

Rentabilidad social de las inversiones públicas: Análisis Coste Beneficio del AVE Madrid-Valencia

**Pablo Coto-Millán, Pedro Casares-Hontañón, David San Millán y
Manuel Agüeros Sánchez.**

Avda. de los Castros, s/n; C.P.: 39005. Universidad de Cantabria

Santander- Cantabria (España).

RESUMEN

El AVE se ha convertido en los últimos años en el principal receptor de la inversión pública española en infraestructuras. Desde que la primera línea se inaugurara en Abril de 1992, la red ferroviaria de alta velocidad se ha visto incrementada notablemente con 4 líneas en pleno funcionamiento, y muchas otras en construcción o en proyecto, siendo en la actualidad la red de AV más extensa de Europa y la tercera en todo el mundo.

En este contexto es preciso evaluar la rentabilidad social de estos proyectos de inversión pública y determinar una tasa de retorno social, para ello es necesario tener en cuenta no solo los costes y beneficios del tren de alta velocidad, sino también la estructura de costes y beneficios asociados al resto de medios de transporte alternativos. Por otro lado, a la hora de determinar la viabilidad económica del proyecto, será necesario establecer el volumen inicial de demanda, constituyéndose en factor clave a la hora de configurar el resultado final.

Este estudio analiza la última gran inversión en alta velocidad, la línea Madrid-Valencia, aunque después se ha inaugurado la línea Ourense-Santiago, aplicando la metodología de Análisis Coste Beneficio.

Palabras clave: Análisis Coste Beneficio; Alta Velocidad; evaluación de inversiones públicas; VAN

1. INTRODUCCIÓN

Con el presente estudio se pretende hacer una evaluación económica para un proyecto de inversión en infraestructura ferroviaria de alta velocidad, como es el caso del trayecto entre las ciudades de Madrid y Valencia, utilizando para ello la técnica del análisis coste-beneficio.

De esta forma podremos llegar a la conclusión de su viabilidad o no, a través de una actualización de la corriente de ingresos y gastos a lo largo del período de vida del proyecto, y ver si los primeros superan a los segundos (incluido el desembolso inicial de la inversión) para obtener un beneficio social positivo.

Desde la construcción de la línea de AVE Madrid-Sevilla del año 1992, nuestro país parece haberse centrado en priorizar las inversiones en infraestructura en la construcción de una red ferroviaria de alta velocidad, pero teniendo en cuenta que este tipo de inversión tiene un elevado coste. Resaltar además que para que los diversos corredores resulten rentables tiene que haber una elevada densidad en el flujo de pasajeros.

Para este tipo de proyectos es necesario calcular detalladamente, aparte del coste inicial de la inversión en su construcción, los beneficios y costes operativos esperados a lo largo de la vida de la misma. En la parte de los beneficios, no solo se incluirán los ingresos en la recaudación de los billetes vendidos, sino también una valoración monetaria en la reducción de tiempos y de costes por no usar otros medios de transporte, así como los ahorros fruto de la reducción de costes externos (por ejemplo la reducción de congestión en la carretera).

Este estudio también trata de ver un análisis de la demanda, que muestre su competitividad con respecto a otros medios de transporte, sobre todo del vehículo privado y sobre el puente aéreo Madrid-Valencia, aparte de la generación de los nuevos viajes que ofrece esta alternativa.

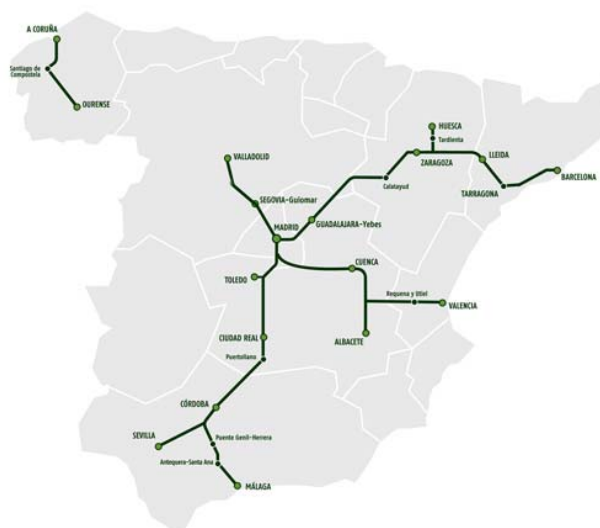
Resaltar por último que Madrid y Valencia son dos ciudades con una gran densidad de población (suman entre las dos 5 millones de habitantes). Por tanto, la importancia de un mercado de flujo de viajeros importante, hace que una posible inversión sea viable no solo desde el punto de vista económico, sino y lo que es más importante, desde el punto de vista social.

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL AVE EN ESPAÑA

Una de las últimas líneas de alta velocidad en ser inaugurada ha sido el trayecto Madrid-Cuenca-Motilla del Palancar-Valencia, junto con el ramal Motilla del Palancar-Albacete, que desde el 18 de diciembre de 2010 incorpora a la red AVE sus 438 km (Madrid-Valencia, 391 km, y Motilla-Albacete, 47 km).

Esta línea se une a las otras dos grandes líneas en servicio, Madrid-Sevilla (1992) y Madrid-Lleida-Barcelona (2008), junto con otras como Córdoba-Antequera-Málaga (2007) o Madrid-Segovia-Valladolid (2007) (ver figura 1) y multitud de tramos en construcción o proyectados.

Figura 1. Líneas de Alta Velocidad en servicio en España (2012)



Fuente: Ministerio de Fomento

Con estos datos, España es en 2012 el país europeo con más km de AV operativos con un total de 1.972 y el tercero del mundo por detrás de China y Japón, pero por delante incluso de países de gran tradición en este modo de transporte como es Francia (ver cuadro 1).

Cuadro 1.- Km de Líneas ferroviarias de alta velocidad. Julio 2012

EUROPA	Operativas	En Construcción	Planificadas	Total país
Bélgica	209	0	0	209
Francia	2036	757	2407	5200
Alemania	1334	428	558	2320
Italia	923	0	395	1318
Holanda	120	0	0	120
Polonia	0	0	712	712
Portugal	0	0	1006	1006
Rusia	0	0	650	650
España	2144	1679	1702	5525
Suecia	0	0	750	750
Suiza	35	72	0	107
Reino Unido	113	0	204	317
TOTAL EUROPA	6914	2936	8384	18234
ASIA	Operativas	En Construcción	Planificadas	Total país

China	6403	4235	2901	12729
Taiwan	345	0	0	345
India	0	0	495	495
Irán	0	0	475	475
Japón	2664	424	537	3625
Arabia Saudí	0	550	0	550
Corea del Sur	412	186	49	647
Turquía	447	758	1219	2424
TOTAL ASIA	10271	6153	5201	21625
OTROS	Operativas	En Construcción	Planificadas	Total país
Marruecos	0	200	480	680
Brasil	0	0	511	511
USA	362	0	900	1262
TOTAL OTROS	362	200	1891	2453
TOTAL MUNDO	17547	9289	15476	42312

Fuente: Elaboración propia a partir de Unión Internacional de Ferrocarriles UIC

Los objetivos del PEIT (2005) eran que, en el horizonte del 2020, España disponga de 10.000 km en líneas de alta velocidad, que todas las capitales de provincia estén conectadas a esta red y que el 90 % de los ciudadanos se encuentren a menos de 50 km de una estación de Alta Velocidad. Actualmente están en construcción 1767 km y otros 1.702 km están ya proyectados.

