

ANÁLISIS DEL MERCADO DE SERVICIOS DE TRANSPORTE PÚBLICO EN ESPAÑA: COSTES, DEMANDA, PRECIOS Y NIVEL DE CALIDAD

Ginés de RUS*

Universidad de Las Palmas de G. C.

Este trabajo se ocupa del análisis de los servicios de transporte público en España. Para ello se presenta evidencia sobre la respuesta de la demanda ante cambios en la estructura de precios y el nivel de calidad; así como del comportamiento de los costes frente a cambios experimentados en el tamaño de las empresas, precios de los inputs y tipo de propiedad. También se analiza la combinación precio-calidad eficiente en el marco de una industria que opera en régimen de monopolio regulado, realizándose una aplicación empírica con el fin de determinar los valores óptimos de las variables más significativas (precio, frecuencia, tamaño del vehículo y resultado financiero) y compararlos con los niveles actuales. Finalmente, se proponen cambios en la organización de la industria que pueden contribuir a mejorar el grado de eficiencia con que esta opera en la actualidad.

1. Introducción

La organización de la industria de servicios de transporte público urbano es básicamente similar en toda Europa. Un organismo público controla la provisión de servicios de transporte público colectivo en las ciudades y áreas metropolitanas. Este organismo público es responsable de la red de líneas que explota directamente o a través de empresas privadas a las que se les concede el derecho exclusivo de prestación de servicios durante un tiempo estipulado. Los precios y el cuadro de servicios son autorizados por dicho organismo, que generalmente destina fondos públicos para cubrir el desequilibrio entre ingresos y costes. El Reino Unido es una excepción a este esquema básico de organización, ya que su Gobierno optó en 1985 por eliminar las barreras de entrada en los mercados de servicios de transporte público en zonas urbanas (con la excepción temporal de Londres).

Tres son las vías habituales para hacer frente al desajuste crónico entre ingresos y costes en las empresas de transporte público: en primer lugar, elevar los precios para aumentar los ingresos aprovechando la baja elasticidad de la demanda en el corto plazo; en segundo lugar, reducir los costes mediante

* El autor agradece a la *European Science Foundation* la concesión de una beca para la realización de un proyecto de investigación del que este trabajo forma parte, así como los comentarios de un evaluador anónimo.

ajustes en el nivel de servicio (supresión de las expediciones de más baja ocupación y mayor coste de provisión) y en tercer lugar recurriendo a subvenciones.

El crecimiento de los déficits ha generado una preocupación creciente en la Administración Pública al elevarse la presión sobre unos fondos públicos con elevado coste de oportunidad. La contribución de la Administración Central a la financiación del transporte urbano de las grandes ciudades a través de contratos-programa evidencia las dificultades de los ayuntamientos para hacer frente a esta necesidad.

La función social del transporte público para proporcionar movilidad a los que no poseen vehículo propio y el papel que desempeña en las ciudades con problemas serios de tráfico son razones que apoyan el mantenimiento de un sistema de transporte público adecuado.

La argumentación anterior no justifica, sin embargo, el recurso sistemático a las tres vías mencionadas para hacer frente a los desequilibrios financieros, ya que presuponen un punto de partida poco razonable, consistente en la aceptación implícita de que el coste actual de provisión del servicio es el mínimo posible. La evidencia empírica disponible sobre el comportamiento de los costes cuando se introduce competencia en mercados que estaban protegidos con anterioridad, ha puesto de manifiesto que los monopolios privados o públicos encargados de proveer servicios de transporte urbano suelen operar con ineficiencia técnica y productiva. Los tres frentes de financiación descritos pueden estar siendo utilizados en exceso: si existen ahorros potenciales significativos es posible reducir la contribución financiera de los ayuntamientos y del Estado, y/o reducir los precios, y/o mejorar la calidad de los servicios.

Una política de transporte correcta exige, de acuerdo con la discusión anterior, el diseño de esquemas organizativos que permitan obtener los servicios planeados al mínimo coste posible, y determinar niveles de precios y calidad del servicio compatibles con el nivel de financiación pública disponible en el mundo real, generalmente muy inferior al que corresponde a una situación óptima sin restricciones.

En este trabajo se considera que el sistema regulado (barreras de entrada durante el período concesional y control público de la red, precios y frecuencias) es el más adecuado o, no siéndolo, existen restricciones de tipo político que impiden pasar a un sistema de competencia sin más restricciones que aspectos de seguridad e información al público¹.

Los rasgos básicos de la industria de servicios de transporte público se describen en el apartado 2. El comportamiento de los costes ante cambios en el volumen de producción y del tipo de propiedad de las empresas es el contenido del apartado 3. En dicho apartado se describe el tipo de economías de

¹ Para una evaluación de la experiencia desreguladora británica y una discusión de su aplicación al resto de Europa, véase Banister, Berechman y De Rus (1990).

escala que caracterizan a esta actividad económica y sus consecuencias sobre la organización de la industria.

Asimismo, se considera la sensibilidad de los costes a la introducción de competencia. La respuesta de los consumidores ante cambios en los precios y el nivel de servicio es una información económica indispensable cuando se trata de aplicar políticas de transporte en situaciones concretas. La evidencia disponible para nuestro país se presenta en el apartado 4. El análisis sobre la combinación óptima precio-calidad del servicio se desarrolla en el apartado 5, en donde se realiza una aplicación empírica con dos líneas de transporte urbano cuyas características permiten cierto grado de generalización. Finalmente, en el apartado 6, se ofrecen un conjunto de recomendaciones de política de transporte fundamentadas en el análisis económico y en la evidencia empírica disponible.

2. El transporte público urbano en España

La estructura de la industria de transporte público urbano en la mayoría de las ciudades pivota sobre una empresa en régimen de monopolio² que opera en una red de líneas conectando múltiples orígenes y destinos, y cuyos sustitutos más cercanos (vehículo propio, taxi y desplazamiento a pie en distancias cortas) ponen un límite a la utilización del poder de mercado.

