin hilos de comunicación conectado generalmente a un satélite.

truir el viaje total para calcular el peaje preciso (Odgen, 2001).

El uso de los ingresos generados es de gran importancia para lograr una adecuada aceptabilidad de los peajes urbanos (Ubbels y Verhoef, 2004). El proyecto Revenue ofrece un marco teórico y desarrolla un modelo para establecer las dimensiones de eficiencia y equidad de diferentes opciones políticas. Utiliza un modelo económico y de transporte preexistente para estimar la magnitud de los efectos de las diferentes opciones políticas a escala macroeconómica (Proost *et al.*, 2004). El marco teórico surge de la oferta y la demanda de transporte. Si el transporte se pudiera organizar como un sector perfectamente competitivo el único papel del decisor político sería corregir las externalidades. Sin embargo, la oferta de infraestructuras y servicios de transporte se aleja del modelo competitivo debido a la existencia de economías de escala y al pequeño número de oferentes. Este es el origen de un conjunto de preguntas que se intentan resolver en el proyecto, relacionadas con la estimación del déficit o superávit esperado de la tarificación eficiente, el uso de los ingresos y la provisión de infraestructuras y de servicios de transporte.

Pese a las limitaciones señaladas, las experiencias de implantación de cordones de peaje han tenido resultados exitosos en su objetivo de reducir la congestión. Tras la puesta en funcionamiento del Plan de permisos de área (ALS Area Licensing Scheme) de Singapur en 1975 el tráfico se redujo hasta un 40% en las horas punta y zona restringida, pero aumentó en el resto del tiempo y del espacio. En 1998, se instauró un sistema electrónico de peaje con tarifa variable según el nivel

de congestión y se consiguieron reducciones de tráfico adicionales del 15% en hora punta, si bien, fuera de este período el tráfico aumentó un 10% (Land Transport Authority, 1996; Keong, 2002).

A principios de 2003, se inauguró el peaje urbano londinense con cuatro prioridades: reducir la congestión, hacer mejoras radicales en los servicios de autobuses públicos, mejorar la fiabilidad de los tiempos de viaje para los usuarios y aumentar la eficiencia en la distribución de bienes y servicios. El sistema está sujeto a un control intensivo por parte de Transport For London (TFL), la institución creada en el año 2000 y responsable del sistema de transporte londinense. Tras los primeros meses de funcionamiento, el tráfico y los niveles de congestión se redujeron considerablemente. En el área central, el tráfico se redujo entre un 10 y un 15%, correspondiendo entre un 50 y un 60% de la reducción, a viajeros que cambiaron del modo de transporte privado al público. Tomando como media las encuestas post-tarificación dentro de la zona durante las horas de tarificación, (7,00 a 18,30 de lunes a viernes) se observa que la reducción del retraso está en torno al 30% respecto a las condiciones pre-tarificación de 2002. Los costes de funcionamiento de este sistema suponen un 59% de los ingresos, debido al alto precio del sistema de control electrónico. Durante 2004 y 2005 se generaron 90 millones de libras que se emplearon para mejorar los servicios del autobús dentro de Londres (TFL, 2005).

En Estocolmo, según el informe mensual del control que se lleva a cabo del recién establecido cordón de peaje urbano, el número de vehículos que lo atravesaron en febrero de 2006 fue un 25% más

bajo que en una semana media del otoño de 2005. También se ha observado una modificación en las horas de viaje de los usuarios, dado que el peaje está en funcionamiento de lunes a viernes entre las 6,30 horas y las 18,29 horas y se ha producido un aumento de 17.000 viajes en el transporte público atravesando el cordón en febrero de 2006, con respecto al año anterior (Eliasson *et al.*, 2006).

5. CONCLUSIONES

En los años 90 del siglo xx, el desarrollo sostenible en su triple vertiente: ambiental, económica y social entró a formar parte de los objetivos de la Unión Europea (UE). El sector del transporte generador de gran parte de los problemas de sostenibilidad medioambiental se convirtió en uno de los ámbitos prioritarios de actuación para lograr la sostenibilidad. Fruto de este cambio fue la publicación de numerosos estudios que estimaban los costes externos del transporte para los distintos modos y diferentes escenarios y ponían de manifiesto que la congestión de tráfico era el coste externo más importante en las áreas urbanas.

