

**Eficiencia y productividad del sistema ferroviario europeo
en el periodo 2000-2012**

*Efficiency and productivity of European railway system
during 2000- 2012*

Luis MACÍAS GALLARDO

Universidad de Educación a Distancia, UNED (España)
lmgallardo@renfe.es

Gregorio ESCALERA IZQUIERDO

Universidad de Educación a Distancia, UNED (España)
gescalera@cee.uned.es

Recepción: Septiembre 2015

Aceptación: Noviembre 2015

RESUMEN

El presente trabajo tiene dos objetivos. El primero es medir la productividad de 23 sistemas ferroviarios públicos europeos, en el periodo 2000-2012. Para ello se utiliza un enfoque paramétrico, para desglosar la variaciones de productividad en cambio de eficiencia, cambio tecnológico y eficiencia a escala. Los resultados obtenidos indican que el incremento de productividad es debido al cambio tecnológico. También analizamos la implementación de las medidas destinadas a liberalizar el ferrocarril, como son la separación de la gestión de la infraestructura de la prestación del servicio y la apertura del sector a nuevos operadores ferroviarios. Se analiza si estas medidas afectan a la eficiencia del sector. Nuestro estudio muestra que los cambios organizativos no han tenido los efectos positivos esperados, mientras que el proceso de apertura de mercados a la competencia solamente tiene efectos positivos sobre la eficiencia del sistema ferroviario público europeo de transporte de mercancías.

Palabras clave: Productividad, eficiencia, separación institucional y organizacional, liberalización.

Clasificación JEL: C12, C13, C23, D24, L22, L50, L92.

ABSTRACT

This paper has two main objectives. The first one is to measure the productivity of 23 European public rail systems between 2000 and 2012. This parametric approach is used to disaggregate productivity changes into efficiency change, technological change and scale efficiency. The results indicate that the increase in productivity is due to the technological change. We also discuss the implementation of measures to liberalize the railway such as the separation of infrastructure management of the service and the opening of the sector to new rail operators. The second objective is to analyze how it affects the technical efficiency. Our study shows that organizational changes have not had the expected positive, while the process of opening markets to competition has only positive effects the freight transport on efficiency of European public rail system.

Keywords: Productivity, efficiency, institutional and organizational separation, liberalization.

JEL classification: C12, C13, C23, D24, L22, L50, L92.



1. INTRODUCCIÓN

Durante el siglo XX, el sector del transporte por ferrocarril se desarrolló en el contexto de los mercados nacionales con una competencia inexistente dentro de cada Estado dado el carácter estratégico de este sector. Por este motivo hay un operador ferroviario estatal encargado de gestionar la infraestructura y realizar el transporte, donde los servicios prestados son de baja calidad, eficiencia y productividad. Esta falta de apertura de los mercados nacionales ha limitado la competitividad del ferrocarril debido a la falta de interoperabilidad entre los diferentes sistemas nacionales, dando lugar a una fragmentación del mercado europeo. Si a esto se le añade la incapacidad del ferrocarril para responder y adaptarse adecuadamente a las nuevas necesidades de los clientes, sus problemas financieros, la globalización de la logística del transporte y la expansión del transporte por carretera con un servicio puerta a puerta, el ferrocarril ha sufrido un importante declive que hace patente la necesidad de una reforma del sector ferroviario.

La Unión Europea está desarrollando una serie de Directivas, a partir de los años noventa, con la que pretende revitalizar y liberalizar el ferrocarril iniciando un proceso desregulador y liberalizador. Este proceso se ha intensificado de manera notable durante la primera década de este siglo. De forma, se ha reducido considerablemente la presencia de los antiguos monopolios estatales. Este proceso de desregularización y liberalización se inicia con la Directiva 91/440/CEE y prosigue las Directivas 95/18/CE, 95/19/CE y 96/48/CE. 161 Estas Directivas establecen la separación contable de la gestión de la infraestructura, el libre acceso a la infraestructura para los servicios internacionales, las normas para la obtención de la licencia de empresa ferroviaria, se fija las reglas para la asignación de la capacidad de infraestructura, el cobro de cánones por el uso de la capacidad de infraestructura. Con posterioridad se desarrollan varias Directivas que se agrupan en los denominados “Paquetes Ferroviarios”. El “Primer Paquete Ferroviario” compuesto por las Directivas 2001/12/CE, 2001/13/CE y 2001/14/CE. Los objetivos de este “Primer Paquete Ferroviario” son ampliar las medidas para aumentar la liberalización y el acceso a las infraestructuras, para ello establece las normas para la asignación de capacidades y las tarifas de acceso a la infraestructura. El “Segundo Paquete Ferroviario”, consta de las Directivas 2004/49/CE, 2004/50/CE y 2004/51/CE, y el Reglamento 881/2004. Los objetivos son reforzar la seguridad, la interoperabilidad, la apertura del mercado del transporte ferroviario de mercancías y la creación de una Agencia Ferroviaria Europea. Este segundo paquete establece que la liberalización de los servicios de transporte de mercancías internacional por ferrocarril quedara antes del 1 de enero del 2006, y un año después el mercado interno de cada país. El “Tercer Paquete Ferroviario” compuesto por las Directivas 2007/58/CE, 2007/59/CE y el Reglamento 1371/2007. Este tercer paquete está más orientado al transporte de viajeros y tiene como objetivo revitalizar el transporte internacional y reforzar los derechos de los pasajeros. Asimismo, establece la apertura del transporte internacional de viajeros para el 1 de enero de 2010.

Los principales elementos para la reestructuración de la industria han sido abrir los mercados a la competencia inicialmente en el transporte de mercancías y la separación de la gestión infraestructura de la prestación del servicio. Sin embargo, la inclusión de estas Directivas en los diferentes ordenamientos jurídicos de los países que componen la Unión Europea se ha realizado de manera heterogénea, con diferentes grados de aplicación en función de las distintas interpretaciones realizadas de las mismas. Estas circunstancias han dado lugar a diferentes modelos organizativos con distintos niveles de competencia entre los operadores ferroviarios¹ que actúan dentro del sistema de transporte ferroviario² de cada país. Este trabajo se centra en analizar la evolución de la productividad y la eficiencia productiva de las empresas públicas resultantes de la aplicación de las medidas destinadas a reformar el sector. En el estudio se tiene en cuenta los diferentes modelos organizativos de los operadores ferroviarios y el grado de apertura del mercado de transporte por ferrocarril.

La estructura de este trabajo es la siguiente. Tras este primer apartado introductorio, en el apartado segundo se analiza los objetivos de la política ferroviaria europea y la evolución del sector. A continuación, se expone las variables utilizadas y la metodología empleada. Y en los apartados quinto y sexto se presentan los resultados obtenidos y la extracción de las conclusiones respecto a los mismos.

