



**GRADO EN ECONOMÍA  
CURSO 2015-2016**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DE LA REAPERTURA  
DEL FERROCARRIL DEL CANFRANC UTILIZANDO  
UNA TASA SOCIAL DE DESCUENTO HIPERBÓLICA.**

**COST-BENEFIT ANALYSIS OF CANFRANC'S RAIL  
REOPENING USING A HYPERBOLIC DISCOUNT  
RATE.**

**AUTOR: JUAN LEONARDO GARCÍA-BARREDO**

**TUTOR: RUBÉN SAINZ GONZÁLEZ**

**26 DE JUNIO DE 2016**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>4</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
1.1 CONTEXTO DEL TRANSPORTE FERROVIARIO DE MERCANCIAS EN ESPAÑA.....	5
1.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA REAPERTURA DEL FERROCARRIL DE CANFRANC.....	6
<b>2 METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO.....</b>	<b>10</b>
<b>3 DEFINICIÓN DE LA TASA DE DESCUENTO HIPERBÓLICA Y DIFERENCIAS CON LA TASA DE DESCUENTO FIJO.....</b>	<b>12</b>
<b>4 CÁLCULO DE LA RENTABILIDAD ECONÓMICA.....</b>	<b>13</b>
4.1 SUPUESTOS PREVIOS.....	14
4.2 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA.....	15
4.3 BENEFICIOS DEL PROYECTO.....	17
4.4 COSTES DEL PROYECTO.....	20
4.5 ESCENARIO DE DEMANDA INTERMEDIA.....	21
<b>5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA TASA SOCIAL DE DESCUENTO...23</b>	<b>23</b>
<b>6 CONCLUSIONES.....</b>	<b>24</b>
<b>7 REFERENCIAS.....</b>	<b>24</b>
<b>8 ANEXOS.....</b>	<b>26</b>

## RESUMEN

El objetivo de este estudio es evaluar socioeconómicamente la posible reapertura del ferrocarril del Canfranc, que cubre la ruta Canfranc (Huesca) - Pau (Aquitania).

Este trabajo ha incorporado al análisis coste beneficio, algunas de las interesantes ideas que han surgido durante los últimos años en relación a este tipo de estudio:

Se ha utilizado una tasa de descuento hiperbólica que representa el panorama actual de la economía (la tasa en la que el beneficio presente es más valioso que el beneficio futuro es menor que en otros momentos de la historia). A pesar de la idoneidad de este tipo de tasa para el análisis coste beneficio, no existen apenas trabajos que la incluyan hasta la última década. Es precisamente como consecuencia de lo expuesto en Dasgupta et al (2005) y Weitzman M (2001) que estas tasas han empezado a ser consideradas.

Por otro lado, se ha realizado la estimación de la demanda basándose en los supuestos de autores que han realizado análisis coste beneficio de infraestructuras que se encuentran en este mismo espacio geográfico. Además del caso base, también se ha hecho un análisis paralelo, en el que se han disminuido los supuestos a la mitad, al comprobar que la demanda podría haber sido sobreestimada.

Como último punto a destacar, se ha llevado a cabo un análisis de sensibilidad de la tasa social de descuento, comparando los resultados que arrojan los distintos valores de la misma. Se han utilizado tres tasas fijas y la tasa hiperbólica utilizada en el Reino Unido además de la tasa hiperbólica gamma utilizada por defecto.

**Palabras clave:** Análisis coste beneficio, tasa hiperbólica, análisis de sensibilidad, estimación de la demanda y ferrocarril del Canfranc

## **ABSTRACT**

The aim of this cost benefit analysis is to economically assess the possibility of reopening Canfranc's train that goes from Canfranc (Huesca) to Pau (Aquitania).

Some of the interesting ideas related to the cost benefit analysis that have arisen during the last few years have been incorporated to the study:

A hyperbolic discount rate that represents the current economic situation has been used (the rate at which current benefit is more valuable than future benefit is lower than back in the years). Historically, hyperbolic rates were not used for cost benefit analysis and it is hard to find an analysis that does not use a fixed rate. However, after what was presented in Weitzman M (2001) and Dasgupta et al (2005), this type of discount rate has attracted more attention.

Furthermore, the estimation of the demand needed for the analysis has been done by using the same assumptions that other experts used for their studies of similar infrastructures in the Pyrenees. Apart from the default analysis, another cost benefit analysis has been run using less optimistic assumptions as the demand could have been overestimated for the default case.

As the last feature to highlight, this study also includes a sensibility analysis of the social discount rate. In that section, there is a comparison of the results gotten after running the analysis with the chosen rates, three different fixed rates and two hyperbolic.

**Key words:** Cost benefit analysis, hyperbolic discount rate, sensitivity analysis, demand estimation and Canfranc's train

## 1. INTRODUCCIÓN

### A) CONTEXTO DEL TRANSPORTE FERROVIARIO DE MERCANCIAS EN ESPAÑA Y EUROPA.

En un contexto en el cual el ferrocarril como transporte mercancías ya no tiene la importancia que tuvo antaño, siguen existiendo posibilidades de inversión a considerar que podrían mejorar la situación de este modo de transporte. Desde el punto de vista social, el disponer de un sistema ferroviario que permita transportar mercancías de manera rápida y fiable es esencial para el desarrollo económico de una comunidad, pues favorece su actividad económica.

Los datos indican una reducción constante del tráfico de mercancías tanto en España como en el resto de Europa durante las últimas décadas. Éste tipo de tráfico tuvo su esplendor en los años 70 coincidiendo con la apertura al exterior de nuestro país. La bonanza económica de la época también fue un factor clave e hizo que la demanda del tráfico de mercancías creciese. No obstante, el hecho de no hubiera otras alternativas fue la clave para que el ferrocarril cogiera la delantera como medio de transporte de mercancías. A medida que la tecnología avanzó y se aplicó al transporte, el tráfico de mercancías por ferrocarril dejó de ser el modo de transporte más utilizado. La mejora generalizada en las carreteras, que acortó de forma drástica la duración de los viajes, y la aparición del tráfico aéreo revolucionaron el mercado del transporte. Por ende, el ferrocarril dejó de ser el principal modo de transporte de mercancías.

Además del trasvase de tráfico del ferrocarril a estos modos de transporte, hay que tener en cuenta que el volumen total de mercancías transportadas ha ido disminuyendo con el paso del tiempo. Por lo tanto, las cifras en valor absoluto se han reducido a lo largo de las últimas décadas.

En 2014, España fue el quinto país que más mercancías transporto por carretera, mientras que solo fue el vigésimo primer país en el ranking de transporte por ferrocarril<sup>1</sup>. En este segundo ranking, nuestro país se encuentra por debajo de países como Rumanía o República Checa cuyas economías son menos desarrolladas que la nuestra. Actualmente, los servicios de transporte de mercancías por ferrocarril se encuentran desfasados y no pueden competir con los demás modos de transporte. La reapertura del ferrocarril del Canfranc supondría un impulso a esta actividad cuya mejoría se encuentra en la agenda del Gobierno.

Con la línea Zaragoza-Pau, serían tres las rutas que conectan España con Francia a través de los pirineos. Esta ruta favorecería el transporte de mercancías con origen en el centro y sur de la península. De esta manera, el Estado pretende dotar al país de un sistema avanzado de ferrocarril concediendo a las empresas más oportunidades para distribuir las materias primas tanto en el ámbito nacional como internacional.

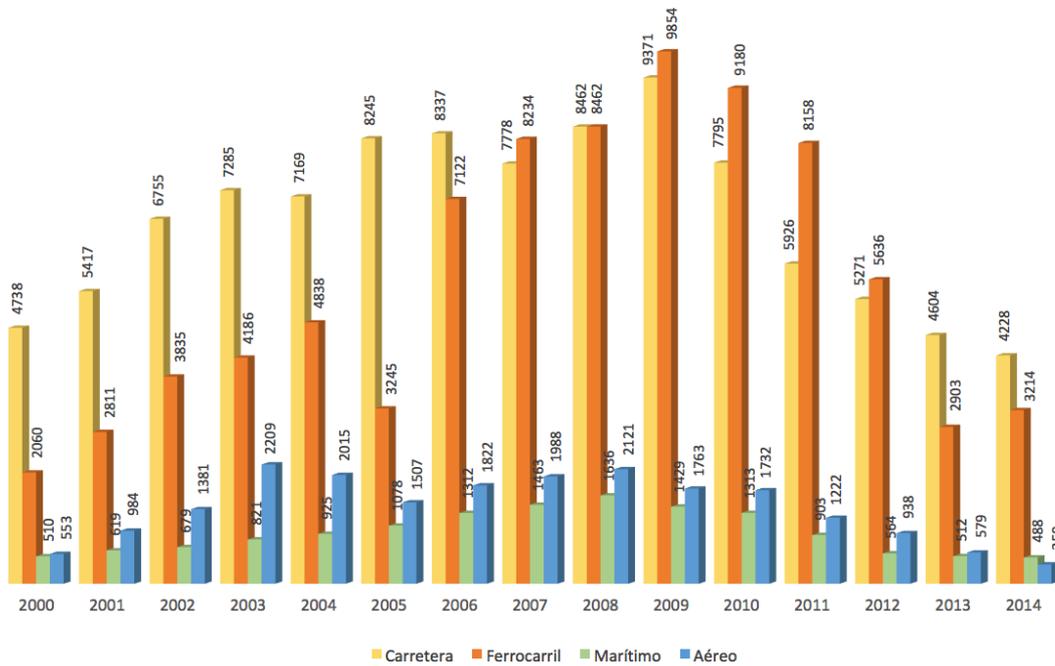
Desde el año 2000, el peso de la inversión en ferrocarril sobre el total ha ido creciendo en detrimento de la inversión en carretera. Esta tendencia solo ha cambiado en 2013 y 2014, los cuales son los últimos años de los que hay datos disponibles.