El problema económico asociado a la congestión se produce porque el CMP es inferior al CMS y, desde la Economía del Transporte, se propone la aplicación de una tasa igual a la diferencia entre ambos, a fin de maximizar el bienestar social. Sin embargo, pese al consenso teórico alcanzado sobre la necesidad de tarificar de

acuerdo con los costes marginales, su puesta en práctica presenta ciertas limitaciones técnicas, políticas y sociales. El desarrollo de un sistema de tarificación de la congestión, como un cordón de peaje, exige cumplir una serie de pre-requisitos esenciales para lograr un nivel adecuado de aceptabilidad, tales como la percepción de la gravedad de los problemas del tráfico; la importancia de los objetivos a alcanzar; la información y conciencia sobre las opciones; la efectividad percibida de la medida; la relación específica entre los usuarios y su vehículo y la atribución de la responsabilidad de la existencia de problemas de tráfico y de su solución. Una vez implantada la medida, es de crucial importancia que los políticos mantengan los compromisos adquiridos referentes al respeto de la privacidad, a la equidad, en el sentido de la distribución justa de los costes y beneficios, al uso adecuado de los ingresos logrados con la tarificación y a las normas sociales.

Las ciudades que han establecido cordones de peaje urbanos están obteniendo resultados que demuestran que tal medida logra reducir los niveles de congestión y, por tanto, los tiempos medios de viaje. Además, en estas urbes los ingresos se están empleando en mejoras sustanciales del transporte público y existe un organismo encargado de gestionar y controlar el funcionamiento del cordón (por ejemplo en Londres el *Transport for London*; en Estocolmo, *Congestion Charging Secretariat* y en Singapur *Land Transport Authority*).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANISTER, D. (1994): «Equity and Acceptability Question in Internalising the Social Costs of Transport» en OECD/ECMT, *Internalising the Social Costs of Transport*, Paris.
- BARTLEY, B. (1995): «Mobility impacts, reactions and opinions. Traffic demand management options in Europe: The MIRO Project», *Traffic Engineering and Control*, n.º 36, pp. 596-603.
- BORINS, S. F. (1988): «Electronic road pricing: an idea whose time may never Come», *Transportation Research A*, n.º 22, pp. 37-44.
- BUCHANAN, J. (1952): «The Pricing of Highway Services», *National Tax Journal*, n.º 5, pp. 97-106.
- BURCHELL, R. W.; SHAD, N.A. y LISTOKIN, D. (1998): «The Costs of Sprawl-Revisited», *Report of Transit Cooperative Research Program*, n.º 39, Transportation Research Board, Washington, DC.
- BUTTON, K.J. (1995): «Road pricing as an instrument in traffic management», en JOHANSSON, B. y MATTSSON, L.-G. (ed.), *Road Pricing: Theory, Empirical Assessment and Policy*, Kluwer, Boston.
- BUTTON, K.J. y VERHOEF, E.T. (1998): «Introduction» en BUTTON, K.J. y VERHOEF, E.T., (eds.), *Road Pricing, Traffic Congestión and the Environment: Issues of Efficiency and Social Feasibility*, Edward Elgar, Cheltenham.
