

REFLEXIONES SOBRE LA RENTABILIDAD SOCIAL DEL FERROCARRIL: EL CASO ESPAÑOL

www.ucm.es/info/ecap2/seminario/seminario04.05/inglada.doc

VICENTE INGLADA LÓPEZ DE SABANDO
UNIVERSIDAD CARLOS III

1. INTRODUCCIÓN.

Con el transcurso de los años han ido surgiendo sucesivas mejoras tecnológicas e innovaciones en el transporte que han desempeñado un papel clave en el crecimiento económico y han permitido satisfacer las crecientes demandas de movilidad de los ciudadanos. El factor esencial para el éxito de todas ellas ha sido la importante mejora en las velocidades que ha permitido acceder a lugares más distantes sin aumentar el tiempo de viaje. Todo ello se ha traducido en que el mapa del transporte de viajeros haya cambiado drásticamente con un predominio del automóvil en distancias cortas y medias y del avión en distancias largas.

En este sentido, parece que el ferrocarril, tras haber transcurrido un largo periodo de tiempo desde que en el siglo XIX fuera un factor esencial para la revolución industrial, ha llegado a su fase de saturación, convirtiéndose en un modo marginal de transporte de viajeros y mercancías.

En el transporte de viajeros, para gran parte de los agentes económicos, institucionales y sociales (instituciones, ecologistas, empresas constructoras de obra civil y de material ferroviario, operadores ferroviarios, trabajadores, etc.) el tren de alta velocidad (AVE) se ha convertido en la salvación del ferrocarril, con la esperanza de que el modo ferroviario pueda recuperar una parte del mercado.

El objetivo de este trabajo es comunicar una serie de reflexiones no dogmáticas sobre la viabilidad del AVE en España. En particular, se determina el volumen

de demanda que hace viable económicamente un proyecto de AVE en España. La delimitación de este umbral de rentabilidad social puede servir de herramienta útil de ayuda a la planificación y diseño de la política pública de infraestructuras y servicios de transporte.

La estructura de este trabajo es la siguiente. En el capítulo 2 se describe sucintamente la evolución temporal de la demanda modal de transporte de viajeros y mercancías incidiendo con especial énfasis en descenso acelerado de la participación modal ferroviaria. En el capítulo 3 se define el concepto de innovación y se describen las características del tren de alta velocidad que le diferencian del ferrocarril convencional y le permiten competir con éxito, incluso con modos de transporte más rápidos. En los dos apartados siguientes se analizan, respectivamente, sus ventajas y debilidades, así como las perspectivas futuras del AVE. En el capítulo 6 se define el marco metodológico para evaluar la rentabilidad social de un proyecto que nos permite determinar el umbral de demanda que delimita la rentabilidad del AVE en el caso español. En el capítulo 7 se esbozan diversas alternativas de proyectos que reducen este umbral mínimo de tráfico y finalmente, en el capítulo 8 se extraen una serie de conclusiones.

2. EL DECLIVE DEL FERROCARRIL

Un hecho clave aparece en el estudio de la movilidad: la constancia secular del tiempo medio diario que las personas destinan al transporte. En este sentido, Bleijenberg (2002), después de analizar numerosas encuestas de movilidad, correspondientes a diferentes países y periodos de tiempo, concluye que el tiempo medio diario destinado al transporte está situado en torno a una hora, con unos valores extremos de 0,8 y 1,2 horas. Partiendo de este hecho básico, el factor esencial para explicar la acelerada evolución de la movilidad y los cambios acaecidos en el reparto modal es el crecimiento exponencial de la velocidad que ha permitido acceder a lugares más lejanos sin aumentar nuestro tiempo de desplazamiento.

Con el transcurso de los años se han ido desarrollando paulatinamente nuevos modos de transporte cada vez más rápidos que permiten afrontar los innovadores avances en los procesos productivos y satisfacer las necesidades surgidas por el acceso a nuevos mercados. Así, en los albores del siglo XX surge el automóvil como medio de locomoción que llega a alcanzar rápidamente una velocidad superior al ferrocarril y se hace predominante en el transporte de viajeros a partir de la década de los sesenta. Su rápido crecimiento se apoya en una extensa red de carreteras y en la fabricación de vehículos cada vez más potentes y cómodos. Paralelamente a este crecimiento del transporte por carretera, la cuota modal del avión aumenta muy significativamente de acuerdo con sus elevadas velocidades que permiten afrontar con gran éxito la restricción presupuestaria temporal.