En el marco de la crisis, los objetivos de reducción del déficit público han retrasado el proyecto o la ejecución de algunos tramos del AVE. Para minimizar el impacto de la reducción de presupuesto sobre los objetivos marcados en el PEIT, el Gobierno de España ha buscado fórmulas de financiación público-privada, buscando incluso la presentación del proyecto a inversores extranjeros de capital riesgo.

3. METODOLOGÍA

La metodología empleada para la valoración del beneficio social en el análisis coste-beneficio de este proyecto es una generalización de la empleada en Dodgson (1984) y que se describe ampliamente en De Rus e Inglada (1994 y 1997) para el caso del tren de alta velocidad de Madrid-Sevilla, en Coto-Millán e Inglada (2003a y 2003b) para el caso de alta velocidad Madrid-Barcelona-Frontera francesa., y en Casares et. al. (2009) para el caso Madrid-Santander.

Este marco se ha ampliado con la metodología empleada para la valoración de las externalidades en el transporte que se detalla en Coto-Millán e Inglada (2003c). La cuantificación de los costes externos de los diferentes modos de transporte de viajeros, alta velocidad ferroviaria (en adelante AVE), coche, ferrocarril convencional, avión y

autocar, y de mercancías, camión y ferrocarril, es necesaria para determinar el balance de los beneficios sociales anejos a la introducción del AVE.

Los efectos externos considerados son: mantenimiento de la infraestructura (para ferrocarril convencional y carretera); congestión (para carretera), accidentes (para ferrocarril convencional y carretera) y ambientales (ruido, contaminación y cambio climático para todos los modos de transporte).

Asimismo, se han utilizado todos los criterios de valoración característicos de la evaluación social de proyectos: precios sombra, exclusión de impuestos, etc., que se detallan en Coto-Millán e Inglada (2003c).

En el cuadro 2 se muestra el resumen de costes y beneficios considerados en la evaluación de este proyecto. Por lo tanto, no se han considerado directamente los efectos de índole macroeconómica, sectorial y regional que son analizados en profundidad por Alvarez y Herce (1993) y por Inglada (1993).

Cuadro 2.- Costes y beneficios del proyecto AVE Madrid-Valencia.

COSTES	BENEFICIOS
Infraestructura	B° demanda inducida por mayores ingresos
Mantenimiento de infraestructura	B° demanda inducida por menor coste generalizado
Material Rodante	Ahorros de tiempo de usuarios en esta modalidad
Costes de explotación	Menores costes de no usar otros medios transporte
Valor Residual	Reducción de costes externos

Fuente: Elaboración propia a partir de Coto Millán e Inglada (2003 a, b y c)

A continuación se detalla cada partida de costes y beneficios de la inversión considerada.

4. ESTRUCTURA DE COSTES

Costes Infraestructura:

La infraestructura del AVE Madrid-Valencia incluye tanto la vía como la explanación, señalización, estaciones, catenaria, etc. Este tramo objeto de estudio, se enmarca dentro del corredor Madrid-Levante que consta de 955 Km. Este proyecto consta de: 160 viaductos; 50 túneles y soterramientos; 8 nuevas estaciones; y remodelación de la estación de Atocha

El coste total de los 365 kilómetros asciende a 4.818 millones de euros, lo que supone un coste medio de 13,2 millones de euros por Km.

Costes de mantenimiento de infraestructura:

Se incluyen los gastos de conservación de la calidad de la vía y los aparatos de vía y las actividades dirigidas a conseguir el correcto funcionamiento de los elementos de la superestructura de la vía, así como los gastos de mantenimiento de la catenaria, señalización, seguridad, telecomunicaciones,....

Atendiendo a los datos que nos proporciona ADIF, para el caso de la adjudicación del mantenimiento de la infraestructura, vía y desvíos de la línea Madrid-Barcelona, podemos calcular esta partida (ver cuadro 3).

Cuadro 3.- Costes Totales de Mantenimiento de Infraestructura.

CONCEPTO	IMPORTE
<i>Mantenimiento de la superestructura de la vía</i>	13.140.000 €
<i>Supervisión y mantenimiento de la catenaria</i>	2.453.875 €
<i>Señalización y Seguridad</i>	20.075.000 €
<i>Mantenimiento de Telecomunicaciones</i>	5.475.000 €
TOTAL	41.143.895 €
Coste mantenimiento de Infraestructura por Km.	112.723 €

Fuente: Elaboración propia

Coste de material Rodante:

El tren que realiza el servicio de AVE Madrid-Valencia es el nuevo modelo S-112. Se trata de una evolución del modelo Talgo-Bombardier S-102, pero la gran diferencia es que tiene 49 plazas más, es decir 365 plazas en total.

El Ministerio de Fomento encargó en el año 2.005 la construcción de 30 unidades de este modelo por un importe global de 665 millones de euros. Si la actualizamos en base Índice General Nacional según el sistema IPC (base 2.006), obtenemos un coste de 778 millones de euros, o un coste unitario de 26 millones.

Por otro lado, sabemos que la Línea Madrid-Levante ha comenzado su servicio con la puesta en marcha de 15 frecuencias, no descartándose que este número aumente durante el mismo año. Para nuestro caso de estudio, el número de líneas con las que cuenta inicialmente el servicio punto a punto Madrid-Valencia es de 11, a las que se irán incorporando otras a lo largo de los años de duración proyecto, y en función al crecimiento de la demanda de viajes, con lo que el coste total será de 286 mill. de euros.

Siguiendo a De Rus (1994), la metodología utilizada para determinar las unidades necesarias es la siguiente: la capacidad del tren es de 365 pasajeros. Si consideramos un factor de ocupación del 70% (según la media que se ha venido registrando en los primeros meses), y que el número de kilómetros recorrido por tren cada año es de 400.000 Km, obtenemos como resultado que es necesario un nuevo tren cada 102,2 millones de viajeros por kilómetro.

