

Aspectos económicos de la liberalización del ferrocarril: mecanismos de subastas y medición de la eficiencia¹.

Javier Asensio²
Juan José Ganuza³
José Penalva⁴
Francesc Trillas⁵

Junio, 2005

Resumen

En el marco del recientemente iniciado proceso de liberalización del transporte ferroviario, se analizan los problemas relacionados con el potencial uso de subastas para adjudicar las autorizaciones previstas por la Ley del Sector Ferroviario en el caso de los servicios declarados de interés público. Posteriormente, se estudia el problema de medición de la eficiencia como aspecto relevante para el diseño de mecanismos regulatorios. Se presenta un ejemplo de aplicación de técnicas de análisis envolvente de datos (DEA) a los servicios de cercanías de Renfe.

1 Introducción

La liberalización del mercado del ferrocarril es una de las principales iniciativas de la política europea de transportes desde comienzos de los años noventa. El objetivo declarado de la misma es doble: por un lado, interrumpir el declive que se observa en toda Europa de la cuota del mercado del transporte ferroviario frente a otros modos, y por otro reducir o contener las pérdidas económicas de las empresas operadoras, las cuales tradicionalmente han sido empresas públicas monopolísticas.

La consideración de la pérdida de cuota de mercado del ferrocarril como un problema que debe ser remediado se basa en la convicción de que los modos de transporte que compiten con él (principalmente el transporte por carretera)

¹Este trabajo resume el informe final del proyecto de investigación "Subastas y competencia referencial en la liberalización del sector ferroviario", elaborado en el marco de las Ayudas a la Investigación 2004 sobre temas de infraestructuras. Los autores agradecen a la Dirección General de Ferrocarriles el apoyo prestado y a RENFE-Cercanías el acceso a los datos empleados.

²Universitat Autònoma de Barcelona

³Universitat Pompeu Fabra

⁴Instituto de Análisis Económico, CSIC

⁵Universitat Autònoma de Barcelona

generan unos costes externos superiores a los del transporte ferroviario, por lo que de acuerdo con criterios de optimalidad social el reparto debería ser más favorable a éste último modo. El principal instrumento para lograr este fin debería ser un cambio en la tarificación de todos los modos, en la línea de lo expuesto en el libro verde de 1996. Sin embargo, si bien un aumento de la actividad de transporte ferroviario debería permitir una mejora de los resultados de las empresas operadoras, ello no solucionaría el problema de la falta de eficiencia de las mismas. Respecto a esta cuestión se aboga por la reforma de los sistemas de incentivos existentes en la actualidad para mejorar la eficiencia empresarial, lo cual lleva a un proceso de introducción de mecanismos competitivos en el sector. Un mayor grado de competencia debería permitir que las empresas más eficientes en cada segmento del mercado se convirtieran en los principales operadores, transmitiendo las reducciones de costes a los usuarios finales.

Sin embargo, la liberalización de mercados complejos técnica e institucionalmente, como el de transporte ferroviario, genera dudas sobre muy diversas cuestiones. El sistema de monopolio verticalmente integrado permite mantener una estructura de subsidios cruzados entre distintos tipos de servicios que debería ser reformada ante la liberalización. Por otro lado, los argumentos que relacionan la competencia con la mejora de la eficiencia se han apoyado tradicionalmente en la mejora de la eficiencia, sin distinguir entre los componentes de la misma que generarían dicha mejora (técnica, asignativa, dinámica o de escala). El argumento principal en favor de la liberalización es que ésta generará, mediante las mejoras de eficiencia que se trasladen a los consumidores, incrementos del bienestar social. Sin embargo, aún siendo esto cierto, el proceso acarrea también una reducción de las rentas recibidas por algunos factores de producción, principalmente el trabajo. Las cuestiones redistributivas asociadas a la liberalización deben ser tenidas en cuenta en el diseño del proceso de apertura del mercado.

La liberalización del ferrocarril se realiza, al igual que en otras industrias de red como las telecomunicaciones, el gas o la electricidad, partiendo del hecho de que distintos segmentos de la estructura vertical difieren en cuanto a las posibilidades de introducción de competencia. Es decir, existen actividades que constituyen un monopolio natural, mientras que en otras es posible que exista competencia. Así, el proceso de apertura del mercado se basa en la distinción entre las infraestructuras, que se continuarán ofreciendo de forma monopolística, y la prestación de servicios sobre dicha infraestructura, que es objeto de la liberalización. Tradicionalmente, ha sido el carácter de monopolio natural lo que ha justificado que los servicios ferroviarios fueran prestados por una única empresa que integrara verticalmente todas las etapas necesarias para la operación de los servicios. Sin embargo, en paralelo a lo ocurrido en otros mercados con características de red, los desarrollos teóricos y técnicos han permitido plantear una separación entre la gestión de las infraestructuras y la prestación de los servicios. De esta forma, las características de monopolio natural se limitan al ámbito de la gestión de infraestructura y resulta posible introducir elementos de competencia en la prestación de servicios.

El objetivo del artículo es doble: por un lado, se analiza el papel que pueden

jugar las subastas en el proceso de liberalización ferroviario y en particular en la asignación de las franjas horarias de uso de la infraestructura (surcos). Para ello, se analiza en detalle el diseño del mecanismo de asignación para adjudicar concesiones para operar capacidad en tramos deficitarios. El segundo objetivo del trabajo es discutir la posible aplicación de mecanismos regulatorios mediante la medición de la eficiencia relativa de la operación de los servicios ferroviarios. Este análisis incluye una aplicación empírica referida a los servicios de Cercanías de Renfe.

2 Las subastas de capacidad

Tal como hemos explicado anteriormente la Ley del Sector Ferroviario determina que el uso de la infraestructura se hará en régimen de libre entrada. Sin embargo los servicios ferroviarios que son considerados estratégicos o de utilidad pública por alguna Administración y que no son ofertados por el mercado, se podrán adjudicar previo convenio con las Administraciones implicadas a una empresa a cambio de una subvención. Por lo tanto, el papel de las subastas o los concursos subastas en la actual ley se limita a la adjudicación de concesiones para explotar los servicios que son deficitarios pero cuya utilidad pública hace necesario subvencionar. En esta sección vamos a estudiar cómo diseñar las subastas o los concurso-subasta para adjudicar estas concesiones. Nuestro problema consiste en adjudicar la concesión para operar un servicio ferroviario deficitario al menor coste posible (la menor subvención) pero también garantizando la calidad del servicio y niveles de precios adecuados.

2.1 Objetivos del Mecanismo de Adjudicación.

Para poder discutir la idoneidad de un determinado diseño del mecanismo de adjudicación debemos primero explicitar los objetivos que puede perseguir la Administración en una concesión para prestar un servicio ferroviario. Nuestro análisis se basa en que la Administración utiliza los mecanismos de adjudicación para resolver un problema de asignación (por ejemplo, decidir qué empresa va a realizar el servicio), fijar un precio por la concesión (una subvención, dado que el servicio es deficitario) y determinar las condiciones en las que se prestará el servicio. Por ello, los objetivos que persigue la Administración en el proceso de licitación se pueden resumir en cuatro:

1. Capturar rentas. El primer objetivo de la Administración es conseguir un buen precio, extrayendo las máximas rentas a la empresa adjudicataria. Aunque el servicio es deficitario, dado que no es ofrecido por el mercado, se pretende minimizar la subvención por parte del Estado.
2. Seleccionar a la empresa más eficiente. Una de las virtudes de las subastas es que además de garantizar el mejor precio posible, muchas veces consiguen a la vez que la empresa seleccionada sea la más eficiente. Por ejemplo, imaginemos que la Administración puede fijar completamente

ex ante las condiciones en las que se presta el servicio con lo que las única variable determinante en la adjudicación es el precio a pagar por la concesión. Como veremos más adelante, dadas unas ciertas condiciones al utilizar una subasta podemos garantizar que minimizaremos el precio, pero, al mismo tiempo, es previsible que la empresa que sea más eficiente (la que puede proveer el servicio al menor coste) sea la que pujan un precio más bajo y, por lo tanto, sea la que consiga la adjudicación. Sin embargo a veces, por las características del proyecto, la Administración tiene que evaluar otras variables además del precio, como la probabilidad de quiebra de la empresa o la calidad con que se va a prestar el servicio. En estas situaciones, una subasta que sólo considere el precio no va a seleccionar a la mejor empresa y tendremos que diseñar mecanismos que, sin renunciar a conseguir un buen precio, nos garanticen que la empresa elegida es la más eficiente.

3. Garantizar la objetividad de la adjudicación. Imaginemos que un gestor conociese perfectamente las funciones de costes de las empresas. En este caso no sería óptimo organizar un proceso de adjudicación formal, ya que éste tiene costes en términos de dinero y de tiempo; por ejemplo, hay que anunciarlo y nombrar una comisión que seleccione la mejor oferta. Sería mejor ofrecer a la empresa más eficiente un contrato para la prestación del servicio. Sin embargo, incluso en este caso sería recomendable hacer una adjudicación formal. La razón es que el gestor quiere dar garantías de que se ha respetado el principio de objetividad entre los proveedores y no ha habido manipulación.
4. Garantizar la calidad del servicio y un determinado nivel de precios. Dado que estamos concediendo una concesión para operar un servicio deficitario en régimen de monopolio, no podemos confiar en la competencia para garantizar un nivel de calidad alto y unos precios bajos. Unos de los problemas del proceso de liberalización ferroviario británico fue que se redujo dramáticamente la calidad del servicio. De cara a la adjudicación, las condiciones de la prestación del servicio se pueden controlar ex ante, introduciendo criterios de calidad y precio en el mecanismo de adjudicación, y ex post, introduciendo en el contrato de concesión las condiciones de la regulación del servicio, que pueden incluir cláusulas de rescisión de la concesión o penalizaciones.