Estas pautas internacionales de crecimiento modal de la movilidad se cumplen también para el caso español. En la tabla siguiente se observa que durante el periodo 1960-2000, el modo de transporte con mayor crecimiento es el aéreo, con una tasa media de crecimiento del 9,60%, seguido de la carretera (7,37%) y finalmente del ferrocarril, con una tasa de crecimiento sensiblemente inferior (2,71%).

Evolución de la demanda modal de transporte en el periodo 1960-2000
(Tasa media anual acumulativa)

Carretera	Ferrocarril	Avión
7,37	2,71	9,60
Fuente: Elaboración propia.		

Asimismo, en la tabla siguiente se muestra para el caso español la evolución del tráfico de mercancías por carretera y ferroviario durante el periodo 1960-2000. Se observa que la demanda del transporte por carretera, con una tasa anual de crecimiento del 6,48%, crece a un ritmo mucho más rápido que el transporte ferroviario (tasa anual del) 1,30%. Todo ello se ha traducido en que el ferrocarril se haya convertido en un modo marginal de transporte de mercancías.

Evolución de la demanda de transporte modal en el transporte de mercancías durante el periodo 1960-2000 (Tasa media anual acumulativa de crecimiento).	
Carretera	Ferrocarril
6,48	1,30
Fuente: Elaboración propia	

3. INNOVACIÓN EN EL TRANSPORTE: EL TREN DE ALTA VELOCIDAD

Cabe señalar que no se ha producido ningún nuevo salto tecnológico en el transporte desde la introducción del avión aunque sí mejoras tecnológicas en los procesos de producción de vehículos, nuevos materiales y, últimamente, la incorporación generalizada en este sector de las tecnologías de información y comunicación. En este sentido, la introducción del tren de alta velocidad representa la respuesta de mejora tecnológica del ferrocarril ante su acelerada conversión en un modo de transporte marginal.

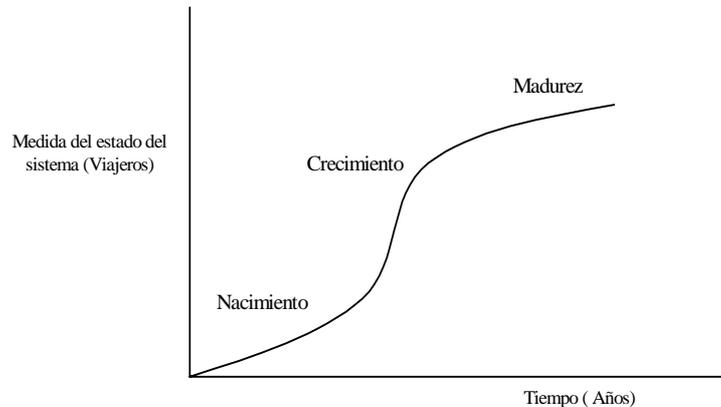
3.1. Ciclo de vida

La evolución de un sistema de transporte –como la de cualquier otro producto– puede analizarse partiendo de la base de que en el ciclo de vida de una tecnología se distinguen tres etapas: nacimiento, crecimiento y madurez o saturación. Después de una primera etapa de desarrollo pausado existe una fase de crecimiento rápido para finalmente llegar a la saturación y correspondiente pérdida de posición en el mercado. Los ferrocarriles han sobrepasado ya esta última etapa estando en plena fase de madurez.

La curva logística se ajusta satisfactoriamente a este patrón de crecimiento. En el gráfico siguiente se representa la evolución del ciclo de vida de una innovación. En el eje de ordenadas se representa la evolución temporal del estado del sistema que se refiere a atributos como los kilómetros de infraestructura, el número de pasajeros o los ingresos generados. La expresión matemática de esta función es:

$$y_t = \frac{k}{1 + \alpha e^{-\beta t}}$$

El valor máximo (o de saturación) de y_i es k . La curva logística es simétrica alrededor de su punto de inflexión, alcanzando su tasa de crecimiento máxima cuando $y_i=k/2$.



Ciclo de vida de una innovación

Para que la tecnología tenga éxito es fundamental que se alcance en la fase inicial una masa crítica. En el caso del tren de alta velocidad los operadores nacionales están desempeñando un papel clave en el desarrollo de esta innovación permitiendo alcanzar la masa crítica requerida. (De Tiliere y Hulten, 2003)

3.2. El tren de alta velocidad

3.2.1. Desarrollo

El principal objetivo del desarrollo de las primeras redes de alta velocidad es la revitalización del sector ferroviario, cuya cuota de mercado se mostraba en pleno declive en la mayoría de los países. El apoyo de los gobiernos al tren de alta velocidad se basa, asimismo, en la creencia de que constituye un factor clave en el estímulo del crecimiento económico.