Costes de Explotación:

Si tenemos en cuenta los datos proporcionados por Renfe y medidos los costes en euros por plaza ocupada y kilómetro, obtenemos un valor de 0,101 €/pkm. Esto es debido a que los trenes de alta velocidad tienen un aprovechamiento medio mucho mayor que los convencionales (61,9% para el año 2007).

En otras palabras, una plaza ocupada durante los 365 kilómetros que tiene cada trayecto punto a punto ocasiona un gasto de $0,101 \times 365 = 36,865 \text{ €}$.

Dentro de estos costes, las partidas más importantes son: Empleados, 15%; Pagos a Adif por Infraestructura y estaciones, 19%; Amortización y depreciación, 10%; Mantenimiento y transformaciones a Integria, 7%; Energía, 7%; Intereses y gastos financieros, 5%, Otros servicios, 31%.

Si partimos del año base de maduración del proyecto, que es el correspondiente al año 2.011, partimos con el dato de poco más de tres millones de viajeros, por lo que nos quedarán unos costes de explotación totales para el primer año que se recogen en el cuadro 4.

Cuadro 4.- Costes de Explotación total y por plaza

Coste por plaza	36,865 Euros *
Coste de explotación total	112.475.115 Euros **

Fuente: Elaboración propia. Nota: * 0,101 x 365. ** 36,865 x 3.051.000

Valor Residual:

Para el material rodante se considerará una vida útil de 20 años, con una tasa de depreciación lineal para todo el periodo, por lo que además tendremos que calcular el número de trenes de reposición cada veinte años.

En el caso del proyecto de explotación de infraestructura para la línea, el Ministerio de Fomento hace diferentes valoraciones de la vida útil referentes a los diferentes capítulos que componen la infraestructura. Si se hace una media de las diferentes partidas, estimamos un valor de 45 años para todo el conjunto de la infraestructura.

Como nuestro proyecto de inversión tiene una vida de 40 años de explotación, y con una tasa de depreciación lineal, el valor residual será de aproximadamente el 13% del valor de la inversión en infraestructura realizada.

5. ESTRUCTURA DE BENEFICIOS

Ingresos por viajes generados:

Para la determinación de la demanda inicial, vamos a extrapolar los datos que hasta el momento disponemos desde que el tren comenzó a funcionar el día 19 de Diciembre de 2010.

Según Renfe, el AVE entre Madrid y Valencia ha desplazado a 510.000 pasajeros en los primeros 100 días de funcionamiento del servicio. Durante los primeros 30 días fue utilizado por una media de 4.300 personas al día. El mes siguiente, el tráfico diario se elevó a 5.200 pasajeros. Pero en marzo, la ocupación de los convoyes llegó al 70% al desplazarse 5.800 viajeros al día.

De esta forma, podemos extrapolar una predicción de los restantes tráficos correspondientes a los siguientes meses hasta el final de año, siguiendo una serie a partir del número de viajeros totales para los 3 primeros meses (ver cuadro 5).

Cuadro 5.- Demanda mensual de viajes para el 2.011

MES	Número total de pasajeros para el 1º año (2011)
1	129.000
2	156.000
3	174.000
4	198.000
5	220.500
6	243.000
7	265.500
8	288.000
9	310.500
10	333.000
11	355.500
12	378.000
TOTAL	3 051.000

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la demanda de los años sucesivos, se parte del supuesto de que a partir del siguiente año, evoluciona de forma paralela al crecimiento del PIB español y con una elasticidad de la demanda de transportes de 1,4.

Vamos a ver a continuación si esta estimación de la demanda se corresponde más o menos con las distintas previsiones que diversos Organismos habían hecho antes de la puesta en funcionamiento del servicio. Para ello vamos a ver primero el potencial de crecimiento de la demanda que no proporciona la razón tráfico/población (rtp) entre las dos ciudades consideradas.

Asumiendo una razón rtp de 0,19 para las relaciones de la Comunidad Valenciana (5.029.000 habitantes en 2008) a Madrid, se obtiene un potencial a medio plazo (varios años después de la LAV terminada) de 5,8 millones de viajeros punto a punto. Esta cifra corresponde al que nos sale tras 20 años de funcionamiento de la línea en nuestro estudio. Esta estimación basada en la razón rtp da un valor del mismo rango que los publicados por Renfe y Fomento y que se resumen a continuación:

- Un informe de Fomento de antes de 2.005, era bastante ambicioso y preveía que cuando la LAV estuviera terminada, habría 3,5 millones de pasajeros en la relación Madrid-Valencia.
- Según un estudio elaborado por el Centro de estudios Tomillo, a cargo de un departamento dependiente del Ministerio de Fomento, en el primer año de puesta en marcha, se prevé que utilicen el AVE más de 3 millones y medio de pasajeros. Dicho estudio fue llevado a cabo a través de la realización de encuestas en la Comunidad de Madrid, 816 a empresas y otras 500 a ciudadanos.
- La proyección de demanda para el corredor LAV Madrid-Valencia en 2.011, según previsión de Renfe en noviembre de 2010, era de 2.869.000 viajeros, que se asemeja bastante a la obtenida en el presente estudio.

Por otro lado, para poder calcular el ingreso medio por Viajero-Km, debemos de conocer los diferentes precios del billete que compone el trayecto, y conocer asimismo en que porcentaje son vendidos.

Cuadro 6.- Cuadro de tarifas de billete de AVE

TIPO DE BILLETE	DESCUENTO	CARACTERÍSTICAS
<i>Sencillo</i>	Ninguno	Precio: 79,80 €
<i>Ida y vuelta</i>	20%	Vuelta hasta 60 días después de la vuelta. Anulaciones antes de salida del tren 20% de gtos. Cambios antes de la salida del tren gratuito para trenes del mismo día y recargo 15% distinto día. Precio: 128 €
<i>Tarifa Web</i>	Hasta 60%	Compra con un mínimo de 15 días de antelación. Anulaciones antes de la salida del tren 50% gtos. Plazas limitadas y no admite cambios. Solo de venta en Internet. Precio: min de 31,9€