---

<sup>1</sup> <http://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=BTW027> (páginas 180 y 181)

## ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DE LA REAPERTURA DEL FERROCARRIL DEL CANFRANC UTILIZANDO UNA TASA SOCIAL DE DESCUENTO HIPERBÓLICA

**Gráfico 1.1.** Inversiones realizadas en distintos modos de transporte y en infraestructura.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos recogidos por RENFE (millones de euros)

### B) SITUACIÓN ACTUAL DE LA REAPERTURA DEL FERROCARRIL DE CANFRANC.

La reapertura del ferrocarril del Canfranc es una cuestión de la cual se ha hablado mucho durante los últimos años. A pesar de que las autoridades se han mostrado optimistas sobre la inversión y se hayan realizado algunos estudios favorables sobre trazados similares, todavía no hay ningún acuerdo que garantice la reapertura de la línea.

Para conocer el estado actual de las vías, se debe recordar que esta infraestructura fue originalmente construida en 1907 para que el Ferrocarril Transpirenaico pudiera funcionar. Éste, que cubría la misma ruta que ha sido estudiada en este análisis, fue inaugurado en 1928 por Miguel Primo de Rivera en un polémico acto en la estación de Canfranc.

**Gráfico 1.2.** Estación de Canfranc, recientemente rehabilitada, en la actualidad.



Fuente: blog rutamariana

La construcción de la línea supuso un reto para la industria ferroviaria que finalmente se tradujo en un éxito rotundo, pues la explotación funcionó de manera excelente durante los primeros años. Para ello fue clave el tramo Zuera-Turuñana que conectaba Zaragoza con Canfranc directamente sin la necesidad de atravesar Huesca. Dicho tramo podría ser incluido en la reapertura de la ruta en el caso de que se lleve a cabo.

El servicio fue interrumpido por la Guerra Civil (36-39) y la II Guerra Mundial (39-45). Sin embargo, las vías no fueron dañadas de manera significativa y se reanudo el servicio hasta que en 1970 fue suspendido indefinidamente debido al grave accidente en la vertiente francesa de un ferrocarril que perdió el control de sus frenos. El Estado francés decidió no volver a abrir la línea, ya que suponía una gran carga económica y requería más inversión. Esta ruta además había dejado de interesar tanto a SNCF como a RENFE por lo que el esfuerzo por retomar la actividad fue nulo.

## ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DE LA REAPERTURA DEL FERROCARRIL DEL CANFRANC UTILIZANDO UNA TASA SOCIAL DE DESCUENTO HIPERBÓLICA

Figura 1.3. – Mapa de la ruta estudiada.



Fuente: “Posibilidades y viabilidad para la reapertura del Canfranc” por CESA, 2009.

La ruta estudiada en este análisis nace en Zaragoza y acaba en Pau, Francia. Se divide en un total de siete tramos siendo Jaca-Canfranc (24,62 km) el que más dificultades

presenta debido a la climatología característica de este lugar y a las pendientes que presenta el terreno.

**Tabla 1.4.** – Tramos de la ruta estudiada.

<b>TRAMOS</b>	<b>DISTANCIA (km)</b>
Zaragoza-Zuera	31,2
Zuera-Huesca	49
Huesca-Jaca	110,2
Jaca-Canfranc	24,6
Canfranc-Bedous	33
Bedous-Oloron Sainte Marie	25
Oloron Sainte Marie-Pau	36

Fuente: Elaboración propia. Información proporcionada por el Consejo Económico y Social de Aragón (CESA).

A pesar de que las vías de esta ruta fueron construidas a principio del siglo XX, la gran mayoría están en condiciones de ser utilizadas en la actualidad. Es cierto que muchos tramos han sido reacondicionados en el pasado al haber sufrido un gran desgaste a lo largo del tiempo. No obstante, es probable que hubiera que remodelar y llevar a cabo cambios técnicos relativos a la anchura de la vías y a su electrificación. Además, si se quisiera también rehabilitar el ramal Zuera-Turuñana (39,75km) habría que reconstruirlo. Este tramo lleva cerrado al tráfico desde 1971 por lo que la infraestructura se encuentra en pésimas condiciones en estos momentos. Sin embargo, ese no es el único tramo cuyas vías tienen que ser reacondicionadas. Jaca-Canfranc es el tramo que más rehabilitación necesita debido a que el terreno es más abrupto y la nieve hace presencia buena parte del año. Se trata de un tramo complicado en el que la pendiente es muy significativa llegando en algunas rampas hasta el 20‰.

**Figura 1.4.** Estado actual del tramo Zuera-Turuñana.



Fuente: unoscuantostrenes

En la actualidad, la única parte de la ruta que está abierta al tráfico de mercancías es el tramo entre Zaragoza y Canfranc. Por lo tanto, se trata de determinar si sería viable reabrir el tramo entre Canfranc y Pau.

En el tramo Zaragoza-Huesca solo existe un tren en funcionamiento en ambos sentidos que efectúa dos servicios diarios, en lo que respecta al tráfico de mercancías. El grado de ocupación de la misma es del 58%, llegando al 100% en determinados horarios. En cambio, en el tramo Huesca-Jaca y en el Jaca-Canfranc, la oferta se reduce a un tren diario en cada sentido.

En la vertiente francesa, todos los tramos se mantienen cerrados al tráfico de mercancías desde hace más de una década. Las mercancías, cereales en su mayor parte, son transportadas hasta Canfranc en camiones desde Francia hasta Zaragoza por ferrocarril (tráfico intermodal). Como se explicará en el apartado V, este tipo de tráfico es uno de los que se puede ver afectado por la reapertura de la ruta Zaragoza-Pau (desvío de tráfico de carretera al ferrocarril que disminuiría la demanda del tráfico de mercancías en camiones en la vertiente francesa).

En el caso de que esta ruta se reabriera, habría de nuevo tres líneas en funcionamiento que conectarían el norte de Aragón con el sur de Francia a través de los Pirineos. En la actualidad existen dos rutas en los litorales que pasan por Hendaya (oeste) y Perpignan (este).

## 2. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS COSTE BENEFICIO

El análisis coste beneficio es una técnica que tiene como objetivo ayudar en la toma de decisiones a la hora de evaluar una posible inversión.

Esta disciplina permite comparar inversiones para elegir aquella que sea más eficiente desde el punto de vista social. Toda inversión implica un coste de oportunidad, al realizar una inversión se renuncia a utilizar esos recursos en otra, lo cual ayuda a la hora de decidir que inversión es la que proporciona mayor bienestar a la sociedad. De esta manera, es posible comprobar si una inversión proporciona mayor, igual o menor bienestar que otra que ya se haya estudiado. El objetivo final de esta técnica es ayudar a mejorar la asignación de los recursos desde un punto de vista social.

Sin embargo, un estudio de este tipo lleva implícito un nivel de dificultad notable debido a que la inversión genera ciertos efectos cuya monetización es complicada. El ahorro de vidas humanas que implica la construcción de un ferrocarril al desviar tráfico de la carretera o el beneficio en términos medioambientales de dicha inversión son algunos ejemplos. Normalmente, al realizar un análisis coste beneficio se utiliza el precio de mercado para computar los cobros y pagos. Debido a la falta de un precio de mercado para las externalidades, determinar el valor de estas es una tarea laboriosa. Esta técnica, en lugar de utilizar los precios de mercado, utiliza los denominados precios sombra. El precio sombra indica el coste de oportunidad del bien en condiciones de competencia perfecta incluyendo también los costes sociales que lleva asociados.

Debido a las diferencias comentadas anteriormente, a la hora de descontar los flujos se utiliza la tasa social de descuento que será definida en el apartado siguiente. Ésta, difiere del tipo de interés que se utiliza en los análisis financieros, como coste del capital que requiere la inversión.

La herramienta utilizada para tomar la decisión de acuerdo a un análisis cuantitativo es el Valor Actual Neto (VAN) la cual actualiza todos los flujos presentes y futuros que implica la inversión. Una vez se obtiene el valor presente de todos los flujos, se decide si es o no conveniente llevar a cabo la inversión.

