

ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO DEL TREN DE ALTA VELOCIDAD EN ESPAÑA*

GINÉS DE RUS

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

VICENTE INGLADA

Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente

Las líneas de alta velocidad suponen un avance tecnológico en el transporte de pasajeros que ha permitido que el ferrocarril recupere cuota de mercado en distancias medias en competencia con el avión y el automóvil privado. En este artículo se realiza un análisis coste-beneficio convencional a partir de los datos de demanda y costes disponibles y bajo distintos horizontes temporales, hipótesis de crecimiento, valores del tiempo y de los accidentes, y una tasa social de descuento del 6 por ciento en términos reales. Situados en el año 1987 la evaluación realizada en la alta velocidad española arroja un resultado negativo que permite afirmar que el proyecto no debería haberse emprendido en dicho año y en el trayecto elegido. Una vez construido y con los costes de infraestructura prácticamente irrecuperables, la política de precios que emplea RENFE parece responder en líneas generales a los principios de tarificación óptima en situaciones de demanda de distinta intensidad según el período de tiempo y en presencia de restricción presupuestaria.

Palabras clave: infraestructuras, análisis coste-beneficio, transporte, gasto público, ferrocarril, alta velocidad.

El declive histórico de los ferrocarriles como modo de transporte dominante de personas y bienes¹ contrasta con el afianzamiento de una nueva tecnología ferroviaria conocida como "alta velocidad" consistente en una infraestructura y material móvil especial que permite la circulación de trenes de pasajeros a más de 250 km/hora. En distancias medias estos trenes tienen ventajas indudables frente a la carretera y el avión.

La alta velocidad ha conseguido el apoyo conjunto de los usuarios, que valoran su alta calidad y rapidez; de la Comisión de la CE que la concibe como una nueva forma de integración europea (véase Comisión, 1990); de las adminis-

(*) El análisis y las interpretaciones que contiene este trabajo son los de los autores y no los de las instituciones a las que éstos pertenecen. Los autores agradecen la ayuda prestada por Carlos Martín y Francisco López en la realización del trabajo y los comentarios de los evaluadores.

(1) En 1950, el ferrocarril tenía en España una cuota de mercado del 60% en viajeros y del 33% en mercancías. En la actualidad dichas cuotas son del 7% y 6% respectivamente.

traciones ferroviarias, que la ven como una huida hacia adelante en un entorno social crítico frente a los déficits de sus empresas; y de las empresas industriales de material ferroviario por el volumen de negocio que supone.

El problema fundamental de la alta velocidad en pasillos de poca densidad de tráfico es la naturaleza de su coste total: muy elevado y poco sensible al volumen de demanda. Las inversiones en infraestructura (generalmente no compatible con el transporte de mercancías) son muy superiores a las que requiere el tren convencional y su utilización está asociada a costes medios decrecientes muy acusados. De esta manera la densidad de población determina en gran medida el coste medio por pasajero.

En Europa, la alta velocidad absorberá un volumen de inversión considerable en los próximos años. Las administraciones ferroviarias planean la construcción de 30000 kms de vía férrea de alta velocidad para los próximos 25 años. En España, con el Madrid-Sevilla en pleno funcionamiento, el Plan Director de Infraestructuras del Gobierno proyecta la construcción del Madrid-Barcelona-frontera francesa y la Y vasca, formada por los trayectos Vitoria-Bilbao y Vitoria-San Sebastián que poseen un tronco común. Este último recorrido enlazará con la alta velocidad francesa a través de Irún. El kilómetro de vía del Madrid-Sevilla ha costado alrededor de 900 millones de pesetas de 1993.

En este trabajo se realiza una evaluación económica de la línea Madrid-Sevilla y sus ramificaciones². Situados en el año 1986 como si aún no se hubiese decidido su construcción, utilizando los datos reales conocidos y proyectándolos hacia el futuro. En la actualidad, con los ingresos procedentes de la venta de billetes se está lejos de cubrir los costes totales; sin embargo, la alta velocidad proporciona a la sociedad un conjunto de beneficios que no se reducen a los ingresos procedentes de la explotación del servicio.

La metodología de evaluación económica empleada en este artículo es el análisis coste-beneficio convencional. Con independencia de los resultados comerciales del AVE, se pretende responder a la siguiente pregunta: ¿podrán los beneficiarios de la alta velocidad española sufragar su coste social y todavía seguir ganando con su puesta en marcha?

Si la respuesta es afirmativa, lo que podría ocurrir con un resultado financiero negativo, el proyecto tiene justificación económica; si por el contrario los costes superan a los beneficios lo racional en términos económicos hubiera sido destinar los recursos con los que se financió el AVE a otras necesidades sociales que requieren financiación pública³.

La oportunidad de realizar la evaluación económica *ex post* del AVE tiene como objetivo evidenciar la pertinencia de acometer análisis similares para los trayectos proyectados en el Plan Director de Infraestructuras. La línea Madrid-Sevilla adquiere el valor de "banco de pruebas" ante las futuras decisiones de inversión en alta velocidad por su carácter pionero y por confluir en dicho corredor de tráfico todos los modos de transporte excepto el marítimo.

(2) Los trayectos incluidos en el análisis coste-beneficio son: Madrid con Sevilla, Córdoba, Málaga, Cádiz, Huelva, Ciudad Real y Puertollano. Córdoba con Sevilla, Ciudad Real y Puertollano. Sevilla con Ciudad Real y Puertollano y Ciudad Real con Puertollano.

(3) Esta afirmación descansa en dos supuestos: que la información disponible en el año 1986 permitía un análisis similar al que se realiza en este trabajo y que todos los costes y beneficios relevantes del proyecto AVE han sido debidamente considerados.

En la sección 1 de este artículo se describen las características del pasillo de tráfico evaluado y el cambio que ha supuesto la introducción del AVE. Los costes y beneficios de la alta velocidad se describen en la sección 2. En la sección 3 se presenta la metodología utilizada para la estimación de los beneficios, especialmente de los derivados de ahorros de tiempo por desvío de tráfico de otros modos de transporte y de los beneficios que se obtienen de la generación de nuevos viajes; estimándose los costes, los beneficios y la rentabilidad social del AVE y sometiendo los resultados a un análisis de sensibilidad. Las conclusiones del trabajo se recogen en la sección 4.

1. EL CORREDOR MADRID-SEVILLA: DATOS BÁSICOS

Los rasgos más sobresalientes que tradicionalmente han caracterizado al corredor Madrid-Sevilla son los siguientes:

- Deficiente dotación de infraestructuras de transporte, debida a la escasez en red viaria de alta capacidad como en doble vía electrificada ferroviaria, unido a la orografía desfavorable que ha originado estrangulamientos seculares en las comunicaciones de Andalucía (Paso de Despeñaperros).

- Bajos niveles de movilidad y estacionalidad acusada. Dentro de la casuística de la débil demanda de transporte sobresalen los bajos niveles de actividad económica favorecidos por una situación geográfica periférica. Por otro lado, el carácter fuertemente estacional de esta movilidad⁴ junto al elevado número de mercancías perecederas producidas y transportadas han generado tradicionalmente un agravamiento de los estrangulamientos producidos por los déficits puntuales de oferta.

En este contexto, el Gobierno decidió a finales de los años ochenta actuar sobre este corredor mediante un conjunto de medidas caracterizadas por cuantiosas inversiones realizadas simultáneamente sobre las infraestructuras de los diversos modos de transporte y que sobrepasaban las estrictamente necesarias para solucionar los déficits puntuales de oferta. En el caso de la carretera, las inversiones se insertaban dentro de un plan nacional, mientras que en aeropuertos y especialmente en la alta velocidad se trataba de un paquete específico para este corredor. El exceso de inversión sobre el estrictamente necesario se justificaba por razones coyunturales (la Exposición Universal de Sevilla), de desarrollo regional (elevar el nivel de actividad en la zona afectada) y técnico-económicas (indivisibilidades y economías de escala de este tipo de infraestructuras).

La construcción de la infraestructura del AVE se realiza entre 1987 y 1993, los servicios de alta velocidad en España se inauguran en abril de 1992, atendándose una demanda que ha estado muy condicionada por la celebración de la Exposición Universal de Sevilla y posteriormente por la política de precios de RENFE, como muestra la evolución del ingreso medio (véase cuadro 1).

