

## ANÁLISIS COSTE BENEFICIO

# El efecto perverso de la predeterminación de la tarifa en el análisis coste beneficio de las nuevas infraestructuras de alta velocidad

*Alberto García Álvarez<sup>1</sup>  
Ignacio González Franco  
Álvaro Rubio García*

## RESUMEN

La tarifa aplicada a los viajeros tiene una influencia muy importante en el resultado económico-social y en el financiero de una línea de alta velocidad. De hecho, es la segunda variable con mayor incidencia en el resultado, después de la cuantía de la propia inversión. En este artículo se analizan los efectos en la demanda, en los ingresos y en los resultados de los cambios en la tarifa. Se concluye que la rentabilidad económico-social prácticamente siempre crece al disminuir la tarifa, mientras que la rentabilidad financiera alcanza un máximo con un determinado valor de la tarifa, por encima y por debajo del cual se alcanzan valores menores. En el caso ejemplo, dos tarifas que distan entre sí un 24% conducen al mismo resultado financiero, mientras que el resultado económico-social conseguido con la más baja de las dos casi duplica al de más alta.

Como consecuencia, se formula una reflexión sobre el carácter de los datos que se introducen en los análisis coste-beneficio. Se señala que hay algunas variables potencialmente gestionables por el planificador que no deberían aplicarse un carácter predeterminado, sino que deben ser objeto de optimización. A la tarifa no debe dársele un tratamiento estocástico, ya que puede no ser fruto del azar. Debe buscarse la tarifa que optimiza el resultado perseguido (normalmente la maximización del beneficio económico-social sujeto a una cierta restricción en el resultado financiero) y con ello se mejoraría sin duda el balance para la sociedad.

## PALABRAS CLAVE

Análisis de coste beneficio, alta velocidad, precios, tarifas, elasticidad, regulación de precios.

---

<sup>1</sup> albertogarcia@ffe.es, Grupo de estudios e investigación de Economía y explotación del transporte, Fundación de los Ferrocarriles Españoles.

## The unwanted effect of the predetermination of the fare on the cost-benefit analysis of the new high-speed infrastructures

Alberto García Álvarez, Ignacio González Franco, Álvaro Rubio García

### ABSTRACT

The fare applied to passengers has a very important influence on the economic-social and financial result of the construction of a high-speed line. In fact, it is the second most influential variable on the result following the quantity of the investment itself. This paper analyses the effects on the demand, revenue and results of fare changes. It is concluded that economic-social profitability almost always increases when fare is reduced, while financial profitability reaches a maximum with a determined fare value, over and under which lower values are reached. In the example case, two fares which are far from one another by 24% lead to the same financial result, while the economic-social result achieved with the lowest of the two almost doubles that of the highest.

As a consequence, there is a reflection on the nature of the data being introduced in the cost-benefit analyses. The paper goes on to highlight that there are some variables potentially manageable by the planner to which a determined nature should not be applied, but rather they should be object of optimization. Fare should not be given a stochastic treatment, since it cannot be a matter of chance. We have to find the fare that optimizes the desired result (usually the maximization of the economic-social benefit subject to a certain restriction on the financial result), and with that we would undoubtedly improve the balance for the society.

### KEY WORDS

Cost-benefit analysis, high speed, prices, fares, elasticity, price regulation.

## O efeito perverso da predeterminação da tarifa na análise de custo-benefício de novas infraestruturas de alta velocidade

Alberto García Álvarez, Ignacio González Franco, Álvaro Rubio García

### RESUMO

A tarifa aplicada aos passageiros tem uma influência muito importante no resultado socio-económico e financeiro de uma linha de alta velocidade. De facto, é a segunda variável com maior incidência no resultado, depois do valor do próprio investimento. Neste artigo, analisam-se os efeitos na procura, na receita e nos resultados devido a variações da tarifa. Conclui-se que a rentabilidade socio-económica aumenta praticamente sempre que se diminui a tarifa, enquanto a rentabilidade financeira atinge um máximo para um determinado valor da tarifa, acima e abaixo do qual se obtêm valores menores. No caso exemplificado, duas tarifas que diferem 24% entre si conduzem ao mesmo resultado financeiro, enquanto o resultado socio-económico obtido com a tarifa mais baixa quase duplica o da mais alta.

Como consequência, é realizada uma reflexão sobre o carácter dos dados que se introduzem nas análises custo-benefício. Destaca-se que existem algumas variáveis potencialmente geríveis em fase de planeamento às quais não deveria ser atribuído um carácter predeterminado, mas que deveriam ser objecto de optimização. A tarifa não deve ser objecto de um tratamento estocástico, na medida em que não deve ser deixada ao acaso. Deve procurar obter-se a tarifa que optimiza o resultado pretendido (normalmente, a maximização do benefício socio-económico sujeito a uma determinada restrição no resultado financeiro) e dessa forma seguramente melhorar o balanço para a sociedade.

### PALAVRAS CHAVE

Análise Custo-benefício; alta velocidade; preços; tarifas; elasticidade; regulação de preços.

*Alberto García Álvarez, Ignacio González Franco y Álvaro Rubio García*

*El efecto perverso de la predeterminación de la tarifa en el análisis coste beneficio de las nuevas infraestructuras de alta velocidad*

---

## **Rasgos generales del análisis coste beneficio y tipo de datos que se emplean**

La decisión de construir o de no construir una nueva línea de alta velocidad u otra infraestructura para el transporte, o escoger una entre varias infraestructuras alternativas suele apoyarse en el denominado “análisis coste-beneficio” (ACB), que sigue una metodología muy estandarizada.

En esencia, se compara la situación “con proyecto” con la situación “sin proyecto”, y se analiza la diferencia entre ambos casos. Normalmente, se calcula la llamada “rentabilidad financiera” (basada en los flujos económicos diferenciales actualizados con un tasa de descuento); y también la “rentabilidad económico social”, en la que se tienen en cuenta las ventajas sociales (reducción de tiempo, de accidentes, de emisiones, de consumo energético, excedente del consumidor básicamente de los viajeros inducido por la nueva infra, etc.) convenientemente monetizadas.

