
IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

**ANEJO
16**

ÍNDICE

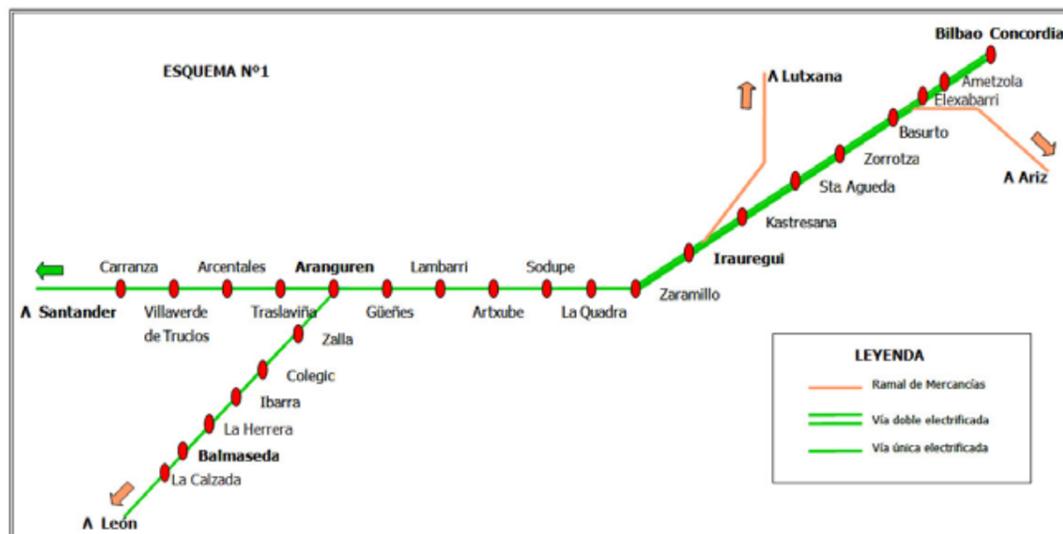
1. Introducción y objeto	1
2. Identificación de alternativas	1
2.1. Alternativa 0.....	1
2.2. Alternativas planteadas.....	2
3. Selección de alternativas.....	3
3.1. Descripción general de la metodología de análisis.....	3
3.1.1. Determinación de los criterios de valoración.....	3
3.1.2. Obtención de indicadores	4
3.1.3. Obtención del modelo	5
3.1.4. Análisis Multicriterio	6
3.2. Análisis de Alternativas.....	7
3.2.1. Obtención de Indicadores	7
3.2.2. Modelo numérico y análisis.....	10
4. Resumen y conclusiones	11
4.1. Metodología del análisis multicriterio	11
4.1.1. Criterios	11
4.1.2. Análisis y resultados	11
4.2. Conclusiones del análisis.....	12

1. Introducción y objeto

La red de ancho métrico en el País Vasco está formada por un eje principal, “Línea Bilbao-León”, del que se bifurca un segundo eje, “Línea Bilbao-Santander”, compartiendo ambos el trayecto comprendido entre Bilbao y Aranguren.

La línea Bilbao-León, está dotada de vía doble entre La Concordia (Bilbao) y Zaramillo, mientras que el resto se desarrolla en vía única.

A continuación, se incluye un esquema de la configuración actual de la red de ancho métrico mencionada.



Las actuaciones que son objeto de este estudio, se encuadran en el término municipal de Zalla, por donde discurren las dos líneas indicadas anteriormente, ya que convergen en Aranguren. Estas dos líneas pertenecen a la Red Ferroviaria de Interés General:

- **Línea 08-790-Asunción Universidad-Aranguren**

Vía electrificada a 1.500 V, por la que circulan mayoritariamente servicios de cercanías de la línea Bilbao Concordia-La Calzada.

- **Línea 08-780-Santander-Bilbao La Concordia**

Vía electrificada a 1.500 V, por la que circulan servicios de viajeros de carácter regional hasta Carranza y Santander, además de trenes de mercancías.

En el término municipal de Zalla hay un total de 34 pasos a nivel, 23 pasos a nivel en la línea Asunción Universidad-Aranguren y 11 pasos a nivel en la línea Santander-Bilbao La Concordia. Para la reducción del número de pasos a nivel del municipio existen distintas iniciativas, entre las que se encuentra la que es objeto de este Estudio Informativo.

2. Identificación de alternativas

2.1. Alternativa 0.

Como en todos los estudios de alternativas, previamente se analizan las consecuencias y la viabilidad de lo que supondría la Alternativa 0, esto es, no realizar ninguna actuación.

Como ya se ha indicado previamente, en el término municipal de Zalla existe un elevado número de pasos a nivel, que compromete la movilidad y seguridad viaria y ferroviaria en un entorno muy urbano. Esta situación queda agravada por el hecho de que son dos líneas ferroviarias independientes las que cruzan este término Municipal, lo cual supone un mayor impacto sobre la seguridad de los desplazamientos viarios y ferroviarios, y un gran condicionamiento para el futuro desarrollo urbano de la población, generando una rigidez muy grande en todos los planes de movilidad.

Además de lo indicado, existen requerimientos normativos y legislativos que activan los mecanismos necesarios para adaptar la situación existente, tal es el caso del Real Decreto 929/2020, de 27 de octubre, sobre seguridad operacional e interoperabilidad ferroviarias.