En este sentido, mientras que en el desarrollo del ferrocarril convencional la iniciativa privada ha desempeñado un papel fundamental, el ferrocarril de alta velocidad es básicamente un producto de la planificación pública. Así ocurre en Japón con la apertura en 1964 de la primera línea de alta velocidad entre la

capital y Osaka en las vísperas de los juegos Olímpicos. También el TGV francés comienza a funcionar en 1981 gracias al apoyo de la agencia ferroviaria pública SNCF después de un periodo muy dilatado de planificación.

La extensión posterior de la alta velocidad se realiza tanto en Japón como en Europa aprovechando parte de la red ferroviaria convencional. De esta manera se supera el obstáculo que representa el elevado coste de las líneas puras de alta velocidad. Paralelamente se introducen sucesivos avances tecnológicos que permiten mejorar su rendimiento y los parámetros de calidad de la oferta a los usuarios.

3.2.2. Tipología

De acuerdo a su grado de innovación respecto a la tecnología convencional, cabe distinguir dos tipos de tren de alta velocidad. En un primer grupo se incluye al Maglev que supone una ruptura tecnológica radical respecto al ferrocarril convencional. Los sistemas Maglev nunca han llegado a ser operativos comercialmente en gran escala a pesar de sus óptimos resultados en términos de velocidad. Las diferentes investigaciones realizadas revelan que las causas fundamentales de su pobre éxito comercial son: sus elevados costes, los estándares exigidos y la incompatibilidad con las infraestructuras existentes que no permiten aprovechar las economías de escala y obtener el suficiente tamaño de mercado que haga viable esta tecnología.

La otra alternativa de alta velocidad, que supone una mera mejora tecnológica sobre el ferrocarril convencional, ha tenido un gran desarrollo en Europa y en Japón aunque no ha sucedido así en Estados Unidos. Los operadores ferroviarios nacionales han sido los actores principales en el desarrollo de estas tecnologías. Se inicia en Japón con el Shinkansen que se desarrolla bajo la dirección y supervisión del operador JNR. Posteriormente, se introduce en muchos países europeos. En Francia es el fruto de la colaboración entre el operador SNCF y de ALSTOM y otras empresas de ingeniería francesas. En Alemania el operador DB involucró a Siemens, Thyssen, y otras empresas de ingeniería en el desarrollo del ferrocarril de alta velocidad ICE.

El indudable éxito de todas estas tecnologías se debe fundamentalmente a que en los procesos de innovación se involucraron desde el principio el operador ferroviario nacional y la industria ferroviaria. El operador supervisa el desarrollo del ciclo del producto y presiona a las instituciones políticas para que se apoye la difusión de esta tecnología. Este modelo de innovación permite, asimismo, alcanzar la masa crítica necesaria para la adopción satisfactoria de la nueva tecnología en el mercado nacional (De Tilière y Hulten, 2003).

3.2.3. Características básicas

En esencia la alta velocidad ferroviaria (AVE) se caracteriza por una nueva infraestructura que permite, utilizando el material móvil y equipo (comunicación, señalización, etc) adecuado, la obtención de elevadas velocidades comerciales. Asimismo, su forma de gestión es normalmente diferente a la tradicional del tren convencional (Plassard, 1992). Coincidiendo con estos planteamientos, Bonnafous (1987) sostiene que el TGV francés tiene más parecido con un avión que con un tren convencional, si se consideran diversos factores como la longitud del recorrido, la capacidad y la velocidad. Asimismo, concluye que sus efectos vertebradores inciden esencialmente sobre los núcleos urbanos de mayor tamaño poblacional, de forma similar al transporte aéreo.

Cabe distinguir dentro de la denominada alta velocidad a tres subproductos claramente diferenciados que en el caso español denominamos: Lanzaderas, Largo Recorrido y Ancho variable (Coto e Inglada, 2003a).

Los factores discriminantes primordiales entre Lanzaderas y Largo Recorrido son el tipo de demanda atendida y el precio, mientras que el segmento restante se distingue, esencialmente, por tener que emplear diferente material móvil, debido a la necesidad de utilizar infraestructura con anchos de vía diferentes. Este hecho, junto a la necesaria operación de cambio de ancho en el intercambiador, hace que su velocidad media, y por lo tanto, la reducción del coste generalizado sea menor que en los otros segmentos de oferta de Alta Velocidad.