El análisis se realiza para el conjunto del sistema, es decir, sin distinguir entre los resultados del constructor de la infraestructura, de su administrador y de los operadores de servicios de transporte que operan sobre la nueva infraestructura.

Normalmente la decisión de construir una u otra infraestructura (si hay varias alternativas) se toma comparando el resultado económico social, escogiendo la que ofrece un mejor valor actual neto socioeconómico o la que alcanza una determinada tasa interna de rentabilidad socioeconómica. Si no se trata de un análisis comparativo, sino que el objeto es decidir la construcción (o la no construcción) de una nueva infraestructura, por ejemplo una línea de alta velocidad, normalmente se decide la construcción si el VAN o la TIR socioeconómicos alcanzan un determinado valor.

No es, sin embargo, el único criterio: en muchas ocasiones, y más en entornos de restricciones presupuestarias, es frecuente considerar también un máximo en la cuantía de la inversión o limitar el resultado financiero negativo a un valor determinado.

Con mucha frecuencia (en la mayor parte de los casos) la rentabilidad financiera resulta negativa, y sin embargo la infraestructura se construye porque tiene una rentabilidad económico-social positiva. Y ello ocurre no solo en el caso de las líneas de alta velocidad, sino también en otro tipo de infraestructuras de transporte en las que la rentabilidad financiera es negativa. Es, por ejemplo, el caso de las autovías, que en el modelo español están libres de peaje y por ello no generan ningún ingreso para compensar los costes de su construcción y de mantenimiento. Tienen por tanto una rentabilidad financiera negativa. Pese a ello, las administraciones deciden soportar el coste de construcción y de mantenimiento de estas vías porque se les supone una rentabilidad económico-social positiva.

Debe advertirse que en el caso -frecuente- de que una infraestructura se construya pese a tener una rentabilidad financiera negativa (siendo positiva la rentabilidad económico social) no puede esperarse que la financiación de la infraestructura se realice por endeudamiento del constructor o del administrador de la infraestructura que luego repercute el coste total a los usuarios; y menos aún con la intervención de un privado que construye la infraestructura y luego la explota a cambio de un canon

o peaje: en estos casos sólo es viable y sostenible la infraestructura si una parte o la totalidad de la infraestructura es financiada por administraciones públicas.

No se trata aquí de entrar en el detalle de la metodología del cálculo de ambas rentabilidades, ni en las similitudes o diferencias entre los diferentes modelos que se aplican en los ACB, sino de formular una reflexión sobre la naturaleza de los datos que se introducen en el modelo y cómo pueden tratarse para mejorar los resultados.

Los datos que se introducen en el modelo se pueden agrupar en diversos conceptos:

- Datos relacionados con la infraestructura: Inversión; velocidades máximas (que influyen en la demanda); costes de mantenimiento y operación.
- Modelo de explotación: patrón de servicios (tipos de producto, orígenes y destinos, frecuencias básicas y paradas)
- Datos relacionados con la oferta: Precio, frecuencia y tiempo de viaje.
- Datos relacionados con la competencia: Dotación de infraestructuras y oferta de otros modos de transporte en competencia con la línea nueva (incluidas las líneas ferroviarias convencionales).
- Datos relacionados con la economía: evolución del PIB, de la población, del nivel de empleo, etc.
- Costes unitarios de la operación.

Con estos datos de entrada se pueden calcular:

- La demanda en cada ruta (función del tiempo de viaje, de la frecuencia y del precio). También influyen en la demanda los servicios ofertados por otros modos de transporte en competencia; y la evolución de la demanda en el tiempo está influida por las variables socioeconómicas (PIB, actividad, empleo, etc.)
- La demanda y el precio unitario (tarifa media) determinan los ingresos financieros.
- Los costes de la infraestructura (construcción y explotación).
- Los costes de la operación de los servicios, que dependen tanto de los costes unitarios como de las frecuencias ofertadas, de la capacidad de cada tren y de la velocidad media. También se incluyen las amortizaciones del material rodante.
- Los ingresos y costes adicionales para el balance socioeconómico se calculan a partir de las transferencias de demanda entre modos de transporte, de la demanda de nuevos viajeros inducidos, así como de los costes externos unitarios.

Los resultados también dependen (y mucho) de criterios de aplicación del modelo tales como:

- Número de años en que se realiza el análisis y valor residual asignado.
- Tasa de descuento aplicada en el análisis financiero y en el económico social.

*Alberto García Álvarez, Ignacio González Franco y Álvaro Rubio García*

*El efecto perverso de la predeterminación de la tarifa en el análisis coste beneficio de las nuevas infraestructuras de alta velocidad*

---

- Aplicación de precios sombra en la explotación y cuantía de los mismos.

Es importante mencionar los criterios de aplicación del modelo suelen estar "normados", es decir, existe una Manual de recomendaciones que los indica, si bien puede haber cierto margen de aplicación

## **Incertidumbre e indeterminación**

Algunos de los datos que precisa el modelo están sujetos a incertidumbre. Es preciso medir la sensibilidad de los resultados de la aplicación del modelo a cambios en estas variables, y se exige en los manuales de la UE darles un tratamiento probabilístico para obtener la distribución de probabilidad del VAN o la TIR como análisis de riesgos.