Cabe indicar que no se da en la actualidad ninguno de los requisitos establecidos en los apartados 1 y 2 del artículo 54 del RD 929/2020, que obligan al administrador a su supresión. Sin embargo, existen tramos de vía con pasos a nivel cuya distancia entre ellos es igual e inferior a 500 ó 1000 metros,

cumpléndose lo establecido en el apartado 4 del citado artículo para proceder a la concentración en el primer caso, o promover su concentración en el segundo caso.

Por otro lado, el apartado 3 del RD 929/2020 indica que "Cuando de las características de un paso a nivel se desprenda que su supresión resulta necesaria o conveniente, el administrador de infraestructuras y el titular de la carretera o camino, según lo permitan sus disponibilidades presupuestarias y conforme a los convenios que pudieran celebrarse, procederán a la supresión de dicho paso y, en su caso, a su sustitución por un cruce a distinto nivel".

Por lo anteriormente mencionado, se considera que la Alternativa 0 no es una solución viable, siendo necesario plantear otras alternativas que vayan encaminadas a resolver los problemas de movilidad y seguridad viaria y ferroviaria existentes actualmente en el municipio de Zalla, buscando el cumplimiento de los objetivos del presente Estudio Informativo.

Además de las necesidades indicadas, las actuaciones ferroviarias suponen varias ventajas, ya que constituirán un factor de actividad y estimulación económica, tanto por los recursos locales que moviliza su ejecución, como por las mejoras de productividad inducidas sobre el conjunto de la economía a largo plazo, durante la operación de la infraestructura. El sistema de transporte es el principal garante de la accesibilidad en el territorio y, aunque no suficiente, es condición necesaria para su desarrollo.

Por último, la no ejecución de actuación plantea una barrera importante a la consecución de objetivos socioeconómicos como:

- Mejorar la eficiencia, seguridad y competitividad de la red actual.
- Contribuir al desarrollo económico local y regional.
- Promover una movilidad sostenible.
- Reforzar la cohesión territorial y la accesibilidad.

Para concluir, y en consonancia con lo expuesto, se considera que la Alternativa 0 no es competitiva, no se adapta bien a los requerimientos funcionales y la legislación vigente, no garantiza la total compatibilidad, con el resto de actuaciones que se están desarrollando, compromete la gestión de incidencias y seguridad ferroviaria, y condiciona el desarrollo socio-económico regional y nacional.

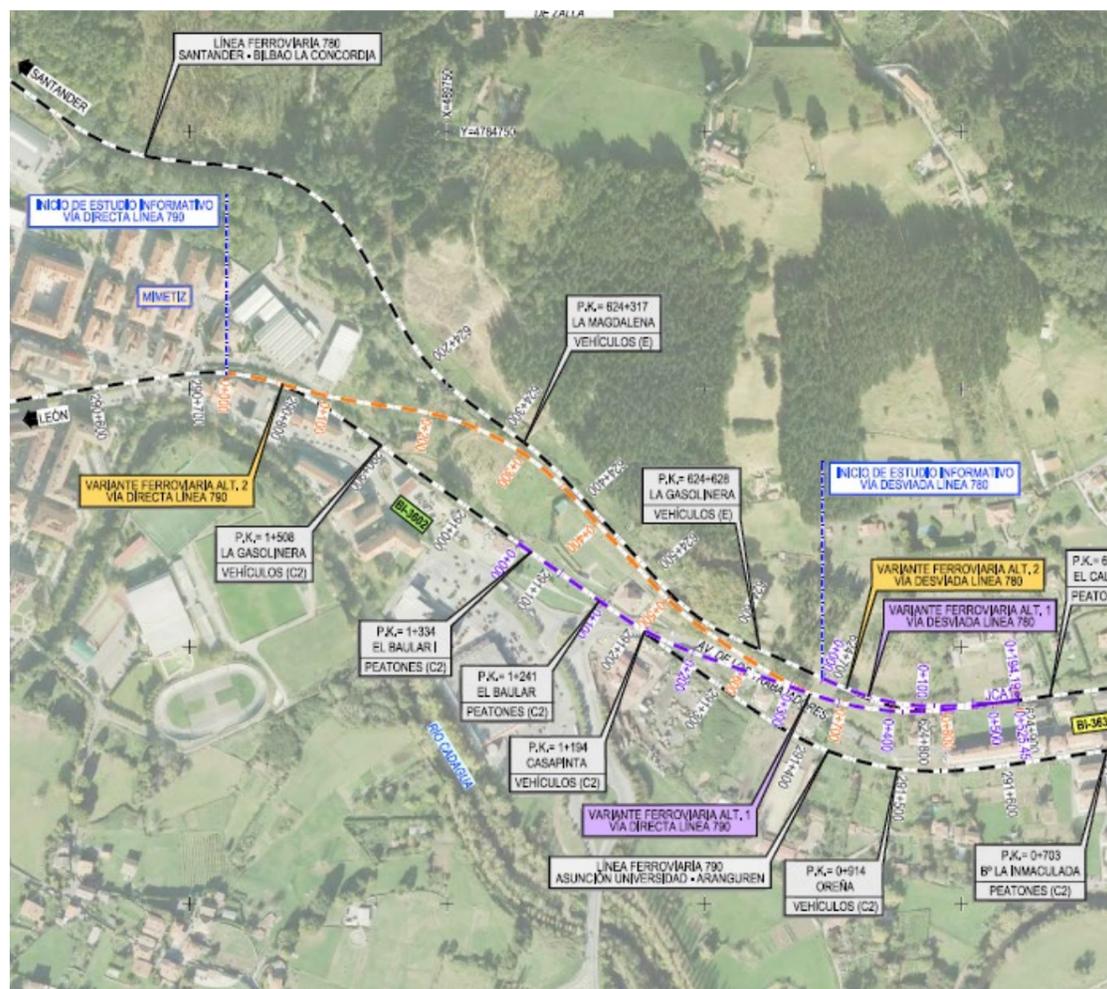
Por lo tanto, se descarta la Alternativa 0 del análisis ambiental y de la selección de alternativas.

