

Valoración económica de las inversiones en la Red Ferroviaria de Altas Prestaciones

Economic appraisal of investment in High Speed Rail Networks

Antonio Sánchez Soliño. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Profesor Titular de Economía de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos. Universidad Politécnica de Madrid. asanoli@ciccp.es

Cristina Delgado Quiralte. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Doctorando en la Universidad Politécnica de Madrid. cdelgadoquiralte@yahoo.es

Resumen: Este trabajo analiza, a partir de las proyecciones de las cuentas de resultados del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF), la estructura de ingresos y costes de las nuevas líneas ferroviarias de Alta Velocidad. Con las herramientas del análisis económico, y teniendo en cuenta las externalidades producidas por los distintos modos de transporte, así como el hecho de la restricción presupuestaria, se examina el sistema de financiación utilizado para el desarrollo de dicha red de Alta Velocidad.

Palabras Clave: Infraestructuras ferroviarias, Alta Velocidad, España, Inversión pública, Financiación, Análisis económico

Abstract: On the basis of account forecasts made by the Spanish Railway Infrastructure Administration (known by its Spanish acronym ADIF), this article analyses the revenue and cost structure of new High Speed railway lines. The funding system employed for the development of this high Speed network is examined by economic analysis models and tools and consideration is given to the externalities produced by different transport modes and the effects of budgetary restrictions.

Keywords: Railway Infrastructures, High Speed, Spain, Public Investment, Funding, Economic analysis

1. Introducción.

El desarrollo en España de la red ferroviaria de altas prestaciones se está realizando a un ritmo y con una continuidad pocas veces alcanzado en la construcción de infraestructuras de transporte. El crecimiento y la estabilidad económicos, la mejora de las finanzas públicas, el crecimiento de la demanda de movilidad, unida a una preocupación creciente por los efectos externos negativos de otros modos de transporte, son factores que impulsan este desarrollo. A la lista anterior cabría añadir, como un factor no menor, el desarrollo de procesos constructivos que permiten reducir los costes y los riesgos de las obras, especialmente significativos en el caso de los grandes túneles que están actualmente en ejecución en determinadas líneas.

Los efectos económicos de la construcción de una nueva red de transporte pueden ser estudiados desde di-

1. Introduction

The implementation of a high performance railway network in Spain is being undertaken in an ongoing and relentless manner which has rarely been seen in the construction of transport infrastructures. Economic growth and stability, improved public finance, growing demand for mobility together with an ever-increasing concern for the negative external effects of other modes of transport, have all served to stimulate this development. A further factor of equal importance here is the development of construction processes that reduce work costs and risks and which are particularly significant in the case of the large tunnels currently under construction on a number of lines.

The economic effects resulting from the construction of a new transport network may be studied from various standpoints. These may consider the effects produced

versos puntos de vista, desde los efectos del desarrollo del sector de la construcción hasta los efectos macroeconómicos que pueden derivarse de la incidencia de una mayor dotación de infraestructuras sobre la productividad de la economía, pasando por los impactos territoriales y de accesibilidad producidos por una red de las características de la red ferroviaria de altas prestaciones. Sin embargo, el análisis económico de estas actuaciones no puede dejar de tener en cuenta los costes, no sólo de construcción, sino también de mantenimiento y explotación de la red, así como la valoración económica de los efectos externos de este modo de transporte. El instrumento adecuado para ello es el análisis coste-beneficio (ACB), aunque su aplicación práctica presenta numerosas dificultades. Es frecuente, por ejemplo, encontrar en las metodologías propuestas ciertas duplicidades en la contabilización de determinados beneficios. Por otra parte, siempre será discutible, y objeto de controversia, la valoración en términos económicos de las externalidades del transporte.

En este trabajo se examinan, en conjunto, las actuaciones en la red ferroviaria de altas prestaciones que está llevando a cabo el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF). Aunque el punto de vista adoptado es fundamentalmente económico, no se dejan de lado las restricciones financieras, ya que una cuestión básica en el modelo ferroviario adoptado en España es la viabilidad del propio ADIF como empresa.

Las decisiones en materia de infraestructuras no tienen, ni deben tener en cuenta únicamente los criterios económicos. En general, cabe decir más bien que en la práctica es mucho más determinante la disponibilidad efectiva de recursos, ya sea por vía presupuestaria o por vía extra-presupuestaria, que la eficiencia en su utilización. Sin embargo, tiene interés no perder de vista los parámetros de racionalidad económica en el empleo de dichos recursos, aunque sea en un análisis *a posteriori*, especialmente en un caso como el de la red ferroviaria de altas prestaciones, que supone grandes inversiones.

2. Costes y financiación de la red ferroviaria de altas prestaciones

Las inversiones relacionadas con el transporte ferroviario constituyen el mayor capítulo del Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT) del Ministerio de Fomento. Para el conjunto del período contemplado en el Plan (2005-2020) se prevén unas inversiones ferroviarias de 108.760 M€ (euros actuales), lo que supone un 43,70% del total de las inversiones previstas en el PEIT, muy por encima, por ejemplo, del 25,23% previsto para la carretera. Además, la cifra anterior no incluye las actuaciones urbanas, como las inversiones en la red de Cercanías.

by the development of the construction sector or the macroeconomic effects in terms of productivity as a result of expansion in infrastructure or the territorial impacts and improved accessibility created by a high performance railway network. However, all economic analyses of these actions must take into account the costs entailed in the construction, maintenance and operation of the network and should make an economic appraisal of the external effects of this mode of transport. The most appropriate method for this is that of cost-benefit analysis (CBA) though its practical application reveals all manner of difficulties and where, by way of example, many of the proposed methods include a double counting of certain benefits. Furthermore, the appraisal of transport externalities in economic terms will always be debatable and subject to dispute.

The present study considers the global activities carried out by the Spanish Railway Infrastructure Administration (known by its Spanish acronym ADIF) in terms of the high performance railway network. While our viewpoint is essentially economic, we also consider financial restraints as the viability of ADIF as a company is an essential question in the railway model adopted by Spain.

Decisions concerning infrastructures are not, and should not, be based solely on economic criteria. While, in practice, the effective availability of funds, whether by budgetary or extra-budgetary means, appears far more decisive than the efficient use of the same, it is necessary to consider factors governing the economic rationality of the employment of these funds, even when made in hindsight, and particularly in the case of a high performance railway network entailing vast investment.

2. Costs and funding of the high performance railway network

Investments related to railway transport make up the largest proportion of the Spanish Ministry of Development's Strategic Infrastructure and Transport Plan (PEIT under its Spanish acronym). Railway investment to the sum of 108,760 M€ (today's Euros) is budgeted for the period of the Plan (2005-2020), this making up 43.70% of the total investment considered under the PEIT and way over the 25.23% established for roads. Furthermore, this sum does not include urban intervention such as investment in the suburban railway network.

83,450 M€ has been earmarked for high performance railway network, within interurban railway investments, this making up 76.7% of all railway investment and 33.53% of

Tabla nº 1. Inversiones ferroviarias previstas en el PEIT
Table No. 1. Railways investments established in the Strategic Infrastructure and Transport Plan (PEIT)

Actuaciones del PEIT (sólo ferrocarril)/PEIT activities (only rail)	Importe/Amount (M€)	% del total/of total
Transporte por ferrocarril, excepto actuaciones urbanas/Rail transport (not including urban works)	108.760	43,70
Altas prestaciones/High performance	83.450	33,53
Mantenimiento y mejora de la red convencional/Maintenance and improvement of conventional network	18.000	7,23
Supresión y mejora de pasos a nivel/Elimination and improvement of level crossings	3.560	1,43
Material móvil/Mobile equipment	3.750	1,51

Fuente: PEIT Ministerio de Fomento, 2005/Source: PEIT Ministry of Development, 2005

Dentro de las inversiones ferroviarias interurbanas, la red de altas prestaciones tiene asignados 83.450 M€, el 76,7% de dichas inversiones ferroviarias, y el 33,53% del total de inversiones previstas en el PEIT. El resto corresponden a los programas de mantenimiento y mejora de la red convencional, supresión y mejora de pasos a nivel y compra de material móvil (tabla 1).

Quizá sea conveniente aclarar en este momento el concepto de red de "altas prestaciones". Con esta denominación, el PEIT pretende englobar una serie de actuaciones en corredores ferroviarios que comprenden:

- Líneas y tramos troncales, de nuevo trazado, para uso exclusivo de servicios de viajeros.
- Líneas y tramos con variación sustancial del trazado respecto de la línea existente, destinados a tráfico mixto (viajeros y mercancías).
- Tramos de cierre, con tráfico sensiblemente menor a los casos anteriores, destinados a tráfico mixto.

En España, en algún momento se distinguió entre líneas de ferrocarril de "alta velocidad" (en las que se podrían desarrollar velocidades de 300 km/h), que vendrían a coincidir con las primeras de las anteriormente enumeradas, y líneas de ferrocarril de "velocidad alta" (con velocidades en el entorno de los 200-220 km/h), que coincidirían con el resto de la enumeración anterior. Lo cierto es que la Comunidad Europea ha establecido en la Directiva 96/48/CE, sobre interoperabilidad del sistema ferroviario transeuropeo de alta velocidad, una definición precisa de las líneas de alta velocidad, que comprenden:

- las líneas especialmente construidas para la alta velocidad equipadas para velocidades por lo general iguales o superiores a 250 km/h;
- las líneas especialmente acondicionadas para la alta velocidad equipadas para velocidades del orden de 200 km/h;
- las líneas especialmente acondicionadas para la alta velocidad, de carácter específico debido a dificultades

the total investment established in the PEIT plan. The remaining budget corresponds to maintenance and improvement programmes for the conventional network, the elimination and improvement of level crossings and the purchase of rolling stock (table 1).

At this stage it is perhaps convenient to clarify the concept of a "high performance" network. The PEIT plan employs this terms to cover a series of actions in railway corridors which includes:

- New main lines and branches exclusively assigned to passenger trains.
- Upgraded lines and sections assigned to combined traffic (passengers and goods).
- Branch lines with considerably lower traffic than the preceding cases, assigned to combined traffic.

There was a time in Spain when a differentiation was made between "high speed" railway lines (allowing speeds of 300 kph) which would coincide with the first types of line and track, and those upgraded railway lines coming under the term of "velocidad alta" (with speeds of around 200-220 kph) which would coincide with the other types of track. However, the Council Directive 96/48/EC on the interoperability of the trans-European high-speed rail system, gives precise definitions of high-speed lines, and states that these shall comprise:

- specially built high-speed lines equipped for speeds generally equal to or greater than 250 km/h,
- specially upgraded high-speed lines equipped for speeds of the order of 200 km/h,
- specially upgraded high-speed lines which have special features as a result of topographical, relief or town-planning constraints, on which the speed must be adapted to each case.

As such, it is not necessary to establish significant differences between the "high-speed" lines defined by

tades topográficas, de relieve o de entorno urbano, cuya velocidad deberá ajustarse caso por caso.

Por tanto, no cabría establecer diferencias significativas entre las líneas de "alta velocidad" según la definición comunitaria y las líneas de "altas prestaciones" de las que habla el PEIT. No obstante, la clasificación que establece el PEIT en los tres grupos anteriores es útil, sobre todo en lo que se refiere a la distinción de líneas destinadas al tráfico exclusivo de viajeros y líneas de tráfico mixto. Esta clasificación atiende no sólo a criterios constructivos y geométricos de las líneas correspondientes sino, sobre todo, a demandas e intensidades de tráfico, que es el criterio que acaba determinando el sistema de explotación más adecuado en cada caso.