En España, la mayoría de los operadores de transporte público urbano son privados, aunque las ciudades de mayor población suelen estar atendidas por empresas municipales. En las ciudades de tamaño medio, no hay predominio de uno de los dos tipos de propiedad, lo que facilita el realizar comparaciones entre ambos.

Las empresas privadas y públicas de transporte no tienen que competir en el tipo de servicio que ofrecen en el mercado (transporte colectivo en autobús)³ al estar protegidas por barreras de entrada legales y al ser los plazos concesionales (en torno a los veinte años), suficientemente prolongados como para que la competencia potencial de nuevos aspirantes a ejercer el derecho de prestación de servicios pueda ser considerada como una amenaza real. La

² En algunas áreas metropolitanas existe un sistema integrado de transporte en el que, como es el caso de Madrid, un organismo público ofrece conjuntamente servicios de transporte en autobús y metro, con estructuras tarifarias intermodales y con un conjunto de empresas públicas y privadas que operan en régimen de monopolio en sus respectivas áreas, prestando el esquema de servicios y tarifando de acuerdo con lo que el organismo público establece. En muchos aspectos, este trabajo es aplicable a estos sistemas de transporte; en muchos otros no, ya que la coexistencia de un buen número de empresas que incluso suelen hacer *pool* de ingresos plantea problemas específicos de coordinación intermodal, reparto de ingresos, comportamiento de los operadores cuyas funciones objetivo no tienen por qué coincidir con la del organismo público, etc.

³ Hay determinados servicios en los que sí puede darse competencia con otras empresas privadas, como por ejemplo ocurre con algunos servicios escolares.

nueva Ley de Ordenación del Transporte Terrestre (LOTT) publicada en 1987 establece que las nuevas concesiones tendrán una duración mínima de 8 años y máxima de 20. Con estos plazos se sanciona un sistema excesivamente protegido para el transporte regular sin que el interés general lo justifique. La escasa importancia de los costes fijos en esta industria no justifica concesiones tan largas con el fin de garantizar las inversiones necesarias en la industria.

En general, puede afirmarse que las empresas de transporte público no tienen bien definidos sus objetivos comerciales y que el sistema de subvención global, no ligado a fines específicos, no favorece el rigor en la utilización de los fondos públicos. El grado de cobertura de los costes con ingresos propios de explotación varía considerablemente entre ciudades. Las pequeñas y medianas empresas privadas suelen cubrir costes. En las municipales este ratio de cobertura oscila entre el 70 y el 90 por ciento.

Las redes de transporte colectivo urbano son responsabilidad de las concejalias de tráfico y transportes; sin embargo, con la excepción de algunas grandes ciudades dotadas de mayores medios, es corriente que el control público se limite a aprobar las tarifas y fijar el volumen de subvención. Puede afirmarse que decisiones sobre asignación de recursos, contratación y remuneración del trabajo, nivel de productividad, etc. están fuera del alcance del control público. La costumbre y la presión colectiva zonal influyen decisivamente en el establecimiento de los cuadros de servicios (número, comienzo y final de los viajes y frecuencia horaria). El sistema tarifario más extendido está compuesto por un billete ordinario que se adquiere en el vehículo, un billete con descuento que se adquiere en puntos de venta determinados en tiras de 10 viajes (bonobús) y una bonificación a jubilados que en algunas ciudades cubre el precio total del billete. En las ciudades de mayor población se aplican sistemas tarifarios más complejos, aunque en general consisten en alguna versión del anteriormente descrito añadiéndole tarjetas multiviaje.

De manera esquemática, el modelo básico de prestación de servicios de transporte público urbano en una ciudad media española puede ser descrito de la siguiente manera: Una empresa, pública o privada, opera en régimen de monopolio protegida por barreras de entrada legales. En el caso de las empresas privadas, el plazo concesional y una tradición que indica que las concesiones raramente se pierden, vacía de contenido la amenaza que nuevos aspirantes pueden suponer para la empresa establecida, de manera que la competencia potencial no ejerce influencia alguna sobre la estructura de costes, el esquema de servicios y la estructura tarifaria. Una vez que la red de líneas y el esquema básico de servicios queda establecido, el organismo público no ejerce un control efectivo sobre los costes de la empresa prestadora de servicios, por lo que es altamente probable que se produzca con ineficiencia productiva ya que no existe un sistema de incentivos que permita pensar en lo contrario. La subvención cruzada es un mecanismo corriente de financiación junto con las subvenciones externas, al estar la estructura de precios basada generalmente en tarifas únicas que no recogen diferencias en los

costes de provisión del servicio (por ejemplo, por horas del día o en distintas líneas).

3. El comportamiento de los costes

En la actualidad disponemos de un buen número de estimaciones de funciones de costes correspondientes a la provisión de transporte público de viajeros. Las estimaciones realizadas ofrecen información valiosa sobre el tipo de economías de escala que caracterizan a la industria. Los resultados varían con la expresión del *output* utilizada.

Cuando se utilizan los viajeros, viajeros-km (kilómetros recorridos por los viajeros) o los ingresos, se obtienen rendimientos de escala crecientes (véase Williams y Hall, 1981; Berechman y Guliano, 1984; Berechman, 1987; Hensher, 1987). Al utilizar los vehículos-km (kilómetros recorridos por los vehículos) como variable para expresar el *output* de la industria los resultados son contradictorios. Williams y Dalal (1981) obtienen rendimientos decrecientes para las empresas pequeñas y crecientes para las grandes, lo que supone que los costes medios tienen la forma de U invertida; Berechman y Guliano (1984) obtienen rendimientos decrecientes; Button y O'Donnell (1985) informan de la existencia de rendimientos crecientes para las empresas pequeñas y decrecientes para las grandes; finalmente, Caves y Christensen (1988) utilizando una función multiproducto obtienen economías de escala constantes.

