

FALLOS DE MERCADO: EL CASO DE LA EXTERNALIDAD DE LA CONGESTION DE LAS CARRETERAS

1. INTRODUCCIÓN.

El estudio de los efectos externos en las diferentes ramas y sectores económicos ha adquirido un espectacular auge durante las últimas décadas dentro del Análisis Económico. Este interés adquiere especial énfasis en el ámbito del transporte donde basta con revisar la literatura económica de los últimos años para detectar el elevado número de estudios, investigaciones y artículos dedicados a este tema.

En esta ponencia se aborda el estudio de los diversos aspectos relacionados con los efectos externos en el transporte. Los conceptos teóricos y metodológicos introducidos sobre las externalidades se aplican al caso de la congestión en las carreteras, determinando el precio óptimo de congestión y la ganancia de beneficio social neto producida por la introducción de dicho precio óptimo.

Para ello, en primer lugar se define el concepto económico de externalidad y se describe toda la amplia tipología existente en torno a dicho concepto, haciendo especial énfasis en el ámbito específico del transporte, donde se delimitan las diferentes componentes del coste social, internas y externas. Posteriormente se estudia con detalle la componente externa del coste social del transporte denominada congestión que tiene su origen en que la incorporación de un nuevo vehículo a la infraestructura de transporte trae consigo un incremento del coste generalizado de los demás usuarios, al reducirse la velocidad como consecuencia del mayor volumen de vehículos, y aumentar paralelamente el tiempo de viaje que es una componente de dicho coste. Tras describir detalladamente el concepto teórico de precio óptimo de congestión y la forma de valorar esta componente del coste social se determina su magnitud para el caso de la red de carreteras española. Finalmente se analiza la distribución territorial en España de estos costes externos de congestión.

2. EXTERNALIDAD.

2.1. Conceptos básicos.

En la literatura económica se afirma que se produce una externalidad en el consumo si a un consumidor le afecta directamente la producción o el consumo de otros agentes. Análogamente existe una externalidad en la producción cuando las decisiones de una empresa o de un consumidor influyen en los procesos de producción de otras empresas. Aunque vulgarmente se ha asociado el concepto de externalidad al de deseconomía, es posible captar la existencia de externalidades positivas.

La característica esencial de las externalidades es la imposibilidad de transacción en el mercado. Si existen efectos externos, el mercado no permite una asignación de los recursos eficiente en el sentido de Pareto. Sin embargo, hay otras instituciones sociales como el sistema jurídico o la intervención del Estado que pueden, hasta cierto punto, reproducir el mecanismo del mercado y por lo tanto, lograr la eficiencia económica. En esta misma línea, cabe ampliar su definición mediante el cumplimiento de las condiciones siguientes: son efectos causados por actividades fuera del mercado; ocurren si agentes diferentes usan un recurso conjuntamente sin que los derechos de propiedad estén definidos y, al menos, una de las partes preferiría un acuerdo contractual.

Se ha argumentado a menudo que la principal e incluso única causa de estos efectos es la definición inadecuada de los derechos de propiedad¹ ya que en caso contrario serían eliminados por la propia actividad del mercado mediante la negociación de dichos derechos, independientemente de quien los posea. Además, frecuentemente las externalidades tienen las características de bienes públicos; es decir, no existe rivalidad en su consumo o el consumo por un agente no impide el

¹ Coase (1960).

consumo de los demás, y no excluibles: no es posible evitar su consumo por otros. Por tanto, aún cuando los derechos de propiedad estuvieran perfectamente definidos, pueden producirse fallos de mercado como resultado del problema del polizón².

Una externalidad es denominada "relevante" si afecta significativamente a la eficiencia asignativa de la economía de mercado. En definitiva, hay muchas actividades fuera del mercado, pero únicamente algunas de ellas son suficientemente relevantes, obligando, por consiguiente, a la intervención del Estado para reducir su impacto.