**Figura 2.1.** Cálculo del Valor Actual Neto.

$$VA = \frac{D}{(1+i)} + \frac{D2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{Dn}{(1+i)^n}$$

Fuente: Elaboración propia

A pesar de utilizar la misma herramienta cuantitativa para la toma de decisión, existen dos diferencias entre el análisis financiero que realiza una empresa y el análisis coste beneficio que llevan a cabo las instituciones o consejos pertinentes (FEDER, Fondo de Cohesión e ISPA, 2003):

- El ACB utiliza la tasa social de descuento en lugar del tipo de interés. La tasa de descuento, no es el coste del capital empleado sino su coste de oportunidad desde el punto de vista social. Además, también influyen en ella otros factores como la tasa de crecimiento de la economía o la cantidad de capital existente en esa economía.
- El ACB incluye efectos sociales que el análisis privado no tiene en cuenta. Se incluyen las externalidades tanto positivas como negativas que genera la inversión. Por este

## ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DE LA REAPERTURA DEL FERROCARRIL DEL CANFRANC UTILIZANDO UNA TASA SOCIAL DE DESCUENTO HIPERBÓLICA

---

motivo, los flujos monetarios son diferentes a los de un análisis financiero y la decisión óptima podría llegar a ser diferente.

Durante la realización de este trabajo, se han utilizado datos recogidos por el Instituto Nacional de Estadística (INE), por el Observatorio Hispano-Francés de Tráfico en los Pirineos, y otros datos y estimaciones obtenidos en diferentes estudios que serán citados a medida que se utilicen.

La elaboración de este trabajo ha requerido seguir los pasos que se describen a continuación (Ministerio de Fomento, 2010):

1. Definición del proyecto de inversión – La reapertura del ferrocarril del Canfranc es una inversión que afectaría al mercado de transporte, en específico al mercado de tráfico de mercancías. Los cambios en esta infraestructura tendrían un impacto en el transporte por carretera y por ferrocarril y en menor medida en el aéreo y marítimo. La inversión alteraría el equilibrio actual en estos mercados, pudiendo modificar las demandas de los tipos de transporte y los precios de estos servicios.

2. Criterios de decisión – Será la herramienta utilizada para considerar si la inversión es interesante o no en función del resultado obtenido. En este tipo de estudios se utiliza el Valor Actual Neto que actualiza los flujos al momento actual. Esta técnica dictará si los beneficios sociales superan los costes sociales o no y en función de ello se decidirá si se lleva a cabo la inversión.

3. Identificación de beneficios y costes sociales – Se trata de identificar los beneficios y costes sociales que la inversión en la infraestructura genera. Deben ser monetizados utilizando precios sombra y actualizados al momento actual.

4. Cuantificación y valoración de los beneficios y costes sociales – Este paso implica la cuantificación de los efectos sociales y la decisión sobre la tasa social de descuento que tendrá un gran impacto sobre la valoración de los beneficios y costes sociales como veremos en el análisis de sensibilidad.

5. Discusión de resultados – Por último, se evalúa la decisión final a tomar en base a los resultados obtenidos al realizar el análisis. En función de estos se decidirá si es óptimo acometer la inversión o si los recursos podrían ser utilizados de una manera más eficiente.

### **3. DEFINICIÓN DE LA TASA DE DESCUENTO HIPERBÓLICA Y DIFERENCIAS CON LA TASA DE DESCUENTO FIJA**

“La tasa social de descuento refleja en qué medida, desde el punto de vista de una sociedad, un beneficio presente es más valioso que el mismo beneficio obtenido en el futuro” (Souto Nieves, 2003).

Esta tasa se utiliza para actualizar los flujos monetarios que tienen lugar en periodos posteriores al periodo actual. De esta forma, conseguimos poder comparar y analizar todos los flujos futuros, al estar expresados en su valor actual. La teoría de la preferencia temporal es clave a la hora de explicar porque se actualizan los flujos. La raíz del asunto

radica en el supuesto de que las personas valoran más lo presente que lo futuro. Por esta razón existen los tipos de interés y las tasas de descuento. Una tasa de descuento elevada, indica un grado de preferencia mayor de poseer el bien en el presente. Recibir flujos monetarios o consumo en el futuro conlleva incertidumbre.

Durante la última década, lo más frecuente ha sido que la tasa social de descuento oscilara entre el cinco y el diez por ciento dependiendo de la institución que realizara el análisis. Además, lo más común era utilizar de una tasa fija, es decir, la tasa de descuento es la misma para todos los años en los que existen flujos. Sin embargo, en un contexto de tipos de interés en mínimos históricos, en el que existe un nivel de incertidumbre sobre la situación económica considerable, utilizar una tasa tan alta sería irreal.

Además, existen muchas razones que indican que para realizar un análisis coste-beneficio, una tasa de descuento decreciente podría ser más adecuada que una tasa fija. La idea de utilizar una tasa de descuento que decrezca con el tiempo tiene varias razones. La primera es el hecho de que la función de utilidad crezca de manera más lenta a medida que aumenta el nivel de utilidad (Gollier et al, 2008). Por otro lado, la tasa de descuento depende de muchos factores que tienen incertidumbre, como son la tasa de crecimiento económico (Cropper et al, 2014) o la cantidad de capital acumulado, que incide de manera negativa en el rendimiento del nuevo capital invertido. Debido a la incertidumbre, es aconsejable utilizar una tasa que no haga insignificantes los flujos que sucedan en un periodo muy lejano (Weitzman, 1998).

En la tasa social de descuento esta implícito el coste de oportunidad del capital empleado (CE, 2006), es decir, la rentabilidad de la segunda mejor opción en la que invertir los recursos. Una tasa de descuento hiperbólica refleja mejor el hecho de que el capital tenga rendimiento marginal decreciente. A medida que pasen los años, el coste de oportunidad será menor y por tanto tiene sentido que la tasa decrezca con el paso del tiempo.

Por lo tanto, existen razones suficientes para pensar que una tasa de descuento fija no es la óptima para el análisis coste beneficio de una infraestructura debido al largo periodo de explotación de esta. No obstante, existen argumentos en contra del uso de una tasa de descuento decreciente. Uno de los más relevantes, es el hecho de que este tipo de tasas refleje que la impaciencia disminuye con el tiempo. Es decir, que los individuos sean más pacientes dentro de 50 años que en este momento. (Jones et al, 2015). A pesar de los puntos negativos, la mayoría de expertos en el tema coincide en que las tasas decrecientes son adecuadas para este tipo de análisis.

La tasa de descuento hiperbólica es usada en situaciones en las que existe un nivel de incertidumbre considerable en el largo plazo. De esta manera, se consigue reducir el efecto exponencial que tiene descontar flujos a lo largo de los años con una tasa fija. Para ilustrar mejor lo anteriormente dicho, solo hace falta analizar la fórmula del VAN que se ha expuesto en el apartado anterior. En el caso de que la tasa de descuento "i" no decrezca y se mantenga constante, los flujos que tengan lugar en los últimos años del proyecto tendrán un peso sobre el total muchísimo menor que si la tasa es decreciente. Por lo tanto, utilizando una tasa de descuento hiperbólica se consigue que el futuro más lejano en el que se desarrolle la actividad tenga cierto peso a la hora de tomar la decisión. Así se corregiría otra de las desventajas que tiene el uso de una tasa fija, la nula representación de las generaciones venideras a la hora de la toma de decisión.

Al ser este un proyecto con un horizonte temporal largo, 60 años contando construcción y periodo de explotación, es complicado estimar que tasa de descuento debería usarse

## ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DE LA REAPERTURA DEL FERROCARRIL DEL CANFRANC UTILIZANDO UNA TASA SOCIAL DE DESCUENTO HIPERBÓLICA

para el año 2070 por ejemplo. Por este motivo se ha utilizado la tasa de descuento hiperbólica gamma, que a diferencia de una fija, no provoca que los flujos que tienen lugar en los últimos años de explotación sean insignificantes. Esta tasa de descuento fue propuesta en Weitzman (2001). Este economista alemán encuestó a 2160 profesionales doctorados en economía y a 50 figuras destacadas en el campo de la economía como son Barro, Krugman o Stiglitz entre otros. Debido a que la media obtenida de los dos grupos fue muy similar (3.96 y 4.09 respectivamente), Weitzman tomó la media de ambos grupos ( $\mu=4$ ). Por tanto, propuso las siguientes tasas de descuento para los diferentes periodos en los que se desarrolla la actividad.

**Tabla 3.1.** Tasa social de descuento Gamma.

<i>Periodo temporal</i>	<i>Nombre</i>	<i>Tasa de descuento(%)</i>
Entre el año 1 y 5	Futuro inmediato	4
Entre el año 6 y 25	Futuro cercano	3
Entre el año 26 y 75	Futuro medio plazo	2
Entre el año 76 y 300	Futuro lejano	1
Más allá del año 300	Futuro remoto	0

Fuente: Elaboración propia a partir de Weitzman M (2001)

Al suponer que la explotación de este proyecto tendrá una duración de 57 años, se han utilizado los tres primeros niveles que supuso Weitzman, siendo 4% la tasa de descuento utilizada durante los cinco primeros años, 3% para los siguientes 20 años y 2% para los últimos 32.

### 4. CÁLCULO DE LA RENTABILIDAD ECONÓMICA

Lo que diferencia al análisis coste beneficio de un análisis financiero es que el primero permite integrar los efectos sociales y medioambientales que tienen ciertas inversiones a la hora de tener que tomar decisiones sobre estas. De este modo, se tienen en cuenta no solo las cuestiones financieras pertinentes sino también las externalidades originadas por la inversión, que tienen un impacto en la sociedad. Es decir, el ACB compara beneficios sociales con costes sociales.