2. DESARROLLO DE LA POLÍTICA DE TRANSPORTE FERROVIARIA

En los últimos años, los ferrocarriles europeos han experimentado cambios notables debido tanto a una coyuntura económica globalmente poco favorable como a la evolución del marco reglamentario europeo con el objetivo de crear un espacio ferroviario europeo único basado en la libre competencia. Por tanto, todas las medidas encaminadas a revitalizar el ferrocarril en Europa se centran en el acceso no discriminatorio a la infraestructura. Para ello se establece:

- La separación de la gestión de la infraestructura de la prestación del servicio.
- Cánones de acceso a la infraestructura.
- Especificación de los derechos de accesos para los diferentes segmentos del mercado.
- Introducción de una autoridad reguladora.

Con respecto al grado de separación de la gestión de la infraestructura de la prestación del servicio, la legislación existente no requiere la separación completa de la infraestructura de las operaciones. Lo que sí se requiere es que, si éstas no están en manos de organizaciones que son independientes en términos de toma de decisiones, una organización separada debe estar a cargo de la asignación de la capacidad y el establecimiento de los cánones. Los diferentes grados de interpretación han dado lugar a tres modelos organizativos. El primer



modelo, la integración vertical de estructuras asumida por una única entidad encargada de la gestión de las infraestructuras y la prestación de servicios. Esta es la estructura de las antiguas empresas ferroviarias monopolista. El segundo modelo, existe un único operador integrado que gestiona la infraestructura y presta el servicio de transporte bajo el paraguas de un holding con separación organizativa, contable y legal de las diferentes divisiones. En este modelo existe una división separada que gestiona las infraestructuras y permite el acceso a las instalaciones ferroviarias a otros operadores ferroviarios. Por último, la gestión de la infraestructura se encuentra separada institucional y jurídicamente de la prestación del servicio.

Un elemento clave en este proceso es el establecimiento de la cuantía de los cánones por el uso de la infraestructura ferroviaria. Esta tarea le corresponde al gestor de infraestructura, pero si no es independiente del operador ferroviario entonces el Estado determinará el organismo encargado de establecer dichos cánones. El canon equivale al coste generado por la explotación del tren, puede incluir una partida que refleje la escasez de capacidad o incluso puede incorporar el coste de los efectos de la explotación de los trenes sobre el medio ambiente. Los cánones de utilización de la infraestructura se calculan en función del tipo de infraestructura utilizada, tipo de asignación solicitada, tipo de servicio, tipo de material rodante utilizado, el servicio ofrecido y el tipo de tracción. El importe de los cánones varía de forma muy importante de un gestor de infraestructura a otro, Asimismo, estos repercuten de manera muy distinta en transporte de mercancías y de viajeros. En el caso del transporte de mercancías es más sensible a las variaciones de los cánones de acceso. En términos generales, Dinamarca y Suecia tienen los cánones de acceso más bajos, mientras que Alemania y los países bálticos tienen los más caros.

163

Otro elemento clave que influye en la productividad del sistema ferroviario es la adjudicación de capacidad de la red ferroviaria. La competencia en el mercado depende de la gestión del libre acceso de las empresas. Así, cuando se incorpora un operador al mercado, estas pueden encontrar dos formas de competencia:

- Competencia en el mercado, donde varios operadores ferroviarios compiten por prestar sus servicios en la misma red ferroviaria y en el mismo periodo de tiempo. Este tipo de competencia aparece en el mercado del transporte de mercancías y de viajeros de larga distancia
- Competencia por el mercado, los operadores están en competencia antes del inicio de las operaciones a través de ofertas alternativas para un contrato de prestación de servicios. Esta modalidad se da en los países que otorgan los contratos de servicio público (Obligaciones de Servicio Público)³ a través de procedimientos de licitación pública. Estos contratos están relacionados con la prestación de servicio de transporte de viajeros de cercanías y media distancia.

Hay países que soportan una fuerte demanda de servicio de transporte de viajeros como es el caso de Holanda, Reino Unido o Alemania. Esta circunstancia está dando lugar a la

aparición de cuellos de botella debido a que parte de su infraestructura está “congestionada”, y en el otro extremo los países bálticos con una red infrautilizada ya que circulan principalmente trenes de mercancías. La mayoría de los Estados han optado por priorizar las Obligaciones de Servicio Público. Esto conlleva a la utilización de la red ferroviaria principalmente por trenes de viajeros (suponen el 78% del total de los trenes-km). El actual grado apertura del mercado no depende del tipo de modelo organizacional, integración vertical o separación jurídica. Un buen indicador de la penetración en el mercado de los nuevos operadores ferroviarios es el número de licencias otorgadas para prestar el servicio de transporte. La mayoría de las licencias solicitadas van orientadas únicamente al transporte de mercancías (51%), seguidas las destinadas a operar en los dos mercados (31%) y por último las destinadas exclusivamente al transporte de viajeros (18%). Alemania es el país con el mayor número de licencias otorgadas, seguida de Polonia.

Tabla 1. Transporte de mercancías para EU27 (1000 millones tkm)

	Carretera	Marítimo	Ferrocarril	Fluvial	Oleoducto	Aéreo	Total
2000	1.521,6	1.322,8	405,5	133,9	127,1	2,5	3.513,3
2001	1.563,1	1.342,9	388,0	132,6	133,9	2,5	3.563,0
2002	1.613,3	1.364,1	386,0	132,6	129,7	2,4	3.628,1
2003	1.633,7	1.387,2	394,4	123,6	131,7	2,4	3.673,0
2004	1.750,9	1.436,5	419,3	136,9	133,3	2,5	3.879,5
2005	1.803,3	1.470,8	416,0	138,8	138,0	2,6	3.969,4
2006	1.857,7	1.515,1	438,2	138,6	136,8	2,7	4.089,0
2007	1.925,0	1.542,2	452,0	145,0	131,7	2,8	4.198,7
2008	1.891,5	1.508,0	442,9	146,1	126,5	2,7	4.117,7
2009	1.699,8	1.344,9	363,7	130,5	120,7	2,5	3.662,1
2010	1.763,8	1.424,3	393,8	155,5	121,8	2,6	3.861,9
2011	1.744,7	1.417,2	422,4	142,0	118,4	2,5	3.847,2
2012	1.692,6	1.401,0	407,2	150,0	114,8	2,5	3.768,1

Tabla 2. Transporte de viajeros para EU27 (1000 millones vkm)

	Carretera	Ferrocarril	Metro y Tranvía	Aéreo	Marítimo	Total
2000	5.014,9	372,0	78,4	459,5	41,7	5.966,5
2001	5.117,6	374,0	79,1	455,5	42,0	6.068,2
2002	5.204,3	366,8	80,3	447,4	43,3	6.142,1
2003	5.252,5	363,0	80,6	465,5	43,1	6.204,9
2004	5.321,3	369,4	83,3	495,7	42,6	6.312,3
2005	5.261,2	379,9	83,9	529,9	41,7	6.296,5
2006	5.300,8	391,4	85,7	552,0	42,3	6.372,3
2007	5.363,7	397,6	87,7	575,1	43,4	6.467,6
2008	5.381,8	413,0	91,1	564,2	43,5	6.493,5
2009	5.434,5	405,5	90,9	525,0	42,5	6.498,4
2010	5.370,3	406,8	92,2	525,6	40,5	6.435,4
2011	5.357,6	415,3	93,4	578,6	39,1	6.484,0
2012	5.264,5	418,4	94,1	576,7	37,7	6.391,3

Fuente: EU Transport in Figures 2014

La política de transporte europea ha hecho más hincapié en el transporte de mercancías por las ventajas que ofrece respecto a otros modos de transporte. En el transporte de viajeros se ha abierto el mercado de servicios internacionales en enero del 2010. Así, los mayores beneficios se derivan de la segregación de las operaciones de mercancías de la gestión de la



infraestructura. El transporte de viajeros solamente se explota con carácter comercial si no perjudica a los servicios de la Obligación de Servicio Público (OSP) y se dispone de la capacidad infraestructura suficiente y las tarifas son sostenibles para poder prestar dicho servicio.