Básicamente, las inversiones en infraestructuras ferroviarias contempladas en el PEIT serán realizadas por la Dirección General de Ferrocarriles, del Ministerio de Fomento, y por el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF). No obstante, algunas inversiones ferroviarias podrían ser concesionadas, especialmente en lo que se refiere a estaciones y actuaciones en medio urbano, además del tramo transfronterizo Figueras-Perpignan, ya en construcción.

Las inversiones realizadas por cuenta de la Dirección General de Ferrocarriles quedarán adscritas al patrimonio del Estado, mientras que las realizadas por cuenta propia del ADIF quedarán en el balance de este último. No obstante, el ADIF no realiza únicamente obras por cuenta propia, sino que lleva a cabo también el mantenimiento y gestión de las infraestructuras ferroviarias de titularidad estatal que le son encomendadas.

Las inversiones en la red de alta velocidad que realiza el ADIF por cuenta propia coinciden con los principales corredores de líneas de alta velocidad (incluyendo los principales túneles de base, como los de Guadarrama, Abdalajís y Variante de Pajares), y no tienen incidencia, por tanto, sobre el gasto no financiero del Estado. Por el contrario, las inversiones realizadas por cuenta de la Dirección General de Ferrocarriles, así como el mantenimiento y reposición de la red convencional, sí tienen reflejo presupuestario.

Las inversiones en la red ferroviaria de altas prestaciones realizadas por el ADIF por cuenta propia (incluyendo las ya realizadas con anterioridad al PEIT) pueden cifrarse en aproximadamente la mitad del total de inversiones previstas para dicha red. Parte del coste de estas inversiones del ADIF recaerá en última instancia sobre los usuarios de las infraestructuras, a través del canon pagado por las operadoras de transporte ferroviario (inicialmente sólo RENFE-Operadora), que dichas operadoras repercutirán sobre los viajeros, al no tratarse de servicios subvencionados. Sin embargo, incluso en estos corredores construidos

the EC and the "high performance" lines considered in the Spanish PEIT plan. However, the three-group classification established in the PEIT is useful and particularly in terms of the use of lines exclusively assigned to passenger trains and those of combined traffic. This classification covers the construction and alignment criteria of the corresponding lines as well as traffic demands and intensity, this being the criteria establishing the most suitable operating system for each case.

Investment in railway structure considered in the PEIT shall be essentially carried out by the Railways Department of the Ministry of Development and by the Railway Infrastructure Administration (ADIF). However, some railway investment may be put out to concession, particularly in areas such as stations and urban works, as well as the Figueras-Perpignan cross-border section which is currently under construction.

The investments made by the Railways Department will be assigned to State assets, while those made by ADIF will be registered in the balance of the same. However, ADIF does not only carry out works on its own behalf, but is also responsible for the maintenance and administration of those state-owned railway infrastructures entrusted to ADIF.

The investment in the high-speed network made by ADIF coincides with the main high-speed line corridors (including the main base tunnels such as those of Guadarrama, Abdalajís and the Pajares By-pass), and do not, subsequently, affect non-financial State expenditure. However, the investments made by the Railways Department, together with the maintenance and repair of the conventional network, do have a budgetary affect.

The amount invested by ADIF in the high performance railway network (including those already made prior to the PEIT) is around half the total investment established for this network. Part of the cost of these investments by ADIF will eventually reflect on the users of the infrastructures in the form of a royalty paid by the railway transport operators (initially only the Spanish Rail Company RENFE-Operator) which will then be passed on to passengers as these are not subsidized services. However, even on these corridors built by ADIF on their own behalf, a considerable proportion of the cost will end up being paid by the taxpayers. This is the case as much of ADIF funding (as with the preceding Railway Infrastructure Manager - GIF) comes from State contributions. As is common knowledge, these contributions are considered as a variation in State financial assets (equivalent, by way of example, to the purchase of company shares) and are not reflected in non-financial expenditure (nor, subsequently, in the deficit calculation) of the Public Administrations. However, in

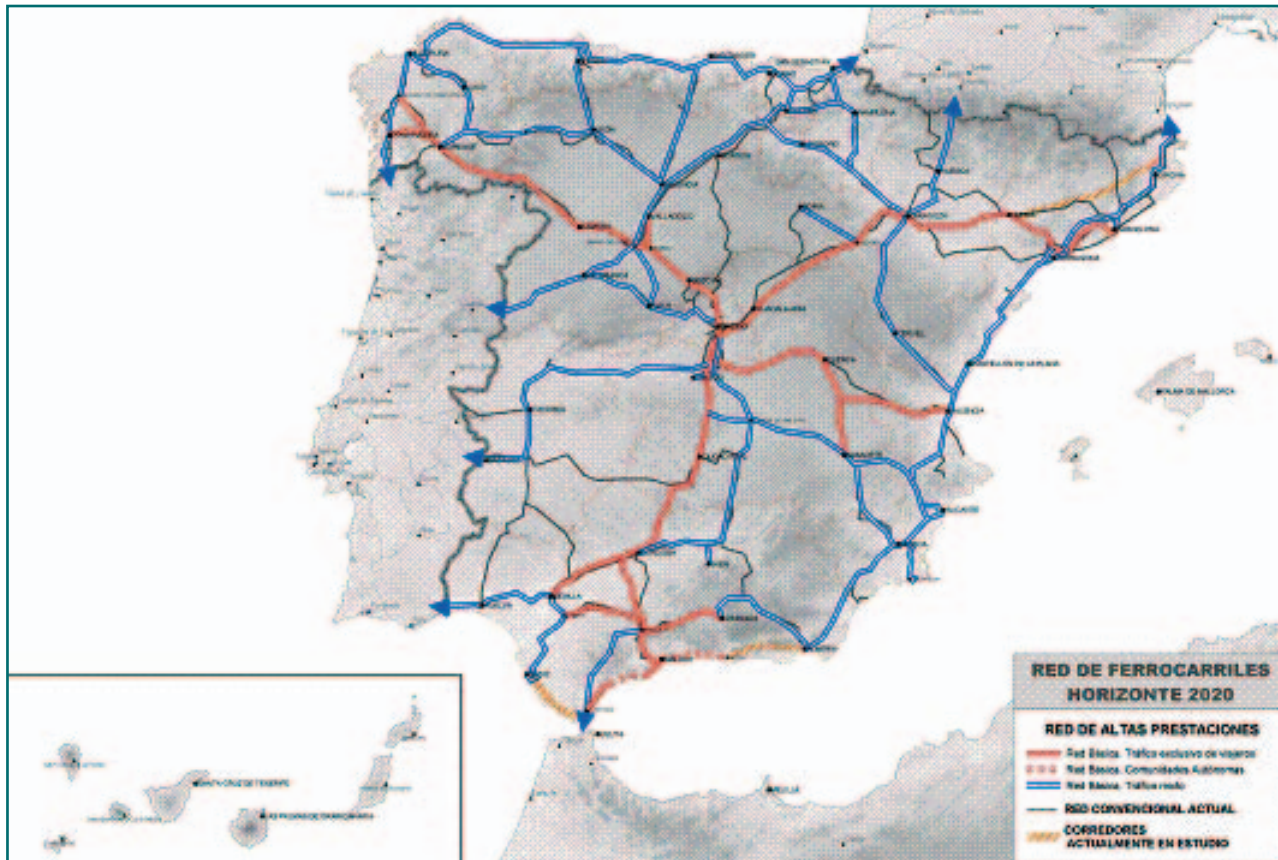


Fig. 1. Red ferroviaria en el año horizonte del PEIT (2020).
 Fuente: PEIT. Ministerio de Fomento, 2005/Railway network for the PEIT 2020 horizon
 Source: PEIT Ministry of Development, 2005.

por el ADIF por cuenta propia, una parte importante del coste acaba recayendo también sobre los contribuyentes. En primer lugar, buena parte de la financiación del ADIF (como antes del ente Gestor de Infraestructuras Ferroviarias, GIF) proviene de aportaciones patrimoniales del Estado. Como es conocido, estas aportaciones tienen la consideración de variación de los activos financieros del Estado (equivalentes, por ejemplo, a una compra de acciones de una sociedad mercantil), y no tienen incidencia sobre el gasto no financiero (ni, por tanto, sobre el cálculo del déficit) de las Administraciones Públicas. Sin embargo, para financiar a su vez esta adquisición de activos financieros el Estado debe emitir deuda pública, lo que aumenta el gasto futuro en intereses, de tal forma que esta fórmula de financiación supone en realidad un diferimiento indefinido del gasto, aunque éste acaba repercutiendo en última instancia sobre las cuentas públicas. En segundo lugar, otra parte de la financiación del ADIF proviene de forma directa (es decir, sin repercutir sobre el presupuesto del Estado) de los fondos europeos, especialmente del fondo de cohesión. En el nuevo período de Perspectivas Financieras de la Unión Europea, el fondo de cohesión recibido por España se irá extinguiendo, por lo que cabe suponer que irá siendo suplido progresiva-

order to finance this purchase of financial assets, the State has to issue public debt, which then increases future expenditure in the form of interest and in all reality implies an indefinite deferral of the cost, even though it eventually reflects on public accounts. The remaining funding of ADIF is made in a direct manner (and without repercussions on the State budget) from European funds and particularly the cohesion fund. Over the new period of European Union Financial Perspectives, the cohesion fund received by Spain will be eliminated and will, supposedly, be gradually replaced by greater funding from national budgets.

As a result, while the investments made by ADIF on their own behalf do not have a direct effect on public deficit, a considerable proportion of the same repercute in one way or another on the Public Administration (when including the community organizations). In order to establish the degree by which ADIF's High-speed lines affect users through the charging of royalties on operators and that assimilated, in turn, by the Public Administrations, one may resort to the account forecasts made by ADIF when separating their activities related to the management of State lines and that of their own. The following table shows an estimate of the revenue and

Tabla nº 2. Previsión de la estructura de ingresos y costes en las líneas de Alta Velocidad del ADIF en fase de explotación.
Table No. 2. Forecast of revenue and cost structure of ADIF High-speed lines in operation stage.

Porcentajes sobre el total de costes (Total de costes = 100)/Percentages of total costs (Total cost = 100)		
	A. Sin costes financieros A. Without financial costs	B. Costes financieros incluidos B. Including financial costs
Cánones líneas del ADIF/ADIF line royalties	39,3	21,3
Cánones estaciones/Station royalties	13,0	7,0
Otros ingresos comerciales/Other commercial revenue	10,0	5,4
TOTAL INGRESOS/TOTAL REVENUE	62,3	33,8
Mantenimiento y circulación/Maintenance and traffic	57,6	31,2
Gastos generales imputados/General costs	8,7	4,7
Amortizaciones inmovilizado/Depreciation of property	33,7	18,3
Costes financieros/Financial costs		45,7
TOTAL COSTES/TOTAL COSTS	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia/Source: Author

mente por una mayor financiación de los presupuestos nacionales.

