



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD LA CORUÑA - BILBAO

Trabajo realizado por:
Alfredo Ruiz Jaldón

Dirigido:
Saúl Torres Ortega
Pedro Díaz Simal

Titulación:
Grado en Ingeniería Civil

Santander, junio de 2016

TRABAJO FINAL DE GRADO

ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD LA CORUÑA – BILBAO

Autor Alfredo Ruiz Jaldón

Directores Saúl Torres Ortega y Pedro Díaz Simal

Convocatoria Julio, 2016

Palabras Clave Análisis de viabilidad económica, Alta Velocidad y Análisis Coste-Beneficio.

Actualmente se vive en un mundo conectado. Esto no solo hace referencia a términos tecnológicos como se puede observar, por ejemplo, en el día a día con el creciente uso de los Smartphone o las redes sociales, sino también a las conexiones físicas, siendo estas: las carreteras, las líneas ferroviarias o los puentes aéreos. En el norte peninsular, entre las comunidades de Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco, se ha detectado un claro déficit en las uniones entre ciudades en lo que respecta al transporte público de una forma veloz. Se describirá la situación actual a través de un barrido por las diferentes posibilidades, haciendo hincapié como es de esperar en el ferrocarril, y más profundamente, en la línea de ancho métrico que sustenta el enlace norte peninsular. A su vez la mala situación de la actual de red de líneas de ancho métrico en la zona cantábrica y el diferente ancho entre las rutas disponibles en el territorio plantean para este trabajo final de grado los siguientes objetivos.

En primer lugar, se repasará la historia del ferrocarril y su evolución hasta nuestros días para entender la evolución y la configuración de las líneas actuales del territorio. Se estudiará en detalle la situación de la cornisa cantábrica, ya que es la que nos atañe.

En segundo lugar, se analizarán las diferentes posibilidades de una línea de Alta Velocidad que abarque la franja norte, con sus características y sus costes. Cada alternativa será analizada económicamente, para así valorar la viabilidad del futuro proyecto. Esta línea de AV sería una clara oportunidad de conexión con el sur de Francia a través de Irún y con Zaragoza, ciudad que actuaría como eje intercambiador ofreciendo la posibilidad de llegar hasta Barcelona, Madrid o el Mediterráneo.

En tercer lugar, se pretende adecuar el ancho de vía (optar por el ancho estándar en declive del métrico) para evitar la pérdida de dinero y tiempo en los intercambios de trenes. Esto podría llevar a un posible crecimiento económico en el ámbito empresarial y turístico debido a las mejoras de las conexiones con el resto del territorio.

En última posición, es básica la mejora de las vías actuales del sistema FEVE. Es una meta que se debe abordar inminentemente ya que las velocidades de conexión que presentan son pésimas.

Todos estos objetivos juntos hacen que tome peso el planteamiento de una línea de Alta Velocidad en el norte de la Península Ibérica, ya que con ella se sopesan todos los problemas y se cumplen los objetivos anteriormente redactados.

Se realizará un estudio de la unión existente entre Coruña y Bilbao partiendo por lo tanto como base la Autovía del Cantábrico (eje norte español), A-8, y se centrará después en las carreteras que se aproximan a las estaciones de trenes: A-6¹ en el entorno de Coruña o A-67² en Santander. Se sabe que los trazados de una carretera con un ferrocarril, ya sea en planta o de perfil, no comparten la misma normativa por lo que se deberán aplicar una serie de coeficientes correctores a la hora de ajustar a unos datos más próximos a la realidad.

Se quieren plantear una serie de alternativas que estarán incluidas dentro del amplio abanico que abarca desde la situación actual hasta la construcción total de una nueva línea de Alta Velocidad. Las diferentes alternativas se basarán en la modificación de los diferentes tramos de vía en los que se ha dividido nuestro estudio: Coruña-Gijón; Gijón-Santander; y, Santander-Bilbao. A su vez se redactarán las diferencias que existen entre una nueva línea proyectada de alta velocidad o las antiguas líneas de ancho métrico que actualmente se encuentran en uso.

Se estudiará el análisis económico del que se ha hecho uso para la elaboración del proyecto. En este caso se ha elegido la opción del análisis coste-beneficio, más comúnmente conocido como ACB por su abreviación. Es una herramienta financiera de alta efectividad que mide la relación entre los costes y los beneficios asociados a un proyecto de inversión con el objetivo de evaluar su rentabilidad. Llegados a esta comparación, el proyecto se deberá llevar a cabo cuando la relación entre costes y beneficios seas menor que 1, o en unas palabras más claras, cuando los beneficios superen a los costes totales. Este será el criterio final para la aceptación o el rechazo de un proyecto de una infraestructura para el futuro. Así, en este caso en particular, en la construcción del AVE en el norte peninsular será rentable o no a partir de lo que parece una simple división.

Se establecerán y definirán parámetros como el horizonte temporal, la tasa de descuento o el año de referencia. De este misma forma se relatarán y monetizarán impactos tales como el ahorro de tiempo, la mejora de la seguridad, el favorecimiento del sector terciario, el desarrollo del turismo, la ocupación del territorio o impacto visual. Como indicador final se ha seleccionado el valor actual neto (VAN) que consiste en un método con el que se calculará en valor presente para unos flujos económicos de años venideros.

En el proyecto actual se pretende amortizar los costes que genera la infraestructura, ya que se publican numerosos artículos en contra del AVE. A menudo en obra civil se da por hecho una pérdida de capital en favor de los beneficios que la obra acarreará a la sociedad. Se quiere destacar esto, ya que, por ejemplo, no es

¹ Autovía del Noreste que une Madrid con La Coruña.

² Autovía Cantabria – La Meseta

común escuchar voces o leer noticias relacionadas a cubrir costes de construcción en autovías.

Tras el trabajo realizado en Excel que incluirá los costes de construcción, mantenimiento y explotación, los impactos negativos y positivos monetizados, la venta de billete y el número de usuarios se arrojan los siguientes resultados para las distintas alternativas.

		Tramo	VAN
Alternativa 1	1A	La Coruña - Gijón	- 4.262.691.963,81 €
	1B	Gijón - Santander	- 1.920.825.036,05 €
	1C	Santander - Bilbao	- 269.015.557,88 €
Alternativa 2	2A	La Coruña - Santander	- 5.003.075.427,69 €
	2B	Gijón - Bilbao	- 2.052.642.253,10 €
Alternativa 3		La Coruña - Bilbao	1.767.260.318,38 €

Tabla 1. Resultados de las alternativas.

Se podrá afirmar que se alcanza una opción positiva y por lo tanto la construcción del AVE La Coruña - Bilbao sería económicamente rentable. Todo esto se sustenta en función de los parámetros utilizados, pero, ¿y si estos variasen?, ¿qué pasaría si finalmente obtuviésemos un VAN negativo? Después de “navegar” en libros, estudios, artículos, noticias de prensa, etc. muchos de ellos útiles, otros tantos con fundamentos que no se sostienen y se basan en lo que la gente quiere leer o escuchar, puedo afirmar que esta disyuntiva entre AVE si o AVE no, solo existe en esta infraestructura. ¿Por qué nadie se plantea la rentabilidad de una autopista o autovía? ¿Qué beneficios económicos obtiene España de la red de autopistas si la gran mayoría de estas son gratuitas? Las respuestas ante estas cuestiones, todos las basarían con la irrefutable contundencia de que es necesaria una conexión entre ciudades. Esto mismo ocurre, actualmente, con el pésimo sistema ferroviario del norte español desarrollado desde finales del siglo XIX y todavía en uso.

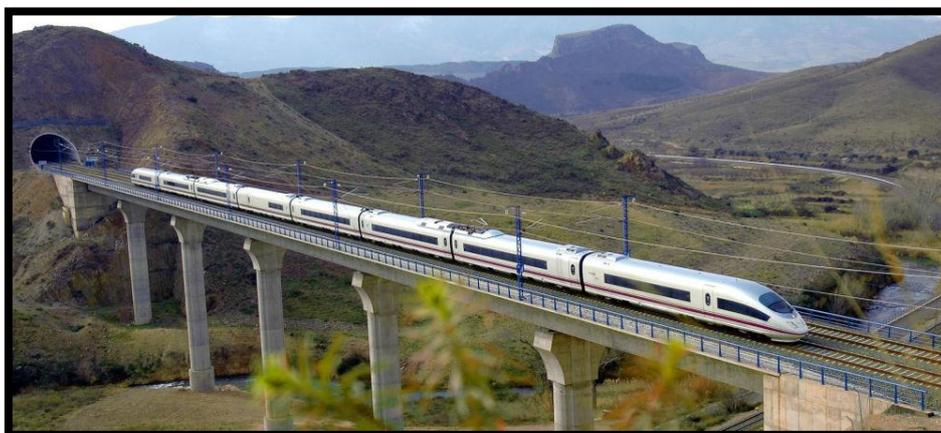


Ilustración 1. Tren de Alta Velocidad Española.

ECONOMYC FEASIBILITY ASSESMENT OF HIGH SPEED LINE LA CORUÑA – BILBAO

Author Alfredo Ruiz Jaldón

Directors Saúl Torres Ortega and Pedro Díaz Simal

Date July 2016

Key Words Economical feasibility analysis, High-Speed Railway and Cost–benefit analysis.

Nowadays we live in a connected world. This does not only apply to technological terms as seen, for example, on a daily basis with the increasing use of smartphones or social networks, but also to physical connections such as roads, railway lines or air routes. In northern Spain, it has detected a clear lack of fast connections between cities regarding public transport systems among the regions of Galicia, Asturias, Cantabria and the Basque Country. The current situation will be described by studying the different possibilities, emphasizing as expected on the railroad, and carrying out a deeper analysis on the metre gauge line that supports the northern Spain lines. At the same time, the poor conditions of the current network of meter-gauge lines in the Cantabrian area and the different width between the routes available in the territory set the following objectives for this thesis.

First of all, railroad history and its evolution until the current dates will be reviewed in order to understand the evolution and configuration of the current lines in the territory. The situation of the Cantabrian coast will be studied in detail, since it is the one that affects this thesis.

Secondly, the different possibilities of a high-speed line covering the northern area with its characteristics and costs will be analysed. Each alternative will be studied economically in order to assess the feasibility of the future project. This high speed line would be a clear opportunity to establish a connection with the south of France through Irun and Zaragoza, which will act as an interchange centre, offering the possibility of travelling to Barcelona, Madrid or the Mediterranean.

Thirdly, it is intended to adapt the gauge (choosing the standard gauge instead of the meter gauge) to avoid the loss of money and time in train exchanges. This could lead to a possible economic growth in the business and tourism sector due to the improvements in the connections with the rest of the territory.

Lastly, it is essential to improve the current FEVE lines. This is a goal that should be addressed immediately as the connection speeds they currently hold are very low.

All these goals together give a strong potential to the possibility of a high speed line in the north of the Iberian Peninsula, as it addresses all the issues and goals that have been previously exposed.

A study of the existing connection between Coruña and Bilbao will be held, starting with the Cantabrian motorway (Spanish north axis), A-8 as its base and focusing in the roads that approach train stations: A-6**, in the surroundings of Coruña, or A-67** in Santander. It is known that the layout of a road and a railway do not share the same regulations, neither in plain nor profile, reason why some adjustments should be done to set the data available as close to reality as possible.

A series of alternatives are proposed that will be included within the wide range that cover from the current situation to the overall construction of a new high-speed line. The various alternatives will be based in the modification of the different sections in which our study has been divided: Coruña-Gijón, Gijón-Santander and Santander-Bilbao. At the same time, the differences between the new designed line and the old metric gauge lines currently in use will be exposed.

The economic analysis used for the development of the project will be studied. In this case, the chose option for the analysis has been the cost-benefit analysis, also known as CBA. It is a highly effective financial tool that measures the relationship between the costs and benefits associated with an investment project in order to assess their profitability. Given this comparison, the project should be carried out when the relationship between costs and benefits is lower than 1, or in clearer words, when the benefits outweigh the total costs. This will be the final criterion for the acceptance or rejection of a future investment project. Thus, in this particular case, the construction of an AVE line in the north of Spain will be profitable or not from what look like a simple division.

Parameters such as time horizon, discount rate or reference year will be established and defined. Impacts such as time saving, safety improvement, tertiary sector increase, tourism development, land occupation or visual impact will also be exposed and monetized. As a final indicator the net present value (NPV) method has been chosen. This is a method that will calculate the economic flows in future years.

In the current project, it is intended to amortize the costs generated by the infrastructure, since many articles against AVE have been published. In civil constructions, it is often assumed a capital loss on behalf of the benefits that it will bring to society. This wants to be highlighted because, for example, there are not many voices or read articles about covering construction costs in freeways.

After the works undertaken with Excel that include the construction, maintenance and operation costs, the negative and positive impacts monetized, ticket sales and number of users, the results obtained for the different alternatives are the followings.

		Section	VAN
Alternative 1	1A	La Coruña - Gijón	- 4.262.691.963,81 €
	1B	Gijón - Santander	- 1.920.825.036,05 €
	1C	Santander - Bilbao	- 269.015.557,88 €
Alternative 2	2A	La Coruña - Santander	- 5.003.075.427,69 €
	2B	Gijón - Bilbao	- 2.052.642.253,10 €
Alternatiea 3		La Coruña - Bilbao	1.767.260.318,38 €

Table 1. Alternative results.

As seen from the results above, there is only one choice with positive balance, and therefore the construction of an AVE line La Coruña – Bilbao is economically profitable. All this is sustained on the basis of the used parameters, but what if these parameters change? What would happen if we obtain a negative NPV value? After “navigating” in books, studies, articles, press release, etc. many of them useful, others with basis that are not sustained and are that are only based in what people want to read or listen, I can say that this dilemma of whether AVE or not AVE only exists in this kind of infrastructure. Why does nobody wonder about the profitability of a freeway or a motorway? What economic benefits does Spain obtain from these freeway networks are mostly free? The answer to all these questions, will all be based in the irrefutable truth of the need to connect cities. This same thing happens nowadays with the lousy railway network in the north of Spain, developed since the late nineteenth century and still in use.

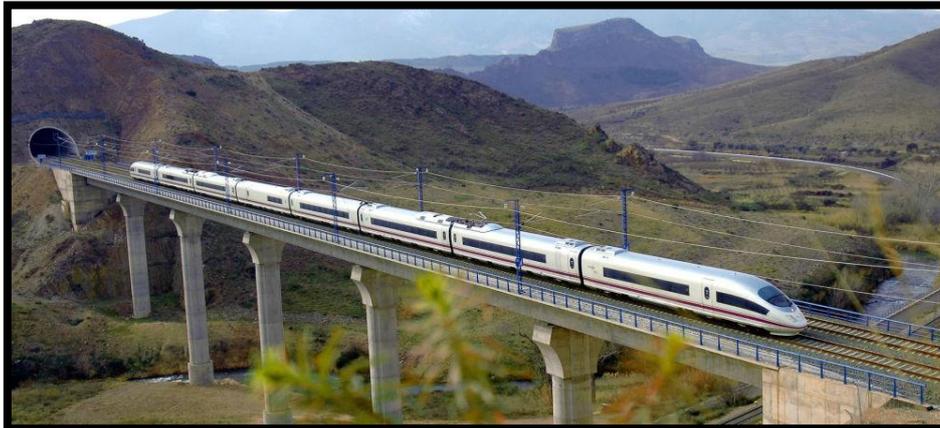


Illustration 1. High-Speed Rail in Spain.

Tabla de contenido

1	Introducción	4
1.1	Objetivos	5
2	Ferrocarriles en España	7
2.1	Pequeños pasos por la historia del ferrocarril en España	7
2.1.1	Primeros sistemas de transporte por raíles	7
2.1.2	Ferrocarriles en Europa	8
2.1.3	Inicios del ferrocarril en España	8
2.1.4	Época de las grandes compañías	9
2.1.5	Ferrocarriles de vía estrecha.....	11
2.1.6	Trasporte por raíles en las ciudades	11
2.1.7	Primeras líneas electrificadas	11
2.1.8	Crisis del ferrocarril	11
2.1.9	Guerra Civil	12
2.1.10	La llegada de las nacionalizaciones	12
2.1.11	Decadencia del sistema	13
2.1.12	El nuevo ferrocarril	13
2.1.13	El AVE	14
2.1.14	Siglo XXI	14
2.2	Red Actual de Ferrocarriles en España.....	14
2.2.1	Visión General	14
2.2.2	Estudio de la red en función del ancho de vía	20
2.2.3	Líneas de Alta Velocidad Española.....	22
3	Zona de estudio, líneas de ancho métrico:	25
3.1	Autovía del Cantábrico: eje del nuevo proyecto	28
3.2	Problema, solución y propuesta	30
4	Propuesta.....	31
4.1	Diferentes alternativas	31
4.2	Estudio de las condiciones generales de las vías	32
4.2.1	La infraestructura	32
4.2.2	La superestructura	33

4.2.3	El ancho de vía	37
4.2.4	Geometría y trazado	38
5	Análisis Coste-Beneficio.....	42
5.1	Definición	42
5.2	Metodología	43
5.2.1	Identificar el proyecto	43
5.2.2	Definir parámetros básicos.....	43
5.2.3	Definir y estudiar los impactos	44
5.2.4	Aportar un valor monetariamente	46
5.2.5	Calcular indicador	47
5.2.6	Analizar sensibilidad	47
6	Análisis numérico	48
6.1	Costes de la construcción	48
6.2	Costes de explotación y mantenimiento	49
6.2.1	Costes de explotación.....	49
6.2.2	Costes de mantenimiento	50
6.3	Listado de Impactos	51
6.3.1	Sociales:	51
	Ahorro de tiempo.....	51
	Incremento de la calidad y el confort.	51
	Mayor seguridad.....	51
	Mejora de la movilidad.....	51
	Conexión con Francia y Zaragoza- Mediterráneo.....	51
6.3.2	Económicos:	51
	Favorecimiento del sector terciario.....	52
	Crecimiento e implantación de empresas.....	52
	Desarrollo del territorio.	52
	Descentralización y expansión de los servicios y las empresas.	52
6.3.3	Turismo:.....	52
6.3.4	Ambientales:	52
	Ocupación del espacio, impacto visual y efecto barrera.	52
	Eficiencia, sostenibilidad y consumo de energía.....	52

6.3.5	Ordenación del territorio:.....	53
6.4	Monetización de los impactos	53
6.4.1	Sociales:	53
	Ahorro de tiempo.....	53
	Incremento de la calidad y el confort.	55
	Mayor seguridad.....	55
6.4.2	Económicos y turismo:	56
6.4.3	Ambientales:	57
	Eficiencia, sostenibilidad y consumo de energía.....	57
6.5	Billetes de ave.....	58
6.5.1	Precio:.....	58
6.5.2	Número de usuarios:.....	59
7	resultados	64
7.1	Alternativa 1: 1 tramo	64
7.1.1	Alternativa 1A: La Coruña – Gijón.....	64
7.1.2	Alternativa 1B: Gijón – Santander:	65
7.1.3	Alternativa 1C: Santander - Bilbao:	67
7.2	Alternativa 2: 2 tramos	68
7.2.1	Alternativa 2A: La Coruña - Santander:.....	68
7.2.2	Alternativa 2B: Gijón - Bilbao:	69
7.3	Alternativa 3: Construcción completa (3 tramos)	70
7.3.1	Alternativa 3: La Coruña - Bilbao:.....	70
8	Conclusiones	72
9	Índice de figuras.....	74
10	Bibliografía	77

1 INTRODUCCIÓN

Actualmente se vive en un mundo conectado. Esto no solo hace referencia a términos tecnológicos como se puede observar, por ejemplo, en el día a día con el creciente uso de los Smartphone o las redes sociales, sino también a las conexiones físicas, siendo estas: las carreteras, líneas ferroviarias o los puentes aéreos. En el norte peninsular, entre las comunidades de Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco, se ha detectado un claro déficit en la unión entre ciudades en lo que respecta al transporte público de una forma veloz. En los siguientes párrafos se describe la situación actual a través de un barrido por las diferentes posibilidades, acompañadas éstas de diversos ejemplos.

En cuanto al transporte aéreo, actualmente en auge, únicamente la aerolínea Vueling¹ proporciona el servicio que comunicaría Bilbao y La Coruña. Destacar que este trayecto solo sería de ida, ya que en el itinerario inverso (La Coruña - Bilbao) contempla una escala (Madrid o Barcelona) por lo que este desplazamiento lleva consigo una duración de más 6 horas y 25 minutos (tiempo aparte de facturación, embarq, etc.). Los precios de la única opción que se plantearía comprar (Bilbao – La Coruña) resultan económicos si se prevé con cierta antelación la necesidad de adquirir los billetes (posibilidad de compra desde 34,99€), pero éste se dispara ante una obtención repentina (se podría alcanzar un gasto cercano a 285€). Lógicamente, ambos aeropuertos no se encuentran en el centro de la ciudad, por lo que habría que tener en cuenta, también, las pérdidas económicas y temporales de desplazamiento desde éstos a los centros culturales o de negocios de las ciudades.

Respecto a lo que se refiere al transporte terrestre, se dispone de un abanico de tres opciones: autobús, tren o vehículo privado. La primera alternativa presenta un claro inconveniente: la velocidad y la comodidad. 8 horas y 25 minutos es la duración mínima de tiempo que nos plantea Alsa² entre Bilbao y La Coruña, debido a esto se descarta totalmente este servicio entre ciudades lejanas, ya que se quieren buscar desplazamientos rápidos y queda reflejado que no cumple el objetivo primordial. Un posible desplazamiento ficticio sería Santander – Oviedo, éste llevaría como mínimo 2 horas y 15 minutos, teniendo como característica fundamental la eventualidad del servicio y denegándose la facilidad de llegada a la ciudad ovetense a una hora temprana. En cuanto a la comodidad, las líneas Alsa tienen claras deficiencias. Un ejemplo podría ser que sólo la gama Premium³ o Supra⁴ ofrece la posibilidad de una toma de corriente para poder trabajar a bordo. (Alsa - Nuestra Flota). La alternativa ferroviaria en el norte peninsular es prácticamente nula. Se encuentra poca oferta debido a que los trenes recorren la deficiente vía de ancho métrico que no permite

¹ Aerolínea española de bajo coste con sede en El Prat de Llobregat

² Alsa Group S.L.U. es una empresa multinacional dedicada al transporte de pasajeros por carretera (autobús)

³ Servicio más exclusivo de la compañía Alsa, Sólo está disponible en 4 líneas y ninguna de ellas abarcar nuestro tramo de estudio.

⁴ Alta gama de Alsa. Destaca por pequeñas ventajas en cuanto a comodidad y servicios.

alcanzar grandes velocidades. Esto sumado al elevado número de paradas hace que un recorrido Santander – Oviedo ejecutable (200 km aproximadamente) lleve en torno a 5 horas. Se observa como este tipo de trenes se encarga únicamente del intercambio de los grandes núcleos rurales con los pequeños y estos últimos entre ellos, pero la opción de conectar ciudades es inverosímil. Esto, más adelante, quedará reflejado en el estudio actual del sistema de ferrocarriles. En cuanto al vehículo privado, como su propio nombre indica, no estaría accesible a toda la población. Recientemente se ha incrementado el uso de BlaBlaCar⁵ entre personas de 18-35 años para desplazamientos puntuales. No se ha generalizado el uso de esta plataforma para viajes periódicos, porque depende de la disponibilidad de que otro usuario realice este trayecto. Por cuestiones obvias la contratación de un taxi resulta descartada.

Otra deficiencia detectada es la diferencia de ancho entre las vías utilizadas en España. En la franja norte que envuelve esta problemática está en uso la vía de ancho métrico a diferencia del resto del territorio español donde se encuentra el ancho de vía internacional o estándar (1435mm) y el ancho ibérico (1668mm). Esto supone pérdidas económicas en el transporte de mercancías debido a que la carga deberá ser trasladada de un tren a otro para su posible llegada al centro peninsular, por ejemplo, o a la única posibilidad de elección de transporte por carretera. Esto influye, negativamente, en la decisión de los inversores que implantarán la industria en otros puntos mejor conectados con el resto del territorio.

Las mismas características orográficas que hicieron que en el pasado se decidiese el establecimiento del ancho métrico frente al ibérico, por razones económicas, provocan en la actualidad daños en estas vías. El puntual desprendimiento de piedras, la fuerte climatología, etc. han hecho que en algunos tramos de la línea Ferrol – Bilbao deban ser revisados.

1.1 OBJETIVOS

Teniendo en cuenta la problemática que se describe en el apartado anterior, los fines que se proponen conseguir serán los siguientes:

En primer lugar, se quiere repasar la historia del ferrocarril y su evolución hasta nuestros días para entender la evolución y la configuración de las líneas actuales del territorio. Se estudiará, obviamente por formar parte de España, la situación de la cornisa cantábrica en detalla, ya que es la que nos atañe.

En segundo lugar, se analizarán las diferentes posibilidades de una línea de Alta Velocidad que abarque la franja norte, con sus características y sus costes. Cada alternativa será analizada económicamente, para así valorar la viabilidad del futuro proyecto.

⁵ Empresa que pone en contacto personas que realizan un mismo desplazamiento. Éste se realizara con el vehículo privado de uno de estos.

Con todo esto se pretende encontrar un transporte público que permita conectar las principales ciudades del norte de España que envuelven la problemática presente (desde La Coruña hasta Bilbao) con una cierta comodidad y velocidad. Esto a primera impresión solo se podría conseguir a través de la inserción de varios enlaces aéreos, que a priori no podrían ser de bajo coste salvo ayudas por parte de los gobiernos, o a través de una línea de tren de alta velocidad. Esta línea, a su vez, sería una clara oportunidad de conexión con el sur de Francia a través de Irún y con Zaragoza, ciudad que actuaría como eje intercambiador ofreciendo la posibilidad de llegar hasta Barcelona, Madrid o el Mediterráneo.

En tercer lugar, se pretende adecuar el ancho de vía (optar por el ancho estándar en declive del métrico) para evitar la pérdida de dinero y tiempo en los intercambios de trenes. Esto podría llevar a un posible crecimiento económico en el ámbito empresarial y turístico debido a las mejoras de las conexiones con el resto del territorio.

En última posición, es básica la mejora de las vías actuales del sistema FEVE. Es una meta que se debe abordar inminentemente ya que las velocidades de conexión que presentan son pésimas.

