



 GOBIERNO DE ESPAÑA		MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA		SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS
				CLAVE: EI1-E-164
TIPO DE ESTUDIO ESTUDIO INFORMATIVO		RED CARRETERAS DEL ESTADO		
CLASE DE OBRA AUTOVÍA		TÍTULO COMPLEMENTARIO AUTOVÍA A-81		
CARRETERA N-432 DE BADAJOZ A GRANADA		PUNTOS KILOMÉTRICOS PK 0+000 - PK 201+925,384		
TRAMO BADAJOZ - ESPIEL		PROVINCIA BADAJOZ Y CÓRDOBA		
INGENIERA AUTORA DEL CONTRATO SOÑA ABAJO GONZÁLEZ				
INGENIERO DIRECTOR DEL CONTRATO ANTONIO RUIZ-ROSO GÓMEZ				

DOCUMENTO Nº1. MEMORIA Y ANEJOS
ANEJO 18. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA.
ANÁLISIS MULTICRITERIO

ESTUDIO INFORMATIVO AUTOVÍA BADAJOZ-CÓRDOBA-GRANADA . TRAMO: BADAJOZ-ESPIEL.

ÍNDICE	
1. INTRODUCCIÓN	3
2. METODOLOGÍA.....	3
2.1. DETERMINACIÓN DE LOS CRITERIOS DE VALORACIÓN	3
2.2. OBTENCIÓN DE INDICADORES	4
2.3. OBTENCIÓN DEL MODELO	4
2.4. ANÁLISIS	5
2.4.1. Método PATTERN para la obtención de los índices de pertinencia	5
2.4.2. Análisis de Robustez.....	5
2.4.3. Análisis de sensibilidad	5
2.4.4. Análisis de preferencias.....	6
2.5. JUSTIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS.....	6
2.6. JUSTIFICACIÓN DE LOS FACTORES Y CONCEPTOS SIMPLES.....	6
2.6.1. Criterio territorial.....	6
2.6.1.1. Planeamiento	7
2.6.1.2. Permeabilidad transversal y longitudinal	8
2.6.1.3. Conectividad con la red existente	8
2.6.2. Funcionalidad	9
2.6.2.1. Tráfico captado	10
2.6.2.2. Ahorros de tiempo.....	11
2.6.2.3. seguridad vial.....	11
2.6.3. Objetivo ambiental.....	12
2.6.3.1. Asignación de valores a las magnitudes de impacto.....	12
2.6.3.2. impacto global de las alternativas.....	14
2.6.4. Criterio económico	15
2.7. VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.....	15

ÍNDICE	
2.8. ANALISIS ROBUSTEZ Y SENSIBILIDAD	16
2.9. CONCLUSIONES Y PROPUESTA DE ALTERNATIVA.....	16

FASE B

1 INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente anejo, una vez realizado el estudio individual de las alternativas planteadas en esta fase de estudio, es el realizar la comparación entre cada una de ellas, de manera que pueda determinarse finalmente la mejor opción, definida ésta como aquella que mejor se adapta a los objetivos de cumplimiento establecidos. Se trata, por tanto, no sólo de seleccionar la mejor alternativa posible, sino también de aportar los argumentos objetivos que fundamenten tal conclusión, resaltando la importancia relativa de cada uno de los criterios adoptados para basar tal decisión, mediante la generación de diferentes pesos.

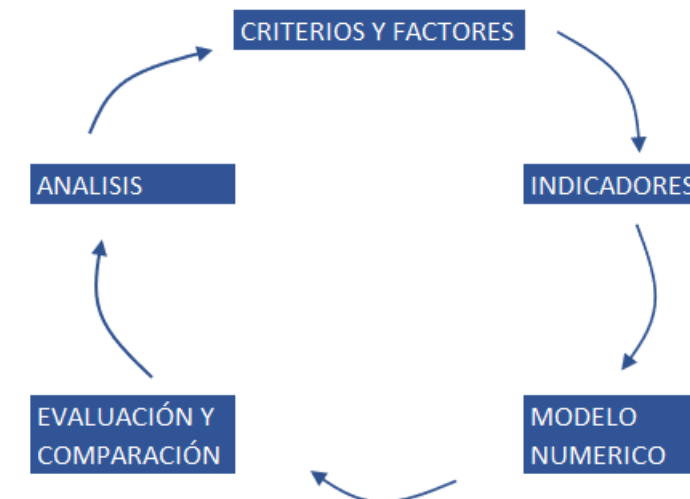
En el Estudio Informativo se han seleccionado distintas alternativas, que además de ser en mayor o menor medida compatibles con el medio ambiente, son susceptibles de captar los tráficos a los que se pretende atender, y plantean un trazado con un presupuesto de inversión ajustado, siguiendo los criterios de racionalidad económica propios de una Administración con recursos limitados.