La prestación de servicios regulares y de tipo discrecional por una sola empresa también afecta al coste medio de producción. Talley y Anderson (1986) y Appelbaum y Berechman (1990) informan de la existencia de economías de alcance.

En el caso de España, el comportamiento de los costes de provisión del servicio permite sostener la hipótesis de rendimientos de escala constantes en la producción de plazas-km. Con los viajeros-km como *output*, la función de costes presenta ligeras economías de escala para las empresas más pequeñas que tienden a desaparecer cuando aumenta el tamaño, alcanzándose los rendimientos constantes como resultado general. Otros resultados de interés con respecto a la regulación de la industria son los referentes a las diferencias existentes entre las empresas privadas y municipales. Atendiendo a los valores medios, las empresas municipales tienen gastos medios de personal más elevados que las privadas, mientras que en estas se trabaja un mayor número de horas. Las municipales utilizan mayor cantidad de factor trabajo que las privadas para proveer servicios similares. Estas comparaciones tienen en cuenta la velocidad de circulación y la intensidad de la demanda en las horas punta (véase De Rus, 1989).

Las reducciones de costes obtenidas mediante la introducción de competencia no se limitan al 20 por ciento conseguido en el Reino Unido tras la desregulación. La introducción de competencia por la adjudicación de líneas en régimen de concesión ha permitido reducciones del 20 por ciento en EEUU y

Londres; y del 10 al 15 por ciento en Suecia. En Australia, existe evidencia de una mayor eficiencia de las empresas privadas con respecto a las municipales (véase Hensher, 1988; Andersen, 1990; Glaister y Beesley, 1990). La evidencia empírica disponible para España (véase De Rus, 1989) permite pensar que la introducción en España de un sistema de concesión apropiado reduciría los costes en torno al 15 por ciento.

La existencia de rendimientos de escala constantes en la producción de plazas-km es un resultado de sumo interés en una industria estrechamente regulada en la que el organismo público correspondiente ha de decidir el número de empresas que prestarán el servicio. Con los coeficientes obtenidos puede afirmarse que, en las ciudades más grandes, operar con varias empresas de menor tamaño en lugar de con una sola no elevaría el coste medio de provisión del servicio y si facilitaría la introducción de competencia entre las empresas mediante un sistema de concesión apropiado; asimismo, la existencia de economías de alcance desaconseja el limitar la provisión de servicios públicos de transporte en las áreas urbanas a las empresas de transporte regular interurbano o a las de servicio discrecional.

Los resultados comentados más arriba no contradicen el que la industria analizada presente economías de densidad; es decir, que el coste medio de transportar a un viajero decrezca con el número de pasajeros transportados (Caves y Christensen, 1988; Talley y Anderson, 1986; Appelbaum y Berechman, 1990). La existencia de economías de densidad es también de suma importancia al ser este el concepto relevante cuando van a discutirse políticas de precios y de inversión o desinversión. En estos casos interesa saber como se comporta el coste medio por viajero ante variaciones en el flujo total de viajeros transportados. La evidencia empírica muestra que cuando se mantiene fija la red de líneas un aumento proporcional en el número de viajeros transportados incrementa los costes totales menos que proporcionalmente.

La hipótesis de costes decrecientes en la utilización de servicios de transporte público adquiere una nueva dimensión cuando se incluye en la función de costes el tiempo que el usuario invierte en el desplazamiento. En este caso la función de costes estaría compuesta por el coste del productor y el coste del usuario (fundamentalmente el valor del tiempo empleado en el desplazamiento). Consideremos que la demanda de transporte se dobla y que la empresa dobla el nivel de servicio; suponiendo que existen rendimientos de escala constantes en la producción de vehículos-kilómetro, el coste medio del productor por plaza ofertada no varía; sin embargo, el coste total medio (productor y usuario) baja al reducirse a la mitad el tiempo medio de espera en parada como consecuencia de la duplicación de la frecuencia de servicio (se supone que los consumidores llegan aleatoriamente a la parada y que por tanto el tiempo medio de espera es la mitad del tiempo de paso entre expediciones). Esto es lo que se conoce en economía del transporte como efecto Mohring (véase Mohring, 1972) y que refuerza la hipótesis de costes decrecientes en el transporte público de viajeros.

4. El comportamiento de la demanda

El volumen de población y su composición, la configuración de la ciudad y la localización de los lugares de trabajo, educación y ocio, el nivel de renta y el índice de motorización son variables determinantes en la explicación de los flujos de tráfico público y privado de cualquier ciudad o área metropolitana.

Para unos valores dados de estas variables, la distribución de dichos flujos de tráfico entre las distintas alternativas de transporte disponibles, depende del coste generalizado (coste monetario, tiempo del usuario, comodidad, etc.) de los modos de transporte relevantes. Disponer de información fiable sobre la respuesta de los usuarios ante variaciones en el coste generalizado del viaje es un requisito indispensable en la elaboración de una política de transporte eficaz.

Conocer el signo y la magnitud de la respuesta de la demanda ante cambios en los componentes del coste generalizado permite ser eficientes en la elección de los instrumentos de política de transporte para una función objetivo determinada. Para el caso de España, hemos estimado (véase De Rus, 1990) funciones de demanda para 11 ciudades a partir de datos mensuales (1980-88) de viajeros desagregados según el tipo de billete utilizado. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Las elasticidades agregadas de la demanda con respecto al precio oscilan en torno a $(-0,3)$ cuando se consideran efectos de corto plazo. Las elasticidades de medio plazo son 1,46 veces más altas en valor absoluto que las elasticidades de corto plazo. Estos resultados son coincidentes con la evidencia empírica disponible para otros países.
- Las elasticidades desagregadas por tipo de billete (propias y cruzadas) indican que el valor de la elasticidad de la demanda con respecto al precio medio es menor en valor absoluto que el que se obtiene con datos de viajeros sin distinguir por tipo de billete. La aproximación con datos agregados tiende a sobreestimar el valor de la elasticidad. El origen de este sesgo parece estar ocasionado por los desplazamientos entre modalidades de pago que se producen cuando cambian las tarifas, efecto que no recoge la estimación realizada con datos agregados.
- Hay dos consecuencias derivadas de estos resultados. La primera es metodológica: la aproximación agregada que no distingue entre las opciones de pago que se presentan al usuario conduce a una sobreestimación de las elasticidades de la demanda con respecto al precio.
- La segunda consecuencia es de política de transporte. Las elasticidades agregadas contienen escasa información utilizable en el estudio de cambios en las tarifas. Las elasticidades propias y cruzadas obtenidas evidencian que es posible obtener mayores ingresos con una pérdida menor en el volumen de viajeros transportados si se modifica la estructura tarifaria actualmente existente en España.