Todos estos objetivos juntos hacen que tome peso el planteamiento de una línea de Alta Velocidad en el norte de la Península Ibérica, ya que con ella se sopesan todos los problemas y se cumplen los objetivos anteriormente redactados.

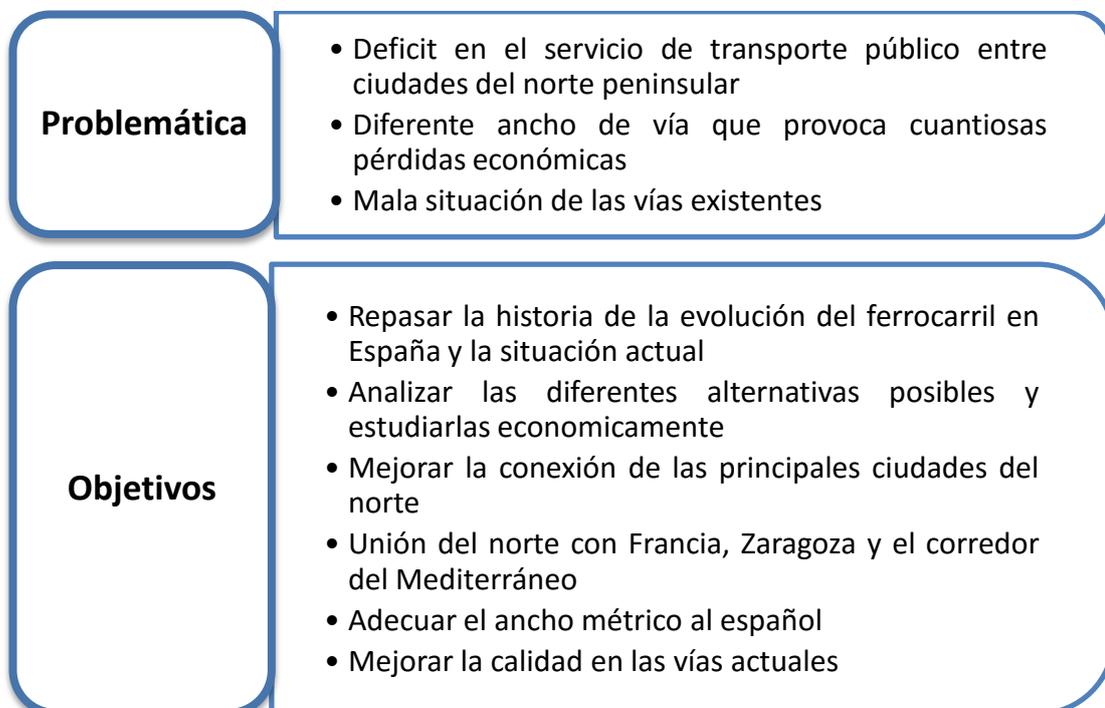


Figura 1. Resumen de los problemas y objetivos

2 FERROCARRILES EN ESPAÑA

El ferrocarril es un medio de comunicación propenso a ser contemplado con nostalgia y romanticismo. Es, sin lugar a ninguna duda, muy adecuado para el transporte de grandes cantidades de mercancías y un grandísimo flujo de pasajeros. Se pensó en el ferrocarril como un medio imprescindible para la modernización económica y el desarrollo industrial, aunque tal y como se impulsó en las últimas décadas no alcanzo la adecuación que se consiguió en otros países de Europa (Miguel Muñoz Rubio, Javier Vidal Olivares, 2001). El problema de éste han sido las continuas inversiones por parte del Estado que han derivado en una pérdida continua de dinero con el fin de mantener la demanda o, incluso, mejorar la oferta-demanda y que en muchos tramos de la historia no estuvieron para nada justificados. En lo referido a accidentes, están claramente marcados por su bajísima frecuencia, como el de Santiago en el 2013 (79 fallecidos y alrededor de 130 heridos) el de Chinchilla en 2003 (19 fallecidos y 50 heridos) o el del Metrovalencia en 2006 (43 fallecidos y 47 heridos) (Francisco Comín Comón, Pablo Martín Aceña, Miguel Muñoz y Javier Vidal Olivares, 199).

2.1 PEQUEÑOS PASOS POR LA HISTORIA DEL FERROCARRIL EN ESPAÑA

La actual situación de la red española de ferrocarriles será más fácilmente comprensible si se realiza un pequeño estudio de la historia del ferrocarril. De esta forma se podrá entender cómo han ido construyendo, desapareciendo y evolucionando muchas de ellas a lo largo de todos estos años.

Como esto no es un trabajo sobre la historia y evolución del ferrocarril y los trenes se presentará un resumen desde los primeros trasportes sobre raíles que datan del siglo VI a.C. hasta la actualidad puntualizando los momentos claves. Datos como que en España que en el año 1950 se trasportaba el 51% de las mercancías por ferrocarril y en el 1992 el 5% debería hacer reflexionar a ingenieros y economistas (Miguel Muñoz Rubio, Javier Vidal Olivares, 2001). Se pueden encontrar algunas razones de éstas fluctuaciones en el mercado de las mercancías más adelante.

2.1.1 Primeros sistemas de transporte por raíles

Como se acaba de nombrar fue en el siglo VI a.C. cuando los griegos, en el Istmo de Corinto⁶, comenzaron a utilizar la técnica del transporte de carga sobre raíles. Los esclavos eran los encargados de empujar plataformas sobre unas hendiduras previamente talladas en la piedra. En Europa las primeras noticias acerca de todo esto las encontramos en una famosa vidriera de la catedral de Friburgo de Brisgovia⁷ que data del 1350 d.C. aproximadamente. Estas primeras vías se construían con madera y las fuerzas humana o animal eran las utilizadas para el desplazamiento de los objetos. A raíz de 1550 comenzaron a aparecer en las minas líneas de vía estrecha para el transporte de los materiales del interior al exterior. Del año 1786 data la primera línea

⁶ Franja tierra que une el Peloponeso con la Hélade, la Grecia continental

⁷ Ciudad de sur de Alemania que cuenta con 220.000 habitantes.

de ferrocarril como tal; esto es, primera línea fabricada con hierro, aunque cierto es, que se trata solo de una chapa que recubre el material que de antaño se utilizaba en las vías. En 1790 se comenzaron a usar los primeros raíles de acero y 30 años después, en 1820 con la invención de hierro forjado, se superaron los problemas de fragilidad y longitud. Finalmente en 1857 comenzaron a fabricarse carriles de acero completamente.

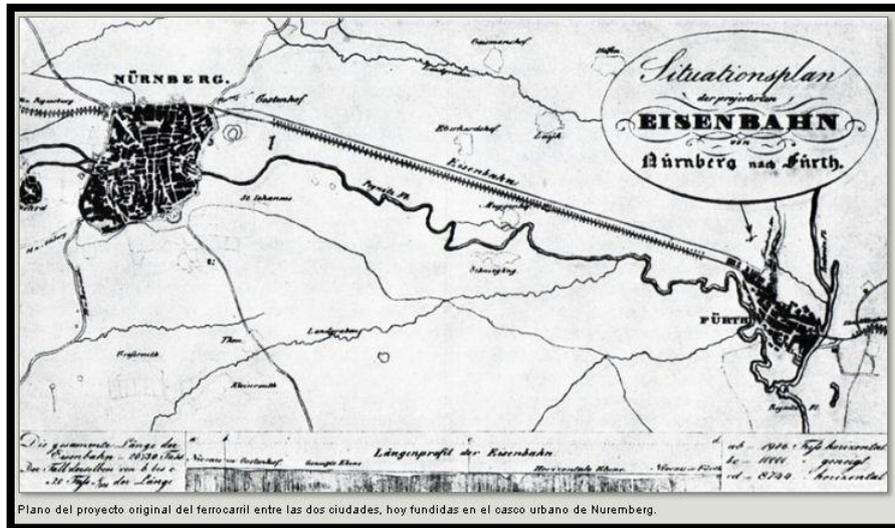


Figura 2. Línea Ludwigsbahn Núremberg-Fürth

2.1.2 Ferrocarriles en Europa

Fue el 15 de abril de 1830 cuando se inauguró la primera línea de ferrocarril que conectaba en Inglaterra las ciudades de Manchester y Liverpool. La locomotora era capaz de alcanzar los 16 km/h, y con ella se empezarán a asentar las bases de la tracción de vapor hasta la actualidad; es decir, a partir del 1830 comenzó la edad de oro del ferrocarril. El tráfico de pasajeros y mercancías se intensificó de manera sorprendente y la ayuda del aumento de la velocidad hacía que se evaporasen las distancias que antes se creían muy difíciles de superar. Comenzaron a instalarse las primeras líneas en Estados Unidos, Francia, Alemania, Bélgica, Italia o Canadá.

2.1.3 Inicios del ferrocarril en España

Debido a que este proyecto está ubicado en España, habrá que centrarse a partir de ahora en dar las pinceladas más importantes de los acontecimientos ferroviarios en nuestro país, ya que de esta forma se logrará entender mejor la distribución y desarrollo actual de las líneas en el territorio.

A pesar de haber creado con anterioridad en Cuba (figura 3) la primera línea ferroviaria española, no fue hasta el 1848 cuando se inauguró la primera dentro del territorio peninsular. Ésta unía las localidades de Barcelona y Mataró. Madrid - Aranjuez, Langreo - Gijón o Alar del Rey - Santander fueron otras que fueron creadas en los años posteriores.



Figura 3. Primer ferrocarril español (Cuba, 1848)

Las primeras líneas están vinculadas a la inversión privada, y el papel confuso y poco articulado que desempeñó el Estado favoreció la corrupción y los favoritismos de algunas concesiones ferroviarias para beneficio de ciertas empresas.

Debido a los avances surgidos en Francia, Alemania o Inglaterra, se decidió apoyar este medio en España. Las críticas positivas y negativas no tardaron en llegar y ello desembocó en la intervención del Ministerio de la Gobernación⁸, el cual encargó realizar un estudio con los problemas técnicos y financieros que pudiesen presentarse en el futuro con la realización de las nuevas líneas previstas, ya que estas eran mucho más ambiciosas que las anteriores y necesitaban de una mayor inversión. De este modo se decidió que el ancho de vía debían ser seis pies castellanos; es decir, 1672 mm. Este ancho ibérico antiguo ha sido motivo de bastantes discusiones y a la larga ha condicionado el desarrollo frente a Europa. La decisión de éste se basó en la alta capacidad de producción de vapor que tienen las locomotoras en función de su ancho, que se ve influido lógicamente por el de la vía.

2.1.4 Época de las grandes compañías

Comienza el boom de las grandes compañías ferroviarias y con ellas como es lógico nuevas líneas que se convertirán en las principales de la época, que serán las siguientes: Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España (Ferrocarril Madrid - Hendaya que terminaría con la construcción de la vía hasta Irún); la Compañía de los Ferrocarriles de Madrid a Zaragoza y Alicante centrada en la expansión hacia Zaragoza, Andalucía y el Mediterráneo; la Sociedad de los Ferrocarriles de Almansa a Valencia y Tarragona que finalizó el tramo entre estas dos

⁸ Departamento gubernamental español, que desempeñó sus funciones intermitentemente y que en 1977 fue sustituido por el Ministerio del Interior.

últimas ciudades; La Compañía del Ferrocarril de Córdoba a Sevilla que se impuso con esta obra dominando la ruta del medio Guadalquivir; y, la compañía de Ferrocarril de Córdoba a Málaga (¿Cómo funcionan los trenes?, 2013).

Se produjo en el año 1866 la conocida como Primera Crisis económica del capitalismo español. Los bancos y las sociedades de crédito se vieron totalmente arrastrados a la bancarrota por las grandes compañías ferroviarias. Las pocas mercancías y pasajeros que en realidad se desplazaban hicieron que los inversores privados se desplomaran junto con las compañías que habían estado favoreciendo esta grandísima especulación. Sólo las dos compañías más fuertes: Compañía de Madrid a Zaragoza y la del Norte son las únicas que consiguen mantenerse. Se convierten, de esta forma, en las mayores del país después de la quiebra de las otras que hizo que se expandieran.

Todo esto dio un gran giro con el comienzo de la restauración. En esta época se promueve la Ley de los Ferrocarriles de 1877, que dará un impulso a la expansión ferroviaria y con ello a la creación de nuevas compañías como la Compañía de los Ferrocarriles de Madrid a Cáceres y Portugal, la Compañía de Ferrocarril de Zafra a Huelva. El capital inglés se vio reflejado en compañías como: The Málaga and Gibraltar Railway Company o The Great Southern os Spain Railway Company Limited (Jorge Sanz Mongay, 1998).

Tras todo esto, algunas compañías se fusionan creando así unas nuevas más fuertes y solidas. Se construyen grandes estaciones como Atocha en Madrid o la Estación del Norte en Valencia (ambas continúan operativas en la actualidad). Con estas dos operaciones se consolida el sector ferroviario en España (Pedro Pablo Ortúñez Goicolea, 1999).



Figura 4. Líneas ferroviarias creadas hasta 1900

2.1.5 Ferrocarriles de vía estrecha

Los ferrocarriles de vía estrecha comienzan a aparecer a finales del siglo XIX en el norte peninsular debido a la cercanía de la Cordillera Cantábrica que daba lugar a una difícil orografía. Éstos se utilizaban con anterioridad en minería y, a partir de este momento, dieron el salto al transporte de mercancía y pasajeros. La línea de Ferrocarril de La Robla, que comunica León con Bilbao (todavía en uso), será una de las más importantes. Compañías importantes de esta zona geográfica serán algunas como: El ferrocarril Bilbao - Santander, Los Ferrocarriles Vascongados, el Ferrocarril Vasco - Navarro o el Ferrocarril de Langreo. También se desarrollan algunos en Levante, Cataluña, Mallorca o Aragón, pero con su uso es más local y a pequeña escala (Miguel Muñoz Rubio y Domingo Cuéllar).

2.1.6 Transporte por raíles en las ciudades

Aunque no es parte de este estudio, destacar la aparición de los tranvías y los ferrocarriles metropolitanos que vinieron de la mano del siglo XX, aunque los primeros tranvías que se conocen fueron los de Madrid (1871), Barcelona (1872), Bilbao (1896), y Cartagena (1898) que llegaron con algo de antelación. Cabe destacar la gran acogida que obtuvo la primera línea de metro de Madrid en 1919 con 14 millones de usuarios en su primer año. Tal fue el éxito que, de inmediato, se comenzaron a construir otras 2 líneas que estarían operativos para el 1926 (Félix Rodrigo, 2010).

2.1.7 Primeras líneas electrificadas

Las primeras líneas electrificadas surgen a raíz de la necesidad de aportar más energía a las locomotoras para salvar grandes pendientes. Esto hace que la Compañía de los Caminos de Hierro del Sur lo haga por primera vez en el año 1912 en la línea que cubría el traslado entre Almería y Linares. Como es lógico la Compañía de Caminos de Hierro del Norte se lo planteó para sus antiguas líneas que tienen que salvar grandes desniveles en la Cordillera Cantábrica. Un ejemplo sería el Puerto de Pajares, uno de los más duros de España, al que la electrificación supuso que las locomotoras circularan con más potencia y ofreciendo mejores condiciones. La mayoría de los tramos electrificados se encuentran en el norte peninsular (Irún – Alsasua, Barcelona – Manresa o Zumárraga – Zumaya) (Wikipedia, 2016).

2.1.8 Crisis del ferrocarril

La Primera Guerra Mundial supuso un frenazo importantísimo en el desarrollo del ferrocarril a pesar de la posición neutral que tomó España. El ferrocarril se ve ampliamente saturado ya que se incrementó la demanda de los países extranjeros de los productos de la industria española. Además, resultó difícil la importación de carbón que servía como combustible para las líneas. Esto sumado a las viejas instalaciones y maquinarias hizo que se planteara la nacionalización. Pese a las valoraciones positivas de esta idea, lo que se hizo fue aportar capital a las empresas privadas (subvenciones) para que creasen nuevas líneas y adecuasen las ya existentes. Todos

estos medios que se emplearon resultaron simplemente ser un parche, debido a que con la Crisis económica de 1929⁹ y la proclamación de la Segunda República¹⁰ cayeron en picado las compañías. El Plan de enlaces ferroviarios fue la idea que se promulgo para evitar esta caída, y consistía en reorganizar la red para hacerla girar en torno a ciudades grandes como Madrid o Barcelona.

2.1.9 Guerra Civil

Los ferrocarriles se convirtieron en el medio estratégico de comunicación para el transporte de suministros y tropas en el territorio. En la zona republicana, donde se concentraron el mayor número de las 4.000 locomotoras y los 100.000 vagones, se decidió por la expropiación y nacionalización del sector en lo que se denominó la Red Nacional de Ferrocarriles; en cambio, las antiguas compañías continuaron con su labor en la zona franquista, aunque estarán organizadas por las autoridades militares. Como es lógico con el fin de acabar con los suministros de los contrarios ambos bandos boicotearon numerosas líneas de ferrocarril del oponente, y a su vez construyeron otras nuevas con el fin de aproximarse a los objetivos. Como dato anecdótico, comentar que las redes metropolitanas de Madrid y Barcelona funcionaron como refugio antiaéreo y almacén de material de guerra. Tras la guerra, y debido a la desesperante situación, la Dictadura Franquista opto por nacionalizar todas las compañías con ancho de vía ibérico mientras que las de ancho métrico se mantuvieron en manos de sus propietarios por algún tiempo más (Francisco Cayón Gracia y Miguel Muñoz Rubio, 2005).

2.1.10 La llegada de las nacionalizaciones

Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles – RENFE; este fue el nombre que recibió la empresa estatal que nacionalizó las compañías de vía ancha; esto es, todas aquellas con un ancho de vía de 1668 mm. Las primeras medidas que se tomaron fueron: restablecer la maltrecha red, ya que tras la Guerra muchos tramos estaban seriamente dañados o destruidos; y unificar los reglamentos y señales de los más de 12400 km de vía que contenía. En esta época tuvo lugar lo que se conoce como el peor accidente ferroviario de España. La mala organización junto con la mala fortuna hizo que en un túnel próximo a Torre del Bierzo colisionasen un expreso-correo con otro tren. Ambos quedaron paralizados en el interior del túnel y con la llegada y el impacto de un convoy de mercancías se produjo un incendio que causo la muerte de entre 200 a 500 personas. Nunca se supo la cifra exacta (Viana).

Durante la Segunda Guerra Mundial, España permaneció apartada. Apartada en dos sentidos: no participó en la guerra; y debido a la localización respecto a Europa se impidieron los transportes con el exterior de las mercancías (materias primas y productos elaborados) lo que supuso un atraso increíble para la industria nacional.

⁹ Crisis económica mundial que se prolongó durante la década de 1930. También es conocida como La Gran Depresión.

¹⁰ Régimen político democrático que existió en España entre el 14 de abril de 1931 (sustitución del monarca Alfonso XIII) y el 1 de abril de 1939 (instauración del régimen franquista)

El TALGO (Tren Articulado Ligero Giocoechea Oriol) fue el único avance de esta oscura época. Poco después de los experimentos empezó a funcionar el TALGO I en las vías de RENFE.

Se aprueba en el año 1949 un Plan General de Reconstrucción y Reformas Urgentes que vuelve a dinamizar la economía ferroviaria, pero esto no duraría mucho, ya que sobre los años 60 se decide consolidar la red existente debido a un informe del Banco Mundial. Esta reforma busca que el ferrocarril sea rentable económicamente. Para llevar a cabo el objetivo, en términos generales, esto conlleva un progreso grandísimo: renovación de vías, progresiva sustitución de las locomotoras de vapor por las eléctricas y de diesel, mejora de los sistemas de seguridad y comunicaciones, aumento del número de viajeros, etc. Se consigue establecer una velocidad comercial de 140 km/h en toda la red de RENFE.

Ferrocarriles de Vía Estrecha – FEVE; Tras la desaparición de numerosas líneas de ancho métrico, la antigua compañía EFE (Explotación de Ferrocarriles por el Estado) se vio obligada a reemprender su camino con esta nueva nomenclatura. (Wikipedia, 2016).

2.1.11 Decadencia del sistema

El monopolio del ferrocarril se vio bruscamente afectado por los innovadores vehículos a motor que irrumpieron en el panorama nacional con muchísima fuerza. Lógicamente, ésto se dejó notar más en las zonas urbanas, como en los tranvías, que vieron como se acercaba su extinción para dar paso a los coches. Tampoco se profundizó en las causas que dieron lugar a la pérdida de importancia del ferrocarril. El principal problema fue el cambio que sufrió estructuralmente el país, con su consecuente cambio de mercancías (menor volumen, pero más valor) que favorecían el transporte por carretera frente al ferroviario.

Se produjo en los años 70 la Crisis del petróleo que frenó notablemente la economía española, pero esto no fue excusa para comenzar con las pruebas de la Alta Velocidad (190 km/h). La electrificación de las redes fue una medida que debió emprenderse fuertemente tras la escasez de la energía proporcionada por el petróleo y era clave en la búsqueda de esas grandes velocidades.

2.1.12 El nuevo ferrocarril

Contrato Programa, así se llamo al acuerdo firmado en 1979 en el que el Estado se compromete a aportar los recursos necesarios para la explotación y las inversiones y RENFE se volcó con la de elaborar de un plan para la mejora de sus servicios y de esta forma su recuperación. Más tarde se observa que la rentabilidad económica de la red no es sustentable debido a que el 68% del tráfico se concentra en 5000 km de los 13.500 existentes. Comenzaron de esta forma a cerrarse las líneas que se “consideraban” deficitarias. Recalcar el “consideraban”, ya que muchas de ellas se vieron afectadas por informes falsos que se basaban en empeorar la realidad.

FEVE por su parte comienza a ceder a algunas autonomías las competencias de varias de sus líneas, por lo que se desvincula de ellas. Su función a partir de ahora

se enfocará en las cercanías y ofrecerá el Tren Turístico Transcantábrico como un servicio estrella, que a día de hoy sigue en funcionamiento.

Con el Plan de Transporte Ferroviario creado en 1986-87 se pretende circular a velocidades superiores a 200 km/h, y para ello se debía establecer una doble vía a 200km/h en el triangulo Madrid –Barcelona –Valencia. Llegados a este punto, el NAFA (Nuevo Acceso Ferroviario a Andalucía) decide que la alta velocidad se construya con el ancho de vía estándar, también conocido como internacional, medio o UIC; es decir, 1435 mm. Con estas nuevas consignas se comenzó a construir la primera línea de alta velocidad que se inauguró el 14 de abril de 1992 y que uniría Madrid con Sevilla (ciudad organizadora de la Expo de ese mismo año). Con el increíble crecimiento surgido alrededor de las grandes ciudades (Barcelona, Madrid o Valencia) se instauran las líneas de cercanías para dar servicio a la periferia.

La directiva europea 91/4410 decretó la liberación del transporte ferroviario en España, y por la tanto la compañía RENFE debió dividirse en varias unidades de negocio que son las siguientes: Cercanías, Media Distancia, Larga Distancia, Alta Velocidad y Mercancías.

2.1.13 EI AVE

Este medio alcanzaba los 300 km/h. Tras la apertura de la línea Madrid-Sevilla, se puso en marcha el Plan Director de Infraestructuras con el que se pretendía en 15 años poner en sistema un gran número de kilómetros en la red que funcionasen como alta velocidad. Madrid - Barcelona; Madrid – Segovia - Valladolid; la “Y” vasca; Zaragoza - País Vasco, etc. son algunos de los ejemplos. Los años de bonanza (que tenemos en mente puesto que son bastante recientes) hacían que se planteasen incluso líneas que a día de hoy nadie se vería capacitado para dar el visto bueno. Más tarde se profundizará la red actual y en ella se explicará algo más sobre esto.

2.1.14 Siglo XXI

Con la Ley del Sector Ferroviario se da fin al monopolio que se tenía sobre la red desde que se acabo la Guerra Civil. Surgieron de este modo dos nuevos organismos: ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias) y Renfe Operadora. El primero, será el responsable de administrar la gestión de infraestructuras y realizar las inversiones para la construcción de las futuras nuevas líneas; y el segundo, en régimen de competencia con otras empresas se encargará del transporte mercantil y de pasajeros. FEVE se disolvió más tarde y quedó separada de la misma manera que anteriormente. Se continuó con el crecimiento en la Alta Velocidad con líneas como La Sagra - Toledo, Córdoba - Málaga o Madrid - Levante.

2.2 RED ACTUAL DE FERROCARRILES EN ESPAÑA

2.2.1 Visión General

No hay mejor forma, como cabe esperar, de mostrar la red que con una serie de mapas (desde la figura 5 a la 18) que aclaren lo que se explica. De esta forma,

además, se profundizará más tarde en la zona de estudio: la franja norte, desde Galicia (La Coruña) hasta El País Vasco (Bilbao) pasando por las regiones de Asturias y Cantabria.