También cabe distinguir entre externalidades tecnológicas y pecuniarias. Aunque existe cierto grado de dificultad en diferenciar ambos tipos de efectos externos, ya que suelen producirse simultáneamente, las externalidades tecnológicas aparecen normalmente en la función de producción o de utilidad, mientras que esto no sucede en las pecuniarias. Las tecnológicas están relacionadas con objetivos de eficiencia óptima, mientras que las pecuniarias lo están con objetivos distributivos y no afectan, por lo tanto, al beneficio neto total. En esta misma línea, en el estudio de INFRAS/IWW (1994) se distingue entre ambos tipos de externalidad, llegándose a la conclusión que únicamente las tecnológicas deben ser consideradas ya que en las pecuniarias los efectos sobre otros mercados son transferidos a través del mecanismo de precios relativos y, por lo tanto, al agregar sobre todos los mercados, el efecto final es nulo. En este sentido, no conviene olvidar que las externalidades pecuniarias están estrechamente relacionadas al concepto del excedente del consumidor y que si llegasen a alcanzar una magnitud significativa, incluso estarían revelando que el mecanismo de precios relativos está funcionando eficientemente. No existiría, por lo tanto, ningún motivo para la intervención pública.

Solamente existirían dos excepciones a esta regla: a) en el caso de que el cambio

² Además, como afirma Nash (1997), la negociación puede traer consigo significativos costes de transacción.

de los precios relativos pudiera a su vez alterar la redistribución de la renta y b) si existen imperfecciones en el funcionamiento del mercado (información incompleta o competencia monopolística). En estos casos las externalidades pecuniarias en un mercado pueden inducir externalidades tecnológicas en otro. En nuestro análisis excluirémos a las del primer tipo, que afectan a la distribución de la renta, ya que la contribución directa del sector transporte al producto nacional es comparativamente pequeña y además podemos partir del supuesto de que las medidas públicas para internalizar dichas efectos externos van acompañadas de mecanismos compensatorios para el caso en que afectaran significativamente a la distribución de la renta. Ante la imposibilidad de estimar el tamaño de los efectos de segundo orden, tampoco consideraremos las externalidades tecnológicas que se transforman en pecuniarias, en el caso de la existencia de fallos en el funcionamiento del mercado.

Con relación a los beneficios externos, tal como señala ECMT (1998), cabe considerar que se comportan como externalidades pecuniarias ya que la mayoría de ellos son captados a través de los procesos de funcionamiento del mercado, bien directamente (ahorros de tiempo) o bien indirectamente (efectos de globalización o desarrollo regional). En esta misma línea se expresan Nash (1997) y Rothengatter (1993), afirmando que adolecen de la condición que caracteriza a la externalidad tecnológica: haber sido generadas fuera del mercado³.

2.2. Externalidades en el transporte.

Los distintos tipos de costes sociales existentes en el transporte incluyen a los correspondientes a la infraestructura (construcción y mantenimiento) y los asociados a la utilización de la infraestructura para actividades de transporte. Son la suma de los internos o privados y de los externos. Parte de estos costes son privados, es decir, el usuario los percibe cuando toma la decisión sobre cómo y cuándo utilizar la

³ Rothengatter (1994) y Verhoef (1994) también sostienen que los beneficios externos de los servicios de transporte son pequeños y por ello es admisible no considerarlos.

infraestructura del transporte. Estos pueden ser privados desde el principio (tiempo propio gastado en el viaje, combustible sin impuestos y la amortización del vehículo) o llegar a convertirse en privados a través de las intervenciones del gobierno. El resto de los costes son externos (accidentes, ambiental, etc.).

Para estudiar las externalidades dentro del transporte es útil, de acuerdo con el criterio generalizado entre los analistas, partir de una clasificación en cuatro grupos claramente diferenciados: deterioro de la infraestructura a través del uso y desgaste del pavimento, costes de congestión, costes de accidentes, y los costes íntimamente relacionados con el daño producido al medio ambiente, como son el ruido y la contaminación⁴.

Los cuatro grandes tipos de instrumentos de internalización para corregir los efectos de las externalidades son: incentivos económicos, instrumentos regulatorios, actuaciones sobre la oferta de infraestructuras y servicios, y finalmente, medidas de información y persuasión. Dentro de los instrumentos económicos están incluidos las medidas sobre los precios tanto en forma de incentivos negativos (impuestos) como positivos (subsidios). Otro tipo de instrumentos económicos es el de los que están dirigidos a regular cantidades como es el caso de los derechos de propiedad. Los instrumentos regulatorios establecen estándares técnicos (límites de velocidad y estándares de emisiones) o limitan la demanda (prohibiciones de circulación en determinadas zonas). Al tercer grupo de instrumentos pertenecen las actuaciones de ampliación y mejora de las infraestructuras así como las mejoras cuantitativas y cualitativas en los servicios públicos de transporte. Finalmente, en el último grupo se incluyen aquellas medidas encaminadas a mejorar el grado de información de los usuarios sobre el impacto del transporte en el medioambiente.