2.2 Los Mecanismos de Subasta

Para entender la complejidad del problema vamos a situarnos en la situación más sencilla. La Administración va a subastar una concesión controlando completamente la prestación del servicio ex post, con lo que solo va a estar preocupada por minimizar el precio de la subvención. La primera pregunta que tenemos que hacernos es qué mecanismos de licitación podría utilizar la Administración para adjudicar la concesión. Como la Administración sólo está interesada en conseguir un buen precio, vamos a centrarnos en mecanismos de subasta. En

una subasta, las empresas presentan sus ofertas, y la Administración, en función de una regla previamente anunciada, asigna la concesión a una empresa y fija el precio que se debe pagar. Existe un número indeterminado de posibles mecanismos de subasta; por ejemplo, subastas en las que todos pagan, o subastas en las que el ganador tiene que compensar a los perdedores. Para acotar el problema, nosotros vamos a concentrarnos en cuatro mecanismos de subasta que son los más utilizados⁶:

- Subasta de primer precio. Los participantes entregan su oferta en un sobre cerrado. Gana la subasta la menor oferta y la Administración pagará por la concesión el precio que viene especificado en la oferta. Ésta es la subasta que se utiliza normalmente para obras públicas.
- Subasta de segundo precio. Los participantes entregan como en el caso anterior sus ofertas en un sobre cerrado. Gana la subasta la menor oferta, pero el precio de la concesión viene especificado por la segunda oferta más baja⁷.
- Subasta inglesa. Se parte de una subvención inicial muy alta y un subastador va reduciendo la subvención progresivamente. Los participantes se van retirando cuando el precio que fija el subastador es menor a la mínima subvención que ellos están dispuestos a aceptar por prestar el servicio. Cuando sólo queda un participante, la subasta termina. El último participante es el ganador y el precio es aquel en el que se retiró el penúltimo participante. Esta subasta oral es la que se utiliza tradicionalmente para subastas de arte (en ese caso de forma ascendente).
- Subasta holandesa. Un subastador fija un precio y lo comienza a aumentar progresivamente. El proceso termina cuando alguno de los participantes anuncia que está dispuesto a aceptar el precio. Ésta es la subasta que se utiliza tradicionalmente en las lonjas de pescado (en ese caso de forma descendente).

Estas subastas parecen muy distintas, y de hecho, las empresas en ellas siguen estrategias muy diferentes. Por ejemplo, ¿cuál será la estrategia óptima de las empresas en una subasta inglesa? La respuesta es clara, las empresas no se retirarán mientras el precio esté por encima de las pérdidas que ellos esperan por

⁶Existen un gran número de artículos y libros dedicados a revisar la teoría de subastas. Para iniciarse en ella, un estupendo resumen de la literatura es McAfee y McMillan (1987). Este artículo presenta de los resultados clásicos de la teoría de subastas de una forma muy intuitiva. Existen dos revisiones exhaustivas de la teoría, que contienen además las últimas contribuciones y discusiones sobre las aplicaciones de las subastas a los sectores regulados Klemperer (2004) y Milgrom (2004). Por último, para los lectores interesados en una introducción técnica al mundo de las subastas, el mejor manual es Krishna (2002).

⁷La subasta de segundo precio se conoce también como la subasta de Vickrey, porque este economista fue el primero en analizarla en un artículo clásico Vickrey (1961). Vickrey recibió el premio Nobel de economía por sus contribuciones a la teoría económica de los incentivos en condiciones de información asimétrica, y en particular por sus decisivas contribuciones a la teoría de subastas

prestar el servicio. Cuando el precio alcanza este precio de reserva y continua bajando, la empresa se retira porque si ganase la concesión perdería dinero. Por lo tanto, la subasta terminará cuando abandone la empresa que tenía el segundo precio de reserva más bajo, ganará la empresa con el precio de reserva más bajo (la más eficiente) y la subvención final será igual al segundo precio de reserva más bajo. Se puede demostrar fácilmente que la subasta de segundo precio es estratégicamente equivalente a la subasta inglesa, en el sentido que la estrategia óptima es que los participantes pujen su precio de reserva. Sin embargo, las estrategias de equilibrio en la subasta de primer precio son distintas. En la subasta de primer precio gana la oferta más baja y esta oferta fija la cantidad a subvencionar. Dada esta regla, es claro que las empresas no pujaran su precio de reserva como en el caso de la subasta de segundo precio, dado que de hacerlo, si ganasen no conseguirían ningún beneficio. En la subasta de primer precio las empresas pujan una cantidad mayor que su precio de reserva, pero no mucho mayor porque cuanto mayor sea la cantidad, menor será la probabilidad de ganar la subasta. En resumen, en una subasta de primer precio, la estrategia de equilibrio será un balance óptimo entre aumentar la probabilidad de ganar y obtener un beneficio en caso de ganar la concesión. Esta diferencia entre la puja y el precio de reserva será, en equilibrio, decreciente con el número de participantes en la subasta. Por último, la subasta holandesa se puede demostrar que es estratégicamente equivalente a la de primer precio.

¿Cuál de estos mecanismos garantiza a la Administración que minimizará la subvención?, ¿cuál es la subasta óptima? Estas preguntas tienen una respuesta sorprendente, si se cumplen las siguientes condiciones:

1. Las empresas son neutrales al riesgo. A las empresas sólo les interesa el valor esperado de sus inversiones y no les importa la cantidad de riesgo que suponen. Siempre que los beneficios esperados que consigan sean los mismos, el nivel de incertidumbre les es indiferente.
2. Las empresas son homogéneas ex-ante. Antes de realizar la subasta, la Administración piensa que todas las empresas tienen la misma posibilidad de tener un coste bajo y hacer una buena puja.
3. No existe correlación entre las distintas valoraciones del objeto que se subasta. El saber que una empresa tiene una valoración baja, no afecta la probabilidad de que otra empresa tenga una valoración alta (o baja).

Si se dan estas condiciones, las cuatro subastas dan el mismo resultado esperado y además todas ellas son óptimas⁸. En esta situación, seleccionar la subasta óptima es un problema trivial.

Por desgracia, estas hipótesis son muy restrictivas, y si no se cumplen no se da la equivalencia entre los distintos mecanismos de subasta, por lo que la elección del tipo de mecanismo se convierte en importante. Por ejemplo, si las

⁸Este resultado se conoce como el teorema de equivalencia y fue enunciado por primera vez por Vickrey (1961). La derivación formal del teorema, se debe a Myerson (1981) y Riley y Samuelson (1981).

empresas son aversas al riesgo y este riesgo es sustancial, la subasta de primer precio y la subasta holandesa (que son estratégicamente equivalentes) generan mayores ingresos al subastador que la subasta de segundo precio y la subasta inglesa⁹.

Supongamos ahora que las empresas no son homogéneas. Por ejemplo, sabemos que una empresa tiene unos costes mucho más bajos que los demás. En este caso, como es lógico, utilizar subastas simétricas como las descritas no es óptimo. La razón es que la empresa que tiene un coste mucho menor que las demás no tiene competencia real, no ajustará mucho la puja al coste de operación y obtendrá la concesión. La subasta óptima tiene que dar ventajas a aquellas empresas que se espera que pujen de una forma menos agresiva, ya que de esta forma la empresa que tiene una ventaja sobre las demás (un caso muy habitual en el sector ferroviario donde hay empresas que fueron monopolios públicos) se enfrentará a una amenaza real y pujará más. Resumiendo, la subasta óptima dará ventajas a los que tienen menos posibilidades de obtener la concesión, aumentando de este modo la competencia entre las empresas¹⁰.

Por último, supongamos que existe una correlación entre las valoraciones que tienen las empresas sobre lo que se subasta, como ocurre si las empresas tienen la misma tecnología y la valoración de sus pérdidas esperadas depende fundamentalmente de la estimación de la demanda, por lo que en realidad las pérdidas de operar el servicio son las mismas para todas las empresas (existe una valoración común); lo que las diferencia es la estimación sobre la demanda. En este caso tampoco se da la equivalencia entre subastas. El problema es que ganará la empresa que tenga una estimación más alta de la demanda, pero teniendo en cuenta que la valoración real de la demanda estará cerca de la media de las estimaciones, lo más probable es que el ganador de la subasta haya sido demasiado optimista y que vaya a tener pérdidas, porque haya aceptado una subvención demasiado baja (un fenómeno que se denomina, en teoría de subastas, "la maldición del ganador"). Como las empresas son racionales, aumentan sus pujas para evitar este problema y, como consecuencia, la Administración tendrá que pagar más dinero por la concesión en equilibrio. Se ha demostrado que en esta situación, una subasta inglesa puede dar un mejor resultado que otros mecanismos¹¹. Esto es debido a que como se pueden observar las valoraciones de los jugadores que se van retirando de la puja, los jugadores restantes van corrigiendo sus estimaciones y el problema de la maldición del ganador es menor.

Por lo tanto, podemos concluir que incluso en el caso más sencillo posible donde sólo nos interesa el precio, el problema de la elección del mecanismo óptimo de subasta no es fácil. Existen circunstancias donde unos mecanismos dan mejores resultados que otros, y sólo podremos decidir cuál es el mecanismo adecuado para una situación específica una vez que hayamos estudiado las car-

⁹Para un análisis formal de subastas con participantes aversos al riesgo, ver Matthews (1983) y (1987).

¹⁰La subasta óptima en una situación en la que los participantes son heterogéneos fue caracterizada por Myerson (1981).

¹¹Ver Milgrom y Weber (1982).

acterísticas del bien que vamos a subastar y los potenciales participantes que vamos a tener en la subasta.

Esta sección nos sirve de ilustración de lo complicado que es en general diseñar mecanismos óptimos de adjudicación. Nuestro objetivo va a ser identificar los factores que habría que tener en cuenta en el diseño de este mecanismo óptimo, y apuntar las posibles soluciones que se podrían dar.

2.3 El Diseño del Mecanismo de Adjudicación.

Como hemos mencionado anteriormente la ley determina que haya un proceso de adjudicación cuando una Administración desee ofrecer un servicio no ofertado por el mercado. En esta sección vamos a estudiar los problemas que surgen a la hora de diseñar un mecanismo óptimo de adjudicación.