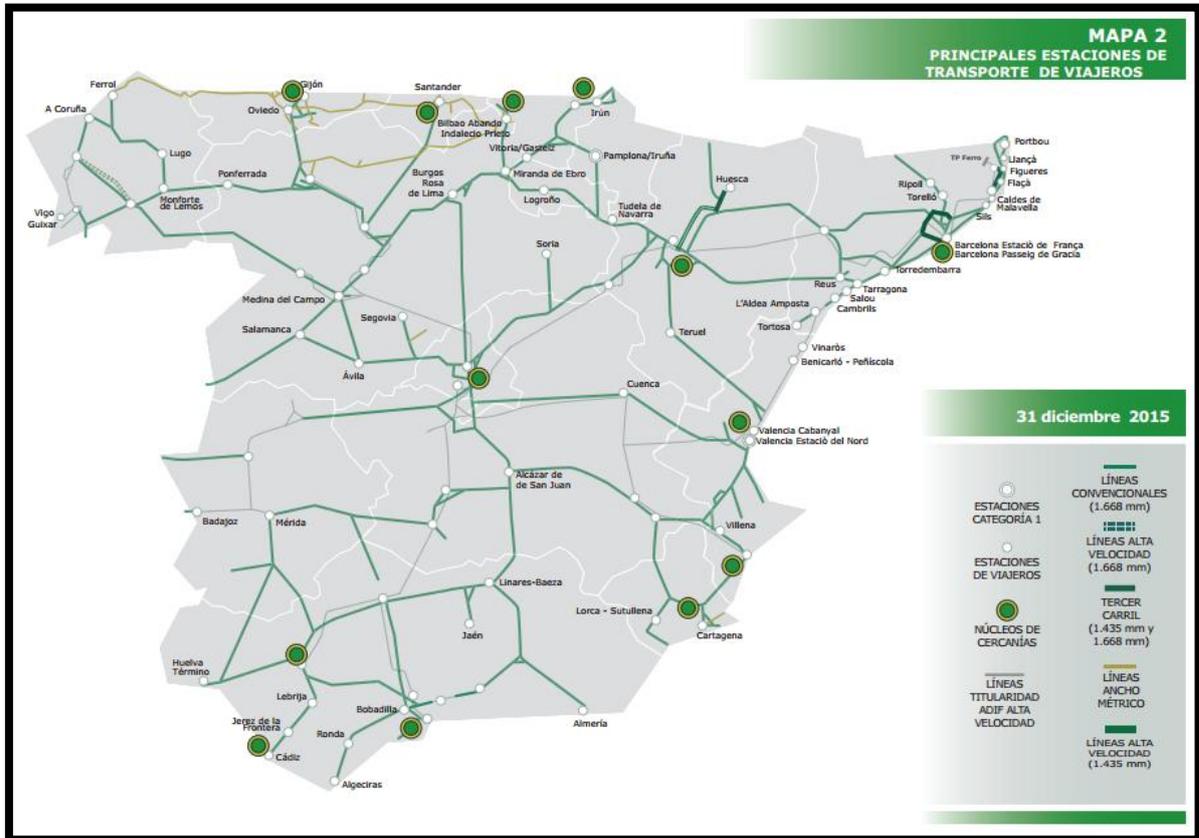


Figura 5. Red Ferrocarriles (2013) con las principales estaciones

Gracias a los mapas que facilita la Declaración de Red de Adif y haciendo uso de estas imágenes se entra en materia y se explica la red. Estas son las características más relevantes que se pueden encontrar a simple vista:

1. Consiste en una red centralizada. Es sabido que España se configura radialmente; esto es, todas las comunicaciones se organizan en torno a un centro, que como es lógico, por importancia y situación geográfica, será la capital del país, Madrid.
2. En segundo lugar, vemos como se acumulan las líneas ferroviarias en la zona costera de Cataluña, estos se debe principalmente a la función de enorme motor económico que desempeña esta comunidad y a su estratégica localización como paso hacia Europa. Como es razonable las líneas se establecen en su gran mayoría cercanas a la Costa Brava puesto que de esta forma se salvará la Cordillera de Los Pirineos.
3. El corredor del Mediterráneo es el tercer punto destacable. Se completa de esta forma la comunicación Este del País. Dará servicio al este de Andalucía, Murcia, Comunidad Valenciana y Cataluña. Bien desarrollado ya que se

evitarán los desplazamientos hasta el centro peninsular por la característica desarrollada en el punto 1.

4. En cuanto a las comunicaciones con el extranjero, lógicamente se debe diferenciar entre los países vecinos, Francia y Portugal. Con el primer país, que será la puerta con el centro europeo destacar dos líneas de Alta Velocidad: Irún (País Vasco) y Figueres (Cataluña). Con el país luso se poseen varias conexiones (Vigo, Salamanca o Badajoz) por lo que podemos concluir que la comunicación con los países colindantes es buena.
5. En cuanto a la franja norte y que, lógicamente, es el estudio del proyecto, dos puntualizaciones muy importantes: el amplio desarrollo en la “Y” Vasca para dar servicio a su tremenda industria y a las 3 ciudades principales (Bilbao, Vitoria y San Sebastián); y, la falta de un ferrocarril de “calidad” entre las comunidades autónomas bañadas por el Mar Cantábrico (Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco).

Visión aparte merece el estudio de las velocidades como se muestra en la figura 6. Se destacan las velocidades máximas que se alcanzan en los tramos que conforman la red española pero de los que no poseen alta velocidad. Tampoco se expone la red métrica ya que más adelante se desarrollará en detalle.

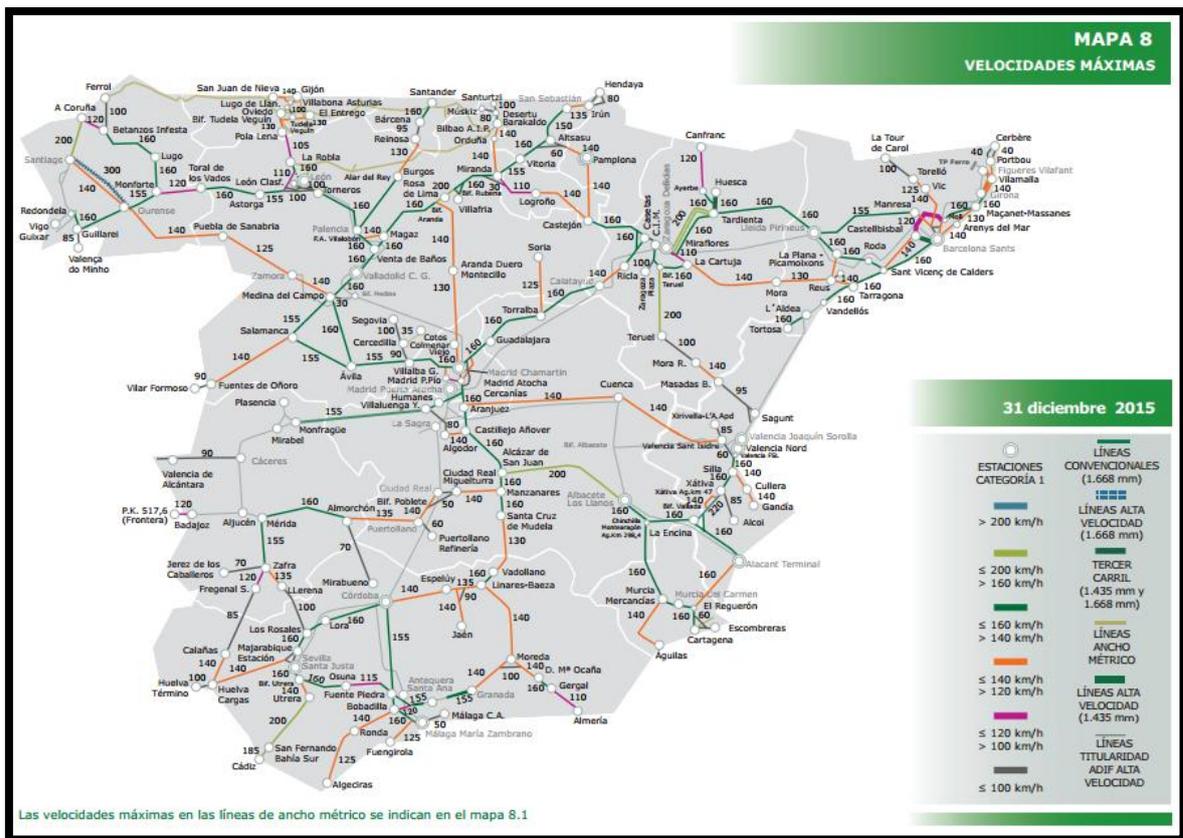


Figura 6. Velocidades máximas

A continuación se resaltan las rampas características de la red ferroviaria. Al igual que ocurre en la anterior ilustración la importancia no recae sobre la Alta Velocidad ni sobre el norte de España.

Se debe explicar el término “Rampa Característica” el cual se refiere al valor de rampa con el que se estudian las cargas máximas. Debido a ésto, este término resulta el más restrictivo. Además influirá en datos como, por ejemplo, la pérdida de velocidad, el daño del material motor por sobreesfuerzos, o la posibilidad de arranque de un tren que deba pararse. Habitualmente se hace uso de las milésimas y se refiere a la altura ganada en función de la distancia horizontal recorrida.

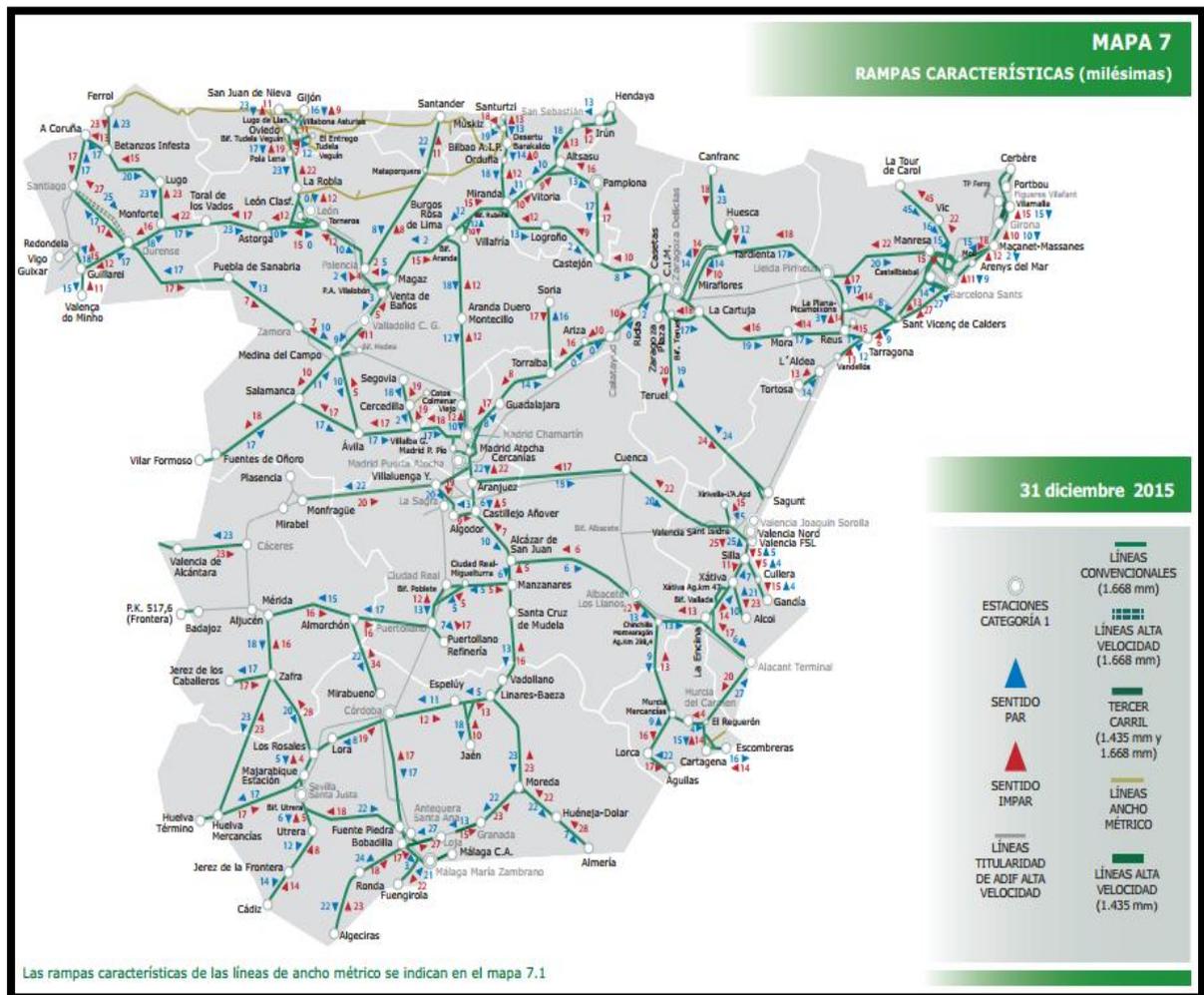


Figura 7. Rampas características (milésimas)

Otra característica destacable será la longitud de cada tramo como se expone en la siguiente imagen. Ciertamente es que no se trata de una característica primordial, pero la visión de los caminos hace imaginar el gran número de kilómetros de los que dispone el servicio en la actualidad. En los siguientes puntos se expondrán clasificados los kilometrajes en función del ancho de vía:

1. Ancho ibérico (1.668 mm): 11.624 km de vías. 3.137 km vía doble electrificada, 72 km vía doble sin electrificar, 3.301 km vía única electrificada, 5.113 km vía única sin electrificar.
2. Ancho estándar (135 mm): 2.365 km de vías: 2.240 km vía doble y 125 km de vía única.
3. Ancho mixto: 119 km de vías. 91 km de vía doble electrificada y 28 km de vía única electrificada.
4. Vía estrecha: 1.790 km de vías. 298 km de vía doble electrificada, 497 km de vía única electrificada y 995 km de vía única sin electrificar. (Wikipedia, la enciclopedia libre, 2016)

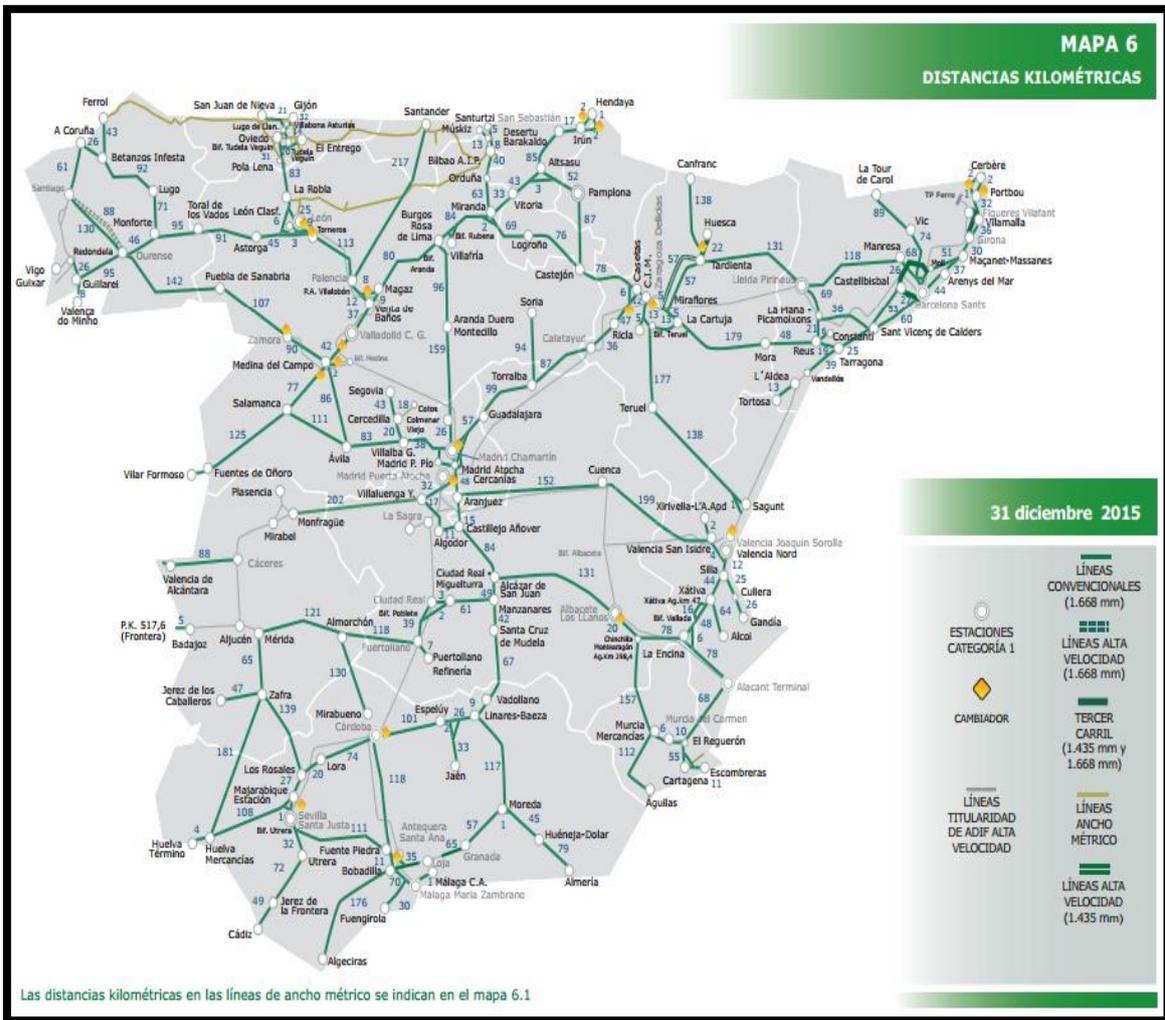


Figura 8. Distancias kilométricas por tramo

Respecto a la longitud máxima de los trenes de viajeros en función del tramo a recorrer, Adif proporciona la siguiente información en la figura 9; mientras que en la figura 10 resalta los centros logísticos mercantiles que se encuentran esparcidos por el territorio.

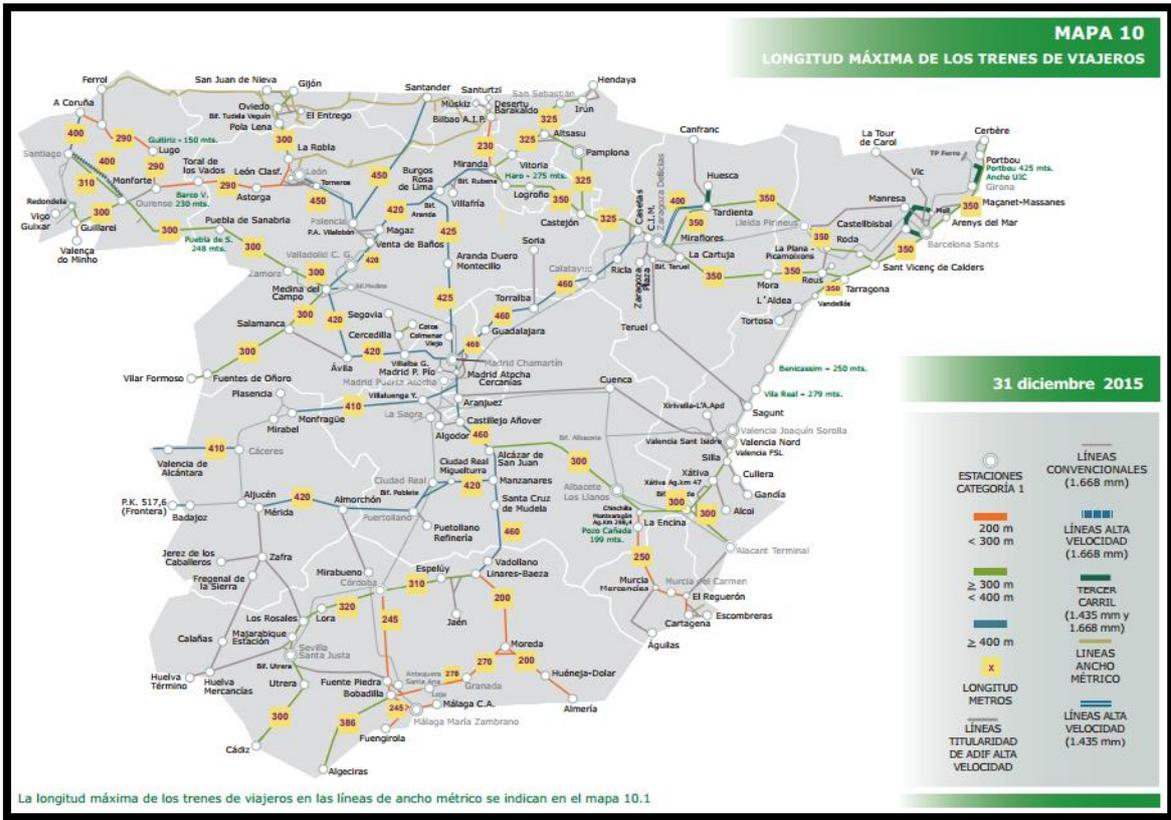


Figura 9. Longitud máxima para los trenes de viajeros

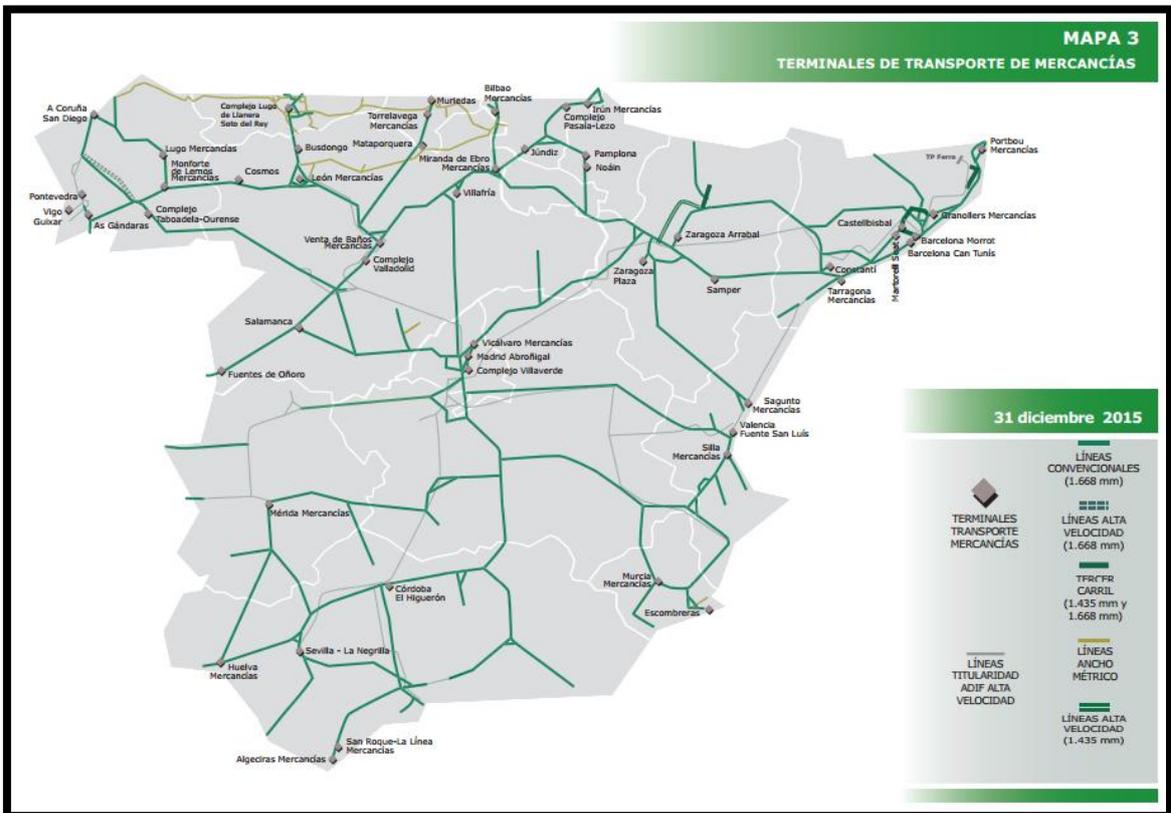


Figura 10. Instalaciones logísticas principales de mercancías

2.2.2 Estudio de la red en función del ancho de vía

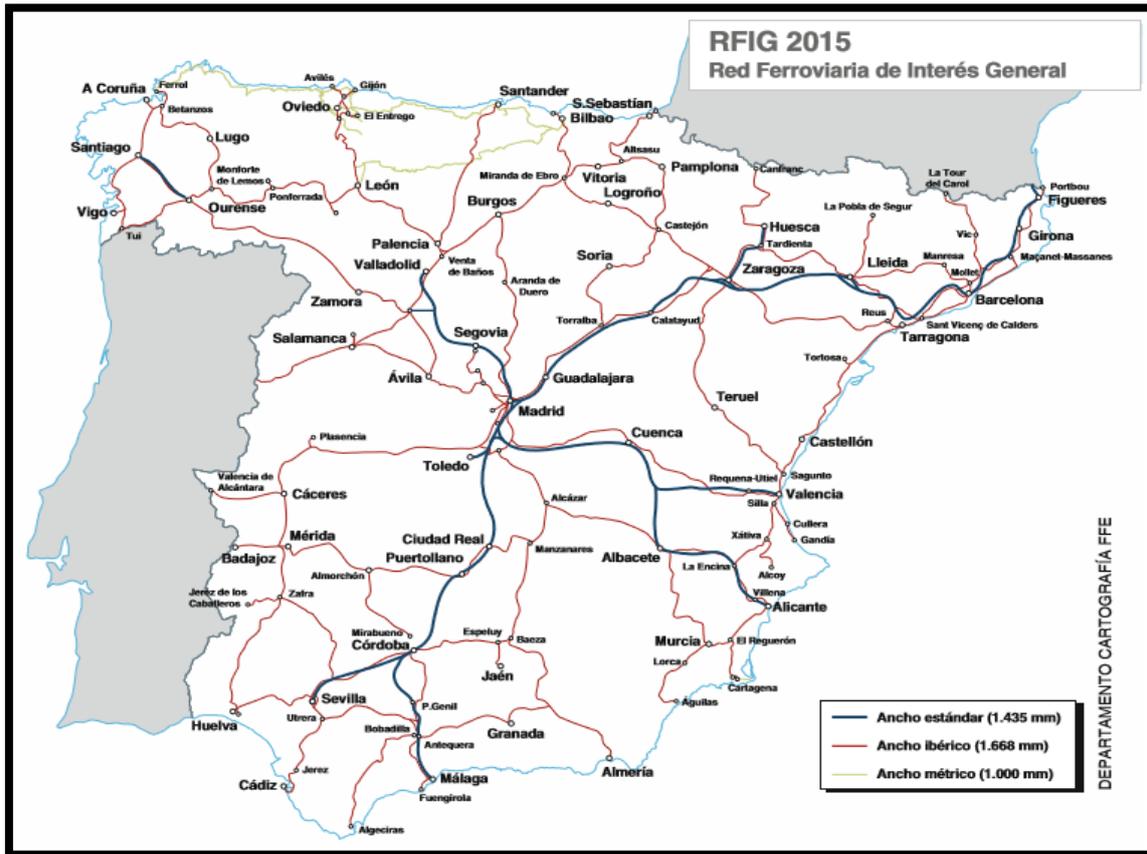


Figura 11. Anchos de vía en la red

La leyenda muestra claramente los 3 anchos que se encuentran sobre la geografía:

1. Ancho estándar - 1.435mm: representa las líneas más recientes, aunque también se utilizó en algún ferrocarril secundario anteriormente. El ancho internacional es el elegido para las líneas que se están construyendo actualmente: ya sean vías de Alta Velocidad o de la Red Secundaria.
2. Ancho ibérico - 1.668mm: el mayor número de kilómetros está formado por este ancho y da uso a líneas secundarias-convencionales del país. Se construyó así con el fin de dotar a las locomotoras de vapor de más anchura para de esta forma aumentar la capacidad de éstas. Anteriormente se ha expuesto la idea de que este ancho supuso un atraso respecto al resto de Europa debido a que en la frontera con Francia se debía cambiar de tren. No resulta muy aparatoso el costo monetario en el caso de pasajeros (aunque si en calidad y confort), pero en el caso de mercancías esto suponía una pérdida de tiempo y convoyes demasiado grande. Para evitar este caos se decidió implantar en ancho anteriormente descrito.
3. Ancho métrico - 1.000mm: FEVE tiene distribuidos 1.192 km de este tipo de vías (la red métrica más extendida de Europa) en el Norte de España entre las provincias de La Coruña, Lugo, Asturias, Cantabria, Burgos, Palencia y León; y

en Murcia (línea: Cartagena-Los Nietos). Más tarde se entrará en detalle respecto esta red, ya que como se ha explicado en los problemas al comienzo del proyecto supone un déficit en el Norte del país.