Se ha desarrollado una metodología apoyada en un soporte informático que analiza automáticamente las valoraciones de las distintas alternativas y realiza el análisis de la sensibilidad y robustez de cada una de ellas de forma analítica. Esta metodología ha sido la utilizada en el análisis multicriterio, adaptándolo a las condiciones particulares del presente Estudio

2 METODOLOGÍA

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

- Determinación de los criterios, factores y conceptos simples 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.

2.1. DETERMINACIÓN DE LOS CRITERIOS DE VALORACIÓN

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

- Medioambiental
- Territorial
- Funcional
- Económico

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, deducidos a partir de la evaluación de diversos factores y (en algunos casos) conceptos simples 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, factores y conceptos simples 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** (Medioambiental, territorial, Funcional, económico)

• **Factor** (Planeamiento, conectividad, seguridad vial, captación de tráfico, ahorro en viajes, etc. cada uno dentro del criterio que le corresponda).

• **Concepto Simple** (radio ponderado, pendiente, etc. cada uno dentro del factor que le corresponda)
Por otro lado, a cada uno de los cuatro criterios anteriores se le asigna un peso entre 0 y 1 teniendo en cuenta la importancia de cada uno, de manera que la suma de todos los pesos debe ser 1. A su vez, a cada uno de los factores que componen los anteriores criterios, se les asigna también un peso entre 0 y 1, siendo la suma total de los mismos 1. Además, como se ha indicado anteriormente cada uno de esos factores puede ser medido mediante uno o varios conceptos simples, que también se ponderan con valores entre 0 y 1 sumando en conjunto 1.

2.2. 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 (conceptos simples), empleando cuando sea necesario pesos basados en factores objetivos para graduar el nivel de influencia de cada uno de estos factores compuestos.

	PONDERACIÓN		ALTERNATIVA I	
Factor k	-	****	$\sum d_{ij} \cdot p'_j$	****
*****	**	**		**
Concepto simple j	p'_j	**	d_{ij}	**
*****	**	**	**	**

p'_j = Peso otorgado al concepto simple j
 d_{ij} = Valor deducido o medido de la alternativa i para el factor k
 $\sum d_{ij} \cdot p'_j$ = Puntuación sin homogeneizar de la alternativa i para el factor k

• Nivel 1: en él se 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, cuyo valor también debe estar comprendido entre 0 y 1. De esta forma, en este nivel se manejan tablas de este tipo:

	PONDERACIÓN		ALTERNATIVA I	
CRITERIO h	-	****	V_{ih}^{**}	****
CRITERIO h	-	****	$\sum V_{ik} \cdot p'_k$	****
*****	**	**		**
Factor k	p'_k	**	V_{ik}^*	**
*****	**	**	**	**

p'_k = Peso otorgado al factor k
 V_{ik}^* = Puntuación $\sum d_{ij} \cdot p_j$ homogeneizada en el intervalo [0,1]
 $\sum V_{ik} \cdot p'_k$ = Puntuación sin homogeneizar de la alternativa i para el criterio h
 V_{ih}^{**} = Puntuación $\sum V_{ik} \cdot p'_k$ homogeneizada en el intervalo [0,1]

2.3. 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:

$$\left. \begin{array}{l} A \cdot a + b = 1 \\ B \cdot a + b = 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} a = \frac{1}{A - B} \\ b = 1 - \frac{A}{A - B} \end{array}$$

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

Con el modelo generado se pueden desarrollar distintos métodos de análisis, empleando criterios diferentes de ponderación, de manera que se alcancen los objetivos del proceso de análisis de alternativas. El modelo es como sigue:

	PONDERACIÓN		ALTERNATIVA I	
.....	..	...	...	...
.....	..	...	...	...
CRITERIO h	..	...	Vih**	...
.....	..	...	...	...