En definitiva, aunque las inversiones realizadas por el ADIF por cuenta propia no tienen incidencia directa sobre el déficit público, una parte considerable de las mismas recaen por una u otra vía sobre las Administraciones Públicas (incluyendo en éstas a las instituciones comunitarias). Para determinar en qué medida los costes de las líneas de Alta Velocidad del ADIF serán repercutidos a los propios usuarios a través del cobro de cánones a las operadoras, y en qué medida repercuten sobre las Administraciones Públicas, cabe partir de las proyecciones de la cuenta de resultados del ADIF, separando su actividad relacionada con la gestión de las líneas del Estado de las suyas propias. En la siguiente tabla se realiza una estimación de la estructura de ingresos y costes de las líneas de Alta Velocidad para el año horizonte del PEIT (2020), que cabe tomar como un año medio en el período de explotación de dichas líneas. La tabla se ha elaborado a partir de los datos incluidos en la Memoria económica de la Ley del Sector Ferroviario, teniendo en cuenta una serie de criterios económicos. Por ejemplo, se trata de medir los costes de la puesta de las líneas a disposición de las operadoras de transporte ferroviario. Por tanto, se consideran no únicamente los costes de construcción de dichas líneas, sino también los costes de mantenimiento y gestión de la circulación en que incurrirá el ADIF. Se ha realizado además una imputación de la parte de gastos generales del ADIF que correspondería a la actividad relacionada con la Alta Velocidad.

Por otra parte, como se observa, se ha realizado el cálculo de dos formas: sin considerar costes financieros y considerando éstos. El cálculo sin costes financieros permite

cost structure of high-speed lines for the PEIT horizon of 2020 and which should be taken as an average year in the operating period of these lines. The table has been prepared on the basis of information included in the Economic Memorandum of the Railway Sector Act and reflects a series of economic criteria. By way of example, an attempt is made to establish the cost of placing these lines at the disposal of the railway transport operators. This subsequently requires consideration of factors over and above the construction costs of the said lines, such as the maintenance and traffic administration costs incurred by ADIF. Consideration has also been given to the proportion of ADIF's general costs which would correspond to High-Speed rail.

The calculation had been made in two ways, one without considering financial costs and one including the same. The calculation without financial costs shows that ADIF would recover 62.3% of the production costs (according to their definition in European circles) through the charging of royalties and other commercial revenue. This would then meet the 50% threshold established to ensure that the organization be considered as a market producer, and this capacity would duly be conferred in the case of ADIF. One should also note that maintenance costs and railway traffic administration form a sizeable chunk of all costs.

The second column calculates the corresponding financial costs when applying a 5% interest rate (which would represent a long term risk free interest rate) to the accumulated sum of investments made in High-Speed lines. However, it should be recalled that ADIF would really have reduced financial costs on account of their funding structure and one primarily based on state contribution and

concluir que el ADIF recupera el 62,3% de los costes de producción (según la definición de estos últimos aceptada en el ámbito europeo) mediante el cobro de cánones más otros ingresos comerciales. Cumpliría así con el umbral del 50% establecido para considerar a una entidad como productor de mercado, confirmándose dicho carácter en el caso del ADIF. Por otra parte, es de destacar la elevada proporción de los gastos de mantenimiento y gestión de la circulación ferroviaria sobre el total.

En la segunda columna se han calculado los costes financieros correspondientes aplicando un tipo de interés del 5% (que podría representar una tasa a largo plazo libre de riesgo) al valor de las inversiones acumuladas en las líneas de Alta Velocidad. Hay que recordar, no obstante, que el ADIF tendrá realmente unos gastos financieros reducidos, debido precisamente a la estructura de su financiación, basada principalmente en las aportaciones patrimoniales del Estado y en los fondos europeos, con una participación marginal de la financiación ajena. Ahora bien, desde un punto de vista económico es necesario considerar todos los costes de la actividad, incluyendo el coste de oportunidad que supone para la sociedad el inmovilizar unos determinados recursos, con independencia de que, desde un punto de vista contable, haya o no un pago de intereses. El resultado es que, desde un punto de vista económico, los cánones y otros ingresos procedentes de los usuarios cubren aproximadamente la tercera parte de los costes totales de las líneas de Alta Velocidad del ADIF, mientras que las dos terceras partes restantes son cubiertas de una u otra forma por el sector público. Dados los costes totales anuales del ADIF en las líneas de Alta Velocidad, estimados en 3.200 millones de euros para el 2020, la subvención anual a las líneas de Alta Velocidad del ADIF, una vez que estén todas en explotación, se puede estimar en unos 2.100 millones de euros.

En cualquier caso, la situación es muy distinta entre las distintas líneas cuya construcción y administración ha sido encomendada al ADIF. En las líneas Madrid-Barcelona-Figueras, Córdoba-Málaga (incluyendo el túnel de Abdalajís) y el corredor de Levante se prevé un ratio medio Ingresos/Costes de producción (sin incluir costes financieros) en el entorno del 75%. También la línea Madrid-Sevilla, traspasada al patrimonio del ADIF e incluida en este análisis, obtiene un ratio por encima del 50%, al igual que el nuevo acceso ferroviario a Toledo, ya en servicio. Por el contrario, otras líneas, especialmente en el corredor Norte/Noroeste, presentan un ratio más bajo. En el caso de la línea Madrid-Valladolid, el ratio Ingresos/Costes de producción es bajo debido al importante peso de la construcción del túnel de base de Guadarrama sobre el conjunto de la línea. De hecho, en esta línea el peso de las amortizaciones sobre el total de cos-

European funding, with a marginal share of outside funding. From an economic point of view it is necessary to consider all the costs of the activity, including the cost of opportunity implied to the company on holding certain funds, regardless of whether these are subject to payment of interest from an accounting point of view. From this economic viewpoint, the royalties and other user-based revenue covers approximately one third of the total costs of ADIF high-speed lines, and the remaining two-thirds are covered in one way or another by the public sector. Given that the total annual costs of ADIF in high speed lines would be around 3,200 million Euros in 2020, the annual subsidy for ADIF high-speed lines, once in operation, may be estimated at around 2,100 million Euros.

However, the situation varies widely between the different lines entrusted to ADIF for construction and/or administration. On the Madrid-Barcelona-Figueras line, the Cordoba-Malaga line (Including the Abdalajis tunnel) and the Levante corridor, an average revenue/production cost ratio (without including financial costs) is established at around 75%. The Madrid-Seville line, now coming under the auspices of ADIF and included in this analysis, obtains a ratio of over 50% as does the new railway access to Toledo which has just started operation. However, other lines and particularly those in the North-Northwest corridor reveal a much lower ratio. In the case of the Madrid-Valladolid line, the Revenue/Production cost ratio is lower due to the considerable costs implied by the construction of the Guadarrama base tunnel on this line. On this line the impact of amortization in terms of total costs is significantly higher than that of maintenance and traffic administration costs, as opposed to that occurring in most other cases. This is somewhat repeated in the case of the Pajares by-pass on the Leon-Asturias high-speed line.

The analysis of the ADIF ratios should, however, be made in an overall fashion as it is important to verify the group's viability as a corporate organization. Certain sections or lines on the network constructed by ADIF may have low ratios providing that these are offset by others. It is also worthy of mention that the Guadarrama tunnel, by way of example, will provide access between Madrid and the entire north and northwest region of Spain and that the Pajares by-pass will enable the link up between Asturias and the high-speed network. However, and in accordance with economic criteria, it would have been recommendable if this latter tunnel work had been charged directly to the State budget. There appears to be little doubt regarding ADIF's viability in terms of the works entrusted to date, though it is necessary to consider that any additional works that be entrusted to ADIF which do not generate sufficient revenue, may well have an effect on the current railway model.

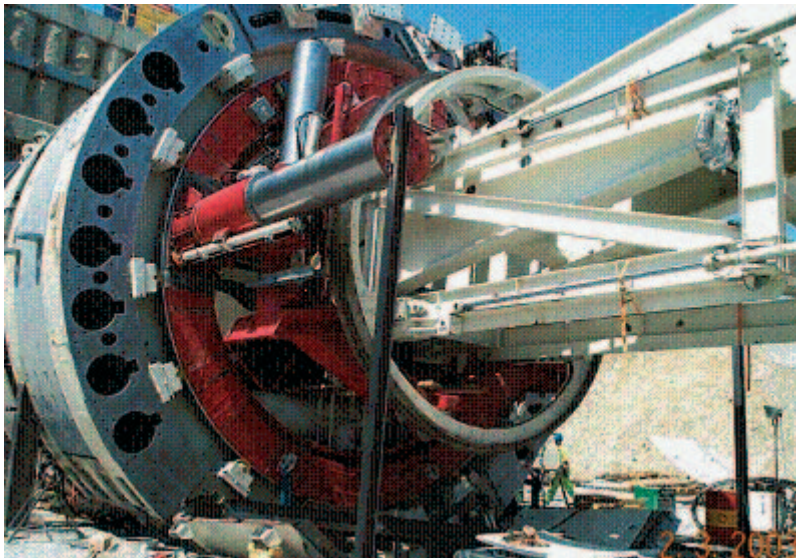


Fig. 2. Tunneladora utilizada en el túnel de Abdalajís, en la línea Córdoba-Málaga.
Fuente: Ministerio de Fomento/Tunnel boring machine employed in the Abdalajis tunnel on the Cordoba-Malaga line.
Source: Ministry of Development.

tes es significativamente mayor que el de los gastos de mantenimiento y gestión de la circulación, al contrario de lo que sucede en la media. Algo parecido cabría decir de la variante de Pajares, dentro de la línea de Alta Velocidad León-Asturias.

Sin embargo, el análisis de los ratios del ADIF debe realizarse en conjunto, ya que lo que es importante es verificar su viabilidad como entidad empresarial. Determinados tramos o líneas de la red construida por el ADIF pueden tener unos ratios bajos, siempre que estén compensados por otros. No hay que olvidar que el túnel de Guadarrama, por ejemplo, servirá para el acceso entre Madrid y todo el Norte y Noroeste peninsular y, en cuanto a la variante de Pajares, ésta permitirá conectar Asturias con la red de Alta Velocidad. No obstante, quizá los criterios económicos habrían aconsejado realizar esta última obra con cargo directo al Presupuesto del Estado. La viabilidad del ADIF no parece que pueda llegar a cuestionarse con las obras encomendadas hasta el momento, pero hay que tener en cuenta que cargar al ADIF con obras adicionales que no generen suficientes ingresos sí podría llegar a incidir sobre el modelo ferroviario actual.

3. Fundamentos económicos de la financiación de las infraestructuras.

Tradicionalmente, el equilibrio en el mercado de los servicios de transporte se representa mediante una función de costes con un importante componente fijo, debido al coste de las infraestructuras, y un coste marginal inferior al coste medio para el nivel de demanda existente. En la figura 4, para el supuesto de una red ya construida, se representa en abscisas la producción de servicios de

3. Economic basis for the funding of infrastructures

Equilibrium in the transport service sector is traditionally represented in terms of costs with a considerable fixed component, due to the cost of infrastructures, and a marginal cost below the mean cost for the prevailing level of demand. Figure 4 shows the case for a constructed network where the abscissa represents the production of transport services (X), measured for example in terms of passengers per km, and the ordinates represent the mean or marginal costs or service prices. In order to simplify the arrangement, a production cost curve has been considered where the marginal cost is constant. The optimum point in the provision of transport services will then be obtained at the point where the demand curve (D) of these services crosses the marginal cost curve (C'), this being at point T in figure 4, and corresponding to a production level equal to X_p , as at a point to the left of the optimum, the public cost of producing an additional amount of transport services would be lower than that which the additional users would be prepared to pay, while that to the right of the optimum represents an increase in the produced quantity which has an additional cost over and above that which the users would be prepared to pay.

