

LOS SERVICIOS DE ALTA VELOCIDAD POR FERROCARRIL COMO VÍA PARA RECONCILIAR MOVILIDAD Y MEDIO AMBIENTE

HIGH-SPEED RAIL SERVICES AS MEANS OF COMBINING MOBILITY AND RESPECT FOR THE ENVIRONMENT

ANDRÉS LÓPEZ-PITA. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director del Centro de Innovación del Transporte (CENIT). Universidad Politécnica de Cataluña. andres.lopez-pita@upc.es

RESUMEN: En las últimas décadas existe una preocupación creciente por el medio ambiente. El ferrocarril de alta velocidad se concibió, inicialmente, como una forma de disponer de un sistema de transportes más eficaz y equilibrado. Sin embargo, en la actualidad, se considera que puede ser también una vía para reconciliar movilidad y medio ambiente. El presente artículo tiene por objeto presentar algunas reflexiones cualitativas y cuantitativas sobre los efectos de los servicios de alta velocidad en la preservación del medio ambiente.

PALABRAS CLAVE: ALTA VELOCIDAD, CONGESTIÓN VIARIA Y AEROPORTUARIA, DEMANDA DE TRÁFICO

ABSTRACT: Concern for the environment has grown over the last few decades. Initially, high-speed railway lines were designed to provide a more effective and balanced transport system. Nowadays, however, high speed is also considered to be a possible means of reconciling mobility and the environment. The aim of this paper is to present some qualitative and quantitative reflections relating to the effects of high-speed services on the conservation of the environment.

KEYWORDS: HIGH SPEED, ROAD AND AIRPORT CONGESTION, TRAFFIC DEMAND

1. MOVILIDAD E INFRAESTRUCTURAS

Uno de los aspectos que, sin duda alguna, caracterizan la sociedad actual es su mayor movilidad respecto a periodos temporales precedentes. En realidad esta tendencia se deriva, como se sabe, del incremento del nivel de renta de las personas. Las observaciones realizadas en la segunda mitad del siglo XX así lo confirman. La fig. 1 que reproduce los resultados publicados por Schafer and Victor (1997), viene a poner de manifiesto, de forma gráfica, la aseveración anterior. Es más, los citados autores señalan que el tráfico (Vkm) crece aproximadamente en la misma proporción que lo hacen las rentas medias.

Nada hace prever, por tanto, que en los próximos años se vaya a invertir la tendencia existente respecto a la movilidad de las personas en el continente europeo.

Para hacer frente a los citados incrementos de movilidad, la mayoría de los países europeos decidieron apostar, hace más de tres décadas, básicamente, por llevar a cabo

1. MOBILITY AND INFRASTRUCTURES

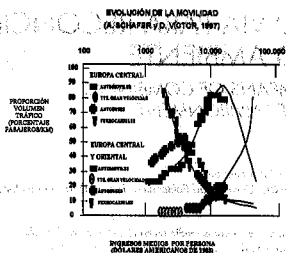
One of the underlying aspects characterizing modern society is our greater mobility with respect to earlier times. This increased mobility is essentially based on the higher income level of the population, as was revealed by observations carried out in the latter part of the 20th century. Figure 1 shows the results published by Schafer and Victor (1997) which go to confirm this statement and where the said authors indicate that traffic (Vkm) rises in approximately the same proportion as that of average income.

There are no indications to suggest any imminent reversal of this trend regarding personal mobility in Europe.

In an attempt to face this increased mobility, the majority of European countries have, for the past thirty years, generally carried out large improvements to their road networks and have built an extensive system of motorways and expressways.

Publicación financiada por el Ministerio de Obras Públicas, Urbanismo y Vivienda. ISSN 1695-2688. Depósito Legal: M. 1109/1983. Edición: julio 2003. No. 13. Precio: 1,00 €.

Figura 1.
Evolución de la
movilidad.
Figure 1.
Evolution of
Mobility.



una importante mejora de la red viaria, construyendo una extensa red de autopistas y vías rápidas.

En paralelo, la aviación experimentó un importante avance con la generalización del reactor a partir de los años 60, que convirtió a este modo de transporte en una alternativa más rápida, cómoda y segura para los desplazamientos de viajeros.

Por el contrario, la red ferroviaria europea se mantuvo, salvo la modernización de trozados realizada en algunos corredores, con la misma configuración de base con que contaba a comienzos del siglo XX, tanto en lo que respecta a su extensión como a las prestaciones.

En términos numéricos, el cuadro 1 refleja la realidad de la evolución de la carretera, la aviación y el ferrocarril en las últimas décadas. Su observación resulta suficientemente explicativa por sí misma, al comprobarse que, en dicho período temporal, la red de autopistas y autovías se multiplicó por tres; el número de compañías aéreas regionales por dos, mientras que el ferrocarril incorporó tan sólo 3.000 km de nuevas infraestructuras de altas prestaciones, a una red existente, en 1970, de 170.000 km, que en 1999 se había reducido a poco más de 150.000 km. Cifras todas ellas referidas a los 15 países de la Unión Europea.