Este tipo de estudio se realiza especialmente en el ámbito público al ser las instituciones públicas las encargadas de velar por el bienestar de la sociedad y por tanto incluir los efectos no financieros que tienen ciertas inversiones. En el ámbito privado, el análisis se realiza de la misma manera pero no tiene en cuenta las externalidades tanto positivas como negativas y los fallos de mercado que puede provocar el llevar a cabo la inversión. Por lo tanto, en el cálculo del VAN solo se reflejan los ingresos y gastos de la inversión que afectan a la firma que realiza el estudio. Es por este motivo que el análisis financiero puede diferir de manera sustancial con el análisis coste beneficio.

#### 4.1.) SUPUESTOS PREVIOS.

Para llevar a cabo el cálculo de la rentabilidad económica, es necesario realizar una serie de supuestos de partida cuyo impacto en el resultado final es importante. Por eso, se han manejado supuestos utilizados en otros trabajos de este estilo y aceptados por expertos en este tipo de análisis.

Como se ha expuesto en la introducción de este trabajo, gran parte de la infraestructura esta construida pero muy deteriorada. Por esta razón, se podrían rehabilitar las partes deterioradas y construir las restantes en un periodo menor a 3 años. De esta manera, la infraestructura podría estar en funcionamiento el 1 de enero del año 2020 (suponiendo que las obras comenzaran el 1 de enero de 2017)<sup>2</sup>.

Suponemos que la extensión total de la ruta Zaragoza-Pau será de 275km a pesar de que el trazado no está confirmado. El perfil de esta ruta esta adjunto como un anexo en el último apartado de este trabajo.

Por otro lado, se ha supuesto un tiempo de explotación de 60 años siguiendo el tiempo estimado por Sainz González et al (2012) en el estudio de la Travesía Central Pirenaica, estudio de similares características a este. Puede parecer a priori un supuesto algo optimista, ya que el desgaste que sufre la vía es superior a la media debido a la meteorología. Sin embargo, este hecho simplemente se traduce en un mayor coste de mantenimiento y no provoca que haya un sesgo en la estimación de la demanda.

En cuanto a la estimación de los datos de tráfico de mercancías, se han utilizado los datos disponibles de 2013 que ofrece el Observatorio Hispano-Francés de Tráfico en los Pirineos para obtener el tráfico por carretera. Éstos se han indexado hasta 2073 a una media del PIB de la Unión Europea y un grupo formado por Portugal y España. Hasta 2020, gracias a las previsiones que realiza el Fondo Monetario Internacional y a partir de ese año, se ha supuesto una tasa de crecimiento del 3%<sup>3</sup>. De esta forma, se ha conseguido obtener una cifra de las toneladas transportadas por carretera y también del tráfico intermodal ferrocarril-carretera hasta 2073. Sin embargo, el Observatorio no recoge el tráfico que se realiza mediante ferrocarril. Por este motivo, se ha supuesto que el tráfico por ferrocarril es igual al 20% del tráfico que se obtuvo en Sainz González et al (2012).

Para conocer el tráfico que absorbería esta infraestructura en el caso de que fuera construida, se ha supuesto que el 50% de las mercancías que se transportan actualmente utilizando el ferrocarril pasaría a transportarse por esta nueva ruta (Sainz González et al, 2012). Para estimar el tráfico que esta inversión atraería de la carretera se ha supuesto que el tráfico desviado de esta es igual al 76% del tráfico intermodal. Por último, el tráfico generado por esta ruta sería igual al 24% del tráfico intermodal. Ambos supuestos se han obtenido del trabajo anteriormente citado sobre la travesía central pirenaica.

---

<sup>2</sup> CESA, 2009

<sup>3</sup> Cifra recomendada en Sainz González, 2012.

## ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DE LA REAPERTURA DEL FERROCARRIL DEL CANFRANC UTILIZANDO UNA TASA SOCIAL DE DESCUENTO HIPERBÓLICA

**Tabla 4.1.1.** Supuestos tomados a la hora de realizar el análisis coste beneficio.

<b>Supuestos para estimar el tráfico total de la ruta Jaca-Pau</b>	
Tráfico total ferrocarril pirineos	20% del tráfico total carretera
Tráfico por Jaca-Canfranc desviado del ferrocarril	50% del tráfico total ferrocarril
Tráfico por Jaca-Canfranc desviado de la carretera	76% del tráfico intermodal
Tráfico por Jaca-Canfranc generado por esta ruta	24% del tráfico intermodal

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente apartado, se realizará el análisis utilizando la misma metodología, pero modificando dos supuestos para reflejar un escenario pesimista en el que la demanda sea menor que en el caso base. Los supuestos que se han disminuido a la mitad son los siguientes:

- 1) El tráfico desviado del ferrocarril que pasa del 50% al 25% del total.
- 2) El tráfico desviado de la carretera que disminuye al 38% del tráfico intermodal.

### 4.2.) ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA

Una vez definidos los supuestos necesarios para llevar a cabo el análisis, se realiza la estimación de la demanda. Se trata de un punto crítico del trabajo ya que tiene un gran peso en la rentabilidad de la infraestructura y por tanto en la decisión a tomar sobre la inversión.

Para estimar la demanda de esta infraestructura se ha utilizado un modelo en el cuál se utiliza la actividad económica medida a través del PIB para predecir la demanda futura. Debido a la correlación probada entre el tráfico de mercancías y la actividad económica en diferentes estudios<sup>4</sup>, se actualizan los datos obtenidos en el pasado y se predicen los datos futuros utilizando la tasa anual del PIB.

Tomando como referencia el tráfico por carretera y el intermodal ferrocarril – carretera del año 2013, datos obtenidos en el Observatorio Hispano-Francés de Tráfico, se ha estimado el tráfico total que tendría la ruta estudiada en el caso de que fuera abierta.

---

<sup>4</sup>[http://www.strc.ch/conferences/2008/2008\\_Garcia\\_Levy\\_Limao\\_Kupfer\\_TransportIntensity\\_GDP.pdf](http://www.strc.ch/conferences/2008/2008_Garcia_Levy_Limao_Kupfer_TransportIntensity_GDP.pdf)

**Tabla 4.2.1.** Tráfico total atraído por la línea Canfranc-Pau.

<b>Año</b>	<b>Tráfico desviado ferrocarril a Canfranc (en millones tn; supuesto 50% del ferrocarril puro)</b>	<b>Tráfico desviado de la carretera (en millones tn; supuesto 76% de intermodal)</b>	<b>Tráfico generado Canfranc (en millones tn; 24% demanda intermodal)</b>	<b>TOTAL Tráfico Canfranc (en millones de tn)</b>
2020	11,634	3,050	0,963	15,647
2021	11,983	3,142	0,992	16,117
2022	12,342	3,236	1,022	16,600
2023	12,712	3,333	1,053	17,098
2024	13,094	3,433	1,084	17,611
2025	13,487	3,536	1,117	18,139
2026	13,891	3,642	1,150	18,684
2027	14,308	3,751	1,185	19,244
2028	14,737	3,864	1,220	19,821
2029	15,179	3,980	1,257	20,416
2030	15,635	4,099	1,295	21,028
2031	16,104	4,222	1,333	21,659
2032	16,587	4,349	1,373	22,309
2033	17,084	4,479	1,415	22,978
2034	17,597	4,614	1,457	23,668
2035	18,125	4,752	1,501	24,378
2036	18,669	4,895	1,546	25,109
2037	19,229	5,042	1,592	25,862
2038	19,806	5,193	1,640	26,638
2039	20,400	5,349	1,689	27,437
2040	21,012	5,509	1,740	28,260
2041	21,642	5,674	1,792	29,108
2042	22,291	5,845	1,846	29,982
2043	22,960	6,020	1,901	30,881
2044	23,649	6,201	1,958	31,807
2045	24,358	6,387	2,017	32,762
2046	25,089	6,578	2,077	33,745
2047	25,842	6,775	2,140	34,757
2048	26,617	6,979	2,204	35,800
2049	27,415	7,188	2,270	36,874
2050	28,238	7,404	2,338	37,980
2051	29,085	7,626	2,408	39,119
2052	29,958	7,855	2,480	40,293
2053	30,856	8,090	2,555	41,501
2054	31,782	8,333	2,631	42,747
2055	32,736	8,583	2,710	44,029
2056	33,718	8,840	2,792	45,350
2057	34,729	9,106	2,875	46,710
2058	35,771	9,379	2,962	48,112
2059	36,844	9,660	3,051	49,555
2060	37,949	9,950	3,142	51,042
2061	39,088	10,249	3,236	52,573
2062	40,261	10,556	3,333	54,150
2063	41,468	10,873	3,433	55,775
2064	42,712	11,199	3,536	57,448
2065	43,994	11,535	3,643	59,171
2066	45,314	11,881	3,752	60,946
2067	46,673	12,237	3,864	62,775
2068	48,073	12,604	3,980	64,658
2069	49,515	12,983	4,100	66,598
2070	51,001	13,372	4,223	68,596
2071	52,531	13,773	4,349	70,654
2072	54,107	14,186	4,480	72,773
2073	55,730	14,612	4,614	74,956
2074	57,402	15,050	4,753	77,205
2075	59,124	15,502	4,895	79,521
2076	60,898	15,967	5,042	81,907

Fuente: Elaboración propia

## ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DE LA REAPERTURA DEL FERROCARRIL DEL CANFRANC UTILIZANDO UNA TASA SOCIAL DE DESCUENTO HIPERBÓLICA

---

El tráfico total de la infraestructura se puede desglosar de la siguiente forma:

$$TT = TSP + TDf + TDc + TG$$

El tráfico sin proyecto (TSP) se considera únicamente si la inversión tiene como objetivo ampliar el tráfico de la infraestructura. En el caso de que la inversión se destine a la construcción de una nueva infraestructura, el tráfico sin proyecto sería igual a cero. Es decir, el tráfico sin proyecto es aquel tráfico que tiene la infraestructura a lo largo del horizonte temporal considerado independientemente de que se acometa la inversión o no.