2.2. Alternativas planteadas

La variante de Zalla tiene como objeto, por un lado, suprimir el mayor número de pasos a nivel existentes, y por otro, evitar que las dos líneas, Bilbao-Santander y Bilbao-León, discurren en paralelo por zonas urbanas de la localidad de Aranguren, ya que unificaría los dos trazados en uno solo, y permitiría liberar parte del suelo ocupado ahora por el ferrocarril, ganando este terreno para el desarrollo social, y consiguiendo una mayor permeabilidad urbana del municipio.

Para ello, en el presente Estudio Informativo se plantean dos alternativas, que se reflejan en la imagen siguiente:

- Alternativa 1:
Su trazado es más corto, con una longitud de 525,44 metros, por lo que elimina menos pasos a nivel. El trazado parte de la línea Bilbao-León, a la altura de la estación de servicio existente en el municipio de Zalla, con rasante ascendente hasta enlazar con la línea Santander-Bilbao.
- Alternativa 2:
Es un poco más larga, con una longitud de 871,53 metros, y se une rápidamente al corredor de la línea 780 – Santander – Bilbao Concordia, lo que favorece concentrar la infraestructura en un corredor único, liberando más terreno dentro del municipio de Zalla, y favoreciendo la cohesión territorial.



Se procede a describir, en los siguientes apartados, las alternativas planteadas en el presente Estudio Informativo, que serán objeto de análisis desde la perspectiva funcional, ambiental, territorial y económica.

3. Selección de alternativas

3.1. Descripción general de la metodología de análisis

La metodología de análisis que conduce a la selección de la alternativa óptima se ha basado en el desarrollo del siguiente proceso:

- Determinación de los criterios más adecuados para valorar el nivel de cumplimiento de los objetivos de la actuación y del grado de integración en el medio de cada alternativa.
- Obtención de los indicadores que permitan la valoración cuantitativa de las alternativas con respecto a estos criterios.
- Obtención del modelo numérico que permite sintetizar las valoraciones parciales en un solo índice aplicando coeficientes de ponderación o pesos que permitan graduar la importancia de cada criterio.
- Aplicación de procedimientos de análisis basados en el modelo numérico obtenido y que, empleando diversos criterios de aplicación de pesos, permitan la evaluación y comparación de alternativas.

Las actuaciones llevadas a cabo en cada una de las fases de este proceso se describen seguidamente.

3.1.1. Determinación de los criterios de valoración

Atendiendo a los objetivos fijados para la actuación y a las características del medio social y ambiental en que ésta se desarrolla, se ha estimado conveniente valorar las alternativas considerando los siguientes criterios:

- Vertebración territorial
- Funcionalidad
- Medio Ambiente
- Inversión

Para valorar la idoneidad de cada alternativa con respecto a cada uno de estos criterios, se ha deducido un parámetro único, cuyos valores oscilan en todos los casos entre 0 y 1, y cuyos criterios de cálculo son los siguientes:

- En los criterios valorados directamente con un solo indicador numérico no sintético (por ejemplo, la inversión), o en aquellos cuyo valor indicador no dé diferencias apreciables entre alternativas, se asigna valor 1 a la óptima y el valor de las demás se obtiene restando a 1 una cantidad proporcional (con o sin factor amplificador) a la diferencia porcentual que tienen con la óptima.
Ejemplo: una alternativa óptima cuyo indicador vale 200 obtiene un 1, y otra subóptima cuyo indicador vale 190, esto es, un 95 % de la anterior, obtiene 0,95 con proporcionalidad directa sin amplificar; con una amplificación de 2, obtendría 0,90.
- En los criterios valorados con un indicador que no se corresponde de forma directa con una magnitud medible, puede alternativamente utilizarse el método anterior (adecuado si las alternativas presentan valores de indicador muy homogéneos), o un escalado que asigne valor 1 a la alternativa óptima, 0 a la pésima, y valores intermedios proporcionales al valor del indicador en el resto de alternativas.

3.1.2. Obtención de indicadores

La modelización numérica requiere la utilización de unos índices desprovistos en la medida de lo posible de subjetividad, que definan cuantitativamente el comportamiento de las alternativas con respecto a cada criterio. Dado que estos índices suponen en algunos casos una síntesis de diversos factores que intervienen en la caracterización, se ha considerado necesario desarrollar la obtención de los indicadores en dos niveles:

- **Nivel 2:** en él se produce la caracterización de los factores a través de su valor deducido o medido y, cuando el factor sea compuesto, a través de un índice que sintetiza las aportaciones de sus componentes, empleando cuando sea necesario pesos basados en factores objetivos para graduar el nivel de influencia de cada uno de estos factores compuestos.

- **Nivel 1:** en él se produce la homogeneización de los valores obtenidos para cada índice, situándolos todos en la misma escala [0,1] mediante un escalado proporcional, de acuerdo con uno de los dos métodos descritos en el apartado anterior.

El proceso de modelización para cada criterio se describe seguidamente.