Puede observarse la reducción de precios durante los meses de octubre-noviembre, una vez clausurada la Expo, que supuso un descenso del 30 por ciento del precio medio en el trayecto Madrid-Sevilla y de un 50 por ciento en el Madrid-Ciudad Real. Las nuevas tarifas surgen por la aplicación de descuentos en los períodos de menor intensidad de la demanda, introducción de bonificacio-

(4) Tanto los viajes de tipo turístico como los flujos hacia África, especialmente en verano.

Cuadro 1: EVOLUCIÓN DEL INGRESO MEDIO DEL AVE
(Pesetas/viajero-km)

	Periodo	Largo Recorrido	Índice	Lanzaderas	Índice
1992	abril	19,32	100	19,31	100
	junio	19,84	102,7	19,48	100,9
	agosto	18,22	94,3	18,16	94
	octubre	17,94	92,9	11,37	58,9
	noviembre	14,26	73,8	9,66	50
1993	enero	14,02	72,6	9,57	49,6
	marzo	14,36	74,3	9,35	48,4
	junio	14,21	73,6	9,39	48,6

Fuente: RENFE.

nes, y la puesta en servicio de unidades de cercanías en alta velocidad (lanzaderas) con aumento de oferta de plazas en clase turista.

Los niveles de ocupación alcanzados se sitúan en el 84 por ciento para el Madrid-Sevilla y el 62 por ciento en lanzaderas. Los precios que han permitido dichas ocupaciones están lejos de permitir el equilibrio financiero. En el largo recorrido se cubren los costes de explotación y parte de la amortización del material móvil, mientras que en lanzaderas el precio es inferior al coste variable medio.

Los cuadros 2 y 3 muestran los tiempos de recorrido y las tarifas en los distintos modos de transporte y para los principales trayectos del corredor Madrid-Sevilla. Para obtener el coste generalizado de realizar un viaje hay que añadir a la tarifa y al tiempo de recorrido, el tiempo de acceso y de espera de cada modo de transporte, prácticamente nulo en el coche particular y muy elevado para el avión⁵. El tiempo se suma a la tarifa una vez que ha sido multiplicado por su valor.

Con los valores del tiempo actuales⁶ (MOPT, 1991) el AVE se convierte en el modo de transporte con coste generalizado más bajo en la mayoría de los

(5) Para este modo de transporte se ha estimado en 1h55' el tiempo de acceso y espera: incluye 1h15' por desplazamientos, 30' por seguridad incluyendo tiempo de embarque y 10' de penalización por retrasos. En autobús y Ave, 1h. incluye 45' por desplazamientos y 15' de seguridad y embarque. En tren convencional se han añadido 15' de penalización por retrasos, y por tanto el tiempo estimado es de 1h15'.

(6) Los valores de una hora de tiempo ahorrada por viajero según el modo de transporte son los utilizados por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes. En pesetas de 1993 son los siguientes: coche, 758; tren, 1633; autobús, 408; avión, 3208.

Cuadro 2: DISTANCIAS (Km) Y TIEMPOS MEDIOS DE RECORRIDO EN LOS DISTINTOS MODOS DE TRANSPORTE

Trayectos ¹	Distancias				Tiempos de recorrido ²			
	Tren	AVE	Carretera	Avión	Coche ³	Autobús	Tren ⁴	AVE ⁵
Madrid-Sevilla	565	471	538	50'	5h 20'	6h 30'	5h 55'	2h 35'
Madrid-Málaga	627	513	544	55'	5h 40'	7h 15'	6h 50'	4h 45'
Madrid-Huelva	675	581	632	-	6h 20'	7h 50'	7h 40'	4h 40' ⁷
Madrid-Cádiz	727	624	663	55' ⁶	6h 30'	8h 10'	7h 45'	5h ⁷
Madrid-Ciudad Real	255	171	190	-	2h 5'	2h 30'	1h 55'	55'
Madrid-Puertollano	293	210	228	-	2h 35'	3h	2h 45'	1h 15'
Madrid-Córdoba	442	321	400	-	3h 55'	- ⁸	4h 25'	1h 45'

(1) La mayoría de los trayectos pueden obtenerse a partir de los expresados en la tabla mediante sumas o diferencias.

(2) Se han obtenido como media de las diferentes opciones para cada modo de transporte.

(3) Se ha utilizado para obtener la velocidad en el caso de autovías a la fórmula $48 + 72 (1 - i/c)^{1/2}$, donde i y c son la intensidad y capacidad horaria respectivamente (Transportation Research Board, 1985).

(4) Se han expresado los tiempos de recorrido anteriores a la introducción de la Alta Velocidad, ya que este modo de transporte tiene en la actualidad un carácter meramente residual en este corredor.

(5) Se realizan con trenes Talgo 200 que emplean infraestructuras de Alta Velocidad en el trayecto Madrid-Córdoba y convencional en Córdoba-Málaga, empleando el intercambiador para el cambio de ejes existente en Córdoba.

(6) Se refiere al trayecto Madrid-Jerez.

(7) Estos tiempos corresponderán al momento en que se ponga en servicio el intercambiador de Majarabique en Sevilla, que permitirá utilizar los Talgos 200 en la infraestructura de Alta Velocidad hasta Sevilla y en la convencional durante los trayectos Sevilla-Cádiz y Sevilla-Huelva.

(8) En la actualidad, no existe concesión para el Madrid-Córdoba en servicio en línea regular. El tiempo se puede obtener por similitud al Madrid-Sevilla y sería aproximadamente igual a 5 horas.

Fuente: Información facilitada por las empresas.

Cuadro 3: PRECIOS EN LOS DISTINTOS MODOS DE TRANSPORTE (AÑO 1993)

Recorrido	Tren convencional ⁴			AVE ⁵			
	Avión ¹	Coche ²	Autobús ³	1. ^a	2. ^a	Preferente	Turista
Madrid-Sevilla	12650	7346	2210	7880	5450	10800	7900
Madrid-Málaga	13700	7655	2680	8750	6050	9200	6600
Madrid-Huelva	-	8630	2630	9450	6520	9700	6900
Madrid-Cádiz	13950 ⁶	9181	2600	10100	7250	10200	7300
Madrid-C. Real	-	2539	1440	3690	1425 ⁸	2500	2000 ⁹
Madrid-Puertollano	-	3080	1780	4280	1635 ⁸	2900	2300 ⁹
Madrid-Córdoba	-	5424	1650 ⁷	6130	4480	7900	5800

(1) Precio en turista y sin considerar descuentos de fin de semana.

(2) Se ha supuesto una ocupación de 1,8 personas por vehículo, y que la mitad de la depreciación se debe al kilometraje recorrido (SETEC, 1993).

(3) Se ha expresado el precio sin ningún tipo de descuento por ida y vuelta.

(4) Se han considerado los precios en 1.^a y 2.^a para el Talgo y sin ningún tipo de descuento. El precio medio se ha calculado considerando que los viajeros en 1.^a y 2.^a clase son el 25 y el 75% respectivamente.

(5) Se han considerado los precios en las clases preferente y turista para los trayectos en horas llanas. Para los trayectos con lanzaderas, se han considerado los precios en este tipo de oferta. Existe un descuento del 20% en billetes de ida y vuelta.

(6) Trayecto Madrid-Jerez.

(7) En la actualidad no existe línea regular de autobuses en este trayecto.

(8) En los casos de Madrid-Ciudad Real y Madrid-Puertollano, el precio expresado en 2.^a clase corresponde a la tarifa menor de las existentes.

(9) Al no existir preferente, se ha considerado el precio de la clase club.

Fuente: Información facilitada por las empresas.