Estos diferentes cambios en los anchos supusieron en el pasado un grandísimo atraso en la comunicación con Europa. Lógicamente, con la introducción del ancho UIC en España se debía planear una solución a este problema. Esto se resolvió con los cambiadores de ancho. En estas instalaciones se modifica el ancho de vía de un vehículo ferroviario de forma automática o manual. Este sistema da la posibilidad de continuar sin hacer trasbordos ni cambios de ejes. El mecanismo es sencillo de entender: el tren deberá disponer de la posibilidad de que sus ruedas se desplacen hacia el interior o exterior a través de un eje (durante el transcurso normal del tren este ancho estará fijado a través de cerrojos). El cambiador poseerá un ancho de vía a cada lado. Se eleva el tren que se deslizará a través de unos patines mientras que sus ruedas quedan libres por el descenso de estas y el cerrojo queda liberado. La operación contraria se realizará para su posterior ajuste.

En la figura 12 se muestra la localización de los cambiadores, así como su tipo. Aquellos que se encuentran en el centro peninsular son los que se encargan de modificar el ancho de las líneas antiguas y las de nueva construcción; los que vemos en la frontera se tratan de líneas antiguas en ambas partes de la frontera, ya que como hemos descrito en párrafos anteriores, el problema viene siendo arrastrado desde hace mucho tiempo.

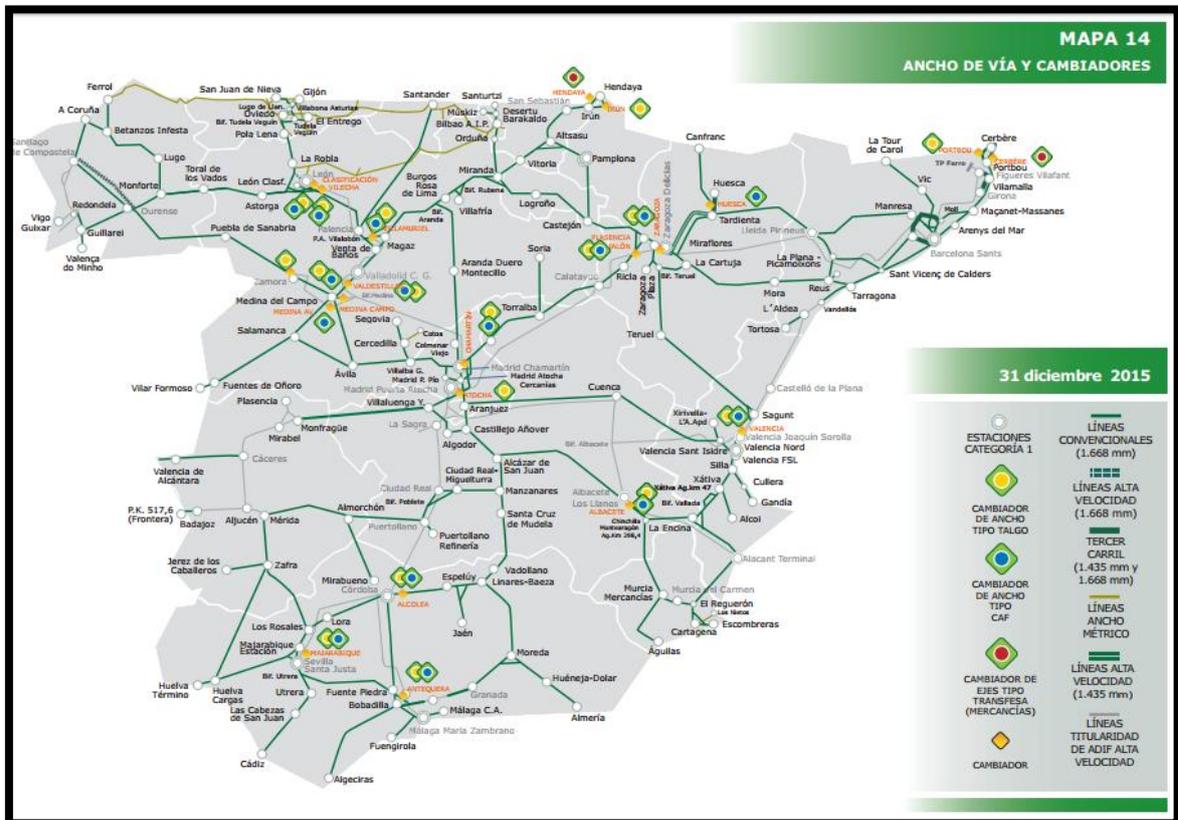


Figura 12. Anchos de vía y cambiadores

El gran problema de esto es como de costumbre el capital. Aunque es cierto que ha descendido el precio de estas instalaciones, todavía suponen un gasto bastante elevado. Como datos para saber en qué horquilla de rangos se mueven estos desembolsos, destacar que por cada paso por éstos, supone un gasto de 111.52€ por el canon pagado por las operadoras. Además, los últimos cambiadores que se adjudicaron fueron los dos de León y Burgos: 8,5 y 7 millones de euros (IVA incluido). También destacar el incremento del coste en los trenes y su mantenimiento.

2.2.3 Líneas de Alta Velocidad Española

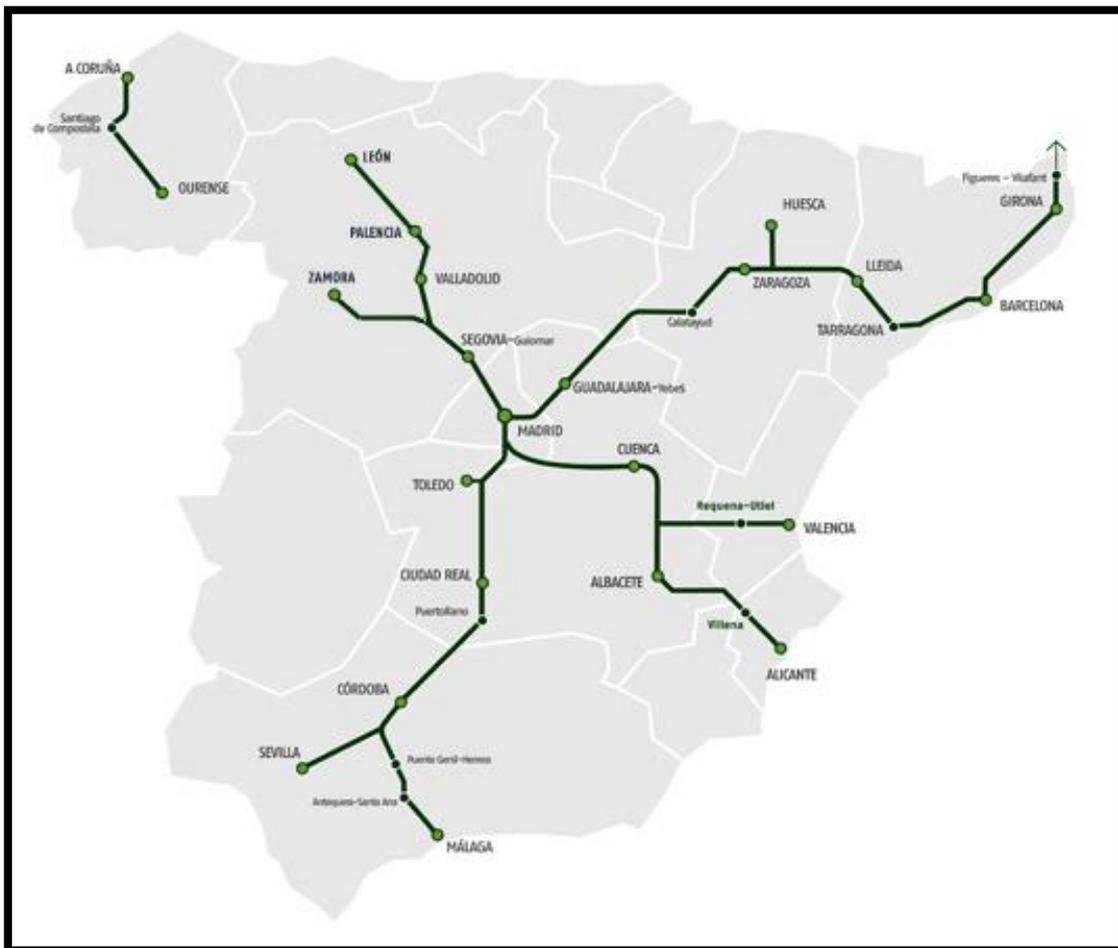


Figura 13. Líneas de Alta Velocidad Española.

Actualmente, se desplazan 10000 viajeros en más de 300 trenes de alta velocidad que consiguen llegar a 80 localidades diferentes. A fecha de 2011 se llega casi a los 23 millones de usuarios anuales que viajan a una velocidad media de 222 km/h, lo que supone una increíble comodidad puesto que está por encima de países punteros como Francia o Japón.

En 2010 España se sitúa en el ranking como el segundo país con más kilómetros de altas prestaciones tras China, por lo que es el primero de Europa. Más de 3.100 km forman la red que se ha representado anteriormente y que llega a 31 estaciones en 21 provincias. En el sector I+D+i ferroviario sitúa al país también en

cabeza, siendo punteros en innovación en la estructura, señalización, electrificación y material rodante (adif.es, 2016)

El servicio de la red no solo se centra en aquellos puntos por los que pasa, sino también a las regiones colindantes que a través de los intercambiadores de vía se aprovechan de la operatividad de la red convencional.

Los actuales tramos en servicio son los siguientes (ordenados por orden cronológico desde su puesta en servicio):

1. Madrid – Sevilla
2. Madrid – Zaragoza – Lleida (Línea Madrid – Barcelona – frontera francesa)
3. Madrid – Toledo
4. Lleida – Camp de Tarragona (Línea Madrid – Barcelona – frontera francesa)
5. Córdoba – Antequera (Línea Córdoba – Málaga)
6. Madrid – Valladolid
7. Antequera – Málaga (Línea Córdoba – Málaga)
8. Camp de Tarragona – Barcelona (Línea Madrid – Barcelona – frontera francesa)
9. Figueres - Túnel de Pertús y Nudo Mollet – Girona (Línea Madrid – Barcelona – frontera francesa)
10. Madrid – Cuenca – Albacete – Valencia (Línea Madrid - Castilla la Mancha - Comunidad Valenciana - Región de Murcia)
11. Ourense - Santiago - A Coruña (Línea Madrid - Galicia y Línea Eje Atlántico)
12. Barcelona – Figueres (Línea Madrid – Barcelona – frontera francesa)
13. Albacete - Alicante (Línea Madrid - Castilla la Mancha - Comunidad Valenciana - Región de Murcia)
14. Valladolid-Palencia-León

En fase de estudio o proyecto encuentran los siguientes tramos:

1. Variante de Pajares
2. Venta de Baños - Burgos - Vitoria
3. Vitoria - Bilbao - San Sebastián
4. Madrid - Galicia. Tramos Olmedo - Zamora - Lubián – Ourense
5. Madrid - Castilla la Mancha - Comunidad Valenciana - Región de Murcia
6. Ampliación Acceso Sur Madrid - Torrejón de Velasco
7. Corredor Mediterráneo de alta velocidad. Tramo Murcia – Almería
8. Antequera-Granada
9. Madrid - Extremadura - frontera portuguesa
10. Madrid: conexión Atocha – Chamartín

Como pequeño contrapunte se adjunta la figura 13 que hace referencia a la red europea de Alta Velocidad. Se puede observar cómo se cuenta con varios tramos ya construidos en el centro Europeo debido a la fuerte economía de los países de la zona y como las nuevas líneas se centran en mejorar posibles conexiones y en su expansión hacia los países del este. Además la velocidad de la que podemos disfrutar en los países más desarrollados observamos que es superior a los anteriormente

citados. Ciertamente es que, con la reciente crisis, el avance en la construcción de estas líneas y la planificación de otras nuevas se ha visto afectada.



Figura 14. Previsiones para el año 2020 de Red Alta Velocidad en Europa

3 ZONA DE ESTUDIO, LÍNEAS DE ANCHO MÉTRICO:

Después de hacer un recorrido por la historia española y la red actual del país es hora de centrar todas las miradas en aquello que realmente concierne. Hablar del ancho métrico irá de la mano con el norte peninsular y por lo tanto con la zona de estudio. Ciertamente es que en la Comunidad de Murcia se mantiene una línea de 20 kilómetros que cubre el trayecto Cartagena Plaza Bastarache – Los Nietos; pero como no entra en la zona de estudio se obviará.

En la siguiente figura (15) se ven representadas las líneas de ancho métrico juntas con sus distancias kilométricas. En las próximas ya puntualizaremos sobre diversas características, pero con esta primera se quiere resaltar única y exclusivamente por donde discurren estas vías y la importancia que toma la red en el centro del Principado de Asturias.

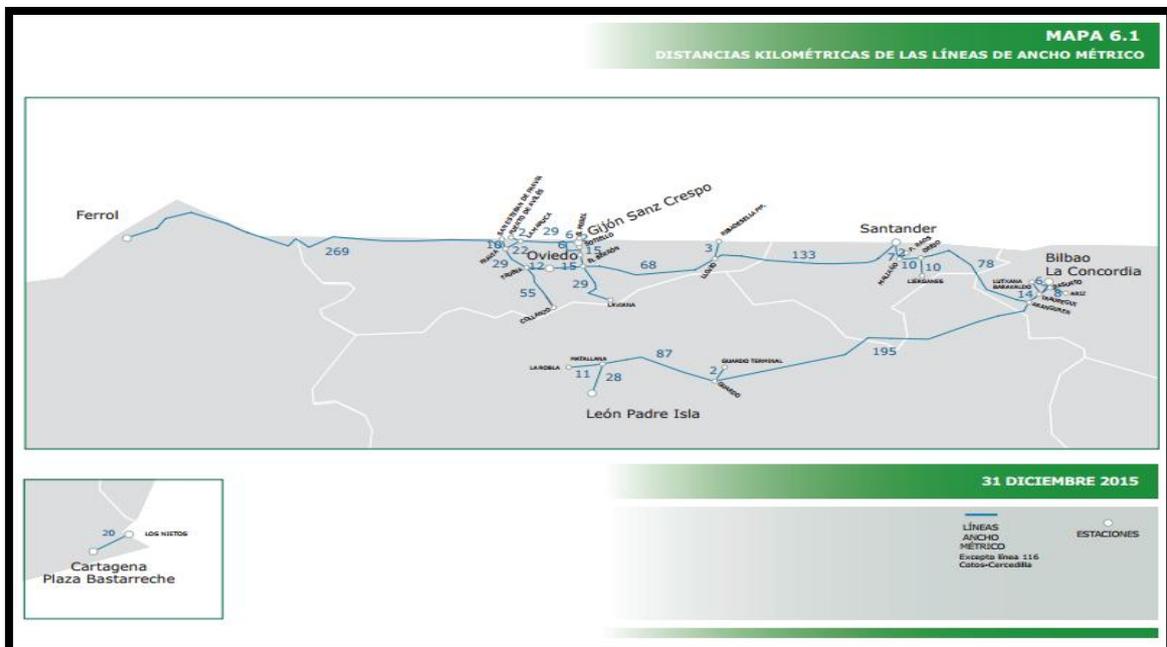


Figura 15. Distancias kilométricas

Es segundo lugar, se observa el aspecto más importante y el que propicia todo este análisis económico: la velocidad. Este mapa nos muestra lo deficitaria que resulta la red y los grandes tiempos que se desarrollan entre los trayectos. Los 100 km/hora se podrán alcanzar en las proximidades de Santander, Gijón y Oviedo aunque el gran número de paradas, debido a las ciudades dormitorio o barrios periféricos, harán de esta velocidad una utopía. Como podemos observar, con los colores de la leyenda y su logitud a través de la distinción en el mapa, la velocidad media será de 70 km/hora aproximadamente.

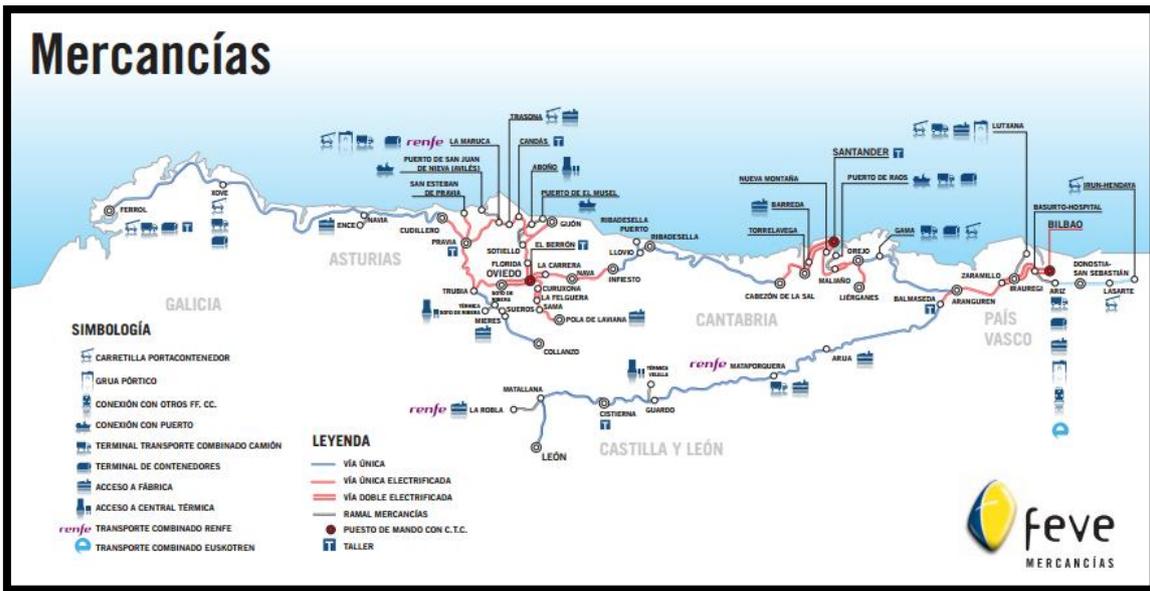


Figura 17. Tipología de vías

El cuarto y último punto destacable son las rampas características. Los diferentes valores destacan la difícil orografía en la que se desarrolla el estudio y la dificultad de inserción de un posible tren que discorra a una mayor velocidad. Resaltar que la máxima rampa encontrada es de 29 milésimas, aunque aquellas que son mayoritarias estarán los valores 15 y 20.

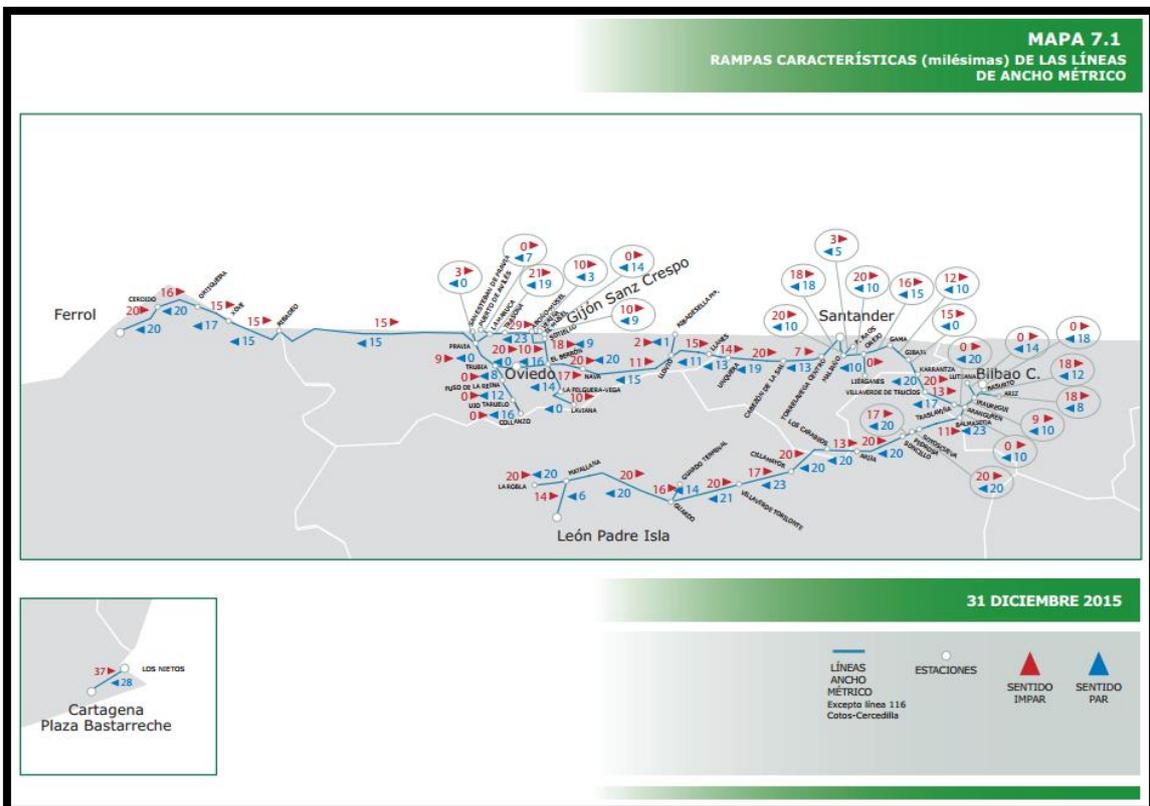


Figura 18. Rampas características

3.1 AUTOVÍA DEL CANTÁBRICO: EJE DEL NUEVO PROYECTO

Ésta es la otra alternativa terrestre que se encuentra en los desplazamientos en el eje norte y que incluye a las Comunidades Autónomas de Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco. Los inconvenientes de esta elección ya están desarrollados en los problemas de la introducción por lo que sin más preámbulos el proyecto se centrará en las características de ésta, ya que como es sabido, muchas líneas ferroviarias discurren paralelas a las carreteras o toman caminos próximos. Este hecho podría aportar muchísimos datos acerca de una posible construcción de una línea de Alta Velocidad.

Se realizará un estudio de la unión existente entre Coruña y Bilbao partiendo por lo tanto como base la autopista A-8 (eje norte español) y se centrará después en las carreteras que se aproximan a las estaciones de trenes: A-6¹¹ en el entorno de Coruña o A-67¹² en Santander. Se sabe que los trazados de una carretera con un ferrocarril, ya sea en planta o de perfil, no comparten la misma normativa por lo que se deberán aplicar una serie de coeficientes correctores a la hora de ajustar a unos datos más próximos a la realidad. Un ejemplo de esto podrían ser las pendientes de las rampas o los radios en curvas.

Se ha elegido como punto de partida el Oeste; es decir, La Coruña; y como destino final el Este, siendo esta ciudad, Bilbao. Para una mayor facilidad en la comprensión del estudio se han querido destacar las estructuras que se encuentran en los siguientes puntos a remarcar: puentes, túneles (haciendo hincapié también en aquellos falsos, ya que su construcción resulta más económica) y pasos: inferiores o superiores, respecto al eje de estudio. En estos últimos, como cabe esperar, se encontrarán muchas diferencias, ya que varían ampliamente, desde aquellos simples con un carril de cuatro metros hasta algunos complejos de 14 o 15. Siendo previsores se adquiere como primera ubicación la estación de trenes de La Coruña, se puede comenzar el itinerario en la Ronda Club Deportivo de la Coruña y proseguir por la AC-14. Se empalmará con la A-6 y de ésta con la A-8 (eje norte) a la altura de Baamonde. El siguiente punto de estudio se tomará en el cruce asturiano que hace escoger la posibilidad de que la línea discurra por Gijón u Oviedo. En este caso se seleccionará la primera opción por dos claras decisiones: esta ciudad se encuentra más próxima al mar por lo que el desarrollo del ferrocarril en estos terrenos será ampliamente más rentable que su inserción en el centro del Principado; y el número de habitantes es mayor que el de su competidora. Como es obvio, con esta decisión se penalizará la capital asturiana, por lo que en otros proyectos futuros deberíamos mejorar esta comunicación. En el caso de Cantabria, la razón escogida para la instalación de la línea hasta Santander es más razonable, ya que las diferencias entre la capital y la segunda ciudad de la región, Torrelavega, son mucho más evidentes. A la altura de esta última ciudad se decide continuar por la A-67 hasta Bezana, y atravesar la S-30 con el fin de llegar a la N-611 que se incorpore a la Calle Castilla. Finalmente se

¹¹ Autovía del Noreste que une Madrid con La Coruña.

¹² Autovía Cantabria – La Meseta

comunicará la capital cántabra con Bilbao, siguiendo el eje norte de la A-8 que se tomó como referencia, y se hará uso de la AP-8 para de esta forma aproximarse a la estación de la capital vasca.

