

ANEJO Nº 18
ANÁLISIS MULTICRITERIO Y SELECCIÓN DE
ALTERNATIVAS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO..... 1

2. IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS..... 1

2.1. ALTERNATIVA 1. SOLUCIÓN MOREDA.....2

2.2. ALTERNATIVA 2. SOLUCIÓN MUSEO.....2

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS..... 3

3.1. DETERMINACIÓN DE LOS CRITERIOS DE VALORACIÓN.....3

3.2. OBTENCIÓN DE INDICADORES..... 4

3.2.1. Medio Ambiente 4

3.2.2. Vertebración territorial..... 5

3.2.3. Funcionalidad..... 5

3.2.4. Inversión..... 6

3.3. OBTENCIÓN DEL MODELO 6

3.4. ANÁLISIS MULTICRITERIO 7

4. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS 8

4.1. MEDIO AMBIENTE 8

4.2. VERTEBRACIÓN TERRITORIAL 9

4.3. FUNCIONALIDAD..... 9

4.4. INVERSIÓN 11

4.5. MODELO NUMÉRICO 11

4.6. ANÁLISIS DE ROBUSTEZ..... 11

4.7. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD 11

4.8. ANÁLISIS DE PREFERENCIAS 12

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES..... 12

5.1. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO 12

5.1.1. Criterios 12

5.1.2. Análisis y resultados..... 13

5.2. CONCLUSIONES Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS 14

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El presente anejo tiene como objeto identificar y realizar un análisis comparativo de las distintas alternativas estudiadas, con el fin de seleccionar aquella que presente un mayor nivel de cumplimiento de los objetivos de la actuación y que, en consecuencia, se propondrá para su desarrollo en fases posteriores a nivel de proyecto de construcción.

Para llevar a cabo este análisis, se ha recurrido a técnicas de análisis multicriterio, aplicando los métodos que se describirán en el presente anejo.

Con este fin, en el anejo se identifican en primer lugar, las alternativas consideradas en el Estudio Informativo para a continuación, pasar a describir la metodología empleada en el análisis a realizar, desarrollando de forma ordenada las fases del mismo.

Tras ello se procede al análisis de las alternativas consideradas mediante la generación de las tablas que recogen, por un lado, sus valoraciones por criterios y por otro, el modelo final y el resultado de aplicarle los diferentes análisis.

Por último, se exponen las conclusiones de la aplicación del análisis multicriterio a las alternativas consideradas, consecuencia de lo cual resultará la alternativa que se propondrá como solución óptima.

2. IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS

En el presente Estudio Informativo se han incluido dos alternativas para la construcción de la Nueva Estación Intermodal de Gijón.

Dichas alternativas suponen la ubicación de la futura estación en dos zonas distintas: frente al parque de Moreda o frente al Museo del Ferrocarril.

Las alternativas planteadas son las siguientes:

- Alternativa 1. Solución Moreda.
- Alternativa 2: Solución Museo.

Ambas alternativas tienen como objetivo suprimir la barrera ferroviaria de Gijón, conectando además el servicio de cercanías de ancho convencional con el túnel existente en la actualidad.

En ambas alternativas los andenes que albergarán las circulaciones ferroviarias se dispondrán en dos niveles. Un primer nivel albergará los servicios de larga distancia y cercanías de ancho métrico, disponiéndose las correspondientes vías en fondo de saco, con andenes centrales mientras que los andenes correspondientes a las circulaciones de cercanías de ancho convencional se dispondrán en un segundo nivel con cota inferior al anteriormente citado. Los andenes serán laterales y las vías serán pasantes de manera que su trazado conecte con el túnel existente.

A continuación se describen los principales aspectos de ambas alternativas.