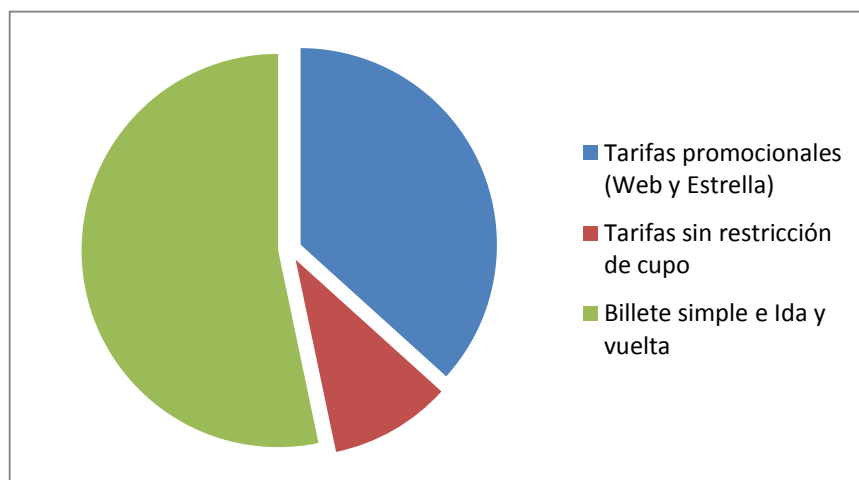
<i>Tarifa Estrella</i>	Hasta 40%	Adquisición con un mínimo de 7 días antelación. Anulaciones antes de salida de tren 30% de gtos. Cambios antes de salida tren: 15% recargo para trenes de mismo día y 20% para distinto día. Precio: min de 47,88 €
<i>Joven</i>	25%	Para los titulares del carnet joven. Precio: 59,85
<i>Dorada</i>	Hasta 40%	Para los titulares de tarjeta dorada. Descuento del 40% de Lunes a Jueves. Descuento del 25% de Viernes a Domingo. Precio: min de 47,88

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al porcentaje del tipo de billetes que se venden disponemos de los siguientes datos:

- Durante el mes de enero de 2011, el 36,7% de las ventas del AVE Madrid-Valencia y viceversa se realizaron con las tarjetas promocionales “Web” y “Estrella”, que tienen un descuento entre el 40 y el 60 por cien.
- Si atendemos a la línea Madrid-Barcelona, observamos que las ofertas permanentes del tipo “sin restricción de cupo” como son las del Carnet joven (25% de descuento) o Tarjeta dorada (descuento de hasta el 40%), representan aproximadamente el 10% de todo el volumen vendido.
- El resto de billetes vendidos se repartirán entre billetes sencillos y aquellos de ida y vuelta (20% de descuento).

Figura 2. Porcentajes de distribución según tipo de tarifa



Fuente: Elaboración propia

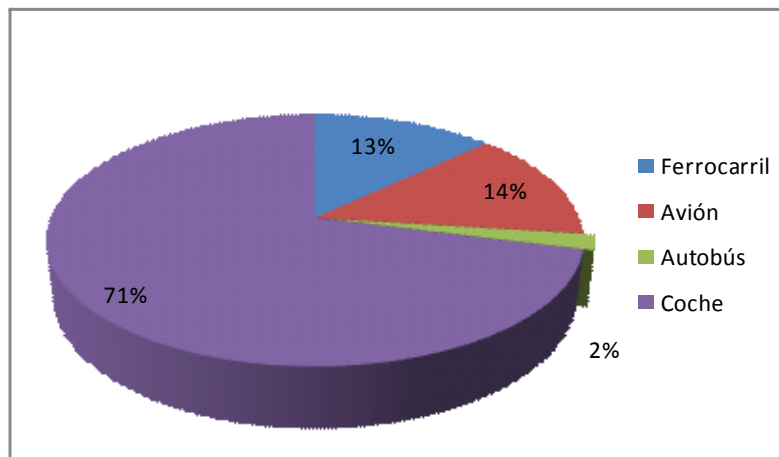
Una vez hallada la demanda inicial y su evolución a lo largo de la vida del proyecto, y una vez calculado el ingreso medio por viajero-Km, ya podemos hallar los ingresos totales obtenidos por la venta de billetes para todo el tráfico de viajeros de la línea.

Para poder calcular los beneficios totales producidos por los viajes generados, debemos desagregar la demanda de viajes en dos conceptos: por un lado el tráfico desviado, y por el otro el tráfico generado.

Sustitución:

La introducción del AVE a Valencia produce un impacto importante con respecto al resto de modos de transporte. Por tanto, hablamos de los viajes que se habrían desarrollado en otra modalidad, en el caso de no existir este servicio. En la figura 3 podemos ver, según RENFE la distribución de viajeros entre ambas ciudades.

Figura 3.- Porcentajes de distribución según modo de transporte, antes del AVE



Fuente: RENFE (2009)

Si extrapolamos estos porcentajes con los 1.029.742 viajeros de avión del año 2.009, obtenemos el número de viajeros en los restantes medios de transporte:

- Ferrocarril: 950.000
- Autobús: 150.000
- Coche: 5.200.000

En el primer año de servicio, según la operadora, el AVE ha sustituido el 55% de los viajes que se hacían en avión entre ambas ciudades, y ha eliminado el 25% de los viajes que se realizan en coche. Además ha absorbido el 5% de los viajes que se hacen en autobús, además de que durante el primer año de funcionamiento transportará a 3 millones de pasajeros, de los cuales un millón serán nuevos usuarios.

Por último, y atendiendo a lo que ha sucedido en la línea Madrid-Sevilla, podemos estimar un porcentaje de sustitución de la demanda del tren convencional del 85%, que pasaría a formar parte de la línea de alta velocidad.

Cuadro 7. Distribución de pasajeros por modalidad antes y después del AVE, 2011.

Modo de transporte	Antes del AVE	%	Después del AVE	%
Tren Convencional	950.000 pax	13	142.500 pax	2
Avión	1.029.742 pax	14	705.373 pax	9
Autobús	150.000 pax	2	142.500 pax	2
Coche	5.200.000 pax	71	3.900.000 pax	49
AVE	-	-	3.051.000 pax	38

Fuente: Elaboración propia

Inducción:

Esta componente de la demanda de AVE, se refiere al aquellos viajes que no se habrían realizado si no existiera este nuevo servicio de transporte, es decir, nuevos desplazamientos. No solo se incluyen los viajeros que nunca habían realizado este trayecto, sino también los debidos al aumento de la frecuencia de aquellos que ya hacían esos viajes antes de la puesta en marcha del la línea de alta velocidad.