Cuadro 4: DISTRIBUCION MODAL EN EL TRAYECTO MADRID-SEVILLA ANTES Y DESPUES DEL AVE
(Miles de viajeros en ambos sentidos)

Modo de transporte	Antes del AVE (1991)	(%)	Después del AVE (Previsión 1996)	(%)
Ave	-	-	1782,7	44,8
Coche	1569,4	52,1	1416,6	35,6
Tren convencional	391,6	13	87,6	2,2
Avión	695,8	23,1	354,2	8,9
Autobús	355,5	11,8	338,2	8,5
TOTAL	3012,3	100	3979,3	100

casos⁷, aunque no en el más rápido. El avión sigue teniendo el menor tiempo de recorrido en el trayecto Madrid-Sevilla, e incluso después de añadirle el tiempo de acceso y espera sigue siendo el medio más competitivo. La ventaja del AVE frente al avión aparece cuando observamos las tarifas de ambos modos de transporte.

Estos costes generalizados han determinado un cambio radical en la distribución modal, con el tren como el principal medio de desplazamiento en lugar del coche como había ocurrido en el pasado. Como indica el cuadro 4, el autobús pierde parte de su demanda y el avión y el tren convencional sufren una reducción drástica de tráfico.

Para predecir el tráfico del tren de alta velocidad se ha supuesto, de acuerdo con la evidencia existente de la línea Paris-Lyon, que existe un período de maduración del proyecto (hasta 1996) en el que los crecimientos de la demanda proceden de la atracción de tráfico de los modos de transporte convencionales y de la generación de nuevo tráfico que incluye el aumento de la frecuencia de viajes de usuarios del pasillo analizado y la generación neta de viajes.

Para la cuantificación de la demanda hasta el año 1996 se ha utilizado como fuente las encuestas realizadas para el trayecto Madrid-Sevilla y para las lanzaderas, además de la demanda real del AVE en 1992 y 1993 y los datos suministrados por Iberia, Renfe y operadores de autobuses. Los dos componentes de la demanda (tráfico desviado y generado) han sido obtenidos para cada segmento de mercado (lanzaderas, largo recorrido y Talgo) y modo de transporte, excepto en el caso del generado neto.

Se ha considerado que existe un crecimiento de la demanda dependiente del PIB para cada modo de transporte. Dicho crecimiento se ha obtenido aplicando una elasticidad de la demanda con respecto al PIB igual a 1,15 (véase Owen y

(7) El coste general dado, para el viajero, de realizar un viaje incluye la tarifa, el tiempo y otros elementos de desutilidad asociados a la utilización del medio de transporte elegido. En el análisis de sensibilidad se intenta tomar en consideración estos últimos elementos. Como muestra el cuadro 4 una proporción considerable de usuarios siguen utilizando el mismo modo de transporte, lo que indica que su coste generalizado percibido sigue siendo inferior al del Ave.

Phillips, 1987) excepto para el ferrocarril convencional. La previsión del PIB para los años 1993-96 es de -0,8%, 1%, 2% y 2,5%. Para el ferrocarril convencional se ha supuesto un descenso siguiendo su tendencia histórica del -4% durante dicho período.

Dentro de la demanda del AVE existe un segmento formado por los trayectos Madrid-Ciudad Real, Madrid-Puertollano y Ciudad Real-Puertollano. Especialmente en el primer caso se ha producido una expansión espectacular modificando incluso el precio del suelo en Ciudad Real que queda sólo a 55 minutos de Madrid. El crecimiento experimentado por la utilización de estas cercanías de alta calidad explica el hecho de suponer un 25 por ciento de los viajeros transportados en alta velocidad, aunque su contribución a los ingresos del AVE es sólo del 8,7 por ciento.

Las perspectivas de expansión de este segmento de mercado son limitadas en el medio plazo ya que no parece haber razones económicas para nuevas reducciones de precios; además la extensión de la alta velocidad a otros núcleos residenciales como Toledo o incluso Guadalajara, y un nuevo equilibrio en el mercado de la vivienda dentro del área metropolitana de Madrid pondría freno a dicha expansión.

2. COSTES Y BENEFICIOS DEL AVE

Los costes y beneficios en el tren de alta velocidad pueden agruparse en los siguientes epígrafes:

- * costes e ingresos de la construcción y explotación del proyecto.
- * variación en los costes e ingresos de los operadores de otros modos de transporte (incluida la propia empresa ferroviaria).
- * ahorros de tiempo de los usuarios del tren de alta velocidad.
- * ahorros de tiempo en la carretera por reducción de la congestión.
- * reducción de otros elementos de desutilidad asociados al viaje.
- * reducción de accidentes.
- * desarrollo económico y equilibrio regional.
- * impacto medioambiental.

En este trabajo se realiza una estimación de todos los costes y beneficios enumerados, exceptuando los dos últimos. La evidencia empírica disponible sustenta la idea de que las infraestructuras de transporte son sólo una condición necesaria para el desarrollo económico. Es difícil sostener que el AVE puede suponer para Sevilla y Andalucía un cambio sustancial en los parámetros básicos que impulsan su crecimiento económico. Nash (1991) recuerda que la alta velocidad no afecta al transporte de mercancías y que los estudios realizados para el Paris-Lyon (véase Bonnafous, 1987) sólo detectan cambios marginales en la localización industrial. Es cierto que aumentó el número de viajes turísticos pero también se redujeron las estancias en hoteles al ser más fácil la ida y vuelta en el día; y aunque se constató cierta expansión en los servicios de empresas de consultoría y publicidad, fue en Paris, no en Lyon. En Hall y Hass-Klau (1985) se estudia el impacto de inversiones ferroviarias en la estructura urbana de las principales ciudades de Alemania y Gran Bretaña, especialmente en sus aspectos económicos, sin encontrar efectos significativos.

En Alvarez y Herce (1993) se realiza una estimación de los efectos regionales de la alta velocidad concluyendo que "...con todas las reservas pertinentes... las

regiones más beneficiadas durante la realización de los proyectos serían las que se encuentran en el grupo de regiones con crecimiento autosostenido (Madrid, Navarra, Aragón y Cataluña) ...y regiones en expansión como Valencia o industriales en declive como el País Vasco". En lo que se refiere a los efectos macroeconómicos del proyecto Madrid-Barcelona, los resultados obtenidos en Alvarez y Herce (1993) presentan un balance negativo: el empleo generado sería mayor (13000 puestos de trabajo adicionales) si la inversión se destina a infraestructura de carreteras. Si los trenes y el material eléctrico fuesen de tecnología española se generarían 35000 puestos de trabajo adicionales. Aunque se produce un efecto positivo sobre la formación bruta de capital, la inflación, el déficit exterior y el déficit público empeoran.

Se ha argumentado que uno de los beneficios del AVE ha sido el aumento del valor del suelo en Ciudad Real, un efecto indirecto de la reducción del tiempo de viaje; sin embargo, este beneficio es una consecuencia de la mejora en la accesibilidad de esta ciudad y ya está recogido en la reducción de tiempos de recorrido entre Madrid y Ciudad Real. Incluirlo sería incurrir en doble contabilización.

El impacto medioambiental del AVE tampoco está claro. La carretera ya está construida y se ha mejorado, la infraestructura del AVE implica la utilización de grandes superficies de tierra y junto a los trenes suponen un "efecto barrera" en el territorio, producen contaminación acústica, atmosférica e intrusión visual. El ruido es menor que en la carretera y la polución por viajero-km también. Sin embargo, el AVE utiliza tracción eléctrica, energía que también se obtiene de combustibles fósiles. Además, el consumo de energía crece más que proporcionalmente con el aumento de la velocidad. El balance en la práctica depende de la desviación de tráfico desde otros modos de transporte más contaminantes y del modo de obtención de la energía eléctrica.

Para evaluar los costes y beneficios enumerados es muy importante delimitar la situación de referencia, lo que se denomina el "caso base". Es un error corriente evaluar un proyecto comparando la situación anterior con la nueva una vez ejecutado el proyecto. Este enfoque considera que el caso base es necesariamente el *statu quo*; en nuestro caso, la continuidad de los servicios ferroviarios actuales. La metodología correcta es la que considera la situación "con" y "sin" el proyecto, en lugar de "antes" y "después". En el pasillo de tráfico analizado, la mayoría de los servicios se realizaba con trenes Talgo. Por simplicidad consideramos como caso base la explotación de la red con dichos servicios. En carretera y avión, se toma como caso base la evolución de la demanda prevista sin AVE con lo que los ahorros se estiman a partir del crecimiento de la oferta que previsiblemente hubiese existido en ambos modos sin el AVE.