Un análisis más detenido muestra que las variables cuyos valores se introducen en el modelo pueden clasificarse en tres grandes grupos:

1. Las que son gestionables en mayor o menor grado por el decisor. Entre ellos se pueden mencionar como más relevantes la velocidad para la que se diseña la propia infraestructura, el modelo de explotación, la capacidad de los trenes a utilizar, las frecuencias y los precios (tarifas) que se van a implantar.
2. Las que pueden considerarse aleatorias y por tanto sus valores dependen de hechos no controlables ni por el decisor ni por otros agentes concretos como son la evolución del PIB, de los precios de la energía, etc.
3. Las que son controlables por agentes concretos, como pueden ser la oferta de otros modos de transporte en competencia (avión, autobús, etc.)

Muchos datos que habitualmente se predeterminan no son -o no debieran de ser- ajenos a la voluntad del decisor. Con frecuencia el decisor les atribuye un carácter predeterminado debido a que deja en manos de otros agentes la decisión sobre ellos. Así ocurre por ejemplo, con la velocidad que permite la línea (que suele estar decidida cuando se realiza el ACB); con la capacidad de los trenes, con las tarifas a aplicar o con las frecuencias a ofrecer (que decide posteriormente el operador).

En el caso de los datos gestionables, resulta obvio que el resultado económico social y/o el financiero mejorarán si en lugar de atribuirles un valor predeterminado se les atribuye el valor que optimiza el resultado perseguido (y cumple con las restricciones impuestas). No hacerlo así supone una evidente pérdida de eficiencia. Como es natural, deben adoptarse las medidas regulatorias para asegurar que el valor que se aplica en la realidad es el que conduce al resultado óptimo.

En el caso de los datos no gestionables, deben adoptarse los valores más probables y en lo que se refiere a los sujetos a una cierta incertidumbre, es preciso hacer un análisis de sensibilidad e incluso una simulación estocástica.

*Alberto García Álvarez, Ignacio González Franco y Álvaro Rubio García  
El efecto perverso de la predeterminación de la tarifa en el análisis coste beneficio de las nuevas  
infraestructuras de alta velocidad*

**Tabla 1. Clasificación de los datos de entrada en los análisis coste beneficio en función de su posibilidad de gestión y de su certidumbre**

SITUACION ACTUAL			
Datos o criterio	Carácter real	Carácter en el modelo	Tratamiento: Sujeto a análisis de sensibilidad
Velocidad para la que diseña la infraestructura	Gestionable	Predeterminado	Normalmente no
Evolución PIB y datos socioeconómicos	Aleatorio	Predeterminado	Siempre
Características de los trenes	Gestionable	Predeterminado	Normalmente, no
Características de la oferta (tarifa)	Gestionable	Predeterminado	Siempre
Costes unitarios	Aleatorio (sobre todo, coste energía)	Predeterminado	En ocasiones
Oferta de otros modos de transporte	Objeto de decisión por terceros	Predeterminado	Normalmente, no
Criterios del modelo (plazo, v. residual, tasas de descuento)	Gestionable	Predeterminado	En ocasiones
SITUACION DESEABLE			
Datos o criterio	Carácter real	Carácter en el modelo	Tratamiento: Sujeto a tratamiento probabilístico
Velocidad para la que diseña la infraestructura	Gestionable	Objeto de optimización	
Evolución PIB y datos socioeconómicos	Aleatorio	Predeterminado	Necesario
Características de los trenes	Gestionable	Objeto de optimización	
Características de la oferta (tarifa)	gestionable	Objeto de optimización	
Costes unitarios	Aleatorio (sobre todo, coste energía)	Predeterminado	Solo energía
Oferta de otros modos de transporte	Objeto de decisión por terceros	Predeterminado	Posible aplicación teoría de juegos
Criterios del modelo (plazo, v. residual, tasas de descuento)	Gestionable	Predeterminado	Posible aplicación teoría de juegos

Fuente: Elaboración propia.

### Las variables críticas con más efecto en los resultados

La guía del Análisis Coste-Beneficio de la UE sugiere que se consideren como “críticas” aquellas variables que al cambiar en un 1% produzcan una variación igual o superior al 5% en el VAN.

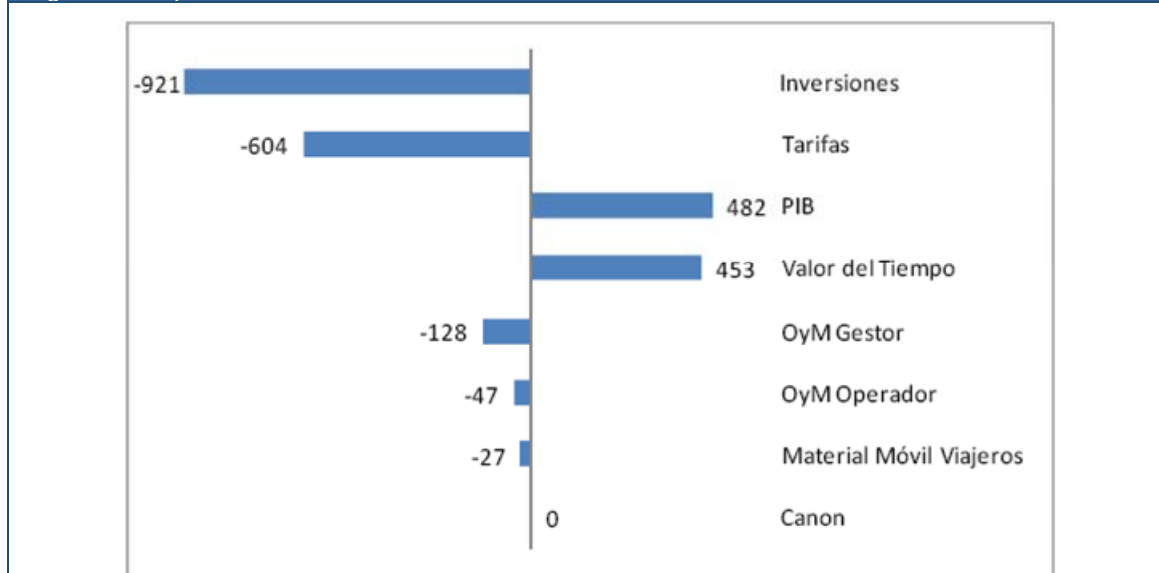
Jaro (2011) presenta las variables críticas con más influencia en los resultados en el caso de los análisis realizados en España para las líneas de alta velocidad, y resultan ser el importe de la inversión y la tarifa aplicada, por encima incluso de la variación del PIB y del valor del tiempo.