Vih ** = Valoración de la alternativa i para el criterio h homogeneizada en el intervalo [0,1]

2.4. ANÁLISIS

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.

Todos los análisis anteriores usan para la valoración de las alternativas los denominados **ÍNDICES DE PERTINENCIA**, que son las puntuaciones resultantes de operar los índices del modelo con diferentes combinaciones de pesos, tal y como se ha descrito, y homogeneizarlos en el intervalo [0,1]. En éste caso, y a diferencia de cuando se crearon los índices del modelo, la homogeneización se realiza empleando el Método Pattern, que otorga el valor 1 a la alternativa de mayor puntuación del análisis y el valor 0 a la de menor.

2.4.1. Método PATTERN para la obtención de los índices de pertinencia

El método PATTERN (Planning Assistance through Technical Evaluation of Relevance Numbers) permite sintetizar, en los análisis de sensibilidad y preferencias, las puntuaciones obtenidas por las alternativas para cada criterio, mediante la aplicación de pesos o coeficientes de ponderación variables, en un solo parámetro llamado IP (Índice de Pertinencia), cuyos valores están comprendidos en el intervalo [0,1] 1 (siendo 0 el valor pésimo y 1 el valor óptimo). Este método crea un modelo que permite la comparación directa de las alternativas. De esta forma, se obtiene una matriz de alternativas/criterios, de la que se deduce el IP de cada alternativa de la siguiente forma:

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

Donde:

- a_{ij} es la puntuación obtenida por la alternativa i para el criterio j
- β_j es el peso o coeficiente de ponderación del criterio j, cumpliéndose la condición de que $\sum \beta_j = 1$
- MAX es el valor máximo de $\sum \beta_j a_{ij}$ de entre los obtenidos por todas las alternativas
- MIN es el valor mínimo de $\sum \beta_j a_{ij}$ de entre los obtenidos por todas las alternativas

2.4.2. 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.

2.4.3. 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 a los siguientes intervalos:

CRITERIO	RANGO DE PESOS
Medio Ambiente	[1.0 – 3.0]
Vertebración Territorial	[2.0 – 6.0]
Inversión	[0.0 – 4.0]
Funcionalidad	[0.0 – 4.0]

De esta forma se mantiene la objetividad de realizar numerosos tanteos con diferentes combinaciones de pesos, pero, por otro lado, se aproxima más el análisis a las ponderaciones de los criterios que el analista estima como más apropiadas para el contexto de la zona de estudio.

2.4.4. 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:

CRITERIOS	FACTORES	
TERRITORIAL	0,15	Planeamiento
		Permeabilidad transversal
		Conectividad con la red existente.
FUNCIONAL	0,35	Tráfico Captado
		Ahorros de tiempo
		Seguridad vial
MEDIOAMBIENTAL	0,25	EIA
ECONÓMICO	0,25	TIR
		PEM

2.5. JUSTIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS

Se han analizado cuatro criterios principales, que se adaptan a las zonas de estudio y a los principales aspectos que se persigue evaluar para las alternativas.

Los pesos asignados obedecen a la importancia de cada uno de los criterios seleccionados teniendo en cuenta el tipo de estudio que se está llevando a cabo, la zona donde se desarrolla y la experiencia en

estudios similares; así, el criterio al que se le ha dado mayor relevancia es el funcional debido al impacto que tienen en la selección de la alternativa idónea, seguido de la Inversión y el criterio Medioambiental. Dentro de cada Criterio se analizan aquellos Factores cuantificables de especial importancia que sirvan para valorar, puntuar y diferenciar cada una de las alternativas estudiadas. Además, en algún caso es necesario descomponer el análisis de algún factor en Conceptos simples que son conceptos cuya cuantificación nos sirva para valorar con mayor facilidad los Factores que son más complejos. Se describen a continuación los factores que se han ido analizando en las diferentes alternativas.

CRITERIOS	
TERRITORIAL	0,1
FUNCIONAL	0,3
MEDIOAMBIENTAL	0,25
ECONÓMICO	0,25

2.6. JUSTIFICACIÓN DE LOS FACTORES Y CONCEPTOS SIMPLES

2.6.1. Criterio territorial

El criterio de vertebración territorial se ha analizado conforme a dos Factores:

CRITERIOS	FACTORES	
TERRITORIAL	0,15	Planeamiento
		Permeabilidad transversal y longitudinal
		Conectividad con la red existente.