2. DISTRIBUCIÓN MODAL Y EFECTOS MEDIOAMBIENTALES

No sorprende, por tanto, que desde el inicio de la década de los años 70, hasta finales de la década pasada, en términos de viajeros-kilómetro, el tráfico aéreo se multiplicase por siete; el tráfico por carretera se duplicase y el tráfico por ferrocarril, apenas creciese un 30%, en análogo período temporal.

Air transport has also seen important advances since the advent of the jet engine in the 60's which made this type of transport the fastest, more comfortable and safest travel alternative.

However, with the exception of a certain degree of track modernization on various corridors, the European rail network retains the same basic layout, in terms of extension and operation, as that in place at the start of the 20th century.

Table 1 shows the true development of road, air and rail over recent decades. The numbers given in the table are sufficiently self-explanatory and over the period in question it may be seen that while the motorway and road network has developed threefold and the number of regional airlines has doubled, the railway has only incorporated an additional 3,000 km of new high-performance infrastructures and that the total 170,000 km of track existing in 1970 had been reduced to little over 150,000 km by 1999. All these figures refer to the 15 member countries of the European Union.

2. MODAL SPLIT AND ENVIRONMENTAL EFFECTS

It should then come as no surprise that air traffic has increased sevenfold in passenger-kilometre [pkm] terms since the start of the 70's to the end of the last decade, while the passenger-km of road traffic has doubled and that of rail has barely risen by 30% over the same time span.

This modal split has been accompanied by an increase in the negative effects on the environment as revealed by a comparison of the INFRAS/IWW studies for 1991 and 1995. The environmental costs for Europe as a whole have been evaluated at around 5% of GDP, with 93% of these external costs being down to the effects caused by road traffic.

By way of example, the DBAG (German Rail) has published gas emission data for each mode of transport between Hamburg-Munich and established on a passenger basis. The results show the detrimental effects of air transport with regards to atmospheric pollution and particularly as a source of nitrogen oxides which are largely responsible for the deterioration of the ozone layer. The quantity produced is three times greater than that of a private vehicle and ten times higher than that of train.

In this regard it is relevant to indicate the average environmental costs caused by planes over certain European air routes (table 2), and where high-speed train could easily substitute or supplement air services.

While the introduction of high-speed rail services have undoubtedly helped to offset the negative effects of transport on the environment, it is equally true that the limited extension of high speed railways in Europe has not, as yet,

CUADRO 1.
DESARROLLO DE LA CARRETERA, LA AVIACIÓN Y EL FERROCARRIL
EN EL PERÍODO (1970 - 2000)

TABLE 1. ROAD, AIR AND RAIL DEVELOPMENT BETWEEN
1970 AND 2000

MODO/MODE OF TRANSPORT	SITUACIÓN EN/SITUATION IN * 1970	2000
CARRETERA/ROAD Km de autopistas y autovías km of motorways and dual carriageways	16.051	51.336
AVIACIÓN/AIR Nº de compañías aéreas regionales No. of regional airlines	32	78
FERROCARRIL/RAIL Km de líneas de alta velocidad km of high-speed track	—	3.040 [junio 2001]

* Países de la Unión Europea (15) / * Members of European Union (15)

Fuente: Elaboración propia con datos Eurostat/

Source: Prepared on the basis of Eurostat Information

Esta distribución modal ha ido acompañada, en paralelo, de un aumento de los efectos negativos sobre el medio ambiente, tal como han puesto de manifiesto los estudios de INFRAS/IWW, para los años 1991 y 1995 respectivamente. Los costes medioambientales han sido evaluados, para el conjunto europeo, en el entorno del 5% del PIB, correspondiendo el 93% de dichos costes a los efectos causados por la carretera.

A título indicativo y para el trayecto Hamburgo-Munich la DBAG ha publicado los datos de emisión de gases por cada modo y referidos a un viajero. Se observa el importante papel jugado por el avión en la contaminación de la atmósfera, especialmente en lo que afecta a la emisión de óxidos de nitrógeno, cuya presencia es esencial en el deterioro de la capa de ozono. La cantidad es tres veces superior a la del vehículo privado y diez veces más elevada que la del ferrocarril.

En este contexto, resulta de interés mostrar (cuadro 2) los costes medios ambientales que produce el avión en algunas relaciones europeas, donde el ferrocarril de alta velocidad podría sustituir o complementar a los servicios aéreos.

Es indudable que la introducción de servicios de alta velocidad en el ferrocarril ha contribuido a minorar los efectos del sistema de transporte sobre el medio ambiente. Pero no es menos cierto, que la limitada extensión de la red ferroviaria de alta velocidad en Europa, no permite, por el momento, obtener valores tan relevantes como sería deseable y también posible.

En todo caso y como referencia, en el cuadro 3, se muestran las estimaciones realizadas sobre los ahorros de emisiones contaminantes logrados por las líneas de alta velocidad en Alemania, España y Francia, durante el período 1993-1998.