El objetivo básico de la internalización es suministrar incentivos para conseguir la

⁴ Entre otros analistas, Carbajo (1991) y Newbery (1990 y 1994) utilizan esta clasificación de las externalidades en el transporte. También la ECMT (1998) y De Borger y Swysen (1998).

reducción de los costes externos al nivel óptimo. Evidentemente estos incentivos deben ser claramente identificados por los usuarios para que sean considerados dentro del proceso de decisión que determina la demanda de transporte. En este sentido, como nos enseña la Teoría Económica, desde la perspectiva de eficiencia económica, los instrumentos económicos basados en actuaciones sobre los precios son los más adecuados.

3. CONGESTIÓN.

3.1. Concepto.

La componente externa del coste social del transporte denominada congestión tiene su origen en que el aumento del volumen de tráfico en un tramo de una carretera, debido a la incorporación de nuevos vehículos al flujo circulatorio, genera una reducción de la velocidad media de los vehículos y, por lo tanto, un tiempo medio de viaje superior. Este efecto se traduce en un aumento del coste generalizado del viaje, al introducir un valor monetario para el tiempo. Se trata de un efecto externo ya que cada individuo no soporta este incremento del coste generalizado del viaje de los demás usuarios sino solamente su propio aumento. La magnitud de este incremento del coste depende del volumen de tráfico existente, siendo mayor según se aproxime a la capacidad de la infraestructura.

En definitiva, cabe considerar que el tiempo total de recorrido, que constituye una parte del coste generalizado del viaje, puede descomponerse en dos componentes. La primera corresponde a la situación de tráfico ideal sin existencia de congestión. Se trata de un coste interno al usuario y es función esencialmente de la distancia y velocidad de recorrido. Por el contrario, la segunda componente o coste de congestión, que es externa y no soportada por cada viajero individualmente, depende básicamente del número de vehículos que circulan por la carretera. Para valorar este efecto externo basta con obtener una medida del incremento de coste temporal que un nuevo vehículo produce sobre el resto de

vehículos existentes en la carretera.

Por su propia caracterización, el coste marginal de congestión con que se penaliza al resto de los usuarios depende del volumen de tráfico existente y, por lo tanto, para proceder a su valoración es necesario adoptar un enfoque dinámico, a diferencia de otros tipos de efectos externos del transporte. En este sentido, se debe partir no sólo de una expresión que relacione la velocidad y, en definitiva, el tiempo de recorrido con el volumen de tráfico, sino también del conocimiento del comportamiento de la demanda frente al precio.

Otras componentes del coste operativo o de funcionamiento del vehículo, tales como el consumo de combustible o de lubricantes, también pueden verse afectados por esta reducción de la velocidad surgida por el aumento del volumen de tráfico.

Tradicionalmente los economistas y los ingenieros han partido de enfoques metodológicos distintos para el estudio de esta externalidad del transporte ya que mientras estos últimos definen al nivel de tráfico óptimo como una función esencialmente de las características de la carretera (pendiente, anchura, número de carriles, etc.), los economistas consideran que también es función del comportamiento de la demanda.

Al analizar la extensa literatura existente sobre el precio y las externalidades del transporte cabe destacar que se puede considerar a la congestión como el tema de estudio pionero en este campo del Análisis Económico. Además, ya desde los primeros trabajos realizados, se ha convertido en el tema preferido de análisis en el ámbito de la economía de transporte.

Una característica importante de la congestión es que se trata de una externalidad que es interior al propio mercado de transporte ya que es soportada únicamente por los usuarios de la infraestructura.

La consideración de las dimensiones territorial y temporal adquiere un carácter particularmente relevante en el estudio de la congestión. En este sentido, su magnitud es sensiblemente mayor en el ámbito urbano y en determinadas horas punta donde las intensidades de tráfico alcanzan sus valores máximos.