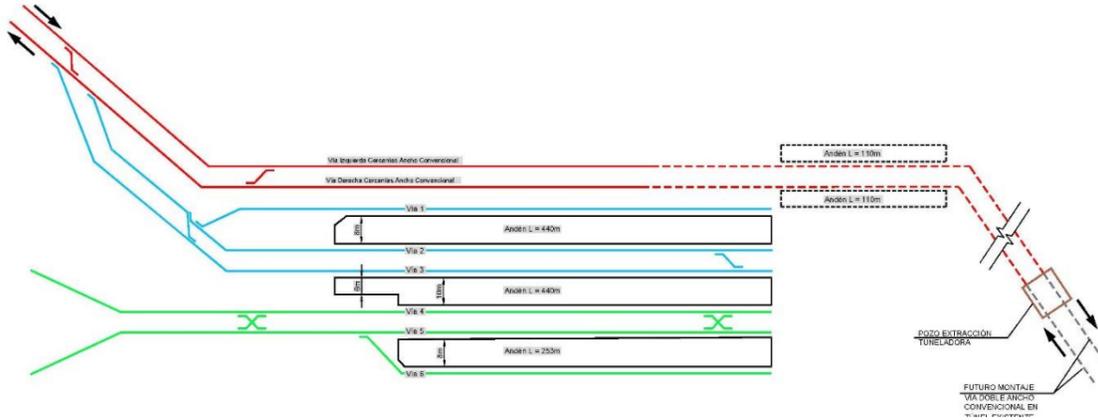
2.1. ALTERNATIVA 1. SOLUCIÓN MOREDA

En esta alternativa la estación intermodal se ubica frente al parque de Moreda.

El primer nivel de andenes se sitúa a la cota de terreno actual. Este nivel alberga los andenes que dan servicio a las circulaciones de largo recorrido y ancho métrico, siendo la longitud de los primeros de 440 m y la de los correspondientes a ancho métrico de 253 m.

Los andenes correspondientes a las circulaciones de cercanías de ancho convencional son laterales, cuentan con una longitud de 110 m y se sitúan a unos 15 m de profundidad respecto a la cota de terreno actual.

A continuación, se incluye el esquema de vías de esta alternativa:



Esquema de vías Alternativa 1. (En verde: ancho métrico. En rojo: cercanías ancho convencional. En azul: larga distancia ancho convencional)

El coste estimado que supondría la ejecución de las obras asociadas a esta alternativa es de unos 220 M€ (Presupuesto de Ejecución Material)

2.2. ALTERNATIVA 2. SOLUCIÓN MUSEO

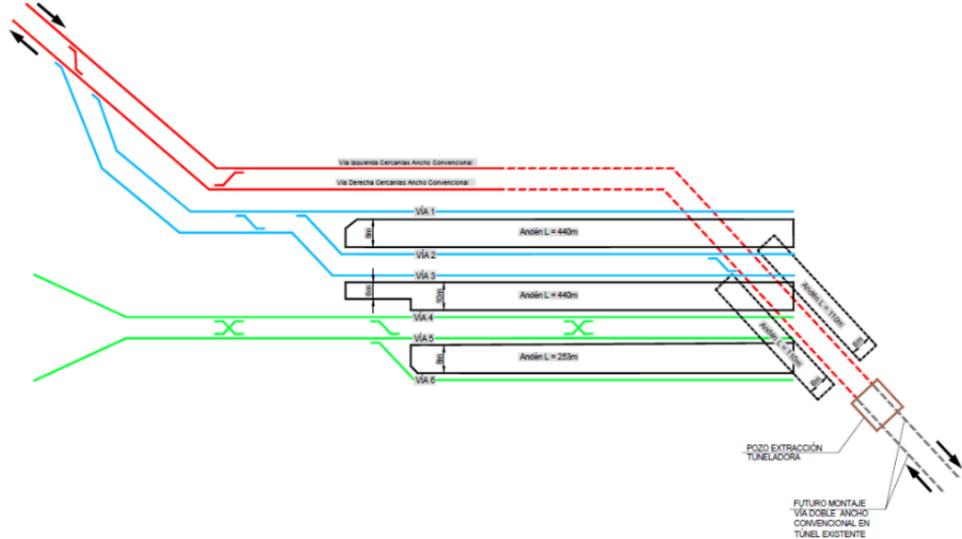
En esta alternativa la estación intermodal se ubica frente al Museo del Ferrocarril.

El primer nivel de andenes se sitúa a unos 8 m de profundidad respecto a la cota de terreno actual. Este nivel alberga los andenes que dan servicio a las circulaciones de largo recorrido y ancho métrico, siendo la longitud de los primeros de 440 m y la de los correspondientes a ancho métrico de 253 m.