Un análisis con más profundidad nos hace ver que el segmento de Lanzaderas, con tarifas bajas y donde predomina el uso de billetes con descuento, ha generado una demanda formada esencialmente por viajes de tipo recurrente, con la ida y la vuelta efectuadas el mismo día. Este hecho es consecuencia del descenso del coste generalizado del transporte -esencialmente de tiempo y precio-, que a su vez produce una reducción en el precio de un bien complementario como es la vivienda.

Cabe concluir, en definitiva, que el AVE cubre todo el espectro de productos ferroviarios de transporte de viajeros, desde el “puro” de alta velocidad hasta cercanías.

4. FORTALEZAS Y DEBILIDADES

4.1. Ventajas

Es evidente el éxito comercial del AVE en el corredor Madrid -Sevilla como lo demuestran sus altos factores de ocupación y la elevada tasa de crecimiento de la demanda. El nivel de satisfacción con el servicio que ofrece es prácticamente total, alcanzando al 96% de sus usuarios (Coto e Inglada, 2003a).

En relación con las ventajas que el AVE ofrece, el análisis realizado en Coto e Inglada (2003) sobre las diferentes componentes de su coste generalizado nos muestra que el tren de alta velocidad ofrece importantes ventajas comparativas respecto a los demás modos de transporte. Así, en primer lugar, cabe destacar que en aquellos trayectos realizados en su totalidad en la nueva infraestructura, el tiempo del AVE es menos de la mitad del correspondiente a los demás modos de transporte, excepto el avión (Coto e Inglada, 2003)a.

Dependiendo del modo de transporte con el que comparamos, varía el apartado en el que el tren de alta velocidad ofrece ventajas. Por ejemplo, respecto al avión, el nuevo producto ofrece grandes ventajas en los conceptos

de desplazamiento de acceso al servicio ya que sus estaciones están situadas en el centro de la ciudad, así como en el apartado de puntualidad. También respecto al tren convencional, su ventaja comparativa radica en la mayor puntualidad.

En síntesis, cabe señalar que los motivos principales para elegir el AVE son, por orden de importancia, la rapidez, comodidad, precio, novedad y seguridad. Un primer resultado, ciertamente relevante, es que el peso de la componente que hemos denominado comodidad es prácticamente tan importante (29%) como el tiempo (30%), siendo superior incluso a la influencia de la componente precio (11%). Este resultado es especialmente significativo dentro del colectivo de viajeros procedentes del avión, donde el peso de la componente comodidad (31%) es muy superior al precio (19%), igualándose incluso a la suma de las componentes "tradicionales" del coste generalizado: precio y tiempo.

Por lo tanto, el éxito de este producto se basa no solamente en su elevada velocidad sino también en otros factores que le permiten competir con otros modos de transporte más rápidos como es el avión.

Debido a la elevada magnitud del efecto sustitución, como se muestra en Inglada (1994), la introducción del AVE produce efectos muy significativos sobre la demanda de los demás modos de transporte que compiten con él. Por ejemplo, en el corredor Madrid-Sevilla produce la práctica desaparición del tren convencional en el corredor. En el transporte aéreo, el AVE ha supuesto un importante descenso de la demanda en el trayecto Madrid-Sevilla, próximo al 50%. En el caso del coche las pérdidas son menores que en los casos anteriores, aproximándose al 30%. Finalmente, para el caso del autobús, no parece existir un fuerte impacto en los trayectos de largo recorrido (11% de pérdidas), ya que ambos productos son escasamente sustitutivos.

También desde la perspectiva de los costes externos del transporte—contaminación, cambio climático, accidentes, etc.—, el AVE ofrece ventajas sobre otros modos de transporte, particularmente la carretera y el transporte aéreo. Sin embargo, no debe olvidarse que los nuevos viajes generados por la

introducción de este modo de transporte, junto a su formidable contribución al crecimiento económico, pueden también originar un incremento del coste social.

En este sentido, cabe recordar que la introducción del tren de alta velocidad produce en la demanda de transporte dos efectos claramente diferenciados: inducción y sustitución, que corresponden respectivamente a los viajes que no se habrían realizado si no existiera este nuevo servicio y a los que se habrían desarrollado en otro modo de transporte. Los resultados obtenidos en los estudios realizados nos muestran la importancia de este efecto inducción que de acuerdo con dichos trabajos representaría cerca del 45% de los viajes en el tren de alta velocidad en el corredor Madrid-Sevilla (Inglada, 1994). Este resultado está en consonancia al obtenido por Nash (1991) para el caso francés del París-Lyon.