3.2. Precio óptimo de congestión.

El punto de partida para determinar el precio óptimo de congestión descansa en el supuesto consistente en que los usuarios de la carretera obtienen un beneficio privado neto medido por la diferencia entre lo que están dispuestos a pagar por el uso de la carretera y los costes privados en los que incurren⁵. Sin embargo, debido a la existencia de otros costes sociales que se generan por el consumo de servicios de transporte, el volumen de tráfico debería, idealmente, limitarse de modo que el beneficio privado marginal neto de un vehículo-kilómetro adicional fuese igual a su coste externo marginal. En estas circunstancias, el nivel de daño económico se considera óptimo, dado que la diferencia entre los beneficios y costes sociales totales alcanza un máximo.

En el caso de la congestión el marco teórico utilizado se basa en que la capacidad de una infraestructura de transporte es limitada y el coste generalizado del viajero se incrementa, a causa especialmente del aumento del tiempo de viaje, cuando el volumen de tráfico se aproxima al nivel delimitado por la capacidad. Para simplificar se parte de la hipótesis de que sólo hay un tipo de vehículo. La decisión individual de viajar por carretera depende del coste generalizado del viaje (G) que se compone de los costes operativos variables, (en el caso del automóvil privado), de la tarifa (en el caso del transporte público) y del valor del tiempo invertido⁶.

⁵ El desarrollo de este apartado está basado en Carbajo (1991).

⁶ Dentro de los costes operativos variables (por ejemplo, el carburante) puede estar incluido un impuesto, en cuyo caso podría admitirse que el coste privado individual es diferente del coste social medio (G), $C = G - t$ donde t representa el impuesto o subsidio en su caso. En nuestro caso supondremos que este impuesto se descuenta del coste marginal de la infraestructura.

Cuando existe congestión, un incremento en el número de vehículos (Q) reduce la velocidad del tráfico ocasionando un aumento en el tiempo de viaje y en los costes operativos ($dC/dQ > 0$). Cuando el usuario decide si realizar o no el viaje, y qué modo de transporte utilizar, sólo tiene en cuenta el coste adicional que para él representa su decisión, ignorando el efecto sobre el nivel de congestión y sobre el coste de viajar de los otros usuarios. Hay por tanto una diferencia entre el coste social medio (C) y el coste social marginal (S):

$S = dC/dQ = C + V(dC/dQ) = C(1 + e_a) > C$, donde Q es el número de vehículos que realizan el viaje y e_a es la elasticidad del coste social medio con respecto al número de vehículos. Esta diferencia es el coste marginal externo que puede obtenerse como el producto del volumen de tráfico (Q) por la derivada del coste medio operativo (privado) respecto al número de vehículos (dC/dQ).

Para cubrir la diferencia entre el coste social medio (C) y el coste social marginal (S) se debe fijar un precio (o impuesto) óptimo por viaje T de modo que: $T = S - C = C_o \cdot e_a$. donde C_o es el coste social medio óptimo correspondiente al número de vehículos Q_o .

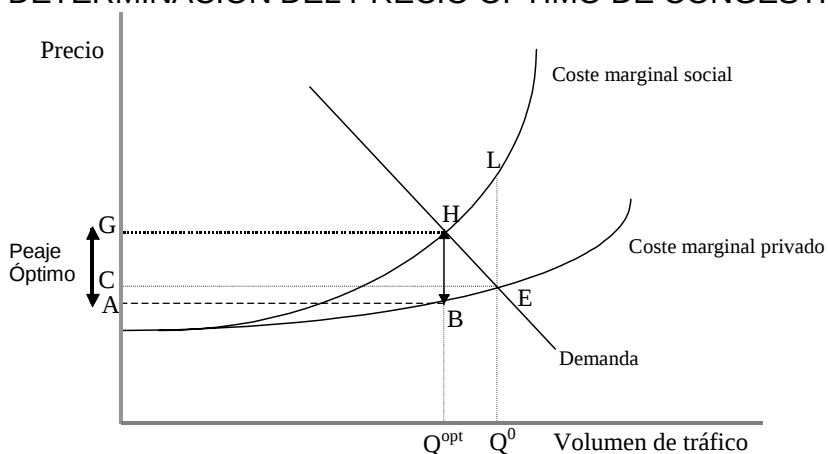
En el gráfico 1 se representan las curvas del coste marginal privado y coste marginal social junto a la de demanda. El precio de congestión HB es equivalente a la diferencia del coste marginal social y privado para el volumen de tráfico óptimo que corresponde a la intersección de las curvas de demanda y de coste social marginal.