El tráfico desviado del ferrocarril (TDf) es aquel tráfico que conseguiría captar la nueva ruta de otras líneas actualmente en funcionamiento en el territorio nacional. Por ejemplo, que aquellas mercancías que en la actualidad son transportadas por las rutas de los litorales pasen a ser transportadas por la nueva línea debido a su menor coste. En el caso de que esta nueva línea no fuera reabierto, las mercancías seguirían siendo transportadas por las mismas infraestructuras por las que van en la actualidad, las cuales son menos eficientes.

El tráfico desviado de la carretera (TDc) se define como el tráfico que captaría la nueva infraestructura de las carreteras que estén en el territorio nacional. Si aquellas mercancías que en la actualidad son transportadas en camiones pasaran a ser transportadas por la nueva línea, formarían parte del tipo de tráfico.

El tráfico generado por la reapertura del ferrocarril del Canfranc (TG) es aquel tráfico que tendría la nueva línea en el caso de ser reabierto y que antes, cuando esta posibilidad no existía, se alojaba en infraestructuras fuera del territorio nacional. Además, también es considerado tráfico generado aquel ya existente que genera nuevo tráfico y por otro lado, la implantación de nuevas actividades generadoras de tráfico.

Mientras que a la hora de calcular la rentabilidad financiera no haría falta desglosar cada tipo de tráfico, si que es importante hacerlo para calcular la rentabilidad económica. Esto es debido a que la variación del excedente económico de los consumidores puede ser diferente.

### **4.3.) BENEFICIOS DEL PROYECTO**

#### **4.3.1. Ingresos derivados del tráfico de mercancías**

Los ingresos procedentes del tráfico de mercancías serán recaudados por la empresa ferroviaria que opere la línea. Para calcular esta partida, se debe obtener una tarifa para cada uno de los años de actividad, expresada en € por tonelada/km. Se ha actualizado la tarifa de 2006<sup>5</sup> al IPC. Hasta el año 2016 se ha utilizado el IPC proporcionado por el INE y a partir de entonces, se ha supuesto un IPC del 3% siguiendo lo que se observa en los estudios sobre el crecimiento regional.

---

<sup>5</sup> Tarifa obtenida en la Memoria de RENFE, 2006.

Una vez obtenida la tarifa y estimada la demanda para cada año, se calcula el Valor Actual Neto de los ingresos derivados del tráfico de mercancías. En este caso, solo debemos tener en cuenta el tráfico generado por la reapertura, puesto que la demanda desviada de la carretera y de otras líneas de ferrocarril ya estaba generando ingresos bien para los camiones y para las empresas encargadas de explotar las otras líneas de tren.

#### **4.3.2. Ahorro por externalidades positivas**

La otra partida en la estructura de beneficios es la formada por aquellos efectos externos que lleva implícitos la inversión. La reapertura del Canfranc implicaría una serie de ahorros que son detallados a continuación:

##### *Reducción de los costes producidos por los camiones*

En el caso de que la reapertura no se llevara a cabo, las mercancías seguirían circulando por la carretera. Por lo tanto, en el caso de que se reabriera el ferrocarril del Canfranc, se produciría un ahorro en el coste producido por los camiones.

Para monetizar este ahorro, se ha actualizado el importe utilizado en Sainz González (2012) a euros de 2017. De esta manera, indexando al IPC, los 5,29 céntimos de 2015 pasan a ser 5,61 céntimos en 2017. Para calcular el valor total para cada uno de los años, se multiplica el volumen total de toneladas por los kilómetros que tiene la línea y otra vez por la cifra obtenida para 2017.

##### *Ahorros de congestión de la carretera*

Se producen debido a la inexistencia de congestiones en las líneas ferroviarias. La reapertura de la línea supondría un desvío de tráfico al ferrocarril y por tanto una reducción en el volumen de tráfico de las carreteras. Por lo tanto, la velocidad media a la que circulan los camiones se incrementa, disminuyendo el tiempo empleado en el transporte de las mercancías.

Para el cálculo de los ahorros de congestión correspondientes al primer año de explotación, calculamos las toneladas-km desviadas de la carretera y la multiplicamos por 2,89 céntimos de € de 2017 por tonelada/km, así obtenemos el ahorro de congestión. Esta cifra ha sido obtenida en Sainz González (2012) y actualizada a 2017 suponiendo un IPC del 3% como se ha supuesto anteriormente.

##### *Beneficio medioambiental*

Este beneficio se deriva de la menor contaminación que provoca el tráfico por ferrocarril respecto al tráfico por carretera. Para calcular este efecto, se debe considerar la diferencia entre la contaminación que produce el camión y la que produce el ferrocarril. El coste ambiental de las mercancías en el caso de ir por camión es de 4,54 céntimos de 2015 por tonelada-km. En el caso de que estas fueran por ferrocarril, el coste sería de 2,05 céntimos. Por lo tanto, el beneficio medioambiental que se produce al desviar mercancías de la carretera al ferrocarril es de 2,49 céntimos por tonelada-km. Sin embargo, también se debe considerar el tráfico generado por la reapertura de la infraestructura. Este, será computado a 2,05 céntimos por tonelada-km que es el coste medioambiental que produce el tren de mercancías.

Una vez indexados los beneficios y costes al IPC, calculamos el beneficio medioambiental total, que serán los beneficios del tráfico desviado de la carretera menos los costes del tráfico generado por la reapertura de la línea.

### *Beneficio proveniente del ahorro de accidentes*

El desvío de tráfico de la carretera al ferrocarril provoca un descenso en el número de accidentes debido a la menor siniestralidad del tráfico ferroviario. Los costes sociales en los que incurre el tráfico ferroviario son menores a los del tráfico por carretera. Estos costes incluyen víctimas mortales, pérdidas de producción, gastos médicos y costes administrativos.

Para calcular el beneficio en euros, se realiza el mismo razonamiento que para cuantificar el beneficio ambiental. El tráfico desviado de la carretera implica un coste de accidentes (4,57 céntimos de € de 2017) mayor que el asociado al ferrocarril (0,20 céntimos de €). Por lo tanto, la diferencia son 4,37 céntimos de € que multiplicamos por el volumen total de toneladas-km desviadas de la carretera al ferrocarril, calculando así el beneficio correspondiente al cambio en la composición del tráfico.

Por otro lado, también se debe tener en cuenta el tráfico generado por la reapertura. Las toneladas-km generadas se multiplican por el coeficiente correspondiente al ferrocarril (0,20 céntimos de euro de 2017) para obtener el coste de accidentes asociado al ferrocarril.

Por lo tanto, el beneficio neto correspondiente al ahorro de accidentes, es el beneficio que implica el tráfico desviado de la carretera al ferrocarril menos el coste de accidentes del tren de mercancías.

### *Ahorro de conservación de la infraestructura*

La reapertura de la línea captaría tráfico de la carretera y del ferrocarril convencional. En el caso de la carretera, un porcentaje importante de coches, autobuses y camiones dejarían de circular por esta infraestructura. En el caso del ferrocarril convencional, una menor demanda del servicio provocará una reducción del número de servicios diarios de tráfico de mercancías. Estos cambios producen una reducción del coste de mantenimiento para la empresa o administración pública encargadas de su explotación.

Para cuantificar el ahorro que se produce por lo anteriormente explicado, se han utilizado los costes unitarios de mantenimiento por vehículo-km descritos en Coto e Inglada (2003). El ahorro asociado al camión es de 2,13 céntimos de euro de 2017 por tonelada-km mientras que para el tren de mercancías es de 4,45 céntimos de euro. Para obtener el ahorro total anual, se multiplica el coste unitario por el volumen total desviado de la carretera al ferrocarril del Canfranc.

### *Reducción de costes de tren convencional*

Este beneficio se produce al ser parte del tráfico del tren convencional desviado a la nueva línea cuya eficiencia es mayor. El menor coste del ferrocarril del Canfranc sería un ahorro desde el punto de vista social que debe contabilizarse como un beneficio de la inversión. El tren convencional quedaría como un modo de transporte de mercancías marginal, salvo que la demanda de la nueva infraestructura fuera menor a lo que se ha supuesto en este análisis.

Gracias al cálculo que realiza Sainz González (2012) en su trabajo sobre la travesía transpirenaica, se ha obtenido el coste de explotación por tonelada-kilómetro a partir de las cuentas de RENFE. Éste asciende a 3,81 céntimos de euro para 2017. Por lo tanto, se multiplica el coste por tonelada-kilómetro por el volumen total de toneladas-km desviadas del ferrocarril convencional para cada año.