La losa de cubierta a disponer se situaría aproximadamente a la cota de terreno actual.

Los andenes correspondientes a las circulaciones de cercanías de ancho convencional son laterales, cuentan con una longitud de 110 m y se sitúan a unos 21 m de profundidad respecto a la cota de terreno actual.

A continuación, se incluye el esquema de vías de esta alternativa:



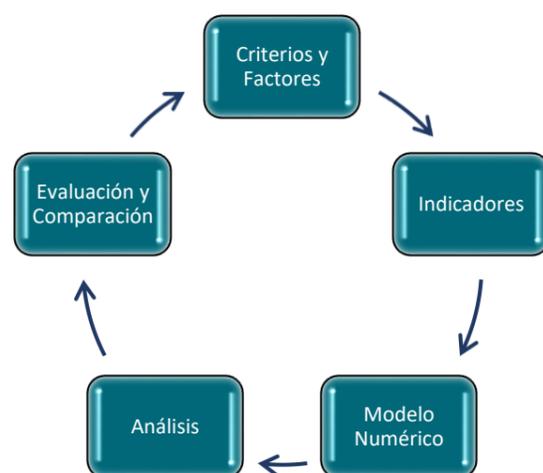
Esquema de vías Alternativa 2. (En verde: ancho métrico. En rojo: cercanías ancho convencional. En azul: larga distancia ancho convencional)

El coste estimado que supondría la ejecución de las obras asociadas a esta alternativa es de unos 270 M€ (Presupuesto de Ejecución Material)

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

La metodología de análisis realizada 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 que se han llevado a cabo en cada una de las fases de este proceso se describen a continuación.

3.1. 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:

- Medio Ambiente
- Vertebración territorial
- Funcionalidad
- Inversión

Para valorar la idoneidad de cada alternativa con respecto a cada uno de estos criterios, se ha deducido un parámetro único para cada criterio, cuyo valor oscila en todos los casos entre 0 y 1.

Este valor se deduce a partir de la evaluación de diversos factores escogidos por su representatividad, su importancia y la factibilidad de su valoración por métodos cuantitativos

Los factores y conceptos simples adoptados dentro de cada criterio se desarrollan en los apartados correspondientes para cada una de las soluciones analizadas. La gradación en criterios y factores permite una aproximación progresiva a cada alternativa propuesta y a la vez una simplificación de la valoración de las mismas mediante la obtención de una sola puntuación por alternativa para cada criterio.

El esquema de gradación adoptado es:

- **Criterio** (Medioambiente, Vertebración territorial, Funcionalidad, Inversión)
- **Factor** (ruido, vibraciones, planeamiento urbanístico, superficie de ocupación en terrenos privados, volumen de construcción ejecutado sobre terreno, nº de estacionamientos permitidos, nº de aparatos de vía, PEM, cada uno dentro del criterio que le corresponda).

Como punto de partida para el cálculo de los valores a asignar a los distintos criterios, se han tomado como base las siguientes premisas:

- En los criterios que se puedan valorar directamente con un solo indicador numérico no sintético (por ejemplo, la inversión), o en aquellos cuyo valor indicador no presente diferencias apreciables entre alternativas, se asignará valor 1 a la óptima y el valor de las demás se obtendrá restando a 1 una cantidad proporcional a la diferencia porcentual que tengan con la óptima.
- En los criterios que se deban valorar a partir de un indicador que no se corresponda de forma directa con una magnitud medible, se puede utilizar el método anterior (adecuado si las alternativas presentaban 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.

3.2. 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 suponían en algunos casos una síntesis de diversos factores que intervenían en la caracterización, se consideró 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 (conceptos simples), empleando cuando sea necesario pesos basados en factores objetivos para graduar el nivel de influencia de cada uno de estos factores compuestos.

- **Nivel 1:** produce la homogeneización de los valores obtenidos para cada factor, situándolos todos en la misma escala [0,1] mediante un escalado proporcional. Después, aplicando los pesos para cada factor se calcula la puntuación final, de acuerdo con uno de los dos métodos descritos en el apartado anterior, y cuyo valor también debe estar comprendido entre 0 y 1.