En este contexto de liberalización y con una coyuntura económica poco favorable desde el año 2007. Mientras la demanda total de transporte en los Estados miembros ha sido un incremento del 7,25% y 7,12% respectivamente. La demanda de transporte por ferrocarril en la Unión Europea para el periodo 2000 - 2010 se ha incrementado un 0,42% en el transporte de mercancías y un 12,48% en viajeros. En el año 2013 el transporte internación de mercancías supone 47% del total de las toneladas-km transportadas, sin embargo, en el transporte de viajeros tiene una clara orientación hacia el mercado nacional ya que supone el 94% del total de viajeros-km transportados. Asimismo, señalar la fuerte competencia a la que se enfrenta el transporte por ferrocarril con otros modos de transporte. En especial, con el transporte por carretera en el caso del transporte de mercancías y con el transporte por carretera y aéreo en el transporte de viajeros.

3. DATOS Y VARIABLES SELECCIONADAS

Los datos utilizados corresponden a una muestra de 23 sistemas ferroviarios públicos europeos en el período 2000 - 2012. La muestra está limitada a las antiguas empresas ferroviarias estatales o a sus sucesoras. Cabe hacer la aclaración que en algunos países los datos corresponden a una única empresa y en otros como por ejemplo en España los datos corresponden a la empresa Adif (gestora de la infraestructura) y a Renfe (operador ferroviario). Con el fin de poder comparar las observaciones de estos países, las muestras se generan por agregación de los datos de las empresas sucesoras en los países donde haya más de una empresa. La información obtenida para este trabajo proviene de los datos publicados en la página web de Internacional de Ferrocarriles (UIC)⁴, el anuario estadístico 2014 de Eurostat⁵, los informes anuales de los diferentes operadores ferroviarios y gestores de infraestructura, los informes publicados por el Ministerio de Fomento de España y los datos publicados en el Rail Liberalisation Index 2002 - 2004 - 2007- 2011. Este estudio se realiza con una tecnología de producción multi-output y multi-input, por este motivo no se incluye los sistemas ferroviarios de Dinamarca, Holanda, Hungría y Reino Unido. En estos países el transporte de mercancías lo realiza empresas privadas, y en el caso de Reino Unido el transporte de viajeros se realiza por franquicias.

165

En la primera etapa de este estudio se han seleccionado dos outputs y tres inputs. Las variables seleccionadas como outputs son el número de viajeros – km transportados (vkm), corresponde al número de viajeros transportados por los kilómetros recorridos por cada uno de ellos; y el número de toneladas – km (tnkm), corresponde a las toneladas transportadas multiplicada por la distancia recorrida por cada tonelada. Como señala Oum y Yu (1994: 122) se utiliza estas medidas de producción, en comparación con otras

medidas como los trenes – km de pasajeros y los trenes – km de mercancías, ya que tienen en cuenta la posible influencia del gobierno y las restricciones regulatorias sobre la asignación de capacidad. En el caso de los inputs las variables seleccionadas son: el número de empleado en los sistemas ferroviarios (trab), el número de vehículos destinados al transporte de viajeros y mercancías (veh). Asimismo, se incluye la variable densidad de la red (denred) como característica de la red. Se define como la longitud de red el km dividido por el área del país. Esta variable refleja el impacto de las diferentes estructuras y densidad de la red en el proceso productivo y por tanto, sobre el uso de los diferentes factores productivos. La introducción de la variable densidad de la red de una manera no lineal en la función de distancia input orientada influye en la estimación de la función de distancia, pero no aparece en el cálculo y descomposición del FPT. Las redes con diferentes formas y densidades tienen diferente organización y problemas de coordinación (Farsi et al, 2005: 71).

Tabla 3. Estadística descriptiva

Variables	Media	Desv. Estandar	Max.	Min.
Vkm	13.486	21.900	86.324	177
Tnkm	15.895	20.350	113.634	79
Trab	46.050	58.213	249.251	1.711
Veh	25.543	31.723	149.089	1.042
Red	8.198	8.947	36.538	274
DenPob	107,71	77,09	363,43	13,83
DenRed (10^{-2})	5,33	3,19	12,05	1,26

Fuente: datos UIC, Eurostat, informes anuales

En la segunda etapa del estudio se utiliza un modelo econométrico con los outputs anteriores y como inputs, el número de empleado en los sistemas ferroviarios (trab), el número de vehículos destinados al transporte de viajeros y mercancías (veh) y la longitud de la red ferroviaria (Red), además de incluir de variables ambientales con el fin los diferentes niveles de eficiencias de los sistemas ferroviarios. Para ello introducimos las variables que potencialmente podrían considerarse explicativas de estas diferencias de eficiencias como: la densidad de la red ferroviaria (denred), la densidad de población por Km² (denpob), y la variable tiempo (T)⁶. En la tabla 3 aparecen los datos estadísticos de las variables utilizadas en este estudio.

Respecto a las variables asociadas con las principales reformas implementadas en sistema ferroviario europeo, la información se obtiene principalmente de IBM y Humboldt (2004, 2007, 2011) y de Mizutani, et al (2015: 502). Estas variables hacen referencia, en caso de haberse producido un cambio en el modelo organizativo indicar por el que se ha optado. Igualmente, se tiene en cuenta el año en el cual se produce la liberalización del mercado interno del transporte por ferrocarril.



Tabla 4
Fecha implementación reformas sistema ferroviario europeo

País	Tipo de separación		Apertura mercado	
	Organizacional	Institucional	mercancías	viajeros
Bélgica	2.005		2.006	
Bulgaria		2.002	2.005	
Rep. Checa		2.003	2.006	
Alemania	1.997		1.997	1.997
Dinamarca		1.997	2.000	2.003
Estonia	2.009		2.007	
Irlanda				
Grecia	2.007	2.010		
España		2.005	2.007	
Francia		1.997	2.006	
Italia	2.000		2.001	2.012
Letonia	2.007		2.007	
Lituania	2.006			
Luxemburgo				
Hungría	2.007		2.007	
Holanda		2.002	1.998	
Austria	2.005		2.007	
Polonia	2.001		2.006	
Portugal		1.997	2.008	
Rumania		2.003	2.005	
Eslovenia			2.009	
Eslovaquia		2.002	2.007	
Finlandia		1.995		
Suecia		1.989	1.996	1.989
Noruega		1.996	2.007	
Suiza			2.007	
Reino Unido		1.994	1.994	1.996

Fuente: Index Liberalisation 2002 -2004 - 2007 - 2011, Mizutani et al (2015)

En tabla 4 aparecen fecha de implementación de las reformas en función del modelo organizativo por el cual se ha optado y fecha de apertura del mercado interno del transporte ferroviario. Las variables utilizadas en este estudio son:

- OrgVer: se asigna el valor 1 para los países que han optado por un modelo organizativo de separación jurídica entre el operador ferroviario y el gestor de infraestructuras.
- OrgInt: se asigna el valor 1 para los países que han optado por un modelo organizativo de separación organizativa, funcional y contable, es decir, el modelo organizativo holding.
- AperMer: se asigna el valor 1 para los países que han abierto el mercado interno de transporte de mercancías, es decir, existen operadores ferroviarios privados que ofrecen sus servicios de transporte de mercancías dentro del sistema de transporte ferroviario estatal.