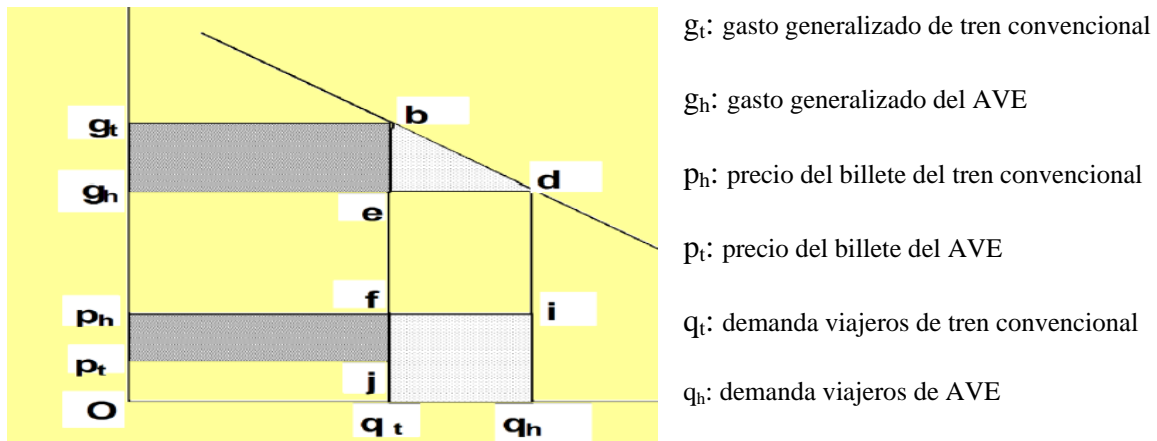
En nuestro estudio analítico viene establecido como diferencia entre la totalidad del tráfico y el tráfico desviado procedente de otros medios de transporte. Por tanto, podemos comprobar que en el primer año de puesta a punto del servicio, el número de nuevos viajes generados será de casi 600.000 pasajeros. Así tenemos que en nuestro caso de estudio, los viajes generados se estima que representarían casi el 7,5% del trayecto Madrid-Valencia.

Una vez que hemos dejado resuelto cuestiones referentes a tarifas e ingresos asociados a la línea, la demanda y como viene estructurada, podemos establecer las componentes de beneficio de los nuevos viajes en dos vertientes:

Beneficio de la demanda inducida por mayores ingresos:

En este apartado se recogen los mayores ingresos que obtiene la compañía ferroviaria de alta velocidad, por la mayor demanda de viajes nuevos debido a la puesta en marcha de este nuevo servicio.

Figura 4. Gráfico de componentes de beneficios por nuevos viajes



Fuente: Inglada (2011)

En la figura 4, este beneficio viene representado por el área delimitada por el rectángulo delimitado por los puntos fjiq. En términos analíticos este beneficio es el cociente del producto de los ingresos totales y la demanda de nuevos viajes, entre el tráfico total de la línea.

Beneficio por mayores ingresos:	34.096.000 Euros (Año 2.011)
--	-------------------------------------

Beneficio de la demanda inducida por menores costes generalizados:

Aquí se recogen los mayores beneficios que obtiene el consumidor, al reducirse por sustitución los viajes que antes se realizaban en otros medios de transporte, y cuyos gastos generalizados eran mayores, con respecto a los que se dan con la utilización del nuevo servicio.

Por gasto generalizado, no solo entenderemos los referentes a las tarifas que paga el viajero por los billetes de tren, sino que también hay que incluir todos los tiempos de espera y retraso que soporta el consumidor hasta llegar a su destino. Así, a pesar de tener que soportar un precio del billete superior, la mayor agilidad y rapidez de la nueva alternativa, hace que su coste generalizado sea menor ($g_h < g_t$).

$$g = p + t$$

donde: p es la tarifa del billete de tren y t es el tiempo x valor del tiempo.

Este beneficio viene expresado en la figura 4 como el área representada por el triángulo delimitado por los puntos ebd, que representa para la nueva demanda de viajes (q_h), un ahorro de costes para el consumidor por el menor gasto generalizado (g_h) de utilizar la alta velocidad.

En el marco analítico, se ponderan los viajes inducidos por esos menores gastos generalizados, y en proporción al tráfico sustituido en cada uno de los medios de transporte que eran usados por los pasajeros que ahora viajan en AVE.

Si nos fijamos en los datos ya actualizados que nos proporciona Inglada (2002), podemos observar la diferencia de costes generalizados (según el medio de transporte) que existían antes y después de la introducción del AVE.

Cuadro 8.- Diferencias de costes generalizados según modalidad respecto al AVE, euros/viajero

COCHE	FERROCARRIL	AVIÓN	AUTOBÚS
4,38	40,10	38,08	-36,43

Fuente: Elaboración propia a partir de Inglada (2002)

Si estos ahorros en gastos los ponderamos por los tráficos en otros medios de transporte sustituidos, y los multiplicamos por los nuevos viajes, todo ello en función del tráfico total de pasajeros, obtenemos el siguiente resultado:

Beneficio menor coste generalizado: 6.161.000 Euros (Año 2.011)

Si sumamos ambos beneficios por inducción de nuevos viajes, ya sea en su vertiente de mayores ingresos para el conjunto de las empresas de transporte, así como para el consumidor, por los menores gastos generalizados que soporta, obtendremos el Beneficio total por nuevos viajes:

Beneficio Total por inducción de viajes: 40.257.000 Euros (Año 2.011)

Beneficio por ahorros de tiempo

En este caso, consideraremos los ahorros de tiempo que se producen, por la sustitución de viajes que antes de realizaban por otros medios de transporte alternativos, y que ahora se realizan por medio del AVE.

Consideramos por tanto, la línea de alta velocidad como la alternativa más eficaz en cuanto a reducción de tiempos de llegada al destino, como mostramos en el siguiente cuadro comparativo entre los diferentes modos de transporte:

Cuadro 9.- Duración del viaje Madrid-Valencia por modo de transporte

Modalidad de transporte:	Duración del Trayecto
AUTOBÚS	4 Horas
COCHE	3 Horas y 45 minutos
TREN CONVENCIONAL	3 Horas y 30 minutos
AVIÓN	1 Hora y 40 minutos*
AVE	1 Hora y 55 minutos**

*Fuente: Elaboración propia. Nota * Incluye 45 minutos de facturación. ** Incluye 20 minutos de facturación*

Por otro lado, en el caso del avión tenemos que añadir otros 15 minutos a la duración del viaje, debido a que siempre se produce este retraso desde que el pasajero embarca en el avión, hasta su despegue.

Para nuestro caso de estudio, no consideraremos los ahorros de tiempo que se pudiesen dar, como consecuencia de la sustitución de viajes por este medio, ya que la distancia que existe en el trayecto Madrid-Valencia, es cubierto por ambas alternativas en la misma duración de tiempo.

En cuanto al valor de un ahorro en el tiempo de viaje, este se correspondería a la ganancia neta de utilidad del uso alternativo del tiempo. Se podría estimar el valor del tiempo mediante el método de preferencias reveladas o el de preferencias declaradas.

En nuestro caso, una alternativa consiste en tomar los valores del tiempo actualizados recomendados por el Ministerio de Fomento. Por otro lado, mediremos las diferencias de tiempo en la duración del trayecto, entre los diferentes modos de transporte alternativos con respecto al AVE, en horas. Si multiplicamos esas diferencias en la duración del trayecto, por el valor del tiempo de viaje en cada modo de transporte, y todo ello lo dividimos por la longitud total de la línea, tendremos el beneficio por viajero y kilómetro. El resumen de estos valores se recoge en el cuadro 10.