- COMISIÓN EUROPEA (1995): *Libro Verde. Hacia una tarificación equitativa y eficaz del transporte - Opciones para la internalización de los costes externos del transporte en la UE*, Comisión Europea, Bruselas.
- COMISIÓN EUROPEA (1998): *Libro Blanco. Tarifas justas por el uso de infraestructuras: Estrategia gradual para un marco común de tarificación de infraestructuras de transporte en la UE*, Comisión Europea, Bruselas.
- COMISIÓN EUROPEA (2001): *Economic aspects of sustainable mobility*, CE, Bruselas.
- COMISIÓN EUROPEA (2001a): *Libro blanco. La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad*, CE, Bruselas.
- COMISIÓN EUROPEA (2001b), *Integrated policy aspects of sustainable mobility. Thematic synthesis of transport research results*, paper 1.
- COMMISSION FOR INTEGRATED TRANSPORT (CfIT) (2002): *Paying for road use*, CfIT, Londres.
- COMMON, M.S. (1989): «The choice of pollution control instruments: why is so little notice taken of economists' recommendations?», *Environment and Planning A*, n.º 21, pp. 1297-1314.
- DALY, H.E. (1990), «Toward some operational principles of sustainable development», *Ecological Economics*, vol. 2, n.º 1, pp. 1-6.
- ELIASSON, J.; FREIJ, K.B., HULTKRANTZ, L.; LJUNGBERG, C. (2006): *Reference's group summary. February*, Congestion Charging Secretariat, Stockholm.
- European Union Road Federation (2004): *European Road Statistics, 2004*, ERF, Brussels.
- FREY, B.S.; SCHNEIDER, F. y POMMEREHNE, W.W. (1985): «Economists' opinions on environmental policy instruments: analysis of a survey», *Journal of Environmental Economics and Management*, n.º 12, pp. 62-71.
- FULTON, L. (2004): «Reducing Oil Consumption in Transport: Combining Three Approaches», *Technology and R&D Working Paper*, n.º 1, AIE/ Office of Energy Efficiency.
- FULTON, L. y EADS, G. (2004): *Model Documentation and Reference Case Projection*, IEA/SMP.
- GIULIANO, G. (1992): «An assessment of the political acceptability of congestion pricing», *Transportation*, n.º 19, pp. 335-358.
- GIULIANO, G. (1994): «Equity and fairness considerations of congestion pricing», *TRB Special Report 242*, National Academy Press, Washington, pp. 250-279.
- GOMEZ-IBAÑEZ, J. A. y SMALL, K. A. (1994): *Road Pricing for Congestión Management: A Survey of International Practice*, Transport Research Board, National Academy Press, Washington, DC.
- GOODWIN, P. B. (1989): «The rule of three: A possible solution to the political problem of competing objectives for road pricing», *Traffic Engineering & Control*, n.º 39, pp. 495-497.
- GOODWIN, P.B. (1995): «Road pricing or transport planning» en JOHANSSON, B. y MATTSSON, L.G., (eds.), *Road Pricing: Theory, Empirical Assessment and Policy*, Kluwer, Boston.
- GRÜBLER, A. (1990): *The rise and fall of infrastructures*, Physica-Verlag, Heidelberg.
- GUDMUNDSSON, H. y HÖJER, M. (1996): «Sustainable development principles and their implications for Transport», *Ecological Economics*, n.º 19, pp. 269-282.
- HAHN, R.W. (1989): «Economic prescriptions for environmental problems: how the patient followed the doctor's orders», *Journal of Economic Perspectives*, n.º 3, pp. 95-114.