### 4.3.3. Agregación de las partidas de beneficios

Una vez obtenidos los diferentes beneficios con la metodología anteriormente explicada, se suman para calcular el beneficio total generado por la reapertura de la línea.

**Tabla 4.3.1.** – Cálculo de beneficios

Reducción de costes de camiones	3.034.961.825
Ahorros de congestión en la carretera	1.563.465.183
Beneficio ambiental	1.057.495.846
Beneficio de ahorro de accidentes	2.438.162.877
Ahorro de conservación de la infraestructura	1.152.311.709
Reducción de costes de tren convencional	7.861.334.529
Ingresos de explotación	1.929.287.856
<b>BENEFICIO TOTAL</b>	<b>19.037.019.825</b>

Fuente: Elaboración propia

## 4.4.) COSTES DEL PROYECTO

Los costes del proyecto se calculan como coste de oportunidad de los recursos empleados en la reapertura de la infraestructura. Es decir, se calculan los costes como el máximo beneficio social que se pudiera haber conseguido al llevar a cabo la segunda mejor alternativa, la cual se ha desechado para realizar ésta. Este es un aspecto que diferencia al análisis coste beneficio del típico análisis financiero en el cual se utilizan precios de mercado.

### 4.4.1. Partidas de costes

#### *Coste de la inversión*

Es el referido a la puesta a punto de las vías y construcción de aquellas que se encuentren en mal estado en la actualidad. También se incluye la inversión en equipos y ampliación de la infraestructura en caso de ser necesaria.

Dependiendo del trazado finalmente escogido en caso de que se reabra la línea, la inversión estaría comprendida entre 328 millones y 419 millones de € de 2017 (CESA, 2009). Debido a la falta de información sobre que trazado tiene más posibilidades de ser elegido, se ha supuesto que ambos tienen las mismas y por tanto, se ha hecho una media de las dos cifras. De esta manera, se ha trabajado con una inversión de 374 millones de € de 2017.

#### *Costes de mantenimiento de la infraestructura*

Se trata del coste necesario para mantener la infraestructura en buenas condiciones año tras año. Sin embargo, no se debe olvidar, que además de las existen más costes

## ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DE LA REAPERTURA DEL FERROCARRIL DEL CANFRANC UTILIZANDO UNA TASA SOCIAL DE DESCUENTO HIPERBÓLICA

---

de mantenimiento como son los asociados a la catenaria, seguridad y señalización y telecomunicaciones.

Con referencia a lo publicado en Coto y Martínez (2014), el coste de mantenimiento correspondiente a una vía dedicada al tráfico de mercancías asciende a 80.000€/km al año. Por lo tanto, multiplicando esta cifra por el número total de kilómetros, 275, obtenemos el coste total para el año 2020. Se ha supuesto un incremento anual del coste por kilómetro del 1,5% debido al incremento del volumen de mercancías transportadas.

### *Coste de compra de vagones y locomotoras*

Esta partida hace referencia a la necesidad de comprar tanto locomotoras como vagones para realizar el tráfico de mercancías. Una vez estimada la demanda que tendrá la línea, se puede calcular la cantidad de locomotoras y vagones que serán necesarios para llevar a cabo el servicio.

Además de la compra inicial para la puesta en marcha de la línea, se ha supuesto que los trenes se desgastan y por tanto, que la reposición es esta es continua a medida que las locomotoras no están en condiciones de utilizarse. No obstante, se ha supuesto que solo se requiere comprar el 50% de los trenes, ya que el resto, en posesión de RENFE, podrían ser reasignados a esta ruta al ser reabierto.

Para calcular los costes se han utilizado los precios de los vagones y locomotoras supuestos en Sainz González (2012) actualizados a 2020, fecha en la que empieza la compra. Estos costes ascienden a 162.343€ por vagón y 4.179.183€ por locomotora suponiendo un IPC del 3% como se ha hecho anteriormente.

### *Coste de mantenimiento del material móvil*

En este apartado se contabiliza el coste de mantener las locomotoras, los vagones y el resto del material móvil en buen estado para su correcto funcionamiento. Se ha supuesto un coste de 0,77€ por tren por kilómetro (Sainz González, 2012). El coste de mantenimiento del material móvil para cada año será por tanto, el resultado de multiplicar el número de trenes en funcionamiento por los kilómetros de la ruta por 0,77.

### *Otros costes*

Esta partida es igual a 21.170.00€ en 2020 (Sainz González, 2012). Se trata de los costes derivados del personal de estructura y del personal en trenes, remuneración de las agencias de viaje, reparación y conservación de instalaciones fijas, publicidad, estudios y consultoría, mantenimiento de talleres y seguros.

#### 4.4.2. Agregación de las partidas de costes

**Tabla 4.4.1** – Cálculo de costes

Coste de la inversión	305.969.233
Coste de mantenimiento de la infraestructura	958.477.235
Coste de compra de vagones y locomotoras	989.913.176
Coste de mantenimiento de material móvil	76.227.101
Otros costes	807.925.394
<b>COSTE TOTAL</b>	<b>3.138.512.139</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.) ESCENARIO DE DEMANDA INTERMEDIA

El análisis coste beneficio realizado por CESA en 2009 obtiene un Valor Actual Neto mucho menor al que se obtiene al estimar la demanda indexando al PIB. En vista de que se ha podido producir una sobreestimación de la demanda se ha decidido llevar a cabo un análisis paralelo. En éste, se han reducido los porcentajes de los dos supuestos comentados con anterioridad, a la mitad. La metodología usada ha sido la misma, por lo que la variación en el resultado es debida íntegramente a la variación en los dos supuestos. Se pretende, de esta manera, comprobar que ocurriría en el caso de que la demanda real fuera bastante menor a la estimada.

En este caso, la demanda total estimada para el ferrocarril del Canfranc es menor:

**Tabla 4.5.1.** – Comparación de la demanda estimada (millones de toneladas) en función de los supuestos elegidos.

	<b>2020</b>	<b>2030</b>	<b>2045</b>	<b>2060</b>	<b>2075</b>
Caso base	15,65	21,03	32,76	51,04	79,52
Caso paralelo	9,83	13,21	20,58	32,07	49,96

Fuente: Elaboración propia

La disminución en la demanda provoca que los ingresos que generaría la reapertura de la línea fueran menores. A continuación se puede observar el resultado de este análisis:

**ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DE LA REAPERTURA DEL FERROCARRIL DEL CANFRANC  
UTILIZANDO UNA TASA SOCIAL DE DESCUENTO HIPERBÓLICA**

**Tabla 4.5.2.** Cálculo del análisis coste-beneficio (Supuestos 25% - 38% Escenario pesimista – Tasa gamma)

<b>VALORES ACTUALIZADOS A 2016</b>	
Coste de la inversión	305.969.233
Coste de mantenimiento de la infraestructura	958.477.235
Coste de compra de vagones y locomotoras	621.912.753
Coste de mantenimiento de material móvil	47.889.661
Otros costes	807.925.394
<b>COSTE TOTAL</b>	<b>2.742.174.276</b>
Reducción de costes de camiones	1.517.480.913
Ahorros de congestión en la carretera	781.732.591
Beneficio ambiental	-
Beneficio de ahorro de accidentes	1.147.898.358
Ahorro de conservación de la infraestructura	576.155.855
Reducción de costes de tren convencional	3.930.667.265
Ingresos de explotación	4.983.993.629
<b>BENEFICIO TOTAL</b>	<b>12.694.340.108</b>
<b>VALOR ACTUAL NETO REAPERTURA CANFRANC</b>	<b>9.952.165.832</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8.3 en el apartado de anexos se encuentra una comparación de los resultados de este análisis y del caso base.

A pesar de que el VAN sigue siendo muy alto y acometer la inversión seguiría siendo la decisión adecuada, la modificación de los supuestos supone una disminución de más de 5.000.000.000€. Esta disminución se debe, sobre todo, a la menor reducción en los costes de tren convencional. Debido a la reducción a la mitad del supuesto del tráfico desviado del ferrocarril, el ahorro que se produce de la utilización de líneas menos eficientes es mucho menor. El beneficio de ahorro de accidentes también disminuye lógicamente al reducir el supuesto del tráfico desviado de la carretera. Por la misma razón, la reducción de costes de los camiones se reduce a la mitad.

## **5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA TASA SOCIAL DE DESCUENTO.**

A continuación, se realiza un análisis de sensibilidad de la tasa social de descuento para observar la variación en el resultado que provoca la elección de una tasa u otra. Dado el panorama macroeconómico actual, en el que los tipos de interés se encuentran en mínimos y el EURIBOR ronda el 0%, se ha decidido elegir para realizar el análisis de las tasas fijas el 5%, el 2,5% y el 1%. Una tasa más elevada del 5% sería irreal a pesar de que la mayoría de los análisis coste beneficio de los últimos años se hayan realizado con tasas fijas de entre el 5% y el 10%. Sería interesante ver como las decisiones

tomadas en el pasado cambiarían en el caso de que el mismo análisis se llevara a cabo hoy.