4.2. Debilidades

Junto a este numeroso conjunto de ventajas el AVE presenta varios signos de debilidad:

A) En primer lugar, una importante limitación del AVE es que, al igual que el ferrocarril convencional, su grado de cobertura es limitado. Particularmente, si se le compara con el transporte en automóvil que es un modo casi universal. El AVE necesita el apoyo de otros modos de transporte para poder cohesionar el territorio. Este hecho es particularmente relevante en países como es el caso español caracterizados por su baja densidad demográfica. No tiene la ventaja que ofrece el automóvil de poder realizar el viaje sin cambiar de modo de transporte ni la velocidad del avión que es decisiva para los viajes de largo recorrido.

B) Pero su principal desventaja respecto a otros modos de transporte radica en el elevado coste de la construcción y mantenimiento de su infraestructura que es prácticamente el doble del correspondiente a una autopista, por ejemplo. Se

trata, aunque en ocasiones se olvida, de un coste que soporta toda la sociedad española, usuaria o no del AVE.

En este sentido, al comparar con otros modos, la rentabilidad de la alta velocidad ferroviaria es mucho más dependiente de la densidad de tráfico del corredor ya que la oferta de unidades adicionales de servicio ferroviario incorpora un coste adicional mucho más pequeño debido a un intenso efecto de las economías de escala.

C) También el hecho de transportar únicamente viajeros es un factor que merma su rentabilidad ya que no permite aprovechar las economías conjuntas de transportar viajeros y mercancías como sucede en la carretera o incluso en el ferrocarril convencional. En Alemania existen algunas líneas de alta velocidad de tráfico mixto pero tienen el inconveniente de ser más exigentes en sus parámetros constructivos y con un mayor coste que las dedicadas únicamente a viajeros.

Adicionalmente, el hecho de transportar únicamente viajeros incrementa las pérdidas, ya de por sí cuantiosas, del ferrocarril convencional que debe seguir en servicio, al menos, para el transporte de mercancías.

Un problema adicional en el caso español es la existencia de un ancho diferente que el de nuestros vecinos franceses. Este hecho es particularmente importante para la eficiencia de nuestras conexiones internacionales y significa un coste adicional.

5. PERSPECTIVAS FUTURAS

Independientemente de sus debilidades, no cabe duda que las perspectivas del tren de alta velocidad en Europa, y muy particularmente en España, son ciertamente optimistas.

Dentro del amplio abanico de proyectos de inversión en transporte, el interés por el tren de alta velocidad (AVE) ha crecido en Europa durante las últimas

décadas de forma exponencial. En España, desde su inauguración en Abril de 1992, el AVE Madrid-Sevilla ha tenido un gran éxito comercial, con un grado de aceptación muy alto por parte de los viajeros. Los ciudadanos valoran sus indudables ventajas en numerosos aspectos: rapidez, comodidad, puntualidad, etc. Ello se traduce en un grado de ocupación elevado y en la obtención de resultados de explotación positivos para la compañía operadora aunque cabe recordar que en estos resultados no se consideran los costes de mantenimiento y amortización de la infraestructura. El alto número de viajes generados por este nuevo producto y su elevado grado de absorción de la demanda de los demás modos de transporte, especialmente del transporte aéreo, han contribuido para que el AVE sea el modo predominante en este trayecto, lo que constituye sin duda un hito histórico para el transporte ferroviario.

Paralelamente a su éxito comercial, en el diseño de la política europea de transporte y en los planes de infraestructuras nacionales se le atribuye un papel protagonista. Aunque probablemente los proyectos más rentables ya han sido desarrollados, el aprovechamiento de los efectos red es la clave que justifica la rápida expansión de la red europea de infraestructuras ferroviarias de alta velocidad.

En el Libro Blanco de la Comisión europea (COM, 2001), que define las líneas maestras de la política europea de transporte para esta década, se asigna un papel preferente al tren de alta velocidad en el transporte de viajeros y se propugna la apertura de un proceso de liberalización que mejore la competencia en el transporte ferroviario y que abra el camino hacia un auténtico mercado interior europeo que integre a los nuevos países miembros. Todo ello bajo el objetivo básico de la cohesión económica y social.

En esta línea, se han aprobado varios paquetes de medidas que han de contribuir a resolver los importantes problemas existentes, especialmente en relación con los diferentes obstáculos técnicos a los intercambios y a la interoperabilidad de los trenes. Asimismo, desde que en 1985 se inicia el

diseño de las Redes Transeuropeas de transporte, se considera con carácter prioritario a los proyectos ferroviarios de alta velocidad.