El proceso de modelización que se ha utilizado para cada criterio se describe seguidamente.

3.2.1. Medio Ambiente

La descripción detallada del proceso de obtención del parámetro medioambiental se encuentra en el Estudio de Impacto Ambiental del presente Estudio Informativo.

Los factores estudiados en el nivel 1 y 2 han sido:

- Calidad del aire y cambio climático
- Ruido
- Vibraciones
- Calidad lumínica
- Geología y geomorfología
- Edafología
- Hidrología
- Hidromorfología
- Hidrogeología
- Vegetación
- Fauna
- Red natura y espacios naturales

- Paisaje
- Patrimonio cultural
- Población
- Productividad sectorial
- Organización Territorial
- Planeamiento
- Consumo de recursos
- Generación de residuos
- Suelos contaminados

Con estos factores se obtuvo una calificación final medioambiental, que representaba más grado de afección medioambiental cuanto menor era su valor, tanto para la fase de explotación, como para la fase de construcción..

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

El escalado se llevó a cabo suponiendo como valor óptimo (correspondiente con valor 1) era aquél en el que no se produce ningún impacto en la fase de explotación, y el valor pésimo (correspondiente con valor 0) aquél en el que los impactos en fase de explotación y construcción fueran severos para todos los factores considerados.

A partir de los valores obtenidos se obtuvo un único valor en el Nivel 1 comprendido entre 0 y 1 para ambas alternativas.

3.2.2. Vertebración territorial

Dado que cualquiera que sea la alternativa considerada de las contenidas en el presente Estudio Informativo, se consigue el objeto del mismo, que no es otro que el de suprimir la barrera ferroviaria de Gijón, construyendo para ello una estación intermodal, dentro del criterio de vertebración territorial, criterio habitual en este tipo

de estudios, al mejorar con ambas alternativas dicha vertebración, se ha considerado analizar como concepto ligado a la misma, la ocupación territorial de cada una de las alternativas, ligada a la expropiación que dicha ocupación supone a particulares.

Tanto en el Nivel 2 como en el Nivel 1 Los valores obtenidos se han escalado, obteniendo valores finales para el Nivel 1 comprendidos en el intervalo [0,1], en el que el valor 1 corresponde a la alternativa óptima.

3.2.3. Funcionalidad

Se emplearon indicadores que resultaban representativos de los rasgos diferenciadores de cada alternativa en cuanto a funcionalidad.

Dado que, aunque ambas estaciones son funcionalmente válidas, existen diferencias entre ambas, y considerando además la coexistencia de dos anchos de vía y tres tipos de circulaciones distintos en ambas alternativas, para evaluar la funcionalidad de las dos alternativas se han aplicado a cada uno de los tipos de circulación los siguientes factores tomado como factores para cada uno de los servicios que acceden a la estación:

- Número de circulaciones que pueden estacionar simultáneamente en los andenes de cada tipo de circulación considerado.
- Número de aparatos de vía dispuestos en las vías correspondientes a cada uno de los tipos de servicios ferroviarios considerados.

Con estos conceptos se obtuvo una calificación final, que representaba peor funcionalidad cuanto menor era su valor.

A partir de los valores obtenidos se obtuvo un único valor en el Nivel 1 comprendido entre 0 y 1 para ambas alternativas.

3.2.4. Inversión

Se ha considerado como indicador fundamental el volumen de inversión, medido a través de la estimación realizada de su Presupuesto de ejecución material, ya que se considera que en dicho valor se recogen los aspectos constructivos a tener en cuenta, resultando una mayor inversión, cuanto más complejos sean los procedimientos constructivos, situaciones provisionales, etc., a considerar.

En el nivel 1 se efectuó el escalado inverso (dado que la alternativa era tanto más desfavorable cuanto más volumen de inversión requería).

3.3. OBTENCIÓN DEL MODELO

Tras el análisis y evaluación de la aptitud de cada alternativa con respecto a los criterios fijados en el presente estudio, las puntuaciones comprendidas en el intervalo [0,1] reflejan dichas aptitudes. Esos valores se agrupan para formar el modelo numérico que se utilizará posteriormente como una herramienta básica del análisis multicriterio.