— Las elasticidades de la demanda con respecto al nivel de servicio (aproximado por el número de kilómetros recorridos por los vehículos) son positivas y tienen un valor absoluto (0,7) superior a las elasticidades de la demanda con respecto al precio.

La interpretación económica de este último resultado merece mayor atención. Cuando la empresa de transporte cubre costes y la elasticidad del coste total con respecto al número de kilómetros recorridos por los vehículos es igual a uno, la maximización de los viajeros transportados requiere que la elasticidad de la demanda con respecto al precio (ϵ_p) y de la demanda con respecto al nivel de servicio (ϵ_s) sean igual a uno (véase Carbajo y De Rus, 1991). En otro caso, sería posible aumentar el número de viajeros transportados mediante cambios en la combinación precio-nivel de servicio. Cuando la empresa no cubre costes y suponiendo que la elasticidad de los costes con respecto a los kilómetros recorridos es igual a uno, la maximización de los viajeros transportados exige el cumplimiento de la siguiente relación: $-\epsilon_p = \epsilon_s/y$, donde y es el cociente costes/ingresos (véase Webster, 1978).

Las elasticidades en valor absoluto de la demanda con respecto al nivel de servicio son más elevadas que las de la demanda con respecto al precio en todas las ciudades españolas estudiadas, lo que es consistente con el hecho de que ninguna empresa cubría costes con ingresos propios ($y > 1$). Sin embargo, observamos que con los valores estimados para las elasticidades y dados los valores de y en las distintas ciudades estudiadas, las elasticidades de la demanda con respecto al nivel de servicio son más elevadas que las que corresponderían a la maximización de los viajeros transportados. La consecuencia de política de transporte que se deriva de las estimaciones realizadas es la siguiente: con el nivel de subvención presente es posible elevar el número de pasajeros transportados a través de un aumento del nivel de servicio (reducción de los tiempos de espera) financiado con una reducción en los costes y/o un aumento en los precios. Esto no quiere decir que el nivel de subvención actual sea el óptimo; si quiere decir que la combinación precio-nivel de calidad es subóptima.

En Matas (1991) se obtienen resultados similares para el área metropolitana de Barcelona, utilizando un modelo de elección discreta en el que se establece la probabilidad de elegir entre distintos medios de transporte en función de los atributos de dichos medios y las características socioeconómicas de los usuarios, utilizando datos de una encuesta domiciliaria sobre movilidad.

5. Precio y nivel de calidad

En la producción de viajeros-km se requieren dos vectores de *inputs* básicos: en primer lugar un flujo de vehículos-hora, trabajo, carburante y materiales y repuestos; en segundo lugar, el tiempo que el usuario invierte en realizar el viaje.

En el contexto urbano, son tres los principales componentes del tiempo (t) que el usuario invierte en la realización del viaje: tiempo a pie a/desde la

parada (t_1), tiempo de espera en la parada (t_2) y tiempo en el interior del vehículo (t_3).

t_1 depende de la configuración de la red, de su trazado de acuerdo con la distribución espacial de la población. t_2 es una función del tiempo de paso por parada entre vehículos y es igual al inverso de la frecuencia. En sistemas de transporte urbano con servicios frecuentes se supone que los viajeros llegan a las paradas de una manera aleatoria, por lo que el valor medio de t_2 se considera que es aproximadamente igual a un medio del tiempo del paso entre vehículos; finalmente, t_3 depende de la distancia a recorrer, de la velocidad media del vehículo y del volumen de pasajeros que suben y bajan en cada parada durante el trayecto.

El precio *total* o coste generalizado de un viaje puede expresarse como:

$$g = p + h(N, Q) \quad [1]$$

y el flujo de viajeros como una función de g ,

$$Q = f(g) \quad [2]$$

donde:

Q : viajes realizados por los viajeros por hora.

p : tarifa por viaje.

h : valor total del tiempo invertido por el usuario en la realización del viaje.

N : número de vehículos-hora en la línea.

El coste en tiempo del usuario por viaje aparece en [1] como una función del número de vehículos y de los viajeros transportados. Variaciones marginales de p y h afectan a Q de la siguiente manera: $\partial Q / \partial p < 0$, $\partial Q / \partial h < 0$. El valor total del tiempo invertido en el desplazamiento aparece en [1] como una función de N y Q , de manera que $\partial h / \partial N < 0$ y $\partial h / \partial Q > 0$. La interpretación de la primera derivada parcial es inmediata e indica que una variación en el número de vehículos afecta al tiempo de recorrido a pie y en el de espera en parada a través de su influencia en la cobertura de la red y en las frecuencias del servicio. La segunda derivada parcial recoge el aumento del tiempo de desplazamiento originado por un aumento del flujo de viajeros (dado un número de vehículos constante). Este aumento del tiempo de desplazamiento se explica por el aumento en el índice de ocupación. Suponemos que el plan de servicios de la empresa permite mantener las frecuencias planeadas ya que un aumento de Q (con N constante) reduce la velocidad de circulación. Finalmente, sin afectar a la formulación del modelo ni a sus resultados, puede incluirse en h un índice de incomodidad que aumenta con Q (mayor congestión en el vehículo, probabilidad más baja de encontrar un asiento libre, etc.).