Esta política de preferencia en la inversión de infraestructuras ferroviarias es la elección adoptada en el actual Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT) para el territorio español, donde el volumen de inversiones destinadas a la infraestructura ferroviaria supera al destinado a inversiones en carreteras.

6. RENTABILIDAD “SOCIO-ECONÓMICA”

Pero estos indudables beneficiosos efectos económicos y sociales no nos deben hacer olvidar los importantes costes que tiene que soportar la sociedad para poder financiar los proyectos de infraestructuras. Particularmente relevante es, como se ha mencionado anteriormente, el volumen de recursos que absorbe el AVE, relacionado con su elevado coste de implantación (infraestructura y material móvil) que deben considerarse para evaluar, desde una perspectiva económica, la variación del beneficio social neto producida por la adopción de esta política de inversión ferroviaria.

Es necesario, en definitiva, desde la óptica de toda la sociedad, no sólo desde los agentes o personas directamente involucrados, comparar los costes y beneficios anejos a cualquier proyecto de inversión, como es el caso del AVE. En este sentido, las herramientas metodológicas que la economía del bienestar nos proporciona, como es el caso del análisis coste beneficio, son especialmente útiles para la evaluación de la variación del beneficio social neto producido por la realización de un proyecto de inversión, delimitando los proyectos que la sociedad aprueba su realización.

6.1. Metodología empleada

La metodología empleada para la valoración del beneficio social en el análisis coste-beneficio del proyecto tipo de AVE que utilizamos en este trabajo 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 AVE Madrid-Sevilla y en Coto e Inglada (2003c) para el caso del AVE Madrid-Barcelona-Frontera francesa.

Este marco se ha ampliado con la metodología empleada para la valoración de las externalidades en el transporte que se detalla en Coto e Inglada (2003b). La cuantificación de los costes externos de los diferentes modos de transporte de viajeros- AVE, coche, ferrocarril convencional, avión y autocar- es necesaria para determinar el balance de los beneficios sociales anejos a la introducción del AVE.

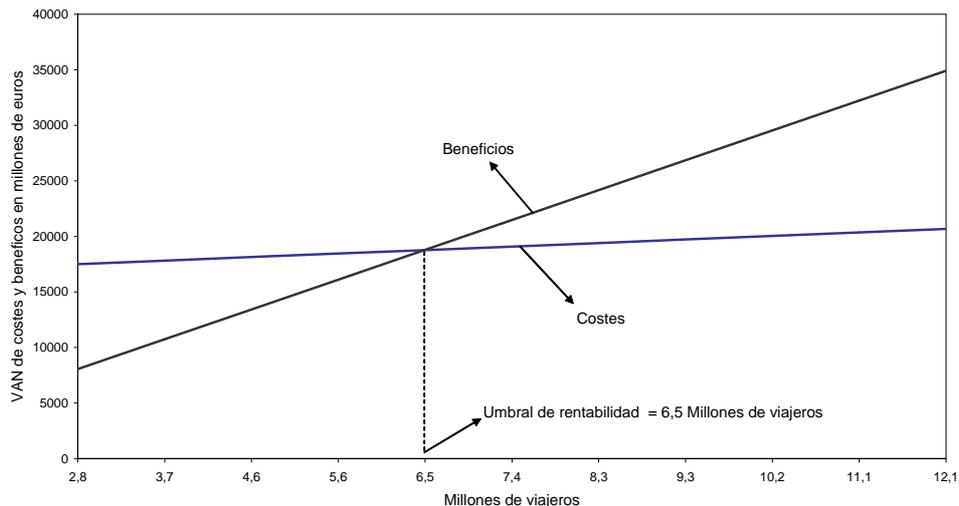
Los efectos externos considerados son: mantenimiento de la infraestructura (para ferrocarril convencional y carretera); congestión (para carretera), accidentes (para ferrocarril convencional y carretera) y ambientales (ruido, contaminación y cambio climático para todos los modos de transporte).

6.2. Nivel mínimo de demanda para la rentabilidad social: El caso español

Entre los numerosos factores que modulan la rentabilidad social del AVE, el volumen de demanda se muestra como el más relevante (Coto e Inglada, 2002), delimitando la viabilidad económica de cada proyecto.

Adquiere un carácter sumamente relevante, por tanto, determinar el volumen de demanda que hace viable económicamente un proyecto tipo de AVE en España. La delimitación de este umbral de rentabilidad social puede servir de herramienta útil en la planificación y diseño de la política pública de infraestructuras y servicios de transporte.