La homogeneización de los índices iniciales en intervalos [0,1] ha sido realizada con el fin de facilitar la comparación de las diferentes alternativas mediante la aplicación de métodos que hacen variables las ponderaciones de cada uno de los criterios. A su vez, para obtener dichos índices hubo que realizar una homogeneización a las puntuaciones parciales de los factores con los que se evalúa cada uno de los criterios.

La fórmula que permite la homogeneización de unas puntuaciones comprendidas en un intervalo [valor pésimo, valor óptimo] distinto para cada caso, es la siguiente:

$$A \cdot a + b = 1 \quad \left. \vphantom{A \cdot a + b = 1} \right\} a = \frac{1}{A - B}$$

$$B \cdot a + b = 0 \quad b = 1 - \frac{A}{A - B}$$

Donde:

- A: "valor óptimo" del intervalo inicial
- B: "valor pésimo" del intervalo inicial
- 1: "valor óptimo" del intervalo [0,1]
- 0: "valor pésimo" del intervalo [0,1]

De forma que:

$$X \cdot a + b = Y$$

Donde:

- X: Puntuación en el intervalo inicial
- Y: Puntuación resultante en el intervalo homogeneizado

Los índices anteriores, que definen la valoración parcial de las alternativas con respecto a los cuatro 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 PATTERN (P_lanning A_ssistance T_hrough T_echnical E_valuation of R_elevance N_umbers), 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]¹, 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:

¹ 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.

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

Donde:

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

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

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

MIN es el valor mínimo de $S_{bj} \cdot a_{ij}$ 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.

3.4. ANÁLISIS MULTICRITERIO

Tras la obtención del modelo numérico se deben 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.
- **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 intenta ir acercando las ponderaciones de los criterios a las que el analista considera más apropiadas por las características de la zona de estudio. Se evita así tomar en consideración

en el análisis ponderaciones extremas que podrían distorsionarlo. De esta forma se mantiene aún un gran nivel de objetividad en los resultados

- **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.

La metodología aplicada en cada procedimiento se describe a continuación.

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 un programa informático que le aplica todas las posibilidades de combinación de pesos, con un salto de los mismos en cada aplicación.

El valor de los pesos está en el intervalo [0,10] y el salto que se toma es de 1, cumpliendo siempre que la suma de las ponderaciones sea 10. De esta forma resultan combinaciones de ponderaciones en cada aplicación y para cada criterio del tipo [(10,0,0,0); (9,1,0,0); (9,0, 1,0);; (0,0, 1, 9); (0,0,0,10)].

El resultado a que se llega es el número de veces que cada alternativa obtiene la máxima calificación y el porcentaje de dichos casos respecto al total de posibilidades tanteadas, función del intervalo y salto seleccionados.

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.

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
- Inversión: 4
- Vertebración Territorial: 1
- Funcionalidad: 1

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.

4. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS**4.1. MEDIO AMBIENTE**

Después de la realización de la valoración de impactos, se comprobó que ninguna de las alternativas analizadas presenta impactos severos ni críticos, lo que es importante a la hora de considerarlas viables ambientalmente.

Tras el análisis se comprobó durante la fase de construcción y de explotación será más favorable al Alternativa 1, al tener un comportamiento mejor valorado frente a la Alternativa 2.

Se debe destacar, no obstante, que las valoraciones obtenidas por ambas alternativas son muy similares, siendo el margen de bondad de la alternativa 1 frente a la 2 muy reducido.

De este modo, hay que señalar que en las dos alternativas los impactos son nulos respecto a la edafología, hidromorfología o sobre la red natura y espacios naturales ni en fase de construcción ni en fase de explotación.

En otros aspectos, existen diferencias en las fases de construcción y explotación. Así, mientras que en fase de explotación el impacto es nulo en aspectos como la hidrología o la fauna, en fase de construcción se presentan impactos compatibles, para dichos aspectos. Igualmente, en lo que a vibraciones se refiere, el impacto es nulo en la fase de construcción, mientras que en fase de explotación se considera compatible (moderado una vez se han aplicado los pesos considerados).

Como principal conclusión, cabe destacar que una vez realizado el análisis en cuanto al criterio de Medio Ambiente se refiere, en la fase de explotación ambas alternativas presentan un valor igual, mientras que en la fase de construcción, la Alternativa 1 presenta mejores valores.