El coste generalizado de un viaje tiene dos componentes básicos: el valor total del tiempo de viaje y la tarifa (ignoramos por simplicidad otras variables cualitativas como comodidad, seguridad, etc.) y aunque el usuario paga p al opera-

dor, el coste total en el que incurre es igual a g ; la diferencia ($g - p$) es h : valor monetario del tiempo a pie, esperando y en el vehículo ($h = v_1 t_1 + v_2 t_2 + v_3 t_3$) donde v_1, v_2 y v_3 se suponen constantes pero no necesariamente iguales. El operador puede aumentar el número de pasajeros transportados mediante reducciones en los precios y mejoras en la calidad del servicio (ampliando la red de líneas, aumentando frecuencias, etc.).

A partir de estos conceptos, vamos a formular el problema de optimización que supone la búsqueda de una combinación precio-nivel de servicio que permita maximizar el excedente del productor y de los usuarios. El punto de partida se encuentra en Jansson (1979) y Nash (1978, 1988), si bien aquí se considera el flujo de pasajeros como una variable que depende del coste generalizado. La función objetivo puede expresarse como:

$$W_1 = \int_0^Q f^{-1}(x) dx - zN - Qh(N, Q) \quad [3]$$

donde « z » es el coste operativo por vehículo-hora (suponiendo constante el tamaño del vehículo).

Las condiciones de primer orden son:

$$\frac{\partial W_1}{\partial Q} = f^{-1}(Q) - \left(h + Q \frac{\partial h}{\partial Q} \right) = 0 \quad [4]$$

$$\frac{\partial W_1}{\partial N} = \int_0^Q \frac{\partial f^{-1}(x)}{\partial N} dx - z - Q \frac{\partial h}{\partial N} = 0 \quad [5]$$

A partir de [4] y de [1] obtenemos la expresión [6]:

$$p = Q \frac{\partial h}{\partial Q} \quad [6]$$

Para maximizar el excedente, dado un nivel de servicio, el precio ha de ser igual al coste marginal. Como N es constante, el coste marginal es igual al incremento de los costes totales de los usuarios cuando un viajero adicional se incorpora al sistema.

El nivel óptimo de servicio, para un flujo de pasajeros dado, puede ser expresado como:

$$- \left(Q \frac{\partial h}{\partial N} \right) = z \quad [7]$$

ya que en [5] la integral es igual a 0 (para un nivel de Q constante)⁴. La inter-

⁴ g indica lo máximo que el consumidor está dispuesto a pagar por un viaje cuyo valor viene dado por variables exógenas al modelo. Al suponer v_1, v_2 y v_3 constantes, un aumento de N (para un nivel dado de Q) reduce h y aumenta en la misma proporción lo que el público está dispuesto a pagar a la empresa, por lo que g no varía. Relajando el supuesto de que los valores del tiempo no varían con Q no afectaría a los resultados, sólo modificaría la magnitud de los beneficios en [7].

ban utilizando el sistema con anterioridad, $\partial h/\partial Q > 0$ al mantenerse N constante). $[-Q(\partial h/\partial N) - z]$ expresa el beneficio social marginal derivado del incremento en los viajeros transportados como consecuencia de una mejora en el nivel de servicio; el beneficio es igual al valor de los ahorros en el tiempo invertido por los usuarios como consecuencia de la mejora de calidad ($\partial h/\partial N < 0$ al ser Q constante), descontándole el coste marginal del aumento del nivel de servicio. Los beneficios sociales en [10] son unitarios ya que están divididos por los recursos financieros destinados a ambas políticas: ingreso marginal de una reducción del precio y coste marginal menos ingreso marginal de un aumento en la calidad.

Si la restricción presupuestaria es efectiva en el óptimo, un aumento marginal de la subvención incrementará el excedente ($\partial W_2/\partial D = \mu > 0$); para que [10] tenga un valor positivo, el precio tiene que subir y el nivel de servicio bajar con respecto a los que corresponden a las condiciones [6] y [7] obtenidas a partir de una función objetivo sin restricciones.

6. Una aplicación empírica

Para aplicar los principios teóricos discutidos en la sección anterior consideramos dos líneas urbanas de una empresa representativa dentro del grupo de ciudades españolas de tamaño medio. La línea A (véase primera columna del Cuadro 1) opera en un pasillo típicamente urbano, congestionado y con alta densidad de población; en ella se transportan 1.300 viajeros por hora, con un coste medio de 210 pesetas por kilómetro y 37 pesetas por viajero, el índice de cobertura de los costes con los ingresos propios de explotación alcanza el 90 por ciento. Se trata de una línea que gracias a su elevado índice de ocupación está cercana al umbral de rentabilidad comercial. La línea B (véase primera columna del Cuadro 2) es una línea que conecta el centro de la ciudad con la periferia; en la que se transportan 450 viajeros por hora, con un coste medio de 184 pesetas por kilómetro gracias a una mayor velocidad de circulación y de 64 pesetas por viajero dado su bajo nivel de ocupación.

Suponemos que los flujos de tráfico por hora responden a cambios en el precio y en el nivel de servicio de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Q = \exp [a - bp - c/(\gamma d)] \quad [11]$$

donde

Q : viajes realizados por los viajeros por hora en una dirección.

p : precio medio ponderado de acuerdo con las cuotas de mercado de cada modalidad de pago.

γ : frecuencia del servicio (viajes ofrecidos por hora en una dirección).

d : longitud de la línea.

a, b, c : coeficientes de la función de demanda.