Obsérvese estas dos variables con más incidencia en el resultado son “gestionables”, y sin embargo actualmente se les aplica un carácter predeterminado aunque en siempre sujeto a análisis de sensibilidad y riesgos.

*Alberto García Álvarez, Ignacio González Franco y Álvaro Rubio García*

*El efecto perverso de la predeterminación de la tarifa en el análisis coste beneficio de las nuevas infraestructuras de alta velocidad*

Figura 1. Importancia relativa de las variables críticas en el VAN



Fuente: Jaro, L. (2011)

**El efecto de la inversión y de la velocidad de diseño.-** La inversión está condicionada fuertemente por la velocidad para que se diseñe cada uno de los tramos de la línea (además de las características orográficas de estos tramos).

En el caso de España se ha adoptado (predeterminadamente) la velocidad de 350 km/h como velocidad máxima de explotación comercial para los tramos principales de la red troncal de alta velocidad. Una mayor velocidad de diseño aumenta los costes de construcción de la infraestructura como puede verse en González Franco (2015a) y no lo hace de forma lineal, sino con discontinuidades y de forma muy diferente en función del tipo de terreno.

Pero por otra parte, una mayor velocidad produce un aumento del número de viajeros y/o permite un aumento de los precios que pagan, por lo que se mejoran los ingresos, tanto financieros como económico-sociales de la línea. Los costes operativos y de mantenimiento no tienen una relación evidente con la velocidad, y por ello deben ser valorados en todo caso por simulación.

Puede deducirse que la velocidad de diseño tiene una influencia fuerte, no sólo en el coste de la inversión, sino en los resultados financieros y socioeconómicos de la línea. Por ello, en lugar de predeterminar la velocidad, mejoraría los resultados de la inversión buscar la velocidad óptima de diseño de una línea en cada uno de sus tramos. Este enfoque es objeto de un muy completo análisis en González Franco (2015b).

## Efectos de la variación de las tarifas

La segunda variable con más influencia en los resultados del ACB son las tarifas que se aplicarán para el transporte por la línea. Se trata de una variable que podría ser "gestionable" y por ello su optimización también mejoraría los resultados de la línea.

El análisis de la variación de los resultados de la línea al variar la tarifa es el objeto de este artículo.

Para identificar los efectos de la variación de las tarifas en los resultados financieros y económico sociales, se ha simulado el caso de una línea de alta velocidad española y además de analizar los resultados obtenidos, se reflexiona sobre la forma de las curvas que relacionan los resultados con las variaciones de tarifa.

Se comprueba que, en efecto, los cambios en las tarifas pagadas por los viajeros influyen de forma relevante en la rentabilidad económico-social y en la rentabilidad financiera de una línea de alta velocidad.

Antes de presentar el análisis de detalle conviene advertir sobre dos cuestiones básicas:

- Cada caso presenta sus peculiaridades, y por ello no se consideran relevantes los valores concretos deducidos de las siguientes reflexiones, aunque sí lo son las consecuencias de carácter general. Se ha escogido una línea representativa de la alta velocidad en España, y del análisis que se realiza sobre sus resultados al variar la tarifa, resulta útil ver el signo de los cambios y los valores relativos que adoptan las variables; en suma, la forma de las curvas de variación correspondientes.
- Se utiliza la tarifa media, pero la elasticidad de la demanda al precio no sólo depende de la tarifa media, sino también de la variabilidad o rango de precios: la misma tarifa media con un mayor rango de precios supone más viajeros. En el presente análisis se ha supuesto la misma variabilidad de los precios al cambiar la tarifa media.

Los resultados de los cambios producidos al variar las tarifas no es siempre en la misma dirección, ya que los cambios de tarifas tienen diversos efectos como se expondrá seguidamente.

### **Efecto en el número de viajeros transportados**

El reparto del número de viajeros entre los diferentes modos de transporte en una ruta depende del "coste generalizado" de cada modo, siendo éste a su vez la suma de la tarifa y otros costes monetarios y del tiempo utilizado. Una reducción de la tarifa del tren manteniendo idénticas todas las demás características de la oferta (tanto en el tren como en otros modos de transporte) produce una reducción del "coste generalizado" del servicio ferroviario, y por ello un aumento de su cuota modal y del número de viajeros que transporta.

En un modelo de reparto modal tipo "logit", la probabilidad de que un viajero escoja un modo de transporte "i" de los "n" modos disponibles viene dada por la expresión [1]:



*Alberto García Álvarez, Ignacio González Franco y Álvaro Rubio García*

*El efecto perverso de la predeterminación de la tarifa en el análisis coste beneficio de las nuevas infraestructuras de alta velocidad*

$$P_i = \frac{e^{(-\lambda \cdot C_i)}}{\sum_{i=1}^n e^{(-\lambda \cdot C_i)}} \quad [1]$$

Donde:  $P_i$ : probabilidad de escoger el modo "i";  $C_i$ : coste generalizado de viaje con el modo "i";  $n$ : número de modos de transporte; y  $\lambda$ : parámetro de sensibilidad del modelo. En la siguiente exposición asignaremos el subíndice 1 al tren y los subíndices de 2 a  $n$  al resto de los modos de transporte.

A su vez, el coste generalizado del modo "i" puede expresarse

$$C_i = T_i + K_i \quad [2]$$

Donde  $T_i$  es la tarifa del modo  $i$  y  $K_i$  es el resto del costes (monetarios y en tiempo) del modo  $i$ .