Generalmente, el volumen de tráfico correspondiente a este precio óptimo es inferior al existente y por lo tanto existe un exceso de viajes que no deberían realizarse desde una perspectiva de eficiencia económica. Asimismo, el volumen óptimo de tráfico es una función de la demanda tanto por desplazamiento a lo largo de la curva como por la pendiente, es decir, por el valor de la elasticidad

precio. En la ausencia de algún tipo de carga o gravamen, la situación de equilibrio correspondería al punto de intersección de la curva de demanda y la de los costes medios variables (costes privados). Cualquier usuario cuya valoración (cantidad que está dispuesto a pagar) del viaje sea superior al coste que soporta, realizaría el viaje. Sin embargo, en este punto de intersección, el coste extra para la sociedad, es decir, el coste social que incluye el coste de los demás usuarios, excede al beneficio producido por el último viajero. Esta premisa se sigue cumpliendo hasta alcanzar el punto de intersección entre la curva de demanda y la curva de costes marginales a corto plazo. La cantidad, por la que los costes adicionales de los viajes comprendidos entre dichos puntos supera a los beneficios adicionales, representaría las pérdidas del bienestar motivadas por un precio no óptimo. Para alcanzar la situación de equilibrio con la demanda óptima, debe imponerse, por tanto, una carga de congestión. Este gravamen es igual al efecto externo negativo producido por la congestión, es decir, la diferencia entre el coste que el viajero impone a la sociedad y el coste que soporta necesariamente al realizar el viaje.

Gráfico 1

DETERMINACIÓN DEL PRECIO ÓPTIMO DE CONGESTIÓN



Fuente: Elaboración propia

Hau (1991) explica detalladamente diversas alternativas metodológicas para valorar el impacto que la introducción del precio basado en el coste marginal social produce

sobre el bienestar social, medido en forma de beneficio neto. Obtiene que el beneficio neto para la sociedad a causa de la introducción del precio óptimo equivalente al coste social marginal de la congestión, está dado por el área triangular H L E.

4. EL CASO ESPAÑOL.

La metodología citada en el punto anterior, se ha aplicado al caso español con el fin de poder determinar el precio óptimo de congestión, en la red viaria española. Se ha considerado que las componentes del coste de funcionamiento del vehículo: consumo de combustible, lubricantes, mantenimiento y depreciación son independientes del nivel de flujo de tráfico⁷ y por lo tanto, sólo es necesario obtener el incremento de la componente temporal del coste generalizado.

4.1. Proceso de valoración.

En Inglada y Coto (2003) se detalla extensamente el proceso de cálculo utilizado para calcular los costes de congestión. En resumen, los elementos utilizados han sido los siguientes.

a) Funciones Intensidad-Velocidad.

Hay que disponer, en primer lugar, de una función que relacione la velocidad de recorrido con el volumen de tráfico. La inversa de esta función permite conocer cómo varía el tiempo medio de recorrido en función del número de vehículos. Aparte de la expresión algebraica que se adopte para esta función, hay otros factores importantes tales como la capacidad, características geométricas y de diseño de la carretera, porcentaje de vehículos pesados, y el número de coches equivalentes que se asigna a cada tipo de vehículos pesados en relación con su consumo de capacidad.

⁷ En Mohring (1976), Kraus y otros (1976) y Hau (1998) se utiliza la misma hipótesis.

Por tanto, es imprescindible conocer cómo varía la velocidad en función del volumen de tráfico horario. En este sentido, la tipología de funciones utilizadas en los estudios realizados presenta un amplio espectro. Dado el objetivo de este trabajo se consideran aquellos tipos de funciones que se adaptan mejor al ámbito interurbano, desechando las específicamente urbanas.

Las relaciones consideradas en este trabajo son las siguientes:

$$V_l = 48 + 72(1 - I/C)^{0,5}; \quad \text{para carretera de varias calzadas}^8.$$

$$V_l = 100 - 42(I/C); \quad \text{para carretera convencional de una sola calzada.}$$

Donde V_l corresponde a la velocidad de vehículos ligeros expresada en Km./h, I representa el volumen horario de vehículos y C es la denominada capacidad horaria de la carretera que se define como el máximo volumen horario de vehículos que permiten una circulación estable y sin interrupciones significativas.