A partir de los valores obtenidos, tal y como se ha comentado en epígrafes anteriores, el escalado se llevó a cabo suponiendo como valor óptimo era aquél en el que no se produce ningún impacto en la fase de explotación, y el valor pésimo

aquél en el que los impactos en fase de explotación fueran severos para todos los factores considerados.

A continuación se presentan los valores obtenidos en el Nivel 2 a partir de los obtenidos en la fase de explotación, y su transformación al intervalo [1;0] en el Nivel 1.

Nivel 1		Alternativa 1	Alternativa 2
Medio Ambiente		0,511	0,492
Nivel 2		↑	↑
Fase de construcción		0,42	0,38
Fase de explotación		0,60	0,60
Nivel 2		↑	↑
Fase de construcción		-66	-80
Fase de explotación		-6	-6

La justificación de los valores asignados para medir los impactos de cada alternativa, se encuentra detallada en el Estudio de Impacto Ambiental.

4.2. VERTEBRACIÓN TERRITORIAL

Desde el punto de vista de la vertebración territorial, la Alternativa 2 generaba un menor impacto sobre el territorio existente, ya que las ocupaciones a realizar en terrenos de titularidad privada eran ligeramente menores que en la Alternativa 1.

En este caso, se asignó un valor 1 a la menor superficie de ocupación, obteniéndose a partir de estos valores el valor de comparación en el nivel 1.

Los valores obtenidos se muestran a continuación:

Nivel 2	Alternativa 1	Alternativa 2
m ² de Sup. Ocup. Terreno privado	0,995	1,000
	↑	↑
m ² de Sup. Ocup. Terreno privado	108.866,00	108.309,00
Nivel 1		
Vertebración territorial (m ²)	0,995	1,000
	↑	↑
Nivel 2		
m ² de Sup. Ocup. Terreno privado	0,995	1,000

4.3. FUNCIONALIDAD

Desde el punto de vista de la funcionalidad, tanto la Alternativa 1 como la Alternativa 2 tienen características similares en las estaciones de ancho convencional (cercanías y largo recorrido). En la red de ancho métrico esas diferencias son algo más acusadas, sin diferir en exceso, en cualquier caso.

Para llevar a cabo la comparativa en cuanto a la funcionalidad se refiere, se han tenido en cuenta dos factores que definen la versatilidad para la explotación de los distintos tipos de circulaciones ferroviarias a las que prestará servicio la futura Estación Intermodal: por un lado, el número de aparatos de vía dispuestos en la estación y por otro el número de circulaciones que es posible estacionar en los andenes de las vías generales.

Cabe señalar que otros factores que podrían ayudar a caracterizar la funcionalidad de la estación, como son el número de vías y andenes, así como la longitud d estos

últimos, se han descartado, debido a que dichos factores son iguales en ambas alternativas.

De este modo, para cada uno de los tipos de circulaciones previstas (Largo Recorrido, Cercanías de ancho convencional y Red de ancho métrico), en el nivel 2 se han obtenido valores asignando los valores más altos a la alternativa que mayor número de aparatos o mayor número de estacionamientos permite, unificando dichos valores en el nivel 1. Los valores obtenidos han sido los siguientes:

Nivel 2:

Largo recorrido:

Nivel 2	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad Largo Recorrido	1,000	0,929
	↑	↑
Nº aparatos vía LR	1,000	0,857
Nº Estacionam. Simult. LR	1,000	1,000
Nº aparatos vía LR	7,00	6,00
Nº Estacionam. Simult. LR	6,00	6,00

Cercanías de ancho convencional:

Nivel 2	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad Cercanías	1,000	1,000
	↑	↑
Nº aparatos vía LR	1,000	1,000
Nº Estacionam. Simult. LR	1,000	1,000
Nº aparatos vía Cercanías	2,00	2,00
Nº Estacionam. Simult. Cercanías	4,00	4,00

Red a de ancho métrico

Nivel 2	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad RAM	0,750	1,000
	↑	↑
Nº aparatos vía RAM	0,750	1,000
Nº Estacionam. Simult. RAM	0,750	1,000
Nº aparatos vía RAM	3,00	4,00
Nº Estacionam. Simult. RAM	6,00	8,00