Siendo  $N$  el número de viajeros al año en el corredor (en todos los modos de transporte), el número de viajeros en el tren (designando para el tren  $i=1$ ) puede, por lo tanto, expresarse como:

$$V_1 = N \times \frac{e^{-\lambda \cdot C_1}}{e^{-\lambda \cdot C_1} + \sum_{i=2}^n e^{-\lambda \cdot C_i}} \quad [3]$$

Ello significa que el número de viajeros siempre crece al reducirse la tarifa del tren. La curva que representa la variación de la demanda al variar la tarifa es monótona decreciente y tiene dos tramos: en bajos de la tarifa es cóncava, y en valores más altos pasa a ser convexa. Cuando la tarifa se reduce mucho, por debajo de cierto valor el crecimiento del número de viajeros "se agota" debido a que quedan pocos viajeros a captar en otros modos de transporte y la inducción de nuevos viajeros pasa a ser muy débil.

El punto donde la curva pasa de cóncava a convexa es aquel en que se verifica que

$$e^{-\lambda \cdot T_1} = \sum_{i=2}^n e^{-\lambda \cdot (T_i + K_i - K_1)} \quad [4]$$

La forma esperada de la curva se corresponde con la obtenida mediante la simulación realizada para el caso tipo y se representa en la figura 2.

### Efecto en los ingresos de tráfico

Los ingresos derivados del servicio de transporte, se obtienen al multiplicar el número de viajeros por la tarifa media aplicada. La curva no es monótona; tiene un máximo y sólo uno; se compone de tres tramos: Para tarifas bajas, al crecer las tarifas, los ingresos también crecen, hasta llegar a un punto de ingreso máximo. Desde este punto, al crecer la tarifa los ingresos decrecen en una curva que tiene dos tramos: uno cóncavo hasta un cierto valor de la tarifa, y otro convexo a partir de ese valor.

Puede comprobarse matemáticamente que el valor máximo de los ingresos (hay un máximo y sólo uno) se obtiene con el valor de la tarifa del tren  $T_1$  que satisface la siguiente igualdad:

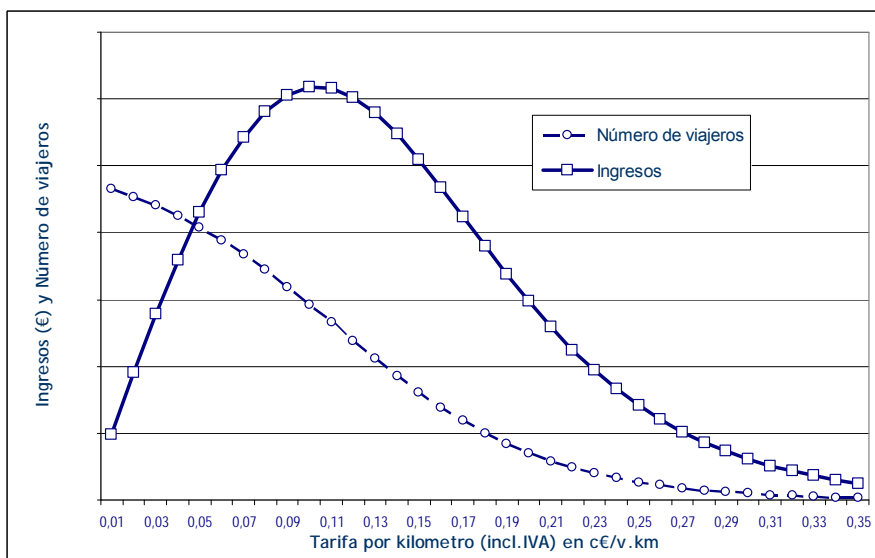
$$e^{-\lambda.T_1} = (\lambda.T_1 - 1) \times \sum_2^n e^{-\lambda.(i+K_i-K_1)} \quad [5]$$

A su vez, el punto en el que la curva pasa a ser cóncava (siempre hay uno) es aquel cuyo valor de  $T_1$  cumple la siguiente igualdad:

$$\alpha \times T = \frac{\gamma - e^{-\alpha \times T}}{\gamma + e^{-\alpha \times T}} \quad [6]$$

En la figura 2 se recoge también la curva obtenida en el caso tipo de variación de los ingresos al cambiar la tarifa y que tiene las características descritas.

Figura 2. Variación en el número de viajeros y en los ingresos al cambiar las tarifas



Fuente: Elaboración propia.

### Efectos en los costes

**Efecto en los costes operativos (incluyendo la amortización del material rodante).**- Al aumentar el número de viajeros, aumentan los costes de la operación, aunque en general de forma menos que proporcional al aumento del número de viajeros, ya que muchos costes operativos tienen una estructura que encubre una parte fija (mantenimiento de material, costes de personal, etc.) y por otra parte, se observa normalmente un aumento del aprovechamiento.

En la figura 3 se muestra el comportamiento de los costes operativos al cambiar el precio. También se incluyen, como referencias, las curvas de variación de los viajeros y de los ingresos. De nuevo, conviene destacar la validez general de la forma de las curvas, aunque sus parámetros concretos pueden variar de un caso a otro. El margen de la operación, en ausencia de cargos por el uso de la infraestructura sería