3.1.2.1. Vertebración territorial

Debido a que las alternativas se desarrollan en un suelo con un alto potencial urbanístico, se considera como un factor importante el tener un índice que pueda medir las superficies cautivas ocasionadas y el grado de fracturación que pueden ocasionar, tanto en la actualidad como en un futuro cada alternativa.

La vertebración territorial hace referencia a la acción de proporcionar consistencia y estructura interna, dar organización y cohesión al territorio.

En concreto se valoran los siguientes aspectos:

- Superficie de ocupación de cada alternativa.
- Superficie liberada por cada alternativa.
- Cohesión territorial.
- Permeabilidad viaria

3.1.2.2. Funcionalidad

Se emplean indicadores que resultan representativos de los rasgos diferenciadores de cada alternativa en cuanto a funcionalidad. Entre estos factores pueden mencionarse:

- Garantizar la compatibilidad de las actuaciones con el mantenimiento de la funcionalidad de las infraestructuras ferroviarias presentes en la zona de estudio.
- Respuesta ante la gestión de incidencias, tanto en los canales de acceso como en la estación.
- Seguridad en la explotación ferroviaria, teniendo en cuenta las repercusiones, no solo a nivel local en el ámbito de la actuación, sino la repercusión en la línea en la que se integra la actuación.

3.1.2.3. Medio Ambiente

La descripción detallada del proceso de obtención del parámetro medioambiental se encuentra en el Estudio de Impacto Ambiental de la presente Fase. Los factores estudiados en el nivel 1 y 2 han sido:

- Geología y Geomorfología
- Edafología
- Hidrología
- Vegetación
- Fauna
- Ruido
- Medio Atmosférico
- Paisaje
- Espacios Naturales
- Patrimonio Histórico – Cultural
- Medio Socioeconómico
- Aceptación social
- Planeamiento
- Organización territorial.
- Consumo de recursos
- Gestión de residuos
- Vulnerabilidad frente accidentes

Con estos factores se ha obtenido una calificación final medioambiental, que representa más grado de afección medioambiental cuanto menor sea su valor.

En el Nivel 1 estos valores se han escalado, obteniendo valores finales comprendidos en el intervalo [0,1].

Dado que las alternativas se encuentran en un grupo de valoraciones muy homogéneo, el escalado se ha llevado a cabo empleando el primer método de los descritos en el apartado anterior.

3.1.2.4. Inversión

Se ha considerado como indicador representativo y lo más objetivo posible, el volumen de inversión, medido a través de la estimación realizada de su Presupuesto Base de Licitación (PBL).

En el nivel 1 se ha efectuado el escalado inverso armonizando, pero teniendo en cuenta lo indicado anteriormente (dado que la alternativa es tanto más desfavorable cuanto más volumen de inversión requiera, a nivel local, pero no a nivel global).

3.1.3. Obtención del modelo

Los índices anteriores, que definen la valoración parcial de las alternativas con respecto a los tres criterios considerados, suponen el primer paso para la obtención de un modelo numérico que pueda emplearse como herramienta básica del análisis multicriterio.

El modelo obtenido está basado en la matriz numérica que se emplea en el método PATTERN¹, que permite sintetizar las valoraciones obtenidas por las alternativas para cada criterio en un sólo parámetro llamado IP (Índice de Pertinencia), cuyos valores están comprendidos en el intervalo [0,1]², correspondiendo el 1 a la óptima y el 0 a la pésima, mediante la aplicación de pesos o coeficientes de ponderación, creando un modelo que permite la comparación directa. De esta forma, se obtiene una matriz alternativas – criterios con la que se obtiene el IP para cada alternativa de la siguiente forma:

$$IP_i = \frac{MAX - \sum_j \beta_j \cdot a_{ij}}{MAX - MIN}$$

Donde:

a_{ij} es la calificación obtenida por la alternativa i para el criterio j

¹ *Planning Assistance Through Technical Evaluation of Relevance Numbers*

² *Esto supone una modificación con respecto al método PATTERN clásico, en el cual el índice IP no se limita al intervalo mencionado; con esto se facilita la comparación de alternativas.*

β_j es el coeficiente de ponderación del criterio j , cumple la condición $\sum \beta_j = 10$

MAX es el valor máximo de $\sum \beta_j \cdot a_{ij}$ de entre los obtenidos por todas las alternativas.

MIN es el valor mínimo de $\sum \beta_j \cdot a_{ij}$ de entre los obtenidos por todas las alternativas.

Con este modelo se pueden desarrollar diversos métodos de análisis multicriterio que, empleando diferentes criterios de aplicación de pesos, permitan alcanzar los objetivos del proceso de análisis de alternativas.

3.1.4. Análisis Multicriterio

Tras la obtención del modelo numérico se plantea la necesidad de evaluar las alternativas de forma global, empleando procedimientos que permitan aplicar los coeficientes de ponderación necesarios sin distorsionar los resultados. Estos procedimientos son los siguientes:

- **ANÁLISIS DE ROBUSTEZ:** consiste en aplicar todas las combinaciones posibles de pesos a todos los criterios comprendidos en el modelo numérico anterior, obteniéndose el número de veces que cada alternativa resulta ser óptima. Este procedimiento es el más desprovisto de componentes subjetivos, y pone de relieve qué alternativas presentan mejor comportamiento general con los criterios marcados. Para este análisis se ha empleado una aplicación informática desarrollada por INECO.