2.3.1 Concurso y Subasta

La primera decisión va a ser si utilizar un concurso o una subasta. Existen dos soluciones extremas a este problema de diseño y como veremos, la posibilidad de utilizar una solución intermedia. Antes de profundizar en las soluciones, debemos darnos cuenta de que el bien a subastar es un bien complejo. Un contrato completo para las concesiones para operar el servicio ferroviario sería muy complejo y costoso de realizar, y debería recoger muchos aspectos: (i) frecuencia de los trenes, horarios y velocidad de los mismos (ii) calidad del servicio y del material rodante, (iii) precios a los que se va ofrecer el servicio, (iv) plazos de la inversión, (v) planes de inversión y mantenimiento, etc. Si la Administración pudiera previamente especificar estas variables, podría simplemente adjudicar este contrato utilizando una subasta. Esta solución tiene la ventaja de que, como hemos argumentado previamente, bajo ciertas condiciones podremos reducir las rentas de la empresa adjudicataria y además seleccionar a la empresa más eficiente. Sin embargo, utilizar el mecanismo de subasta presenta dos inconvenientes, (i) implica para la Administración unos costes de transacción muy altos debido a la complejidad del contrato, (ii) si la Administración no conoce los costes de las empresas, puede ser que la especificaciones del contrato sean ineficientes dadas sus estructuras de costes.

La alternativa a la subasta es utilizar un concurso. Podemos definir un concurso como un mecanismo de adjudicación donde las empresas compiten en múltiples dimensiones. Por ejemplo, en lugar de definir la frecuencia de los trenes, se deja que las empresas compitan en esta dimensión, ofreciendo diferentes propuestas. Una característica del concurso con respecto a la subasta es que deja cierta discrecionalidad en la decisión de adjudicación a la comisión que está encargada de llevarlo a cabo (mesa de contratación). Esto es debido, por un lado, a que se tienen que valorar variables difíciles de medir, como por ejemplo la calidad del servicio o del material rodante, y por otro, a que hay que valorar conjuntamente todas las variables, y habrá situaciones en las que haya ofertas mejores que otras para unas variables y peores para las otras. Como en el caso de las subastas, existen muchos tipos de concursos distintos,

que fundamentalmente se diferencian en el grado de discrecionalidad que se deja a la mesa de contratación: desde concursos donde la Administración se limita a anunciar los criterios que la mesa de contratación va a utilizar para la adjudicación, hasta concursos donde se anuncia una función de valoración de las ofertas, de tal forma que se especifica cómo se va a valorar cada variable, y una vez que se ha puntuado cada variable, se ponderan todas ellas utilizando la función de valoración previamente especificada. La oferta que alcance una mayor puntuación con esta función de valoración será la adjudicataria. En este tipo de concurso la discrecionalidad se limita a la valoración que la mesa haga de las variables intangibles, como la capacidad tecnológica. Por lo tanto, determinar la función de valoración es el paso fundamental¹².

El concurso-subasta es un híbrido entre el concurso y la subasta, y por lo tanto se presenta como una atractiva solución intermedia. Este mecanismo tiene dos etapas: en una primera fase de concurso, se selecciona a los mejores oferentes tomando en consideración características de las ofertas distintas al precio, como por ejemplo la solvencia financiera o la capacidad tecnológica, y después las empresas seleccionadas entran en una fase de subasta, donde se selecciona a la empresa que haya presentado la mejor puja. La ley actual ya recoge en parte estas consideraciones ya que no todas las empresas pueden participar. Para dar servicios de transporte ferroviario, las empresas han de obtener una licencia para operar como empresas ferroviarias lo que se puede interpretar como una fase concursal inicial con anterioridad a la asignación de capacidad (sea una subasta, contrato-programa, ...).

2.3.2 Precio de Reserva.

El precio de reserva en las subastas de concesiones es el precio límite que está dispuesta a pagar la Administración para que se opere el servicio la concesión. El precio de reserva no tiene que reflejar mecánicamente el coste de oportunidad que tiene para la Administración la provisión del servicio, ya que es un instrumento para reducir las rentas de la empresa adjudicataria. En concreto, la fijación del precio de reserva debe ser un balance óptimo entre reducir rentas, y dejar desierta la adjudicación. El precio de reserva es especialmente importante cuando no hay suficiente competencia en el mercado, especialmente cuando hay una sola empresa compitiendo, o cuando hay un participante en la subasta que es mucho más fuerte que los demás. En este caso, el precio de reserva actúa como competencia virtual. Esta situación es muy probable que se dé en el mercado ferroviario donde es previsible que en el mercado de transporte de pasajeros RENFE sea el operador dominante, con una importante ventaja competitiva sobre los demás¹³.

¹²Che (1993) analiza como debe ser la función de valoración óptima en función de las preferencias del principal (Administración), y demuestra que se debe infravalorar la calidad (que podemos definir como una índice escalar del resto de los criterios distintos del precio) con respecto al precio.

¹³El precio de reserva óptimo depende de las creencias que tenga la Administración sobre la distribución de valoraciones que tengan las empresas por la concesión, pero es independiente del número de empresas que participen en la subastas, ver por ejemplo Krishna (2002).

2.3.3 Riesgo e Incertidumbre.

Como hemos visto anteriormente, la experiencia del proceso de liberalización del Reino Unido nos recuerda que la incertidumbre juega un papel determinante en el proceso de adjudicación de las concesiones. En el caso británico, las empresas se equivocaron en sus predicciones de demanda, que resulto ser mucho más alta de la inicialmente estimada. La incertidumbre no solamente tiene consecuencias adversas desde el punto de vista financiero (el coste del capital puede aumentar para las empresas adjudicatarias), para la Administración presenta dos problemas adicionales fundamentales: (i) el problema de la maldición del ganador anteriormente comentado, que puede aumentar el precio de la concesión para la Administración, (ii) la posibilidad de renegociación del contrato hacia una mayor subvención. Discutamos las posibles implicaciones que pueden tener estos problemas en el diseño del mecanismo óptimo de adjudicación.

La maldición del ganador. Como hemos comentado anteriormente está asociada a una situación en la que existe incertidumbre sobre un aspecto de la concesión que incide sobre la valoración de la misma por parte de las empresas de forma simétrica. Por ejemplo, si la estimación de la demanda es alta, esto aumentará la valoración (reducirá el déficit esperado de prestar el servicio) de todas las empresas de forma simétrica. El problema es que en este caso, la empresa con la estimación más optimista ganará la subasta y previsiblemente tendrá pérdidas. Conscientes de ello, las empresas corrigen sus estimaciones de forma conservadora y como consecuencia de ello aumenta el precio esperado de la concesión. Tal como hemos señalado con anterioridad, para reducir este problema lo óptimo es utilizar una subasta abierta y en concreto una subasta inglesa. Este tipo de subasta permite inferir las valoraciones de las empresas perdedoras (al retirarse señalan a las demás su precio de reserva) y con ello reducir la incertidumbre. Pero el diseño del mecanismo óptimo es complejo, porque existen múltiples problemas y a veces, los problemas exigen soluciones opuestas. Aunque la subasta inglesa aminore la maldición del ganador presenta otros problemas. Por un lado, si las empresas son aversas al riesgo ya hemos dicho con anterioridad que la subasta inglesa genera un precio esperado más alto que una subasta de cerrada de primer precio, pero lo que es más importante, puede reducir drásticamente la participación en la subasta de nuevas empresas.

La Renegociación del Contrato. Un coste asociado a la incertidumbre, es una asimetría muy común en los contratos entre las administraciones y las empresas. Si la incertidumbre se resuelve favorablemente para la empresa adjudicataria incrementando sus ingresos, el contrato se cumple. Si la incertidumbre se resuelve negativamente y la empresa concesionaria entra en pérdidas, la amenaza de quiebra o de interrupción del servicio, pueden llevar a la Administración a una renegociación del contrato. Si este problema es potencialmente muy importante, por la elevada incertidumbre se puede intentar diseñar un mecanismo de concesión temporal que sea menos sensible a la volatilidad de la demanda. La idea consiste en que las empresas en lugar de pujar por un precio pujan por

el valor descontado de operar la concesión¹⁴. Cada año se amortiza parte de este valor descontado (teniendo en cuenta los ingresos de viajeros y la subvención) y cuando se amortiza el valor pujado, la concesión termina. Por ejemplo, si la demanda es anormalmente baja, la concesión se alarga automáticamente para que la empresa pueda recuperar las inversiones iniciales.

2.3.4 Costes de Transacción.

Un factor muy importante son los costes de transacción, los costes por ejemplo de escribir, negociar y hacer cumplir los contratos. A este respecto, queremos apuntar una serie de ideas importantes: Los mecanismos de concurso pueden ahorrar costes de transacción a la Administración, porque parte de las variables que son parte del contrato, provienen de las propuestas de las empresas. No obstante, implementar el concurso es más complicado que implementar la subasta. En un concurso para conseguir los objetivos de eficiencia y transparencia en la adjudicación, hay que especificar muy bien la función de valoración llegando a un compromiso entre reflejar bien las preferencias de la Administración, y al mismo tiempo reducir en lo posible la discrecionalidad / subjetividad.

2.3.5 Competencia: Colusión, Número de Participantes en la Subasta y Heterogeneidad.

Un factor decisivo en el éxito de la adjudicación es que exista una competencia real entre las empresas. Para que haya competencia real entre las empresas, se deben analizar tres factores: probabilidad de colusión, número de participantes en la subasta y heterogeneidad entre las empresas.