Se ha dividido el estudio en tres tramos con el fin de facilitar la localización de las diferentes partes. Como se verá más adelante también se desarrollarán las alternativas de la mano de las secciones divisorias, por lo que la diferenciación de cada una de éstas con sus características más relevantes será básica. Esto se resume en la figura siguiente:

TRAMO 1: La Coruña - Gijón				
Kilómetros		282		
		Total metros	Cantidad	Promedio
Puentes		28161	88	320,01
Túneles	Verdaderos	2408	8	301
	Falsos	601	4	150,25
Pasos superiores			182	
Pasos inferiores			128	

TRAMO 2: Gijón - Santander				
Kilómetros		147		
		Total metros	Cantidad	Promedio
Puentes		7088	30	236,26
Túneles	Verdaderos	10840	13	833,84
	Falsos	215	4	53,75
Pasos superiores			87	
Pasos inferiores			69	

TRAMO 3: Santander - Bilbao				
Kilómetros		102		
		Total metros	Cantidad	Promedio
Puentes		6594	24	274,75
Túneles	Verdaderos	9625	8	1203,12
	Falsos	0	0	0
Pasos superiores			44	
Pasos inferiores			34	

Figura 19. Resumen de los datos más relevantes diferenciados por tramos

Se puede observar como el primer tramo, La Coruña – Gijón, posee más túneles y de mayores dimensiones que el resto, pero el número de túneles y dimensiones de éstos es menor. En cuanto a los pasos superiores e inferiores van

disminuyendo el número de éstos a medida que avanzamos hacia el Este (dirección: La Coruña – Bilbao)

Estos son los parámetros más significativos que se han observado y sobre los cuales se basarán las suposiciones en lo que será el eje de la nueva vía férrea. El estudio se basará en aproximaciones ya que no se trata de un estudio de trazado, sino de viabilidad económica por lo que todos estos datos servirán como punto de argumentación para los valores que se tomarán como fijos o sobre los que se impondrán pequeñas variaciones.

3.2 PROBLEMA, SOLUCIÓN Y PROPUESTA

En modo de resumen se destacan los puntos centrales que se han desarrollado en este apartado, con el fin de aclarar el esquema básico que se está siguiendo:

- El problema que se ha detectado es el déficit que poseen las comunicaciones entre las ciudades en la franja norte española. No se encuentra ninguna opción rápida y pública que ofrezca un servicio eficiente. Este apartado se ve ampliamente reflejado en el punto 1 del proyecto; es decir, en la introducción donde se enumeran los problemas y los objetivos.
- Se busca una solución al problema reflejado anteriormente. La opción escogida puesto que es evidente que resultaría ideal es la construcción de una línea de ferrocarril de Alta Velocidad.
- La propuesta ya ha quedado nombrado en el punto anterior. Lo que habrá que comentar ahora serán las distintas posibilidades. Las alternativas que se manejan irán desde una simple remodelación de la actual vía que mejore algo el servicio hasta la creación de una nueva línea de Alta Velocidad. Como es lógico entre los dos extremos se encontrarán varias propuestas intermedias que se relatarán en el siguiente apartado del trabajo.

4 PROPUESTA

Tras el desarrollo de los problemas y los objetivos en el primer punto del trabajo y el estudio de la situación actual en el segundo y tercero, es hora de ponerse manos a la obra y se buscarán diferentes soluciones que resuelvan las carencias encontradas.

4.1 DIFERENTES ALTERNATIVAS

Se quieren plantear una serie de alternativas que estarán incluidas dentro del amplio abanico que abarca desde la situación actual hasta la construcción total de una nueva línea de Alta Velocidad. Las diferentes alternativas se basarán en la modificación de los diferentes tramos de vía en los que se ha dividido nuestro estudio: Coruña - Gijón; Gijón - Santander; y, Santander - Bilbao. Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente se desarrollarán las siguientes alternativas:

- Alternativa 0: ésta se corresponde con la situación actual. Consiste en dejar todo como está por lo que los problemas no se resolverían y los objetivos se desvanecerían. Será el punto de partida para afrontar las distintas alternativas que se verán después reflejadas.
- Alternativa 1: cambiar uno de los tres tramos propuestos. De esta forma se obtendrá cuál de ellos aporta más rentabilidad individualmente; es decir, pondrá en orden la preferencia de construcción.
 - 1.A) La Coruña – Gijón.
 - 1.B) Gijón – Santander.
 - 1.C) Santander – Bilbao.
- Alternativa 2: cambiar dos de los tramos propuestos. Se entiende que la construcción de dos de los tramos se realizarían seguidos por lo que la opción de dejar el central sin realizar queda descartada.
 - 2.A) La Coruña-Santander
 - 2.B) Gijón-Bilbao

Posiblemente el hecho de afrontar la modificación de uno o dos de los tramos mejore el problema, pero única y exclusivamente solo esa parte. No se resolverían todos los problemas, ni se alcanzarían todas las metas propuestas. Serviría en el caso en el que se observase que el flujo de pasajeros se concentra masivamente en un determinado espacio.
- Alternativa 3: se basa en la construcción de una nueva línea férrea de doble carril que posibilite el desarrollo de grandes velocidades. Posiblemente no se lleguen a los 300 km/h. fácilmente alcanzables en las llanas líneas de la meseta, pero se intentarán plantear soluciones que mejoren considerablemente el servicio con el fin de llegar a los objetivos citados en el punto 1.

Más adelante se detallarán estas propuesta con los datos tomados y sus resultados. Con la ayuda del Excel¹³ desarrollado se podrán entender mejor todas las

¹³ Hoja de cálculo distribuida por la oficina de Microsoft Office

posibilidades y con ello llegar a una conclusión final. En cada alternativa habrá que ver de qué forma pueden variar los impactos (sociales, económicos y ambientales) y las variables económicas que se desarrollaran los siguientes puntos del estudio.

4.2 ESTUDIO DE LAS CONDICIONES GENERALES DE LAS VÍAS

Teniendo en cuenta el barrido que se hace desde la alternativa 0 (actual) a la 3 (cambio completo) se deberá hacer un estudio sobre las características actuales de las vías que se disponen en esta tipología de vía para enfrentarlas a las actuales. En este apartado, pues, se intentarán confrontar las diferencias de las líneas de Alta Velocidad con el antiguo ancho métrico. Destacar que la información recogida en este apartado se ha obtenido, en gran parte, de la asignatura Ferrocarriles e Infraestructuras Viarias y del folleto Conceptos Básicos Ferroviarios de Adif.

4.2.1 La infraestructura

La primera hace referencia a lo que se llama la plataforma o explanación. Su función básica es la de soportar todos los esfuerzos producidos por el paso de los trenes. Además de todo aquello lógico que puede comprender, abarca también las numerosas obras de defensa tales como muros de contención, sostenimiento, drenajes, etc. o las denominadas obras de fábrica: túneles, puentes, pasos a distinto e igual nivel, viaductos, etc.

Actualmente se han heredado una pésima red de plataformas debido a que años atrás únicamente se preocupaban de la nivelación longitudinal. En el día a día con las nuevas mejoras obtenidas, estas viejas plataformas deberán soportar mayores velocidades, cargas por eje e intensidad de tráfico. Ante esta problemática, para el diseño de la línea se deberá tener en cuenta la calidad del suelo existente, la capacidad que deberá soportar y la categoría de la línea que discurrirá por esos tramos.

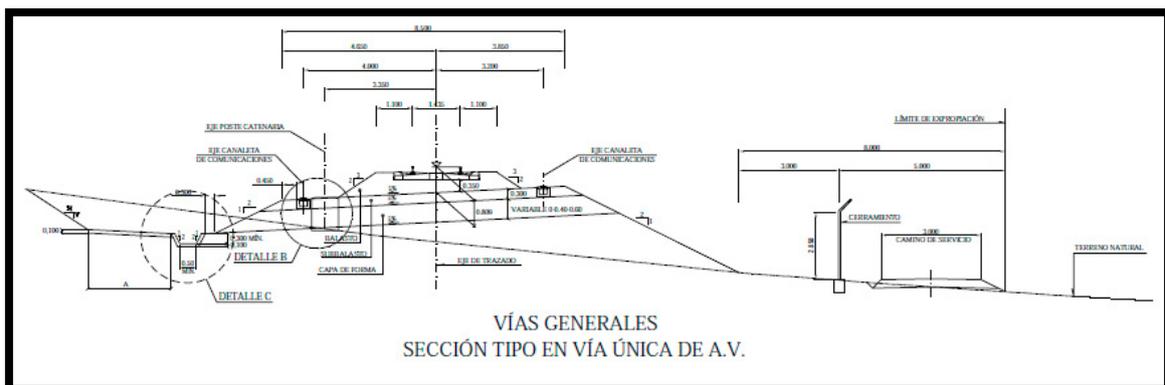


Figura 20. Ejemplo plataforma vía única para alta velocidad

La gran característica que poseerá la nueva infraestructura frente a la actual será el mayor ancho del que deberá disponer la línea debido a los puntos nombrados anteriormente.

4.2.2 La superestructura

Por su parte la segunda incluirá la vía propiamente dicha y todas aquellas instalaciones o aparatos que garanticen la eficacia y seguridad de circulación. Los elementos destacables de ésta última son: vía, aparatos de vía, cambios de aguja, señales y electrificación.

4.2.2.1 Vía con sus componentes

El carril es el elemento resistente de acero con forma de seta que recibe directamente las cargas de las ruedas repartiéndolas a las otras partes de la estructura, y cuya función principal es guiar y mantener a los trenes. Lo realizará a través de las pestañas y la forma de las ruedas.

En algunos casos, sirve de retorno de los circuitos eléctricos de la catenaria o de las señales. Variarán su peso por metro lineal y su longitud máxima, pudiendo alcanzar esta los 288 metros. Las tres partes claramente diferenciadas son: la cabeza, que se corresponderá con el elemento de rodadura; el patín, que sujeta la vía a la traviesa; y el alma, que es la que une las dos partes anteriormente descritas.

Para las vías que soportan al tren de alta velocidad se hará uso de la barra larga soldada con la que se evitarán las molestas calas que impedían que el tren alcanzase grandes velocidades. En cuanto a los tramos de vía estrecha, la longitud viene determinada por la dificultad en el transporte.



Figura 21. Ejemplo vía AV

Las traviesas son los elementos que situados de forma transversal al eje de la vía constituyen la unión entre vía y balasto al que transmitirán las cargas, mantienen la separación entre raíles y la estabilidad de la vía (horizontal y verticalmente). Además aportará una inclinación de 1/20 al carril para evitar de esta forma el vuelco y aislará los dos hilos del carril en caso de que la línea posea circuitos de señalización. Pueden ser de diferentes materiales como madera (lo más antiguos), hormigón u hormigón

armado dependiendo de razones económicas para temas de mantenimiento y conservación.

Tiene un peso económico muy importante en los que respecta a su renovación en las vías por lo que es algo que se deberá estudiar con detenimiento para evitar posibles gastos en el futuro.



Figura 22. Traviesas monobloque de hormigón

El balasto es el elemento granular sobre el que se asentarán las traviesas. La función será la de amortiguar y repartir los esfuerzos verticales que generan los trenes en su paso por las vías. Impedirán el desplazamiento de las traviesas y a su vez protegerán la plataforma. Será básico un fácil desalojo del agua de lluvia por capilaridad para evitar que se modifiquen sus propiedades. Debido a las inmensas cargas que soportará es necesario que su mantenimiento y recolocación como en su estado inicial se pueda realizar a partir de trabajos sencillos y poco costosos.



Figura 23. Balasto para Alta Velocidad

Los tirafondos y las placas de asiento son los elementos que fijan la vía a las traviesas, transmitiendo a éstas todos los esfuerzos que reciben del carril sin

dañarlos. Se caracterizan por una larga duración y debido a que son las piezas más numerosas se busca su sencillez en la creación, montaje o revisión. En la siguiente imagen se aprecia el avance que se ha realizado en los últimos años en la unión vía-travesía. A la izquierda se observa lo que podría ser una vía tradicional en desuso; por contraposición, a la derecha, la disposición en las nuevas construcciones.

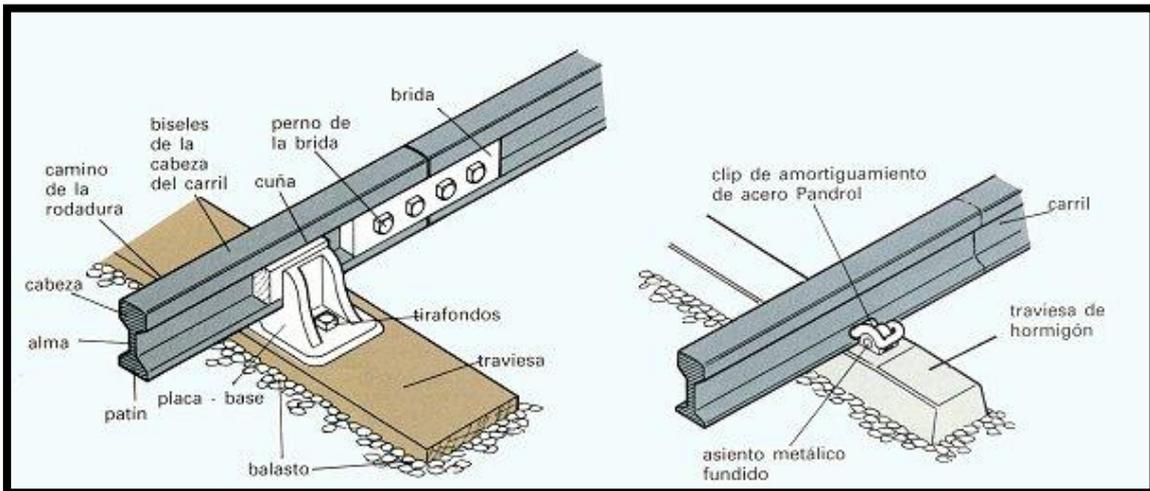


Figura 24. Comparativa placas de asiento

Las juntas son las piezas metálicas que sirven de unión de dos carriles consecutivos. Es la forma de evitar que la cala (separación entre carriles) tome dimensiones mayores de las recomendadas. Con estas uniones se busca la solidaridad entre carriles y se evitan los movimientos verticales o laterales que pudiese provocar el tren en su paso. Por todo esto son el punto débil de la vía por lo que en los tramos de alta velocidad se opta por la solución de la barra larga soldada ya que así se evitan todos los problemas que se verían agravados debido a la mayor velocidad. La longitud que alcanzan éstas es de 288 metros.

4.2.2.2 Aparatos de vía

Son los elementos que permitirán, a través de las agujas, el desdoblamiento de los carriles con una gran seguridad, ya que en el campo ferroviario la trayectoria viene definida por los raíles. Estas piezas se componen de dos partes: una fija, llamada corazón; y una móvil, el espaldín, que será la que dirija la máquina hacia una parte u otra.

El desvío permite el desdoblamiento de una vía en dos o más de forma que los ejes se unen tangencialmente. Los hay de diferentes tipos y velocidades. Debido al estudio se debe especificar aquel desvío para Alta Velocidad, cuya característica más importante se base en el corazón de punta móvil que se desplazará lateralmente debido a la flexibilidad de la pieza ayudada por una junta lateral. Como es obvio, en estos puntos se verá restringida la velocidad del convoy notablemente.

La travesía que será la única capaz de permitir el cruce perpendicular u oblicuo de dos vías.

Combinación de aparatos de vías; éste último será una combinación de los desvíos y las travesías descritas anteriormente.

Cambios de aguja son aquellos elementos nombrados anteriormente para efectuar los cambios de vía. Los tipos que existen son: eléctricos, accionados a distancia desde las estaciones o centros de control; mecánicos, activados a través de un cable de acero desde la estación; y manuales, a través de palancas situadas en la proximidad de la vía.



Figura 25. Ejemplo para la Alta Velocidad

4.2.2.3 Señales

Son los dispositivos encargados de transmitir mensajes desde la vía, trenes o estaciones. Se realizan mediante sonidos, colores y formas a través de un código. Las más usuales son: semaforicas, luminosas, portátiles, de los trenes o de limitación de velocidad.

4.2.2.4 Electrificación

Se compone de los elementos a través de los cuales el motor recibe la corriente. Debido al riesgo que tiene es importante su conocimiento



Figura 26. Ejemplo de electrificación para AV

4.2.3 El ancho de vía

Este apartado ya se ha comentado en los anteriores puntos del trabajo, por lo que únicamente se destacarán las ventajas e inconvenientes que presenta la vía estrecha frente a la ancha.

Las ventajas económicas son las más notables en cuanto al uso de vía estrecha debido a los siguientes puntos:

1. El menor ancho hará que las obras de fábrica nombradas anteriormente (túneles, puentes, pasos a nivel, etc.) sean de menor coste. A su vez, en las traviesas y el balasto también se verán reducidos de material en estos elementos. Los terraplenes y desmontes debido a este menor volumen de plataforma se verán reducidos notablemente.
2. El menor galibo hará que también en este apartado se disminuya el material y, por lo tanto, sea más económico.
3. El menor radio en las curvas permitirá el mayor ajuste al terreno, provocando de esta forma un menor movimiento de tierras. Además la longitud de los carriles será menor.
4. La menor resistencia a tracción en las curvas, permitirá aumentar la inclinación de las rampas.

Los inconvenientes se centrarán lógicamente en la explotación de la línea y se centran en los siguientes apartados:

1. Hay una menor capacidad de tráfico y la velocidad se ve ampliamente reducida debido a los problemas de estabilidad de los vehículos frente a las curvas de poco radio.
2. La conexión con la red ya construida debido a que ésta es de ancho normal.

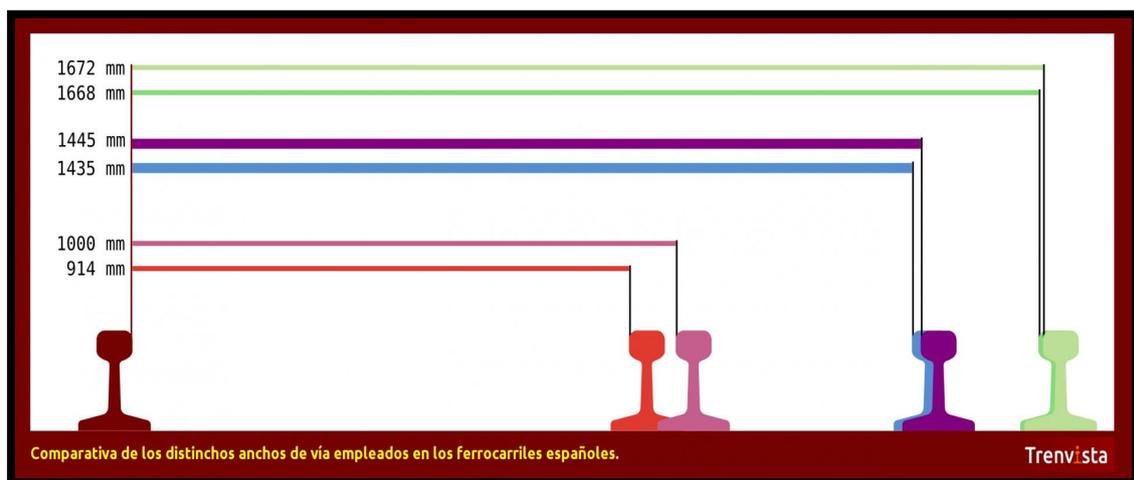


Figura 27. Anchos de vía con su sobrecancho

4.2.4 Geometría y trazado

Línea	Longitud total de la línea (km)	Rampa máxima (milésimas)	Radio mínimo (m)	Longitud acumulada de puentes (km)	Porcentaje sobre el total de línea (%)	Longitud acumulada de túneles (km)	Porcentaje sobre el total de línea (%)	Coste medio por km (miles de €)
París-Lyon	414	35	3.200	5	1	-	-	2.308
Roma-Florenia	232	9	3.000	30	13	71	31	4.213
Mannheim-Stuttgart	99	13	7.000	5	5	30	30	14.514
Hannover-Würzburg	327	13	7.000	32	10	118	36	14.551
TGV-Atlantique	308	25	4.000	-	-	12	4	3.270
Tokio-Osaka	516	20	2.500	170	33	69	13	4.015
Omiya-Niigata	275	15	4.000	106	39	167	61	23.614

Figura 28. Características de trazado de algunas líneas de AV

Estas son las características que se encuentran en algunas de las líneas de Alta Velocidad más importantes del planeta. Posiblemente sea de los apartados más relevantes debido a las grandes diferencias que se toman en las diferentes alternativas en comparación con la situación actual. Antes de profundizar en los trazados en planta y alzado se deberán definir algunos términos o conceptos que serán de gran utilidad.

La fuerza centrífuga es aquella fuerza que se encuentra cuando el tren abandona una alineación recta para pasar a una curva. Los parámetros que hacen que ésta varíe son la velocidad, la masa del tren y el radio de la curva en cuestión. Esta fuerza provocará una aceleración que deberá ser controlada, ya que si su resultado es alto, será molesta para los ocupantes puesto que es el parámetro con el que se evaluará la comodidad del viajero. Por ello se deberá actuar en el trazado para reducirla a través del peralte y las curvas de transición. El primero viene definido como el desnivel producido por la elevación del carril exterior aportando al convoy una pequeña inclinación que será básica para evitar el descarrilamiento o el malestar de los pasajeros. La forma de expresarlo será a través de la inclinación trasversal o a partir de la sobreelevación del hilo bajo respecto del alto (mm).

En segundo lugar, las curvas de transición, son aquellas que permiten unir gradualmente una alineación recta con una alineación curva de radio definido. En la alineación recta se cumplirá la tangencia; es decir, radio infinito. La clotoide que mantiene una variación lineal de la curvatura es la curva de transición más utilizada

Destacar el término de sobrancho, que será el incremento del ancho de vía en el paso por curva. Ésta característica se usa para disminuir el mayor desgaste del carril interior.

En el apartado de velocidades existen los siguientes tipos:

1. Nominal, será la máxima en condiciones favorables de trazado.

2. Específica, encontramos dos tipos: la máxima, que hará referencia a la mayor que se podrá alcanzar en un elemento del trazado. Conviene que la velocidad del tren no se vea continuamente variada, para evitar aceleraciones continuamente; y la mínima, será la que nos permitirá el avance del tren con un exceso de peralte admisible
3. De proyecto, será menor o igual a la velocidad específica máxima del peor elemento del tramo.
4. De recorrido, es aquella velocidad media del tren sin considerar las paradas que realiza.

4.2.4.1 Trazado en planta

La continuación de alineaciones rectas, curvas de transición y curva, será la fórmula para diseñar un trazado en planta óptimo. En este caso, los valores que se tomarán para el diseño serán los propios de la Alta Velocidad; esto es, radios mínimos de curvas grandes, alineaciones rectas de cierta longitud, etc.

En cuantos a los radios mínimos se observa en la normativa una cantidad mínima y otras que es aquella que habitualmente suelen optar los ingenieros para diseñar las líneas.

Radio mínimo a cumplir según normativa RENFE		
Velocidad (km/h)	Ancho de vía (mm)	Radio mínimo (m)
140	1668	1.000
160	1668	1.300
200	1668	2.000
200*	1435	2.100
250*	1435	3.300
300*	1435	4.700

Tipo de línea	Radio normal (m)
Línea convencional	1.000
Línea Alta Velocidad	5.000-7.000

Figura 29. Radio de las curvas en AV

MÍNIMA LONGITUD DE ALINEACIONES RECTAS O CIRCULARES (m) - N.R.V. 0-2-0.0.				
VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h)	V =140	140<v=160	160<v=200	200<v=250
NUEVAS LÍNEAS Y DESDOBLAMIENTO DE LÍNEAS ACTUALES CON MODIFICACIÓN DEL TRAZADO	NORMAL: 80	NORMAL: 90	NORMAL: 110	NORMAL: 140
	MÍNIMA: 60	MÍNIMA: 65	MÍNIMA: 80	MÍNIMA: 100
MEJORA DE LÍNEAS ACTUALES POR OBRAS (Renovaciones y rehabilitaciones de vía)	70	80	100	—
VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h)	V =140	140<v=160	160<v=180	180<v=200
ADAPTACIÓN DE LÍNEAS ACTUALES PARA CIRCULACIÓN DE TRENES TIPO A SIN LIMITACIÓN DE VELOCIDAD	56	64	72	80

Figura 30. Mínima longitud de alineaciones rectas o circulares (m)

4.2.4.2 Trazado en alzado

Se forma a través de dos rasantes y un acuerdo vertical que las une. Las primeras se caracterizan por tener una inclinación constante. Éstas no tienen por qué ser ni del mismo valor ni sentido (rampa si la inclinación es creciente y pendiente si disminuye). Por el contrario, en los acuerdos verticales, la inclinación irá variando entre las dos rasantes que se desean unir. Ésta unión se hará a través de una parábola de segundo grado. Como es de esperar, se encontrarán tramos cóncavos y convexos y se establecerán unos radios y longitudes mínimas para el bienestar de los pasajeros ya que habrá que tener en cuenta las fuertes aceleraciones verticales que se pueden sufrir

LONGITUD MÍNIMA DE RASANTE UNIFORME (m) - N.R.V. 0-2-0.0.				
VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h)	V =140	140<v=160	160<v=200	200<v=250
NUEVAS LÍNEAS Y DESDOBLAMIENTO DE LÍNEAS ACTUALES CON MODIFICACIÓN DEL TRAZADO	70	80	100	100
MEJORA DE LÍNEAS ACTUALES POR OBRAS (Renovaciones y rehabilitaciones de vía)	70	80	100	—

Figura 31. Longitud mínima de rasante uniforme (m)

RADIO MÍNIMO DEL ACUERDO VERTICAL R_v (m) - N.R.V. 0-2-0.0.					
VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h)		V =140	140<v=160	160<v=200	200<v=250
NUEVAS LÍNEAS Y DESDOBLAMIENTO DE LÍNEAS ACTUALES CON MODIFICACIÓN DEL TRAZADO	NORMAL	5.100	6.600	16.000	24.000
	EXCEPCIONAL	3.800	4.900	10.000	16.000
MEJORA DE LÍNEAS ACTUALES POR OBRAS (Renovaciones y rehabilitaciones de vía)	NORMAL	5.100	6.600	10.000	—
	EXCEPCIONAL	3.400	4.400	7.700	—
PARÁMETRO MÍNIMO EN ACUERDOS CONVEXOS: 3.000 m PARÁMETRO MÍNIMO EN ACUERDOS CÓNCAVOS: 2.000 m SI EL ACUERDO VERTICAL COINCIDE CON UNA CURVA EN PLANTA EL PARÁMETRO MÍNIMO SERÁ DE 5.000 m					
VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h)		V =140	140<v=160	160<v=180	180<v=200
ADAPTACIÓN DE LÍNEAS ACTUALES PARA CIRCULACIÓN DE TRENES TIPO A SIN LIMITACIÓN DE VELOCIDAD		3.100	4.000	5.000	6.900

Figura 32. Radio mínimo del acuerdo vertical (m)

Como es sabido, la pendiente será uno de los factores restringidos notablemente a la hora de proyección de una línea de ferrocarril. Los valores límites se recogerán en la figura 33 y dependerán de las características de las líneas, la adherencia rueda-carril, la potencia de los convoyes o la capacidad de arranque en rampas y frenado en pendientes.