La repercusión sobre el cálculo de los costes y beneficios de la elección del caso base puede ilustrarse con la evolución de la demanda aérea. Una parte de los beneficios procede de los ingresos adicionales de tráfico generado por la puesta en marcha del AVE. La estimación de dichos ingresos se basa en la desviación de tráfico del avión al AVE como consecuencia de la reducción en los costes generalizados de realizar el viaje. Para esto se necesita una estimación de la evolución previsible de la demanda de transporte aéreo en el Madrid-Sevilla durante el periodo de vida del proyecto. Como el AVE no presenta ventajas en tiempo de recorrido, gran parte de su capacidad de atracción es la tarifa que cobra. Suponiendo que RENFE mantiene la estructura tarifaria actual, el análisis basado

en el “antes” y “después” no diferiría del “con” y “sin”; sin embargo, en abril de 1997 las compañías aéreas comunitarias pueden realizar cabotaje en España sin restricción alguna. La relación Madrid-Sevilla tiene interés comercial para Iberia y aunque es razonable la falta de reacción de esta compañía pública para recuperar tráficos desde una visión global de la optimización del conjunto de la red, no cabe esperar esta actitud en otras empresas aéreas a partir de 1997.

En el transporte aéreo, la introducción de la alta velocidad ha supuesto un descenso de la demanda próximo al 50 por ciento, reduciéndose el nivel de ocupación del 70 al 55 por ciento y la frecuencia de vuelos a partir del mes de noviembre de 1992. Hay que añadir también las pérdidas de tráfico en los trayectos Madrid-Málaga y Madrid-Jerez (alrededor de un 20 por ciento) por lo que el impacto del Ave en la compañía Iberia debe incorporarse al análisis.

En el transporte ferroviario convencional, RENFE también se ve afectada por la introducción del nuevo producto. Los trayectos Madrid-Sevilla, Madrid-Málaga y Madrid-Córdoba estaban incluidos en las 20 relaciones de mayor volumen de tráfico. El ferrocarril convencional pierde la mayor parte de su tráfico en este corredor. Una solución eficiente podría ser el cierre de la infraestructura convencional; sin embargo la imposibilidad de transportar mercancías por la nueva infraestructura supone una fuerte restricción para esta decisión.

El impacto en los operadores de transporte público por carretera es desigual. En largo recorrido, ambos productos son escasamente sustitutivos a los precios actuales. En cercanías, y teniendo presente el bajo precio que se cobra en lanzaderas (9 pts viajero-km) las empresas de autobuses sí se ven seriamente afectadas por el AVE.

La utilización de las infraestructuras aeroportuarias también se ve afectada con la introducción de la alta velocidad. El aeropuerto de Sevilla sufre un descenso en su utilización cercano al 25 por ciento ya que el vuelo Madrid-Sevilla representaba alrededor del 50 por ciento de los pasajeros que utilizaban dicho aeropuerto. El impacto de este descenso en la utilización se ve agravado por las inversiones realizadas en los últimos años en el aeropuerto de Sevilla con motivo de la celebración de la Expo. Aunque con una intensidad menor este hecho se repite en el aeropuerto de Málaga.

En el caso de la red viaria, la introducción de la alta velocidad supone una reducción notable en la utilización del coche (véase cuadro 4). Esta reducción del tráfico genera beneficios económicos derivados de los ahorros de tiempo y accidentes. Los ahorros en conservación y mantenimiento derivados de la menor utilización de la infraestructura son prácticamente nulos ya que la reducción del tráfico no afecta al transporte de mercancías, dependiendo los gastos de conservación y mantenimiento de la red básicamente del número de vehículos pesados y más concretamente de su carga por eje.

La proporción mayor de beneficios del AVE tiene su origen en los ahorros de tiempo que se producen al abandonar los usuarios otros modos de transporte más lentos, y especialmente en los viajes que se generan con la introducción de la alta velocidad. La explicación de la metodología y la estimación de dichos beneficios se realiza en la sección siguiente.

3. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL AVE

Se ha considerado un período de vida de 30 años (40 años en el análisis de sensibilidad) con un crecimiento de los costes variables en función de los crecimientos de la demanda. Se ha supuesto que el PIB crece, a partir de 1996, al 2,5 por ciento en términos reales durante el periodo de vida del proyecto (3 por ciento en el análisis de sensibilidad) y que la elasticidad de la demanda de transporte con respecto a la PIB tiene un valor medio de 1,15 (véase Owen y Phillips, 1987) en el corredor analizado.

La evaluación se realiza a precios constantes de 1987, año en el que comenzó la construcción. Se supone, por tanto, que los precios de los bienes y servicios utilizados varían en la vida del proyecto en línea con el nivel general de inflación, no viéndose afectado el valor económico de los recursos que el AVE absorbe o ahorra. Si se previera que dichos precios no iban a seguir la tendencia inflacionista general habría que ajustarlos; sin embargo, con la información disponible y una proyección a 30 años parece más razonable no alterar los precios relativos. En cuanto a las tarifas del AVE se suponen estacionarias en términos reales partiendo de la hipótesis de que no deben alejarse significativamente del nivel actual, cercano al coste variable medio que se obtiene una vez excluida la infraestructura.

La rentabilidad social del proyecto Ave se obtiene comparando los costes con los beneficios descritos en la sección anterior. Los beneficios del AVE empiezan a producirse en 1992 con la inauguración del servicio. Todos los costes y beneficios se actualizan a una tasa social de descuento del 6 por ciento en términos reales⁸.

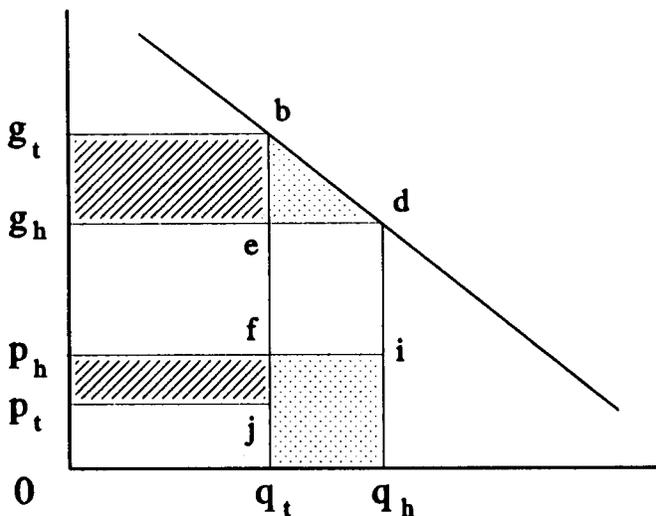
Los costes del AVE tienen un componente fijo (infraestructura), uno semifijo (material móvil) y otro variable (gastos de explotación). En este trabajo se considera que los precios de mercado de la infraestructura, trenes y costes operativos (netos de impuestos) miden el coste de oportunidad de los recursos ya que la configuración de la economía española y su realidad presupuestaria no aconsejan utilizar precios sombra distintos de los de mercado (véase Dodgson y Forrest, 1988). En todo caso, si se corrigiesen los precios de mercado sería en la línea de encarecer el proyecto ya que los efectos macroeconómicos estimados en Alvarez y Herce (1993) muestran que la alta velocidad con tecnología extranjera tiene impactos negativos en el déficit exterior, la inflación y genera menos empleo que con tecnología nacional o con una inversión alternativa en carreteras.

La construcción de la infraestructura del AVE se realiza entre 1987 y 1993, con un coste bruto (incluyendo impuestos) de 450000 millones de pesetas de 1993. La vida media útil es de 45 años (MOPT, 1991) y se ha supuesto una depreciación lineal, calculándose el valor residual como un porcentaje de la inversión inicial para el caso de 30 años y 40 años de vida en el análisis de sensibilidad.

El coste de mantenimiento de la infraestructura de 1993 se ha calculado a partir de las cifras conocidas de 1992. Dichos costes incluyen la puesta en servicio y *training*, que elevan el coste medio por encima del esperado una vez transcurrido el periodo de adaptación a la nueva tecnología. Para los tres años siguientes

(8) Esta tasa social de descuento ha sido utilizada en otros proyectos de infraestructura en España. En Gran Bretaña se utiliza una tasa del 8%. En Riera (1993) se utilizan el 8 y el 10 por ciento para el análisis de las rondas de Barcelona.