CUADRO 1
Línea A. Maximización del excedente del consumidor y del productor

	Valores presentes	Max. de <i>CS + PS</i>	Max. of de <i>CS + PS</i> con restricción financiera	
			Déficit actual	Cubrir costes
Viajeros	642	1.113	684 (735)	639
Precio (pesetas)	34	9	43 (45)	49
Frecuencia	13	23	18 (23)	18
Vehículos-km	115	204	159 (204)	159
Tamaño vehículo	70	68	54 (45)	50
Costes	24,1	42,5	31,5 (35,2)	31,1
Ingresos	21,8	10,0	29,4 (33,1)	31,2
Result. financ.	-2,3	-32,5	-2,1 (-2,1)	0,1
<i>CS + PS</i>	53,5	64,3	57,4 (61,2)	55,8

Trayecto medio: 5 km; Factor de carga: 0,4; Velocidad: 12 km/hora; *CS*: excedente del consumidor; *PS*: excedente del productor.

Flujos por hora en una dirección de la línea.

Ingresos, costes, resultados, *CS* y *PS* en miles de pesetas.

El 25 por ciento de los costes de la empresa varía con el tamaño del vehículo (los valores entre paréntesis han sido calculados con el 50 por ciento de los costes dependiendo del tamaño del vehículo).

CUADRO 2
Línea B. Maximización del excedente del consumidor y del productor

	Valores presentes	Max. de <i>CS + PS</i>	Max. of de <i>CS + PS</i> con restricción financiera	
			Déficit actual	Cubrir costes
Viajeros	225	276	227	171
Precio (pesetas)	34	16	45	80
Frecuencia	9	12	11	9
Vehículos-km	79	105	96	78
Tamaño vehículo	69	64	57	53
Costes	14,5	19	17	13,7
Ingresos	7,6	4,4	10,2	13,7
Result. financ.	-6,9	-14,6	-6,8	0
<i>CS + PS</i>	31,2	32,3	31,8	29,3

Trayecto medio: 7,8 km; Factor de carga: 0,32; Velocidad: 17 km/hora; *CS*: excedente del consumidor; *PS*: excedente del productor.

Flujos por hora en una dirección de la línea.

Ingresos, costes, resultados, *CS* y *PS* en miles de pesetas.

El 25 por ciento de los costes de la empresa varía con el tamaño del vehículo.

La expresión [11] igual que la [2] recoge la relación funcional entre los viajeros transportados, la tarifa y el nivel de servicio; si bien en [11] N se sustituye por la frecuencia (γ) ya que al considerar una línea, la repercusión de una variación del número de vehículos en la línea se traduce en una modificación de la frecuencia del servicio (suponemos que no varía el comienzo y final de servicio o que este es ininterrumpido).

Las derivadas parciales de Q con respecto a p y γ tienen una interpretación similar que la realizada con respecto a [2]. La función de demanda en [11] es semilogarítmica, por lo que las elasticidades varían de manera moderada con el nivel de precios y de servicio. Con los coeficientes estimados para las elasticidades (véase sección 4) el cálculo de los parámetros a , b y c en [11] es inmediato ($b = \epsilon_p/p$ y $c = \epsilon_\gamma/\gamma$). La expresión [11] facilita la aplicación empírica al no requerir información directa del valor del tiempo ya que este valor está implícito en ϵ .

El coste medio por kilómetro recorrido tiene la siguiente expresión (Nash, 1988):

$$c^* = (c_1 + c_2 S) \quad [12]$$

donde S es el número de plazas del vehículo, mientras que c_1 y c_2 son los coeficientes de la función de costes que dependen de la tecnología y de la estructura de costes de la empresa. En [12] aparece un componente fijo del coste medio y un componente variable con el tamaño del vehículo. La información recogida sobre los diferentes tamaños utilizados por las empresas en España y su impacto en el coste medio de provisión del servicio sugieren que el 75 por ciento de los costes totales son independientes del tamaño (salarios, administración, ...) variando el gasto en carburante, seguros y mantenimiento (materiales y repuestos).

El factor de carga planeado (l) se expresa como $Q_j/\gamma d S$, donde j es el trayecto medio por viajero. Por lo tanto [12] puede expresarse como:

$$c^* = c_1 + c_2(Q_j/l\gamma d) \quad [13]$$

En [13] el coste medio por kilómetro aumenta con el número de pasajeros y su trayecto medio, decreciendo cuando aumenta el factor de carga, la frecuencia y la longitud de la línea.

La maximización del excedente del productor y consumidores toma la siguiente expresión:

$$W = \int_0^Q \frac{1}{b} \left(a - \frac{c}{\gamma d} - \log Q \right) dQ - c_1 - c_2 \frac{Q_j}{l} \quad [14]$$

La expresión [14] expresa el mismo problema económico que la expresión [3] si bien recoge la posibilidad de modificar el tamaño del vehículo y utiliza la función de demanda [11] en la que Q depende directamente del precio y la frecuencia. En la expresión [14] el coste unitario por vehículo-hora es susti-

tuido por el coste unitario por vehículo-kilómetro [12], incorporando mayor realismo a la aplicación empírica.

Integrando en [14] tenemos:

$$W = \frac{1}{b} \left\{ aQ - \frac{cQ}{\gamma d} - \left(Q \log Q - Q \right) \right\} - c_1 - c_2 \frac{Q_j}{l} \quad [15]$$

Hallando el logaritmo de Q en [11] y sustituyendo en [15]:

$$W = \frac{1}{b} \left\{ aQ - \frac{cQ}{\gamma Q} - \left[Q \left(a - bp - \frac{c}{\gamma d} \right) - Q \right] \right\} - c_1 - c_2 \frac{Q_j}{l} \quad [16]$$

que puede expresarse como:

$$W = \frac{Q}{b} (bp + 1) - c_1 - c_2 \frac{Q_j}{l} \quad [17]$$

o también, como:

$$W = pQ \left(1 + \frac{1}{\varepsilon_p} \right) - c_1 - c_2 \frac{Q_j}{l} \quad [18]$$

Hemos calculado los precios, las frecuencias y el tamaño del vehículo que maximiza [18] para las líneas A y B . Una vez halladas las soluciones de primera preferencia, hemos introducido dos restricciones financieras alternativa-mente: el déficit presente y la cobertura completa de costes con ingresos de explotación. Los resultados se presentan en los Cuadros 1 y 2.