CUADRO 2.
COSTES MEDIO-AMBIENTALES EN ALGUNAS
RELACIONES AÉREAS EUROPEAS
TABLE 2. ENVIRONMENTAL COSTS ON CERTAIN
EUROPEAN AIR ROUTES

RELACIÓN ROUTE	DISTANCIA DISTANCE (km)	COSTES MEDIO-AMBIENTALES POR PASAJERO (ECU) ENVIRONMENTAL COSTS PER PASSENGER (ECU)
Barcelona - Bruselas	1.081	30
Milán - Bruselas	703	11
París - Bruselas	284	15
París - Frankfurt	471	15
Londres - Amsterdam	372	14
Londres - Bruselas	350	10

Fuente: Y. Shipper (2001)/Source: y. Shipper (2001)

enabled the results one would desire and which are, indeed, possible.

By way of example, table 3 shows the estimated reductions in pollutant gas emissions between 1993-1998 as a result of high-speed rail lines in Germany, Spain and France.

3. MOBILITY AND THE ENVIRONMENT: PERSPECTIVES FOR THE FUTURE

When looking to the future, what might one expect in terms of the mobility-environment binomial in view of the ongoing favouritism shown to road and air traffic?

With regards to mobility, the World Tourism Organization has indicated that pleasure travel within

CUADRO 3.
AHORRO DE EMISIONES CONTAMINANTES
POR LA EXISTENCIA DE LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD
TABLE 3. REDUCTION IN POLLUTING GAS EMISSIONS AS A RESULT
OF HIGH-SPEED TRAIN LINES

PAÍS COUNTRY	AHORRO OBTENIDO (1993 - 1998) REDUCTION (1993 - 1998)		
	CO ₂	NO	SO ₂
ALEMANIA/GERMANY	5,3 Mt	14.000 t	2.500 t
ESPAÑA/SPAIN	0,8 Mt	1.600 t	400 t
FRANCIA/FRANCE	13,5 Mt	43.000 t	6.500 t

Fuente: A. López Pilo et al. (2002)/Source: A. López Pilo et al. (2002)

3. MOVILIDAD Y MEDIO AMBIENTE: ANÁLISIS PROSPECTIVO DE UNA SITUACIÓN STATU QUO

Con perspectiva de futuro, ¿qué cabe esperar del binomio movilidad-medio ambiente en una situación de continuidad de apoyo preponderante a la carretera y a la aviación?

Por lo que respecta a la movilidad, la Organización Mundial de Turismo, señala que para el período 2000-2010, y sólo por motivos de ocio, se pasará de los 360 millones de viajes/año, en el interior de Europa, a más de 470 millones de viajes/año, al finalizar la presente década. Se comprende, por tanto, que uno de los principales objetivos de la Unión Europea, sea el disponer de un sistema de transportes eficaz y al menor coste económico y medioambiental posible.

Pero resulta evidente que, para lograr dicho objetivo no es suficiente apoyarse en la carretera y en la aviación, y ello, básicamente, por los siguientes motivos: en primer lugar, por los problemas de congestión que ya presentan ambos modos; en segundo lugar, porque una utilización excesiva les hace menos eficaces, y, finalmente por los problemas medioambientales que la extensión de las infraestructuras asociadas a dichos modos, llevaría consigo. La existencia de un ferrocarril de calidad resulta imprescindible.

Por lo que respecta a la congestión y refiriéndonos a la carretera, resulta ilustrativo comprobar la situación existente en uno de los corredores europeos de mayor importancia estratégica en el sistema de transporte: el eje Lille-París-Dijon-Lyon-Avignon-Narbona.

La fig. 2, muestra las previsiones del tráfico total y del número de vehículos pesados en el citado eje, para el horizonte 2010 y 2005 respectivamente. Si se tiene en cuenta que, normalmente, se emplean como criterios de congestión en una autopista de 2 x 3 carriles, los indicadores siguientes: tráfico total de vehículos por día (≥ 65.000), o tráfico de vehículos pesados, del orden de 12.000 a 13.000 por

Europe will rise from the 360 million trips per year established in 2000 to over 470 million trips/year by the end of this decade. As such, one of the prime objectives of the European Union is to establish an efficient transport system at the lowest possible economical and environmental cost.

However, it is obvious that road and air transport should not serve as the sole basis for this objective. This argument is essentially based on the congestion problems revealed by both modes of transport, the fact that excessive use makes them less efficient and the environmental problems associated with the widespread use of road and air transport. A high quality railway system may then be seen to be of utmost importance.

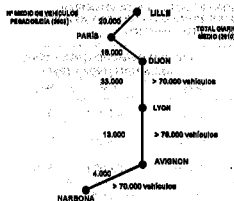
In terms of road traffic congestion we may refer, by way of example, to the situation on the Dijon-Ayon-Avignon-Narbonne axis, which is a European corridor of greater strategic importance within the transport system.

Figure 2 shows the 2010 and 2005 forecasts for the total traffic and number of heavy vehicles using the said axis. When taking into account the indicators normally employed as congestion criteria in a dual three-lane motorway, and namely, a total vehicle traffic per day ($\geq 65,000$), or a heavy vehicle traffic of around 12,000 to 13,000 vehicles per day, one may easily discern the congestion problems of this important corridor. These problems will be only worsened by the predicted increase in the volume of heavy goods vehicles crossing the Pyrenees, which is expected to double by the end of the decade.