A partir de los datos obtenidos en el Nivel 2, se obtiene un único valor comprendido entre 0 y 1 para cada Alternativa en el Nivel 1:

Nivel 1	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad	0,939	1,000
	↑	↑
Nivel 2		
Funcionalidad	2,750	2,929
	↑	↑
Funcionalidad RAM	0,750	1,000
Funcionalidad Largo Recorrido	1,000	0,929
Funcionalidad Cercanías	1,000	1,000

4.4. INVERSIÓN

Una vez se realizó la comparativa económica entre las alternativas 1 y 2 (mediante el presupuesto de ejecución material de ambas) se llegó a la conclusión de que la Alternativa 2 era aproximadamente un 20 % más cara que la Alternativa 1.

Nivel 1	Alternativa 1	Alternativa 2
Inversión	1,000	0,791
	↑	↑
Nivel 2		
Inversión (€)	223.482.882,39	270.117.781,78

En los siguientes epígrafes se muestran los resultados obtenidos en los distintos análisis realizados a partir del modelo numérico descrito anteriormente.

4.5. MODELO NUMÉRICO

	Alternativa 1	Alternativa 2
Medio Ambiente	0,511	0,492
Vertebración Territorial	0,995	1,000
Funcionalidad	0,939	1,000
Inversión	1,000	0,791

4.6. ANÁLISIS DE ROBUSTEZ

	Alternativa 1	Alternativa 2
Medio Ambiente	0,511	0,492
Vertebración territorial	0,995	1,000
Funcionalidad	0,939	1,000
Inversión	1,000	0,791

Número de máximos	9177	823
	92%	8%

4.7. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

	Alternativa 1	Alternativa 2
Medio Ambiente	0,511	0,492
Vertebración territorial	0,995	1,000
Funcionalidad	0,939	1,000
Inversión	1,000	0,791

Número de máximos	589	36
	94%	6%

4.8. ANÁLISIS DE PREFERENCIAS

	Peso	Alternativa 1	Alternativa 2
Medio Ambiente	4	0,511	0,492
Vertebración territorial	1	0,995	1,000
Funcionalidad	1	0,939	1,000
Inversión	4	1,000	0,791
Valoración		7,980	7,133
Valoración (0,1)		1,000	0,000

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

5.1. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO

La metodología de análisis se basó 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 permitían la valoración cuantitativa de las alternativas con respecto a estos criterios.
- Obtención del modelo numérico que permitía 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, habiendo empleado diversos criterios de aplicación de pesos, permitían la evaluación y comparación de alternativas.

5.1.1. Criterios

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

- **Medio Ambiente** (considerando calidad del aire y cambio climático, ruido, vibraciones, calidad lumínica, geología y geomorfología, edafología, hidrología, hidromorfología, hidrogeología, vegetación, fauna, red natura y espacios naturales, paisaje, patrimonio cultural, población, productividad sectorial, organización Territorial, planeamiento, consumo de recursos, generación de residuos y suelos contaminados).
- **Inversión** (considerando el volumen de inversión estimado para cada una de las alternativas a partir del Presupuesto de Ejecución Material de las mismas).

- **Funcionalidad** (considerando número de aparatos de vía y número de estacionamientos permitidos en las vías correspondientes a cada uno de los tipos de circulaciones previstos)
- **Vertebración y Afección Territorial** (considerando las ocupaciones a realizar sobre el terreno de titularidad privada).

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

5.1.2. Análisis y resultados

La herramienta principal de análisis fue el modelo numérico matricial empleado habitualmente en el método PATTERN², 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 llevaron 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 respecto a la Estación Intermodal de Gijón puso de relieve una superioridad a favor de la Alternativa 1. Solución Moreda sobre la

Alternativa 2. Solución Museo. (Con un porcentaje de máximos para la Alternativa 1 del 92%, siendo dicho porcentaje del 8% para la Alternativa 2)

- **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 sobreponderan o infraponderan 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%.

El análisis de resultados respecto a la Estación Intermodal de Gijón puso de relieve una superioridad a favor de la Alternativa 1. Solución Moreda sobre la Alternativa 2. Solución Museo.