Probabilidad de Colusión. El fenómeno de la colusión puede surgir cuando los participantes en la subastas pueden coordinarse para reducir las ganancias del subastador y repartirse entre ellos la diferencia entre el precio de la subasta y el valor real del bien. Este tipo de colusión es ilegal si se hace de una manera explícita, pero también puede ocurrir de una manera implícita, es decir a través de un acuerdo tácito entre las empresas de no competir y de repartirse las adjudicaciones. Al ser un acuerdo tácito el subastador ha de actuar para reducir la probabilidad de colusión impidiendo o dificultando que las empresas se coordinen y puedan cooperar¹⁵. Este tipo de acuerdos son más fáciles de sostener si se subasta más de un bien, como sería el caso en las asignaciones de capacidad ya que el ADIF ha de subastar muchos surcos. Al haber más bienes a subasta, los compradores pueden organizar el reparto de los beneficios de coludir repartiendo los bienes entre sí. Además, si los valores de los bienes a subasta están relacionados entre sí, como es el caso de los surcos, ya que muchos son sustitutos entre sí o complementos, puede ser óptimo subastar varias

¹⁴Esta idea fue desarrollada por Engel, Fischer y Galetovic (2001), y ha sido aparentemente utilizada con éxito en concesiones de autopistas en Chile.

¹⁵Para un análisis formal del fenómeno de la colusión en subastas ver McAfee y McMillan (1992).

concesiones simultáneamente con una subasta inglesa. Este diseño se justifica, si se quiere reducir la maldición del ganador y permitir que las empresas pujen por todas las concesiones a la vez, para que puedan aprovechar las posibles complementariedades y aumentar con ello la eficiencia de la asignación. Este tipo de subasta múltiple normalmente tiene dos reglas adicionales: (i) la subasta termina cuando durante un periodo de tiempo determinado no hay una nueva puja, y (ii) para aprovechar las complementariedades se permite a las empresas cambiar de estrategia, retirando a un pequeño coste sus pujas anteriores. Por ejemplo, imaginemos que se subastan tres concesiones A, B y C; para una empresa la concesión A es sustitutiva al paquete B y C, el valor de A es inferior al de tener B y C, pero el valor de B y C por separado es nulo. El diseño debe permitir, que esta empresa que inicialmente intenta conseguir el paquete B y C, si una de las dos licencias alcanza un precio excesivo, cambie su estrategia, abandone la puja por el paquete e intente conseguir la concesión A. Este diseño es sin embargo muy sensible a la colusión. Dado que si se subastan las concesiones simultáneamente se permite que las empresas alcancen un reparto “cooperativo” de las mismas, además las empresas pueden utilizar las rondas de pujas iniciales para señalar el reparto de las mismas. Esto es lo que sucedió, por ejemplo, según Klemperer (2004) en las subastas de espectro radioeléctrico en Alemania. Los mecanismos de subasta cerrados, son menos sensibles a la colusión porque la coordinación es más complicada.

Número de Participantes y Heterogeneidad entre las Empresas. La medida más natural de competencia es el número de empresas que participan en la subasta. Sin embargo, para entender o inducir que aumente el número de empresas que participan debemos analizar el problema de la heterogeneidad entre las empresas. Si existen empresas que tienen importantes ventajas competitivas sobre las demás, es muy probable que si no corregimos esta ventaja con el diseño de la subasta obtengan la concesión con una probabilidad alta, a un precio bajo, porque no tienen competencia real. Además las empresas débiles anticiparan esto, y probablemente dado que participar en la subasta tiene coste, preferirán no hacerlo. El mecanismo óptimo de adjudicación desarrollado por Myerson (1981), es una subasta asimétrica que da ventaja a las empresas más débiles. Aplicando esta idea a subastas se puede imponer que las empresas que son ex ante más eficientes tengan que hacer una oferta un 10% inferior a las demás para obtener la concesión. Con esta medida, se compensa la ventaja competitiva de esta empresa, y se le obliga a ser más agresiva en las pujas. Además, aumenta las posibilidades de que las empresas débiles obtengan la adjudicación y que de hecho en equilibrio decidan participar en la subasta. Se puede demostrar que esta subasta asimétrica es óptima y garantiza la subvención mas baja, al coste de que algunas de las adjudicaciones sean ineficientes. Por lo tanto, sería conveniente que el diseño de la subasta fuera asimétrico si los participantes lo son. Esta situación, como hemos apuntado con anterioridad, es muy probable que suceda en el sector ferroviario. Sin embargo, la legislación sobre contratación pública prohíbe la discriminación de una empresa en una adjudicación.

Esta prohibición se puede justificar ya que puede evitar otro tipo de problemas, como la manipulación del proceso de adjudicación para favorecer a empresas o personas concretas (e incluso la corrupción). Por otro lado, nos obliga a restringirnos a usar mecanismos simétricos. Entre esta clase de mecanismos, los mecanismos cerrados dan mejor resultados que las subastas de formato abierto, y en concreto la subasta de primer precio es mejor que la subasta inglesa. En una subasta inglesa, la empresa fuerte siempre puede igualar una oferta de la empresa débil, no se puede ver sorprendida, y por lo tanto, se reducen mucho las posibilidades de que la empresa débil quiera entrar dado que las oportunidades de obtener la adjudicación son mínimas. Por el contrario en una subasta de primer precio con sobre cerrado, la empresa fuerte siempre puede infravalorar a las empresas débiles y perder la adjudicación, por lo que las probabilidades de ganar la subasta aumentan para las empresas débiles y con ello sus incentivos a participar en la adjudicación¹⁶.

Como hemos visto, no existen subastas mejores que otras sino subastas que se adaptan mejor a un determinado entorno o problema que otras. Por esto, el problema del diseño de la subasta es muy complejo y muchas veces requiere soluciones híbridas. Por ejemplo, para reducir el problema de la maldición del ganador, sin reducir la competencia entre las empresas cuando éstas son heterogéneas, se puede utilizar en las primeras rondas una subasta inglesa, y cuando quede un pequeño número pequeño de empresas, terminar la adjudicación con una subasta de primer precio¹⁷.

3 Eficiencia productiva y regulación

La medición de la eficiencia productiva es un input clave en el trabajo de las agencias reguladoras, así como en los debates sobre el impacto de políticas como privatizaciones, efectos de diferencias institucionales, efectos del grado de competencia, etc. Las agencias reguladoras, por ejemplo, deben valorar el impacto de los instrumentos regulatorios sobre la eficiencia productiva, y las ganancias en eficiencia productiva deben ser distribuidas con algún criterio de justicia entre consumidores y productores. Esto es especialmente así con la regulación por incentivos, como veremos más adelante.

Existen dos conceptos clave en el estudio de la eficiencia productiva:

-Productividad total de los factores. Es la ratio de un indicador de outputs dividido por un indicador de inputs. Si hay un output y un input es la ratio del número de unidades de output por el número de unidades del input, y gráficamente se puede medir mediante un rayo desde el origen al par input/output de la empresa correspondiente. La pendiente de este rayo es igual

¹⁶Maskin y Riley (2000) analizan el equilibrio de subastas de primer precio con participantes heterogéneos y demuestran que en equilibrio empresas que tienen unas pérdidas esperadas mayores (menor valoración) que otras, pueden ganar la adjudicación.

¹⁷Binmore y Klemperer (2002) propusieron utilizar una subasta de este tipo para las subastas de UMTS en el Reino Unido, donde las empresas establecidas en el mercado con anterioridad tenían una ventaja competitiva sobre los nuevos entrantes.

a la ratio de productividad. Si hay más de un input y un output hay que utilizar índices (sumas ponderadas por el peso en ingresos o costes por ejemplo) de varias cantidades:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{índice de outputs}}{\text{índice de inputs}}$$

-Frontera de producción. Es la función de producción, el máximo número de outputs que se puede producir con un nivel dado de inputs y representa las mejores prácticas posibles en la industria.

A pesar de que la eficiencia productiva es un ingrediente muy importante de la eficiencia económica global y por lo tanto de la capacidad de la economía de generar riqueza y crecer, no existe un consenso claro sobre el efecto de distintas estructuras de mercado o mecanismos regulatorios sobre la eficiencia productiva. En la mayoría de estudios teóricos sobre la competencia perfecta, el aspecto de la eficiencia productiva relacionado con la minimización de costes (la eficiencia-X) simplemente se supone, pero no se explica. Respecto al cambio técnico, la investigación académica no es concluyente sobre si la competencia perfecta o el monopolio facilitan más las actividades de innovación. La investigación teórica es clara sobre un punto sin embargo: la competencia perfecta con libre entrada lleva a las empresas a producir en la escala mínima eficiente, lo cual no ocurre con el oligopolio o competencia imperfecta. Por lo tanto las conclusiones dependen mucho del tipo de eficiencia productiva del que se esté hablando. A pesar de esto, Nickell (1996) realiza un exhaustivo estudio empírico en el que llega a la conclusión de que las empresas que operan en sectores con menos poder de mercado (más competitivas) operan en general con niveles superiores de productividad.

Sin embargo aunque llegáramos a la conclusión de que la competencia tiene efectos positivos en la mayoría de aspectos de la eficiencia productiva, seguirá habiendo sectores caracterizados por la presencia por lo menos de algunos segmentos de monopolio natural, es decir, donde los costes medios siempre son decrecientes para los niveles relevantes de demanda, y por lo tanto el número de empresas que minimiza los costes medios es 1. En estos casos, dado que la regulación es imprescindible para proteger a los consumidores, es relevante preguntarse por la relación entre regulación y eficiencia productiva. En este sentido, la forma tradicional de regular los monopolios naturales, en que se garantizaba a la empresa regulada una tasa de retorno sobre el capital invertido que era independiente de los costes reales, producía lo que se conoció como efecto Averch-Johnson, que consistía en que las empresas tenían incentivos para demandar una cantidad excesiva del factor capital. Este era un efecto de ineficiencia productiva que se derivaba de la ineficiencia asignativa, porque la regulación por la tasa de retorno tenía el efecto de distorsionar el precio relativo de los inputs. En la práctica, sin embargo, lo que más se ha criticado de la regulación por la tasa de retorno ha sido la debilidad de los incentivos que presenta para la minimización de costes, es decir una crítica centrada en la ineficiencia X. Estos problemas pretendían solucionarse con métodos de regulación por incentivos, como los price-caps o la competencia referencial.