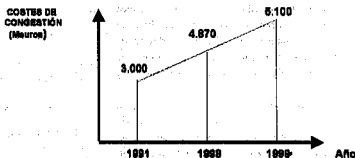
In terms of air congestion it is of note that the additional costs imposed on European airlines as a result of the saturation of European air space and airport infrastructure, rose from €3,000 million at the beginning of the 90's to over €5,100 by the end of the decade (Fig. 3). A very large proportion of these additional costs are undoubtedly due to the greater fuel consumption employed during stand-by

Figura 2. Fuentes SETRA y BECSOM. Figure 2. Traffic forecasts for the Lille-Dijon-Avignon-Narbonne road axis. Source: SETRA and BECSOM. A la derecha, Figura 3. Fuentes: Elaboración propia con datos de AEA. Figure 3. Development of air congestion costs for European air companies. Source: Prepared on the basis of AEA information.

PREVISIONES DE TRÁFICO POR CARRETERA EN EL EJE LILLE-DIJON-AVIGNON-NARBONA



EVOLUCIÓN DE LOS COSTES DE CONGESTIÓN AÉREA PARA LAS COMPAÑÍAS EUROPEAS



ría, se deducen de forma inmediata los problemas de congestión de este importante corredor. Problemas que se verán agravados con el incremento esperado del tráfico de mercancías a través de los Pirineos, que a finales de esta década verá duplicado su volumen.

Por lo que respecta a la congestión aérea, resulta de interés destacar que en el periodo 1991-1999, los sobrecostes debidos a la saturación del espacio aéreo europeo y de las infraestructuras aeroportuarias se elevaron, para las compañías aéreas europeas, desde los 3.000 millones de euros, a comienzos de los años 90, a los más de 5.100 millones de euros, al acabar esta década (fig. 3). Es indudable que una componente elevada de dichos sobrecostes se debió al mayor consumo de combustible en las esperas para despegar o aterrizar, lo que se tradujo, de forma indirecta, en un mayor incremento de la contaminación causada por este modo.

En lo que concierne al segundo aspecto, la menor eficacia de un modo de transporte en presencia de una utilización masiva del mismo, la experiencia existente es ilustrativa. En el ámbito de la carretera a través de la reducción de la velocidad media que se logra cuando existe un tráfico intenso. En el ámbito aéreo, mediante la acumulación de importantes retrasos en los vuelos.

Con carácter ilustrativo, en la carretera, la velocidad comercial frente a valores usuales iguales o superiores a 90 km/h se reduce, en numerosas ocasiones, a menos de 60 km/h. Sin incluir situaciones de colapso como se dan en determinados días del año.

En cuanto a la aviación, la fig. 4, muestra la evolución de la puntualidad en el espacio aéreo europeo en el periodo 1993-2001. Se constata que en dicho espacio temporal el porcentaje de vuelos retrasados (criterio de los 15') pasó del 12,7% en 1993 al 24,2% en el año 2001.

Por último, y en cuanto a los problemas medioambientales derivados de una posible extensión de dichas infraestructuras, cabe mencionar que en un buen número de casos vienen acompañados de la imposibilidad física de llevar a cabo la referida extensión.

Las referencias precedentes reflejan que no se puede disponer de un sistema de transporte de calidad basado exclusivamente en la potenciación de las infraestructuras viarias y aeroportuarias. Menos aún si se tienen en cuenta los incrementos de movilidad esperados que se han explicitado precedentemente.

4. EL FERROCARRIL DE ALTA VELOCIDAD COMO PROTECTOR DEL MEDIO AMBIENTE

Resulta bien conocida que el nacimiento de los servicios de alta velocidad en el ferrocarril se debió, básicamente, a dos causas: la primera, la falta de capacidad existente en

EVOLUCIÓN DE LA PUNTUALIDAD EN LAS LÍNEAS AÉREAS EUROPEAS

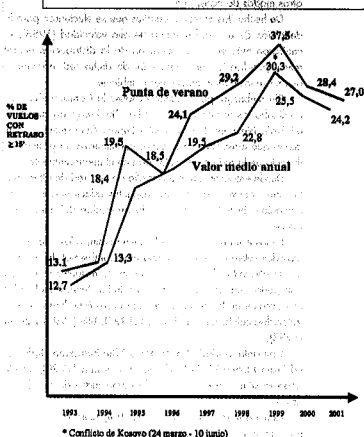


Figura 4.
Fuente:
A. López-Pita
(2002) a partir
de datos de
AEA.
Figura 4.
Punctuality
rate on
European air
lines. Source:
A. López Pita
(2002) on the
basis of EAA
information.

periods for take off and landing and which indirectly lead to a greater degree of pollution caused by this mode of transport.

With regards to the second aspect, it is clear that the massive employment of a mode of transport leads to the decreased efficiency of the same. In the case of roads, heavy traffic leads to a reduction in the average speed of a vehicle, while in air transport this leads to serious flight delays.

By way of example, the commercial speed on roads, which is usually set at 90 kph or more, is frequently reduced to below 60 kph, without even taking into account the fact that traffic is often brought to a complete standstill on certain days of the year.