Under these conditions, the producing company does not cover the mean cost of the service (C_m), and only covers the variable costs and, subsequently, requires public sector subsidization (the RT segment of the graph, per unit produced) in order to reach the optimum point, regardless of other considerations in terms of territorial equilibrium or equity. From an economic point of view, and under this traditional focus, this justifies a component of public funding which logically carries greater weight in modes of transport such as the railway where

Fig. 3. Vista aérea de las obras en el túnel de Abdalajís.
Fuente: Ministerio de Fomento/Aerial view of the work on the Abdalajis tunnel.
Source: Ministry of Development.



transporte (X), medida por ejemplo en viajeros-km, y en ordenadas los costes medios o marginales, o los precios del servicio. Para simplificar el esquema, se ha considerado una curva de costes de producción en que el coste marginal es constante. El punto óptimo en la provisión de servicios de transporte se alcanzaría en el punto en el que la curva de demanda (D) de dichos servicios corta a la curva de costes marginales (C'), es decir, en el punto T de la figura 4, que se corresponde con un nivel de producción igual a X_p , puesto que en un punto a la izquierda del óptimo el coste social de producir una cantidad adicional de servicios de transporte sería menor que lo que los usuarios adicionales estarían dispuestos a pagar, mientras que a la derecha del óptimo un incremento de la cantidad producida tiene un coste adicional mayor que lo que los usuarios están dispuestos a pagar.

En estas condiciones, la empresa productora no cubre el coste medio del servicio (C_{me}), sino sólo los costes variables, por lo que para alcanzar el punto óptimo es necesario aportar una subvención (el segmento RT en el gráfico, por unidad producida) por parte del sector público, al margen de otras consideraciones de equidad o equilibrio territorial. Desde un punto de vista económico, esto es lo que justificaría, en este planteamiento tradicional, un componente de financiación pública, que lógicamente tendrá mayor importancia en aquellos modos de transporte, como el ferroviario, en los que la infraestructura tiene mayor peso en la producción de los servicios de transporte. Esta financiación pública alcanzaría, en este esquema, a la totalidad de los costes fijos, comprendiendo tanto la amortización de la infraestructura como gran parte de sus costes de mantenimiento. La tarifa pagada por el usuario cubriría básicamente el coste de operación del servicio de transporte y la parte del mantenimiento de la infraestructura que tuviera un carácter de coste variable. Cabe hacer notar que en la situación de la figura 4, el coste medio no se cubre en ningún punto sólo con las tarifas que están dispuestos a pagar los usuarios, lo que haría inviable a largo plazo prestar el servicio de transporte en condiciones estrictamente de mercado, situación que seguramente no difiere demasiado de la realidad del ferrocarril en los países europeos.

El planteamiento anterior varía cuando se trata de tomar la decisión sobre la construcción de una nueva red o un proyecto concreto de infraestructuras. En ese caso, siempre existe la alternativa base de no construir, y para justificar económicamente el proyecto será necesario tomar en consideración todos los costes, incluidos los costes de inversión. En la figura 4, por ejemplo, y suponiendo que los costes operativos (costes variables) sean cubiertos por la tarifa pagada por los usuarios, el proyecto se justificaría sólo en el caso de que el excedente de los usuarios (representado por el área Wp^*T), fuera mayor

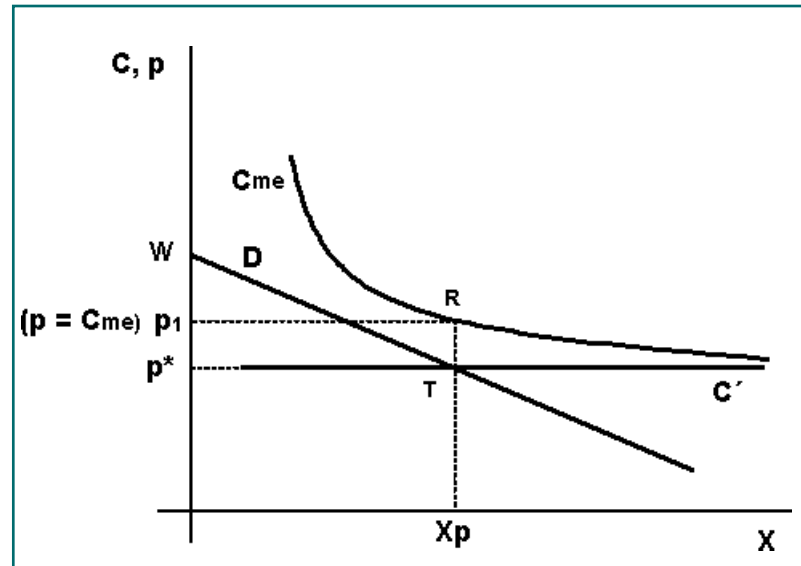


Fig. 4. Equilibrio económico en los servicios de transporte. Fuente: Elaboración propia/Economic equilibrium in transport services. Source: Author.

infrastructures have a greater bearing on the production of transport services. Under this arrangement, public financing affects all fixed costs both in terms of the amortization of the infrastructure and a large proportion of the maintenance costs. The fares paid by the user essentially cover the operating costs of the transport service and the proportion allocated to the maintenance of the infrastructure which has a variable cost nature. It is also of note that in the situation shown in Fig. 4, the mean cost is not covered at any point by the fares which the users are prepared to pay and this would make it unviable in the long term to offer the transport service under strictly market conditions, this being a situation which does not significantly vary from the reality seen in the railways systems of most European countries.

The preceding basis varies when attempts are made to reach a decision on the construction of a new network or a specific infrastructure project. In this case, there is always the possible alternative of not building and in order to economically justify the project it will be necessary to take into consideration all the costs including those of investment. In Fig. 4 for example and when taking that the operative costs (variable costs) would be covered by the fares paid by users, the project would only be justified in the case that the surplus of users (represented by the area Wp^*T) be larger than the fixed costs of the project, represented by the area Rp_1p^*T . This is essentially the question to be resolved by cost-benefit analysis applied to a new transport infrastructure. The surplus of users is normally ascertained by appraising the main benefits envisaged by users with regards to the new infrastructure in accordance with estimated demand. These benefits normally being associated with savings in time (whether in journey or waiting times).

que los costes fijos del proyecto, representada por el área Rp_1p^*T . Básicamente, ésta es la cuestión que trata de resolver el análisis coste-beneficio aplicado a una nueva infraestructura de transporte. El excedente de los usuarios se suele aproximar valorando los principales beneficios que perciben los usuarios de la nueva infraestructura con la demanda prevista, fundamentalmente los ahorros de tiempo (de viaje o tiempos de espera) que obtienen.

El esquema se complica cuando se introduce en el análisis económico las externalidades del transporte, es decir, los efectos positivos o negativos producidos por la actividad del transporte sobre terceros ajenos a la relación producción-consumo de dichos servicios. La presencia de externalidades negativas situaría el óptimo en un menor nivel de producción que el obtenido anteriormente, mientras que las externalidades positivas lo situarían en un mayor nivel de producción. En la figura 5 se representa el caso de la producción óptima de los servicios de transporte ferroviario, suponiendo que éstos presentan externalidades positivas. Este supuesto se hace en términos relativos respecto a otros modos de transporte. Es decir, no es que en el transporte ferroviario no se produzcan accidentes, por ejemplo, sino que el número de accidentes es mucho menor que en la carretera. En la medida en que se logren desviar tráfico de la carretera al ferrocarril, estaríamos obteniendo un efecto positivo. Lógicamente, el resultado óptimo se obtendría penalizando los modos alternativos, no subvencionando el ferrocarril. Sin embargo, si por las razones que sean (de supuesta equidad social, por ejemplo), no se gravan los modos generadores de los efectos negativos, el resultado final mejora si se introduce en el análisis una valoración positiva del ferrocarril.

Al igual que antes, si no se consideran las externalidades, el óptimo se alcanza en el punto de intersección de la curva de costes marginales (C') del servicio de transporte ferroviario con la demanda privada (D) del mismo. La producción de equilibrio se alcanzará en X_p , con un precio igual al coste marginal C' . Ahora bien, a partir de aquí, los beneficios sociales (externalidades positivas) de la producción se pueden representar mediante una curva de demanda social (D_s). Esta curva se obtendría sumando las valoraciones individuales que realizan los distintos agentes económicos del bien público que suponen las externalidades. La demanda total D_t se obtiene, en el gráfico, agregando verticalmente esta demanda pública a la demanda privada anterior.

El nuevo punto de equilibrio será el punto H, con la producción de equilibrio X_s y un precio de equilibrio que seguirá siendo igual a C' . Ahora bien, de este precio total, el segmento J- X_s , es decir el precio p^* , corresponderá a la parte del precio que deberá ser financiada privada-

The calculation becomes more complicated when transport externalities are introduced in the economic analysis. These being the positive or negative effects caused by the transport activity to third parties unrelated to the production-consumption of these services. The presence of negative externalities would set the optimum at a lower production level than obtained above, while the presence of positive externalities would place this at a higher production level. Figure 5 shows the case of optimum production of railway transport services where positive externalities are taken to be present. This assumption is made in relative terms with respect to other modes of transport. By way of example, it could be considered that while accidents do happen in rail transport, these occur far less frequently than road accidents. As such, the extent by which traffic is taken off the roads and transferred to rail, would then achieve a positive effect. Logically, an optimum result would be obtained by penalizing alternative methods and not subsidizing rail. However, if for the reasons that be (such as a supposed social equity), no penalties are imposed on the modes generating negative effects, the final result will improve if a positive appraisal of the railway is included in the analysis.

In the same manner as above, when the externalities are not taken into account the optimum level is reached at the crossing point between the marginal cost curve (C') of the railway transport service and the private demand (D) of the same. Production equilibrium will be obtained at X_p at a price equal to the marginal cost C' . From this point on, the public benefits (positive externalities) of production may be represented by a public demand curve (D_s). This curve is obtained by adding the individual appraisals of different economic agents of the public benefit implied by the externalities. The total demand D_t is obtained in the graph by vertically aggregating this public demand to the private demand.

The new point of equilibrium will be point H, with production equilibrium X_s and a price equilibrium which continues to be equal to C' . Within this total price, segment J- X_s , or price p^ , will correspond to the proportion of the price requiring private finance (by the users) and segment HJ will correspond to the proportion to be paid by the public sector in order to obtain a optimum public production level X_s . In this way public subsidy will be greater than before, when adding the subsidy required to raise the level of production to the new optimum point to the fixed costs.*

As may be seen from the figure, the presence of positive externalities leads to greater production at the economic optimum. However, this is only obtained in the case that the public sector is prepared to finance the corresponding amount. This amount being obtained by adding the fixed costs to the result of multiplying the proportion of price HJ by the produced quantity X_s . The

mente (es decir, pagada por los usuarios) y el segmento HJ corresponderá a la parte del precio que ha de pagar el sector público para alcanzar el nivel de producción X_s , que representa el óptimo social. De esta forma, la subvención pública será mayor que antes, al sumar a los costes fijos la subvención necesaria para llevar el nivel de producción al nuevo punto óptimo.