Para el estudio territorial se han establecido tres factores de estudio como indicadores del impacto de las soluciones analizadas en el territorio. Estos factores son el Planeamiento existente en los territorios atravesados, la permeabilidad transversal y longitudinal y la conectividad con la red existente. Para el Planeamiento se ha tenido en cuenta el tipo de suelo que atraviesa el trazado.

Se justifican y analizan los diferentes factores y en su caso los diferentes Conceptos Simples:

2.6.1.1. Planeamiento

Con el objeto de establecer unos factores que aseguren el establecimiento de las alternativas que menos impacto y más adecuación al planeamiento supongan, se plantean unos rangos cuantitativos que permiten el análisis multicriterio unificado. En concreto, se ha establecido como factor clave a estudiar:

- La clase de suelo establecida por los diferentes instrumentos de ordenación del territorio, o de planeamiento urbanístico en su caso, que están en vigor en los municipios presentes en el ámbito de estudio, por la que discurre cada alternativa. De acuerdo al Anejo nº 13 de Expropiaciones se han clasificado los diferentes terrenos de paso en función del tipo de uso del suelo:

USO
Asentamiento agrícola y huerta
Bosque de frondosas
Combinación de cultivos
Combinación de cultivos con vegetación
Combinación de cultivos leñosos
Combinación de vegetación
Cultivo herbáceo
Frutal no cítrico
Industrial
Instalación agrícola y/o ganadera
Infraestructura de suministro
Lámina de agua artificial
Matorral
Olivar
Pastizal o herbazal
Red viaria o ferroviaria
Servicio dotacional
Suelo desnudo
Viñedo

Se han calculado las diferentes superficies ocupadas por todas las alternativas estudiadas. En la mayoría alguno de los casos no resulta significativa la comparación, por lo que se va a centrar el estudio en la zona de Los Santos de Maimona y Zafra, donde verdaderamente existe una diferencia entre las alternativas.

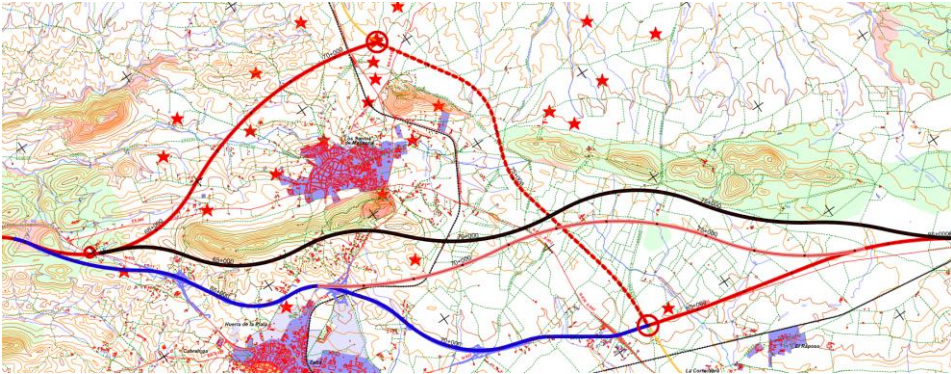
Se han calculado las diferentes superficies ocupadas por todas las alternativas estudiadas. En alguno de los casos no resulta significativa la comparación al no suponer diferencias cuantificables. Finalmente se han adoptado estos factores.

USO
Asentamiento agrícola y huerta
Frutal no cítrico
Industrial
Instalación agrícola y/o ganadera
Infraestructura de suministro
Olivar
Viñedo

Las alternativas C2 y C6 discurren exentas a la zona situada entre los dos municipios, pasan al norte de los Santos de Maimona. El resto de alternativas discurren entre las dos localidades. Las alternativas C4 y C5 complementan como segunada calzada la variante de Zafra, pero la alternativa C3 discurre independiente de ésta , por el mismo corredor.

Excepto las alternativas C2 y C6, el resto de alternativas disminuyen la vertebración del territorio en esa zona reduciendo la consistencia y estructura territorial y minorizando la cohesión y la organización de la zona.