Cuadro 10.- Beneficios por ahorro de tiempo considerados por modo de transporte, Madrid-Valencia

Valores del tiempo por modo de transporte (euros de 2002 por hora)			
COCHE	AVIÓN	AUTOBÚS	TREN
6,04	25,56	3,25	13,01
Diferencia de tiempos con respecto al AVE (en horas)			
COCHE	AVIÓN	AUTOBÚS	TREN
1,83	0	2,08	1,58
Tabla 13. Beneficio por Viajero-Km en ahorros de tiempo (en horas)			
COCHE	AVIÓN	AUTOBÚS	TREN
0,0372	0	0,0228	0,0693

Fuente: Elaboración propia, Ministerio de Fomento (2002).

Finalmente, si multiplicamos los tráficos sustituidos por estos beneficios unitarios, para cada uno de los medios de transporte considerados, y los sumamos, obtendremos un beneficio total para el primer año de:

Beneficio Total por ahorros de tiempo: 38.152.960 Euros (Año 2.011)

Beneficio por ahorros de coste en otros medios de transporte

Para el cálculo de la reducción en los costes, para las compañías operadoras de los modos de transporte alternativos, nos fijaremos en los datos elaborados por CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas), que es un organismo autónomo adscrito al Ministerio de Fomento, y convenientemente actualizados se muestran en el cuadro 11.

Cuadro 11.- Costes de producción por modo de transporte (€por viajero/Km)

Costes de producción por modo de transporte (€por viajero/Km)				
COCHE	AVIÓN	AUTOBÚS	TREN	AVE
0,177	0,174	0,044	0,085	0,094
Diferencia de Costes con respecto al AVE (€por viajero/Km)				
COCHE	AVIÓN	AUTOBÚS	TREN	
0,083	0,081	-0,049	-0,008	

Fuente: Elaboración propia partir de CEDEX (2005)

Observando estos datos, podemos establecer que:

- Aunque el AVE sale perjudicado con respecto al autobús en cuanto al diferencial de costes, al ser dos alternativas de transporte poco sustitutivas de la demanda, hace que este impacto negativo en el ahorro de costes apenas sea importante, debido al poco tráfico de sustitución que la AV absorbe de esta modalidad por carretera.
- Hay una diferencia considerable en costes, entre los medios de transporte aéreo y de turismos por carretera con respecto al AVE, que unidos al importante tráfico por sustitución que absorbe este, hace que el sector de las compañías de transporte sea mucho más competitivo.

Por tanto, si multiplicamos esos tráficos por sustitución, por los diferenciales de costes de cada alternativa modal y los sumamos, tendremos un beneficio para el 1º año:

Beneficio Total por reducción de costes: 46.881.440 Euros (Año 2.011)

Beneficio por menores costes externos

Esos costes externos, se dan cuando los usuarios no soportan todos los costes derivados de la actividad (como los accidentes, contaminación, saturación, etc.). Esto tiene una especial importancia, ya que las decisiones que se toman dependen en gran medida de los precios de mercado, pero como estos no reflejan determinadas escaseces (aire puro, tráfico fluido, etc.), esas decisiones individuales de consumidores y productores dejan de garantizar la máxima utilidad para el conjunto de la sociedad.

En este capítulo se trata de ver la importancia que tiene el AVE, como modo de transporte más sostenible en la internalización de esos costes externos, y analizar de manera cuantitativa en que magnitud ayuda a reducir esos costes sociales.

A continuación se expondrán los principales costes sociales y su impacto según el medio de transporte del que se trate.

Ahorro de costes por reducción de accidentes:

Los costes externos de los accidentes son aquellos que afectan a terceros, sin estar cubiertos por los seguros o indemnizaciones de los causantes. Aquí se incluyen los daños causados a los vehículos, a las infraestructuras y a la propiedad, costes sanitarios, administrativos, funerales, psicológicos, y el valor asociado a la pérdida de vidas.

Si atendemos al informe INFRAS (2004), podemos observar que la valoración que se hace de los fallecimientos en accidentes en los 17 países europeos (EUR-17), es de 1,5 millones de euros. En cuanto a los heridos graves y leves, se les asigna unos costes de

200.000 y 15.000 euros respectivamente. La valoración no tiene en cuenta el coste psicológico (dolor y sufrimiento de familiares y amigos).

Del coste total de los accidentes, hay que reseñar que el 99,5% corresponde a la carretera, donde a su vez, el 80% corresponde al automóvil y menos de un 1% al autobús.

Si analizamos los costes medios de los accidentes para la zona, en lo que se refiere al transporte de viajeros por carretera, el coste por vehículo más elevado corresponde al automóvil (31 miles €/pasajero por km). Por su parte, el autobús tiene un coste muy inferior (2,4 miles €/p-km). Por último, también se ha determinado el coste externo de los accidentes en el ferrocarril convencional, que es muy inferior a los anteriormente considerados (0,8 miles €/p-km).

Resaltaremos por último, la poca importancia relativa del coste de los accidentes en el resto de modos de transporte, con respecto al transporte privado por carretera, de forma que en los casos del AVE y el avión, no los consideraremos en nuestro estudio, ya que se consideran despreciables esos costes en estas 2 alternativas de transporte.

En el cuadro 12 se muestran los datos publicados por INFRAS, de los diferentes costes externos por accidentes y por medio de transporte:

Cuadro 12. Costes externos de accidentes por modo de transporte, €por viajero/km

COCHE	AVIÓN	AUTOBÚS	TREN
0,0310	0	0,0024	0,0008

Fuente: INFRAS

Si multiplicamos los tráficos sustituidos por estos costes, para cada uno de los medios de transporte considerados, y los sumamos, obtendremos un beneficio total por reducción de accidentes para el primer año de:

Beneficio Total por ahorro de accidentes: 14.951.860 Euros (Año 2.011)

Ahorro de costes por reducción de la congestión:

La congestión es un efecto externo que los usuarios de servicios de transporte se causan entre sí, siendo un fenómeno que se produce principalmente en el transporte en automóviles privados. Esta externalidad se produce cuando el usuario, al tomar la decisión de usar la carretera, solo tiene en cuenta el tiempo que le va a llevar el viaje y el coste monetario de la utilización del vehículo, pero no tiene en cuenta que al circular

con su automóvil, está haciendo el tráfico más denso para todos los usuarios. Por consiguiente, un conductor que entra en una carretera congestionada, impone un coste en términos de tiempo extra al resto de automóviles en la carretera que ese usuario no paga.

Con la puesta en marcha del AVE, se produce una disminución del volumen de tráfico de las carreteras que cubren el trayecto, con el consiguiente ahorro de tiempo de llegada a destino para los vehículos que van por carretera. Este beneficio se puede valorar por el producto de esos ahorros de tiempo de los usuarios de la carretera por el valor del tiempo. Si atendemos a los datos (en euros de 2010) proporcionados por el Ministerio de Fomento, sobre los costes de congestión medios por carretera, tenemos que estos son de 1,532 céntimos de euro por km para turismos, y de 2,298 céntimos de euro por km para autobuses.