En definitiva, como puede deducirse de la figura, la existencia de externalidades positivas lleva a una mayor producción en el óptimo económico. Sin embargo, éste se alcanzará sólo en el caso de que el sector público esté dispuesto a financiar la cantidad correspondiente, que se obtendría sumando los costes fijos más el resultado de multiplicar la parte del precio HJ por la cantidad producida X_s . La parte de los costes variables (por unidad producida) financiada públicamente (HJ) coincide exactamente con la ordenada de la curva de "demanda social" (D_s) en el nuevo punto de equilibrio.

De todo esto cabe deducir que, al margen de otras consideraciones de tipo social o redistributivo, o de equilibrio territorial, la financiación pública de los servicios de transporte puede justificarse desde un punto de vista estrictamente de eficiencia económica si se da la presencia de externalidades positivas. La parte del precio que ha de ser financiada públicamente dependerá de la forma de las curvas de oferta y demanda y de la valoración de las externalidades producidas, es decir, de la proporción de los beneficios sociales en relación con la magnitud de la demanda privada.

Sin embargo, este planteamiento teórico tropieza en la práctica con importantes dificultades. La subvención permanente a la empresa de transporte puede acabar provocando incentivos negativos para un comportamiento eficiente y para la reducción de costes. No obstante, no cabe generalizar en esta cuestión, ya que el resultado dependerá de cómo se instrumente la subvención. La técnica del Contrato-Programa entre Administración y empresa, en la que se fijan unos objetivos para un período plurianual y se determina de antemano el montante de la financiación pública, reduce los incentivos negativos que plantearía un esquema en el que simplemente se cubren las pérdidas de la empresa. Por otra parte, la separación de la gestión de la infraestructura (realizada por una única empresa, con un componente importante de financiación pública) y la prestación de los servicios de transporte, permite introducir un entorno competitivo entre las operadoras de transporte.

Como es obvio, la mayor dificultad para la correcta financiación del transporte procede de la restricción presupuestaria. Si se mantienen tarifas bajas para el usuario, la carga sobre el presupuesto de las subvenciones necesarias para alcanzar el óptimo económico puede ser inabordable. El resultado de una combinación de tarifas

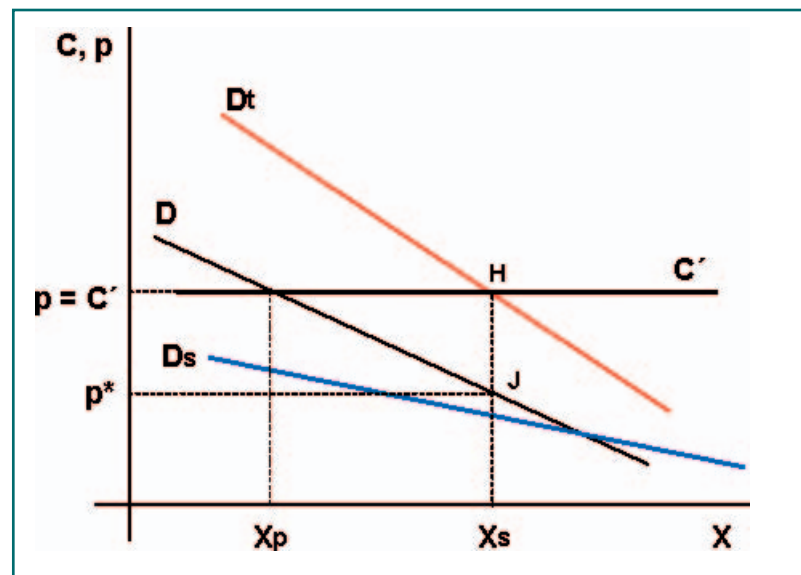


Fig. 5. Equilibrio económico en la producción de los servicios de transporte ferroviario. Fuente: Elaboración propia/Economic equilibrium in the production of railway transport services. Source: Author.

proportion of public financed (HJ) variable costs (per unit produced) exactly coincides with the perpendicular offset of the "public demand" curve (D_s) at the new point of equilibrium.

From this it may be taken that, in addition to other considerations of a social or redistributive nature or those of territorial balance, the public funding of transport services have to be justified in terms of strict economic efficiency in the case that positive externalities arise. The proportion of the price requiring public funding will depend on the form of the supply and demand curves and the appraisal of the externalities produced, that is to say, the proportion of social benefits in relation to the scale of private demand.

However, this theoretical positioning is subject to a number of serious setbacks in practice. The permanent subsidising of the transport company may discourage any attempt to ensure efficient running and cost reductions. However, one should not over-generalize in this aspects as the result will depend on how the subsidy is instrumented. The technique of employing a Contract-Programme between Administration and corporation which establishes fixed objectives over a multi-year period and where the amount of public funding is determined beforehand, reduces the lack of incentive otherwise caused by schemes solely covering company losses. Furthermore, the separation between the administration of the infrastructure (performed by a single company with a large amount of public funding) and the rendering of transport services, enables the introduction of a competitive element between transport operators.

It is obvious that the main handicap in the correct funding of the transport system lies in budgetary restrictions. If low fares are maintained for the users, the burden on the

bajas para el usuario y una financiación pública insuficiente puede ser la descapitalización de la red de infraestructuras, como de hecho ha sucedido durante décadas con el ferrocarril, que en estas condiciones tendería a desaparecer a largo plazo.

Por esta razón, podría plantearse un segundo óptimo estableciendo una tarifa a los usuarios que cubriera parte de los costes de la infraestructura. De esta forma, la producción de servicios de transporte sería inferior a la óptima, pero la carga sobre el presupuesto se reduciría.

En cierta medida, ésta es la situación del ferrocarril de Alta Velocidad en España. Teniendo en cuenta la estructura de ingresos y costes del ADIF estimada anteriormente, cabe deducir que el usuario paga, además de los costes de operación del servicio, al menos los costes de mantenimiento de las infraestructuras, una parte de los cuales tendrán el carácter de costes fijos. En este caso, el segundo óptimo consiste en una financiación mixta de las infraestructuras, en parte con cargo a los usuarios y en parte con cargo a la sociedad, pero a través de un mecanismo que permite además diferir considerablemente el impacto sobre los presupuestos públicos, contribuyendo así a hacer posible el desarrollo de la red.

4. Cálculo del valor de las externalidades en el transporte ferroviario

Son numerosas las externalidades generalmente asociadas al transporte: el ruido, la contaminación atmosférica, los accidentes, el cambio climático, las afecciones sobre el paisaje, son algunas de las más estudiadas. A éstas se unen los costes de la congestión, aunque en este caso es más problemático decidir en qué medida dichos costes deben ser tratados como tales externalidades. En esta sección se realiza un ejercicio de estimación del valor de las externalidades (en términos relativos a otros modos de transporte) en las líneas construidas por el ADIF. Las ventajas de la Alta Velocidad ferroviaria sobre otros modos de transporte se centran sobre todo en los costes externos que originan los accidentes, debido a su elevada magnitud, y los costes externos del cambio climático, puestos de relieve tras la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto y la creación del Mercado Europeo de Emisiones. El resto de efectos externos del transporte tienen lugar fundamentalmente en entornos urbanos, o bien se estima que su valoración económica es de un orden de magnitud menor, por lo que la Alta Velocidad ferroviaria no ofrece ventajas sustanciales.

El coste externo de los accidentes puede estimarse de diversas formas, y numerosos estudios ofrecen diferentes valores. Metodológicamente, al valor estadístico de una vida humana (VEVH) (Pereira, R., 2005), habría poste-

subsidies required to obtain the economic optimum may be too much. The combination of low fares for the user and insufficient public funding may lead to the decapitalization of the infrastructure networks as has, indeed, occurred over decades with the railway which, under these conditions, tend to disappear over the long term.

For this reason it is possible to consider a second optimum by establishing a fare which covers part of the infrastructure costs. In this way the production of transport services will be lower than the optimum but there will be a lower burden on the budget.

This, to a certain degree, is the situation of High-Speed rail in Spain. When considering the revenue and cost structure of ADIF estimated earlier, it may then be seen that the user pays the operation costs of the service and the maintenance costs of the infrastructure, part of which having the nature of fixed costs. In this case, the second optimum consists of combined financing of infrastructures, with part being charged to the users and part to the public, though through a mechanism which enables a considerable deferral of the impact on the public budget and one contributing to the viable development of the network.

4. Calculation of the value of externalities in railway transport

There are numerous externalities which tend to be associated with transport: with noise, atmospheric pollution, accidents, climate change and affect on the landscape being just some of the most studied effects. In addition to this we may add the cost of congestion, though in this case it is more difficult to decide the degree by which these costs may be attributed as externalities. In this section we shall estimate the value of externalities (in relative terms with regards to other transport modes) on lines built by ADIF. The advantages of High-Speed rail over other forms of transports is essentially based on the external costs caused by accidents, given the large scale of the same, and the external costs of climatic change which have come to the fore in the wake of the Kyoto Protocol and the creation of the European Emissions Market. The remainder of the external effects of transport tend to arise in urban environments and here their economic appraisal is considered to be of a lower scale as high-speed railway does not offer significant advantages in this regard.

The external costs of accidents may be estimated in different ways and numerous studies offer varying values. The statistical value of human life (SVHL) may be estimated at an average value of Euros 1,175 million (Pereira, R., 2005) to which it is then necessary to add

Tabla nº 3: Costes de la accidentalidad (en €/ 1000 viajeros-km) por modos
Table No. 3. Costs of accidents (in €/ 1000 travellers per km) by modes

COSTE UNITARIO DE LOS ACCIDENTES/UNIT COST OF ACCIDENTS				
€/1000 vkm	MFOM/Ministry of Development		INFRAS	
	2004	2020	2000	2020
Automóvil/Car	14,57	23,38	20,2	36,48
Autobús/Bus	0,55	0,88	1,7	3,07
Tren/Train	0,085	0,14	0,2	0,36
AVE (High-Speed train)	0,079	0,13	0,2	0,36
Avión/Plane	0,054	0,087	0,3	0,54

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del Ministerio de Fomento y estudio INFRAS
Source: Author on the basis of information provided by the Ministry of Development and the INFRAS study

riormente que añadir los costes hospitalarios, los asociados a grandes discapacidades permanentes, las pérdidas de productividad, los costes de los daños materiales, los costes administrativos, y otros.

Dada la dificultad y la falta de exactitud que podría presentar la estimación de todos los costes mencionados, y atendiendo a la simplicidad buscada en todo el cálculo, se han utilizado los costes unitarios de los accidentes, referidos a unidades de transporte (es decir, expresados en €/1000 viajeros-km). Estos costes unitarios se han obtenido a partir de los datos del Ministerio de Fomento (del Manual de Evaluación de Inversiones en ferrocarriles de vía ancha y del Manual de Inversiones de Grandes Ciudades) y del estudio, ampliamente utilizado como referencia internacional, de INFRAS (Zurich) e IWW (Karlsruhe), publicado en 2004, sobre los costes externos del transporte. Este estudio se refiere a costes medios europeos y ofrece por tanto una valoración superior a los costes obtenidos del Ministerio de Fomento. Aún así, sirve como escenario superior de referencia.

Los costes unitarios de los accidentes se actualizan a euros del 2020, horizonte del PEIT, suponiendo una inflación anual constante del 3%. Son los reflejados en la tabla 3.