- **AperViaj**: se asigna el valor 1 para los países que han abierto el mercado interno de transporte de viajeros, es decir, hay operadores ferroviarios privados que ofrecen servicios de transporte de viajeros dentro del sistema ferroviario estatal.

En esta segunda etapa se realizan cuatro modelos econométricos: el primero incluye solamente las variables ambientales, el segundo incluye únicamente las variables dummies relacionadas con el tipo de modelo organizativo elegido por cada país, el tercer modelo está orientado al grado de apertura y el cuarto modelo se incluye todas las variables que influyen en la eficiencia.

4. METODOLOGÍA

Desde el estudio realizado por Farrel (1957), la medida de la ineficiencia ha ido en paralelo con la estimación de la función de distancia de producción. La ineficiencia se define como la diferencia entre el nivel observado de la variable que está estudiando y el máximo alcanzable, situado en la frontera, la medida de la ineficiencia necesariamente requiere la estimación de la función frontera. En este estudio a la hora de estimar dicha función se aplica el análisis de frontera estocástico, un método simultáneamente introducido por Aigner et al (1977) y Meeusen y van den Broeck (1977). Este método utiliza un enfoque paramétrico para estimar una función de producción con un término de error compuesto (ε_{it}) que incluye un término de error estándar v_{it} , tiene en cuenta los errores de medición y otros factores aleatorios, y se supone que es independiente e idénticamente distribuidos; y el término de error aleatorio u_{it} que representa la ineficiencia técnica, tiene valor no negativo ($u_{it} \geq 0$) y se supone que se distribuye de forma independiente de v_{it} .

El motivo por el cual se utiliza el método de la función de distancia de producción se debe a que en entorno altamente regulados como es la industria del transporte por ferrocarril en Europa y donde el objetivo de minimización de costes o maximización de beneficios no es prioritario (Coelli y Perelman, 2000: 1968). A la hora de estimar la distancia desde la frontera, tanto de la frontera en sí como la relación entre input y output, se requiere especificar algún tipo de función de producción multi-output $P(x)$. La forma más común es la función de producción Translogarítmica. En este estudio se asume el enfoque input orientado, debido que las empresas ferroviarias tienen un mayor poder de influencia sobre los inputs que sobre los outputs. El motivo para adoptar este criterio se basa en el control estatal sobre el transporte público de viajeros por ferrocarril y por la pérdida de cuota de mercado del transporte por ferrocarril en las últimas décadas (Coelli y Perelman, 2000: 1974-1975)7. Si elegimos uno de los m inputs podemos escribir la función translogarítmica (Coelli y Perelman 1999: 331).

$$\ln(D_{0i}/x_{ki}) = \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln y_{mi} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \alpha_{mn} \ln y_{mi} \ln y_{ni} + \sum_{k=1}^{K-1} \beta_k \ln x_{ki}^*$$



$$+ \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{i=1}^{K-1} \beta_{ki} \ln x_{ki}^* \ln x_{ii}^* + \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{m=1}^M \delta_{km} \ln x_{ki}^* \ln y_{mi} \quad (1)$$

Donde $x^* = x_{ki}/x_{ki}$.

En la ecuación y_{mi} representa el output m del sistema ferroviario i y x_{ki} es el input k del mismo sistema ferroviario. Adicionalmente, se imponen las restricciones de homogeneidad y simetría. Una propiedad necesaria de la función de distancia input orientada es la homogeneidad de grado +1 en inputs, lo que implica que

$$\sum_{k=1}^K \beta_k = 1, \sum_{i=1}^K \beta_{ki} = 0 \quad (k = 1, 2, \dots, K), \sum_{k=1}^K \delta_{km} = 0 \quad (m = 1, 2, \dots, K) \quad (2)$$

Siendo la ecuación a estimar:

$$\begin{aligned} -\ln Veh_{it} = & \alpha_0 + \alpha_1 \ln vkm_{it} + \alpha_2 \ln tnm_{it} + \frac{1}{2} \alpha_{11} (\ln vkm_{it})^2 + \frac{1}{2} \alpha_{22} (\ln tnm_{it})^2 \\ & + \alpha_{12} \ln vkm_{it} \ln tnm_{it} + \beta_1 \ln (trab_{it}/veh_{it}) + \frac{1}{2} \beta_{11} (trab_{it}/veh_{it})^2 \\ & + \theta_{11} \ln (trab_{it}/veh_{it}) \ln vkm_{it} + \theta_{12} \ln (trab_{it}/veh_{it}) \ln tnm_{it} + \phi_t t + \frac{1}{2} \alpha_{tt} t^2 \\ & + \psi_{1t} \ln vkm_{it} + \psi_{2t} \ln tnm_{it} + \lambda_{1t} \ln (trab_{it}/veh_{it}) t + denred + v_{it} - u_{it} \end{aligned} \quad (3)$$

Las estimaciones del modelo anterior se obtienen mediante la estimación de máxima verosimilitud con las siguientes restricciones: $v_{it} \rightarrow N(0, \sigma_v^2)$ y $u_{it} \rightarrow |N(0, \sigma_u^2)|, u_{it} \geq 0$. Con el fin de tener en cuenta la estructura de nuestro panel de datos y la heterogeneidad no observada de las empresas aplicamos la metodología de los efectos fijos para el cálculo de los parámetros de la frontera de producción. Este modelo permite a la ineficiencia variar con el tiempo y controlar la heterogeneidad inobservada de las empresas que no está relacionada con la ineficiencia. Los índices de eficiencias calculados oscilan entre uno y cero. Una puntuación de uno define a una empresa eficiente que opera eficientemente y se encuentra situada en la frontera, mientras que una puntuación más baja representa el grado de ineficiencia de la empresa. Donde la eficiencia técnica de cada empresa en cada periodo se puede calcular como:

$$TE_i = E[\exp(-u_i) | (v_i - u_i)] \quad (4)$$

Una vez estimado los parámetros de la función de distancia input orientada, se puede calcular el cambio del factor de productividad total (FPT). Si seguimos el índice generalizado de Malmquist propuesto por Orea (2002: 10-13), el FPT puede descomponerse en cambio de eficiencia técnica, cambio tecnológico y efecto a escala. Así, el cambio FPT para i empresas entre los periodos t y $t+1$ para una función input orientada es (Coelli et al, 2003: 40):

$$\ln (FPT_{it+1}/FPT_{it}) = [\ln (TE_{it+1}/TE_{it})] + \frac{1}{2} [(d \ln D_{it+1}/dt) + (d \ln D_{it}/dt)]$$

$$+\frac{1}{2}\sum_{m=1}^M[(SF_{it+1}\epsilon_{mit+1}+SF_{it}\epsilon_{mit})(\ln y_{mit+1}-\ln_{mit})] \quad (5)$$

Donde el cambio de eficiencia es el logaritmo del ratio de la eficiencia técnica para la empresa i en el periodo $t+1$ y t . El cambio tecnológico se mide por la media de las derivadas parciales de la función de distancia respecto al tiempo en el periodo $t+1$ y t . La medida eficiencia a escala requiera el cálculo de las elasticidades del producto en el periodo $t+1$ y t .