Gráfico 1: BENEFICIOS DEL AVE (CASO DEL TREN Y EL AUTOBUS).



se ha supuesto que el coste de mantenimiento se reduce hasta alcanzar un valor constante en 1996.

Los costes del material rodante son los facilitados por Renfe hasta el año 1993. Se compraron 16 ramas (locomotora y vagones) del tipo Gec-Alsthom a un coste unitario aproximado de 3680 millones. Se supone que las compras a partir de 1993 se realizan a un coste de 3100 millones por unidad, dado que en la compra inicial estaban incluido los costes fijos de la puesta en servicio de un nuevo producto. Los costes de las locomotoras Talgo S/252 tienen un coste de 690 millones, siendo los vagones alquilados y por tanto incluidos en los costes operativos.

Las necesidades de material rodante se han obtenido suponiendo una ocupación en el AVE del 75 por ciento (65% en el Talgo), lo que supone transportar 240 viajeros por viaje (285 en Talgo); y que en condiciones normales de explotación el recorrido medio de una rama es de 310000 kilómetros anuales (250000 en Talgo). Se ha supuesto que la vida media de los trenes es de 25 años.

Los costes de explotación se han estimado a partir de las cifras conocidas de 1992 y 1993, de las economías de escala observadas en el Paris-Lyon y de un ajuste de los costes unitarios hasta 1998 por las razones expuestas en el caso del mantenimiento.

Los beneficios de la introducción de la alta velocidad se obtienen básicamente de ahorros de tiempo y generación de viajes. La metodología empleada para su cálculo es una generalización del análisis realizado en Dodgson (1984) para el cierre de líneas ferroviarias. Para los usuarios del tren convencional y el autobús, el gráfico 1 representa para un trayecto determinado la reducción del coste generalizado de un viaje como consecuencia de la introducción del AVE.

Consideremos el caso del tren (el razonamiento es idéntico para el autobús). El coste generalizado inicial del tren (g_t) compuesto por la tarifa del tren (p_t) y el valor del tiempo total invertido en el viaje ($g_t - p_t$) baja a g_h que es el coste generalizado de viajar en el AVE. Los beneficios derivados de esta reducción en los costes generalizados pueden expresarse como:

$$(g_t - g_h)q_t + 1/2 (g_t - g_h)(q_h - q_t) + p_h q_h - p_t q_t + C_t - C_h$$

que equivale a las áreas sombreadas del gráfico 1, a las que habría que descontar el coste neto de obtener dichos beneficios. Este coste sería el de la introducción del AVE (C_h) descontando el ahorro derivado de la supresión de servicios en el tren convencional (C_t).

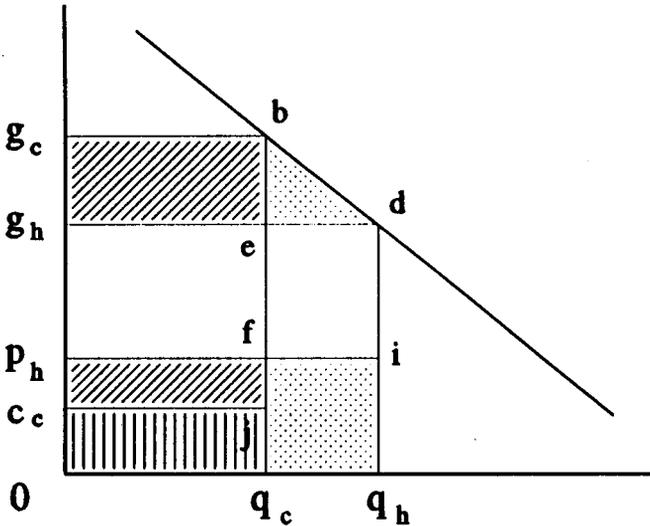
Este procedimiento de medición puede simplificarse si consideramos que los beneficios brutos del tráfico desviado (q_t) se limitan al ahorro de tiempo que se produce al introducir un modo de transporte más rápido con independencia de quien se apropia del excedente. Sólo hay que calcular la reducción de tiempos de viaje y acceso y multiplicar por el valor del tiempo ($\text{área } g_t b e g_h + p_h f j p_t$). El beneficio social bruto de los viajes generados ($q_h - q_t$) está representado por el área debajo de la función de demanda ($b d q_h q_t$) exceptuando el área ($e d i f$) que representa tiempo de viaje invertido. El área ($f i q_h q_t$) se calcula a partir de los ingresos que se obtienen de dichos viajes, y el triángulo ($b d e$) dividiendo por dos la diferencia de costes generalizados para los viajes que se han generado.

El procedimiento descrito es válido si sólo existieran dos modos de transporte. En el caso del AVE, el tráfico desviado procede del tren convencional, autobús, coche o avión; lo que complica la referencia a tomar para medir el beneficio del área triangular en los viajes generados. Una vía de solución es la propuesta en Dodgson (1984) para el cierre de líneas ferroviarias. Consiste en suponer que el usuario que realiza ahora un viaje que antes no realizaba en ninguno de los modos de transporte que estaban a su disposición, no valoraba antes dicho viaje al coste generalizado más bajo con la oferta existente. Por consiguiente, el valor del área triangular de los viajes generados se estima con referencia al modo de transporte con coste generalizado más bajo.

En este trabajo se ha optado por distinguir entre los viajes generados en el AVE que son un aumento de frecuencia de los viajes realizados por usuarios de los modos convencionales y los generados puros. Con la información de la encuesta se ha podido realizar la evaluación desagregando los grupos y tomando como referencia el coste generalizado del modo de procedencia; para los generados puros se ha optado por utilizar la media ponderada de los costes generalizados de los distintos modos para evitar el problema de tener que optar por un valor del tiempo sin información suficiente.

El tráfico desviado del tren convencional y del autobús tiene otros beneficios al reducirse los costes en estos modos de transporte. Tanto en el tren como en el autobús se requieren menos expediciones y los costes de conservación de la carretera se reducen con la disminución del número de vehículos pesados. A partir de la estructura de costes de un autobús representativo y de la relación del coste de conservación con el tráfico de autobuses (MOPT, 1991) se obtiene un ahorro de 3,4 pesetas de 1993 por viajero-km. En el caso del tren se ha tomado la estructura de costes del tren diurno medio obteniéndose un valor de 4,64 pesetas de 1993, reduciéndose este coste un 25 por ciento para el caso de las lanzaderas. Se ha supuesto que los operadores de autobuses y la líneas de ferrocarril afectadas

Gráfico 2: BENEFICIOS DEL AVE (CASO DEL COCHE).



cubrían costes. Tanto en el tren como en el autobús se han incluido los costes de amortización de los vehículos al ser fácilmente utilizables en otras líneas.

El caso de los viajes que inicialmente se realizaban en coche está recogido en el gráfico 2.

La medición de los beneficios de los viajes que se desplazaron desde el coche al AVE pueden obtenerse con la siguiente expresión:

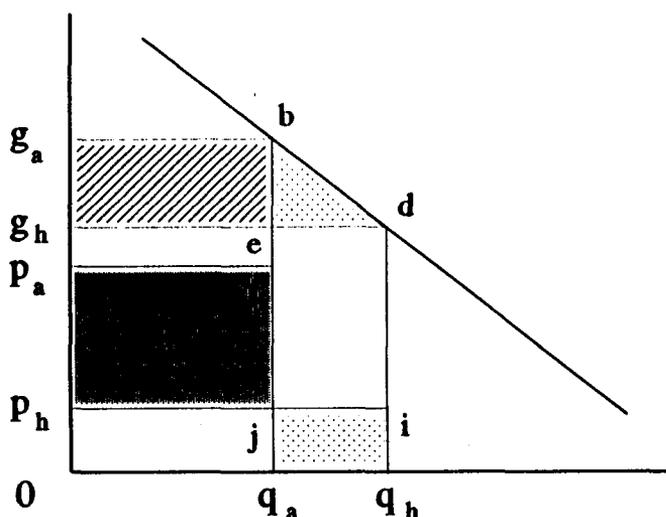
$$(g_c - g_h)q_c + 1/2 (g_c - g_h)(q_h - q_c) + p_h q_h - C_h$$

Puede observarse que la expresión que mide los beneficios de los viajes desviados desde el coche difiere de la utilizada para el tren convencional o el autobús. En estos casos se incluía de manera explícita el ingreso de los modos abandonados y se descontaba el coste ahorrado, ya que ambos no tienen que ser iguales.