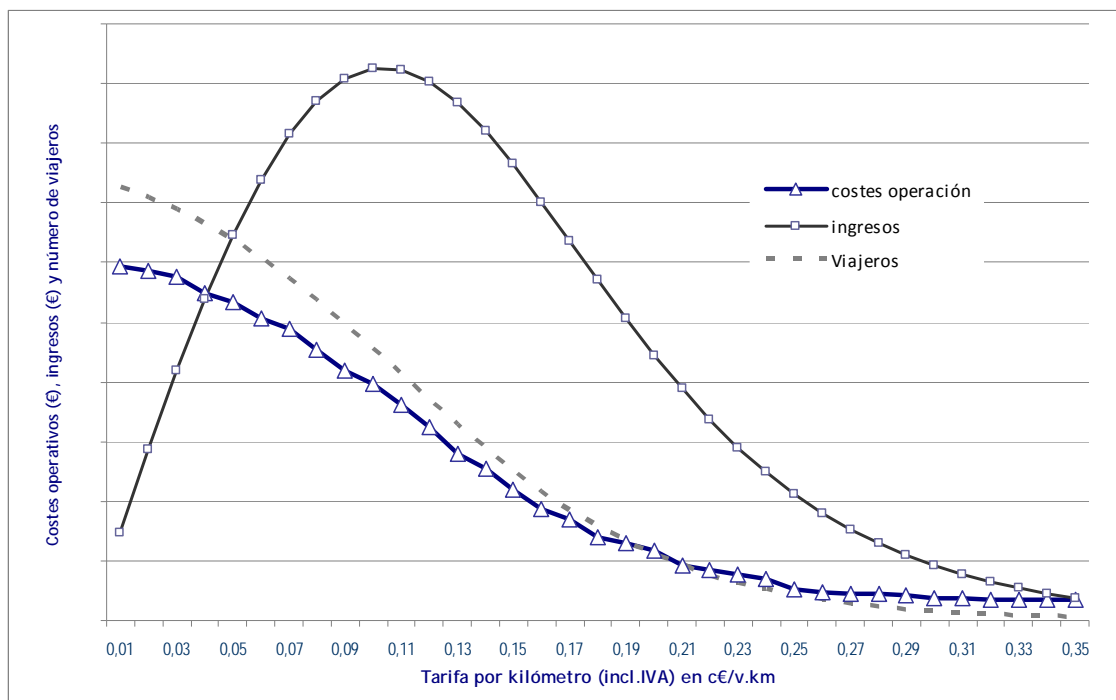
*Alberto García Álvarez, Ignacio González Franco y Álvaro Rubio García*

*El efecto perverso de la predeterminación de la tarifa en el análisis coste beneficio de las nuevas infraestructuras de alta velocidad*

la distancia entre la curva de ingresos y la de costes operativos. Este margen puede ser negativo para tarifas muy bajas.

También se observa que el margen empeora en la zona de tarifas por debajo de aquella que produce los ingresos máximos, mientras que en tarifas superiores a la de ingresos máximos puede mejorar o empeorar según la pendiente relativa de las curvas. Para precios muy altos, el margen empeora.

Figura 3. Variación en los costes operativos al cambiar las tarifas



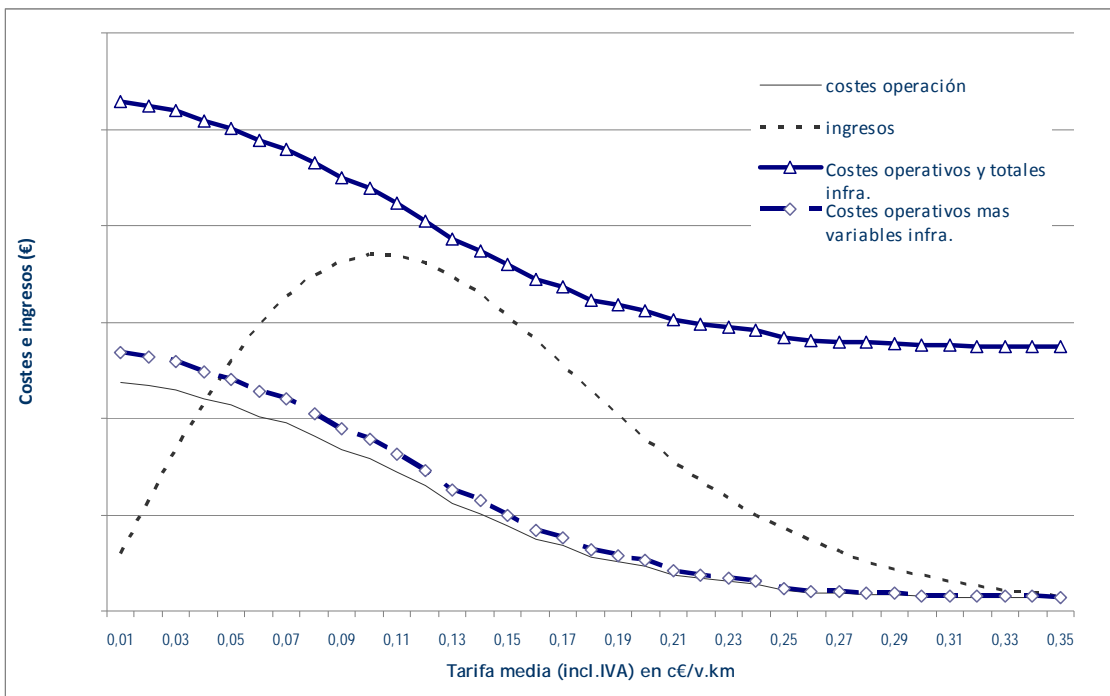
Fuente: Elaboración propia.

**Efecto en los costes de la infraestructura.-** Los costes de mantenimiento y explotación de la infraestructura también aumentan al bajar las tarifas y aumentar el número de viajeros. Pero lo hacen de forma muy ligera, ya que sólo aumenta la parte variable que es relativamente pequeña, y además lo hace en proporción al número de trenes (cuyo crecimiento, por efecto del aumento del aprovechamiento, es menor que el del número de viajeros). Los costes fijos de explotación, así como las amortizaciones y costes financieros de la infraestructura no sufren variación.

En la figura 4 aparece la variación de los costes, manteniéndose también en la gráfica como referencia la variación de los ingresos y de los costes operativos. Las conclusiones sobre el margen siguen siendo las mismas: con valores de la tarifa por debajo de la que conduce al ingreso máximo, el margen empeora; por encima de esa tarifa mejora; y con precios ya muy altos, empeora de nuevo.