Como alternativa a la tasa hiperbólica gamma, se ha escogido la tasa hiperbólica que recoge el UK Green Book proporcionado por HM Treasury (2011). Se trata de un manual hecho por las autoridades británicas que explica las directrices a considerar a la hora de realizar un análisis coste beneficio. A continuación se establecen los niveles de esta tasa:

**Tabla 5.1.** – Tasa social de descuento hiperbólica UK.

Periodo en el que se encuentra la inversión	Tasa social de descuento hiperbólica UK
0-30	3.5%
31-75	3%
76-125	2.5%
126-200	2%
201-300	1.5%
300+	1%

Fuente: Elaboración propia a partir de The UK Green Book (2011)

Los resultados desglosados de este análisis se han adjuntado como anexos al final de este trabajo. Cabe resaltar que este análisis de sensibilidad se ha realizado manteniendo los supuestos iniciales (el tráfico desviado por esta ruta del ferrocarril es de un 50% y el desviado de la carretera es igual al 76% del intermodal).

El Valor Actual Neto obtenido para cada una de las tasas es el siguiente:

**Tabla 5.2.** – Resultados análisis de sensibilidad.

Tasa de descuento	VAN
5%	6.334.862.647€
2,5%	14.140.280.680€
1%	24.501.354.604€
Hiperbólica UK	11.485.555.786€
Hiperbólica gamma	15.898.507.686€

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar, la diferencia en el resultado de usar una tasa u otra es importante. En este caso, al obtener un VAN muy alto, la elección de la tasa social de descuento ya que no cambia la decisión de acometer o no la inversión. Si se utilizara la tasa social de descuento más exigente que hemos supuesto para este análisis (5%) se seguiría obteniendo un VAN positivo de más de 6.000.000.000€.

## 6. CONCLUSIONES

Una vez realizado el análisis coste beneficio de la reapertura del ferrocarril de Canfranc se llega a la conclusión, gracias al criterio de decisión utilizado, de que la puesta en marcha de la infraestructura sería, sin ninguna duda, beneficiosa para la sociedad.

Además del caso base, se ha realizado el mismo análisis suponiendo un escenario menos optimista, rebajando los supuestos de demanda, obteniendo un valor actual neto cercano a los 10.000.000.000€.

## ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DE LA REAPERTURA DEL FERROCARRIL DEL CANFRANC UTILIZANDO UNA TASA SOCIAL DE DESCUENTO HIPERBÓLICA

---

Si bien es cierto que se trata de un análisis muy sensible, pues la estimación de la demanda determina la rentabilidad de la infraestructura, se debe tener en cuenta que el único análisis coste beneficio sobre esta infraestructura también llegó a la misma conclusión (CESA, 2009).

Por otro lado, en el análisis de sensibilidad, se ha ratificado la decisión de acometer la inversión, dado que para los distintos valores de la tasa de descuento se ha obtenido un valor actual neto positivo. Es cierto, que si el análisis se realizará con algunas de las tasas de descuento utilizadas en proyectos europeos de la última década, sería posible que el valor actual neto llegará a ser negativo. No obstante, teniendo en cuenta los cambios habidos en la economía, sería necesario adaptarse a la situación actual, en la cual los tipos de interés se encuentran en mínimos históricos.

La reducción de costes provenientes del desvío de mercancías del ferrocarril convencional a esta nueva ruta sería la partida a destacar dentro de los beneficios. La gran diferencia de eficiencia entre ambas provoca que sea la partida que más beneficios produce, más incluso que los ingresos por la explotación de la línea.

El hecho de que el coste de reabrir la ruta no sea tan alto, al estar el Túnel de Somport ya construido y muchas vías en condiciones de ser utilizadas, hace que el Valor Actual Neto de la inversión alcance unos valores muy elevados. La continua inversión que se ha realizado a lo largo del siglo XX en esta infraestructura ha propiciado que la reapertura sea viable.

Por lo anteriormente expuesto, recomendaría reabrir la ruta Canfranc-Pau destinada al transporte de mercancías. A pesar de que la demanda no fuera tan alta como la estimada, la inversión está lejos de no ser rentable desde un punto de vista socioeconómico.

## 7. REFERENCIAS

COTO-MILLAN, P.; INGLADA, V. 2003. *Market Failures: the case for road congestion externalities. Essays on Microeconomics and Industrial Organization*. 2ª ed. Alemania: Physica-Verlag.

COTO-MILLAN, P.; INGLADA, V. 2004. *Social Benefit of Investment Projects: the case for high-speed rail*. 2ª ed. Alemania: Springer. ISBN: 3-7908-0104-6.

MARTINEZ, JM. 2014. *Análisis Coste Beneficio del Corredor del Atlántico de Mercancías en España*. COTO-MILLAN, P (director). Trabajo Fin de Master, Universidad de Cantabria.

CROPPER, M.; FREEMAN, M.; GROOM, B.; PIZER, W. 2014. *Declining discount rates. The American Economic Review*, **104** (5), pp 538-543.

CESA. 2009. *Posibilidades y viabilidad para la reapertura del Canfranc*. Zaragoza: Consejo Económico y Social de Aragón.

DASGUPTA, P.; MASKIN, E. 2005. *Uncertainty and hyperbolic discounting*. *The American Economic Review*, **95** (3), pp. 210-211.

COMISIÓN EUROPEA, 2006. *Guidance on the methodology for carrying out cost-benefit analysis*. European Commission, Bruselas.

GOLLIER, C.; KOUNDOURI, P.; PANTELIDIS, T.; 2008. *Declining Discount Rates: Economic Justifications and Implications for Long-Run Policy*. *Economic Policy*, **23**, pp. 757-795

HM TREASURY, 2003. *The Green Book: Appraisal and evaluation in central government*. London: HM Treasury.

FEDER, FONDO DE COHESIÓN E ISPA [sitio web] 2003. *Guía del análisis costes-beneficios de los proyectos de inversión*. [Consulta: 14 junio 2016] Disponible en: [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docgener/guides/cost/guide02\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide02_es.pdf)

FERROPEDIA [sitio web] 2016. *Ferrocarril Transpirenaico de Canfranc*. [Consulta: 28 mayo 2016] Disponible en: [http://www.ferropedia.es/mediawiki/index.php/Ferrocarril\\_Transpirenaico\\_de\\_Canfranc](http://www.ferropedia.es/mediawiki/index.php/Ferrocarril_Transpirenaico_de_Canfranc)

MINISTERIO DE FOMENTO [sitio web] 2013. *Los transportes y las infraestructuras. Informe anual 2013*. [Consulta: 10 junio 2016] Disponible en: <http://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=BTW023>

MINISTERIO DE FOMENTO [sitio web] 2014. *Los transportes y las infraestructuras. Informe anual 2014*. [Consulta: 10 junio 2016] Disponible en: <http://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=BTW027>

SAINZ, R. [et Al] 2012. *Evaluación financiera y económica de la construcción de la travesía central transpirenaica*. *Estudios de Economía Política*, **21**, pp. 81-99.

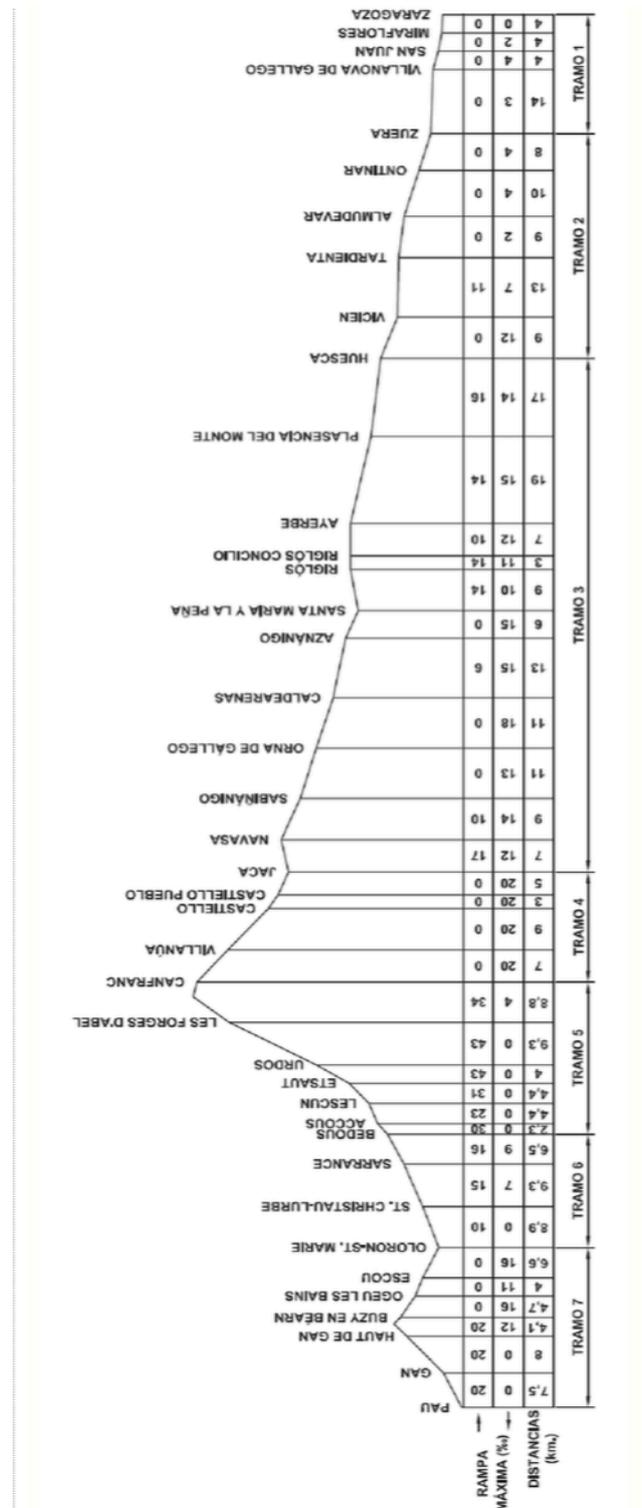
SOUTO Y NIEVES, G. 2003. *El descuento social*. *Hacienda pública española*, **165**, pp. 99-126

WEITZMAN, M. 1998. *Why the far-distant future should be discounted at its lowest possible rate*. *Journal of Environmental Economics and Management*. **36** (3).