La maximización del excedente social sin restricciones requiere, con respecto a la situación de partida, importantes reducciones de precios y aumentos en el nivel de servicio, el ratio de cobertura (ingresos/costes) desciende en la línea A de 0,9 a 0,25. Como consecuencia de esta política el excedente social aumenta significativamente en esta línea, mientras que en la línea B con un ratio de cobertura presente de 0,5, las ganancias de eficiencia se limitan al 3,5 por ciento del excedente social de partida, lo que sugiere que en estas líneas de baja densidad de tráfico el beneficio social bruto de atraer nuevos viajeros queda en gran parte contrarrestado por el considerable aumento en los costes de producción; son por tanto otros criterios distintos al de eficiencia (por ejemplo, accesibilidad de las áreas suburbanas) los que jugaran un papel decisivo en la valoración social de la mejora de estos servicios. El tamaño del vehículo permanece en torno a las 70 plazas a pesar de que la demanda se ha duplicado con respecto a la situación de partida, lo que apunta a una sobredimensión del tamaño del vehículo en la actualidad.

Cuando se introducen las restricciones presupuestarias, los precios suben y las frecuencias bajan con respecto al óptimo de primera preferencia. El tamaño del vehículo se reduce sustancialmente. Comparando la combinación actual de precios, frecuencias y tamaño del vehículo con los que corresponden al óptimo de segunda preferencia que se obtiene con el mismo nivel de

déficit que en la actualidad, se aprecia que los precios y las frecuencias son más bajos y el tamaño del vehículo mayor que los que se requieren para maximizar el excedente social. Estos resultados son consistentes con los comentados en la sección 4, en donde las elasticidades de la demanda con respecto al precio y al nivel de servicio sugerían la existencia de un sesgo en las ciudades españolas en perjuicio de la calidad del servicio con el fin de sostener precios subóptimos.

Los resultados obtenidos en esta sección apoyan la introducción de frecuencias de servicio más altas financiadas con elevaciones de las tarifas (suponiendo constante el nivel de subvención) con el fin de reducir el tiempo total de desplazamiento. El tamaño del vehículo debe reducirse a 55 plazas en lugar de 70, lo que en la práctica significa introducir autobuses de tipo medio con más plazas de asiento.

Estos resultados descansan en los valores concretos del trayecto medio y del índice de ocupación. El Cuadro 3 muestra, para la línea A, la solución al problema de optimización cuando se introducen cambios en dichos parámetros. Hay que destacar el efecto que la reducción del factor de carga objetivo produce sobre el tamaño óptimo del vehículo. Con el nivel de subvención presente un índice de ocupación admisible de 0,3 eleva la capacidad óptima a 70 plazas frente a las 50 calculadas con un índice de 0,4, lo que subraya la observación de Nash (1988) sobre la relación positiva entre tamaño del vehículo y desequilibrios espaciales o temporales en el tráfico (horas punta, tramos de la línea con más ocupación que el resto, etc.).

CUADRO 3
Línea A. Maximización del excedente del consumidor y del productor
(bajo diferentes supuestos)

	Max. de <i>CS + PS</i>		Max. of de <i>CS + PS</i> con restricción financiera (*)	
	<i>J = 4</i>	<i>L = 0,3</i>	<i>J = 4</i>	<i>L = 0,3</i>
Viajeros	1.142	1.062	708	646
Precio (pesetas)	8	13	42	48
Frecuencia	24	23	19	18
Vehículos-km	212	203	168	159
Tamaño vehículo	54	87	42	68
Costes	42	45,3	31,8	33,2
Ingresos	9,1	13,8	29,8	31
Result. financ.	-32,9	-31,5	-2	-2,2
<i>CS + PS</i>	66,4	60,9	59,6	54

CS: excedente del consumidor; PS: excedente del productor. J: trayecto medio; L: índice de ocupación. Flujos por hora en una dirección de la línea.

Ingresos, costes, resultados, *CS* y *PS* en miles de pesetas.

El 25 por ciento de los costes de la empresa varía con el tamaño del vehículo.

(*) Restricción financiera determinada por el déficit actual.

Cuando se introduce un trayecto medio más corto (25 por ciento inferior que el actual) el tamaño óptimo del vehículo baja a 42 plazas debido a la reducción substancial en los viajeros-km transportados.

Finalmente hemos comprobado como se ven afectados los resultados correspondientes a la línea A, con la restricción presupuestaria presente, cuando se introduce una mayor sensibilidad de los costes ante cambios en el tamaño del vehículo (véase columna entre paréntesis en Cuadro 1). Suponiendo que el 50 por ciento de los costes varía con la capacidad del vehículo, nos encontramos con que los resultados mejoran con respecto a la situación anterior siendo el tamaño óptimo del vehículo aún menor (45 plazas), como cabía esperar. Pensamos, sin embargo, que la hipótesis de una variación del 25 por ciento de los costes totales con respecto al tamaño del vehículo se ajusta mejor a la realidad española en la que no es previsible que los costes salariales respondan a la introducción de minibuses en la misma medida que el Reino Unido.

7. Conclusiones

El análisis económico y los resultados obtenidos en los trabajos empíricos realizados sobre la provisión de servicios de transporte público en España apoyan la hipótesis de que los operadores no minimizan los costes de producción debido a la ausencia de competencia en esta industria.

El sistema de regulación del transporte público en España ha favorecido la ineficiencia productiva interna mediante prácticas organizativas en la industria (empresas públicas y privadas con concesiones excesivamente largas) que conducen a situaciones de monopolio; también ha propiciado la ineficiencia asignativa al no establecer mecanismo alguno que permita ofrecer combinaciones precio-nivel de servicio que no sólo valoren de costes del operador sino también los del usuario a través de la consideración del tiempo total invertido en el desplazamiento.