With regards to air transport, Fig. 4 shows the punctuality rate in European air space over the 1993-2001 period. From this table it may be seen that the percentage of delayed flights in Europe (15 minute criteria) rose from 12.7% in 1993 to 24.2% in 2001.

In terms of the environmental problems which may be caused by a possible extension of the said infrastructures,

algunos trazados; la segunda, la necesidad de configurar una oferta de mayor calidad para atraer a la demanda de otros modos de transporte.

De hecho, los primeros estudios que se efectuaron para la definición de una red europea de alta velocidad (1988), se centraron más en la modificación de la distribución modal que supondría la implementación de dicha red ferroviaria, que en su incidencia en el medio ambiente.

Sin embargo, poco tiempo después la Comisión Europea publicaba los resultados del estudio "The European High-Speed Train Network. Environmental Impact Assessment". Documento que mostraba, en términos cuantitativos, la positiva influencia de la red de alta velocidad en el medioambiente.

Desde entonces, en el desarrollo de esta red de altas prestaciones, convergen tanto los aspectos relacionados con la captación de tráfico como con la protección del medio ambiente.

En los últimos años han sido numerosísimos los estudios realizados sobre el menor impacto medioambiental del ferrocarril de alta velocidad en relación con los restantes modos de transporte. Algunos de los citados estudios fueron publicados con ocasión de los precedentes Congresos Mundiales de Alta Velocidad celebrados en Bruselas (1992), Lille (1995) y Berlín (1998).

Con anterioridad el documento "The European High-speed Train Network" de la Comisión Europea (1990), sintetizaba la situación existente de la forma indicada en el cuadro 4.

Con posterioridad F. Lacôte (1998), entre otros autores, proporcionaba las siguientes precisiones:

- a) La anchura de la plataforma de una línea de alta velocidad es del orden de 15 m. La anchura de una autopista, de 28 a 35 m. Sin embargo, la capacidad de la infraestructura ferroviaria es equivalente al doble de una autopista.
- b) La superficie del aeropuerto de Roissy-Charles de Gaulle, ocupa una superficie de 3.000 Ha, frente a los 2.400 Ha ocupadas por la línea de alta velocidad París-Lyon.
- c) El nivel de ruido medio de una línea de alta velocidad a 25 m, es del orden de 65 dB [A]. Por el contrario una autopista con 30.000 vehículos/día, genera un ruido medio de 75 dB [A].

Por lo que respecta al tráfico aéreo, el nivel de ruido es del orden de 100 dB [A] a 300 m de las pistas. Es decir, claramente superior al ocasionado por el ferrocarril. En todo caso resulta obligado reconocer el importante esfuerzo efectuado por la aviación para reducir el ruido de los motores, a los que se atribuye la componente principal del ruido total.

Los datos cuantitativos precedentes refuerzan el favorable posicionamiento relativo del ferrocarril de alta velocidad respecto al impacto en el medio ambiente.

we should indicate that in a very large number of cases this is affected by the physical impossibility of carrying out the said extensions.

The above goes to show that one cannot expect to have a quality transport system which is purely based on the development of road and airport infrastructures and far less so when taking into account the expected increase in mobility indicated earlier on.

4. ENVIRONMENT PROTECTION BY HIGH-SPEED RAIL

It is a well known fact that high-speed rail services were introduced largely as a result of the lack of capacity prevailing on certain routes and the need to provide a quality alternative to attract demand from other modes of transport.

The early studies carried out to define the European high-speed train network (1988) were more focused on the modal shift imposed by the introduction of the rail network than on its environmental impact.

However, shortly afterwards the European Commission published the results of the study "The European High-Speed Train Network. Environmental Impact Assessment". This document demonstrated, in quantitative terms, the positive effect of the high-speed network on the environment.

From this time on, the development of this high-performance network has been jointly geared towards modal shift and environmental protection.

Numerous studies have been carried out over recent years regarding the decreased environmental impact of high-speed rail with regards to other modes of transport. Several of these studies were published in the proceedings of the World Congress on High-Speed Rail Systems held in Brussels (1992), Lille (1995) and Berlin (1998).

Prior to these publications, "The European High-Speed Train Network" document issued by the European Commission in 1990, summarized the existing situation in the manner indicated in table 4.

In subsequent years, F. Lacôte (1998) among other authors, provided the following precisiones:

- a) The platform width of a high-speed rail line is around 15m while that of a motorway is between 28 and 35 m. However, the capacity of the rail infrastructure is double that of a motorway.*
- b) The Roissy-Charles de Gaulle airport occupies a surface area of 3,000 Ha as opposed to the 2,400 Ha taken up by the high-speed line between Paris and Lyon.*
- c) The average noise level at 25 m from a high-speed line is around 65 dB [A], while a motorway carrying 30,000 vehicles/day generates an average noise level of 75 dB [A].*

CUADRO 4.
ALGUNOS INDICADORES RELATIVOS AL IMPACTO
MEDIOAMBIENTAL DE CADA MODO DE TRANSPORTE
TABLE 4. SELECTED INDICATORS OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT
OF EACH MODE OF TRANSPORT

INDICADOR INDICATOR	TREN DE ALTA VELOCIDAD HIGH-SPEED TRAIN	AUTOPISTA MOTORWAY	AVIÓN PLANE
Espacio ocupado/Occupied space	1	3	—
Consumo de energía/Energy consumption	1	2,2	2,5
Contaminación/Pollution	1	7	3

Fuente C.E. [1990]/Source E.C [1990]

Por nuestra parte deseáramos añadir que, en general, la construcción de una autopista de 2 x 3 carriles requiere 9 Ha/km, frente a las aproximadamente 3,5 Ha/km que necesita una línea de alta velocidad.