En una segunda etapa se investiga la influencia de las regulaciones y las condiciones medio ambientales en la eficiencia de las organizaciones. Supones que los factores medio ambientales afectan directamente a la eficiencia técnica. El modelo utilizado para medir los efectos de la ineficiencia técnica es el propuesto por Battese y Coelli (1995: 326-328). Este modelo permite la estimación de la función de distancia y los determinantes de la ineficiencia en un solo paso.

$$\mu_i = \delta_0 + \sum_{j=1}^J \delta_j z_{ji} \quad (6)$$

Donde μ_i es la media de la distribución truncada normal del término ineficiencia, z_{ji} indica los j factores regulatorios y medio ambientales que influyen en la eficiencia técnica de cada empresa i en el periodo de estudio, y δ_0 es un parámetro desconocido a estimar. Así, el modelo a estimar es:

$$\begin{aligned} -\ln Red_{it} = & \alpha_0 + \alpha_1 \ln vkm_{it} + \alpha_2 \ln tnm_{it} + \frac{1}{2} \alpha_{11} (\ln vkm_{it})^2 + \frac{1}{2} \alpha_{22} (\ln tnm_{it})^2 \\ & + \alpha_{12} \ln vkm_{it} \ln tnm_{it} + \beta_1 \ln (trab_{it}/red_{it}) + \beta_2 \ln (veh_{it}/red_{it}) \\ & + \frac{1}{2} \beta_{11} (trab_{it}/red_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{22} (veh_{it}/red_{it})^2 \\ & + \beta_{12} \ln (trab_{it}/red_{it}) \ln (veh_{it}/red_{it}) + \\ & + \theta_{11} \ln (trab_{it}/red_{it}) \ln vkm_{it} + \theta_{12} \ln (veh_{it}/red_{it}) \ln vkm_{it} \\ & + \theta_{21} \ln (trab_{it}/red_{it}) \ln tnm_{it} + \theta_{22} \ln (veh_{it}/red_{it}) \ln tnm_{it} \\ & + \phi_t t + \frac{1}{2} \alpha_{tt} t^2 + \psi_{1t} \ln vkm_{it} + \psi_{2t} \ln tnm_{it} \\ & + \lambda_{1t} \ln (trab_{it}/red_{it}) t + \lambda_{2t} \ln (veh_{it}/red_{it}) t + v_{it} - u_{it} \quad y \\ \mu_i = & \delta_0 + \delta_1 \ln red_{it} + \delta_2 \ln pob_{it} + \delta_3 T_{it} + \delta_4 OrgVer_{it} + \delta_5 OrgInt_{it} \\ & + \delta_6 AperMer_{it} + \delta_7 AperVia_{it} \quad (7) \end{aligned}$$

5. RESULTADOS



El presente estudio usa un programa matemático paramétrico denominado FRONTIER 4.1 elaborado por Tim Coelli para estimar los niveles de eficiencia de una muestra de 23 operadores ferroviarios públicos europeos. La estimación de los parámetros para la función distancia input orientada representada por la ecuación 3 se muestran en la tabla 5. La eficiencia técnica se mide desde diferentes enfoques: la forma Cobb – Douglas, no hay cambio tecnológico, cambio tecnológico neutral y existe cambio tecnológico. Desde el punto de vista de la significación del modelo se realiza la prueba de significación con el estadístico LR: $LR = -2[\log(L_0) - (L_1) \approx \chi^2_n]$, donde n representa la cantidad de restricciones impuestas al modelo. Esta prueba nos permite establecer que el mejor modelo que explica la evolución de la eficiencia sistema ferroviario europeo es el que incluye la existencia de cambio tecnológico en el tiempo. Cada variable ha sido normalizada por su media, los coeficientes de primer orden pueden ser interpretados como las elasticidades. Los coeficientes de los outputs tienen los signos esperados. El coeficiente de la variable t sea positivo nos indica la existencia de un cambio tecnológico. Respecto a los factores productivos los coeficientes de elasticidad del trabajo y capital son 0,707 y 0,293 respectivamente. Esto implica un uso intensivo de la mano de obra.

Tabla 5. Estimación de los parámetros de la función de distancia input orientada con cambio tecnológico

Variables	Pará metros	Coefi cientes	T- ratio	Variables	Pará metros	Coefi cientes	T- ratio
ln vkm	α_1	-0,6858***	-12.37	Sigma cuadrado	σ^2	1,4699***	1.04
ln tnkm	α_2	-0,099***	3.27	Gamma	γ	-0,9964***	294
$0,5 \cdot (\ln vkm)^2$	α_3	-0,1527***	5.71	Mu	μ	-0,1944***	-0.13
$0,5 \cdot (\ln tnkm)^2$	α_4	-3,4565***	-2.98	Eta	η	-0,0067***	-3.19
ln vkm·ln tnkm	α_5	0,0466***	3.60				
ln(trab/veh)	α_6	0,7071***	15.41				
$0,5 \cdot (\ln (trab/veh))^2$	α_7	0,2406***	4.11				
ln(trab/veh)·ln vkm	α_8	-0,0590***	-2.05				
ln(trab/veh)·ln tnkm	α_9	-0,0414***	-1.95				
t	α_{10}	0,0373***	13.56				
$0,5 \cdot t^2$	α_{11}	-0,0013***	-3.91				
ln vkm·t	α_{12}	0,0006***	0.45				
ln tnkm·t	α_{13}	0,0032***	2.20				
ln(trab/veh)·t	α_{14}	0,0073***	2.08				
denred	α_{15}	5,9299***	2.33				

Logaritmo función de probabilidad: 286,30

Número de observaciones: 299

Test de hipótesis sobre lo modelos estimados

H_0 : Modelo con ineficiencia invariante en el tiempo 281,69 Rechazo

Fuente:Elaboración propia

El valor de γ es igual a 0,99 esto significa que la mayor parte de la variación del componente error es debido al término de ineficiencia técnica. El valor negativo de μ significa la existencia de rendimiento a escala decreciente. Mientras que el valor de η es

negativo lo que sugiere una pérdida de la eficiencia técnica con el tiempo. Sin embargo, este efecto no es estadísticamente significativo. Los resultados del Factor de Productividad Total son calculados a partir de los coeficientes estimados de la función de distancia input orientada según el modelo (5) mediante un panel de datos con efectos fijos. En la tabla 6 aparece el crecimiento medio anual descompuesto en cambio de eficiencia, cambio tecnológico y eficiencia a escala.