Alberto García Álvarez, Ignacio González Franco y Álvaro Rubio García  
 El efecto perverso de la predeterminación de la tarifa en el análisis coste beneficio de las nuevas infraestructuras de alta velocidad

Figura 4. Cambios en los costes operativos y totales de la infraestructura al cambiar las tarifas



Fuente: Elaboración propia.

**Efecto en los ahorros de tiempo costes externos.-** Los ahorros de tiempo y de costes externos (que se contabilizan en el resultado económico social), aumenta a medida que aumenta el número de viajeros, ya que se captan viajeros de otros modos de transporte con mayores costes externos. Estos ahorros son generalmente - aunque no exactamente- proporcionales al número de viajeros, y son mayores en los segmentos de tarifas y en las rutas en los que se produce una mayor captación de viajeros del coche particular (Véase al respecto Jaro, 2011).

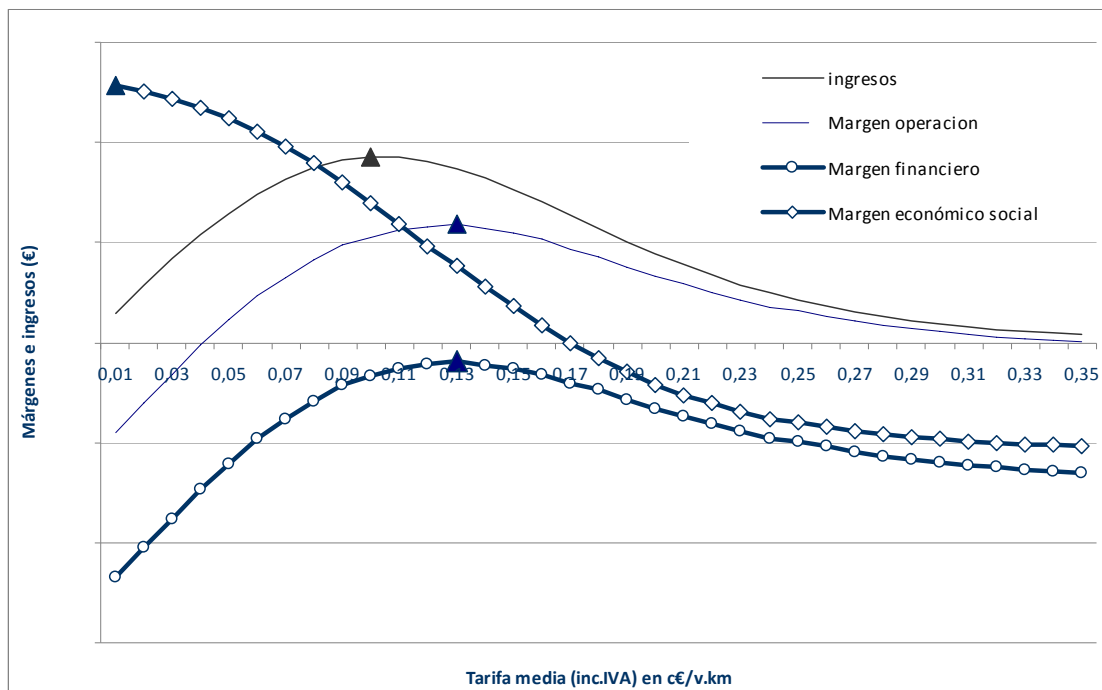
### Efecto en el margen financiero y en el margen económico social

Como consecuencia de las variaciones que los cambios de tarifas inducen en los ingresos, en los costes de la operación y de la infraestructura, así como en los ahorros externos, se producen variaciones en el margen financiero y en el margen económico social. Estas variaciones en el caso-tipo usado como referencia presentan la forma que se muestra en la figura 5, cuyos valores absolutos no son relevantes para otros casos, pero sí lo son las formas y algunas de las conclusiones que se derivan de ellas. Se mantienen como referencia en el gráfico la curva de variación de los ingresos y la de los costes totales (costes operativos incluyendo amortizaciones de material rodante, más costes variables y fijos de la infraestructura).

Alberto García Álvarez, Ignacio González Franco y Álvaro Rubio García

*El efecto perverso de la predeterminación de la tarifa en el análisis coste beneficio de las nuevas infraestructuras de alta velocidad*

Figura 5. Cambios en el margen financiero y en el margen económico social al cambiar las tarifas



Nota: Los valores máximos de cada serie aparecen señalados con un triángulo. Fuente: Elaboración propia.

De la observación del gráfico pueden extraerse las siguientes conclusiones, que son de validez general:

1. Los mejores resultados del margen operativo y del margen financiero total se obtienen con valores prácticamente idénticos de la tarifa (en este caso, 13,10 c€/v.km para cada uno de ellos).
2. Los mejores resultados del margen operativo y del margen financiero total, se obtienen con un valor de la tarifa ligeramente superior al valor de la tarifa que conduce al máximo de ingresos. (En el caso-tipo del ejemplo, el máximo de ingresos se obtiene con una tarifa de 10,3 c€/viajero.km con IVA, mientras que los mejores resultados del margen de la operación y del financiero se obtienen con 13,10 c€/v.km, en ambos casos incluido el IVA)
3. Tanto el margen operativo como el margen financiero presentan una curva de variación semejante a la de la curva de variación de los ingresos (aunque desplazada hacia la derecha de ésta): con valores bajos de la tarifa, al aumentar ésta, mejora el margen; a partir del punto de margen máximo, aumentos de la tarifa se traducen en reducciones del margen en una curva que pasa de cóncava a convexa.
4. La curva de variación del margen económico-social tiene una forma completamente diferente a la de los ingresos, a la del margen operativo y a la del margen financiero. La curva del margen económico-social tiene una

forma semejante a la del número de viajeros: es monótona decreciente, con un tramo cóncavo en valores bajos de la tarifa, y pasa a ser convexa con valores más altos de la tarifa<sup>2</sup>.