- **ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD:** consiste en aplicar el mismo procedimiento que en el análisis de robustez, pero limitando los valores posibles de cada peso a un cierto rango, de manera que se evita tomar en consideración en el análisis ponderaciones extremas que podrían distorsionarlo. Para el presente análisis se ha establecido un rango de ponderaciones comprendida entre el 10 % y el 50 %.
- **ANÁLISIS DE PREFERENCIAS:** es el método PATTERN tradicional, y consiste en aplicar pesos a cada criterio de tal forma que respondan a un orden de preferencias relativas que se propone como más adecuado para evaluar la actuación. Este orden de prelación ha sido: Medio Ambiente – Vertebración territorial – Funcionalidad - Inversión.

La metodología aplicada en cada procedimiento se describe a continuación.

3.1.4.1. Análisis de Robustez

Para efectuar el análisis de robustez se ha partido del modelo numérico desarrollado anteriormente, sin coeficientes de ponderación. Este modelo se ha tratado con una aplicación informática que le aplica todas las posibilidades de combinación de pesos (es decir, aquellas cuya suma es 10), en incrementos de una unidad.

El resultado que se obtiene es el número de veces que cada alternativa obtiene la máxima calificación.

3.1.4.2. Análisis de Sensibilidad

Al igual que en el análisis de robustez, se han aplicado todas las combinaciones posibles de pesos a los diferentes criterios, pero limitando el rango de variación de éstos al intervalo [1,5], de manera tal que se evitan las valoraciones en las cuales algún criterio recibe peso 0 y aquellas en las que algún criterio tiene una ponderación superior al 50 %.

El incremento aplicado a las combinaciones de pesos ha sido 0,2.

3.1.4.3. Análisis de Preferencias

El último procedimiento de análisis aplicado, llamado habitualmente método PATTERN, tiene en cuenta el orden de importancia relativa entre criterios más apropiados para las características de la actuación, señalado al principio de este apartado. Al igual que en otros casos, se aplican al modelo numérico los pesos que se deducen de este planteamiento, que son:

- Medio Ambiente:..... 4
- Vertebración territorial..... 3
- Inversión:..... 1
- Funcionalidad: 2

El resultado permite asegurar el diagnóstico dado para cada alternativa por los demás análisis con respecto al grado de cumplimiento de los objetivos de la actuación y su nivel de integración en el entorno.

3.2. Análisis de Alternativas

3.2.1. Obtención de Indicadores

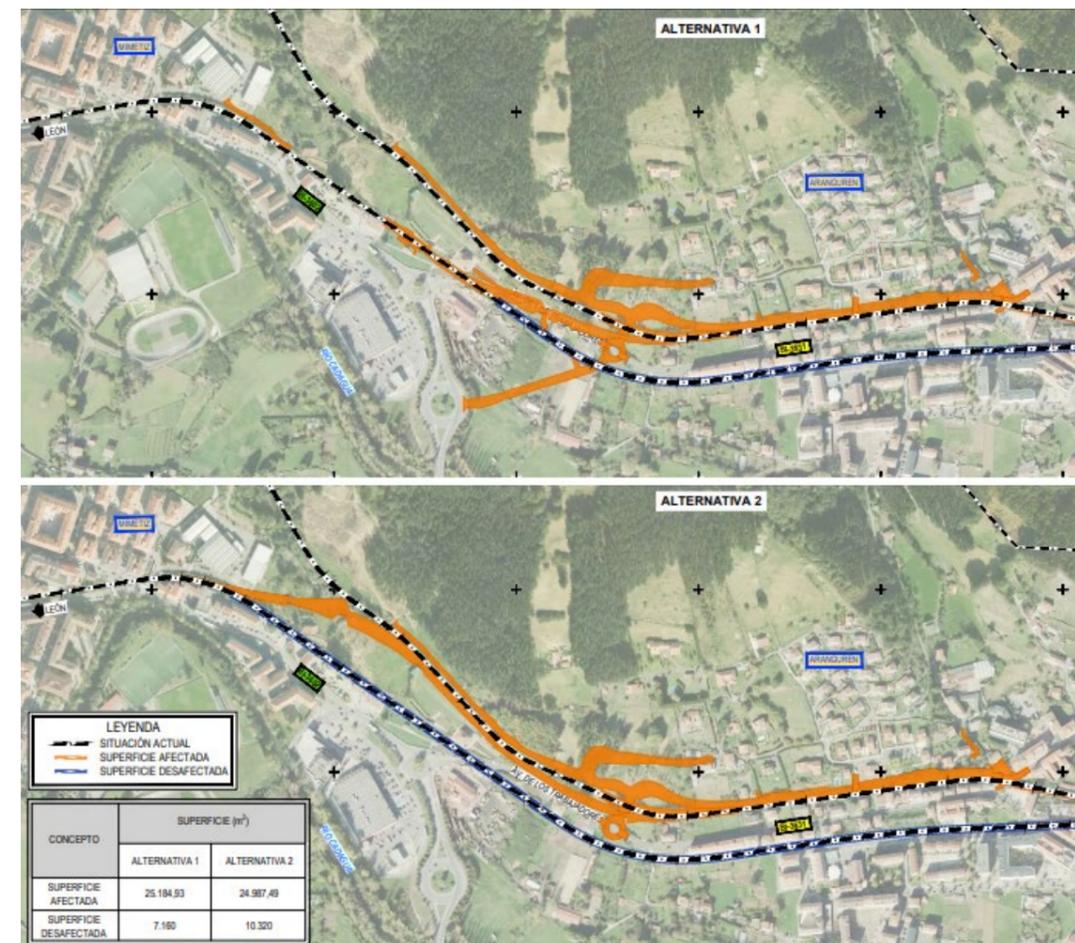
3.2.1.1. Vertebración territorial

Tras los análisis realizados en lo que respecta a este indicador, se constata **que la Alternativa 2 es más ventajosa desde distintas perspectivas:**