La medición de la eficiencia productiva es pues un input clave en el trabajo de las agencias reguladoras, así como en los debates sobre el impacto de políticas como privatizaciones, efectos de diferencias institucionales, etc. Las agencias reguladoras, por ejemplo, deben valorar el impacto de los instrumentos regulatorios sobre la eficiencia productiva, y las ganancias en eficiencia productiva deben ser distribuidas con algún criterio de justicia entre consumidores y productores.

Existen dos métodos principales, el primero no paramétrico y el segundo paramétrico, para calcular la frontera productiva y medir la eficiencia productiva en relación a dicha frontera:

-Análisis de la envolvente de los datos (DEA, por las siglas en inglés de *Data Envelopment Analysis*), que consiste en calcular la frontera de producción mediante un problema de programación lineal.

-Análisis de la frontera estocástica (*Stochastic Frontier Analysis*, SFA). Consiste en estimar una función de producción y utilizar los parámetros de esta estimación para calcular la productividad total de los factores y sus componentes. Por ejemplo, consiste en estimar mediante máxima verosimilitud los parámetros del modelo $\ln(y_i) = x_i\beta + v_i - u_i$ donde v_i se distribuye como una variable aleatoria normal con media 0 y varianza constante, y u_i se distribuye como una variable aleatoria exponencial o normal truncada (sólo pueden tomar valores positivos). En este caso concreto el índice de eficiencia técnica es $TE_i = \frac{y}{\exp(x_i\beta+v_i)} = \frac{\exp(x_i\beta+v_i-u_i)}{\exp(x_i\beta+v_i)} = \exp(-u_i)$.

Al suponer las estimaciones de costes implícitamente que las empresas se sitúan todas sobre su frontera de eficiencia, los análisis de frontera estocástica que utilizan las funciones de costes como núcleo de los determinantes de la frontera, suponen una mejora en la medida que permiten la posibilidad de que existan empresas que no se sitúan sobre la frontera, y por lo tanto ello permite medir la eficiencia relativa de las empresas. El análisis de frontera estocástica consiste pues en la estimación de una función de producción o de costes y a continuación emplear los parámetros de las mismas para calcular la productividad total de los factores, así como los componentes de la misma.

A pesar de que SFA es un enfoque paramétrico que permite tener en cuenta aspectos aleatorios y aplicar métodos econométricos relativamente convencionales y conocidos, tiene dos limitaciones importantes. Por un lado, requiere establecer supuestos sobre la función de producción y la función de ineficiencia técnica. Por otro, su aplicaciones puede generar complicaciones estadísticas, además de plantear problemas de endogeneidad. Frente a ello, el DEA facilita considerar un enfoque individualizado de cuáles son las fuentes de ineficiencia para cada empresa, y no establece restricciones en las formas funcionales que relacionan inputs con outputs. Sin embargo, cuenta con las limitaciones de no considerar un término de error con el que realizar contrastes de hipótesis sobre los resultados y permite que sus resultados se puedan originar con una base de datos donde el número de variables respecto del número de observaciones sea muy elevado, lo cual generaría dudas razonables sobre la fiabilidad y relevancia del resultado.

3.1 Medición de la eficiencia productiva con DEA

El análisis de la envolvente de los datos calcula una frontera de eficiencia para un conjunto de unidades (ya sean empresas, sistemas de transporte en distintas ciudades, unidades de negocio, etc.), así como la distancia respecto a la frontera de cada unidad.¹⁸

Nos vamos a centrar aquí en el modelo DEA de orientación a inputs, dado que este modelo toma como invariable en el nivel de producto, algo que es consistente con la medición de la eficiencia en sectores regulados como el transporte ferroviario, dado que en tales sectores las unidades que toman decisiones tienen discreción para decidir sobre parte de los inputs pero no sobre los outputs.

En el llamado problema primal de un DEA de 1 output y 2 inputs con Rendimientos de Escala constantes, si hay N unidades cuya eficiencia queremos comparar, la eficiencia relativa de la unidad i se obtiene solucionando

$$\begin{aligned} & \underset{\lambda}{\text{Min}} \theta \\ \text{sujeto a } & -y_i + \mathbf{y}\boldsymbol{\lambda} \geq 0 \\ & \theta x_{1i} - \mathbf{x}_1\boldsymbol{\lambda} \geq 0 \\ & \theta x_{2i} - \mathbf{x}_2\boldsymbol{\lambda} \geq 0 \\ & \boldsymbol{\lambda} \geq 0 \end{aligned}$$

donde $\boldsymbol{\lambda}$ es un vector de N constantes, \mathbf{y} es el vector de N observaciones de las cantidades del producto, y \mathbf{x}_1 y \mathbf{x}_2 son los vectores de observaciones de las cantidades de inputs para el conjunto de empresas objeto del análisis¹⁹; y θ es un escalar menor o igual que 1, que constituye el resultado en eficiencia para la unidad i .

Este es un problema de programación lineal, dado que tanto la función objetivo como las restricciones son lineales, es decir combinan simplemente sumas y multiplicación de las variables por constantes. Los problemas de programación lineal tienen métodos estándar de solución (aunque distintos de los métodos de programación no lineal habituales en microeconomía, como la maximización de la utilidad sujeta a restricciones o la minimización de costes sujeta a una función de producción). Existen paquetes informáticos especializados en la solución de problemas DEA de programación lineal, como DEAP y FRONTIER; ver la página web <http://www.deazone.com/index.htm> para un resumen.

Un valor igual a 1 indica que esta unidad se halla en la frontera, y por lo tanto es técnicamente eficiente. El valor de θ que se obtiene para cada unidad es el índice de eficiencia (*efficiency score*) de esa empresa ET_i^{REC} .

Dado un conjunto de unidades a analizar, se puede cuantificar la ineficiencia técnica en promedio de un sector como el promedio de los valores θ hallados para las distintas unidades. Esta ineficiencia técnica en promedio nos dirá la

¹⁸Para un resumen exhaustivo de la investigación académica sobre DEA y otras técnicas de frontera para la medición de la eficiencia productiva, ver Murillo-Zamorano (2004).

¹⁹En el caso de los ferrocarriles y puede ser los pasajeros por kilómetro, y los inputs pueden ser unidades de trabajo y de capital.

cantidad de recursos físicos que se puede ahorrar (y por lo tanto dedicar a otros objetivos que tenga la sociedad, ya sea en el sector objeto de estudio -incluido el aumento del output, o en otros sectores) como porcentaje de los recursos que se emplean para producir un determinado nivel de output.

El problema hay que repetirlo para todas las unidades objeto del análisis. Una vez resuelto el problema para todas las unidades, aquéllas con $\theta = 1$ forman parte de la frontera, y los valores del vector λ para cada unidad dan lugar a una unidad virtual que se halla en la frontera, unidad virtual construida a partir de alguna o algunas de las unidades que están en la frontera (unidades de referencia) y de los valores de λ . La frontera es única para todas las unidades de la muestra (lo cual implica lógicamente que las unidades que aparecen como de referencia cuando se resuelve el problema de la unidad j , tienen $\theta = 1$ cuando se resuelve el propio problema de la unidad de referencia), pero los valores de θ y de λ (y por lo tanto las unidades virtuales en las que se proyecta cada unidad real en la frontera) son específicos para cada unidad.

En el problema dual del anterior (es decir -si el primal es un problema de minimización, el problema de maximización que da lugar a un mismo valor para la función objetivo calculada en el valor óptimo), se calculan los índices que maximizan la ratio de un índice de outputs, en este caso un output, sobre un índice de inputs (es decir, se maximiza un indicador de la productividad), restringiendo esta ratio a ser menor que 1 para facilitar la comparación. Como esto da lugar a infinitas soluciones, se añade la restricción adicional de que el valor de los inputs calculado con este índice sea 1. Estos índices tienen una interesante y útil interpretación económica: los índices pueden interpretarse como los precios (sombra) que hacen que los costes sean mínimos y los beneficios máximos para la unidad objeto de análisis. Esto significa suponer la eficiencia asignativa de la unidad evaluada (Álvarez Pinilla, 2001, pag. 164), con lo cual toda ineficiencia residual será puramente técnica (resultado de no minimizar costes o de no operar en la escala mínima eficiente).

El problema dual para la unidad i , manteniéndonos en el supuesto de 1 output y 2 inputs, es:

$$\begin{aligned} & \underset{u, \nu_1, \nu_2}{Max} u \cdot y_i \\ \text{sujeto a } & \nu_1 x_{1i} + \nu_2 x_{2i} = 1 \\ & u \cdot y_j - \nu_1 x_{1j} - \nu_2 x_{2j} \leq 0, \quad j = 1, \dots, N \\ & u, \nu_1, \nu_2 \geq 0 \end{aligned}$$

Nos centramos a partir de ahora en el problema primal, por cuanto nos parece de más intuitiva interpretación, por lo menos en el caso de orientación a inputs (es decir, la situación en que pretendemos hallar la máxima reducción posible de los inputs compatible con un nivel dado de output). Queda claro sin embargo que hacemos abstracción de la existencia de problemas de eficiencia asignativa, y nos centramos en los aspectos técnicos de la eficiencia, ignorando cualquier papel que puedan jugar los precios de los inputs.

El problema de restringir los valores del vector λ a ser simplemente mayores que cero es que estos valores pueden ser arbitrariamente elevados, y en consecuencia podemos estar comparando las unidades reales con unidades de referencia de tamaño muy distinto. El DEA de 1 output y 2 inputs con Rendimientos de Escala variables evita este problema añadiendo la restricción de que la suma de las constantes del vector sea igual a 1:

$$\begin{array}{rcl} & & \underset{\lambda}{Min} \theta \\ \text{sujeto a} & -y_i + \mathbf{y}\lambda & \geq 0 \\ & \theta x_{1i} - \mathbf{x}_1\lambda & \geq 0 \\ & \theta x_{2i} - \mathbf{x}_2\lambda & \geq 0 \\ & \mathbf{e}'\lambda & = 1 \\ & \lambda & \geq 0 \end{array}$$

donde \mathbf{e} es un vector de unos.