Evolución de los costes y beneficios con la demanda.
(Hipótesis: tasa de descuento 4%; Tasa de crecimiento 3% y duración 40 años)



En el gráfico adjunto se representan los valores de las magnitudes de los costes y beneficios de un proyecto tipo actualizados al año base con una tasa de descuento del 4%, suponiendo una duración de 40 años y con unas tasas de crecimiento del PIB español del 3%. Se observa que las magnitudes de los costes y beneficios sociales del AVE son sensibles a los niveles de demanda del corredor.

Asimismo, se comprueba que la pendiente de la curva de beneficios es sensiblemente mayor que la de la curva de costes. La causa de esta débil sensibilidad de los costes a los niveles de demanda radica en el importante peso de los costes fijos y particularmente de infraestructura (Thompson, 1994).

En este sentido, al comparar con otros modos de transporte, la rentabilidad de la alta velocidad ferroviaria es mucho más dependiente de la densidad de tráfico del corredor ya que la oferta de unidades adicionales de servicio ferroviario incorpora un coste adicional mucho más pequeño debido a un intenso efecto de las economías de escala.

La disparidad entre las magnitudes de los costes fijos y variables es mayor en el tren de alta velocidad que en el transporte por carretera y más aún que en el transporte aéreo. Los costes fijos de esta nueva tecnología pueden llegar a ser dos o incluso tres veces superiores a los de la carretera. Además estos costes tienen lugar en los primeros años de desarrollo del proyecto, incluso con carácter previo a su puesta en servicio.

En el gráfico anterior se puede comprobar que la magnitud de la demanda correspondiente al punto de corte de ambas curvas, que representa el nivel mínimo de tráfico que hace rentable socialmente este proyecto tipo es 6,5 millones de viajeros equivalentes¹.

Cabe destacar que este valor de la demanda es difícil de alcanzar en un territorio como el español caracterizado por bajas densidades demográficas y de niveles de movilidad.

Se han realizado diversas simulaciones para comprobar la sensibilidad del umbral de demanda que hace rentable socialmente el AVE. Se han considerado diferentes tasas de descuento (4 y 6%) y de crecimiento económico del PIB español (2,5%; 3% y 3,5%). Los valores obtenidos varían entre 6,1 y 8 millones de viajeros. La introducción de mayores valores del tiempo y de la vida humana y la duración de vida de 60 años reducen ligeramente la magnitud citada.

7. ALTERNATIVAS DE RENTABILIDAD

7.1. Aprovechamiento de la infraestructura convencional

Para el territorio español, en el caso de no alcanzar el umbral de demanda de rentabilidad en el corredor analizado, la primera alternativa a considerar para rentabilizar el proyecto consistiría en la reducción de los costes, particularmente de los correspondientes a la infraestructura, desplazando verticalmente hacia abajo la curva de costes. Un ejemplo de ello consiste en la utilización de una parte de la infraestructura ferroviaria existente en los corredores de menor nivel de demanda potencial, con la consiguiente reducción de los costes de infraestructura y también de otros capítulos de coste como los ambientales, aún a costa de que los beneficios producidos por los

¹ Se define Viajero equivalente como el cociente entre los viajeros-kilómetros totales y la longitud de la infraestructura del AVE

ahorros de tiempo sean algo menores. Este es el planteamiento adoptado en la extensión posterior de la alta velocidad tanto en Japón como en Europa aprovechando parte de la red ferroviaria convencional. De esta manera se supera el obstáculo que representa el elevado coste de las líneas puras de alta velocidad.

En definitiva, en corredores que no son troncales o no poseen las condiciones adecuadas de población y/o renta podría plantearse la introducción de otras alternativas menos costosas tanto en sus efectos de infraestructura y material móvil. Un ejercicio interesante lo constituye la valoración de estos costes en función de estos beneficios.

7.2. Efectos red

Asimismo, el desarrollo de una red de altas prestaciones en estos corredores, aprovechando la infraestructura existente, permitiría generar nuevos beneficios -efectos red- en la red de alta velocidad en servicio. Teniendo en cuenta el beneficio asociado a estos efectos red, cuya magnitud crece paralelamente a la extensión de la red de alta velocidad, este umbral de demanda obtenido de 6,5 millones de pasajeros podría reducirse sensiblemente en los proyectos posteriores, dependiendo de la madurez de la red.

La existencia de estos efectos red se ha comprobado empíricamente en Coto e Inglada (2003c) al analizar la rentabilidad social del tren de alta velocidad Madrid-Barcelona-Frontera francesa. El análisis de sensibilidad realizado nos muestra la elevada dependencia que la rentabilidad del proyecto tiene de la extensión de la alta velocidad en Francia hasta la frontera.