Nuestra aproximación se limita de nuevo a medir el ahorro de recursos reales en los viajes desviados, representados en el gráfico 2 por las áreas $(g_c - g_h)q_c + p_h q_c$, más el ahorro en los costes operativos de no realizar los viajes en coche (área $oc_j q_c$). Si el coche fuese el único modo alternativo a la alta velocidad, tendríamos que añadir los costes del AVE; sin embargo, al haber varios modos, basta con hacerlo una vez para evitar la doble contabilización.

La estimación del ahorro en los costes operativos de no realizar los viajes en coche (área $oc_j q_c$) se ha realizado incluyendo los costes de mantenimiento, el consumo de carburantes y lubricantes, el desgaste de neumáticos y la mitad de los costes de amortización del vehículo (SETEC, 1993).

Gráfico 3: BENEFICIOS DEL AVE (CASO DEL AVION).



En viajes generados el procedimiento ya ha sido explicado. Otros beneficios no representados en el gráfico son los ahorros de tiempo para los que quedan en la carretera por reducción de la congestión y la reducción de accidentes. Los ahorros de mantenimiento de la carretera no son significativos en el caso de los vehículos ligeros.

El desplazamiento de viajeros de la carretera a la alta velocidad supone una disminución del tráfico y por tanto del riesgo de accidentes⁹, ya que se reduce la exposición a dicho riesgo en los vehículos que permanecen en la carretera. No hay evidencia concluyente de la relación entre el número de accidentes y el volumen de tráfico (véase Carbajo, 1991). En este trabajo utilizamos las elasticidades de los accidentes con respecto al volumen de tráfico estimadas en Fridstrom y otros (1992) y los valores monetarios del MOPT y la Dirección General de Tráfico para muertes (25 millones de pesetas), heridos (3,3 millones de pesetas), accidentes mortales (509.000 pesetas) y accidentes sin víctimas (68.000 pesetas).

Uno de los beneficios de la alta velocidad es la reducción de la congestión para aquellos que continúan utilizando la carretera. Utilizando la relación funcional entre velocidad, intensidad media diaria (IMD) y la capacidad de la carretera (Transportation Research Board, 1985) se han estimado las velocidades medias anuales para cada tramo tomando como representativa la estructura horaria del tráfico de la estación de aforos del kilómetro 267 de la N-IV (Las Navas de Tolosa). Mediante la agregación de los tramos se obtienen las reducciones de

(9) No se han considerado los beneficios por reducción de accidentes de los desplazamientos de viajes desde el tren convencional, autobús y avión por no ser significativos.

tiempos tanto para vehículos ligeros como pesados. Se ha supuesto que cuando se alcanza la capacidad máxima en alguna de las horas los viajeros cambian su hora de viaje¹⁰.

Consideremos por último el caso del avión. Aunque pueda parecer que no difiere del autobús y el tren convencional, el trasvase de viajeros del avión al AVE (representado en el gráfico 3) presenta una característica determinante que lo diferencia de los demás modos.

El gráfico muestra como probable que la sociedad no haya ganado con el trasvase de viajeros desde el avión al AVE. El coste generalizado del avión (g_a) baja a g_h con la introducción de la alta velocidad, provocando un aumento de la demanda de q_a a q_h . La explicación de por qué el resultado puede ser negativo se encuentra en el ahorro de recursos: el avión es más rápido que el AVE, incluyendo el tiempo de acceso y espera. El gráfico 3 muestra cómo en los viajes desviados (q_a) la sociedad pierde la diferencia entre las áreas ($p_a f j p_h$) y ($b_a b e g_h$), un aumento de los recursos empleados (valor del tiempo invertido) en realizar los mismos viajes. De nuevo hay que incluir el beneficio de los viajes generados (áreas $bde + j i q_h q_a$) y los ahorros derivados de la supresión de vuelos. La reducción de costes por supresión de vuelos se ha estimado siguiendo la misma metodología que para el tren y el autobús.

Los usuarios del transporte aéreo cambian a un modo más lento de transporte porque se les compensa ($p_h < p_a$) por el aumento del tiempo invertido [$(g_h - p_h) > (g_a - p_a)$].

Puede considerarse que el AVE tiene otras ventajas frente al avión, como son la reducción de incertidumbre por demoras debido al mal tiempo o congestión aérea, o incluso la percepción del riesgo y la gravedad del accidente. En este trabajo se ha optado por considerar que el beneficio social del tráfico desviado desde el avión es cero en vez de negativo con el fin de tomar en consideración estos factores. Si además se tiene en cuenta que el tiempo de espera (mayor en el avión) es valorado más negativamente por el usuario, la hipótesis de un valor cero en los viajes desviados se hace aún más plausible.

La corriente de costes y beneficios del AVE durante un periodo de 30 años (véanse cuadros A1 y A2 en Anexo), estimada de acuerdo con la metodología descrita, permite obtener el valor actualizado neto del tren de alta velocidad. El resultado es negativo y alcanza los 196780 millones de pesetas de 1987 utilizando una tasa social de descuento del 6 por ciento.

En el cuadro 5 se resumen los resultados obtenidos, después de realizar un análisis de sensibilidad extendiendo la duración del proyecto (40 años), con un crecimiento del PIB mas elevado (3%) y penalizando los valores del tiempo del coche, tren y autobús en un 25%¹¹. Como puede apreciarse el cambio en la composición de los beneficios y en el valor actualizado neto no modifica las conclusiones centrales del trabajo.

Realizando un análisis puramente financiero (incluyendo impuestos), el valor actualizado neto del AVE es de -282.396 millones de pesetas de 1987, lo que

(10) Un análisis más riguroso debería incorporar los costes y beneficios de ampliar la capacidad existente a lo largo de la vida del proyecto.

(11) Esta penalización se introduce al considerar las respuestas de los usuarios del AVE en la encuesta realizada por RENFE. La comodidad tiene una alta valoración en la explicación del abandono del medio de transporte tradicional.

Cuadro 5: BENEFICIOS DE LA ALTA VELOCIDAD EN ESPAÑA (AVE)
(en millones de ptas. de 1987)

	Beneficio social de introducir el AVE ¹	Crecimiento del PIB al 3% anual	Vida del proyecto 40 años	Penalización del 25% de los valores del tiempo del tren, coche y autobús
Costes de infraestructura	-237.590	-237.590	-237.590	-237.590
Valor residual	19.720	20.724	6.394	19.720
Coste material móvil	-62.770	-65.791	-66.363	-62.770
Coste mantenimiento	-40.043	-40.043	-43.522	-40.043
Coste explotación	-140.804	-145.697	-161.490	-140.804
<i>Ahorros de tiempo de usuarios que proceden del:</i>				
-Ferrocarril convencional	42.323	44.688	49.844	63.222
-Coche	5.018	5.295	5.900	12.466
-Autobús	1.949	2.058	2.297	2.815
-Avión	0	0	0	0
Viajes generados	121.435	128.315	143.310	129.689
<i>Reducción de costes en:</i>				
-Ferrocarril convencional	23.470	23.523	27.729	23.470
-Avión	22.050	22.148	25.898	22.050
-Autobuses	2.277	2.287	2.684	2.277
-Costes operativos coche	34.950	35.103	41.311	34.950
-Congestión	5.619	7.076	8.453	5.619
-Accidentes	5.616	5.641	6.590	5.616
Valor actualizado neto del AVE	-196.780	-192.263	-188.555	-159.313

(1) 30 años de vida útil, crecimiento del PIB al 2,5%, tasa social de descuento del 6%.

indica que descontar los impuestos y considerar otros costes y beneficios sociales reduce el déficit del AVE en un 30 por ciento. Como muestra el cuadro 5, la fuente principal de beneficios del AVE es el tráfico generado (un 46 por ciento de los beneficios totales del proyecto). De los beneficios por ahorros de tiempo sólo el tráfico desviado desde el ferrocarril convencional presenta un valor significativo (16% de los beneficios totales), mientras que el coche, el autobús y el avión conjuntamente no alcanzan el 2,7%.