Tabla 6. PROMEDIO DE LOS RATIOS DE CRECIMIENTO DEL FPT Y SUS PORCENTAJES (%)

PERIODO	CAMBIO EFICIENCIA	CAMBIO TECNOLÓGICO	EFICIENCIA A ESCALA	FPT
2000-2001	0.12	4.40	-1.08	3.45
2001-2002	1.14	4.67	-0.30	5.50
2002-2003	0.25	4.90	0.40	5.55
2003-2004	4.56	5.13	-0.04	9.64
2004-2005	0.70	5.33	-0.11	5.91
2005-2006	1.05	5.47	0.01	6.54
2006-2007	-0.70	5.60	0.05	4.95
2007-2008	-3.15	5.69	-0.06	2.48
2008-2009	-6.60	5.80	0.11	-0.70
2009-2010	3.60	6.03	-0.23	9.40
2010-2011	-0.09	6.27	0.04	6.21
2011-2012	-1.86	6.43	-0.10	4.47

Fuente: Elaboración propia

El cambio de eficiencia presenta valores positivos hasta el año 2006, fecha en la que se comienza la liberalización del transporte de mercancías en Europa. Entre los años 2006 y 2009 hay una pérdida de la eficiencia que coincidiendo con una coyuntura económica muy desfavorable. El inicio de la crisis financiera mundial a mediados del año 2007, cuyos mayores efectos se dejaron sentir durante el año 2008. Con posterioridad hay una mejora de la eficiencia y que vuelve a ser negativa con el inicio de la crisis del Euro en el año 2010. Como consecuencia el cambio eficiencia presenta una tasa de crecimiento acumulada negativa del 1%. Respecto al cambio tecnológico muestra una tasa de crecimiento acumulado del 65,71%. Las causas hay que buscarla en la introducción de trenes más modernos, la aplicación de nuevas tecnologías en la gestión del tráfico y en la mejora de la infraestructura de las vías y de los servicios como dice (Cantos, P, et al, 1999: 349). En este sentido es importante destacar que mientras en el año 2000 el porcentaje de viajeros-km que utilizaban la alta velocidad suponía el 15,9% del total de viajeros transportados, en el año 2012 este porcentaje se eleva hasta el 26,2%. Por tanto, las políticas destinadas a la inversión en infraestructuras y al fomento de la investigación y desarrollo son cruciales para el futuro del ferrocarril, ya que la competitividad de los operadores ferroviarios está estrechamente ligada con el aumento de la productividad. Por último, la eficiencia a escala presenta valores ligeramente negativos con a una aportación acumulada negativa del 1.32% al crecimiento del factor de productividad. En conjunto hay



un incremento de la productividad del 63.39% debido exclusivamente a la existencia de un cambio tecnológico ya que la eficiencia técnica y la eficiencia a escala están influenciadas, de manera negativa, por la coyuntura económica desfavorable. Del análisis de los datos de este estudio se extrae que el mayor crecimiento de FPT no es debido al incremento de la producción, ya que en el periodo de estudio se ha reducido un 4,70%, sino que se ha basado en la reducción de los factores productivos. A esta misma conclusión llega en su trabajo Coelli y Perelman (2000: 1975).

Tabla7. Estimación parámetros variables ambientales

Variables	Pará metros	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4	
		Coefi cientes	T- ratio	Coefi cientes	T- ratio	Coefi cientes	T- ratio	Coefi cientes	T- ratio
ln v-km	α_1	-0,2406*	-6088	-0,2835*	-8.38	-0,2297*	-6.77	-0,3617*	-18.9
ln tn-km	α_2	-0,3169*	-8.89	-0,5088*	-14.7	-0,5065*	-12	-0,4595*	-1.97
Cte	δ_0	1,1341*	15.54	-0,2604*	-2.79	-0,0697*	-7.33	0,1034*	1.38
denred	δ_1	0,3051*	21.81					0,0777*	-16.9
denpob	δ_2	-0,0007*	-1.82					-0,0019*	-0.73
Tiempo	δ_3	-0,0225*	-3.05					0,2955*	11.39
SepVer	δ_4			0,4733*	4.63			0,0429*	1.83
SepHor	δ_5			0,6191*	6.08			0,3436*	1.03
AperMer	δ_6					0,1300*	0.14	-0,0495*	-1.93
AperViaj	δ_7					0,1288*	1.54	0,1312*	3.28
Sigma cuad.	σ^2	0,0367*		0,0374*		0,0479*		0,0383*	6.74
Gamma	γ	0,9999*		0,4785*		0,0162*		0,1255*	621*
Log. Fun. Probab.		110.15		66.20		31.16		65.72	

Fuente: Elaboración propia

173

En la tabla 7 se muestran las estimaciones de los parámetros de las variables ambientales. Del estudio de los factores externos que intervienen en la eficiencia de los sistemas ferroviarios se extrae que, en ausencia de las medidas destinadas a revitalizar el ferrocarril, la eficiencia aumenta con el paso del tiempo. Por otro lado, los cambios organizativos si actúan de manera independiente no afectan de manera positiva a la eficiencia. Lo cual nos indica que la separación vertical no es necesaria para aumentar la eficiencia. Las medidas liberalizadoras destinadas a la apertura de los mercados de transporte a la competencia, en ausencia de otras medidas, tampoco producen los efectos positivos esperados. Aunque este resultado se ha visto influenciado por una coyuntura económica desfavorable. Por último, si se analizan todas las variables en conjunto, modelo 4, la densidad de red afecta de manera negativa a la eficiencia. Este resultado es lógico debido a que un incremento de la red suele conllevar un incremento de los servicios de transporte y por tanto a un mayor consumo de recursos. El valor positivo de la variable tiempo nos indica que con el paso del tiempo la eficiencia disminuye. Con respecto al tipo de modelo organizativo elegido por los Estados para mejorar la productividad de los sistemas ferroviarios y fomentar la

liberalización, ni el modelo de integración vertical como la separación jurídica afectan de manera positiva a la eficiencia. Con respecto a la liberalización de los mercados, en combinación con otras medidas la liberalización del transporte de mercancías afecta de manera positiva a la eficiencia, en el caso del transporte de viajeros ocurre lo contrario.