Respecto al análisis de sensibilidad de la Estación Intermodal de Gijón, éste otorgaba el 94% de óptimos a la Alternativa 1, y un 6% a la Alternativa 2, lo que en el rango medio de ponderación de los criterios, implica la superioridad de la Alternativa 2.

- **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	40 %
•	VERTEBRACIÓN TERRITORIAL	10 %
•	FUNCIONALIDAD	10 %
•	INVERSIÓN	40 %

El análisis de preferencias o PATTERN para la Estación Intermodal de Gijón otorgaba la calificación óptima a la Alternativa 1. Solución Moreda respecto de la Alternativa 2. Solución Museo.

² Planning Assistance Through Technical Evaluation of Relevance Numbers

5.2. CONCLUSIONES Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Tras al análisis realizado se puede deducir que las dos alternativas analizadas son ambientalmente viables, ya que no presentan impactos críticos sobre los factores del medio presentes en el territorio atravesado. Asimismo, ambas muestran afecciones similares, tanto en fase de construcción como en fase de explotación.

Como puede verse en el Estudio de Impacto Ambiental realizado, los impactos severos y moderados se concentran en la fase de construcción, pasando casi todos ellos a ser compatibles o nulos en la fase de explotación.

Así mismo, ambas alternativas presentan numerosos impactos favorables, sobre todo en fase de explotación y como impactos residuales.

De este modo, solamente aparecen impactos severos en fase de construcción. Por una parte, el impacto sobre la hidrogeología en fase de construcción para ambas alternativas, dada la incidencia que tendrían sobre aspectos relativos al efecto barrera, efecto drenaje y al riesgo de impacto sobre calidad de las aguas subterráneas ocasionada por su construcción. Por otra parte, se da un impacto considerado severo por parte de la Alternativa 2. Solución Museo, motivado por la previsible aparición de un mayor volumen de tierras contaminadas durante las obras, respecto a la Alternativa 1. Solución Moreda.

En la fase de explotación, la mayoría de los impactos son compatibles o nulos, aunque también aparecen magnitudes positivas en los impactos sobre la calidad del aire y cambio climático, ruido, calidad lumínica, vegetación, patrimonio cultural, población y organización territorial, no existiendo impactos severos para esta fase en ninguna de las dos alternativas.

Pese a que en fase de explotación ambas alternativas obtienen el mismo valor, globalmente la Alternativa 1. Solución Moreda, es ligeramente más favorable desde el punto de vista ambiental; sin embargo, no existen diferencias destacables entre ambas, pues los dos trazados propuestos respetan los principales condicionantes del medio, incluyendo los espacios conformantes de la Red Natura 2000 y otros espacios naturales protegidos.

Respecto al resto de criterios considerados, hay que señalar que, tal y como se ha comentado, en cuanto a la funcionalidad y vertebración territorial, la Alternativa 2. Solución Museo presenta valores algo más favorables que la Alternativa 1. Solución Moreda, si bien la diferencia entre ambas no se considera significativa dados los valores de ambas alternativas.

Por último, respecto al criterio de la Inversión, pese a que ambas alternativas presentan un elevado presupuesto de ejecución material (situado entre 220 M€ y 270 M€), la Alternativa 1. Solución Moreda presenta un mejor valor al tener la Alternativa 2. Solución Museo un valor del PEM superior en un 20% a la citada Alternativa 1.

Como se ha mencionado, la Alternativa 1 presenta ventajas frente a la Alternativa 2 en los tres análisis realizados (robustez, sensibilidad, preferencias)

En cualquier caso, si tenemos en cuenta los valores obtenidos en el modelo numérico, se puede ver que en general las diferencias entre ambas alternativas son poco significativas, y que, atendiendo a los diferentes criterios seleccionados, la Alternativa 1. Solución Moreda es más favorable considerando los criterios medioambiental y económico, mientras que la Alternativa 2. Solución Moreda presenta mejores resultados atendiendo a los criterios de vertebración territorial y funcionalidad.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se concluye que ambas alternativas son técnicamente viables y adecuadas a los objetivos de la actuación, presentando diferencias entre ambas, que se consideran de poca entidad dadas las características de la actuación planteada.