Las magnitudes de la capacidad de cada tramo de la red de carreteras se han obtenido aplicando la metodología de TRB (1975) donde aparecen reflejados los valores de los diversos factores que determinan la capacidad. Así, por ejemplo en el caso de carreteras con calzadas separadas depende del número de carriles, anchura por carril, tipo de tráfico, porcentaje de vehículos pesados, tipo de terreno, etc.

Asimismo, la velocidad de los vehículos pesados, se obtiene mediante la siguiente fórmula: $V_p = 0,59 \cdot V_l + 28,85$; Donde V_l es la velocidad del vehículo ligero expresada en kilómetros por hora.

b) Funciones de demanda.

Otro elemento fundamental es la función que relaciona la demanda con el precio (o su función inversa que es la disposición a pagar). Se han utilizado

⁸ La relación utilizada, surge de aproximar una función de segundo grado a la curva que propugna el Manual de Capacidad de Carreteras de Estados Unidos (TRB,1985).

frecuentemente las funciones de demanda del tipo exponencial: $q = \alpha \cdot e^{(-p/\mu)}$, donde p/μ es la elasticidad de la demanda con respecto al precio o coste generalizado. También se ha utilizado en algunos trabajos la función de demanda lineal⁹.

Conocida la elasticidad-precio de la demanda podemos prever la reacción de los usuarios al introducir la carga de congestión y de esta forma es factible determinar el punto de equilibrio que corresponde al precio óptimo de congestión. En este sentido, conviene señalar, aunque pueda parecer obvio, que la magnitud de los costes marginales externos de congestión correspondientes al nivel actual de tráfico es diferente que la de los costes marginales externos de congestión asociados al nivel de tráfico óptimo.

En este trabajo para determinar las variaciones de la demanda a los precios se han utilizado los valores obtenidos en Coto y otros (1997) para las elasticidades de los consumos de gasolina y de gasóleo respecto a sus precios respectivos: 0,25 y 0,16 respectivamente. A partir de los valores de los costes de consumo de combustible y de las elasticidades citadas se han determinado los sucesivos puntos de la curva de demanda asociados a los correspondientes peajes de congestión hasta llegar al equilibrio óptimo.

c) *Valor del tiempo.*

Asimismo, es necesario utilizar una estimación del valor del tiempo de viaje que permita convertir el tiempo en coste monetario del usuario. Son escasos los trabajos realizados en España para la estimación del valor del tiempo en los distintos modos de transporte. Este hecho es especialmente grave, si se considera que el valor de los ahorros de tiempo en muchos casos llega a representar hasta el 80% del total de los beneficios producidos por nuevos proyectos de infraestructuras de transporte y, por lo tanto, constituye un elemento

⁹ Por ejemplo, la función de demanda lineal es utilizada por Decorla-Souza y Kane (1992).

clave en el proceso de evaluación de inversiones de transporte. En este trabajo se han considerado para el transporte por carretera los valores suministrados por el Departamento administrativo responsable del transporte en nuestro país y que se detallan en MOPT(1991). Estos valores expresados en precios del año 2001 son 11,86 y 20,34 euros por hora para coche y camión, respectivamente.

4.2. Resultados.

Como se muestra en la tabla 1, la Red de carreteras española, una vez excluidas las carreteras urbanas competencia de los ayuntamientos, se compone de tres subredes cuya gestión es competencia de tres administraciones públicas diferentes. La de mayor volumen de tráfico es la de la Administración Central del Estado con una intensidad media diaria de 12.144 vehículos. Dentro de ella se incluyen 8.082 kilómetros de autopistas de peaje y libres. En las otras dos redes son escasos los kilómetros de autopista y los niveles de tráfico son bajos, con intensidades medias diarias de 3.616 y 530 vehículos respectivamente.

Tabla 1. Red de carreteras española no urbana: Características de las diferentes subredes. Año 2001.			
	Longitud	Vehículos-kilómetro (Millones)	Intensidad Media Diaria
Red de la Administración Central	24.458	110.826	12.414
Red Autónoma	70.844	93.499	3.616
Resto (Diputaciones)	68.487	13242	530
Fuente: Elaboración propia.			

Para la valoración del precio de congestión se ha seleccionado una red interurbana que se ha estimado suficientemente representativa, dado que incluye a todos los tramos de carretera con mayor intensidad de tráfico. Su longitud es de 20.932 kilómetros, de los cuales 8.383 kilómetros son autopistas libres o de peaje. La intensidad media diaria es de 13.482 vehículos de los que 2.540 son vehículos pesados (19% del total).