En cuanto a los costes externos del cambio climático, para su valoración se han obtenido las emisiones de CO₂ en los distintos modos de transporte, del estudio del INFRAS, y el valor que en el Mercado Europeo de Emisiones (en adelante, MEE), alcanza la tonelada de CO₂. A la hora de establecer el escenario 2020, se ha supuesto un incremento constante con la inflación del precio de la tonelada, y se ha considerado también el escenario superior del INFRAS, que estima el coste de la tonelada de CO₂ en 140 euros, bajo el supuesto de un objetivo de reducción de las emisiones en todo el mundo en un 50% para el 2030, respecto a los niveles de 1990.

Las emisiones por modo y los costes por tonelada en el 2020 serían los que se reflejan en la tabla 4.

Tabla nº 4: Emisiones de CO₂ por modo y costes por tonelada
Table no. 4. CO₂ emissions per mode and costs per ton

COSTE UNITARIO DEL CAMBIO CLIMÁTICO/ UNIT COST OF CLIMATIC CHANGE				
Modos Modes	Emisiones de CO ₂ g/vkm CO ₂ emissions g/pkm	€/Ton CO ₂		Escenario superior INFRAS
		Mercado europeo de Emisiones European Emissions Market		
		marzo-06 march-06	2020	
Automóvil/Car	192,9			
Autobús/Bus	51,3			
Tren/Train	44,8	27	40,84	140
AVE (High-Speed train)	15,7			
Avión/Plane	132,0			

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del Ministerio de Fomento y estudio INFRAS
Source: Author on the basis of information provided by the Ministry of Development and the INFRAS study

hospital costs, costs associated with permanent disablement, loss of productivity, the cost of material damage, administrative costs and others.

Given the difficulty and lack of precision which may arise in an appraisal of all these costs and in order to simplify the calculation, we have employed the unit costs of accidents, referred to as transport units (given in €/1000 travellers per km). These unit costs have been obtained from information provided by the Ministry of Development (the Manual on Evaluations of wide gauge railway and Manual of Investments in Large Cities) and the study, widely employed as an international reference, of INFRAS (Zurich) and IWW (Karlsruhe), published in 2004, on the external costs of transport. This study refers to the average European costs and, subsequently, offers a higher valuation than those obtained by the Ministry of Development. However, it still serves as a higher source of reference.

The unit costs of accidents are updated to 2020 Euros, this being the PEIT horizon, by taking a constant annual inflation of 3%. These costs are as follows

With regards to the external costs of climatic change, this has been appraised in accordance with the CO₂ emission of different modes of transport, indicated in the INFRAS study, and the value established by the European Emissions Market (EEM) equivalent to one ton of CO₂. In order to establish the 2020 scenario, we have presumed a constant rise in the price per ton in line with inflation and have considered the higher setting of the INFRAS, which estimates the cost per ton of CO₂ at 140 euros, within the objective to reduce emissions throughout the world by 50% in 2030 with respect to 1990 levels.



Fig. 6.
Electrificación y
material de las
líneas de Alta
Velocidad.
Fuente:
Ministerio de
Fomento/
Electrification
and equipment
for High-Speed
lines. Source:
Ministry of
Development.

Los datos de emisiones unitarias de la tabla nº 4 se han obtenido del estudio del INFRAS. Pueden sorprender las bajas emisiones por vkm del AVE, especialmente comparando con el tren convencional, si se considera que el consumo energético aumenta con la velocidad del vehículo. Sin embargo, hay que tener en cuenta, en primer lugar, el aumento de la eficiencia energética de los sucesivos modelos de trenes de alta velocidad y la elevada ocupación de los trenes que se produce en el AVE, lo que reduce las emisiones unitarias por vkm.

Se han seleccionado seis proyectos de accesos ferroviarios de Alta Velocidad, cuya construcción y administración ha sido encomendada al ADIF por parte del Gobierno. Éstos se encuentran en distintas fases de desarrollo y están integrados en la Red de Altas Prestaciones que define el PEIT.

Son los siguientes:

- Madrid Toledo, que entró en servicio en 2005.
- Madrid Extremadura. Entrada en servicio 2010
- Madrid Levante. Entrada en servicio 2010
- Madrid Valladolid. Entrada en servicio 2007
- Madrid Barcelona. Entrada en servicio 2007
- Madrid Córdoba Málaga. Entrada en servicio 2007

Se han obtenido los datos de la demanda prevista para el año 2020, horizonte del PEIT, en la situación "sin proyecto" (evolución de la demanda en el corredor sin la actuación realizada) y "con proyecto" (con el corredor de Alta Velocidad en servicio). Con estos datos se calcula el tráfico desviado de los distintos modos al tren de Alta Velocidad, así como el generado. Estos datos de demanda sirven de base para el cálculo del ahorro en accidentes y en emisiones que supone el cambio modal hacia el AVE.



The emissions per mode and costs per ton in 2020, will then be as follows (table 4).

Then information on unit emissions in table No. 4 has been obtained from the INFRAS study. The low emissions of the Spanish high-speed train AVE may come as some surprise, particularly when compared with conventional train, and when considering that energy consumption increases with the speed of the vehicle. However, it is necessary to take into account the increased energy efficiency of the successive types of high-speed train as well as the high rate of occupation of AVE trains, which reduces the unit emissions per passenger per km.

Six high-speed rail projects have been selected from those entrusted to ADIF by the government for construction and administration. These projects are under varying stages of development and are all integrated in the High-Performance network defined by the PEIT.

These projects are as follows:

- Madrid Toledo, which came into service in 2005.
- Madrid Extremadura. Due to come into service on 2010
- Madrid Levante. Due to come into service on 2010
- Madrid Valladolid Due to come into service on 2007
- Madrid Barcelona Due to come into service on 2007
- Madrid Córdoba Malaga. Due to come into service on 2007

Details have been obtained of the demand estimated for the PEIT 2020 horizon, for a situation "without project" (development of demand in the corridor without the new work) and "with project" (with the High-speed corridor in service). On the basis of this information a calculation has been made of the traffic taken from other

Tabla nº 5: Datos de tráfico por modos en 2020; tráfico desviado y tráfico generado con las actuaciones de Alta Velocidad. Nº de viajeros anuales
Table no. 5: Details of traffic in 2020 according to mode; Traffic taken from other modes and traffic generated by High-Speed works. No. of passengers

Corredores A.V High-speed Corridors	MADRID TOLEDO	MADRID EXTREMAD.	MADRID LEVANTE	MADRID VALLAD.	MADRID BCN	MADRID CÓRD. MÁLAGA	
DEMANDA año horizonte 2020/DEMAND 2020 horizon							TOTAL
SIN PROYECTO/WITHOUT PROJECTS							257.552.762
Automóvil/Car	6.450.165	16.483.930	48.472.050	25.247.722	62.850.066	29.783.007	189.286.940
Autobús/Coach	2.812.144	1.758.545	4.969.741	4.796.486	8.130.848	3.258.210	25.725.974
Tren/Train	1.025.473	758.397	6.313.985	2.788.356	12.526.484	3.907.494	27.320.189
Avión/Plane	0	495.201	2.269.288	0	10.216.043	2.239.126	15.219.658
CON PROYECTO/WITH PROJECTS							274.305.061
Automóvil/Car	5.811.346	16.128.209	45.003.017	22.751.326	52.254.186	28.670.845	170.618.929
Autobús/Coach	2.310.235	1.494.231	4.063.102	3.864.518	6.429.334	2.930.307	21.091.727
AVE	2.478.203	2.061.485	15.749.999	8.107.967	28.890.753	9.031.768	66.320.175
Tren/Train	0	0	0	240.214	5.144.024	0	5.384.238
Avión/Plane	0	478.455	1.306.753	0	7.840.338	1.264.447	10.889.993
TRÁFICO DESVIADO/TRAFFIC TAKEN							49.567.875
del automóvil/from car	638.819	355.721	3.469.033	2.496.396	10.595.880	1.112.162	18.668.011
del autobús/from coach	501.909	264.315	906.639	931.968	1.701.514	327.903	4.634.248
del tren/from train	1.025.473	758.397	6.313.985	2.548.142	7.382.460	3.907.494	21.935.951
del avión/from plane	0	16.746	962.535	0	2.375.705	974.679	4.329.665
TRÁFICO GENERADO/TRAFFIC GENERATED							16.752.300
	312.002	666.306	4.097.807	2.131.461	6.835.194	2.709.530	16.752.300

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del Ministerio de Fomento/Source: Author, on the basis of information provided by the Ministry of Development

En la tabla 5 puede observarse cómo la introducción de la Alta Velocidad genera importantes redistribuciones en el reparto modal del corredor.

El corredor Madrid Toledo, dada su corta longitud, presenta unas predicciones de captación de tráfico más moderadas que para los viajes de mayor distancia. Los usuarios se captan tanto del automóvil privado y del autobús (unos 500.000 viajeros anuales de cada modo), como del ferrocarril convencional, que pasan en su totalidad a los trenes de A.V. El acceso de Alta Velocidad a Toledo genera a su vez más de 300.000 viajeros nuevos. El corredor Madrid Extremadura, previsto en el PEIT como red ferroviaria de tráfico mixto, tendrá una reducción en el número de viajeros en coche y autobús, pero no muy significativa comparada con el corredor Madrid Toledo. El servicio aéreo mantendrá su atractivo para casi todos los usuarios. Se generarían más de 650.000 nuevos viajes en el 2020. La puesta en servicio del corredor Madrid Levante supondrá una reducción de casi 3,5 millones de viajeros anuales del coche a beneficio de la Alta Velocidad. En avión viajarán casi 1 millón de personas menos y los viajeros en autobús pasarán de 5 a 4 millones en el 2020. Se generarán más de 4 millones de viajes anuales. El corredor Madrid Valladolid tendrá casi 2,5 millones de viajeros menos por sus carreteras. Ese mismo número de personas pa-

modes of transport by high-speed train, as well as that generated. These demand details serve as the basis for the calculation of savings in accidents and emissions implied by the modal change to AVE.

From the preceding table it may be seen that high-speed train will lead to a considerable redistribution of the modal share within the corridor.

The Madrid-Toledo corridor, on account of its shorter length, provides more moderate traffic uptake than the longer journeys. Users are gained from both private vehicles and coaches (some 500,000 travellers in each mode), as well as conventional train, which will entirely pass over to high-speed train. The high-speed connection with Toledo will, in turn, generate an additional 300,000 new travellers. The Madrid - Extremadura corridor, established in the PEIT as a combined traffic railway network, will capture a reduced number of travellers from car and coach of around half that of the Madrid Toledo corridor. Air travel will continue to retain its attraction for almost all users. This corridor will generate 650,000 new journeys in 2020. The introduction of the Madrid - Levante corridor will lead to a reduction of almost 3.5 million car passengers per year which will be taken up by high-speed rail. Flights will lose almost one million people and coach passengers will drop from five down to four million by 2020. Over 4 million journeys will be generated each

sarán del ferrocarril convencional al AVE, quedando menos de 250.000 que seguirán empleando los trenes TALGO o Regionales. El corredor Madrid Barcelona es el más significativo, dada su longitud y la demanda anual en todos los modos. La puesta en servicio de la Alta Velocidad, prevista para 2007, supondrá un trasvase de viajeros del coche al tren de A.V. de más de 10 millones en el año 2020. En la figura nº 7 se representan dos gráficos del reparto modal en el año 2020, sin proyecto de A.V y con proyecto de A.V en servicio. Esta línea de A.V generará además casi 7 millones de viajes anuales. Por último, en el caso del corredor Madrid Córdoba Málaga, éste perderá más de 1 millón de viajeros en coche y todos los del tren en beneficio de la A.V, que a su vez generará casi 3 millones de nuevos viajeros en ese modo.