RAMPAS MÁXIMAS (‰) - N.R.V. 0-2-0.0.					
VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h)		V =140	140<v=160	160<v=200	200<v=250
NUEVAS LÍNEAS Y DESDOBLAMIENTO DE LÍNEAS ACTUALES CON MODIFICACIÓN DEL TRAZADO	NORMAL	20	15	12,5	12,5
	EXCEPCIONA L	—	20	15	—
- TRÁFICO PURO DE VIAJEROS PARA V > 250 km/h: RAMPA MÁXIMA DEL 35 ‰. - ESTACIONES: RAMPA MÁXIMA DEL 2,5 ‰.					

Figura 33. Rampas máximas

5 ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO

En este apartado se estudiará el análisis económico del que se ha hecho uso para la elaboración del proyecto. Se pretenden establecer y definir todos los parámetros, campos, impactos, ecuaciones, etc. en él utilizados para su fácil y correcta comprensión.

5.1 DEFINICIÓN

En primer lugar, y como es lógico, se definirá el sistema de análisis económico que será la base del trabajo. El método utilizado se denomina Análisis Coste-Beneficio, más comúnmente conocido como ACB por su abreviación.

Es una herramienta financiera de alta efectividad que mide la relación entre los costes y los beneficios asociados a un proyecto de inversión con el objetivo de evaluar su rentabilidad. Llegados a esta comparación, el proyecto se deberá llevar a cabo cuando la relación entre costes y beneficios sea menor que 1, o en unas palabras más claras, cuando los beneficios superen a los costes totales. Este será el criterio final para la aceptación o el rechazo de un proyecto de una infraestructura para el futuro. Así, en este caso en particular, en la construcción del AVE en el norte peninsular será rentable o no a partir de lo que parece una simple división. (CreceNegocios, 2012)

Llegados a este punto se debe destacar que en el capítulo de beneficios y costes son fácilmente definibles aquellas variables económicas como las gastos de construcción, mantenimiento y explotación o las ganancias ocasionadas con la venta de billetes; pero se encuentran muchos factores sociales o ambientales que a través de diferentes estudios se deberán monetizar con el fin de observar todo el estudio desde un mismo punto de vista: el económico. Además, todos estos factores podrán derivarse del proyecto directa o indirectamente; esto es, se llegarán a unas consecuencias que se buscaban como objetivo final y se encontrarán otras que derivarán de la realización de la idea principal.

Se deberá afrontar el espacio temporal además de lo descrito anteriormente; esto es, llevar todas nuestras cifras económicas finales al mismo punto para así obtener el verdadero valor. Esta operación se conseguirá a través del VAN, que consiste en un método con el que se calculará el valor presente de unos flujos económicos para años venideros.

Cierto es, que este análisis debería realizarse para cada una de nuestras alternativas y hay que dejar claro que no se puede extrapolar de forma que el estudio realizado para la alternativa 1 se pueda extrapolar para la 2, ya que muchos parámetros se verán notablemente afectados. A su vez, y como es lógico, puede darse el caso de que el análisis resulte positivo para una alternativa, pero el estudio de otra finalice en un valor aún mejor que el calculado anteriormente.

5.2 METODOLOGÍA

Las etapas a seguir para la resolución del estudio se resumen en los siguientes puntos. A su vez estos puntos ayudarán a entender mejor lo explicado anteriormente.

5.2.1 Identificar el proyecto

En primer lugar se deberá tener toda la información relativa al proyecto a estudiar, incluyendo la memoria descriptiva, la forma de ejecución, los recursos necesarios, el área y población afectada. En este caso, la identificación se corresponderá con la selección de una de las diferentes alternativas y ésta es la que se desarrollará en profundidad, ya que como punto de partida se encuentra la alternativa 0 que se corresponderá a no realizar ninguna acción de las que se podrían hacer. Todo esto se recoge en los apartados anteriormente descritos en el trabajo.

5.2.2 Definir parámetros básicos

El resultado final puede verse afectado seriamente, por lo que habrá que especificar ciertos parámetros que deberán aplicarse durante el proceso de cálculo.

El horizonte temporal o vida de proyecto se refiere al plazo que se tiene en cuenta para realizar el estudio; es decir, es el tope de tiempo para el que el proyecto deberá estar amortizado. Todo el ahorro temporal supondrá un mayor beneficio a la larga. Como es de esperar, los beneficios que ocasionará una posible línea de alta velocidad vendrán repartidos entre los años posteriores a su realización; en cambio, las inversiones mayores, las de construcción, se contabilizarán en el inicio, mientras que las inversiones futuras (mucho menos costosas) se emplearán mucho después, por todo éeto el horizonte para la tipología ferroviaria se sitúa en los 30 años. (Ortega, 2016)

TIPOLOGÍA DE PROYECTO	AÑOS
Proyectos industriales	10
Telecomunicaciones	15
Carreteras y autopistas	25
Puertos y aeropuertos	25
Proyectos energéticos	25
Ferrocarriles	30
Proyectos hidráulicos y medioambientales	30

Figura 34. Horizonte temporal según el tipo de proyecto

Aparte de estos 30 años de conservación y explotación, se quiere destacar que la construcción de nuestro proyecto se prevé en 4 años por lo que el estudio abarcará del año 2016 al 2050.

La tasa de descuento determinará el valor del un dinero actual en el futuro. Facilitará la comparación entre los distintos capitales en diferentes momentos de

tiempo, por lo que resulta fundamental en los estudios de inversión como es este caso. Los dos aspectos por los que se ve afectado son la productividad del capital o las preferencias personales. Se usará en este proyecto, por lo que deberá ajustarse al nivel de riesgo de la inversión. Cuanto más elevada sea la tasa de descuento, menor será el VAN y viceversa. Esto será más fácil entendible con la ayuda de la siguiente figura.

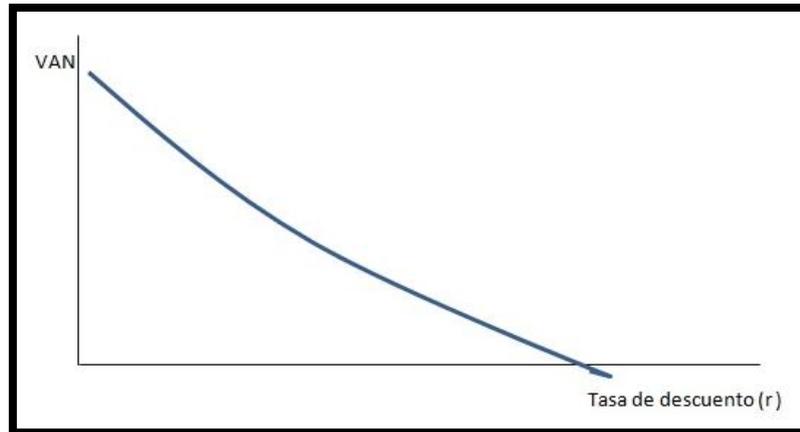


Figura 35. Relación VAN – Tasa de descuento

$$\sum_{i=0}^n \frac{F_i}{(1+r)^i}$$

Se cubrirá la rentabilidad exigida del proyecto y un diferencial por riesgo. En el primer punto, teniendo en cuenta que se sitúa en obra civil y no se espera una rentabilidad económica, sino unas mejoras en las calidades sociales, queda fijado en 0%, por lo que el segundo será el valor del que dependerá este dato. Se hará uso de un 3,5%.

El año de referencia será aquel que se tome como base. A menudo se escoge el año en que se desembolsarán los capitales iniciales, ya que constituye la mayor problemática para las empresas. En este proyecto caso será el año de desembolso de la mayoría del capital y del estudio del proyecto, el 2016.

5.2.3 Definir y estudiar los impactos

Es el apartado en el que deberán definirse cuidadosamente todos aquellos aspectos que se verán afectados por el proyecto. Como es de esperar, en un proyecto de tal magnitud se encontrarán infinidad de impactos de todo tipo: sociales, económicos, medioambientales, etc.

Se pueden diferenciar los impactos en los siguientes tipos:

Desde el punto de vista más social, realizando una síntesis de todos aquellos que se pueden encontrar, se afirma que los más importantes serían el ahorro de tiempo por la reducción del tiempo de viaje, disminución de los costes de funcionamiento del sistema de transportes (por un incremento de su eficiencia),

incrementos en el confort y la calidad del viaje, aumento de seguridad (por la transferencia de usuarios de la carretera al ferrocarril), incremento de la movilidad, en general, y en particular de la clientela de negocios o de alto poder adquisitivo.

En el aspecto meramente económico puede decirse que favorece principalmente al sector terciario, gracias a la llegada de nuevas empresas o al desarrollo de las existentes. De la misma forma, permite la descentralización y expansión de los servicios y las empresas. A su vez, el desarrollo del sector terciario favorece la existencia de empleos de alta calificación. Conviene destacar que una línea por sí sola no resulta suficiente para el desarrollo económico, pero unida a una buena red, resulta una oportunidad para que este hecho se produzca.

El turismo será el tercer punto a tener en cuenta. Los servicios de alta velocidad ferroviaria pueden generar oportunidades para el desarrollo de éste, pero dependen de la calidad ofrecida y de las promociones u ofertas realizadas.

Los modos de transporte, en general, y el ferrocarril de alta velocidad en particular, presentan un impacto ambiental importante en términos de consumo de energía, ruido, ocupación de espacio, impacto visual y efecto barrera, emisiones contaminantes, etc. El ferrocarril de alta velocidad presenta ciertas ventajas comparativas respecto a otros modos de transporte, entre las que cabe destacar una menor ocupación de espacio y una mayor eficiencia, sostenibilidad y respeto ambiental.

Destacar también la actuación que realiza sobre la ordenación del territorio. En general, refuerza el peso de las grandes ciudades e infravalora las medianas y pequeñas urbes. El impacto sobre el territorio puede ser muy distinto, por lo que es muy importante articular bien dichas conexiones con el objeto de adecuar bien la unión de los núcleos.

En último lugar, mencionar que la alta velocidad ferroviaria da una imagen de progreso y eficiencia tanto al sector ferroviario como a las regiones y ciudades que conecta. Es importante compartir y aprovechar la imagen que proporciona la línea de alta velocidad para la promoción y desarrollo del territorio.

Se puede resumir lo descrito anteriormente en la siguiente figura (37):

Ámbito	Efectos	Enseñanzas
Transporte y movilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento de la movilidad de las personas de la clase social alta - Papel del cadenciamiento - Liberalización de slots 	<ul style="list-style-type: none"> - Efecto túnel - Captación de clientes
Desarrollo económico	<ul style="list-style-type: none"> - Posibilidad y no causa de desarrollo económico 	<ul style="list-style-type: none"> - Estrategia y políticas de desarrollo
Imagen	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora de la imagen - Sentimiento de pertenecer a un proyecto común 	<ul style="list-style-type: none"> - Compartir el beneficio de la imagen
Turismo	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento del turismo de negocios y congresos - Aumenta la frecuencia de viajes y su brevedad 	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptar las instalaciones turísticas - Promocionar el turismo y actividades paralelas
Medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> - Respeto al medio ambiente 	<ul style="list-style-type: none"> - Regulación de la congestión
Ordenación del territorio	<ul style="list-style-type: none"> - Nuevas estaciones - Metropolización 	<ul style="list-style-type: none"> - Desventaja comparativa - Operación global de gestión

Figura 36. Resumen de los tipos de impactos

Todos estos impactos dependerán enormemente de la planificación, no solo de la línea, sino también de las actuaciones que a su vez se realicen en el territorio. Por esta razón se deberán anticipar las consecuencias negativas y positivas, para minimizar en la medida de lo posible la primera y potenciar la segunda.

Se debe destacar que la importancia de todos estos impactos está afectada por un elevado grado de subjetividad e incertidumbre.

5.2.4 Aportar un valor monetariamente

Se comparará a través de una medida homogénea para todos los impactos, por lo que la conversión a dinero resulta clara debido a que muchos aspectos se centran siempre en el ambiente económico. La problemática que se encontrará será variada, pero el defecto más grave es que no siempre estará definido el valor monetario de ciertos aspectos.

Existen dos métodos con los que pondremos fijar valores. El primero será el método de valoración directa a través de preferencias declaradas, o lo que es más fácilmente entendible con la siguiente cuestión: ¿cuánto estamos dispuesto a pagar para disfrutar de este servicio? Habrá que cifrar el número de gente que se verá afectada por el estudio, las características del entorno, realizar una encuesta sobre una muestra que se amolde a toda la población y analizar los resultados obtenidos.

El segundo se basará en la valoración directa, preferencias relevadas.

5.2.5 Calcular indicador

Tras la medición y expresión de todos los impactos en un mismo valor, se procederá a evaluar la rentabilidad del proyecto. La medida de evaluación será a través de indicadores que pondrán bajo análisis todo lo conseguido anteriormente. Habitualmente se hace uso del valor actualizado neto. Como es de esperar se aplica la corrección para llevarlo al año de referencia.

$$VAN = I_0 + \sum_{j=0}^n \frac{(B_j - C_j)}{(1 + i)^j}$$

El TIR, o tasa interna de retorno también es otro indicador útil para este tipo de proyectos. Está relacionado con el VAN, ya que es el tipo de descuento que hace que el VAN sea 0:

$$VAN = 0 = \sum_{j=1}^n \frac{(B_j - C_j)}{(1 + TIR)^j} - I$$

El payback o plazo de recuperación será, como bien indica su propio nombre, el tiempo que tardaremos en recuperar la inversión inicial del proyecto.

5.2.6 Analizar sensibilidad

Los impactos seleccionados podrán verse afectados por muchos factores, por lo que se debe reconocer la incertidumbre a la que se expone cada uno de ellos para así valorar como podrá verse modificada la valoración final. Se deberá prestar especial atención en aquellas que consideramos críticas, o explicado de otro modo, en aquellas que con una variación de un 1% con su valor probable supone un cambio de 1% o más sobre el indicador de rentabilidad utilizado (en este proyecto caso el VAN).

6 ANÁLISIS NUMÉRICO

En el proyecto actual se pretende amortizar los costes que genera la infraestructura. A menudo en obra civil se da por hecho que existe un desembolso importantísimo que beneficiará a la sociedad. Se quiere destacar esto, ya que no se está acostumbrado a escuchar voces o leer noticias relacionadas a cubrir costes de construcción en autovías por ejemplo. El ACB que se desarrolla plantea estudiar el valorar todos esos beneficios y además, para ver si esa rentabilidad social compensa los grandísimos desembolsos para la construcción.

6.1 COSTES DE LA CONSTRUCCIÓN

Como ya quedó reflejado anteriormente, se trata de un estudio económico y no un proyecto de diseño de la línea por lo que en lo referido a este apartado, en este caso, se tratará de “adivinar” el coste que puede suponer la construcción de la línea La Coruña – Bilbao, aún sabiendo que cada línea es única y responde a las exigencias de una determinada orografía y trazado. Estableceremos un coste de 18M€/kilómetro de ave y lo justificaremos a partir de los siguientes datos obtenidos (Cada kilómetro de ave costó unos 18 millones de euros, 2013).

En la figura 38 se observan cuatro ejemplos, dentro de los cuales se pueden encontrar los más significativos en términos económicos. Se ha decidido hacer una aproximación de la línea de alta velocidad con la autovía o autopista cercana para extrapolarlo a la autovía del norte, A-8, en este caso. El costo medio de las líneas para estos cuatro casos de estudio es de 15,18M€ pero habrá que tener en cuenta que los 3M€ que se prevén para llegar a los 18, vendrán propiciados por la dificultad del terreno que queda reflejado en el caso cuatro (Madrid - Valladolid).

AVE	Coste en su fecha (millones €)		Coste 2016	Autovía	Kms	millones de € (actualizado)/ kms carretera	Observaciones
Sevilla-Madrid	316000 (ptas.)	1900	3488,4	A-4	509	6,85	Barato por realizarse en los 80
Madrid-Barcelona	9000		9774	A-2	621	15,74	
Madrid-Valencia	5400		5578,2	A-3	355	15,71	
Madrid-Valladolid	4205		4760,06	A-6 y AP-6	212	22,45	Túneles del Guadarrama y San Pedro
					media	15,18	

Figura 37. Coste diferentes líneas de AVE en relación con la autovía cercana

		millones euros/km
Datos de construcción	Plataforma	entre 5 -15
	Montaje de la vía	entre 1,7 - 2
	Electrificación	entre 0,8 - 1,3
	Señalización y comunicaciones	entre 1,1 - 3,3
mantenimiento		0,1

Figura 38. Horquilla de costes

A través de los datos anteriormente expuestos en la figura 39, se establece la máxima y la mínima inversión para la construcción de una línea de alta velocidad. Éstos serán respectivamente 33 y 8,6 M€/km. Al establecer unos límites tan diferentes lógicamente cumplimos los requisitos, pero se hará uso de ello, para destacar que estamos próximos a los valores medios de construcción.

Aparte de todo esto, se deberá sumar el coste de la redacción del proyecto constructivo (2% sobre el presupuesto de licitación sin IVA) y de la asistencia técnica a la dirección de obra (1,75% con la misma condición que el anterior). (Fomento).

Tras todo esto, se resume el coste de cada división en tramos en la siguiente figura (40), además también se resalta el coste total del proyecto.

	kilómetros	coste (M€)	redaccion del proyecto (M€)	asistencia técnica (M€)	total
tramo 1	282	5076	101,52	88,83	5266,35
tramo 2	147	2646	52,92	46,305	2745,23
tramo 3	102	1836	36,72	32,13	1904,85
				Total	9916,43

Figura 39. Costes de cada tramo

Tras fijar todos estos valores, se determina que los desembolsos se realizarán en 4 años y en función de los siguientes porcentajes 50, 25, 15 y 10.

6.2 COSTES DE EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

A menudo se asocian estos costes a un porcentaje del proyecto, pero en este caso el desarrollo se basará en datos de otras líneas anteriormente construidas y afianzadas en España.

6.2.1 Costes de explotación

Solo 4 de las actuales líneas cubren estos gastos a través de sus ingresos (García, 2012). Todas estas líneas parten de Atocha, Madrid, y sus destinos son las estaciones de Sants (Barcelona), Santa Justa (Sevilla), María Zambrano (Málaga) y Sorolla (Valencia). Los índices de cobertura respectivamente son: 130, 114, 110 y

107%. El resto de líneas hace uso de una aportación estatal, no para arrojar beneficios, sino, para poder operar ya que supondrían sino una sangría para la compañía.

El mantenimiento de las ramas, la reparación y costes comerciales, la energía, el salario de los empleados, la conducción y el acompañamiento, comisiones y seguros y los costes fijos indirectos son los conceptos que se tendrán en cuenta para el proyecto. Se hará uso de las líneas Madrid-Barcelona y Madrid-Sevilla.

Concepto	Madrid - Barcelona (M€)	Madrid - Sevilla (M€)
Mantenimiento de las ramas	16,61	15,78
Reparación y costes comerciales	21,51	21,51
Energía	20,97	16,83
Empleados	20,16	15,27
Conducción y acompañamiento	3,42	2,58
Comisiones y seguros	11,78	11,78
Costes fijos indirectos	7,01	7,01
TOTAL	101,46	90,76
kilometros	621	509
M€/km	0,16	0,18
media (M€)	0,17	

Figura 40. Datos para la obtención del coste de la explotación por kilómetro

Arrastrando todos estos datos y valores y obteniendo el coste medio por kilómetro, se extrapola al nuestro estudio y se obtienen los siguientes valores.

	coste de explotación (M€)
tramo 1	48,18
tramo 2	25,11
tramo 3	17,43
total	90,72

Figura 41. Costes de explotación por tramos (M€)

6.2.2 Costes de mantenimiento

A pesar de querer habilitar un porcentaje fijo para este apartado, a través de varios artículos de periódico (Soler, 2015) (Europapress, 2013) se observa que las inversiones referentes a costes de mantenimiento se cifran entre 100.000 y 130.000 euros por kilómetro. Se hará uso pues, del dato medio 115.000€ puesto que no depende tanto de la orografía sino de las problemáticas que pueden variar notablemente. Este coste no resultará trivial ya que las condiciones son justo todo lo contrario; es decir, siempre similares: trenes de 400 toneladas a velocidades cercanas a los 300km/h (Senserrich, Politikon, 2013). Este mismo dato quedo recogido con anterioridad en la figura 39 donde se expone la horquilla de costes de una línea.

6.3 LISTADO DE IMPACTOS

En primer lugar se pueden encontrar impactos, pudiendo ser estos positivos o negativos. Esto se entenderá mejor tras una breve explicación de cada uno de ellos para su posterior monetización. Se clasificarán a su vez, en los siguientes tipos:

6.3.1 Sociales:

Se desarrollan a continuación los impactos de mayor peso, pero cabe destacar que además de trabajar uno por uno, su resultado se verá ampliamente mejorado al actuar varios de ellos al mismo tiempo.

Ahorro de tiempo. Lógicamente, la construcción de una línea de AV se hace con un objetivo claro y conciso. Éste será uno de los impactos claves en el proyecto.

Incremento de la calidad y el confort. Como es sabido no son comparables las ventajas que ofrece un tren de alta velocidad frente a un coche privado, un avión o un autobús. Frente al vehículo personal presenta la gran ventaja de que se puede realizar cualquier tarea al mismo tiempo que uno se desplaza, ya que si se conduce un medio no se es posible centrarse en trabajar o simplemente descansar. En segundo lugar, el avión presenta unas dimensiones en las butacas mucho menores que las del ferrocarril, además, la comodidad para trabajar ni se asemeja, ya que constantemente se encuentran dificultades en este medio (indisponibilidad de conexión a internet cierre de la mesa en momentos de turbulencias, etc.). En el autobús se facilita también la posibilidad de internet, pero de la misma forma resulta más confortable el viaje en tren.

Mayor seguridad. El traspaso de un gran flujo de desplazamientos de la carretera a las vías ferroviarias hace que se reduzcan notablemente los accidentes. Es prácticamente imposible que se alcancen estadísticas similares en ambos medios. A su vez, puede ser una vía para descongestionar carreteras que veamos muy transitadas.

Mejora de la movilidad. Las conexiones de la franja norte española se verán fuertemente amplificadas con una línea de estas dimensiones. Resultará un adelanto en los deficientes enlaces que se poseen actualmente

Conexión con Francia y Zaragoza- Mediterráneo. La creación del eje norte aportará conexión de todo este territorio con Francia a través de la salida en Irún y al mismo tiempo con Zaragoza. Ésta ciudad, por su colocación estratégica en el noreste español representa el punto de paso para la unión con Barcelona o Valencia.

6.3.2 Económicos:

Se destaca que los impactos económicos no serán producto de la línea sola, sino que se deberá basar en una red fuertemente consolidada. Posiblemente la construcción de este eje sería un buen momento para potenciar la red norte. Se quiere resaltar que habitualmente se consolidan las grandes potencias en detrimento de las localidades pequeñas

Favorecimiento del sector terciario. Se verá intensificado el sector servicios a lo largo de todo el eje y sus cercanías, concentrándose especialmente en los puntos donde se prevean las paradas. Además se crearan empleos de alta cualificación. Cabe destacar que en numerosos estudios se aprecia el descenso de las pernoctaciones debido al efecto túnel o el acercamiento entre ciudades.

Crecimiento e implantación de empresas. El crecimiento económico de la zona se reflejará también en la llegada de nuevas empresas y la expansión de las ya existentes.

Desarrollo del territorio. Destacar que no solo causará repercusión a las zonas más próximas, sino también en puntos más alejados, por lo que resultará una gran mejora para una gran extensión de terreno.

Descentralización y expansión de los servicios y las empresas. Las posibilidades que envuelven a un proyecto de estas características permitiría a servicios y empresas la descentralización si se decidiese conveniente. En cambio, sin el proyecto no se encuentra esta posibilidad.

6.3.3 Turismo:

Es bastante obvio el crecimiento que se producirá en este campo. Un buen estudio de las promociones y ofertas que se puedan programar serán básicas para que se pueda alcanzar el máximo en el sector.

6.3.4 Ambientales:

Al igual que en los otros medios de transporte se provocarán grandes impactos ambientales, pero a diferencia de lo que muchas veces se piensa, se podrá ver que algunos que los impactos que se encuentran son altamente positivos si se ponen en comparación con las otras maneras de desplazamiento que existen.

Ocupación del espacio, impacto visual y efecto barrera. Dentro del transporte terrestre, una línea de ferrocarril representa la ventaja de que hace uso de menos espacio que una autovía. A su vez, el impacto visual del ferrocarril frente a una autopista es bastante menor. Respecto al efecto barrera, simboliza un obstáculo de paso de un lado al otro de la misma por lo que en ambas comparativas resulta igual de desfavorable. A menudo se prevén pasos inferiores o superiores para animales y/o personas para facilitar este gran inconveniente.

Eficiencia, sostenibilidad y consumo de energía. El ferrocarril de alta velocidad, en este ámbito, presenta ciertas ventajas, ya que con un consumo “pequeño” se traslada a un elevado número de personas.

Un ejemplo de esto podría ser el AVE Madrid-Barcelona que supuso una reducción de la importación de crudo de nada menos que 400.000 barriles entre los años 2008 y 2010 y una disminución de 920 gigavatios por hora (GWh), lo que ha implicado un ahorro en energía eléctrica del 20 % en el 2010. Además, desde su inauguración ha evitado la emisión de 273.300 toneladas de CO₂, lo que supone una minoración del 20 % de la emanación de gases de efecto invernadero.