Los beneficios del tráfico desviado no se limitan a los ahorros de tiempo. Los ahorros en costes operativos de los viajes que dejan de realizarse en otros modos de transporte también son considerables. Por sustitución de viajes en coche se alcanzan 34.950 millones de pesetas (el 13,2% de los beneficios totales); los ahorros en el ferrocarril y el avión contribuyen a los beneficios del AVE en un

8,9 y 8,3 por ciento respectivamente. Los ahorros en autobuses no son significativos. Los procedentes por reducción de la congestión y del número de accidentes sólo suponen un 4,2 por ciento conjuntamente.

La tasa interna de rendimiento (TIR) del análisis coste-beneficio es muy baja (0,52%). Hay que recordar que incluso en el caso de haber obtenido un TIR elevado tendrían que haberse evaluado proyectos alternativos (por ejemplo, ancho de vía español con Talgos a mayor velocidad).

Se ha argumentado que la conexión con la red europea mejoraría de manera significativa la rentabilidad social del proyecto; sin embargo, los tiempos de recorrido en trenes de alta velocidad desde Sevilla o Madrid a las principales ciudades europeas son demasiado elevados para disputar la hegemonía del avión en larga distancia (véase De Rus, 1992). Hay, desde luego, otras ventajas de la extensión de la red como son el nuevo tráfico de alta velocidad entre Barcelona-Sevilla y Zaragoza-Sevilla sin tener que emplear Talgo para el cambio de ancho.

4. CONCLUSIONES

El análisis coste-beneficio realizado se ha basado en la mejor información disponible sobre el comportamiento de la demanda en el primer año de funcionamiento de la alta velocidad en España, en los datos suministrados por Renfe y otros operadores de transporte afectados, y en los valores del tiempo que utiliza el MOPTMA en la evaluación de proyectos de inversión.

Para estimar el crecimiento de la demanda se ha supuesto un crecimiento del PIB del 2,5 por ciento anual acumulativo durante 30 años y para la corriente de los costes se ha empleado la mejor evidencia que había disponible sobre su comportamiento.

Los beneficios netos estimados han sido sometidos a análisis de sensibilidad extendiendo la vida del proyecto a 40 años, elevando la tasa de crecimiento del PIB al 3 por ciento anual y penalizando los costes generalizados del tren, coche y autobús en un 25 por ciento. Los resultados obtenidos sugieren que la introducción de la alta velocidad en España no estaba económicamente justificada en el año 1987 en el trayecto elegido. Hay que subrayar que la evaluación económica se ha realizado con una política de precios que está lejos de permitir la recuperación del coste de la infraestructura, lo que sugiere que el análisis coste-beneficio de este proyecto con una política tarifaria diseñada con una restricción financiera más severa empeoraría notablemente el resultado negativo obtenido.

Situándonos en el presente, con la infraestructura del AVE ya construida, la política de precios de RENFE parece compatible con criterios de eficiencia económica ya que los precios están cercanos a los costes marginales, contribuyendo los ingresos a recuperar parte de los costes fijos de la infraestructura. Los índices de ocupación actuales y la subida de septiembre de 1993 discriminando según la elasticidad de la demanda, ponen de manifiesto que la tarificación busca un equilibrio entre la eficiencia económica y la necesidad de recuperar en lo posible parte de los costes de construcción.

En el Plan Director de Infraestructuras del MOPTMA se proyectan nuevas líneas de alta velocidad en España para los próximos años. Las conclusiones de este trabajo sugieren la conveniencia de evaluar las distintas alternativas disponibles para mejorar las redes de transporte, especialmente en situaciones de restricción presupuestaria severa. En este sentido es deseable que se emprendan análisis

de demanda que permitan fundamentar las predicciones de tráfico para futuros proyectos y que el Ministerio de Economía facilite una tasa social de descuento única para una evaluación económica rigurosa de los proyectos de inversión. Finalmente, la importancia de los ahorros de tiempo en los proyectos de inversión en infraestructuras de transporte justifican que se haga un esfuerzo de investigación en la estimación de los valores del tiempo por distintos motivos de viaje y modos de transporte que nos permitan mejorar la evaluación social de proyectos de transporte en España.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, O. y J.A. Herce (1993): "Líneas ferroviarias de alta velocidad en España", *Revista de Economía Aplicada*, vol. 1, n.º 1, págs. 5-32.
- Carbajo, J.C. (1991): "El coste social de los accidentes de carretera y la contaminación del aire", *Investigaciones Económicas*, vol. XV, n.º 2, págs. 269-283.
- Bonnaïous, A. (1987): "The regional impact of the TGV". *Transportation*, 14, págs. 127-137.
- Comisión (1990): *Pour le développement d'un réseau européen de trains a grande vitesse*. Commission des Communautés Européennes, Bruselas.
- De Rus, G. (1992): "El sistema de transportes español en el marco de la C.E.", *Papeles de Economía Española*, n.º 51, págs. 102-115.
- Dodgson, J. (1984): "Railways Costs and Closures", *Journal of Transport Economics and Policy*, vol XVIII, n.º 3, págs. 219-235.
- Dodgson, J. y D. K. Forrest (1988): *The use of shadow prices in a developed economy*. Report prepared for the Project Planning Centre for Developing Countries at the University of Bradford.
- Fridstrom L. y otros (1992): *The contribution of exposure, weather, daylight and randomness to the variation in accident counts: a four-country analysis*, Institute of Transport Economics, Working Paper 454/92, Noruega.
- Hall, P. y Hass-Klau, C. (1985): *Can rail save the city? The impacts of rail rapid transit ad pedestrianisation in British and German cities*, Gower, Aldershot.
- MOPT (1991): *Manual de evaluación de inversiones en ferrocarril de vía ancha*, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Madrid.
- Nash, C. A. (1991): "The case for high speed rail", *Investigaciones Económicas*, vol XV, n.º 2, págs. 337-354.
- Owen, A.D. y G.D.A. Phillips: "The characteristics of railways passenger demand". *Journal of Transport Economics and Policy*, vol XXI, 3, págs. 231-253.
- Riera, P. (1993): "Rentabilidad social de las infraestructuras: un análisis coste-beneficio", Civitas, Madrid.
- SETEC (1993): *Análisis y evaluación económica de la red viaria interurbana*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid.
- Transportation Research Board (1985): *Highway capacity manual*, Special Report 209, Washington DC.

Fecha de recepción del original: Septiembre, 1993
Versión final: Diciembre, 1993

ABSTRACT

The high speed train (HST) is a technological advance in passenger transport which has allowed to increase the railway's share in modal split in medium range distances, competing with road and air transport. In this article a conventional cost-benefit analysis is carried out from demand and cost data available and under several assumptions about the life of the project, growth hypothesis, time and accident values and with a social discount value of 6 per cent in real terms. The social evaluation of the project shows that the Spanish HST should have not been carried out in 1987 and in the chosen corridor. The actual pricing policy of RENFE appears compatible with first economic principles as infrastructure costs are sunk and the existence of peak periods and budget constraints justify the price structure of the company.

Keywords: infrastructures, cost-benefit analysis, transport, public expenditure, railways, high speed train.