7.3. Utilización para tráfico mixto

Finalmente, otra alternativa consiste en el desplazamiento vertical de la curva de beneficios hacia arriba, disminuyendo el umbral mínimo de demanda que rentabiliza el proyecto. Un ejemplo de esta alternativa consiste en la utilización del AVE para el transporte de mercancías, que generaría un aumento de

diversos capítulos de los beneficios: ahorros de tiempo, reducción de costes de mantenimiento de la infraestructura viaria y ferroviaria convencional, etc.

8. CONCLUSIONES

El tren de alta velocidad constituye la última innovación en el transporte y representa la rehabilitación del ferrocarril ante la situación de declive en que está inmerso. Para la consecución de su éxito comercial, los diferentes gobiernos y operadores ferroviarios públicos nacionales han desempeñado un papel decisivo.

Tradicionalmente las innovaciones en el transporte se han basado en la obtención de una mayor velocidad que reduce el tiempo de los usuarios y permite viajar a mayores distancias. Sin embargo, en el caso del tren de alta velocidad, junto a la evidente mejora de la velocidad, existen otras características -comodidad, seguridad, puntualidad, etc-, que contribuyen a aumentar la utilidad del viaje para los individuos y le permiten competir con otros modos más rápidos. Por el contrario, tecnologías alternativas como es el caso del Maglev, que supone una verdadera ruptura tecnológica, aún alcanzando una mayor velocidad no han podido conseguir el éxito comercial.

Las perspectivas del tren de alta velocidad en Europa son ciertamente optimistas ya que se le atribuye un papel protagonista en el diseño de la política europea de transporte y en los planes de infraestructuras nacionales. Así ocurre en el caso español donde la cuantía de las inversiones previstas en los proyectos ferroviarios para la década actual supera incluso a la asignada a la red de carreteras.

Al evaluar cualquier proyecto español del AVE se observa la existencia de numerosos factores que influyen en mayor o menor grado en la rentabilidad de un proyecto. Entre estos factores cabe citar a la demanda como el más relevante ya que este nuevo modo de transporte se caracteriza por su elevada velocidad, mayor del doble de la del ferrocarril convencional, pero también por un alto coste de su infraestructura que por su carácter de coste fijo,

prácticamente independiente del número de viajeros, necesita soportar altos volúmenes de demanda para alcanzar un nivel aceptable de rentabilidad.

Asimismo, la rentabilidad del AVE es sensible a otros parámetros: tasa social de descuento, tasa de crecimiento económico, duración del proyecto, valor de la vida humana, etc. Las diversas simulaciones realizadas para unos valores previsibles del 4% para la tasa social real de descuento, tasa de crecimiento del PIB del 3% y 40 años de duración del proyecto nos permiten comprobar que la magnitud del volumen de tráfico que nos marca el umbral de rentabilidad social del proyecto se sitúa en 6,5 millones de viajeros equivalentes.

En caso de no alcanzar este umbral de demanda en el corredor analizado, se hace necesario considerar proyectos alternativos que lleven asociados niveles menores de costes, particularmente de los correspondientes a la infraestructura, desplazándose verticalmente hacia abajo la curva de costes y disminuyendo el nivel mínimo de demanda de rentabilidad del AVE. Un ejemplo de ello consiste en la utilización de una parte de la infraestructura ferroviaria existente en los corredores de menor nivel de demanda potencial, con la consiguiente reducción de los costes de infraestructura y también de otros capítulos de coste como los ambientales, aún a costa de que los beneficios producidos por los ahorros de tiempo sean menores.

Asimismo, el desarrollo de una red de altas prestaciones en estos corredores, aprovechando la infraestructura existente, permitiría generar nuevos beneficios -efectos red- en la red de alta velocidad en servicio. Teniendo en cuenta el beneficio asociado a estos efectos red, cuya magnitud crece paralelamente a la extensión de la red de alta velocidad, este umbral de demanda obtenido de 6,5 millones de pasajeros podría reducirse sensiblemente en los proyectos posteriores.

Otra alternativa consiste en la utilización del AVE para el transporte de mercancías que generaría un aumento de diversos capítulos de los beneficios, desplazando verticalmente la curva de beneficios hacia arriba y disminuyendo el umbral mínimo de demanda que rentabiliza el proyecto.

En términos metodológicos, y con las salvedades que pudieran derivarse de este caso particular, este análisis aporta un método que puede servir de ayuda a la evaluación de impactos para las inversiones futuras en el tren de alta velocidad desde el punto de vista de la eficiencia en el empleo de los recursos públicos destinados a los proyectos de inversión en infraestructuras