Por otro lado, para sacar esos costes por viajero/km, consideraremos para el caso del coche, que el número medio de pasajeros por viaje es de 2 personas. Para el caso del autobús, sabiendo que la capacidad de un autocar estándar es de 40 plazas y que el grado de ocupación medio es del 60%, obtenemos los siguientes costes sociales de cada modo de transporte. Por tanto, solo tendremos en cuenta el beneficio debido a la reducción de la congestión para el transporte por carretera.

Cuadro 13. Costes de congestión por modo de transporte (€por viajero/km)

COCHE	AVIÓN	AUTOBÚS	TREN
0,0077	0	0,0010	0

Fuente: Ministerio de Fomento (2010)

Multiplicando los tráficos de sustitución de esos medios por carretera por estos costes y los sumamos, obtenemos un beneficio por menor congestión para el 1º año de:

Beneficio Total por menor congestión: 3.637.290 Euros (Año 2.011)

Ahorro de costes medioambientales:

Dentro de estos costes, estudiaremos que los principales impactos, que las emisiones de gases y partículas de los motores de los vehículos producen sobre el medioambiente, son el cambio climático y la contaminación atmosférica.

Con respecto al cambio climático, sabemos que las emisiones de gases de efecto invernadero (provenientes principalmente del transporte), son las causantes del mismo. El problema surge en que, según la Comisión Europea, a día de hoy no existe consenso acerca de la valoración de esas emisiones, por lo que sugiere que los valores a utilizar en los sistemas de tarificación, deben basarse en decisiones políticas acerca de cuotas de emisión.

Para la valoración del coste de las emisiones de gases de efecto invernadero, nos fijamos en el estudio INFRAS/IWW (2004), que usa una metodología basada en el coste que supone la reducción de la emisión de estos gases, según una cuota preestablecida en las estrategias políticas contra el cambio climático. De esta forma, los costes medios en EUR-17, veremos que en el transporte de viajeros, la carretera produce unos 0,017 €/p-km, casi el triple de costes que el ferrocarril, y que el coste del transporte aéreo es mucho mayor (0,046 €/p-km).

Para la valoración del coste de las externalidades producidas por la contaminación atmosférica, causada en el sector transporte, el estudio de INFRAS considera los costes asociados a la salud, daño a los edificios y materiales, y pérdidas en las cosechas. De todos ellos, el más importante en cuanto a costes es el primero (81%).

Como podemos observar en cuadro 13, la razón de la diferencia de costes entre los medios por carretera y el ferrocarril radica, por un lado en el hecho de que la mayoría de los trenes que circulan en EUR-17 son eléctricos, y al menor nivel de emisiones del ferrocarril para transportar el mismo número de viajeros.

Por último, vamos a considerar al ruido como otro coste externo ambiental importante, especialmente en áreas urbanas. Para hacernos una idea, si nos fijamos en los posibles riesgos para la salud, se considera que el riesgo de ataque al corazón aumenta un 20% si se vive expuesto a ruidos de entre 65 y 70 decibelios, y un 30% para exposiciones de más de 70. La mayor parte de este coste corresponde al transporte por carretera (casi el 90%). El coste total fue estimado teniendo en cuenta la disposición a pagar por evitar la exposición a un cierto nivel de ruido, la valoración monetaria del sufrimiento y las molestias causadas, y el coste médico del tratamiento a pacientes afectados por patologías relacionadas con este. Todos estos costes se recogen en el cuadro 13, en el que se observa también el coste total ambiental por modo de transporte..

Cuadro 13. Costes ambientales por modo de transporte (€/por viajero/km)

Costes del cambio climático por modo de transporte (€/por viajero/km)			
COCHE	AVIÓN	AUTOBÚS	TREN
0,0176	0,0462	0,0083	0,0062
Costes de la contaminación atmosférica por modo de transporte (€/por viajero/km)			
COCHE	AVIÓN	AUTOBÚS	TREN
0,0127	0,0024	0,0207	0,0069
Costes externos del ruido por modo de transporte (€/por viajero/km)			
COCHE	AVIÓN	AUTOBÚS	TREN
0,0052	0,0018	0,0013	0,0039
Costes medioambientales por modo de transporte (€/por viajero/km)			
COCHE	AVIÓN	AUTOBÚS	TREN
0,0426	0,0605	0,0364	0,0204

Fuente: Elaboración propia a partir de INFRAS (2004)

Multiplicando los tráficos de sustitución en estos medios de transporte por estos costes, y los sumamos, obtenemos un beneficio por menores costes medioambientales para el primer año de:

Beneficio menor coste medioambiental: 33.827.360 Euros (Año 2.011)

Agrupando todas las partidas correspondientes a ahorros de costes externos, es decir, por menores costes de accidentes, congestión y medioambientales, tenemos unos beneficios totales externos para el presente año de:

Beneficio por menores Costes Externos: 52.416.510 Euros (Año 2.011)

6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Parámetros de sensibilidad

Para determinar el beneficio neto final del proyecto es necesario actualizar al año considerado como base, mediante una tasa social real de descuento r , las corrientes de beneficios y costes anuales, de manera que el valor presente de la inversión sea:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^{t-1}} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^{t-1}}$$

Para ellos se tendrán en cuenta dos contextos temporales. Por un lado, el de los últimos años y consecuencia de la entrada de nuestro país en la UE, con tipos de interés reales muy bajos (menores del 3%); y por otro, en un contexto actual donde el rendimiento de las Obligaciones del Estado a 10 años supera ya el 5%. Por tanto para nuestro estudio, consideraremos 2 escenarios con tasas del 2,5% y del 5%.

El periodo de vida para toda la infraestructura será de 40 años, con una tasa de depreciación lineal del 2,22%, correspondiente a un periodo de 45 años. Mientras que la vida útil estimada para el material rodante es de 20 años.

Se supone una tasa de crecimiento medio anual del PIB de un 2,5%. La elasticidad de la demanda de viajes con respecto al crecimiento del PIB es de 1,4 (un 40% más de incremento en la demanda de viajes con respecto a la renta).

El cuadro 14 refleja el beneficio neto social del proyecto de inversión ferroviaria Madrid-Valencia.

Se observa en primer lugar, que el valor actualizado de los beneficios netos sociales, es de -1.547 millones de euros de 2011, y para una tasa de descuento considerada del 2,5%. Esto quiere decir que los costes sociales exceden a sus beneficios en más de 1.500 millones de euros.