Como consecuencia, y por lo que respecta a los efectos en el análisis coste-beneficio, puede señalarse lo siguiente:

1. Se observa una fuerte sensibilidad en el resultado económico-social a las variaciones la tarifa: valores bajos de la tarifa conducen a resultados muy buenos desde el punto de vista económico social, mientras que valores altos de la tarifa llevan a valores mucho más bajos del resultado económico social.
2. No sólo se observa que al crecer la tarifa se reduce el margen económico social, sino que en muchos casos (como ocurre en el tomado como referencia) el resultado económico-social puede ser positivo para tarifas bajas, y puede ser negativo para tarifas altas. En el caso-tipo adoptado como ejemplo, tarifas medias por encima de 16,8 c€/viajero.km incluido el IVA conducen a rentabilidad económico social negativa.
3. No existe una variación constante en el margen financiero: tiene un máximo (y sólo uno) que no se corresponde con la tarifa que conduce al máximo beneficio económico social.
4. Cada valor de la rentabilidad financiera menor que la máxima posible, se puede lograr con dos tarifas diferentes que conducen a dos valores distintos de la rentabilidad económico-social. En el caso tipo, el valor de la tarifa que se empleó en la realidad en el ACB fue de 14,2 c€/v.km, que es algo mayor que los 13,1 c€/v.km que conducirían al mejor resultado financiero. Con una tarifa de 11,5 c€/v.km, el resultado financiero sería el mismo que con la tarifa de 14,3 c€/v.km, pero el resultado económico-social prácticamente se duplica.

Como consecuencia de todo ello, puede observarse la importancia que tiene la tarifa en los resultados de la línea, si la variable a optimizar es la rentabilidad económico-social, incluso si la rentabilidad financiera supone una limitación.

Supongamos (que es el caso normal) que el objetivo perseguido es maximizar la rentabilidad económico-social sujeto a no rebasar un cierto valor del resultado financiero negativo.

Realizar el análisis coste beneficio partiendo de una tarifa predeterminada tiene un efecto perverso, ya que se llegará a un resultado diferente del óptimo, perdiendo la oportunidad de calcular la tarifa que optimiza el resultado. Incluso podría ocurrir que con la tarifa escogida se llegue a un resultado financiero negativo cuya cuantía

---

<sup>2</sup> Esto es así porque el margen económico-social depende en gran medida del ahorro de tiempo conseguido con el proyecto; es el caso de un proyecto de Alta Velocidad, donde, en media, los viajeros captados ahorran tiempo respecto al modo de transporte original. Pero esto no siempre ocurre. Se dan casos de proyectos que captan mucha demanda pero donde los viajeros han cambiado de modo básicamente por precio y no por tiempo, con lo cual la rentabilidad socioeconómica puede ser negativa. Por ejemplo: en el caso de una autovía paralela a una autopista de peaje o una línea de transporte público interurbana en corredor no congestionado paralelo a autopista de peaje.

*Alberto García Álvarez, Ignacio González Franco y Álvaro Rubio García*

*El efecto perverso de la predeterminación de la tarifa en el análisis coste beneficio de las nuevas infraestructuras de alta velocidad*

---

podría ser la misma con otro valor de la tarifa, mientras que con este segundo valor el resultado económico-social es mejor.

En síntesis, puede concluirse que la tarifa debe ser objeto de optimización para alcanzar el mejor valor de los resultados deseados; y aceptar una tarifa predeterminada conduce a un resultado peor que el mejor posible. En ocasiones puede incluso llegarse a rechazar un proyecto por no alcanzar los resultados esperados, mientras que con otro diferente valor de la tarifa sí se pueden alcanzar estos objetivos.

Desde luego, la metodología expuesta de optimizar la tarifa a aplicar aporta obviamente grandes ventajas a la rentabilidad económico-social de la línea y a la consecución de sus objetivos, pero plantea el problema de cómo lograr que esta tarifa se aplique en la realidad.

En principio, la separación de los actores que intervienen la construcción y en la administración de la infraestructura y la existencia de diversos operadores de transporte dificulta la coherencia entre el estudio previo y la aplicación final. Diversos agentes, cada uno tratando de alcanzar sus propios objetivos difícilmente llevarán a la tarifa que optimiza el objetivo que llevó a la construcción de la infraestructura. Un menor número de agentes implicados aseguraría una mayor coherencia y un mayor acercamiento al resultado perseguido. En cualquier caso, siempre son necesarios mecanismos que envíen señales (u órdenes) a los actores sobre cómo deben comportarse para conseguir el mejor resultado global.

Este es un tema de cierta complejidad que requiere un análisis específico que se abordará en otro artículo posterior.

*Alberto García Álvarez, Ignacio González Franco y Álvaro Rubio García*  
*El efecto perverso de la predeterminación de la tarifa en el análisis coste beneficio de las nuevas infraestructuras de alta velocidad*

---

#### BIBLIOGRAFIA

- ☐ González Franco, I. (2015a): Efecto de la velocidad de diseño en el coste de construcción de la infraestructura en *360. revista de alta velocidad*, número 3 (junio de 2015).
- ☐ González Franco, I. (2015b) Inédito: Metodología para la estimación de la combinación de velocidades máximas que permiten alcanzar el tiempo de viaje comercialmente requerido en una infraestructura ferroviaria. Tesis doctoral en elaboración.
- ☐ Jaro, L. (2011): Planificación y evaluación de la rentabilidad económico-social de líneas ferroviarias. Ed.: Fundación de los Ferrocarriles Españoles.
- ☐ Jaro, L. (2012): La aportación de valor de los viajeros captados por la alta velocidad a la carretera en *360. revista de alta velocidad*, número 3 (junio de 2015).