- Desde el punto de vista de la **seguridad y permeabilidad territorial**, permite suprimir directamente 4 pasos a nivel más que la Alternativa 1, de los cuales, dos están clasificados como de “prioridad muy alta” por el administrador de la infraestructura.
- Desde el punto de vista de la **cohesión territorial**, permite liberar más longitud de la línea 790 - Asunción Universidad – Aranguren (1.300 m frente a 895 m), que fragmenta actualmente el territorio, permitiendo concentrar las infraestructuras ferroviarias por un mismo corredor. Esto favorece la permeabilidad, consiguiendo una mejor reordenación de las infraestructuras viarias, al suprimir más cruces del ferrocarril con la red de caminos y

carreteras, y permitiendo que viviendas como casa Pinta dejen de estar confinadas entre dos líneas ferroviarias.

- Desde el punto de vista de la **ocupación territorial**, aunque la Alternativa 2 es ligeramente más larga, como conlleva menos actuaciones viarias, su superficie de ocupación es ligeramente menor que la de la Alternativa 1. Adicionalmente, la superficie que libera el trazado de la Alternativa 2 una vez entra en funcionamiento la nueva variante ferroviaria y se desmantela el tramo de la línea 790 que queda en desuso, es mayor que la asociada a la Alternativa 1, tal y como se puede observar en la imagen siguiente:



A continuación, se reflejan los datos de superficies afectadas y superficies desafectadas para cada alternativa.

- **Superficie afectada** para la Alternativa 1 es de 25.184,93 m², frente a 24.987,49 m² de la Alternativa 2.

Superficie desafectada para la Alternativa 1 es de 7.160 m², frente a los 10.320 m² de la Alternativa 2.

Traduciendo lo indicado a valores numéricos para cuantificar la vertebración territorial:

Nivel 1 [0,1]		Alternativa 1	Alternativa 2
Vertebración territorial		0,783	1,000
Nivel 2		↑	↑
Índice por superficie ocupada		1,000	0,900
Índice por superficie liberada		0,720	1,000
Índice de cohesión territorial		0,630	1,000

3.2.1.2. Funcionalidad

Desde el punto de vista funcional, ambas alternativas garantizan mantener la explotación ferroviaria existente, y no hipotecan posibles actuaciones futuras.

Las principales conclusiones del análisis Funcional de la variante de Zalla, son las siguientes.

- La variante de Zalla evita que los trazados de las dos líneas, Bilbao-Santander y Bilbao- La Carrera, discurren en paralelo por zonas urbanas de Aranguren, ya que se unifican en uno solo.
- En las dos alternativas de trazado de la variante no hay diferencias desde el punto de vista funcional, ya que las dos tienen en común el punto de unión-separación de las dos líneas y los tiempos de viaje entre la estación de Aranguren y la de Zalla (tramo en el que el trazado difiere) son iguales.
- El traslado 800 m del punto de unión de las líneas de León y Santander respecto a su situación actual (estación de Aranguren) en un tramo en vía única con una importante densidad de trenes, tiene relevancia en el modelo de explotación del sistema ferroviario.
- La situación futura con parada comercial en el nuevo Apeadero de Aranguren posibilitará, en el caso que de que así se considere, que los servicios de las

dos líneas tengan parada, como se ha contemplado en el modelo de explotación desarrollado.

- El nuevo modelo de explotación se ha adaptado en lo posible al existente, para mantenerlo con las menos modificaciones, así el modelo con la variante de Zalla solo implica el cambio de horario de 6 servicios, de los que 5 modifican también los tiempos de parada, de un total de 66 diarios en el tramo con más circulaciones.
- Las dos líneas ferroviarias cuentan con poco margen para la gestión de incidencias, y los cruces en los tramos de vía única son muy ajustados, así cualquier demora de un tren podría ocasionar una cadena de retrasos, aunque la nueva infraestructura, no mejora ni empeora la explotación actual.

Por tanto, se puede concluir que la infraestructura proyectada permite la prestación de los servicios ferroviarios actuales, si bien no supondrá una mejora del modelo de explotación de la línea.

Desde el punto de vista funcional, ambas alternativas garantizan mantener la explotación ferroviaria existente, y no hipotecan posibles actuaciones futuras.

Traduciendo lo indicado a valores numéricos para cuantificar la funcionalidad:

Nivel 1 [0,1]		Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad		1,000	1,000
Nivel 2		↑	↑
Funcionalidad		100,0	100,0

3.2.1.3. Medio Ambiente

Se ha realizado un análisis comparativo desde el punto de vista ambiental de las alternativas de trazado propuestas en el presente estudio informativo.

En primer lugar, se han jerarquizado los impactos identificados, caracterizados y valorados, en función de su importancia relativa dentro del territorio atravesado.

Conocido y valorado el impacto que cada alternativa puede generar sobre los diferentes elementos del medio, se ha realizado una evaluación global para poder establecer finalmente la comparación entre ellas. De dicha comparación se seleccionará la mejor alternativa, entendida únicamente como más adecuada ambientalmente.