Cuadro 15. Beneficio social de la alta velocidad en el corredor Madrid-Valencia. (Caso de transporte de viajeros). Millones de euros de 2011.

	CONCEPTO		VAN Tasa de descuento (2,5%)	VAN Tasa de descuento (5%)
COSTES SOCIALES	1	INFRAESTRUCTURA	3.738	3.738
	2	MANTENIMIENTO INFRAESTRUCTURA	890,37	608,61
	3	MATERIAL RODANTE	896,69	623,88
	4	COSTES DE EXPLOTACIÓN	5.337,50	3.281,31
	5	VALOR RESIDUAL	882,04	861,04
BENEFICIOS SOCIALES	6	INGRESOS POR VIAJES GENERADOS	1.910,40	1.174,45
	7	AHORROS DE TIEMPO	1.810,55	1.113,06
	8	AHORROS COSTES EN OTROS MEDIOS	2.224,76	1.367,70
	9	MENORES COSTES EXTERNOS	2.487,42	1.529,18
VAN DE BENEFICIOS		(6) + (7) + (8) + (9)	8.433,13	5.184,39
VAN DE COSTES		(1) + (2) + (3) + (4) - (5)	9.980,52	7.390,76
VAN TOTAL (millones de €)		VAN BENEFICIOS - VAN COSTES	- 1.547,39	- 2.206,38
TIR (Tasa rendimiento interno)		Rentabilidad del Proyecto (En %)	- 3,25%	- 6,23%

Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología especificada en el texto.

Si tomamos los mismos datos para una tasa de descuento del 5%, el resultado es aún más negativo, superando los 2.000 millones de euros de pérdidas. Esto sería debido a una mayor preferencia por parte de la sociedad, de un beneficio presente, con respecto al mismo percibido un período más tarde, y a que en los primeros estadios de la puesta en marcha de un proyecto de infraestructuras, los gastos son proporcionalmente mayores a los ingresos, hasta que la demanda del servicio alcanza un volumen en el que empieza ya a ser rentable.

Por tanto, en principio y como dato más relevante, diremos que para un nivel de demanda para el primer año de funcionamiento del servicio, de 3.051.000 pasajeros, el

resultado de la evaluación social del tren de alta velocidad Madrid-Valencia, para el caso de considerar solamente el tráfico de viajeros, es de una rentabilidad negativa.

Midiéndolo en términos de la tasa interna de retorno (TIR), nos sale una evaluación del proyecto, donde su rentabilidad interna varía entre un 3,25% a un 6,23% de pérdidas, según sea la tasa de descuento social.

Si nos fijamos en la estructura de esos costes y beneficios, lo primero que podemos comentar en cuanto a los beneficios, es que estos se reparten uniformemente entre sus diferentes epígrafes, de modo que ninguno representa menos del 20% ni más del 30% del total. En cuanto a los costes, hay que destacar que el gasto en infraestructuras tiene un mayor peso cuanto mayor es la tasa de descuento. Por otro lado, podemos observar la enorme relevancia que tienen los costes de explotación en el conjunto de los costes sociales, ya que ellos solos representan la mitad del total, con una tasa de descuento del 2,5%.

Como la principal variable que determina la viabilidad de un proyecto de infraestructuras, es la componente de demanda inicial, que condiciona a su vez la rentabilidad del mismo para todo el periodo considerado, hace que los resultados dependa mucho de las previsiones que se realizan sobre este parámetros y su evolución real posterior. Es por ello que se pueden hacer análisis de sensibilidad en el que se puedan establecer distintas proyecciones de la demanda mínima inicial.

Asimismo, debe citarse que la consideración en nuestro análisis de otros efectos positivos de carácter transitorio, que tienen lugar durante la fase de realización del proyecto y afectan, especialmente, a la producción y al empleo, y la incidencia de una infraestructura de estas características para atraer a los operadores logísticos y las empresas industriales y de servicios pueden mejorar sensiblemente los resultados obtenidos. Además, debe destacarse la importancia de las infraestructuras para el desarrollo económico de una región.

7. Bibliografía:

ADIF (2008): “*Financiación europea de las líneas de alta velocidad*”, Dirección General Económico Financiera y de Control.

Álvarez, O. y J. A. Herce (1993): “Líneas ferroviarias de alta velocidad en España”, *Economía Aplicada*, vol 1, nº 1, Pág: 5-32.

Casares P., Coto Millán P. y Mateo I. (2009): “*La importancia de la AV sobre el desarrollo de las regiones: Análisis Coste Beneficio del AVE Santander-Madrid*”, XXXV Reunión de estudios regionales.

Coto-Millán. P y V. Inglada (2003a): “Innovación en el transporte: el tren de alta velocidad”, *Economía Industrial*, nº 353, pp. 83-88.

Coto-Millán, P y V. Inglada (2003b): "Social Benefits of Investment Projects: the Case for High-Speed Rail". en P. Coto (ed.), *Essays on Microeconomics and Industrial Organization*, Capítulo 22, Springer-Verlag-Heidelberg. Germany.

Coto-Millán, P y V. Inglada (2003c): "Market Failures: the Case for Road Congestion Externalities", en P. Coto (ed.), *Essays on Microeconomics and Industrial Organization*, Capítulo 22, Springer-Verlag-Heidelberg. Germany.

De Rus, G. e Inglada, V. (1993): "Análisis Coste-Beneficio Del Tren De Alta Velocidad En España", *Revista De Economía Aplicada*, 3 (Vol. I), Pp. 27-48.

De Rus, G. e Inglada, V. (1997): "Cost-Benefit Analysis of the High-Speed Train in Spain", *The Annals of Regional Science*, 31, pp. 175-188.

DOGSON, J. (1984): "Railways Costs and Closures", *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. XVIII, 3, pp. 219-235.

CEDEX (2009): "El transporte en España", SISTIA.

Coma Astals F. y Salado F. (2010): "Estudio de los costes totales, incluyendo las externalidades, del AVE: Aplicación al caso Barcelona-Madrid y comparación con otros modos de transporte", Escola Técnica Superior d'Enginyeries.

De Rus G. y Inglada V. (1993): "Análisis Coste-Beneficio del Tren de Alta Velocidad en España", *Revista de Economía Aplicada*, 3 (vol. I)

De Rus G. y Román C. (2006): "Análisis Económico de la línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona", *Revista de Economía Aplicada*, nº 42 (vol. XIV).

INFRAS/IWW (2004): "Costes externos del transporte: Estudio de actualización".

Inglada V. (1994): "Análisis empírico del impacto del AVE sobre la demanda de transporte en el corredor Madrid-Sevilla", *Revista de Estudios de Transportes y Comunicaciones*, nº 62.

MOPT (2007): MOVILIA, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Madrid.

PEIT, MF (2005): "Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes 2005-2020", Ministerio de Fomento, Madrid.