En definitiva, la introducción de la Alta Velocidad en estos seis corredores supondrá un desvío del flujo de viajeros hacia los trenes AVE de casi 50 millones de pasajeros en el 2020, y una generación de casi 17 millones de nuevos viajes.

El ahorro en accidentes que se obtendría por la desviación hacia el AVE de los distintos modos es mayoritariamente debido al automóvil, dado el alto coste por cada 1000 viajeros-km, como se observa en la tabla nº 6.

El cambio de los automóviles privados a los trenes de Alta Velocidad es lo que produce un mayor ahorro de costes; el menor número de viajeros-kilómetro recorridos en automóvil eleva a más de 150 millones de euros anuales el ahorro en accidentes, mientras que más de 8.700 millones de vkm en tren convencional pasados al AVE sólo suponen un ahorro de 1,5 millones de euros.

El ahorro total en costes de los accidentes puede estimarse en algo más de 150 millones de euros anuales en los seis corredores estudiados, con los datos de costes unitarios de accidentes del Ministerio de Fomento, mientras que con los datos del INFRAS este valor es de unos 240 millones. La tabla 7 muestra un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de los costes de los accidentes.

En cuanto a los costes externos del cambio climático, en la tabla 8 se resumen los resultados obtenidos, desarrollados con mayor detalle en la tabla nº 9.

En definitiva, tomando una media de todos los modos de transporte, la implantación de las principales líneas de alta velocidad del ADIF supone un ahorro social en accidentes de 8,29 € por cada 1000 viajeros-kilómetro trasvasados al tren de A.V., y 3,70 € por cada 1000 viajeros-kilómetro trasvasados en ahorro de emisiones de CO₂. En el caso de los seis corredores estudiados, este ahorro supone más de 150 millones de euros

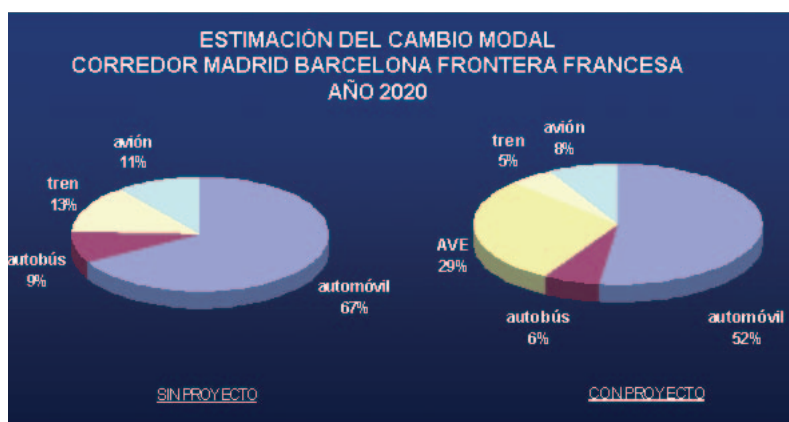


Fig. 7. Reparto modal del Corredor Madrid-Barcelona con y sin Alta Velocidad. Fuente: Elaboración propia/Modal distribution of the Madrid-Barcelona Corridor. With and without high-speed train services.. Source: Author

year. The Madrid - Valladolid corridor will lead to a drop in the number of road users of around 2.5 million. The same number of people will also pass from conventional train to the AVE and less than 250,00 people will continue to use the TALGO or Regional trains. The Madrid - Barcelona corridor is the most significant, given its length and the annual demand in all modes. The introduction of the high-speed train service, forecasted for 2007, will capture over 10 million people in 2020. Figure No. 7 shows two charts of the modal distribution in 2020, one without the high-speed service and the other with the service up and running. This high-speed line will also generate high on 7 million journeys a year. Finally, the high speed train on the Madrid-Cordoba-Malaga corridor will gain one million passengers from car passengers and all those from the conventional train service. The new train service will generate almost three million new passengers.

The introduction of high-speed train services in these six corridors will, in total, attract 50 million passengers from other modes in 2020 and will generate almost 17 million new journeys.

Table No. 6 shows the savings in accidents obtained by the switch to high-speed train from the different modes and transport, and principally the car due to the high cost per 1000 travellers per km of this mode.

The switch from private vehicles to High-Speed trains leads to the greatest cost savings; the reduced number of passengers per kilometre covered by car implies savings of over 150 million Euros per year in accidents, while the 8,700 million plus passengers per kilometre on conventional train who pass to AVE will imply savings of 1.5 million Euros.

The total savings in the cost of accidents may be estimated at just over 150 million euros per annum in the six corridors in question in accordance with the unit cost of accidents provided by the Ministry of Development, while in accordance with INFRAS data this sum rises to around 240 million. The table 7 shows a summary of the results obtained from the calculation of accident costs.

Tabla nº 6: Balance del ahorro en costes anuales en accidentes que se obtendría con la introducción de la Alta Velocidad.
Table No. 6: Savings in annual costs incurred by accidents obtained by the introduction of High-Speed services.

BALANCE		AHORRO en ACCIDENTES/SAVINGS IN ACCIDENTS					
CAMBIO MODAL: MODAL CHANGE	km	viajeros passengers	1000 vkm 1000 pkm	Coste unitario/Unit cost (€ por 1000 vkm)		coste accidentes/Cost of accidents	
				MFOM	INFRAS	MFOM	INFRAS
del automóvil/From car		18.668.011	6.595.141			154.198.186	240.613.494
Mad-Toledo	73	638.819	46.634			1.090.325	1.701.361
Mad-Extremadura	360	355.721	128.060			2.994.108	4.672.057
Mad-Levante	298	3.469.033	1.033.772	23,38	36,48	24.170.178	37.715.560
Mad-Valladolid	181	2.496.396	451.848			10.564.457	16.484.961
Mad-Barcelona	427	10.595.880	4.524.441			105.784.017	165.067.194
Mad-Córdoba-Málaga	369	1.112.162	410.388			9.595.101	14.972.361
del autobús/From coach		4.634.248	1.418.200			1.251.687	4.354.426
Mad-Toledo	73	501.909	36.639			32.337	112.497
Mad-Extremadura	360	264.315	95.153			83.981	292.158
Mad-Levante	298	906.639	270.178	0,88	3,07	238.456	829.553
Mad-Valladolid	181	931.968	168.686			148.881	517.932
Mad-Barcelona	427	1.701.514	726.546			641.242	2.230.780
Mad-Córdoba-Málaga	369	327.903	120.996			106.790	371.505
del tren/From train		21.935.951	8.765.971			1.195.679	3.166.464
Mad-Toledo	83	1.025.473	85.114			11.610	30.745
Mad-Extremadura	364	758.397	276.057			37.654	99.718
Mad-Levante	417	6.313.985	2.632.932	0,14	0,36	359.132	951.074
Mad-Valladolid	212	2.548.142	540.206			73.684	195.134
Mad-Barcelona	507	7.382.460	3.742.907			510.533	1.352.021
Mad-Córdoba-Málaga	381	3.907.494	1.488.755			203.066	537.772
del avión/From plane		4.329.665	1.853.950			160.652	1.004.532
Mad-Toledo		0	0			0	0
Mad-Extremadura	350	16.746	5.861			508	3.176
Mad-Levante	300	962.535	288.761	0,087	0,54	25.022	156.460
Mad-Valladolid		0	0			0	0
Mad-Barcelona	482	2.375.705	1.145.090			99.227	620.448
Mad-Córdoba-Málaga	425	974.679	414.239			35.895	224.448
A. TOTAL desviados/ A. TOTAL taken from other modes		49.567.875	18.633.263			156.806.204	249.138.916
generados/Generated		16.752.300	6.388.380			809.866	2.307.625
Mad-Toledo	74	312.002	23.088			2.927	8.340
Mad-Extremadura	334	666.306	222.546			28.213	80.389
Mad-Levante	330	4.097.807	1.352.276	0,127	0,36	171.431	488.472
Mad-Valladolid	178	2.131.461	379.400			48.097	137.048
Mad-Barcelona	507	6.835.194	3.465.443			439.321	1.251.795
Mad-Córdoba-Málaga	349	2.709.530	945.626			119.879	341.581
al ave/To AVE		49.567.875	18.923.960			2.399.025	6.835.755
Mad-Toledo	74	2.166.201	160.299			20.321	57.904
Mad-Extremadura	334	1.395.179	465.990			59.074	168.326
Mad-Levante	330	11.652.192	3.845.223	0,127	0,36	487.466	1.388.980
Mad-Valladolid	178	5.976.506	1.063.818			134.862	384.275
Mad-Barcelona	507	22.055.559	11.182.168			1.417.584	4.039.248
Mad-Córdoba-Málaga	349	6.322.238	2.206.461			279.717	797.023
B. TOTAL		66.320.175	25.312.340			3.208.891	9.143.380
BALANCE ECONÓMICO (A-B)/ECONOMIC BALANCE (A-B)						153.597.313	239.995.536

Fuente: elaboración propia/Source: Author

Tabla nº 7 : Resumen del ahorro anual en costes de accidentes/ *Table No. 7: Summary of annual savings in the cost of accidents*

CAMBIO MODAL en los 6 corredores estudiados <i>MODAL CHANGE in the 6 corridors under study</i>	1000 vkm 1000 pkm	coste accidentes (€) <i>cost of accidents</i>		costes de accidentes / <i>cost of accidents</i> (€/1000 vkm)/(€/1000 pkm)	
		MFOM	INFRAS	MFOM	INFRAS
del automóvil/ <i>from car</i>	6.595.141	154.198.186	240.613.494	23,38	36,48
del autobús/ <i>from coach</i>	1.418.200	1.251.687	4.354.426	0,88	3,07
del tren/ <i>from train</i>	8.765.971	1.195.679	3.166.464	0,14	0,36
del avión/ <i>from plane</i>	1.853.950	160.652	1.004.532	0,09	0,54
A. TOTAL desviados/A. TOTAL change	18.633.263	156.806.204	249.138.916	8,42	13,37
generados/ <i>generated</i> al AVE/ <i>to AVE</i>	6.388.380 18.923.960	809.866 2.399.025	2.307.625 6.835.755	0,13 0,13	0,36 0,36
B. TOTAL	25.312.340	3.208.891	9.143.380	0,13	0,36
BALANCE: A-B Ahorro en costes de accidentes <i>Savings in cost of accidents</i>		153.597.313	239.995.536	8,29	13,01

Fuente: elaboración propia / *Source: Author*

Tabla nº 8 : Resumen del ahorro anual en costes de emisiones de CO₂ / *Table No. 8: Summary of annual savings in the cost of CO₂ emissions*

CAMBIO MODAL en los 6 corredores estudiados <i>MODAL CHANGE in the 6 corridors under study</i>	1000 vkm 1000 pkm	coste accidentes (€) <i>cost of accidents</i>		costes de accidentes / <i>cost of accidents</i> (€/1000 vkm)/(€/1000 pkm)	
		MEE*: 40,84€/ton	Escenario/ <i>Scenario:</i> INFRAS: 140€/ton	MEE*: 40,84€/ton	Escenario/ <i>Scenario:</i> INFRAS: 140€/ton
del automóvil/ <i>from car</i>	6.595.141	51.956.762	178.108.391	7,88	27,01
del autobús/ <i>from coach</i>	1.418.200	2.971.259	10.185.512	2,10	7,18
del tren/ <i>from train</i>	8.765.971	16.038.501	54.980.172	1,83	6,27
del avión/ <i>from plane</i>	1.853.950	9.994.422	34.260.995	5,39	18,48
A. TOTAL desviados/A. TOTAL change	18.633.263	80.960.945	277.535.070	4,34	14,89
generados/ <i>generated</i> al AVE/ <i>to AVE</i>	6.388.380 18.923.960	4.096.153 12.133.816	14.041.659 41.594.863	0,64 0,64	2,20 2,20
B. TOTAL	25.312.340	16.229.968	55.636.522	0,64	2,20
BALANCE: A-E Ahorro en costes de emisiones/ <i>Savings in cost of emissions</i>		64.730.976	221.898.547	3,70	12,70

Fuente: elaboración propia / *Source: Author*

* Mercado Europeo de Emisiones/ *European Emissions Market*

anuales en accidentes y casi 65 millones de euros por emisiones en el año 2020, estimaciones que son significativamente mayores si se toman las valoraciones superiores establecidas en el estudio del INFRAS.