- HARVEY, D. (1992): «Social justice, postmodernism and the city», *International Journal of Urban and Regional Research*, n.º 16, pp. 588-601.
- HAU, T.D. (1992): *Economic Fundamentals of Road Pricing Policy: A Diagrammatic Analysis*, World Bank, Washington D.C.
- HIGH LEVEL GROUP ON TRANSPORT INFRASTRUCTURE CHARGING (1999): *Final Report on Stimulating Transport Costs*, European Commission, Bruselas.
- IEA (2004): *Energy technologies for a sustainable future*, AIE, Paris.
- IEA (2004a): *World Energy Outlook 2004*, IEA/OECD, Paris.
- INFRAS IWW (1999): *External Effects of Transport*, INFRAS, Zurich/Karlsruhe.
- INFRAS/IWW (2004): *External Costs of Transport. Update Study*, INFRAS, Zurich/Karlsruhe.
- IN 'T VELT, R.J. (1991): «Road Pricing: A Logical Failure?» en KRAAN, D.J y IN 'T VELT, R.J. (eds.) *Environmental Protection: Public or Private Choice*, Kluwer, Dordrecht, pp. 111-121.
- JONES, P.M. (1991a): «UK public attitudes to urban traffic problems and possible counter measures: A poll of polls», *Environment and Planning C: Government and Policy*, n.º 9, pp. 245-256.
- JONES, P.M. (1991b): «Gaining public support for road pricing through a package approach», *Traffic Engineering & Control*, n.º 4, pp. 194-196.
- JONES, P.M. (1995): «Road pricing: the public viewpoint», en JOHANSSON, B. y MATTSSON, L.G. (eds.), *Road Pricing: Theory, Empirical Assessment and Policy*, Kluwer, Boston, pp. 159-179.
- JONES, P.M. (1998): «Urban road pricing: Public acceptability and barriers to implementation», en BUTTON, K.J. y VERHOEF, E.T. (eds.), *Road pricing, traffic congestion and the environment. Issues of efficiency and social feasibility*, Edward Elgar, Cheltenham, pp. 263-284.
- KENNETH, G. (1997): *The Value of Time in Economic Evaluation of Transport Projects; Lessons from Recent Research*, World Bank, Washington DC.
- KENWORTHY, L y LAUBE, F. (2001): *Millennium Cities Database for Sustainable Transport (1999-2001)*, UITP, Brussels.
- KEONG, C. K. (2002): *Road pricing Singapore's experience*, IMPRINT-EUROPE Implementing Reform in Transport Effective Use of Research on Pricing in Europe, European Commission, Brussels.
- KNIGHT, F.H. (1924): «Some fallacies in the interpretation of social cost», *Quarterly Journal of Economics*, n.º 38, pp. 582-606.
- LABANDEIRA, X. y LÓPEZ NICOLÁS, A. (2002): «La imposición de los carburantes de automoción en España: Algunas observaciones teóricas empíricas», *Hacienda Pública Española*, n.º 160, pp. 177-210.
- LAND TRANSPORT AUTHORITY (1996): *A world class land transport system*, Land Transport Authority, Republic of Singapore.
- LAVE, C.A. (1995): «The demand curve under road pricing and the problem of political feasibility: author's reply», *Transportation Research A*, vol. 29, n.º 6, pp. 464-465.
- LINDSEY, C.R. y VERHOEF, E.T. (2000): «Congestion Modeling», en HENSHER, D.A. y BUTTON, K. (eds.): *Handbook of Transport Modelling*, Pergamon, Ámsterdam, pp. 377-397.
- LUK, J. y CHUNG, E. (1997): «Public acceptance and technologies for road pricing», *Research report no. 307*, ARRB Transport Research Ltd., Vermont South.
- MATAS, A. (2004): «Políticas de transporte y congestión en áreas urbanas: un panorama», *Urban Publics Economic Review*, n.º 1, pp. 63-91.
- MAY, A. D. (1992): «Road pricing: An international perspective», *Transportation*, n.º 19, pp. 313-333.
- MAY, A. D.; LIU, R.; SHEPHERD, S. P.; y SUMALEE, A. (2002): «The Impact of Cordon Design on the Performance of Road Pricing Schemes», *Transport Policy*, vol.9, n.º 39, pp. 209-220.
- MAYERES, I., y VAN DENDER, K. (2001): «The external costs of transport» en DE BORGER, B. y PROOST, S. (eds.) *Reforming transport pricing in the European Union: A modelling approach*, Edward Elgar, pp. 135 - 169.
- MILNE, D.; NISKANEN, E. y VERHOEF, E. (2000): *Operationalisation of marginal cost pricing within urban transport*, Deliverable 1 en AFFORD, (Acceptability of Fiscal and Financial Measures & Organisational Requirements for Demand Management), Valtion taloudellinen tutkimuskeskus/ Government Institute for Economic Research, Helsinki.
- MORRISON, S.A. (1986): «A survey of road pricing», *Transportation Research A*, n.º 20, pp. 87-98.
- NASH, C. y SANSOM, T. (2001): «Pricing European Transport Systems», *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 35, n.º 3, pp. 363-380.
- NASH, C. (2003): *Final Report*, with contributions from partner: UNITE (UNification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency) Final Report for Publication, European Commission, Advisory Board, Partners, Leeds.
- NEWBERY, D.M. (1988): «Road User Charges in Britain», *Economic Journal*, n.º 98, pp. 161-176.