6.3.5 Ordenación del territorio:

En este aspecto, se debe resaltar que refuerza el peso de las grandes ciudades e infravalora las medianas y pequeñas urbes. Están previstas paradas en Coruña, Gijón, Santander y Bilbao, por lo que finaliza claramente perjudicada la capital asturiana: Oviedo. La decisión de afrontar el proyecto por Gijón es debido a que se encuentra más cercana a la costa y por lo tanto será más sencilla la proyección del AVE allí. A su vez el número de habitantes de la seleccionada es mayor que el de la descartada

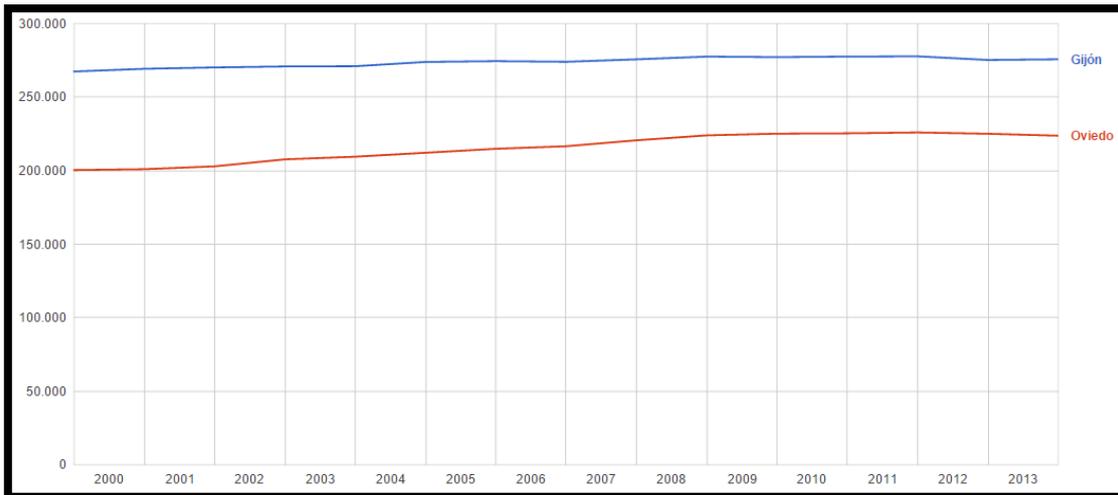


Figura 42. Población de Gijón y Oviedo

6.4 MONETIZACIÓN DE LOS IMPACTOS

El hecho de que haya que valorizar los impactos viene dado porque se deben comparar de una forma homogénea como se destacó anteriormente. Como es de esperar hay numerosos impactos a los que inevitablemente no se les podrá aplicar este factor y quedarán desvinculados del proyecto. En los siguientes puntos se describirá la forma de obtener dichos valores para su posterior utilización en el trabajo

6.4.1 Sociales:

Respecto a estos impactos, se encuentran fácilmente monetizables los siguientes:

Ahorro de tiempo. Se calculará el tiempo que se ahorrará en los desplazamientos. Para ello se supone que nuestra línea discurrirá a 200 km/h entre las ciudades conectadas (velocidad que no es excesivamente alta). Entre Coruña y Gijón el viaje más rápido que se encuentra es de 3 horas y 45 minutos. Suponiendo la nueva infraestructura con la velocidad establecida anteriormente llevaría 1 hora y 25 minutos, por lo que se recortarían 2 horas y 20 minutos. Respecto al tramo Gijón – Santander, se ahorra 1 hora y 25 minutos; y en cuanto al último tramo, Santander – Bilbao, se disminuye el tiempo en 45 minutos. Todos los minutos ahorrados se deben multiplicar por el valor del tiempo. Como es lógico esto dependerá de la persona que disfrute del

servicio, para calcular este valor. Se hace uso de las siguientes tablas que nos proporciona el ministerio de fomento para los estudios de rentabilidad.

Cuadro 6.2: Valor de los ahorros de tiempo en tiempo de trabajo en España para pasajeros*

	Avión		Autobús		Automóvil/Tren	
	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25
€ ₂₀₀₂ por hora	30,77	32,80	17,93	19,11	22,34	23,82
€ ₂₀₀₂ por hora ajustado por PPA	35,74	32,80	20,83	19,11	25,95	23,82

*A coste de factores.

Cuadro 6.3: Valor de los ahorros de tiempo en tiempo de ocio en España para pasajeros

	Commuter corta distancia						Commuter larga distancia					
	Avión		Autobús		Autom./Tren		Avión		Autobús		Autom./Tren	
	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25
€ ₂₀₀₂ por hora	12,72	12,65	6,12	6,10	8,52	8,48	16,33	16,25	7,87	7,83	10,94	10,89
€ ₂₀₀₂ por hora ajustado por PPA	14,77	12,65	7,11	6,10	9,90	8,48	18,96	16,25	9,14	7,83	12,71	10,89
	Otro corta distancia						Otro larga distancia					
	Avión		Autobús		Autom./Tren		Avión		Autobús		Autom./Tren	
	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25	España	UE 25
€ ₂₀₀₂ por hora	10,66	10,61	5,13	5,11	7,15	7,11	13,69	13,62	6,59	6,56	9,18	9,13
€ ₂₀₀₂ por hora ajustado por PPA	12,38	10,61	5,96	5,11	8,30	7,11	15,90	13,62	7,66	6,56	10,66	9,13

* A coste de los factores.

Figura 43. Valor del ahorro de tiempo

Se fija la referencia en el autobús, ya que este es el medio de transporte público que permite llegar en el menor tiempo posible en la zona de estudio. Se deberá calcular una media de los valores de ahorro de ocio, dentro el cual se realiza la misma operación para los commuters¹⁴ y otros usuarios, y valor de ahorro del tiempo de trabajo. El resultado es de 14.62€/hora en 2002, fecha de dicho boletín. Actualizado a nuestra fecha se obtiene el valor de 19.31 €/hora.

Renta actualizada con el IPC General (sistema IPC base 2011) entre Enero de 2002 y Enero de 2016		
Renta inicial	Renta actualizada	Tasa de variación
14,62 €	19,31 €	32,1 %

Figura 44. Actualización del valor a través del IPC

¹⁴ Usuarios habituales del servicio

Incremento de la calidad y el confort. Este será un parámetro bastante difícil de monetizar, pero se puede suponer es un porcentaje de gente, dentro de los que usarán el servicio, que haga uso de esta característica para desempeñar su labor profesional, estudiar, realizar trabajos, leer, conectarse a internet... Muchas de estas tareas no serían viables si estas calidades no se tuviesen debido a la implantación de la línea. Para aportar un valor concreto en este aspecto se utilizará el salario medio y mínimo español en 2016, que son 13 y 5 €/hora respectivamente. Teniendo en cuenta que el uso del sistema que se implantará vendrá más comúnmente utilizado por personas con mayor poder adquisitivo, fijamos el valor de la hora en 10€ para ese número de personas que decida invertir su tiempo en las actividades anteriormente descritas. Como es de esperar, es una variable que no resulta igual para todos, por lo que se estable el valor para el 50% de los viajeros.

Mayor seguridad. La mayor seguridad que confiere el ferrocarril, se basa mayormente en la reducción de los accidentes en carretera, por lo que se estimará para este estudio una reducción de los accidentes de un 50%. Haciendo uso de los datos que nos proporciona la dgt¹⁵ quedan fijados los siguientes valores respecto al número de fallecidos y heridos hospitalizados a lo largo del tramo de estudio durante el año 2014. En la comunidad gallega se hallan 2 fallecidos y 14 hospitalizados; en el Principado otros 2 y 13 respectivamente; en Cantabria 3 y 8; y por último en Vizcaya 1 y 6. En este estudio, pues, se fija el número de fallecidos en 8 y 41 hospitalizados. Resulta desagradable tratar en este caso con valores monetarios, pero tal y como se destaca en la figura 45 esto son los valores que se utilizan.

	VVE	VVnM _G	VVnM _L
Alemania	1.560	107	5
Francia	1.380	138	20
Países Bajos	3.010	443	66
Suecia	2.540	431	25
Reino Unido	2.670	387	23
Noruega	3.510	552	48
España	1.827	261	7

Figura 45. Valores oficiales de la vida en Europa; Accidentes graves y accidentes leves (miles de dólares)

Se deben actualizar, ya que son de 2009 y pasar de dólares a euros. Debido a esto, se obtienen los siguientes valores finales: 1.741.562,13 euros por difunto; 248.880,47 EUR por accidente grave; y 6.674,96 por leve. Estos valores aplicados al 50% de los accidentados en los tramos que se seleccionen será el beneficio económico que se recorta anualmente desde la fecha de inauguración del tramo.

¹⁵ Dirección General de Tráfico, responsables de la ejecución de la política vial

6.4.2 Económicos y turismo:

Todos los impactos turísticos y económicos son difícilmente monetizables, por lo que se optará por el uso del PIB¹⁶ referente a las regiones afectadas para aportar de esta forma un valor. Se establecerá una crecida porcentual para aquellas regiones que quedan conectadas. Coruña, Asturias, Cantabria y Vizcaya poseen respectivamente un PIB de 25.005¹⁷, 21.959, 12.172 y 32.863¹⁸ millones de euros.

En las diferentes alternativas que se engloban en la 1 (alternativa de construcción de un tramo) se ha decidido por aplicar un coeficiente de crecimiento del 0,05% sobre el PIB de la ciudad. Ante el bloque de segundas alternativas, se entiende que la construcción de 2 tramos consecutivos hará más alto este valor y deberá llegar al 0,07%. Finalmente ante la posible implantación de 3 tramos se prevé un aumento del PIB del 1% lo que representaría un total de 9200 millones de euros como se aprecia en la figura siguiente que resume los estudios. Con el fin de aproximar más a la realidad este hecho, se procederá a dividir el resultado entre los años de uso de la línea, ya que la economía o turismo no crecerán en un punto fijo, sino repartida a los largo del tiempo.

1 TRAMO	Coruña-Gijón		Gijón-Santander		Santander-Bilbao	
Provincias afectadas	Coruña	Asturias	Asturias	Cantabria	Cantabria	Vizcaya
PIB	25.005	21.959	21959	12.172	12.172	32.863
incremento 0,5%	1250,25	1097,95	1097,95	608,6	608,6	1643,15
TOTAL (M€)	2348,2		1706,55		2251,75	
1 año (M€)	78,27		56,89		75,06	

2 TRAMOS	Coruña-Santander			Gijón-Bilbao		
Provincias afectadas	Coruña	Asturias	Cantabria	Asturias	Cantabria	Vizcaya
PIB	25.005	21.959	12.172	21959	12.172	32.863
incremento 0,7%	1750,35	1537,13	852,04	1537,13	852,04	2300,41
TOTAL (M€)	3287,48			2389,17		
1 año (M€)	109,58			79,64		

3 TRAMOS	Coruña-Bilbao			
Provincias afectadas	Coruña	Asturias	Cantabria	Vizcaya
PIB	25.005	21.959	12.172	32.863
incremento 1%	2500,5	2195,9	1217,2	3286,3
TOTAL (M€)	9199,9			
1 año (M€)	306,66			

Figura 46. Resumen de las ganancias en las diferentes alternativas

¹⁶ Producto Interior Bruto, conjunto de bienes y servicio producidos en un país durante un espacio de tiempo, generalmente un año

¹⁷ Dato adquirido del periódico digital Europapress (se destaca este valor por no ser de una comunidad autónoma)

¹⁸ Dato adquirido de la búsqueda Vizcaya – Wikipedia (se destaca este valor por no ser de una comunidad autónoma)

6.4.3 Ambientales:

Difícilmente valorable, este gran apartado se verá resumido en este único gran bloque ya que de ellos resulta imposible. Se sintetizan en estos párrafos, y de esta forma quedará fijada su ganancia a fecha 2016.

Eficiencia, sostenibilidad y consumo de energía. Para monetizar este valor se hará uso de un ejemplo en la línea de AVE Madrid-Barcelona que supuso una reducción de la importación de crudo de nada menos que 400.000 barriles¹⁹ entre los años 2008 y 2010 y una disminución de 920 gigavatios²⁰ por hora (GWh), lo que ha implicado un ahorro en energía eléctrica del 20 % en el 2010. Además, desde su inauguración ha evitado la emisión de 273.300 toneladas de CO₂, lo que supone una minoración del 20% de la emanación de gases de efecto invernadero. Si desde la apertura de esta línea en 2010 se ha conseguido esta reducción; es decir en 6 años, se deberá extrapolar al proyecto de 30 años con sus diferentes alternativas sin olvidarnos de que el que une la capital con la ciudad Condal es de 659 kilómetros.

Haciendo los cálculos con los precios del valor del petróleo (43,98 dólares americanos) a día 15/06/2016 y sabiendo las fluctuaciones que éste arrastra junto con las que conlleva el cambio de divisa queda fijado el coste de barril de Brent²¹ en 44€. En cuanto al ahorro energético, se estima que el precio del megavatio en 80 euros la hora; por lo que 1 gigavatio son 80000€. Por último quedará por valorar la tonelada de CO₂ que lo se establecerá en 5,37 (IETA, 2016).

	Madrid - Barcelona (6 años - 659 kilometros)	1 año - km	euros
ahorro barriles de crudo (2 años)	400.000	303,49	44
GWh	920	153,33	80000
ahorro emisión CO ₂	273.000	69,04	5,37

Figura 47. Conversión de los datos de la línea de AVE referencia a 1 km y 1 año

¹⁹ Barril, unidad de volumen que es igual a 159,11315 litros

²⁰ Mil millones de vatios o 1 millón de kilovatios en una hora Se estima el precio del megavatio en 80 euros la hora; por lo que 1 gigavatio son 80000€

²¹ Tipo de petróleo extraído en el mar del norte, que sirve de referencia en Europa. Precio aportado por la web www.preciopetroleo.net

1 TRAMO	Coruña-Gijón	Gijón-Santander	Santander-Bilbao
Barriles de crudo	3445220,03	1962974,20	1362063,73
GWh	4802427,921	2736267,071	1898634,294
CO2	2869731,26	1635079,439	37818,16
TOTAL (€)	11.117.379,21 €	6.334.320,71 €	3.298.516,19 €

2 TRAMOS	Coruña-Santander	Gijón-Bilbao
TOTAL (€)	17.451.699,92 €	9.632.836,90 €

3 TRAMOS	Coruña-Bilbao
TOTAL (€)	20.750.216,12 €

Figura 48. Previsión anual de ahorro ambiental en función de los tramos

6.5 BILLETES DE AVE

Llegados a este punto avanzado del trabajo, uno de los puntos básicos de los que dependerá el estudio son los billetes de tren. Lógicamente, y como cabe esperar, serán una de las fuentes de ingresos de los años venideros. Los dos grandes apartados de los que dependerán todos estos ingresos serán el precio y el número de usuarios.

6.5.1 Precio:

El precio de este servicio, como cualquier otro, depende de las distancias que un usuario ficticio desee recorrer, por lo que habrá que fijar los diferentes precios entre nuestros desplazamientos. Haciendo uso de la actual línea, y comparando tramos de similar kilometraje se obtiene una aproximación bastante realista del precio que se pactaría en la zona norte peninsular.

En referencia al tramo Coruña-Gijón se ha hecho uso del tramo Madrid - Albacete; para Gijón - Santander desde Albacete a Alicante; y por último, asemejamos Santander - Bilbao con Madrid - Toledo.

	Coruña-Gijón	Gijón-Santander	Santander-Bilbao
Madrid-Albacete	44,5	-	-
Albacete-Alicante	-	27,2	-
Madrid-Toledo	-	-	12,9

Figura 49. Precio base de los billetes de AVE

Estos serán los precios base sobre los que a menudo se obtienen descuentos ya que existen numerosas ofertas a disposición de los clientes, si bien cierto es, que para ello se deberán prever los desplazamientos con una cierta antelación.

Renfe pone a disposición promociones de hasta el 70%. Lógicamente, el número de billetes en estas tarifas, son bastante reducidos, pero con un poco de previsión y fortuna, dispondremos de billetes con una reducción sobre el precio base del 15-25%. Debido a las razones anteriormente descritas se ha decidido fijar el valor del billete en el 80% de la referencia base.

	Coruña-Gijón	Gijón-Santander	Santander-Bilbao
Madrid-Albacete	35,6	-	-
Albacete-Alicante	-	21,76	-
Madrid-Toledo	-	-	10,32

Figura 50. Precio final de nuestras líneas en el transcurso de 1 tramo

Fijada ahora la hipótesis de desplazarnos dos o tres tramos enlazados. Como cabe esperar el precio del billete no resulta la suma de los tramos por separado, por lo que en la siguiente figura se verán estas comparativas. Las opciones de las que se dispondrán son: Coruña - Santander, Gijón - Bilbao y Coruña - Bilbao. Para nuestra semejanza utilizaremos las líneas Madrid - Alicante, Madrid - Albacete y Madrid - Sevilla respectivamente

	Coruña-Gijón	Gijón-Bilbao	Coruña-Bilbao
Madrid-Alicante	64,9	-	-
Madrid-Albacete	-	44,5	-
Madrid-Sevilla	-	-	75,5

	Coruña-Gijón	Gijón-Bilbao	Coruña-Bilbao
Madrid-Alicante	51,92	-	-
Madrid-Albacete	-	35,6	-
Madrid-Sevilla	-	-	60,4

Figura 51. Precio base y final de los desplazamientos propuestos en función de las semejanzas

6.5.2 Número de usuarios:

La falta de datos concretos y actualizados de los flujos de viajeros entre las comunidades autónomas hace que la obtención de la demanda de la infraestructura sea un punto clave del análisis. En este caso y frente a esta situación de falta de publicaciones, se ha procedido a la estimación de la matriz de origen y destino basando el proceso en dos fuentes de datos. Por un lado la segunda Encuesta de

Movilidad de las Personas Residentes en España (Movilia²², 2007) de la que se ha obtenido una matriz origen-destino basada en encuestas realizadas durante el 2006. Estos datos obviamente resultan desactualizados, por lo que se ha procedido a su actualización utilizando datos de la encuesta Familitur²³ que publica anualmente el Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

Los datos obtenidos (figura 53) se han desagregado al mismo nivel que ofrecía la encuesta Movilia, aunque es necesario reseñar que los datos obtenidos deben ser considerados como una primera aproximación. La situación de las comunidades autónomas analizadas ha variado mucho entre los años 2006 y 2014, las infraestructuras han mejorado y la percepción del transporte público ha cambiado. También han surgido nuevas ofertas de transporte (conexiones aéreas que en 2006 no existían) y se han eliminado otras. Por todo ello, estos datos de flujos de viajeros deben servir como "proxy", pero no como una certeza máxima, de igual forma que se desconoce su posible evolución futura.

COCHE	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco
Galicia	-	541,0	63,8	52,7
Asturias	1.022,0	-	481,3	22,0
Cantabria	77,9	543,6	-	1.080,4
País Vasco	325,1	443,3	2.750,5	-

AUTOBUS	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco
Galicia	-	25,6	7,0	4,7
Asturias	46,4	-	40,6	13,8
Cantabria	13,8	43,1	-	39,0
País Vasco	14,6	5,4	120,5	-

TREN	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco
Galicia	-	0,0	0,0	0,0
Asturias	0,0	-	0,0	0,0
Cantabria	6,6	21,5	-	0,0
País Vasco	3,5	0,0	3,4	-

AVION	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco
Galicia	-	0,0	0,0	0,0
Asturias	0,0	-	0,0	0,0
Cantabria	0,0	0,0	-	0,0
País Vasco	54,0	0,0	0,0	-

miles de desplazamientos

Figura 52. Matriz origen-destino con la distribución modal

²² A partir de Ministerio de Fomento, informan sobre las pautas de movilidad de la población residente en España

²³ Basan sus datos en las encuestas realizadas por la Subdirección de Conocimiento y Estudios Turísticos que recoge datos relativos a los viajes realizados por los residentes en España

Destacar que se sitúan por filas los orígenes de los viajes; y por lo tanto, las columnas se corresponderán con los destinos. Quedan suprimidas todos los desplazamientos entra la misma Comunidad Autónoma; es decir, las diagonales, puesto que no serán futuros usuarios de la futura línea de AVE planteada.

Gracias a los datos aportados por Movilia y Familitur, una vez más, se tienen los datos relativos a los motivos de los viajes que realizan los usuarios.

	Vacaciones	Ocio	Motivos profesionales	Visita a familiares o amigos	Ir a 2ª residencia	Otros
Galicia	4,7	24,5	21,1	16,5	17,8	15,3
Asturias	12,8	26,6	15,9	16,6	21,7	6,4
Cantabria	7,2	32,2	17,4	17,9	16,6	8,8
País Vasco	11,3	28,0	16,8	13,8	20,1	10,0

Figura 53. Motivos de viaje en función de la Comunidad (%)

Los diferentes motivos por lo que la sociedad escoge los trenes de alta velocidad frente a los otros modos de transporte se resumen en la figura 54.

	Avión	Coche	Tren	Bus	Total
Rapidez/Tiempo	13	42	57	67	30
Puntualidad	4	0	2	0	3
Comodidad	31	35	19	13	29
Precio	19	6	2	2	11
Novedad	11	3	9	3	9
Seguridad/Miedo	6	10	0	0	5
Centro ciudad	4	0	0	0	2
Horarios	6	0	8	10	5
Otros	6	4	3	5	6

Figura 54. Motivos de elección del AVE frente a los otros modos de transporte

A través de la última figura 54 y con la ayuda de datos de otros proyectos se estimará el porcentaje de variación que se producirá entre los diferentes modos de transporte. Haciendo uso del estudio realizado tras la implantación del primero AVE en España (Anglada, 1998) se obtendrán las primeras aproximaciones que quedarán reflejadas en la figura 55.

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

Figura 55. Distribución modal antes y después del AVE Madrid-Sevilla

	Pre-AVE	Post-AVE	Porcentaje de usuarios que deciden cambiar al AVE
AVE	-	44,8	
coche	52,1	35,6	31,67
tren convencional	13	2,2	83,08
avión	23,1	8,9	61,47
autobus	11,8	8,5	27,97

Figura 56. Porcentaje de usuarios que cambia el modo de transporte

Tras evaluar otras fuentes de datos, se decide la siguiente variación para los diferentes medios de transporte.

1. 20% para los usuarios del coche, ya que recientemente han finalizado las obras de la A-8 que une el norte y muchos usuarios ven positiva esta elección.
2. 60% en caso del avión; aunque cabe destacar que solamente encontramos una línea aérea que unan estas ciudades
3. 40% para el autobús que era el medio privado más frecuente antes la prácticamente nula posibilidad de los otros dos.
4. 100% para el tren convencional, ya que la línea existente actual quedaría definida solo para la conexión a nivel provincial. Apenas un número insignificante de gente hará uso de la línea actual para las grandes distancias.

Además de todo esto, se aprecia como con el paso de los años se asienta el sistema de transporte propuesto en este trabajo frente al avión que pierde fuerza. (Ferropedia, 2014)

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Tren	430.000	448.000	621.342	689.644	756.900	2.337.913	2.651.598	2.574.920	2.515.681	2.688.615
Avión	4.112.500	4.176.000	4.484.500	4.653.500	4.815.000	4.011.000	2.977.000	3.071.000	3.138.347	2.562.871
Total	4.542.500	4.624.000	5.105.842	5.343.144	5.571.900	6.348.913	5.628.598	5.645.920	5.654.028	5.251.486
Cuota tren	9.47%	9.69%	12.17%	12.91%	13.58%	36.82%	47.11%	45.61%	44.49%	51.20%
Cuota avión	90.53%	90.31%	87.83%	87.09%	86.42%	63.18%	52.89%	54.39%	55.51%	48.80%

Figura 57. Variación del uso del AVE respecto del avión entre Madrid y Barcelona

Esta misma tendencia se puede extrapolar al resto de modos, ya que los precios de las nuevas tarifas de Renfe, hacen del ferrocarril, una elección mucho más económica que hace años.

Finalmente, el número de desplazamientos que se obtienen para nuestras posibles alternativas será el que resume la figura 57 diferenciado modalmente, y la figura 58 representa el total.

COCHE	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco
Galicia	-	108,2	12,8	10,5
Asturias	204,4	-	96,3	4,4
Cantabria	15,6	108,7	-	216,1
País Vasco	65,0	88,7	550,1	-

AUTOBUS	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco
Galicia	-	10,2	2,8	1,9
Asturias	18,6	-	16,3	5,5
Cantabria	5,5	17,2	-	15,6
País Vasco	5,8	2,2	48,2	-

TREN	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco
Galicia	-	0,0	0,0	0,0
Asturias	0,0	-	0,0	0,0
Cantabria	6,6	21,5	-	0,0
País Vasco	3,5	0,0	3,4	-

AVION	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco
Galicia	-	0,0	0,0	0,0
Asturias	0,0	-	0,0	0,0
Cantabria	0,0	0,0	-	0,0
País Vasco	32,4	0,0	0,0	-

miles de desplazamientos

Figura 58. Desplazamientos previstos para el AVE en función del modo de transporte

TOTAL	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco
Galicia	-	118,4	15,6	12,4
Asturias	223,0	-	112,5	9,9
Cantabria	27,7	147,5	-	231,7
País Vasco	106,8	90,8	601,7	-

miles de desplazamientos

Figura 59. Desplazamientos totales previstos para el AVE

Filtrando todos estos viajes ficticios de manera ordenada a las alternativas sugeridas en el punto 3.1 “*Diferentes alternativas*” y haciendo uso del precio otorgado a cada posibilidad se obtendrá el beneficio producido por la venta de billetes.

Llegados a este punto avanzado del proyecto, es hora de analizar alternativa a alternativa las diferentes situaciones (costes, impactos, beneficios...) para de esta forma abordar el resultado.

7 RESULTADOS

En este apartado se explicarán los datos introducidos en el Excel para el cálculo su resultado final, así como una pequeña conclusión de cada alternativa.

7.1 ALTERNATIVA 1: 1 TRAMO

En primer lugar, se fija la primera alternativa que se basa en la construcción de 1 tramo de los que dispone el proyecto: La Coruña-Gijón; Gijón-Santander; o por último, Santander-Bilbao. Teniendo en cuenta el VAN más bajo para estas tres opciones, se podrán clasificar en orden de rentabilidad en el orden inverso al planteado en las alternativas planteadas como queda reflejado en la figura 60

alternativa 1A	- 4.262.691.963,81 €
alternativa 1B	- 1.920.825.036,05 €
alternativa 1C	- 269.015.557,88 €

Figura 60. VAN alternativa 1

7.1.1 Alternativa 1A: La Coruña – Gijón



Figura 61. Tramo alternativa 1A

Ésta será la primera opción planteada, y consistirá en unir las dos ciudades que dan nombre a esta posibilidad como queda reflejado en la figura 61. Queda expuesto que el recorrido se basa prácticamente en la autovía A-8. Debido a que todos los parámetros han sido descritos y quedan definidos anteriormente en los apartados cuatro y cinco, se expondrá en la figura 62 un resumen con todos los utilizados en este primer análisis a modo de recordatorio.