El valor global de la afección de cada alternativa sobre el territorio se obtiene del sumatorio de las afecciones sobre todos los factores ambientales, tanto en la fase de construcción, como en la de explotación. Para llevar a cabo este sumatorio es preciso considerar la jerarquización de los impactos, ya que unos tienen una mayor importancia relativa que otros. Por tanto, de forma previa a la suma de afecciones, se multiplica el valor de importancia asignado a cada elemento del medio, por el valor de la magnitud del impacto que se ha obtenido en el proceso de valoración previo.

Desde el punto de vista medioambiental, las dos alternativas planteadas son viables, ya que no dan lugar a impactos críticos en ningún caso. Ambas generan afecciones similares sobre muchos de los factores ambientales presentes en el ámbito de actuación, siendo las principales diferencias entre ellas las que se resumen a continuación:

- La Alternativa 2 genera un mayor volumen de tierras sobrantes que la Alternativa 1. Dado que en ambos casos la magnitud es pequeña (65.554,44 y 34.363,92 m³, respectivamente), y en virtud de la correcta elección del destino de estos excedentes (explotaciones activas y legalizadas), se ha considerado que el impacto de las dos alternativas sobre la geología y la geomorfología es COMPATIBLE, siendo mejor la Alternativa 1.
- Las actuaciones viarias ligadas a la Alternativa 1, provocan la ocupación de suelos potencialmente contaminados, generando un impacto MODERADO, por la necesidad de excavación selectiva y posible tratamiento y gestión de las tierras contaminadas.
- La Alternativa 1 afecta de forma directa a suelos de Alto Valor Estratégico, según la clasificación del Plan Territorial Sectorial Agroforestal, mientras que la Alternativa 2 presenta una ocupación testimonial sobre este tipo de suelos. Por este motivo, el impacto sobre

la productividad sectorial se valora como MODERADO para la Alternativa 1, y como COMPATIBLE para la Alternativa 2.

- Durante la fase de obra, la Alternativa 1 genera mayores molestias a la población del núcleo urbano, como consecuencia de la necesidad de ejecutar numerosos viales, con los consiguientes desvíos provisionales y alteraciones del tráfico rodado. El impacto sobre la organización territorial en fase de construcción, se valora como MODERADO para ambas alternativas, siendo significativo para la Alternativa 1, y no significativo para la Alternativa 2.
- En la fase de explotación ferroviaria, la superficie liberada por la Alternativa 2 es mucho mayor que la correspondiente a la Alternativa 1, eliminando el efecto barrera generado actualmente por la línea 790 en todo el tramo objeto de estudio, y concentrando en un mismo corredor todas las infraestructuras ferroviarias. Por tanto, el impacto sobre la organización territorial en fase de funcionamiento, se valora como FAVORABLE para la Alternativa 1, y como MUY FAVORABLE para la Alternativa 2.

Por todo lo indicado se puede concluir que **la Alternativa 2, no sólo es la que responde mejor a los objetivos y requerimientos de la actuación, sino que además se considera más favorable que la Alternativa 1 desde el punto de vista ambiental.**

Traduciendo lo indicado a valores numéricos para cuantificar el impacto ambiental:

Nivel 1 [0,1]		Alternativa 1	Alternativa 2
Medio Ambiente		0,913	1,000
		↑	↑
Nivel 2			
Medio Ambiente		-25,0	-23,0

3.2.1.4. Inversión

Desde el punto de vista de la inversión, las diferencias no son relevantes, debido a que, aunque la Alternativa 1 es más corta, requiere más actuaciones viarias y peatonales, incluyendo nuevas estructuras.

Traduciendo lo indicado a valores numéricos para cuantificar el impacto sobre la inversión a desarrollar:

Nivel 1 [0,1]		Alternativa 1	Alternativa 2
Inversión		1,000	0,933

Nivel 2		Alternativa 1	Alternativa 2
Inversión (€)		11.935.636,45	12.735.153,49

A la vista del volumen de inversión necesario para cada alternativa, se considera que resulta ligeramente más favorable la alternativa 1.

3.2.2. Modelo numérico y análisis.

MODELO NUMÉRICO

	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad	1,000	1,000
Medio Ambiente	0,913	1,000
Inversión	1,000	0,933
Vertebración territorial	0,783	1,000

ANÁLISIS DE ROBUSTEZ

	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad	1,000	1,000
Medio Ambiente	0,913	1,000
Inversión	1,000	0,935
Vertebración territorial	0,783	1,000
Número de máximos	43	242
	15%	85%

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad	1,000	1,000
Medio Ambiente	0,913	1,000
Inversión	1,000	0,935
Vertebración territorial	0,783	1,000
Valoración	0	0
Número de máximos	0	2.104
	0,0%	100,0%

ANÁLISIS DE PREFERENCIAS

	Peso	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad	2	1,000	1,000
Medio Ambiente	4	0,913	1,000
Inversión	1	1,000	0,935
Vertebración territorial	3	0,783	1,000
Valoración		9,002	9,935
Valoración (0,1)		0,000	1,000

4. Resumen y conclusiones

4.1. Metodología del análisis multicriterio.

La metodología de análisis se ha basado en el desarrollo del siguiente proceso:

- Determinación de los criterios más adecuados para valorar el nivel de cumplimiento de los objetivos de la actuación y del grado de integración en el medio de cada alternativa.
- Obtención de los indicadores numéricos que permitan la valoración cuantitativa de las alternativas con respecto a estos criterios.
- Obtención del modelo numérico que permite sintetizar las valoraciones parciales en un solo índice aplicando coeficientes de ponderación o pesos que permitan graduar la importancia de cada criterio.
- Aplicación de procedimientos de análisis basados en el modelo numérico obtenido y que, empleando diversos criterios de aplicación de pesos, permitan la evaluación y comparación de alternativas.