- NEWBERY, D (1990): «Pricing and Congestion: Economic Principles Relevant to Pricing Roads», *Oxford Review of Economic Policy*, vol 6, pp. 22-38.
- NEWBERY, D.M. (1994): «The case for a public road authority», *Journal of Transport Economics and Policy*, n.º 28, pp. 235-253.
- NIJKAMP, P. (2003): «Globalization, International Transport and the Global Environment: a Research and Policy Challenge», *Transportation Planning and Technology*, vol. 26, n.º 1, pp. 1-8.
- NORGAARD, R.B. (1994): *Development Betrayed. The end of progress and a coevolutionary revisioning of the future*, Routledge, London&New York.
- NORGAARD, R.B. (1996): «Globalization and unsustainability», *International Conference on Technology, Sustainable Development and Imbalance*, Tarrasa.
- NORTON, B.B. (1992): «Sustainability, Human Welfare and Ecosystem Health», *Ecological Economics*, vol. 14, n.º 2, pp. 113-127.
- OBERHOLZER-GEE, F. y WECK-HANNEMANN, H. (2002): «Pricing road use: politico-economic and fairness considerations», *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 7, n.º 5, pp. 357-371.
- OECD (1996): *Pollution Prevention and Control: Environmental Criteria for Sustainable Transport*, Paris.
- OECD (2000): *Environmentally Sustainable Transport: Futures, Strategies and Best Practices - Synthesis Report*, Ministerio Federal Austríaco de Agricultura, Bosques, Medio Ambiente y Gestión del Agua, Viena.
- ODGEN, K.W. (2001): «Privacy issues in electronic toll collection», *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol.9, n.º 2, pp. 123-134.
- OYÓN, J.L. (1999): «Transporte público y estructura urbana, De mediados del siglo XIX a mediados del siglo XX: Gran Bretaña, España, Francia y Países Germánicos», *Ecología política*, n.º 17, pp. 17-36.
- PIGOU, A.C. (1920): *The Economics of Welfare*, Macmillan, London.
- PINES, D. y SADKA, E. (1985): «Zoning, first-best, second-best, and third-best criteria for allocating lands for roads», *Journal of Urban Economics*, n.º 17, pp. 167-183.
- POSSUM (1998): *POSSUM Policy Scenarios for Sustainable Mobility-Final Report*, Comisión Europea, Bruselas.
- PROOST, S.; PALMA, A.; LINDSEY, R.; BALASKO, Y.; MEUNIER, D.; QUINET, E.; DOLL, C.; VAN DER HOOFD, M. y PIRES, E. (2004): *Theoretical Framework*, REVENUE Project, Deliverable 2, ISIS, Rome.
- RIENSTRA, S. A.; RIETVELD, P. y VERHOEF, E. T. (1999): «The social support for policy measures in passenger transport. A statistical analysis for the Netherlands», *Transportation Research Part D*, n.º 4, pp. 181-200.
- ROTH, G. (1967): *Paying for Roads: Economics of Traffic Congestion*, Penguin, City.
- ROTH, G. (1996): «Brief history of road congestion pricing» Annex to chapter 4, en POOLE, R.W., *Roads in a Market Economy*, Ashgate.
- ROY, R. (2002): *The fiscal impact of marginal cost pricing: The spectre of deficits or an embarrassment of riches?*, IMPRINT-EUROPE Implementing Reform in Transport Effective Use of Research on Pricing in Europe. A European Commission funded Thematic Network (2001-2004), London
- SANTOS, G. (2004): «Urban Congestion Charging: A Second Best Alternative», *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 38, n.º 3, pp. 345-369.
- SCHADE, J. y SCHLAG, B. (2000): *Acceptability of urban transport pricing en AFFORD*, (Acceptability of Fiscal and Financial Measures & Organisational Requirements for Demand Management), Valtion taloudellinen tutkimuskeskus/ Government Institute for Economic Research, Helsinki.
- SCHADE, J. y SCHLAG, B. (eds.) (2003): *Acceptability of transport pricing strategies*, Elsevier, Oxford.
- SCHADE, J. y SCHLAG, B. (2003a): Acceptability of urban transport pricing strategies, *Transportation Research Part F*, n.º 6, 45-61.
- SCHLAG, B. y SCHADE, J. (2000): «Public acceptability of traffic demand management in Europe», *Traffic Engineering & Control*, n.º 41, pp. 314-318.
- SCHLAG, B., y TEUBEL, U. (1997): «Public acceptability of transport pricing», *IATSS Research*, n.º 21, pp. 134-142.
- SHEPHERD S.P. y SUMALEE A. (2004): «A genetic algorithm based approach to optimal toll level and location problem», *Networks and Spatial Economics*, n.º 4, pp. 161-179.
- SMALL, K. y GÓMEZ-IBÁÑEZ, J. (1998): «Road pricing for congestion management: The transition from theory to policy» en BUTTON, K.J. y VERHOEF, E.T., (Eds.), *Road Pricing, Traffic Congestion and the Environment: Issues of Efficiency and Social Feasibility*, Edward Elgar, Cheltenham.
- SMALL, K.A. (1992): «Using the revenues from congestion pricing», *Transportation*, n.º 19, pp. 359-381.
- SOLOW, R. M. (1973): «Congestion cost and the use of land for streets», *Bell Journal of Economics*, n.º 4, pp. 602-618.