WEITZMAN, M. 2001. *Gamma discounting*. *American Economic Review*. **91** (1), pp. 260-271.

## 8. ANEXOS

Gráfico 8.1. - Perfil del trazado de la ruta Zaragoza-Pau



Fuente: "Posibilidades y viabilidad para la reapertura del Canfranc" por CESA, 2009.

**Tabla 8.2.** Cálculo del análisis coste-beneficio (Supuestos 50% - 76% - Escenario previsto - Tasa gamma)

<b>VALORES ACTUALIZADOS A 2016</b>	
Coste de la inversión	305.969.233
Coste de mantenimiento de la infraestructura	958.477.235
Coste de compra de vagones y locomotoras	989.913.176
Coste de mantenimiento de material móvil	76.227.101
Otros costes	807.925.394
<b>COSTE TOTAL</b>	<b>3.138.512.139</b>
Reducción de costes de camiones	3.034.961.825
Ahorros de congestión en la carretera	1.563.465.183
Beneficio ambiental	1.057.495.846
Beneficio de ahorro de accidentes	2.438.162.877
Ahorro de conservación de la infraestructura	1.152.311.709
Reducción de costes de tren convencional	7.861.334.529
Ingresos de explotación	1.929.287.856
<b>BENEFICIO TOTAL</b>	<b>19.037.019.825</b>
<b>VALOR ACTUAL NETO REAPERTURA CANFRANC</b>	<b>15.898.507.686</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8.3.** Comparación de los resultados utilizando los supuestos originales y los nuevos supuestos.

<b>VALORES ACTUALIZADOS A 2016 - CASO BASE</b>	
Coste de la inversión	297.057.507
Coste de mantenimiento de la infraestructura	958.477.235
Coste de compra de vagones y locomotoras	989.913.176
Coste de mantenimiento de material móvil	76.227.101
Otros costes	807.925.394
<b>COSTE TOTAL</b>	<b>3.129.600.414</b>
Reducción de costes de camiones	3.034.961.825
Ahorros de congestión en la carretera	1.563.465.183
Beneficio ambiental	1.057.495.846
Beneficio de ahorro de accidentes	2.438.162.877
Ahorro de conservación de la infraestructura	1.087.392.740
Reducción de costes de tren convencional	7.861.334.529
Ingresos de explotación	1.929.287.856
<b>BENEFICIO TOTAL</b>	<b>18.972.100.856</b>
<b>VALOR ACTUAL NETO REAPERTURA CANFRANC</b>	<b>15.842.500.442</b>

<b>VALORES ACTUALIZADOS A 2016 - DEMANDA INTERMEDIA</b>	
Coste de la inversión	297.057.507
Coste de mantenimiento de la infraestructura	958.477.235
Coste de compra de vagones y locomotoras	621.912.753
Coste de mantenimiento de material móvil	47.889.661
Otros costes	807.925.394
<b>COSTE TOTAL</b>	<b>2.733.262.551</b>
Reducción de costes de camiones	1.517.480.913
Ahorros de congestión en la carretera	781.732.591
Beneficio ambiental	- 243.588.502
Beneficio de ahorro de accidentes	1.147.898.358
Ahorro de conservación de la infraestructura	543.696.370
Reducción de costes de tren convencional	3.930.667.265
Ingresos de explotación	4.983.993.629
<b>BENEFICIO TOTAL</b>	<b>12.661.880.623</b>
<b>VALOR ACTUAL NETO REAPERTURA CANFRANC</b>	<b>9.928.618.072</b>

Fuente: Elaboración propia

**ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DE LA REAPERTURA DEL FERROCARRIL DEL CANFRANC  
UTILIZANDO UNA TASA SOCIAL DE DESCUENTO HIPERBÓLICA**

**Tabla 8.4.** Cálculo del análisis coste-beneficio, análisis de sensibilidad (Tasa fija del 5%)

<b>VALORES ACTUALIZADOS A 2016 - TASA DE DESCUENTO 5%</b>	
Coste de la inversión	303.140.303
Coste de mantenimiento de la infraestructura	487.576.481
Coste de compra de vagones y locomotoras	407.914.372
Coste de mantenimiento de material móvil	34.264.826
Otros costes	427.587.497
<b>COSTE TOTAL</b>	<b>1.660.483.479</b>
Reducción de costes de camiones	1.301.389.172
Ahorros de congestión en la carretera	670.412.604
Beneficio ambiental	453.453.362
Beneficio de ahorro de accidentes	1.045.482.266
Ahorro de conservación de la infraestructura	494.110.327
Reducción de costes de tren convencional	3.370.933.876
Ingresos de explotación	659.564.519
<b>BENEFICIO TOTAL</b>	<b>7.995.346.126</b>
<b>VALOR ACTUAL NETO REAPERTURA CANFRANC</b>	<b>6.334.862.647</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8.5.** Cálculo del análisis coste-beneficio, análisis de sensibilidad (Tasa fija del 2,5%)

<b>VALORES ACTUALIZADOS A 2016 - TASA DE DESCUENTO 2,5%</b>	
Coste de la inversión	310.350.776
Coste de mantenimiento de la infraestructura	896.481.997
Coste de compra de vagones y locomotoras	857.980.777
Coste de mantenimiento de material móvil	69.046.878
Otros costes	763.578.600
<b>COSTE TOTAL</b>	<b>2.897.439.027</b>
Reducción de costes de camiones	2.731.780.115
Ahorros de congestión en la carretera	1.407.280.666
Beneficio ambiental	951.855.835
Beneficio de ahorro de accidentes	2.194.599.224
Ahorro de conservación de la infraestructura	1.037.199.937
Reducción de costes de tren convencional	7.076.015.642
Ingresos de explotación	1.638.988.288
<b>BENEFICIO TOTAL</b>	<b>17.037.719.707</b>
<b>VALOR ACTUAL NETO REAPERTURA CANFRANC</b>	<b>14.140.280.680</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8.6.** Cálculo del análisis coste-beneficio, análisis de sensibilidad (Tasa fija del 1%)

<b>VALORES ACTUALIZADOS A 2016 - TASA DE DESCUENTO 1%</b>	
Coste de la inversión	314.906.335
Coste de mantenimiento de la infraestructura	1.402.221.103
Coste de compra de vagones y locomotoras	1.500.538.539
Coste de mantenimiento de material móvil	114.445.307
Otros costes	1.171.201.426
<b>COSTE TOTAL</b>	<b>4.503.312.710</b>
Reducción de costes de camiones	4.606.526.329
Ahorros de congestión en la carretera	2.373.059.018
Beneficio ambiental	1.605.088.544
Beneficio de ahorro de accidentes	3.700.692.838
Ahorro de conservación de la infraestructura	1.749.001.975
Reducción de costes de tren convencional	11.932.092.256
Ingresos de explotación	3.038.206.354
<b>BENEFICIO TOTAL</b>	<b>29.004.667.314</b>
<b>VALOR ACTUAL NETO REAPERTURA CANFRANC</b>	<b>24.501.354.604</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8.7.** Cálculo del análisis coste-beneficio, análisis de sensibilidad (Tasa hiperbólica UK)

<b>VALORES ACTUALIZADOS A 2016 - TASA HIPERBÓLICA UK</b>	
Coste de la inversión	307.410.994
Coste de mantenimiento de la infraestructura	751.761.893
Coste de compra de vagones y locomotoras	711.817.771
Coste de mantenimiento de material móvil	57.116.874
Otros costes	643.312.998
<b>COSTE TOTAL</b>	<b>2.471.420.530</b>
Reducción de costes de camiones	2.242.036.532
Ahorros de congestión en la carretera	1.154.988.517
Beneficio ambiental	781.210.590
Beneficio de ahorro de accidentes	1.801.159.473
Ahorro de conservación de la infraestructura	851.254.512
Reducción de costes de tren convencional	5.807.453.346
Ingresos de explotación	1.318.873.346
<b>BENEFICIO TOTAL</b>	<b>13.956.976.316</b>
<b>VALOR ACTUAL NETO REAPERTURA CANFRANC</b>	<b>11.485.555.786</b>

Fuente: Elaboración propia