4.1.1. Criterios

Se ha estudiado el comportamiento de cada alternativa atendiendo a los siguientes criterios:

- **Vertebración territorial** (considerando las superficies cautivas ocasionadas y el grado de fracturación que pueden ocasionar, tanto en la actualidad como en un futuro cada alternativa, valorando la superficie de ocupación de cada alternativa, superficie liberada por cada alternativa, cohesión territorial y permeabilidad viaria)
- **Funcionalidad** (considerando la respuesta al aumento de la capacidad operativa, compatibilidad de las actuaciones con el mantenimiento de la funcionalidad de las numerosas infraestructuras presentes en la zona de estudio, respuesta ante la gestión de incidencia, regulación del tráfico ferroviaria y seguridad en la explotación ferroviaria).

- **Medio Ambiente** (considerando geomorfología, edafología, hidrología, vegetación, fauna, ruido, medio atmosférico, paisaje, espacios naturales, patrimonio histórico-cultural, medio socioeconómico, gestión de residuos y aceptación social).
- **Inversión** (considerando el volumen de inversión estimado para cada alternativa, teniendo en cuenta que la inversión a nivel local tiene una repercusión global en la línea).

Los componentes del análisis han sido escogidos por su representatividad, su importancia y la factibilidad de su valoración por métodos cuantitativos.

4.1.2. Análisis y resultados

La herramienta principal de análisis ha sido el modelo numérico matricial empleado habitualmente en el método PATTERN³, que permite sintetizar las valoraciones obtenidas por las alternativas para cada criterio en un sólo parámetro llamado IP (Índice de Pertinencia), cuyos valores están comprendidos en el intervalo [0,1] (siendo 0 el pésimo y 1 el óptimo) mediante la aplicación de pesos o coeficientes de ponderación.

Con este modelo se han llevado a cabo los siguientes análisis:

- **ANÁLISIS DE ROBUSTEZ:** consiste en aplicar todas las combinaciones posibles de pesos a todos los criterios, obteniéndose el número de veces que cada alternativa resulta ser óptima. Este procedimiento es el más desprovisto de componentes subjetivos, y pone de relieve qué alternativas presentan mejor comportamiento general con los criterios marcados, aunque incluye en el análisis combinaciones extremas de valoración.

El análisis de resultados pone de relieve una superioridad de la alternativa 2 sobre la alternativa 1 (85 % sobre 100 % de óptimos), debido a que presenta una mejor valoración en la parte de ordenación territorial y medioambiental y a la igualdad en el campo funcional.

³ Planning Assistance Through Technical Evaluation of Relevance Numbers

- **ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD:** consiste en aplicar combinaciones de pesos válidas restringidas a un rango determinado para cada criterio, de manera que queden fuera del análisis combinaciones que sobre ponderan o infra ponderan excesivamente algún factor, distorsionando el análisis. En este caso los pesos de cada criterio han oscilado en el rango que va del 10% al 50%.

Respecto el análisis de sensibilidad otorga el 100 % de óptimos a la alternativa 2, lo que permite calificar a esta alternativa como óptima en el rango medio de ponderación de los criterios.

- **ANÁLISIS DE PREFERENCIAS:** es el método PATTERN habitual, consiste en aplicar pesos a cada criterio de tal forma que respondan a un orden de preferencias relativas que se propone como más adecuado para evaluar la actuación. Este orden de prelación ha sido: Medio Ambiente – Vertebración Territorial - Funcionalidad – Inversión. Los pesos relativos de cada factor son:

MEDIO AMBIENTE 4

VERTEBRACIÓN TERRITORIAL 3

FUNCIONAL 2

INVERSIÓN 1

El análisis de preferencias o PATTERN otorga la calificación óptima a la Alternativa 2 respecto de la alternativa 1.

4.2. Conclusiones del análisis

- La obtención de los indicadores representativos de cada criterio permite constatar el adecuado nivel de cumplimiento de los objetivos de la actuación y de integración en el medio de las alternativas, lo que resulta lógico tras el proceso de selección y optimización desarrollado a lo largo de esta fase.
- No obstante, las distintas técnicas de análisis multicriterio aplicadas ponen de manifiesto de forma inequívoca la superioridad de la alternativa 2 frente a la alternativa 1, a causa fundamentalmente de su mejor aptitud respecto a la vertebración territorial y medioambiental, debido a que permite adaptarse mejor al desarrollo urbano futuro del territorio y a la permeabilidad viaria, manteniendo los requerimientos necesarios para la explotación ferroviaria
- Y desde el punto de vista de la inversión, la alternativa 2 supone una mayor inversión, pero queda de manifiesto que la optimización de la ocupación, concentra las infraestructuras en un corredor, favoreciendo la cohesión territorial, y el desarrollo urbano del Municipio, lo cual reporta beneficios económicos indirectos.

PUEDE CONCLUIRSE QUE, SI BIEN LAS DOS ALTERNATIVAS PLANTEADAS RESULTAN VIABLES, EL ANÁLISIS SEÑALA A LA ALTERNATIVA 2 COMO LA SOLUCION ÓPTIMA, ATENDIENDO A CRITERIOS TERRITORIALES, FUNCIONALES, MEDIOAMBIENTALES Y ECONÓMICOS.