Tabla 8. Efecto de las reforma en el transporte por ferrocarril

Autores (año)	Países	Efecto de la separación vertical	Efecto de la competencia	Efecto combiando
Driesen et al. (2006)	Europa	No necesaria	Negativa	
Wetzel (2008)	Europa	No necesaria	Positivo en el transporte de mercancías y negativo para el transporte de viajeros	
Asmild et al. (2009)	Europa	No necesaria	Positivo	
Growitsch y Wetzel (2009)	Europa	Negativo		
Cantos et al. (2010)	Europa	Positivo	Positivo	Positivo
Cantos et al. (2012)	Europa	No necesaria	Positivo	Positivo
Mulder et al. (2005)	Holanda	Negativo	Positivo en el transporte de mercancías y negativo para el transporte de viajeros	
Jensen y Stelling (2007)	Suecia	Negativo	Positivo	Positivo
Lalive y Schmutzler (2008)	Alemania		Positivo	

Fuente: Elaboración propia

Si se comparan los resultados obtenidos con otras estimaciones sobre la eficiencia del sector. Se observa que se han realizado un gran número de estudios referente al impacto de las políticas europeas en el ferrocarril. Sin embargo, no hay unanimidad en los resultados de los estudios. El motivo puede estar en la falta de datos adecuados y consistentes debido a las diferencias en la definición de las variables o por las diferencias en los métodos de estimación utilizados. Entre los estudios realizados cabe destacar entre otros. Driessen y otros (2006: 7) encuentran que la separación vertical no parece necesaria para incrementar la eficiencia productiva mientras que la competencia puede tener un efecto negativo. En Wetzel (2008: 23) no encuentra efectos positivos con la separación vertical de los operadores ferroviarios. En cuanto a la apertura de los mercados en el caso del transporte de mercancías mejora la eficiencia, no ocurre lo mismo en el caso del transporte de viajeros que presenta signo negativo. Asmild y otros (2009: 633-634) encuentran que las reformas han mejorado la eficiencia técnica, sin embargo, los beneficios de la completa separación no están claros. Growitsch y Wetzel (2009: 21-22) encuentran que los sistemas ferroviarios que han permanecido integrados son más eficientes que los que han optado por una separación institucional. Cantos y otros (2010: 158) encuentran que los procesos de separación vertical tienen un efecto positivo en la eficiencia de los sistemas de ferrocarril europeos. Sin embargo, esta ganancia en la eficiencia se convierte en mayor cuando se combina con las reformas horizontales. Mientras que en Cantos y otros (2012: 72) encuentran que la separación vertical por sí sola no produce significativas mejoras en la eficiencia, en el caso de la separación horizontal sí aumenta la eficiencia, aunque la mejor



manera para fomentar un aumento de la eficiencia es combinando las reformas verticales y horizontales. Por último, hay importantes estudios dedicados a analizar los efectos de algunas reformas en un determinado sistema ferroviario. Así, Mulder y otros (2005: 29-30) en su trabajo analiza los ferrocarriles holandeses y obtienen que la separación vertical tiene un efecto negativo, mientras que la competencia solo incrementa la eficiencia del transporte de mercancías. Jensen y Stelling (2007: 533) analizan los efectos de las reformas en los ferrocarriles suecos. Su estudio muestra que la separación vertical resulta negativa, la introducción de la competencia mejora la eficiencia y la combinación de efectos también mejora la eficiencia del ferrocarril. Lalive y Schmutzler (2008: 454) encuentran efectos positivos en el sistema de franquicias regionales en Alemania.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo analiza la eficiencia del sistema ferroviario europeo en el periodo 2000 – 2012. Este periodo se caracteriza por la introducción de diversas medidas destinadas a revitalizar y liberalizar el ferrocarril. Entre las medidas más importantes cabe destacar las destinadas a la separación entre la gestión de la infraestructura y la prestación del servicio, y la apertura del mercado interno transporte de mercancías a los operadores privados. De este estudio, se extrae que ha habido un incremento de la productividad de los sistemas ferroviarios debido exclusivamente a la existencia de un cambio tecnológico. La eficiencia técnica contribuye, de una manera negativa, al incremento de productividad. Un posible motivo puede ser las dos crisis económicas que han afectado de manera muy negativa a la eficiencia técnica. Por último, con respecto a la economía de escala presenta valores negativos debido a la caída del volumen de producción de los sistemas ferroviarios en un 4,70% en el periodo de estudio.

175

Con respecto a las variables ambientales, la densidad de red afecta de manera negativa a la eficiencia. Este resultado es el esperado ya que un incremento de la red conlleva un aumento del servicio de transporte y, por tanto, un mayor consumo de recursos. La densidad de población no es estadísticamente significativa. En cambio, la variable tiempo presenta un valor positivo lo cual nos indica que la eficiencia disminuye con el paso del tiempo.

Con respecto a las medidas liberalizadoras encaminadas a revitalizar el ferrocarril y mejorar su productividad. Los resultados obtenidos muestran que, en ausencia de otras medidas, los sistemas ferroviarios que han optado por estructuras con modelos organizativos de gestión de integración vertical o de separación jurídica no han tenido los resultados esperados sobre la eficiencia. Los resultados muestran que estos modelos afectan de manera negativa a la eficiencia del sistema ferroviario. Esto nos lleva a la conclusión que los modelos organizativos de integración basados en las antiguas estructuras de las empresas monopolistas pueden optimizar la gestión y los recursos. El motivo se encuentra en las propias características del sector. Este modo de transportes es más complejo para poder

prestar sus servicios y requiere una mayor coordinación. En el caso de las medidas encaminadas a la apertura de los mercados a la competencia muestran resultados negativos. La apertura del mercado de transporte de mercancías no dado los resultados positivos esperados. La entrada de nuevos operadores ferroviarios no ha elevado la producción. Cabe señalar que el transporte de mercancías se ha visto afectado por unas condiciones económicas desfavorables que han dado lugar a una caída de la producción.

Por último, en combinación todas las medidas, los resultados muestra que la liberalización del transporte de mercancías tiene efectos positivos sobre la eficiencia, mientras que el resto de medidas afectan de manera negativa. Este resultado positivo en el transporte de mercancías puede ser debido a la propia concepción de la política de transporte basada en la creación de un mercado único, ya que el 49% de los servicios prestados son internacionales. En referencia a los resultados relacionados con la liberalización del transporte de viajeros hay que tomarlos con cautela debido a lo limitado de la muestra.

Este estudio recoge un periodo de tiempo en el cual la mayor parte de las medidas establecidas por la UE han sido implementadas y esto permite estudiar los efectos de la aplicación de estas medidas. Sin embargo, la conclusión extraída de este estudio tiene la limitación de que no se incluye todos los países europeos. Asimismo, no se tiene en cuenta aspectos como la distancia recorrida, coeficiente de ocupación, la evolución de las subvenciones o la eficiencia energética que son temas importantes a tener en cuenta en futuros estudios.

176

BIBLIOGRAFÍA

- AIGNER, D., LOVELL, C., Y SCHMIDT, P. (1977): "Formulation and estimation of stochastic frontier function models", *Journal of Econometric*, Vol.6, pp. 21-37.
- ASMILD, M., HOLVAD, T., y HOUGAARD, J. (2009): "Railway reforms: do the influence operating efficiency?", *Transportation*, Vol.36, pp. 617-638.
- ATKINSON, S., CORNWELL, C., Y HONERKAMP, O. (2003): "Measuring and Descomposing Productivity Change: Stochastic Distance Function Estimation versus Data Envelopment Analysis", *Journal of Business & Economic Statistics*, Vol.21-2, pp. 284-294.
- BATTESE, G., Y COELLI, T. (1988): "Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data", *Journal of Econometrics*, Vol.38, pp.387-399.
- BATTESE, G., Y COELLI, T. (1992): "Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India", *Journal of Productivity Analysis*, Vol.3, pp.153-169.