Por lo que respecta a los efectos contaminantes, consideramos de interés reproducir el gráfico de la fig. 5, que refleja el porcentaje de cada elemento contaminante generado por los aviones desde la fase de rodaje hasta su aterrizaje.

En este mismo ámbito, la aviación, es conveniente recordar que un importante número de ciudadanos se encuentra sometido en las proximidades de los aeropuertos, con carácter cuasipermanente, a los efectos del ruido aéreo.

A título indicativo, J. P. MEYRONNEINC (1998) indica que, en Francia, se estima que más de 500.000 personas están sometidas o las molestias del ruido aéreo, de las que aproximadamente 350.000 corresponderían a las zonas próximas a los aeropuertos de Orly y Le Bourget.

Cabe pensar, no obstante, que en un futuro temporal, no determinado por el momento, nuevos sistemas de aterrizaje contribuyan a limitar los efectos de las operaciones aéreas en algunos aeropuertos, mediante trayectorias curvas de aproximación que eviten sobrevolar determinados núcleos urbanos.

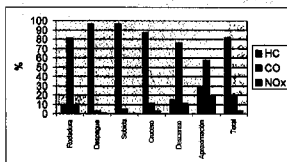
Para concluir deseáramos mencionar que la comparación entre modos, en términos de energía consumida, no puede hacerse de manera rigurosa, dada la diferencia de velocidades existentes entre ellos, si se utiliza el indicador cantidad de energía por viajero y por kilómetro.

Si embargo, si se considera una misma distancia y un análogo tiempo de recorrido, los resultados que se obtienen confirman la supremacía del ferrocarril de alta velocidad, tal como se muestra en la fig. 6, para la relación Madrid-Zaragoza.

5. EL FERROCARRIL Y SU INCIDENCIA MEDIOAMBIENTAL SOBRE LOS VIAJEROS

Los análisis que se realizan habitualmente sobre los efectos medioambientales de los distintos modos de transporte,

EMISIONES CONTAMINANTES EN UN VUELO DE 925 km
POLLUTING GAS EMISSIONS ON A 925 KM FLIGHT



Contaminantes (en peso)

Figura 5.
Fuentes: Flight International (2000).
Figure 5.
Sources: Flight International (2000).

With regards to air traffic, the noise level reaches about 100 dB (A) at a distance of 300 m from the runways, which is clearly well over that caused by high-speed rail. However, one must acknowledge the serious attempts by the authorities to reduce the engine noise in planes and which is considered as the main component of all noise emissions.

The preceding information underlines the favourable position of high-speed trains with regards to environmental impact.

We should also indicate that the construction of a dual three-lane motorway generally requires around 9 Ha/km as opposed to the 3.5 Ha/km required by a high-speed train line.

In terms of pollution we may refer to Fig. 5 which shows the percentage pollution caused by each aspect of air flight from the time of taxiing to landing.

When continuing with air transport, it is of note that a sizeable proportion of the population live in the vicinity of airports and have to bear the almost permanent effects of noise pollution.

By way of example, J. P. MEYRONNEINC (1998) indicated that around 500,000 people were affected by plane noise pollution in France, with approximately 350,000 of these corresponding to areas in the vicinity of the Orly and Le Bourget airports.

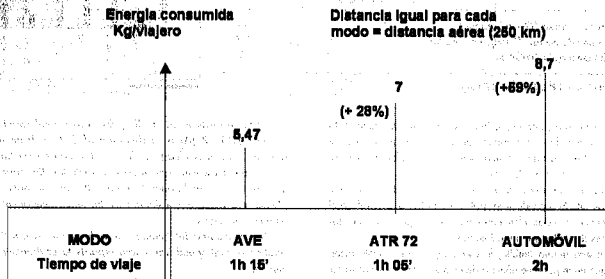
However, it is to be expected at some time in the future that new landing systems will help to limit the effects of air operations at certain airports by the introduction of curved approach routes which eliminate flight paths directly over inhabited areas.

By way of conclusion we would like to add that it is impossible to make a strict comparison of the energy consumption per passenger kilometre of each mode of transport due to the differences in speed of each method.

However, when considering an identical distance and a similar time period, the results confirm the leading position of high-speed rail. The following table gives the relative energy

Figura 6.
Fuentes:
Elaboración
propia, con
datos parciales
de F. Dalby
(2001).
Figure 6.
Orders of
magnitude of
primary
energy
consumed by
different
modes of
transport
between
Madrid and
Zaragoza.
Source:
Prepared on
the basis of
partial
information
provided by
F. Dalby (2001).