La diferencia entre que la suma de las constantes del vector tenga que ser igual a 1 y que las constantes sean simplemente mayor que cero, es que en el segundo caso podemos estar comparando la unidad evaluada con una que esté muy lejos en el plano de los inputs; en este caso, si λ es muy elevado, la proyección radial de la unidad evaluada se halla muy lejos de la unidad de referencia. Restringiendo los λ a sumar 1 impedimos que la unidad de referencia esté muy lejos de la unidad virtual sobre la que se proyecta la unidad evaluada. Los θ para cada unidad obtenidos como solución a este problema son los índices de eficiencia técnica con rendimientos variables de escala ET_i^{REV} .

Dado que al calcular los índices ET_i^{REC} podemos estar comparando unidades que operan en escalas muy distintas, el índice mezcla ineficiencias debidas a que los gestores no están teniendo un comportamiento minimizador de los recursos a emplear para alcanzar un determinado output, con ineficiencias debidas a no operar en la escala óptima (aquella cantidad del producto que minimiza los costes medios de producción). Esta mezcla no sería nociva si las unidades operaran con rendimientos constantes de escala para todos los niveles relevantes de cantidad del producto, pero son pocos los procesos productivos caracterizados por esta tecnología.

Se puede medir el grado en que las empresas operan en la escala eficiente calculando la ratio entre ET_i^{REC} y ET_i^{REV} , es decir $ES_i = \frac{ET_i^{REC}}{ET_i^{REV}}$, de forma que si los índices calculados suponiendo rendimientos de escala constantes y suponiendo rendimientos variables son iguales la empresa opera al 100% con eficiencia de escala, consiguiendo un valor de 1 en el índice de eficiencia de escala.

Los métodos revisados hasta el momento calculan los índices de eficiencia para cada empresa suponiendo que se pueden reducir proporcionalmente todos los inputs controlables por los gestores y seguir produciendo el mismo nivel de output (índices radiales de eficiencia). Sin embargo, para algunas unidades

(reales o virtuales, es decir aquellas unidades sobre la frontera "proyectadas" para comparar las unidades reales), puede que sea posible reducir sólo uno de los inputs manteniendo la cantidad de los demás y manteniendo el nivel de output. Esto ocurre en los tramos verticales u horizontales de las iso-quantas correspondientes a un determinado nivel de producto, cuando se dispone de dos inputs para producir un output. Cuando esta reducción puede producirse se dice que existe holgura en los inputs (*input slack*). Existe el concepto relacionado de holgura en los outputs (*output slack*). Si las unidades analizadas producen más de un output, la holgura en outputs se produce cuando es posible aumentar la cantidad de uno de los outputs manteniendo constante la cantidad del otro y manteniendo constantes las cantidades de inputs. Esto puede ocurrir si hay unidades que operan en los tramos horizontales o verticales de una frontera de posibilidades de producción en un proceso productivo de dos outputs y un input.

3.2 Eficiencia productiva en el transporte ferroviario

El objetivo de esta revisión de la literatura no es la exhaustividad, dado el elevado número de trabajos existentes en el ámbito de la medición de eficiencia de empresas ferroviarias. Por ello, la intención es circunscribir la discusión a aquellos trabajos que analizan empíricamente la eficiencia en el sector del ferrocarril con objetivo de estudiar las implicaciones derivadas de emplear distintos mecanismos regulatorios.

Siguiendo a Oum et al (1999), podemos identificar tres tipos de métodos cuantitativos empleados para analizar el comportamiento de las empresas ferroviarias. El primero consiste en el empleo de números índice para medir la productividad, habitualmente llevando a cabo una descomposición entre sus determinantes. Un ejemplo reciente de la aplicación de estos métodos al caso de los ferrocarriles de cercanías es el trabajo de Graham (2003). El principal inconveniente de este método para los objetivos de la presente investigación es que no permite medir la eficiencia con la que operan las distintas empresas, dado que únicamente cuantifican la productividad.

Una segunda categoría metodológica la constituyen los modelos econométricos. Se basan en la estimación de funciones de costes o de producción en las que se incluye un término aleatorio que controla por el comportamiento aleatorio, el efecto de variables no observadas, los errores de medición y, con supuestos adicionales, permite cuantificar el comportamiento ineficiente. Sin embargo, requiere realizar supuestos sobre la forma funcional que se estima y la distribución de sus componentes aleatorios. Lo más frecuente, dado el carácter multiproducto de los mercados ferroviarios, es estimar una función de costes. Podemos considerar que el análisis econométrico de la operación de servicios de ferrocarril se origina con el trabajo de Caves et al (1980), quienes obtienen un índice de productividad mediante una estimación en dos etapas. Tras la estimación de una función de costes variables estiman un modelo que permite identificar los determinantes de la productividad. Posteriormente, Caves et al (1981) aplicaron la misma metodología al estudio de la productividad total de los factores (TFP). Estas técnicas, si bien han sido ampliamente utilizadas, también han sido crit-

icadas por basarse en una función de costes representativa del conjunto del sector. Por ello, no permiten distinguir entre los conceptos de productividad y eficiencia, lo cual sólo resulta posible si se emplean funciones frontera. De esta forma, la especificación de una función (de costes o de producción) que representa el mejor comportamiento técnicamente factible para una empresa del sector permite, mediante el cálculo de la distancia a la frontera, identificar y estimar la (in)eficiencia de cada una de las empresas. La estimación de la ineficiencia se consigue mediante la incorporación explícita de una perturbación en el modelo. En función de los supuestos que se realicen sobre la distribución de dicha perturbación, la frontera se considerará determinística o estocástica. La frontera determinística se obtiene mediante la estimación de una función de costes por mínimos cuadrados ordinarios, recalculándose los términos de error en función del que corresponde a la observación con un error con mayor valor. Entre otros, Deprints y Simar (1989) han llevado a cabo estimaciones de este tipo, y Jha y Sing (1994) han empleado datos de panel formados por ocho sistemas regionales indios en el periodo 1966-1989.

La principal crítica que reciben las técnicas de frontera determinística es que adjudican todo el error resultante de la estimación a la ineficiencia de la empresa. La definición de la frontera en términos estocásticos añade un segundo término aleatorio a la especificación del modelo y permite de esta forma separar entre la aleatoriedad debida a los problemas de medida u otro tipo de ruido, y la que puede ser atribuida a la ineficiencia empresarial. El punto de partida para el análisis de funciones estocásticas es el trabajo de Perelman y Pestiau (1988). Kumbhakar (1989) constituye una de las primeras aplicaciones de este tipo, a un panel compuesto por 42 servicios ferroviarios de EE.UU. Cantos et al (2000) llevan a cabo una estimación de la frontera de costes estocástica para 15 operadores europeos de alcance nacional. Posteriormente estiman un modelo Tobit para identificar los determinantes de la ineficiencia. Este modelo identifica la autonomía financiera y de gestión, así como la intensidad en el uso de la red como factores que incrementan la eficiencia, mientras que un aumento en el número de pasajeros por tren la reduce.

La tercera categoría la constituye el Análisis Envolvente de Datos, cuyas características se han explicado anteriormente. Oum y Yu (1994) fueron los primeros autores que aplicaron un análisis DEA en dos etapas al sector del ferrocarril: los índices de eficiencia que obtenían en el DEA son explicados posteriormente por un modelo Tobit en el que se incluyen como regresores las variables no controladas por la empresa. El residuo de este modelo se interpreta como un índice de eficiencia residual que captura las ineficiencias que se deben a decisiones que sí se encuentran bajo el control de la empresa. El modelo de Oum y Yu se estima con datos de 19 operadores nacionales europeos durante el periodo 1978-1989. Los autores replican el análisis empleando dos medidas de producción: el output disponible (trenes de pasajeros-km y trenes de mercancías-km) y el output generador de ingresos (pasajeros-km y toneladas-km). Los resultados obtenidos en cada caso son comparables y cuando se producen diferencias significativas pueden ser explicables por las distintas características de ocupación o carga de las empresas. El DEA inicial se calcula empleando medidas de si-

ete tipos de inputs distintos: empleados, energía, estructuras y vías, materiales y tres tipos de vehículos: de pasajeros, de carga y locomotoras. Los autores utilizan un DEA con rendimientos constantes a escala, por lo que los índices de eficiencia obtenidos no tienen en cuenta el posible papel de las economías de escala. Entre las variables explicativas del modelo Tobit se incluyen tanto medidas que caracterizan el mercado y entorno en el que opera la empresa ferroviaria (medidas de densidad, reparto del tráfico entre pasajeros y mercancías, distancia media de los viajes de pasajeros y transportes de carga, niveles medios de carga por vagón y una variable temporal que recogería el impacto del cambio técnico), como variables controlables por el gobierno y/o las agencias regulatorias implicadas: porcentaje de subvenciones sobre los costes operativos de la empresa, porcentaje de red electrificada y grado de autonomía en la gestión, de acuerdo con el índice de Compagnie, Gathon y Pestieau (1991). Tanto los resultados del modelo calculado sobre la definición de output disponible como el que emplea medidas generadoras de ingresos, las variables de densidad y distancia media de los viajes de pasajeros y transportes de carga muestran coeficientes no significativamente distintos de cero. Los resultados más relevantes de este modelo son los que indican que el porcentaje de electrificación de la red, el grado de autonomía en la gestión y un menor porcentaje de subvenciones sobre costes operativos dan lugar a una mayor eficiencia en la operación. Por ello, los autores concluyen que la eficiencia productiva podría incrementarse mediante un marco regulatorio que proporcionase mayor libertad de toma de decisiones a los managers. El modelo también permite identificar un proceso de cambio técnico que explicaría una mejora del 7-8% anual en la eficiencia productiva. La significatividad de este conjunto de variables indica que una comparación de la eficiencia entre operadores ferroviarios no puede realizarse sin tener en cuenta los efectos de las diferencias en los mercados y ambientes de gestión de cada empresa.