Dada la importancia de la componente territorial en evaluación de los costes de

congestión, se ha descompuesto la red viaria seleccionada en 432 tramos, con el objetivo de que esta importante desagregación territorial aporte mayor precisión a los resultados. Para la selección de estos tramos se ha considerado preferentemente que presenten cierta homogeneidad en sus niveles de tráfico así como que los municipios con un cierto nivel de población formen parte de los nodos de dichos tramos. A cada tramo se asocia una estación de aforos que nos sirve para conocer el volumen y la distribución horaria del tráfico correspondiente, así como su distribución porcentual por tipo de vehículo (coches, camiones y autocares). A partir del inventario realizado es posible conocer las características geométricas de cada tramo (tipo de terreno, pendiente, etc...) que son necesarias para determinar las capacidades, velocidades y costes de funcionamiento.

Paralelamente se ha contemplado un elevado grado de desagregación temporal para los datos de tráfico, ya que se consideran todas las intensidades horarias del tráfico en las 81 estaciones de aforos seleccionadas. Para mayor operatividad se han agrupado en tres tipos de acuerdo con el valor de la intensidad media diaria (IMD) de la estación¹⁰. Asimismo se han agrupado en intervalos horarios de acuerdo con el porcentaje de la IMD que representan.

Aplicando el proceso descrito anteriormente se han obtenido para cada tramo los costes de congestión en el transporte interurbano por carretera, correspondientes a los niveles de tráfico existentes en 2001, y finalmente, los precios de congestión de cada tipo de vehículo asociados a la situación de equilibrio óptimo. En la situación de equilibrio óptimo, las magnitudes obtenidas de las reducciones de los niveles de tráfico de los vehículos ligeros y pesados respecto a la situación inicial son, respectivamente, del 6,9% y el 4,2%.

Los valores medios del precio de congestión obtenidos para cada tipo de vehículo en el año 2001 son relativamente bajos (2,61 céntimos de euro por vehículo-

¹⁰ Estos grupos corresponden respectivamente a unos valores de la IMD de: menos de 5.000 vehículos, de 5.000 a 12.000 vehículos y más de 12.000 vehículos.

kilómetro para el coche, 5,74 céntimos para el autobús y 7,83 céntimos para el camión) y tan solo durante las horas punta, donde las intensidades horarias son superiores al 8% de la IMD, los costes de congestión alcanzan magnitudes significativas (15,88 céntimos de euro por vehículo-kilómetro para el coche, 34,93 céntimos para el autobús y 47,63 céntimos para el camión).

Asimismo, se ha determinado el aumento del beneficio social producido que corresponde al área del triángulo HLE del gráfico 1. La introducción del precio equivalente al coste social marginal de congestión produce una ganancia de 89,37 millones de euros de beneficio social neto.

5. CONCLUSIONES.

Del estudio realizado sobre el precio de congestión en la red de carreteras española seleccionada y que se caracteriza por incluir a todos los tramos de carretera con mayor volumen de tráfico, cabe destacar en primer lugar que los resultados obtenidos sobre los niveles de congestión son, en general, moderados.

Los valores medios obtenidos para cada tipo de vehículo son relativamente pequeños (2,61 céntimos de euro por vehículo-kilómetro para el coche, 5,74 céntimos para el autobús y 7,83 céntimos para el camión).

Sin embargo, en las horas punta, donde la intensidad de tráfico es mayor, dicho precio de congestión puede alcanzar magnitudes relevantes. Así, durante las horas punta con intensidades horarias superiores al 8% de la IMD, los costes de congestión alcanzan los valores de 15,88 céntimos de euro por vehículo-kilómetro para el coche, 34,93 céntimos para el autobús y 47,63 céntimos para el camión.

Asimismo, el estudio realizado muestra que la ganancia de beneficio social neto obtenida en caso de introducir el precio de congestión en la red viaria seleccionada es de 89,37 millones de euros para el año 2001.

Sin embargo, al analizar la distribución temporal y territorial de los costes de congestión en la red de carreteras española se observa que estos valores medios moderados enmascaran situaciones con altos niveles de congestión en ciertos tramos de la red viaria, como son los accesos a las grandes ciudades y en determinadas vías alternativas a las autopistas de peaje que sugieren diversas recomendaciones de política de transportes.