Podemos concluir con tres puntos de política de transporte que se derivan del contenido de este trabajo:

1. En un sistema regulado con barreras a la entrada legales es posible introducir competencia reduciendo los plazos concesionales y el tamaño de las concesiones. La existencia de rendimientos de escala constantes y la baja proporción de costes fijos en la industria favorecen esta política. Las reducciones en el precio de los *inputs* y los aumentos de productividad previsible permitirían reducciones de los costes en torno al 15 por ciento.
2. La provisión de servicios de transporte público presenta múltiples soluciones de equilibrio para una restricción presupuestaria determinada, basadas en diferentes combinaciones precio-nivel de servicio que satisfacen dicha restricción. La evidencia disponible sugiere que en las ciudades españolas se ofrecen niveles de calidad inferiores al que los consumidores están dispuestos a pagar, con frecuencias más bajas y posiblemente con vehículos de mayor

tamaño que los que corresponderían a la maximización del excedente social con restricción presupuestaria.

3. La combinación de los dos puntos anteriores permite pensar en la posibilidad de reducir sustancialmente los tiempos de espera sin recurrir necesariamente a subidas de precios. La reducción potencial de costes puede ser la fuente de financiación de las mejoras de calidad. Podemos afirmar que el sistema actual de regulación favorece una asignación ineficiente de los recursos en esta industria al no minimizarse los costes y al no ponderarse convenientemente el valor del tiempo total que los usuarios invierten en los desplazamientos.

Referencias

- Andersen, B. (1990): «Factors Affecting European Deregulation and Privatization Policies in Local Public Transport», *European Science Foundation, Nectar Group 4*, mimeo.
- Appelbaum, E. y Berechman, J. (1989): «Demand Conditions, Regulation and the Measurement of Productivity», *Journal of Econometrics* (próxima aparición).
- Banister, D.; Berechman, J. y De Rus, G. (1990): «Competitive Regimes within the European Bus Industry: Theory and Practice», *Transportation Research B* (próxima aparición).
- Berechman, J. (1987): «Cost Structure and Production Technology in Transit», *Regional Science and Urban Economics*, vol. 17, págs. 519-534.
- Berechman, J. y Guliano, G. (1984): «Analysis of the Cost Structure of an Urban Bus Transit Property», *Transportation Research B*, vol. 18, págs. 277-287.
- Button, K. J. y O'Donnell, K. J. (1985): «An Examination of the Cost Structures Associated with Providing Urban Bus Services in Britain», *Scottish Journal of Political Economy*, vol. 32, págs. 67-81.
- Carbajo, J. C. y De Rus, G. (1991): «La desregulación del transporte en España». Fundación Fondo para la Investigación Económica y Social (FIES) Madrid (mimeo).
- Caves, D. W. y Christensen, L. R. (1988): «The Importance of Economies of Scale, Capacity Utilization, and Density in Explaining Interindustry Differences in Productivity Growth», *The Logistic and Transportation Review*, vol. 24, págs. 3-32.
- De Rus, G. (1989): «El transporte público urbano en España: comportamiento de los costes y regulación de la industria», *Investigaciones Económicas*, vol. XIII, núm. 2, págs. 207-225.
- De Rus, G. (1990): «Public Transport Demand Elasticities in Spain», *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 24, núms. 2, págs. 189-201.
- Glaister, S. y Beesley, M. (1990): «Bidding for Tendered Bus Routes in London», *Conference on Competition and Ownership of Bus and Coach Services*, Thredbo, Australia (mimeo).
- Hensher, D. (1987): «Productive Efficiency and Ownership of Urban Bus Services», *Transportation*, vol. 14, págs. 209-225.
- Jansson, J. O. (1979): «Marginal Cost Pricing of Scheduled Transport Services», *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 13, págs. 268-294.
- Matas, A. (1991): «La demanda de transporte urbano: análisis de las elasticidades y valor del tiempo», *Investigaciones Económicas* (en este número).
- Mohring, H. (1972): «Optimization and Scale Economies in Urban Bus Transportation», *American Economic Review*, September, págs. 591-604.
- Nash, C. A. (1978): «Management Objectives, Fares and Service Levels in Bus Transport», *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 12, págs. 70-85.
- Nash, C. A. (1988): «Integration of Public Transport: An Economic Assessment» en

- Bus Deregulation and Privatisation*, J. S. Dodgson and N. Topham. Aldershot (Eds.), Gower Publishing Group.
- Talley, W. K. y Anderson, E. E. (1986): «An Urban Transit Firm Providing Transit, Para-transit and Contracted-out Services», *Journal of transport Economics and Policy*, págs. 353-368.
- Webster, F. V. (1978): «Some Implications of the Results of Elasticity Determinations» en *Factors Affecting Public Transport Patronage*, TRRL Supplementary Report 413, págs. 54-62. Crowthorne: Transport and Road Research and Laboratory.
- Williams, M. y Dalal, A. (1981): «Estimation of The Elasticities of Factor Substitution in Urban Bus Transportation: A Cost Function Approach», *Journal of Regional Science*, vol. 21: págs. 263-275.
- Williams, M. y Hall, C. (1981): «Return to Scale in the United States Intercity Bus Industry», *Regional Science and Urban Economics*, vol. 21, págs. 573-584.

Abstract

In this paper, public transport services in Spain are analyzed. Evidence on demand response to changes in the fare structure and the level of service is shown; as well as cost behaviour to changes in operator size, input prices and ownership structure. The efficient price-quality combination is also analyzed in an industry operating as a regulated monopoly. An empirical application is carried out with the aim of determining optimal values for relevant variables (fare, frequency, vehicle size and financial results) and comparing with actual values. Finally, changes are proposed for the organization of the industry so that present efficiency level is improved.

Recepción del original, enero de 1991
Versión final, marzo de 1991