- SOLOW, R. (1991): «Sustainability: An Economist's Perspective», DORFMAN, R. y DORFMAN, N.S. (eds.), *Economics of the Environment*, New York.
- SOLOW, R. (1992) «An almost Practical Step towards Sustainability» (Conferencia pronunciada con motivo del 40 aniversario de Resources for the Future, 8-10-1991).
- STIGLITZ, J.E. (1997): *La Economía del Sector Público*, Antoni Bosch, Barcelona.
- STOCKHOLMS STAD (2005): *The Stockholm trials start on 22 August and 3 January*, City of Stockholm, folleto informativo.
- THOMSON, I. y BULL, A. (2001): «La congestión de tráfico urbano: causas y consecuencias económicas y sociales», *Serie Recursos Naturales e Infraestructura*, n.º 25, CEPAL, Santiago de Chile.
- THOMPSON, J. (1962): «Calculation of economic advantages arising from a system of road pricing», *Transport and Road Research Laboratory Report*, n.º PRP 8, Crowthome, England.
- TRANSPORT FOR LONDON (2005), *Congestion Charging: Third Annual Monitoring Report*, TfL, London.
- UBBELS, B. y VERHOEF, E.T. (2004): «Barriers to transport pricing», en Rietveld, P. y Stough, R. (eds.), *Barriers to Sustainable Transport*, Spon Press, London, pp. 69-93.
- UITP (International Association of Public Transport) (2003): *Ticket to the future: 3 stops to sustainable mobility*, UITP, Brussels.
- U.K. MINISTRY OF TRANSPORT (1964): *Road pricing: The Economic and Technical possibilities. Smeed Report*, HMSO, London.
- VERHOEF, E. (2002): «Second-best Congestion Pricing in General Networks: Heuristic Algorithms for Finding Second-Best Optimal Toll Levels and Toll Points», *Transportation Research B*, vol. 36, n.º 8, pp. 707-729.
- VERHOEF, E. (2004): «Second-best Congestion Pricing Schemes in the Monocentric City», *Tinbergen Institute Discussion Paper*, n.º 110/3.
- VERHOEF E.T.; NIJKAMP, P. y RIETVELD, P. (1997): «The social feasibility of road pricing: a case study for the randstad area», *Journal of Transport Economics and Policy*, n.º 31, pp. 255-276.
- VICKREY, W. (1963): «Pricing in urban and suburban transport», *American Economic Review*, n.º 53, pp. 251-261.
- VICKREY, W. (1967): «Optimization on traffic». *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 1, n.º 1, pp. 123-136.
- WALTERS, A.A. (1961): «The theory and measurement of private and social cost of highway congestion», *Econometrica*, n.º 29, pp. 676-699.
- WORLD BANK (1996): *Sustainable Transport*, World Bank, Washington, D.C.
- WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE TRANSPORT (WBCST) (2004), *Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability*, WBCST: Geneva.
- WRIGHT, T. (1995): *Eyes on the Road; Intelligent Transportation Systems and your Privacy*, Information and Privacy Commissioner, Ontario.
- YANG, H. y ZHANG, X. (2002): «Determination of Optimal Toll Levels and Toll Locations of Alternative Congestion Pricing Schemes», *Proceedings of the 15th International Symposium*, Pergamon, Adelaide, pp. 519-540.