ORDENES DE MAGNITUD DE LA ENERGÍA PRIMARIA CONSUMIDA EN LA RELACION MADRID-ZARAGOZA POR DIFERENTES MODOS DE TRANSPORTE



se centran en evaluar la repercusión del movimiento de cada modo en el exterior del mismo. Sin embargo, es indudable que los viajeros, al utilizar un modo determinado ven modificadas sus condiciones medioambientales, entre las que cabría destacar las siguientes: variaciones de presión del aire, nivel acústico y su capacidad de desplazamiento en el interior del mismo, incluyendo las dimensiones del espacio asignado a los viajeros.

En relación con el primer aspecto, cabe recordar tan sólo que en la cabina de un avión se crea artificialmente un microambiente de tal manera que la densidad del aire en él existente, es análoga a la que se encontraría a una altura sobre el nivel del mar del orden de 1.500 a 2.000 m. Es evidente que esta presión no coincide, normalmente, con la que el viajero tiene en su hábitat natural y en su lugar de destino.

En cuanto a las condiciones acústicas existentes en el interior de cada modo, puede decirse que se da un cierto paralelismo en el avión y en los trenes de alta velocidad. En el primer caso, el nivel de decibelios se sitúa entre 60 y 65 dB [A], para los modernos reactores y, en el entorno de 75 a 80 dB [A] para los aviones a hélice. En el interior de los trenes de alta velocidad el nivel acústico, a 300 km/h es del orden de 65 dB [A].

Por último y por lo que respecta al confort espacial, la distancia entre dos asientos consecutivos, en el avión no

consumption for each mode of transport between the cities of Madrid and Zaragoza.

5. THE RAILWAY AND ITS ENVIRONMENTAL IMPACT ON PASSENGERS

The analysis which is generally carried out on the environmental effects of different modes of transport tends to focus on the external repercussions of each mode. However, when a passenger employs a specific mode of transport their own environmental conditions are undoubtedly affected. These changes include variations in air pressure, acoustic levels and their capacity to move around within the interior of the same and the space allocated to each passenger.

With regards to the first aspect it should be borne in mind that a microenvironment is artificially created in an aircraft cabin in which the air density is equivalent to that found at a height of between 1,500 and 2,000 above sea level. This air pressure obviously bears little comparison to that encountered by the passenger either at their normal habitat or place of destination.

In terms of the acoustic conditions in the interior of each mode of transport there may be seen to be certain parallels between air transport and high-speed trains. In the first case the decibel level is around 60 to 65 dB [A] for modern jet

suele superar los 80cm [vuelos nacionales y europeos], mientras que en el ferrocarril alcanza hasta los 100cm.

6. FERROCARRIL DE ALTA VELOCIDAD, DEMANDA DE TRÁFICO Y MEDIO AMBIENTE

La exposición realizada en los apartados precedentes pone de relieve la favorable posición del ferrocarril de alta velocidad para contribuir a reconciliar movilidad y medio ambiente. De hecho, en la década pasada, este modo ya efectuó una significativa contribución a preservar el medio ambiente.

En efecto, en 1994, en el conjunto de los países europeos que cuentan con servicios de alta velocidad, el ferrocarril de estas características realizó un tráfico que expresado en términos de viajeros-kilómetro, representó el 70% del efectuado por la aviación en los servicios domésticos de los citados países. Cinco años más tarde, el porcentaje anterior se elevó al 80%. Y ello, mediante una red de infraestructuras ferroviarias de alta velocidad que no alcanzaba los 3.000 km. Si se recuerda que el avión tiene un índice relativo de contaminación respecto al

planes and in the region of 75 to 80 dB [A] for propellered aircraft. The acoustic level in a high-speed train running at 300 kph is in the region of 65 dB [A].

Finally, and with regards to spatial comfort, the distance between two adjacent seats in an aeroplane does not tend to exceed 80 cm [domestic and European flights], while that in train carriages extends to 100 cm.

6. HIGH-SPEED TRAIN, TRAFFIC DEMAND AND THE ENVIRONMENT

The analysis made above shows the favourable position of high-speed railway as a means of transport with a reduced environmental impact. Over the last decade alone the high-speed train has made a significant contribution to the preservation of the environment.

In 1994 high-speed train traffic represented 70%, in passenger-kilometre terms, of that provided by domestic flights in those European countries with high-speed rail services. Five years later this percentage rose to 80% and

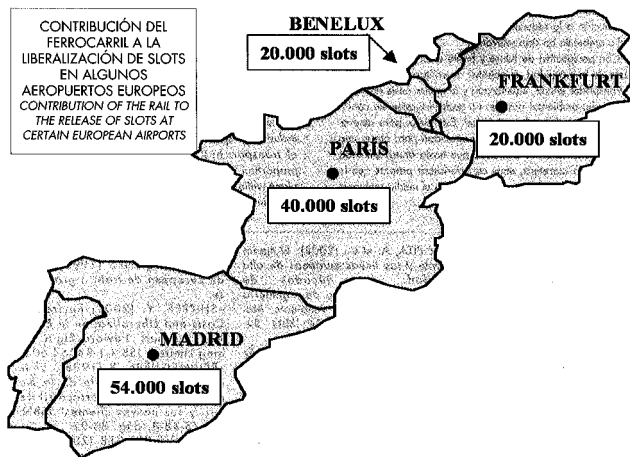


Figura 7.
Fuentes:
Elaboración propia con datos de distintas fuentes.
Figura 7.
Source:
Prepared on the basis of information from various sources.

ferrocarril, del orden de 3, se deduce de forma inmediata, la contribución medioambiental realizada por este último modo.