Los resultados de Oum y Yu (1994) permiten igualmente la comparación de los rankings de eficiencia obtenidos a partir del DEA inicial y los que se obtienen controlando por los factores considerados en el modelo Tobit. Dicha comparación muestra algunas diferencias significativas. Operadores como CP (Portugal) o JNR (Japón) empeoran notablemente su posición al pasar de los resultados de la primera etapa a los de la segunda, mientras que DSB (Dinamarca) mejora sensiblemente. El uso de datos de panel permite también observar la evolución de la eficiencia en el tiempo. Los operadores danés (DSB) y austriaco (SNCB) muestran una evolución positiva, mientras que el comportamiento del CFL (Luxemburgo), CH (Grecia), NSB (Noruega) o TCDD (Turquía) empeora notablemente.

En un trabajo posterior, Cowie (1999) emplea técnicas DEA para estudiar las diferencias de eficiencia que pueden atribuirse a la propiedad pública o privada de las empresas operadoras de ferrocarril suizas. Para ello emplea una base de datos formada por 50 empresas ferroviarias que operan principalmente servicios de transporte de pasajeros (los tres principales operadores helvéticos, de un tamaño muy superior, no se incluyen en el análisis). La metodología empleada por Cowie consiste en aplicar un DEA a las dos submuestras de empresas públi-

cas y privadas (definidas como aquellas con una proporción de capital privado superior al 30%) y comparar la posición relativa de las fronteras calculadas en cada caso. De esta forma resulta posible descomponer la eficiencia técnica (distancia a la frontera común) en una medida de eficiencia de gestión (distancia a la frontera del grupo al que pertenece la empresa) y otra de eficiencia organizativa (distancia entre las fronteras de ambos grupos). Los resultados muestran que, en términos agregados para cada conjunto de empresas, la práctica totalidad de la eficiencia técnica se explica por diferencias en la gestión, siendo el papel de la eficiencia organizativa menos relevante. Sin embargo, se observa una elevada variabilidad en los resultados individuales. El autor avanza la hipótesis de que existan distintas restricciones al comportamiento de las empresas públicas en distintas zonas del país, lo cual explicaría distintos resultados en cuanto a la eficiencia de las mismas.

Un aspecto relevante en este trabajo es el tratamiento de las economías de escala en la operación de servicios ferroviarios. Dada la pequeña escala en la que se ofrecen la mayoría de los servicios incluidos en la muestra, resulta necesario considerar la existencia de rendimientos variables a escala. Para ello, emplea un DEA con rendimientos variables a escala, en el que se separa la ineficiencia técnica del impacto de la escala de operaciones. Los resultados son consistentes con los cálculos de economías de escala en una muestra de ferrocarriles suizos muy similar por parte de Filippini y Maggi (1992).

Cantos, Pastor, Serrano (1999) van más allá en el análisis de los resultados del DEA, al estimar un modelo explicativo de los determinantes de la eficiencia, y otro del cambio técnico. Empleando un panel de datos de 17 operadores europeos de ferrocarril durante el periodo 1970-1995 calculan índices de productividad de Malmquist a partir de los resultados del DEA. Los inputs empleados en este análisis son el empleo, el consumo de energía otros materiales, el número de locomotoras, de vagones de pasajeros, de vagones de mercancías y, por último, los kilómetros de vías. Como medidas de output se consideran los pasajeros-km y las toneladas-km transportadas. Una vez calculada la posición de la frontera de producción para cada año, llevan a cabo una descomposición de la evolución observada en la productividad empresarial en la parte debida a los cambios en la eficiencia empresarial y la que se debe al progreso tecnológico que efectúa cada empresa. La evolución agregada de estas dos variables para el conjunto de la muestra pone de relieve la importancia del cambio técnico como factor impulsor de la productividad en los ferrocarriles europeos, principalmente a partir de los años ochenta. En la línea de los trabajos anteriores, efectúan un análisis Tobit de segunda etapa sobre los determinantes de la eficiencia de los distintos operadores, que extienden a un modelo explicativo del cambio técnico. Los resultados del primer modelo muestran que las variables que influyen positivamente sobre la eficiencia son el grado de autonomía en la gestión (calculado mediante el índice de Gathon y Pestieau, 1995), el grado de cobertura de costes operativos, el porcentaje de red electrificada, la carga de pasajeros y toneladas por tren. La longitud de la red, que ya aparecía como input en el DEA, se incorpora también a este modelo como variable explicativa, mostrando un impacto negativo y significativo sobre la eficiencia. Este resultado se interpreta como una

relación inversa entre tamaño de la empresa y eficiencia. Para explicar los determinantes del progreso técnico se estima un modelo lineal por mínimos cuadrados ordinarios, en el que las variables explicativas directamente relacionadas con el cambio técnico son el porcentaje del tráfico de pasajeros sobre el total, el grado de autonomía en la gestión y la cobertura de costes operativos. En contra de lo esperado, el grado de electrificación de la red muestra un signo negativo, pero no significativamente distinto de cero.

De esta breve revisión de la literatura se puede concluir que las técnicas DEA constituyen una herramienta de uso habitual en el análisis económico aplicado de la eficiencia de los operadores ferroviarios. Sin embargo, el alcance de los distintos estudios se ve condicionado por la calidad de la información disponible. Esta circunstancia explica en gran medida el tipo de variables empleadas en los análisis de segunda etapa, o el hecho de que la inmensa mayoría de trabajos en el ámbito ferroviario empleen como unidad de análisis el operador nacional, habitualmente en un contexto multiproducto. Dada la información disponible, es muy escasa la aplicación de técnicas DEA a operadores de servicios locales o regionales, o incluso a la operación de servicios en distintos ámbitos geográficos por parte de una misma empresa.

3.3 Ejercicio DEA en ferrocarriles de cercanías

Con el objetivo de ilustrar las posibilidades de aplicar un DEA a la comparación de la eficiencia productiva de empresas ferroviarias de servicios de cercanías, en esta sección se lleva a cabo una aplicación de las técnicas expuestas en las secciones anteriores. El ejemplo no tiene tanto el objetivo de obtener conclusiones de aplicación inmediata sobre la posible implantación de mecanismos de regulación, como ilustrar las dificultades a las que se enfrenta un análisis de este tipo. Las limitaciones de información disponible (tanto sobre el número de empresas incluidas en el análisis como sobre la cantidad y calidad de la información disponible sobre cada una de ellas) o las diferentes implicaciones de distintas opciones metodológicas son ejemplos de problemas que el regulador debería afrontar al implantar un mecanismo de este tipo.

Los datos empleados para llevar a cabo el trabajo empírico se han obtenido de la dirección de producción de Renfe-Cercanías y se refieren a distintas características de la operación de dichos servicios en los once núcleos de Cercanías de España ente los años 2000 y 2004. Debido a las garantías de confidencialidad, no es posible identificar los resultados de cada núcleo. Por ello, nos referiremos a los distintos núcleos con las letras A, B, ..., K, asignadas de forma aleatoria.

Tal como se ha detallado en las secciones anteriores, la aplicación de un DEA requiere tomar decisiones sobre una serie de aspectos relacionados con la modelización. En este ejemplo, se ha planteado un DEA orientado a los inputs, tal como resulta habitual en los análisis de empresas ferroviarias, donde es habitual que el control sobre los factores de producción sea inferior al que se posee sobre los servicios generados. Una segunda decisión es la referida a la consideración de rendimientos constantes o variables. Sin pérdida de generalidad, optamos por un DEA con rendimientos variables, dado que este análisis calcula también

la frontera con rendimientos constantes, obteniendo a partir de ambas el factor de escala de cada operador. Por último, siguiendo a Coelli (1996) el papel de las holguras (slacks) se excluye del análisis. Así, autores como Ferrier y Lowell (1990) consideran que las holguras constituyen una forma de ineficiencia asignativa, por lo que para llevar a cabo un análisis de la eficiencia técnica como el que aquí se propone puede resultar suficiente emplear los resultados de ineficiencia radial que se obtienen directamente del análisis DEA.

La tabla 1 muestra los resultados del DEA de los once núcleos de Cercanías durante el periodo 2000-2004, considerando una función de producción cuyos inputs son el número de estaciones abiertas al tráfico, el empleo y las ramas disponibles para la prestación de servicios. Como output se consideran los viajeros-km transportados. Tal como se ha expuesto anteriormente, y siguiendo a Muñiz (2001), se incorporan al modelo tanto inputs sobre los que la empresa no tiene control a corto plazo (número de estaciones abiertas) como aquellos sobre los que la gestión del núcleo posee mayor discrecionalidad (empleo y ramas).

Tabla 1. Eficiencia técnica (CRS, VRS)

Núcleo		2000	2001	2002	2003	2004
A	CRS	1	1	1	1	1
	VRS	1	1	1	1	1
B	CRS	0.792	0.665	0.538	0.607	0.735
	VRS	1	1	1	1	1
C	CRS	0.634	0.630	0.501	0.487	0.538
	VRS	0.654	0.664	0.562	0.533	0.560
D	CRS	0.615	0.659	0.612	0.597	0.607
	VRS	0.627	0.679	0.624	0.598	0.613
E	CRS	0.258	0.249	0.222	0.232	0.279
	VRS	1	1	1	1	1
F	CRS	0.606	0.604	0.542	0.499	0.468
	VRS	0.654	0.651	0.578	0.539	0.508
G	CRS	0.751	0.711	0.664	0.711	0.756
	VRS	0.767	0.720	0.678	0.738	0.792
H	CRS	0.857	0.916	0.910	0.926	0.962
	VRS	0.862	0.921	0.936	0.961	0.983
I	CRS	0.860	0.850	0.766	0.805	0.862
	VRS	0.891	0.907	0.823	0.883	0.947
J	CRS	0.768	0.775	0.769	0.722	0.743
	VRS	0.859	0.865	0.866	0.793	0.783
K	CRS	1	1	1	1	1
	VRS	1	1	1	1	1
Media	CRS	0.740	0.733	0.684	0.690	0.723
	VRS	0.846	0.855	0.824	0.822	0.835

Los resultados muestran varias conclusiones relevantes. En primer lugar, se trata de índices de eficiencia relativamente próximos entre sí, lo cual es un indicador de la calidad de la muestra. Resultados muy heterogéneos serían un síntoma de comparaciones entre operadores que gestionan servicios muy distin-

tos. Por otro lado, se observan diferencias significativas entre los indicadores calculados bajo el supuesto de rendimientos constantes y variables a escala, lo cual permite identificar el parámetro que mide si en cada núcleo se están operando servicios a escala óptima. Estos parámetros se muestran en la tabla 2. Naturalmente, todos los núcleos que operan de forma eficiente de acuerdo con la tecnología de rendimientos constantes a escala muestran una escala óptima, mientras que los demás operan a escalas subóptimas.