Para el caso de los accesos a las grandes áreas metropolitanas (por ejemplo, Madrid) cabe plantear la posibilidad de la introducción del precio de congestión mediante las nuevas tecnologías del peaje electrónico.

Finalmente, para resolver las ineficiencias de los altos niveles de congestión en las carreteras convencionales alternativas a las autopistas de peaje cabe plantear la revisión de los mecanismos y magnitudes de los peajes existentes, orientándolos hacia el objetivo de máxima eficiencia y optimización del bienestar social en el sistema global de transporte. De esta manera se convertirían en un instrumento eficaz de gestión del tráfico interurbano en la red de carreteras española.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Carbajo C. J., (1991): "El coste social de los accidentes de carretera y la contaminación del aire", *Investigaciones Económicas*, Vol. XV, n.º 2, pp. 269-283.

Coase, R.H. (1960): "The Problem of Social Cost", *Journal of Law and Economics*, 3 pp.1-44.

Coto-Millán, P., J. Baños-Pino y V. Inglada (1997): " Marshallian Demands of Intercity Passenger Transport in Spain: 1980-1992: An Economic Analysis", *Transportation Research E (Logistics and Transportation Review)*, Vol. 33,

2, pp. 79-96.

De Borger B. y Swysen D. (1998): "Optimal Pricing and Regulation of Transport Externalities: a Welfare Comparison of some Policy Alternatives", en *Environment and Transport Modelling*, pp10-39 cap2, Roberto Roson y Kenneth Small editores, Kluwer Academic Publishers, London, Great Britain.

Decorla-Souza, P. y A. R. Kane (1992): "Peak Period Tolls: Precepts and Prospects," *Transportation*, Vol. 19, nº 4, pp: 293-311,.

ECMT (1998): "Efficient Transport for Europe, Policies for Internalisation of External Costs", OECD, París.

Hau, T.D. (1991): "Economic Fundamentals of Road Pricing: a Diagrammatic Analysis", *The World Bank*, Washington.

Hau, T.D. (1998): "Congestion pricing and road investment", pp.39-79, en K.J. Button y E. Verhoef ed., *Road Pricing, traffic congestion and the environment: issues of efficiency and social feasibility*, Cheltenham: Edward Elgar

INFRAS/IWW (1994): *External Effects of Transport*, Study carried out for the UIC, París.

Inglada, V. y P. Coto, (2003): "Market Failures: the Case for Road Congestion Externalities", Capítulo 22 de *Essays on Microeconomics and Industrial Organisation*, 2ª edición, Ed. Physica-Verlag-Springer, Heidelberg, Germany, (en prensa).

Kraus, M., Mohring, H., y T. Pinfold (1976): "The Welfare Costs of non Optimum Pricing and Investment Policies for Freeway Transportation", *The American Economic Review*, Vol. 66, nº 4, Septiembre pp: 532-547.

Mohring, H. (1976): *Transportation Economics*, Cambridge, Massachusetts: Ballinger.

MOPT, (1991): *Manual de Evaluación de Inversiones en Ferrocarriles*, Ministerio de Obras Publicas y Transportes, Madrid.

Nash, C. (1997): "Transport Externalities: Does Monetary Valuation make sense?", en *Recent Development in Transport Economics*, Editado por Gines de Rús y Chris Nash, Ashgate, Aldershot, cap 7, pp 232,255.

Newbery, D. M., (1990): "Pricing and Congestion: Economic Principles Relevant to Pricing Roads", *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 6, nº 2.

Newbery, D. M., (1994): "The Case for a Public Road Authority", *Journal of Transport Economics and Policy*, September, pp. 235-250.

Rothengatter, W. (1993): "Externalities of Transport", en Polak J. & Heertje A. (editores), *European Transport Economics*, CEMT/Blackwell.

Rothengatter, W. (1994): "Do external benefits compensate for external costs of Transport ?", *Transportation Research-A*, Vol. 28A, Nº 4, pp. 321-328. *

TRB (1985): *Highway Capacity Manual*, Special Report 209, Transportation Research Board, Washington. D.C.

Verhoef, E. (1994): "External effects and social costs of road transport", *Transportation Research-A*, Vol. 28A, Nº 4, pp. 273-287. *