- BATTESE, G., Y COELLI, T. (1995): "A model for technical inefficiency in a stochastic frontier production function for panel data", *Empirical Economics*, Vol.20, pp. 325-332.
- 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*, Vol.27-1, pp. 55-76.
- CANTOS, P., PASTOR. J., Y SERRANO, L. (1999): "Productivity, efficiency and technical change in the European railways: A non-parametric approach", *Transportation*, Vol.26-4, pp. 337-357.
- CANTOS, P., PASTOR. J., Y SERRANO, L. (2010): "Vertical and horizontal separation in European railway sector and its effects on productivity", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.44-2, pp. 139-160.
- CANTOS, P., PASTOR. J., Y SERRANO, L. (2012): "Evaluating European railways deregulation using different approaches", *Transport Policy*, Vol.24, pp. 67-72.
- CHRISTENSEN, L., JORGESON, D., Y LAU, L. (1973): "Transcendental Logarithmic Production Frontiers", *The Review of Economics and Statistics*, Vol.55-1, pp. 28-45.
- COELLI, T. (1996): "A guide to frontier version 4.1: A computer program for stochastic frontier production and cost function estimation", CEPA working papers 96/97
- COELLI, T., ET AL. (2003): Una introducción a las medidas de eficiencia para reguladores de servicios públicos y de transporte, Ediciones Alfaomega. XXXXX
- COELLI, T., O'DONNELL, C., Y BATTESE, G. (2005): An introduction to efficiency and productivity analysis, Ediciones Springer, New York.
- COELLI, T., Y PERELMAN, S. (1999): "A comparison of parametric and no-parametric distance functions: With application to European railways". *European Journal of Operational Research*, Vol.117-2, pp. 326 - 339.
- COELLI, T., Y PERELMAN, S (2000): "Technical efficiency of European railways: a distance function approach", *Applied Economics*, nº. 32 (15), pp. 1967-1976.
- DRIESSEN, G., LIJESSEN, M., Y MULDER, M. (2006): "The impact of competition on productive efficiency in European railways", *Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis*, CPB discussion paper nº. 71.
- FARRELI, M. (1957): "The measurement of productive efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society, Serie A*, Vol.120-3, pp. 253-290.
- ARSI, M, FILIPPINI, M., Y GREENE, W. (2005): "Efficiency measurement in network industries: application to the Swiss Railways Companies". *Journal of Regulatory Economics*, Vol.28-1, pp. 69-90.

GINES DE RUS, M., Y CAMPOS, J. (2005): "The foundations of the European transport policy, Fundación BBVA. <http://mrpa.ub.uni-muechen.de/12395/>

GREENE, W. (2004): "Distinguishing between heterogeneity and inefficiency: stochastic frontier analysis of the World Health Organization's panel data on national health care systems", *Health Economics*, Vol.13, pp. 959-980.

GREENE, W. (2005): "Fixed and random effects in stochastic frontier models", *Journal of Productivity Analysis*, Vol.23, pp. 7-32.

GREENE, W. (2005b): "Reconsidering heterogeneity in panel data estimators of the stochastic frontier model", *Journal of Econometrics*, Vol.126, pp. 269-303.

GROWITSCH, C., Y WETZEL, H. (2009): "Testing for economies of scope in European railways", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.43-1, pp. 1-24.

HOLVAD, T. (2006): "Railway reforms in a European context", Colloque « En route vers Lisbonne ».

IBM Y HUMBOLDT UNIVERSITY DE BERLIN (2002, 2004, 2007, 2011): "Rail Liberalisation Index. Market opening: comparison of the rail markets of the Member States of the European Union, Switzerland and Norway", IBM Business Consulting Service and Dr. Christian Kirchner, Humboldt University of Berlin. Berlin.

178

JENSEN, A., Y STELLING, P. (2007): "Economic impacts of Swedish railway deregulation: a longitudinal study", *Transportation Research*, Part E Vol.43, pp. 516-534.

JONDROW, J, ET AL. (1982): "On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model", *Journal of Econometrics* Vol.19, pp. 233-238.

KODDE, D., Y PALM, F. (1986): "Wald criteria for jointly testing equality and inequality restrictions", *Econometrica*, Vol.54-5, pp. 1243-1248.

LALIVE, R., Y SCHMUTZLER, A. (2008): "Exploring the effects of competition for railway markets", *International Journal of Industrial Organization*, Vol.26, pp. 443-458.

LOIZIDES, J., Y TSIONAS, E. (2002): "Productivity growth in European railways: a new approach", *Transportation Research*, Part A Vol.36-7, pp. 633-644.

MEEUSEN, W., Y VAN DEN BROECK, J. (1977): "Efficiency from Cobb-Douglas production functions with composed error", *International Economic Review*, Vol.18-2, pp. 435 - 444.



- MULDER, M., ET AL. (2005): “Vertical separation and competition in the Dutch rail industry. A cost-benefit analysis”, Third Conference on Railroad Industry Structure, Competition and Investment. Stockholm.
- OREA, L. (2002): “Parametric decomposition of a generalized Malmquist Productivity Index”, *Journal of Productivity Analysis*, Vol.18, pp. 5-22.
- OUM, T., Y YU, C. (1994): “Economic efficiency o railways and implications for public policy. A comparative study of the OECD countries railways”, *Journal of Transport Economics and Policy*. Vol.28, pp. 121-128.
- SAAL, D., ET AL. (2007): “Determining the contribution of technical change, efficiency change and scale change to productivity growth in the privatized English and Welsh water and sewerage industry: 1985-2000”, *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 28, pp. 127-139.
- WETZEL, H. (2008): “European railway deregulation: the influence of regulatory and environmental conditions on efficiency”, Working Paper Series in Economics 86, University of Lüneburg.
- WETZEL, H. (2009): “Productivity Growth in European Railways: Technological Progress, Efficiency Change and Scale Effects”, Working Paper Series in Economics 101, University of Lüneburg.

REFERENCIAS

- ¹ Un operador ferroviario es una empresa ferroviaria que presta el servicio de transporte por ferrocarril.
- ² Un sistema de transporte ferroviario está compuesto por el gestor de la infraestructura y el o los operadores ferroviarios.
- ³ Las Obligaciones de Servicio Público son servicios de transporte de viajeros que se consideran de interés general. Consiste en la imposición al operador ferroviario realizar servicios no rentables, ya sea por la ruta, por las frecuencias, los horarios o por la calidad del material rodante. Por la prestación de dichos servicios el operador recibe las compensaciones correspondientes por el coste incurrido.
- ⁴ Los datos extraídos de la base de datos de Railisa con fecha de consulta 28/04/2013.
- ⁵ http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2014_en.htm
- ⁶ La variable tiempo hace referencia a la evolución de la eficiencia técnica con el paso del tiempo.
- ⁷ En Coelli y Perlman (2000) estima la función de distancia de ambas manera input y output orientado para el ferrocarril en Europa llegando a resultados similares y concluye que en esta industria no es importante la orientación para medir los niveles de eficiencia.