Tabla 2. Medidas de escala de operación

	2000	2001	2002	2003	2004
A	1	1	1	1	1
B	0.792	0.665	0.538	0.607	0.735
C	0.969	0.949	0.891	0.914	0.961
D	0.981	0.971	0.981	0.998	0.999
E	0.258	0.249	0.222	0.232	0.279
F	0.940	0.928	0.938	0.926	0.921
G	0.979	0.988	0.979	0.963	0.955
H	0.994	0.995	0.972	0.964	0.979
I	0.965	0.937	0.931	0.912	0.910
J	0.894	0.896	0.888	0.910	0.949
K	1	1	1	1	1
Media	0.875	0.857	0.830	0.839	0.866

Tal como se puede observar, los resultados de los análisis con rendimientos constantes y variables difieren notablemente, lo cual pone de manifiesto la existencia de rendimientos variables a escala, al menos en la escala de operaciones de las empresas de nuestra muestra. Según el DEA con rendimientos constantes a escala, únicamente dos operadores (A y K) aparecen como técnicamente eficientes, mientras que la aplicación del análisis considerando una frontera con rendimientos variables a escala añade otros dos operadores a la categoría de eficientes (B y E).

4 Conclusiones

En este trabajo hemos analizado el proceso de liberalización del mercado ferroviario español. En particular, el capítulo uno, han descrito las características generales del proceso, que vienen marcadas por la directiva 91/440/EEC. El punto clave del proceso de liberalización es que se deben separar las actividades de mantenimiento, construcción y operación de las infraestructuras (vías, estaciones, etc...) que quedarán en manos de un monopolio público, de las actividades de uso de la infraestructura, en particular del transporte de mercancías y pasajeros que se abrirán paulatinamente a la competencia. El problema central del artículo es estudiar como debe el gestor de infraestructuras asignar los tramos horarios o surcos, de uso de infraestructuras. Ley del Sector Ferroviario (Ley (39/2003)) establece que debe haber libre entrada al mercado de transporte de pasajeros y de mercancías, y que por lo tanto, las adjudicaciones se restringen a concesiones para operar servicios que siendo deficitarios y por lo

tanto, no estando ofertados por el mercado, se estimen de utilidad pública. Partiendo de esta restricción se han analizado los posibles problemas de diseño que pueden surgir a la hora de caracterizar el mecanismo óptimo para adjudicar una concesión.

La segunda parte del artículo ha tenido como objetivo la ilustración empírica de algunos aspectos metodológicos relacionados con la medición de la eficiencia en la operación de servicios ferroviarios de cercanías, basándonos en el análisis envolvente de datos (DEA). Las principales conclusiones que extraemos del análisis realizados se pueden sintetizar en los puntos siguientes:

- El contexto actual de liberalización del sector no invalida en absoluto la discusión de mecanismos regulatorios en el entorno de los servicios de cercanías, dado que no es previsible su liberalización inmediata y, aún en ese caso, es de esperar que sean prestados por monopolios autorizados.

- La metodología DEA es una herramienta muy potente para llevar a cabo ejercicios de comparación de la eficiencia empresarial. Sin embargo, no existe un consenso absoluto en la literatura respecto al tratamiento que debe darse a las variables ambientales o a los inputs que la empresa no controla de forma directa. El análisis empírico de la eficiencia mediante métodos DEA ha sido ampliamente desarrollado en el contexto de operadores nacionales, obteniéndose resultados relativamente robustos. Sin embargo, la evidencia empírica referida a los servicios de cercanías es mucho más escasa.

- Una de las variables que de forma más clara afectan a la eficiencia en la prestación de los servicios ferroviarios de cercanías es la escala de las operaciones. Por ello, la hipotética regulación por competencia referencial de operadores de tamaños muy diferentes debería incluir mecanismos correctores de la influencia del tamaño de la red.

5 Referencias

Álvarez Pinilla, Antonio, (coord.) (2001), *La medición de la eficiencia y la productividad*, Ed. Pirámide.

Binmore, K. y P. Klemperer, (2002) The Biggest Auction Ever: The Sale of the British 3G Telecom Licences, *Economic Journal*, 112, 74-96

Cantos P., Pastor, J. y Serrano, L (1999), Productivity, Efficiency and Technical Change in the European Railways: A Non-parametric Approach. *Transportation*. 26, 4, 337-57

Cantos, P. y Maudos, J. (2000), Efficiency, Technical Change and Productivity in The European Rail Sector: A Stochastic Frontier Approach. *International Journal of Transport Economics*. 27, 1, 55-76

Caves, D.; Christensen, L. y Swanson, J. (1980), Productivity in U.S. Railroads, 1955-74. *Bell Journal of Economics*, 11, 166-81.

Caves, D.; Christensen, L. y Swanson, J. (1981), Economic Performance in Regulated and Unregulated Environments: A Comparison of U.S. and Canadian Railroads. *The Quarterly Journal of Economics*. 96, 4, 559-81

- Che, Y.-K. (1993) Design competition through multidimensional auctions, *Rand Journal of Economics*, 4, 669-680.
- Coelli (1996) *A guide to DEAP version 2.1*, CEPA, University of New England, Australia.
- Compagnei, Gathon y Pestieau (1991) *Autonomy and performance in public enterprises: the case of railways and postal services*, CIRIEC , Lieja, Abril 4-5 (cit. Oum y Yu, 1994)
- Cowie (1999), The Technical Efficiency of Public and Private Ownership in the Rail Industry, The Case of Swiss Private Railways, *Journal of Transport Economics and Policy*, 33, 3, 241-52
- Deprins, D. y Simar L. (1989), Estimating Technical Inefficiencies With Correction For Environmental Conditions. With an application to railway companies. *Annals of Public and Co-operative Economics*, 81-101
- Engel, E. y Fischer, D. y A. Galetovic, (2001) Least-Present-Value-of-Revenue Auctions and Highway Franchising, *Journal of Political Economy*, 109, 993-1020.
- Filippini, M.; Maggi, R. (1992), The Cost Structure of the Swiss Private Railways. *International Journal of Transport Economics*, 19, 3, 307-327.
- Graham, D. (2003) Economies of Scale and Density in Urban Rail Transport: Effects on Productivity; *Transportation Research: Part E: Logistics and Transportation Review*, 39, 6, 443-58
- Jha, R. y Singh, S.P. (1994), Inter-Temporal and Cross-Section Variations in Technical Efficiency in the Indian Railways. *International Journal of Transport Economics*, 21; 1, 57-73
- Klemperer, P. (2004) *Auctions: Theory and Practice*, Princeton University Press.
- Krishna, V. (2002) *Auction Theory*, Academic Press.
- Kumbhakar, S.C. y L. Hjalmarsson (1998) Relative Performance of Public and Private Ownership under Yardstick Competition: Electricity Retail Distribution, *European Economic Review*, 42, 1, 97-122.
- Maskin, E., y J. G. Riley (2000) Asymmetric auctions *Review of Economic Studies*, 67, 413-438
- Matthews, S. (1983) Selling to risk averse buyers with unobservable tastes, *Journal of Economic Theory*, 30, 370-400.
- Matthews, S. (1987) Comparing auctions for risk averse buyers: A buyers point of view, *Econometrica*, 55, 633-646.
- McAfee, R., y J. McMillan, (1992) Bidding rings, *American Economic Review*, 82, 579-599.
- Milgrom, P. (2004) *Putting Auction Theory to Work*, Cambridge University Press.
- Milgrom, P., y R. J. Weber (1982) A theory of auctions and competitive bidding, *Econometrica*, 50, 1089-1122.
- Murillo-Zamorano, Luis R. (2004), Economic Efficiency and Frontier Techniques, *Journal of Economic Surveys*, 18(1): 33-77
- Muñiz Pérez, Manuel A. (2001), Introducción de variables de control en modelos DEA, en Álvarez Pinilla, Antonio, coordinador, *La medición de la*

eficiencia y la productividad, Ed. Pirámide, pp.197-21

Myerson, R. B. (1981). Optimal auction design, *Mathematics of Operations Research*, 6, 58-73

Nickell, Stephen (1996), Competition and Corporate Performance, *Journal of Political Economy*, 104 (4): 724-746.

Oum, T, Waters, W. G., II y Yu, Chunyan (1999) A Survey of Productivity and Efficiency Measurement in Rail Transport, *Journal of Transport Economics and Policy*, January 1999, v. 33, iss. 1, pp. 9-42

Oum, T, y Yu, C., (1994), Economic Efficiency of Railways and Implications for Public Policy, A Comparative Study of the OECD Countries' Railways, *Journal of Transport Economics and Policy*, 28, 121-38

Perelman, S. y Pestieau, P. (1988), Technical Performance in Public Enterprises. A comparative Study of Railways and Postal Services. *European Economic Review*, 32, 432-441.

Riley, J. G. y W. F. Samuelson, (1981) Optimal auctions, *American Economic Review*, 71, 381-392.

Vickrey, W. (1961) Counterspeculation, auctions, and competitive sealed tenders, *Journal of Finance*, 16, 8-37.