Es interesante señalar que estos efectos positivos dependen fundamentalmente del impacto del cambio modal del vehículo privado a la Alta Velocidad, tanto en accidentes como en emisiones, y en mucha menor medida del cambio de los otros modos de transporte a la Alta Velocidad.

5. Conclusiones

Las previsiones sobre la cuenta de resultados del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF) per-

The table 8 shows a summary of the results obtained with regards to the external costs of climatic change. This is expanded in further detail in Table No. 9

When taking the average of all modes of transport, the introduction of the main ADIF high-speed lines will imply public savings in accidents of €8.29 for every 1000 passengers per kilometre transferred to high-speed train and savings in CO₂ emissions of €3.70 for every 1000 passengers per kilometre. When considering the six corridors in question, this will lead to savings of over 150 million Euros per year in accidents and almost 65 million Euros in emissions in the year 2020 and these estimates would be even higher if we took the greater valuations established in the INFRAS study,

It is of note that these positive effects essentially depend on the impact of the modal change from private

Tabla nº 9 : Balance del ahorro anual en costes de emisiones de CO₂ que se obtendría con la introducción de la Alta Velocidad.
Table No. 9: Balance of annual savings in the cost of CO₂ emissions obtained by the introduction of High-Speed services.

BALANCE	AHORRO EN EMISIONES/SAVINGS IN EMISSIONS						
CAMBIO MODAL: MODAL CHANGE	km	viajeros passengers	1000 vkm 1000 pkm	Emisiones de CO ₂ (g/vkm) CO ₂ Emissions (g/pkm)	Toneladas emitidas Tons emitted	Coste emisiones/Cost of emissions MEE*/EEM*: 40,84 €/ton	Escenario/Scenario INFRAS 140€/ton
del automóvil/from car		18.668.011	655.141		1.272.203	51.956.762	178.108.391
Mad-Toledo	73	638.819	4634		8.996	367.383	1.259.392
Mad-Extremadura	360	355.721	12800		24.703	1.008.859	3.458.379
Mad-Levante	298	3.469.033	1.033.772	192,9	199.415	8.144.092	27.918.042
Mad-Valladolid	181	2.496.396	451.848		87.161	3.559.672	12.202.598
Mad-Barcelona	427	10.595.880	4.524.441		872.765	35.643.707	122.187.047
Mad-Córdoba-Málaga	369	1.112.162	410.388		79.164	3.233.050	11.082.932
del autobús/from coach		4.634.248	1.418.200		72.754	2.971.259	10.185.512
Mad-Toledo	73	501.909	36.639		1.880	76.763	263.144
Mad-Extremadura	360	264.315	95.153		4.881	199.355	683.391
Mad-Levante	298	906.639	270.178	51,3	13.860	566.049	1.940.421
Mad-Valladolid	181	931.968	168.686		8.654	353.413	1.211.504
Mad-Barcelona	427	1.701.514	726.546		37.272	1.522.182	5.218.057
Mad-Córdoba-Málaga	369	327.903	120.996		6.207	253.498	868.995
del tren/from train		21.935.951	8.765.971		392.716	16.038.501	54.980.172
Mad-Toledo	83	1.025.473	85.114		3.813	155.728	533.837
Mad-Extremadura	364	758.397	276.057		12.367	505.082	1.731.427
Mad-Levante	417	6.313.985	2.632.932	44,8	117.955	4.817.296	16.513.748
Mad-Valladolid	212	2.548.142	540.206		24.201	988.378	3.388.173
Mad-Barcelona	507	7.382.460	3.742.907		167.682	6.848.143	23.475.514
Mad-Córdoba-Málaga	381	3.907.494	1.488.755		66.696	2.723.874	9.337.473
del avión/from plane		4.329.665	1.853.950		244.721	9.994.422	34.260.995
Mad-Toledo		0	0		0	0	0
Mad-Extremadura	350	16.746	5.861		774	31.596	108.313
Mad-Levante	300	962.535	288.761	132,0	38.116	1.556.673	5.336.294
Mad-Valladolid		0	0		0	0	0
Mad-Barcelona	482	2.375.705	1.145.090		151.152	6.173.042	21.161.260
Mad-Córdoba-Málaga	425	974.679	414.239		54.679	2.233.110	7.655.129
A. TOTAL desviados A. TOTAL taken from other modes		49.567.875	18.633.263		1.982.393	80.960.945	277.535.070
generados/generated		16.752.300	6.388.380		100.298	4.096.153	14.041.659
Mad-Toledo	74	312.002	23.088		362	14.804	50.748
Mad-Extremadura	334	666.306	222.546		3.494	142.694	489.156
Mad-Levante	330	4.097.807	1.352.276	15,7	21.231	867.063	2.972.303
Mad-Valladolid	178	2.131.461	379.400		5.957	243.267	833.921
Mad-Barcelona	507	6.835.194	3.465.443		54.407	2.222.001	7.617.045
Mad-Córdoba-Málaga	349	2.709.530	945.626		14.846	606.324	2.078.486
al AVE/to AVE		49.567.875	18.923.960		297.106	12.133.816	41.594.863
Mad-Toledo	74	2.166.201	160.299		2.517	102.782	352.337
Mad-Extremadura	334	1.395.179	465.990		7.316	298.787	1.024.246
Mad-Levante	330	11.652.192	3.845.223	15,7	60.370	2.465.511	8.451.801
Mad-Valladolid	178	5.976.506	1.063.818		16.702	682.107	2.338.272
Mad-Barcelona	507	22.055.559	11.182.168		175.560	7.169.872	24.578.406
Mad-Córdoba-Málaga	349	6.322.238	2.206.461		34.641	1.414.756	4.849.801
B. TOTAL		66.320.175	25.312.340		397.404	16.229.968	55.636.522
BALANCE ECONÓMICO (A-B) ECONOMIC BALANCE (A-B)					1.584.990	64.730.976	221.898.547

e: elaboración propia/Source: Author

miten concluir que se trata de una entidad que dispondrá de suficientes ingresos comerciales como para asegurar su viabilidad empresarial, a pesar de las elevadas inversiones por cuenta propia que está realizando en la actualidad, que incluyen los grandes túneles de base en los principales corredores de la red. No obstante, un estudio económico de dichas inversiones, que tenga en cuenta todos los costes del ADIF, incluyendo los costes de oportunidad de los recursos públicos aportados (tanto las aportaciones patrimoniales del Estado como las transferencias de los fondos comunitarios) muestra el elevado nivel de las subvenciones otorgadas al ferrocarril de Alta Velocidad.

El desarrollo del AVE tendrá un efecto positivo sobre las externalidades causadas por la actividad del transporte, al desviar una parte del tráfico de otros modos de transporte que causan mayores impactos. El valor calculado de estas externalidades es significativo (entre 200 y 450 millones de euros anuales, dependiendo de las estimaciones de costes unitarios que se utilicen), pero de un orden de magnitud claramente inferior a la subvención anual aportada al ferrocarril de Alta Velocidad. Éste se justifica fundamentalmente, por tanto, por el valor del excedente que obtienen los propios usuarios de la Alta Velocidad, en forma tanto de ahorro en los tiempos de viaje, como de las ventajas que suponen las mayores frecuencias y la fiabilidad del servicio que caracterizan a este modo de transporte. Desde un punto de vista de eficiencia económica, el valor de este excedente de los usuarios podría justificar la subvención al ferrocarril de Alta Velocidad. Sin embargo, desde el punto de vista público quizá se esté produciendo un exceso de transferencia de recursos desde los contribuyentes, actuales o futuros, a los usuarios del AVE. En ese caso, cabría reconsiderar el nivel de los cánones que cobrará el ADIF a los operadores ferroviarios, y que éstos repercutirán sobre los viajeros. Dadas las tarifas actuales que pagan los viajeros del AVE, podría existir un recorrido para unos mayores cánones, que además tendrían un efecto positivo sobre la viabilidad empresarial del ADIF. ♦

vehicle to high-speed train, both in terms of accidents and emissions, and to a far lesser degree on the change from other modes of transport.

5. Conclusions

The account forecasts of the Railway Infrastructure Administration (ADIF) show that this is an organization which will have sufficient commercial revenue to ensure corporate viability, in spite of the considerable investment currently made by the organization and which includes the large base tunnels on the main corridors of the network. However, an economic study of these investments which considers all ADIF's costs, including the cost of opportunity of the public funds provided (both in terms of state contributions and transfers from European funds) reveals a high level of subsidy granted to high-speed rail.

The development of the Spanish high-speed network will have a positive effect on the externalities caused by transport activity, by taking part of the traffic from other modes of transport which cause greater impact. The calculated value of these externalities is significant (between 200 and 450 million Euros per year, depending on the estimation of unit costs employed), but one clearly lower than the annual subsidy granted to high-speed rail. This is basically justified by the value of the benefits obtained by the users of high-speed train, both in terms of journey time savings and the more frequent travel times and greater reliability of these services. From a point of view of economic efficiency, the value of this user surplus may justify high-speed rail subsidies. However, from a public point of view there is possibly an excessive transfer of both present and future taxpayers' money to AVE users. In this case it would be necessary to review the royalties charged by ADIF to the railway operators and this would, in turn, reflect on fare prices. Given the current fares paid by AVE passengers, it would be possible to consider higher royalties and this would have a positive effect on the corporate viability of ADIF. ♦

Referencias/References:

- Comisión Europea (1998). Tarifas justas por el uso de infraestructuras: Estrategia gradual para un marco común de tarificación de infraestructuras de transporte en la UE. DG-VII – Transportes. Bruselas.

- De Rus, G., Campos, J. y Nombela, G. (2003): Economía del transporte. Antoni Bosch. Barcelona.
- European Climate Exchange (2006): EUA prices and historic average prices. www.europeanclimateexchange.com
- INFRAS/IWW (2004). External Costs of Transport. Update study, final report. Zurich/Karlsruhe.

- Ministerio de Fomento, DG Ferrocarriles (2004). Análisis Coste Beneficio de los Corredores de Alta Velocidad. Madrid
- Pereira, R (2005). El coste social de los accidentes de tráfico en España. Revista Carreteras, núm. 142, págs 64-76.