En los próximos años, con el desarrollo más amplio previsto para la red de alta velocidad, el ferrocarril jugará un importante papel en la descongestión del tráfico aéreo en general, y de los aeropuertos en particular.

En efecto, algunos de los estudios efectuados hasta el momento, indican (fig.7) que en los aeropuertos del Benelux se podrán liberar más de 20.000 slots y una cifra análoga en el aeropuerto de Frankfurt. En el aeropuerto de París-Charles de Gaulle, 40.000 slots y más de 54.000 slots en el aeropuerto de Madrid-Barajas.

7. SÍNTESIS

Es un hecho objetivo el incremento experimentado por la movilidad en el ámbito de los viajeros, en los últimos años. Y puede afirmarse también que el haber realizado la mayor parte de los citados desplazamientos por carretera y avión, ha significado un importante aumento de los impactos en el medio ambiente.

A pesar de que la red ferroviaria de alta velocidad tan sólo dispone de 3.000 km de nuevas infraestructuras, su contribución a la reducción de los referidos impactos en el medio ambiente ha sido relevante.

Con perspectiva de futuro y frente a un previsible incremento de la movilidad, el objetivo de contar con un sistema de transportes eficaz, equilibrado y al menor coste económico y medio ambiental posible, no podrá lograrse sin contar con el ferrocarril de alta velocidad. Este viejo, pero renovado modo de transporte une a su capacidad para atraer una parte importante de la demanda que hasta ahora utilizaba el avión o la carretera, unas características propias que le permiten ocasionar un menor impacto en el medio ambiente que los precedentes modos. ■

this within a high-speed railway infrastructure that barely covered 3,000 km of track. When considering that the aeroplane has a relative pollution index of around 3 with regards to the train, one may readily discern the environmental contribution provided by this latter.

In forthcoming years and with the advent of a larger high-speed train network, the railway will play an important role in decongesting air traffic in general and airports in particular.

From studies carried out to date [Fig. 7] it may be seen that over 20,000 slots could be released in Benelux airports and a similar number at Frankfurt airport while some 40,000 slots could be freed at the Paris-Charles de Gaulle airport and over 54,000 slots at the Madrid-Barajas airport.

7. SUMMARY

The increased mobility of passengers over recent years is well and truly established and the fact that the majority of these trips are made by road and plane has given rise to a serious increase in the environmental impact of transport.

In spite of the fact that the high-speed rail networks only covers some 3,000 km, it has greatly helped to mitigate this detrimental environmental impact.

With regards to the future and the inevitable increase in mobility, it is necessary to rely upon an efficient and balanced transport system at the lowest possible economic and environmental cost which, out of necessity, has to include high-speed rail. This traditional, but renewed mode of transport has the capacity to attract a sizeable proportion of the demand currently employing road or plane while at the same time causing far less impact on the environment. ■

REFERENCIAS

- ELLVANGER, G (2001). *European high-speed traffic has a great future*. Eisenbahningenieur nº 9.
- HOURCADE, J. (1996) *Quelle mobilité pour demain? Les Presses de l'Institut du Transport Aérien [ITA]*.
- SHAFFER, A. y VICTOR, D. (1997) *The future mobility of the world population*. Massachusetts Institute of Technology.
- UIC (2001) *High-Speed Rail: Successes and Challenges* ISBN 2-7461-0267-6.
- LÓPEZ PITA, A. (2001) *Railway and Plane in the European Transport System*. Ediciones UPC, ISBN 84-8301-650-8.
- LÓPEZ PITA, A. et al. (2002). *El medio ambiente y las líneas europeas de alta velocidad: dos décadas de experiencias*. I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente, Madrid, febrero, pág. 615.624, ISBN 84-380-0210-2
- LACOTE, F. (1998) *Les trains à grande vitesse et l'environnement*. Rail International, 9/10, pag. 229.231.
- DALBY, F. (2001). *Los triunfos del turbohélice frente a los reactores*. Planet Aerospace, nº 4.
- MEYRONNEINC, J.P. (1998). *Le transport face à l'environnement*. ISBN 285009-193-6
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES (1990). *Le Réseau Européen de train à grande vitesse*.
- SHIPPER, Y. (2001) *Environmental Costs and Liberalization in European Air Transport*. Edward Elgar Publishing Limited. ISBN 1-84064-605-5.
- ROUMÉGUÈRE, P (1998). *El ferrocarril en el desarrollo de la movilidad en Europa*. "El ferrocarril del futuro y sus nuevos clientes" ISBN 84-88675-48-8, pág. 85-92.
- UIC/CCFE-CER-GEB (2000). *La voie de la mobilité durable*. Réduire les coûts externes des transports. Avril.