PARÁMETROS 1A:		
costes de construcción (+ redacción proyecto y asistencia técnica)	-	5.266.350.000,00 €
Primer año - 50%	-	2.633.175.000,00 €
Segundo año- 25%	-	1.316.587.500,00 €
Tercer año - 15%	-	789.952.500,00 €
Cuarto año -10%	-	526.635.000,00 €
serie		
tasa		0,035
horizonte temporal (años)		30
explotación/año	-	4.180.000,00 €
mantenimiento/año	-	28.980.000,00 €
billete (€)		35,60 €
ahorro timepo (horas)		2,33333333
números de viajeros		341400
valor tiempo (€/h)		19,31 €
valor calidad y confort (€/h)		10,00 €
viajeros y valor de tiempo		6.592.434,00 €
viajeros y valor de confort		1.707.000,00 €
valor seguridad (€)		6.843.010,61 €
fallecidos		2
heridos		13,5
PIB (€)		2.348.200.000,00 €
Eficiencia, sostenibilidad y consumo de energía (€)		11.117.379,21 €
		1.741.562,13 €
		248.880,47 €

Figura 62. Parámetros alternativa 1A

Queda claro que no se pueden encontrar 13.5 heridos graves, pero este dato viene así tomado por la elección de la reducción del 50% en los accidentes graves de carretera (dato inicial: 27 heridos graves).

El VAN queda fijado en -4.262.691.963,81€. Queda claro que se trata de una opción no rentable, ya que supone un sobrecosto inmenso. Además, sin hacer hincapié en beneficios sociales, económicos o ambientales, los gastos fijos anuales por mantenimiento (-48.180.000€) y explotación (-28.980.000€) superan los beneficios obtenidos por la venta de billetes (12.153.840€). Se fija el valor que el Estado o los gobiernos provinciales deberán aportar anualmente para la simple puesta en marcha del servicio a la empresa encargada de la explotación es de 65.006.160€.

7.1.2 Alternativa 1B: Gijón – Santander:



Figura 63. Tramo alternativa 1B

Esta será la segunda opción planteada, y al igual que con su predecesora, se resumirán los datos en una figura, esta vez, la 64, ya que de esta forma se permite de un solo vistazo ver y comparar los parámetros con las otras opciones.

PARÁMETROS 1B:		
costes de construcción (+ redacción proyecto y asistencia técnica)	-	2.745.230.000,00 €
Primer año - 50%	-	1.372.615.000,00 €
Segundo año - 25%	-	686.307.500,00 €
Tercer año - 15%	-	411.784.500,00 €
Cuarto año -10%	-	274.523.000,00 €
serie		
tasa		0,035
horizonte temporal (años)		30
explotación/año	-	25.110.000,00 €
mantenimiento/año	-	16.905.000,00 €
billete (€)		27,20 €
ahorro tiempo (horas)		1,4166667
números de viajeros		260000
valor tiempo (€/h)		19,31 €
valor calidad y confort (€/h)		10,00 €
viajeros, tiempo y valor de tiempo		7.112.516,83 €
viajeros, tiempo y valor de confort		1.841.666,71 €
valor seguridad (€)		6.967.150,26 €
fallecidos		2,5
heridos		10,5
PIB (€)		56.885.000,00 €
Eficiencia, sostenibilidad y consumo de energía (€)		6.334.320,71 €
		1.741.562,13 €
		248.880,47 €

Figura 64. Parámetros alternativa 1B

La misma explicación citada sobre los heridos graves en la opción 1 podrá extrapolarse para esta opción en caso de fallecidos y heridos.

Respecto al VAN obtenido a través del estudio es -1.920.825.036,05€. Al igual que en el análisis 1A, se deberá inyectar capital anualmente, aunque esta vez el valor disminuye a 34.093.000€. En venta de billetes se prevé el ingreso de 7.072.000€, dato que refleja claramente que el número de viajeros es escaso, por lo que debería plantearse seriamente la utilidad de este tramo de alta velocidad. Los costes anuales de explotación ascienden a 16.905.000€, mientras que los de mantenimiento a 25.110.000€.

7.1.3 Alternativa 1C: Santander - Bilbao:



Figura 65. Tramo alternativa 1C

PARÁMETROS 1C:			
costes de construcción (+ redacción proyecto y asistencia técnica)	-	1.904.850.000,00 €	
Primer año - 50%	-	952.425.000,00 €	
Segundo año - 25%	-	476.212.500,00 €	
Tercer año - 15%	-	285.727.500,00 €	
Cuarto año -10%	-	190.485.000,00 €	
serie			
tasa		0,035	
horizonte temporal (años)		30	
explotación/año	-	4.180.000,00 €	
mantenimiento/año	-	11.730.000,00 €	
billete (€)		12,90 €	
ahorro timepo (horas)		0,75	
números de viajeros		833400	
valor tiempo (€/h)		19,31 €	
valor calidad y confort (€/h)		10,00 €	
viajeros, tiempo y valor de tiempo		12.069.715,50 €	
viajeros, tiempo y valor de confort		3.125.250,00 €	
valor seguridad (€)		5.225.287,55 €	
fallecidos		2	1.741.562,13 €
heridos		7	248.880,47 €
PIB (€)		75.058.333,30 €	
Eficiencia, sostenibilidad y consumo de energía (€)		3.298.516,19 €	

Figura 66. Parámetros alternativa 1C

En las figuras 65 y 66 queda reflejado el tramo a estudiar. Este será la mejor de las tres posibilidades de la alternativa 1, ya que su VAN es de -269.015.557,88€. En esta ocasión los costes fijos anuales: mantenimiento (4.180.000€) y explotación (11.730.000€) ofrecen un mejor dato frente a la venta de billetes (10.750.860€), aunque el total continúe negativo.

7.2 ALTERNATIVA 2: 2 TRAMOS

Una vez finalizados con los primeros tramos, se aborda la posibilidad de dos tramos unidos. Veamos que se obtiene en el análisis económico:

alternativa 2A	-	5.003.075.427,69 €
alternativa 2B	-	2.052.642.253,10 €

Figura 67. VAN alternativa 2

Al igual que en el primer caso, la rentabilidad mejora a medida que uno se acerca al Este, esto puede ser debido al amplio número de viajes que se encuentran entre Cantabria y Bilbao, y el elevado PIB de la provincia de Vizcaya.

7.2.1 Alternativa 2A: La Coruña - Santander:



Figura 68. Tramo alternativa 2A

El VAN obtenido a partir de las cifras de la figura 69 es -5.003.075.427,69€. Esta opción será la peor de todas las posibles. El balance por la venta de billetes (33.427.824€), mantenimiento (48.180.000€) y explotación (16.904.748€) de lugar a una pérdida anual de 31.611.924€.

PARÁMETROS 2A:			
costes de construcción (+ redacción proyecto y asistencia técnica)	-	8.011.580.000,00 €	
Primer año - 50%	-	4.005.790.000,00 €	
Segundo año- 25%	-	2.002.895.000,00 €	
Tercer año - 15%	-	1.201.737.000,00 €	
Cuarto año -10%	-	801.158.000,00 €	
serie			
tasa		0,035	
horizonte temporal (años)		30	
explotación/año	-	48.180.000,00 €	
mantenimiento/año	-	16.904.748,00 €	
billete (€)		51,92 €	
ahorro timepo (horas)		3,75	
números de viajeros		644700	
valor tiempo (€/h)		19,31 €	
valor calidad y confort (€/h)		10,00 €	
viajeros, tiempo y valor de tiempo		46.684.338,75 €	
viajeros, tiempo y valor de confort		12.088.125,00 €	
valor seguridad (€)		10.450.875,68 €	
fallecidos		3,5	1.741.562,13 €
heridos		17,5	248.880,47 €
PIB (€)		109.580.000,00 €	
Eficiencia, sostenibilidad y consumo de energía (€)		17.451.699,92 €	

Figura 69. Parámetros alternativa 2A

7.2.2 Alternativa 2B: Gijón - Bilbao:

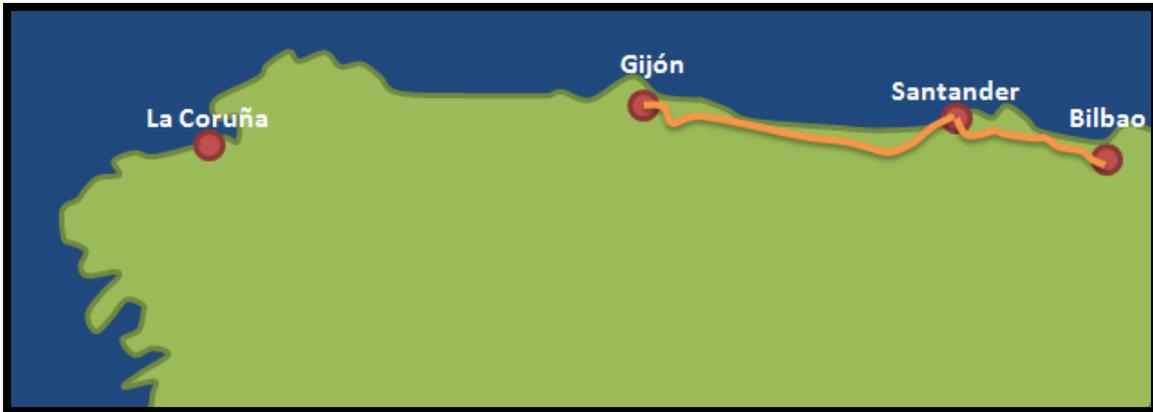


Figura 70. Tramo alternativa 2B

Se aprecia que el VAN mejora notablemente como quedó demostrado en la figura 67. La cifra es de -2.052.642.253,1€. La pérdida anual se fija en 14.817.328€, puesto que el mantenimiento, la explotación y la venta de billetes acarrea un valor final de 48.180.000, 28.635.000 y 61.997.672€ respectivamente.

PARÁMETROS 2B:			
costes de construcción (+ redacción proyecto y asistencia técnica)	-	4.650.080.000,00 €	
Primer año - 50%	-	2.325.040.000,00 €	
Segundo año - 25%	-	1.162.520.000,00 €	
Tercer año - 15%	-	697.512.000,00 €	
Cuarto año -10%	-	465.008.000,00 €	
serie			
tasa		0,035	
horizonte temporal (años)		30	
explotación/año	-	48.180.000,00 €	
mantenimiento/año	-	28.635.000,00 €	
billete (€)		51,92	
ahorro timepo (horas)		2,1666667	
números de viajeros		1194100	
valor tiempo (€/h)		19,31 €	
valor calidad y confort (€/h)		10,00 €	
viajeros, tiempo y valor de tiempo		49.959.154,60 €	
viajeros, tiempo y valor de confort		12.936.083,53 €	
valor seguridad (€)		8.584.572,74 €	
fallecidos		3	1.741.562,13 €
heridos		13,5	248.880,47 €
PIB (€)		79.639.000,00 €	
Eficiencia, sostenibilidad y consumo de energía (€)		9.632.836,90 €	

Figura 71. Parámetros alternativa 2B

7.3 ALTERNATIVA 3: CONSTRUCCIÓN COMPLETA (3 TRAMOS)

7.3.1 Alternativa 3: La Coruña - Bilbao:



Figura 72. Tramo alternativa 3

Éste será el proyecto definitivo con todos sus tramos. A pesar de las conclusiones precipitadas que se pueden suponer en base a las anteriores, este estudio expulsa un valor positivo de 1.767.260.318,38€. Las razones de mayor peso para que se haya producido esta variación residen en que el incremento del número de viajeros al enlazar los tres tramos es considerable y que debido a esta unión se puede afirmar que el PIB de las provincias afectadas cobraría un mayor valor pasando del 0.7 al 1%. Este incremento supondría una fuerte inversión para la economía del norte de España, tanto para las zonas de fuerte productividad como puede ser Vizcaya o zonas menos industrializadas como Santander.

Además, de ser la única que nos ofrezca un VAN positivo, será la única línea que se sostendría por sí misma, puesto que la diferencia entre billetes vendidos y gastos anuales es positiva (168.138.210€).

Los parámetros en los que se sustenta este estudio se recogen, a modo de resumen, en la figura 73.

PARÁMETROS 3:			
costes de construcción (+ redacción proyecto y asistencia técnica)	-	9.916.430.000,00 €	
Primer año - 50%	-	4.958.215.000,00 €	
Segundo año - 25%	-	2.479.107.500,00 €	
Tercer año - 15%	-	1.487.464.500,00 €	
Cuarto año -10%	-	991.643.000,00 €	
serie			
tasa		0,035	
horizonte temporal (años)		30	
explotación/año	-	48.180.000,00 €	
mantenimiento/año	-	57.615.000,00 €	
billete (€)		60,40 €	
ahorro timepo (horas)		4,5	
números de viajeros		2598000	
valor tiempo (€/h)		19,31 €	
valor calidad y confort (€/h)		10,00 €	
viajeros, tiempo y valor de tiempo		225.753.210,00 €	
viajeros, tiempo y valor de confort		58.455.000,00 €	
valor seguridad (€)		12.068.298,16 €	
fallecidos		4	1.741.562,13 €
heridos		20,5	248.880,47 €
PIB (€)		306.663.300,00 €	
Eficiencia, sostenibilidad y consumo de energía (€)		20.750.216,12 €	

Figura 73. Parámetros alternativa 3

8 CONCLUSIONES

En primer lugar, queda reflejado el pésimo estado del ferrocarril en el norte español. Esto se puede encontrar durante todo el trabajo, aunque con más hincapié en el punto 2.2.4 “Zona de estudio, líneas de ancho métrico”. Teniendo en cuenta esta problemática se opta por la construcción del AVE según las alternativas descritas, ya que es la solución para adecuar la grave deficiencia que se arrastra con los diferentes anchos en las líneas.

alternativa 1A	- 4.262.691.963,81 €
alternativa 1B	- 1.920.825.036,05 €
alternativa 1C	- 269.015.557,88 €
alternativa 2A	- 5.003.075.427,69 €
alternativa 2B	- 2.052.642.253,10 €
alternativa 3	1.767.260.318,38 €

Figura 74. VAN de todas las alternativas

No hay mejor forma de resumir todo lo expuesto que con la figura resumen 74. En ella se aprecian todas las alternativas con su correspondiente VAN.

Tras todo este estudio, se ha alcanzado una opción positiva y por lo tanto se puede afirmar que la construcción del AVE La Coruña-Bilbao debería realizarse puesto que es económicamente rentable. Todo esto se sustenta en función de los parámetros utilizados, pero, ¿y si estos variasen?, ¿qué pasaría si finalmente obtuviésemos un VAN negativo? Después de “navegar” en libros, estudios, artículos, noticias de prensa, etc. muchos de ellos útiles, otros tantos con fundamentos que no se sostienen y se basan en lo que la gente quiere leer o escuchar, puedo afirmar que esta disyuntiva entre AVE si o AVE no, solo existe en esta infraestructura. ¿Por qué nadie se plantea la rentabilidad de una autopista o autovía? ¿Qué beneficios económicos obtiene España de la red de autopistas si la gran mayoría de estas son gratuitas? Las respuestas ante estas cuestiones, todos las basarían con la irrefutable contundencia de que es necesaria una conexión entre ciudades. Esto mismo ocurre, actualmente, con el pésimo sistema ferroviario del norte español desarrollado desde finales del siglo XIX y todavía en uso. No es que incumba un tema meramente económico, sino que en ningún caso se posibilita un enlace efectivo en pleno siglo XXI en España, a priori, un país avanzado (se aprecia que no en todos los aspectos).

Fuertemente reseñable la normativa europea que establece que la alta velocidad no puede recibir dinero público, por lo que ADIF, deberá basarse en líneas cuyo servicio cubra la explotación y amortización. La movilización de los trenes en sí no debería resultar un problema, por lo que únicamente, se deberá prestar especial preocupación en el coste de construcción, que como ha quedado reflejado es bastante necesario.

Numerosos estudios resumen las “pérdidas” que se vinculan a las líneas de alta velocidad y que pretenden cubrir costes, pero aún buscando profundamente nunca se encuentran los tiempos ahorrados con respecto a las anteriores líneas de las que disponíamos. La expo de 1992 en Sevilla borró la memoria de muchos y parece que se han olvidado las horribles 7 horas que se han visto reducidas a 2 y media. Ya nadie habla de las 4 horas que se ahorran entre Madrid y Barcelona. Podríamos desarrollar unas cuantas líneas más, pero con el simple uso de estas dos ya queda reflejado que no es que anteriormente las líneas fueran malas, sino es que eran más bien roñosas (Senserrich, Politikon, 2013) Extrapolando estos a las “magníficas” líneas de ancho métrico que pueblan el norte español y que imposibilitan el transporte eficiente de mercancías, queda clara la solución: invertir en mejorar considerablemente las líneas o la construcción de una nueva. No sé si son los mejores años para ello tras la crisis sufrida, pero espero que se revitalice la inversión pública ya que es bien para todos.

9 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resumen de los problemas y objetivos	6
Figura 2. Línea Ludwigsbahn Núremberg-Fürth	8
Figura 3. Primer ferrocarril español (Cuba, 1848)	9
Figura 4. Líneas ferroviarias creadas hasta 1900	10
Figura 5. Red Ferrocarriles (2013) con las principales estaciones.....	15
Figura 6. Velocidades máximas.....	16
Figura 7. Rampas características (milésimas)	17
Figura 8. Distancias kilométricas por tramo	18
Figura 9. Longitud máxima para los trenes de viajeros.....	19
Figura 10. Instalaciones logísticas principales de mercancías.....	19
Figura 11. Anchos de vía en la red	20
Figura 12. Anchos de vía y cambiadores.....	21
Figura 13. Líneas de Alta Velocidad España.	22
Figura 14. Previsiones para el año 2020 de Red Alta Velocidad en Europa	24
Figura 15. Distancias kilométricas	25
Figura 16. Velocidades.....	26
Figura 17. Tipología de vías	27
Figura 18. Rampas características	27
Figura 19. Resumen de los datos más relevantes diferenciados por tramos ...	29
Figura 20. Ejemplo plataforma vía única para alta velocidad	32
Figura 21. Ejemplo vía AV	33
Figura 22. Traviesas monobloque de hormigón.....	34
Figura 23. Balasto para Alta Velocidad.....	34
Figura 24. Comparativa placas de asiento.....	35
Figura 25. Ejemplo para la Alta Velocidad	36
Figura 26. Ejemplo de electrificación para AV	36
Figura 27. Anchos de vía con su sobreechanco.....	37
Figura 28. Características de trazado de algunas líneas de AV.....	38
Figura 29. Radio de las curvas en AV.....	39
Figura 30. Mínima longitud de alineaciones rectas o circulares (m).....	39
Figura 31. Longitud mínima de rasante uniforme (m)	40

Figura 32. Radio mínimo del acuerdo vertical (m)	40
Figura 33. Rampas máximas.....	41
Figura 34. Horizonte temporal según el tipo de proyecto	43
Figura 35. Relación VAN – Tasa de descuento	44
Figura 36. Resumen de los tipos de impactos	46
Figura 37. Coste diferentes líneas de AVE en relación con la autovía cercana	48
Figura 38. Horquilla de costes	49
Figura 39. Costes de cada tramo.....	49
Figura 40. Datos para la obtención del coste de la explotación por kilómetro ..	50
Figura 41. Costes de explotación por tramos (M€)	50
Figura 42. Población de Gijón y Oviedo.....	53
Figura 43. Valor del ahorro de tiempo	54
Figura 44. Actualización del valor a través del IPC	54
Figura 45. Valores oficiales de la vida en Europa; Accidentes graves y accidentes leves (miles de dólares)	55
Figura 46. Resumen de las ganancias en las diferentes alternativas.....	56
Figura 47. Conversión de los datos de la línea de AVE referencia a 1 km y 1 año	57
Figura 48. Previsión anual de ahorro ambiental en función de los tramos	58
Figura 49. Precio base de los billetes de AVE	58
Figura 50. Precio final de nuestras líneas en el transcurso de 1 tramo.....	59
Figura 51. Precio base y final de los desplazamientos propuestos en función de las semejanzas	59
Figura 52. Matriz origen-destino con la distribución modal	60
Figura 53. Motivos de viaje en función de la Comunidad (%)	61
Figura 54. Motivos de elección del AVE frente a los otros modos de transporte	61
Figura 55. Distribución modal antes y después del AVE Madrid-Sevilla	61
Figura 56. Porcentaje de usuarios que cambia el modo de transporte	62
Figura 57. Variación del uso del AVE respecto del avión entre Madrid y Barcelona	62
Figura 58. Desplazamientos previstos para el AVE en función del modo de transporte	63
Figura 59. Desplazamientos totales previstos para el AVE.....	63

Figura 60. VAN alternativa 1.....	64
Figura 61. Tramo alternativa 1A	64
Figura 62. Parámetros alternativa 1A	65
Figura 63. Tramo alternativa 1B	65
Figura 64. Parámetros alternativa 1B	66
Figura 65. Tramo alternativa 1C	67
Figura 66. Parámetros alternativa 1C	67
Figura 67. VAN alternativa 2.....	68
Figura 68. Tramo alternativa 2A	68
Figura 69. Parámetros alternativa 2A	69
Figura 70. Tramo alternativa 2B	69
Figura 71. Parámetros alternativa 2B	70
Figura 72. Tramo alternativa 3.....	70
Figura 73. Parámetros alternativa 3.....	71
Figura 74. VAN de todas las alternativas.....	72

10 BIBLIOGRAFÍA

¿Cómo funcionan los trenes? (14 de agosto de 2013). Obtenido de Las grandes compañías ferroviarias:

<http://comofuncionanlostrenes.blogspot.com.es/2013/08/antiguas-companias-ferroviarias.html>

adif.es. (2016). Obtenido de Infraestructuras y estaciones, líneas de alta velocidad:

http://www.adifaltavelocidad.es/es_ES/infraestructuras/lineas_de_alta_velocidad/lineas_de_alta_velocidad.shtml

Alsa - Nuestra Flota. (s.f.). Obtenido de <https://www.alsa.es/experiencia-alsa/planifica-tu-viaje/nuestra-flota>

Anglada, G. d. (1998). *Análsis coste-beneficio del tren de alta velocidad en España*.

Cada kilómetro de ave costó unos 18 millones de euros. (13 de octubre de 2013). *Europapress* .

CreceNegocios. (18 de abril de 2012). *CreceNegocios.com*. Obtenido de <http://www.crecenegocios.com/el-analisis-costo-beneficio/>

Europapress. (13 de octubre de 2013). Cada kilómetro de la red AVE entre Madrid, Valencia y Alicante costó de media 13,5 millones. *El mundo* .

Félix Rodrigo. (2010). Los orígenes del ferrocarril en el Reino de España. En *Seis Estudios*.

Ferropedia. (2014). *www.ferropedia.es*. Obtenido de Tráficos AVE y LD corredor Barcelona-Madrid:
http://www.ferropedia.es/wiki/Tr%C3%A1ficos_AVE_y_LD_corredor_Barcelona-Madrid

Fomento, M. d. *Nota de servicio 3/2014 sobre prescripciones y recomendaciones técnicas relativas a los contenidos mínimos a incluir en los estudios de rentabilidad de los estudios informativos o anteproyectos de la subdirección general de estudios y proyectos*.

Francisco Cayón Gracia y Miguel Muñoz Rubio. (2005). *Los transportes y las comunicaciones durante las Guerra Civil*.

Francisco Comín Comón, Pablo Martín Aceña, Miguel Muñoz y Javier Vidal Olivares. (199). 150 años de historia de los ferrocarriles españoles. *Revista de la economía aplicada* , 139 a 143.

García, P. (21 de diciembre de 2012). *Vozpopulí*. Obtenido de <http://vozpopuli.com/actualidad/19002-ave-de-bajo-coste-solo-4-rutas-cubren-su-coste-de-explotacion-sin-subsencion>

IETA. (2016). *Sendeco2*. Obtenido de <http://www.sendeco2.com/es/precios-co2>

Jorge Sanz Mongay. (1998). *Cronología de la historia de los trenes en España*.
Obtenido de <http://www.jorges.arrakis.es/cronologia.html>

Miguel Muñoz Rubio y Domingo Cuéllar. *Historia de los ferrocarriles de vía estrecha en España*.

Miguel Muñoz Rubio, Javier Vidal Olivares. (2001). Los ferrocarriles en la historiografía española. *TST*.

Ortega, S. T. (2016). *Módulo 2. Gestión económica*. Obtenido de <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnczYXVsdG9ycmVzb3J0ZWdhfGd4OjNmODhhOTUwNDVjZGFIMjg>

Pedro Pablo Ortúñez Goicolea. (1999). *El proceso de nacionalización de los ferrocarriles en España. Historia de las grandes compañías ferroviarias, 1913-1943*.

Senserrich, R. (16 de enero de 2013). *Politikon*. Obtenido de A vueltas con la alta velocidad (II): ¿es el AVE rentable?: <http://politikon.es/2013/01/16/a-vueltas-con-la-alta-velocidad-ii-es-el-ave-rentable/>

Senserrich, R. (16 de enero de 2013). *Politikon*. Obtenido de A vueltas con la alta velocidad (II): ¿es el AVE rentable?: <http://politikon.es/2013/01/16/a-vueltas-con-la-alta-velocidad-ii-es-el-ave-rentable/>

Soler, J. C. (9 de marzo de 2015). España es el país con más kilómetros de AVE por habitante, pero el de menos pasajeros. *ABC*.

Viana, I. (s.f.). *Los "500 desaparecidos" de Torre del Bierzo*. Obtenido de abc.es: <http://www.abc.es/archivo/20130731/abci-accidente-tren-torre-bierzo-201307301417.html>

Wikipedia. (11 de mayo de 2016). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_ferrocarril_en_Espa%C3%B1a

Wikipedia, la enciclopedia libre. (7 de abril de 2016). Obtenido de Transportes en España: https://es.wikipedia.org/wiki/Transportes_en_Espa%C3%B1a