Cuadro A.1. BENEFICIOS DEL AVE NETOS DE IMPUESTOS
(Millones de pesetas de 1987)

Años	Ahorros de tiempo por tráfico desviado					Ahorro en los costes de:				Ahorro en carretera		
	Coche	Ferr. conv.	Avión	Bus	Generado	Coche	Ferr. conv.	Avión	Bus	Congestión	Accidentes	Total
1992	157,9	1.135,0	0,0	45,3	2.875,4	753,0	548,1	880,6	53,3	74,8	122,2	6.645,6
1993	296,9	2.304,1	0,0	99,8	5.285,1	1.572,2	1.118,6	1.391,2	116,9	146,5	266,8	12.598,0
1994	337,6	2.725,8	0,0	127,7	7.484,0	2.039,8	1.382,7	1.472,6	145,3	193,0	350,9	16.259,4
1995	360,9	2.998,7	0,0	142,1	8.640,2	2.326,2	1.553,1	1.544,8	161,6	226,0	394,7	18.348,2
1996	381,0	3.249,3	0,0	150,1	9.450,7	2.591,3	1.716,7	1.611,9	171,7	261,7	431,2	20.015,8
1997	392,0	3.342,7	0,0	154,5	9.722,4	2.780,3	1.855,8	1.695,3	179,9	280,4	454,4	20.857,7
1998	403,2	3.438,8	0,0	158,9	10.002,0	2.908,6	1.947,0	1.759,6	186,4	300,3	471,5	21.576,3
1999	414,8	3.537,7	0,0	163,5	10.289,5	2.992,3	2.003,0	1.810,2	191,8	321,6	484,1	22.208,5
2000	426,7	3.639,4	0,0	168,2	10.585,3	3.078,2	2.060,6	1.862,3	197,3	344,6	496,9	22.859,5
2001	439,0	3.744,0	0,0	173,0	10.889,7	3.166,7	2.119,9	1.915,8	202,9	369,6	510,2	23.530,9
2002	451,6	3.851,7	0,0	178,0	11.202,8	3.257,8	2.180,8	1.970,9	208,8	396,7	523,8	24.222,8
2003	464,6	3.962,4	0,0	183,1	11.524,8	3.351,5	2.243,5	2.027,5	214,8	426,2	537,7	24.936,1
2004	478,0	4.076,3	0,0	188,4	11.856,2	3.447,8	2.308,0	2.085,8	221,0	458,4	552,1	25.671,9
2005	491,7	4.193,5	0,0	193,8	12.197,0	3.546,9	2.374,4	2.145,8	227,3	493,4	566,8	26.430,7
2006	505,9	4.314,1	0,0	199,3	12.547,7	3.648,9	2.442,6	2.207,5	233,8	531,7	582,0	27.213,6
2007	520,4	4.438,1	0,0	205,1	12.908,5	3.753,8	2.512,9	2.270,9	240,6	573,6	597,5	28.021,3
2008	535,4	4.565,7	0,0	211,0	13.279,6	3.861,7	2.585,1	2.336,2	247,5	619,4	613,4	28.855,0
2009	550,8	4.697,0	0,0	217,0	13.661,4	3.972,8	2.659,4	2.403,4	254,6	669,6	629,9	29.715,8
2010	566,6	4.832,0	0,0	223,3	14.054,1	4.087,0	2.735,9	2.472,5	261,9	724,6	646,7	30.604,6
2011	582,9	4.970,9	0,0	229,7	14.458,2	4.204,5	2.814,5	2.543,6	269,5	785,0	664,0	31.522,7
2012	599,6	5.113,9	0,0	236,3	14.873,8	4.325,4	2.895,4	2.616,7	277,2	851,2	681,8	32.471,3
2013	616,9	5.260,9	0,0	243,1	15.301,5	4.449,7	2.978,7	2.691,9	285,2	923,0	700,1	33.450,9
2014	634,6	5.412,1	0,0	250,1	15.741,4	4.577,6	3.064,3	2.769,3	293,4	1.001,1	718,8	34.462,7
2015	652,9	5.567,7	0,0	257,3	16.194,0	4.709,2	3.152,4	2.849,0	301,8	1.085,7	738,0	35.507,9
2016	671,6	5.727,8	0,0	264,7	16.659,5	4.844,6	3.243,1	2.930,9	310,5	1.177,5	757,8	36.587,9
2017	690,9	5.892,5	0,0	272,3	17.138,5	4.983,9	3.336,3	3.015,1	319,4	1.277,1	778,1	37.704,2
2018	710,8	6.061,9	0,0	280,1	17.631,2	5.127,2	3.432,2	3.101,8	328,6	1.385,2	799,0	38.858,1
2019	731,2	6.236,2	0,0	288,2	18.138,1	5.274,6	3.530,9	3.191,0	338,0	1.502,6	820,4	40.051,2
2020	752,3	6.415,4	0,0	296,5	18.659,6	5.426,3	3.632,4	3.282,7	347,8	1.629,9	842,4	41.285,3
2021	773,9	6.599,9	0,0	305,0	19.196,1	5.582,3	3.736,8	3.377,1	357,7	1.768,1	865,0	42.561,8
2022	796,1	6.789,6	0,0	313,7	19.747,9	5.742,8	3.844,3	3.474,2	368,0	1.918,1	888,2	43.883,0
Total	16.388,7	13.909,3	0,0	6.418,9	402.196,1	116.385,0	78.009,5	71.708,4	7.514,3	22.716,6	18.486,1	878.919,0

Cuadro A.2. COSTES DEL AVE NETOS DE IMPUESTOS
(Millones de pesetas de 1987)

Años	Infraestructura	Mantenimiento Infraestructura	Material Rodante	Costes Operativos	Valor Residual	Total Costes
1987	11.955,1	0,0	0,0	0,0	0,0	11.955,1
1988	28.300,9	0,0	0,0	0,0	0,0	28.300,9
1989	44.338,0	0,0	5.236,4	0,0	0,0	49.574,4
1990	69.204,2	0,0	421,6	0,0	0,0	69.625,8
1991	72.034,9	0,0	22.870,4	0,0	0,0	94.905,3
1992	31.205,2	3.027,1	18.649,8	6.899,1	0,0	59.781,3
1993	29.779,6	4.036,1	6.639,1	8.589,6	0,0	49.044,4
1994	0,0	3.794,0	1.921,7	9.752,7	0,0	15.468,4
1995	0,0	3.672,9	1.921,7	10.350,8	0,0	15.945,4
1996	0,0	3.632,5	1.921,7	11.008,4	0,0	16.562,6
1997	0,0	3.632,5	1.921,7	11.591,0	0,0	17.145,2
1998	0,0	3.632,5	0,0	11.977,9	0,0	15.610,5
1999	0,0	3.632,5	1.921,7	12.223,2	0,0	17.777,4
2000	0,0	3.632,5	0,0	12.473,6	0,0	16.106,1
2001	0,0	3.632,5	1.921,7	12.728,9	0,0	18.283,1
2002	0,0	3.632,5	0,0	12.989,4	0,0	16.622,0
2003	0,0	3.632,5	1.921,7	13.255,3	0,0	18.809,5
2004	0,0	3.632,5	1.921,7	13.526,6	0,0	19.080,8
2005	0,0	3.632,5	0,0	13.803,4	0,0	17.436,0
2006	0,0	3.632,5	1.921,7	14.086,0	0,0	19.640,2
2007	0,0	3.632,5	427,0	14.374,3	0,0	18.433,9
2008	0,0	3.632,5	1.921,7	14.668,5	0,0	20.222,8
2009	0,0	3.632,5	1.921,7	14.968,8	0,0	20.523,0
2010	0,0	3.632,5	2.348,7	15.275,2	0,0	21.256,4
2011	0,0	3.632,5	0,0	15.587,8	0,0	19.220,4
2012	0,0	3.632,5	2.348,7	15.906,9	0,0	21.888,2
2013	0,0	3.632,5	1.921,7	16.232,5	0,0	21.786,7
2014	0,0	3.632,5	2.348,7	15.853,0	0,0	21.834,3
2015	0,0	3.632,5	1.921,7	16.903,8	0,0	22.458,0
2016	0,0	3.632,5	427,0	17.249,8	0,0	21.309,4
2017	0,0	3.632,5	16.227,5	17.602,9	0,0	37.463,0
2018	0,0	3.632,5	16.654,6	17.963,2	0,0	38.250,3
2019	0,0	3.632,5	7.473,2	18.330,8	0,0	29.436,6
2020	0,0	3.632,5	4.270,4	18.706,1	0,0	26.609,0
2021	0,0	3.632,5	5.124,5	19.088,9	0,0	27.845,9
2022	0,0	3.632,5	4.697,4	19.479,7	-151.566,7	-123.757,0
Total	286.818,0	112.608,8	141.147,0	443.448,0	151.566,7	832.455,1