ALTERNATIVA	puntuación
C0	10,0
C1	10,0
C2	10,0
C3	0,0
C4	2,5
C5	5,0
C6	10,0



2.6.1.2. Permeabilidad transversal y longitudinal

Se mantenido en lo psoible la permeabilidad territorial mediante la reposición de los caminos y carreteras que sean atravesados por el trazado de la autovía y se ha puesto cuidado especial cuidado en mantener la permeabilidad de las vías pecuarias que pudieran resultar afectadas.

Se ha llevado a cabo un estudio de permeabilidad transversal y longitudinal del territorio por el hecho de implantar la autovía. La propia autovía garantiza la permeabilidad provincial e interprovincial ,mejorando la accesibilidad y el transporte.

Los criterios con los que se ha diseñado la red de caminos laterales de servicio, variantes de caminos y carreteras, pasos de ganado o fauna y pasos a desnivel con la autovía para asegurar la permeabilidad local y el acceso a las fincas colindantes han sido los siguientes:

- Los caminos se han situado paralelos, por el exterior, a la franja de dominio público de la autovía. Se tiene en cuenta la proximidad de la carretera nacional N-432 que, una vez construida la autovía, servirá, fundamentalmente, a los tráficos locales generados entre núcleos urbanos cercanos o entre éstos y las fincas
- Se ha procurado dar acceso a todas las fincas afectadas directamente por el trazado.
- Se ha estudiado interconectar entre sí los pasos a desnivel mediante los caminos paralelos a latraza, aprovechando los existentes que puedan hacer esa función si están próximos a la autovía.
- En algunos caminos existentes, de cierta entidad, se ha estudiado disponer el paso manteniendo la alineación del camino, sin hacer variante de trazado para evitar el esviaje del paso.
- La sección libre de los nuevos pasos para caminos sería de 9 metros de gálibo horizontal por 5 m de gálibo vertical, en los pasos bajo la autovía.
- Los pasos sobre la autovía contarán con una sección de 9 metros, 7 metros de calzada y dos arcenes de 0,5 metros cada uno y pretil de 0.5 m.

ALTERNATIVA	nº pasos transversales	longitud (m)	%	puntuación
C0	12	208.163,76	0,01%	0
C1	204	200.786,96	0,10%	10
C2	206	201.925,38	0,10%	10
C3	209	197.782,62	0,11%	10
C4	207	197.867,37	0,10%	10
C5	211	198.222,18	0,11%	10
C6	213	204.878,54	0,10%	10

2.6.1.3. Conectividad con la red existente

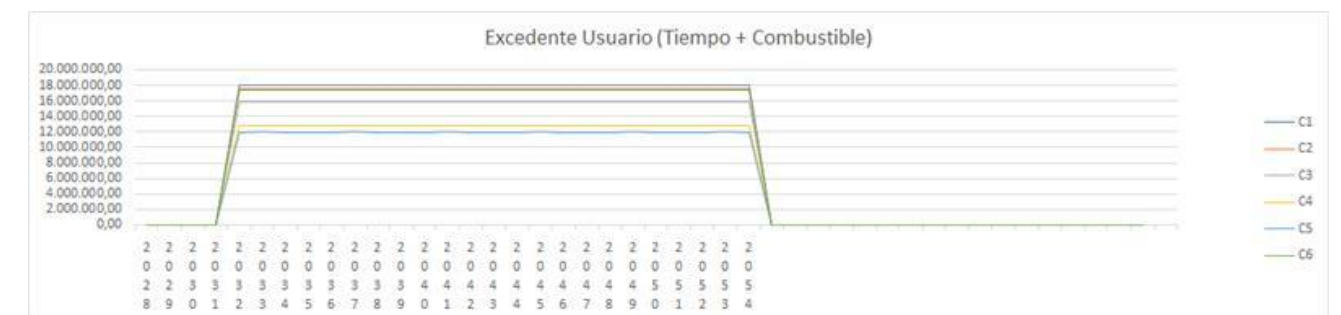
El Análisis Coste Beneficio realizado, pone el foco únicamente en la autovía de nueva creación, no tiene en cuenta toda la red viaria Además todas las alternativas tiene menor longitud que la alternativa 0, situación sin proyecto. Esto implica que si una nueva alternativa tiene más IMD que la alternativa 0 se suponga, que esa diferencia de IMD tenga la mitad de los beneficios que tienen los usuarios que antes iban por la N-432, alternativa 0. Es decir, al tener menor longitud se está suponiendo que todos los vehículos están ahorrando: combustible, neumáticos, lubricantes, mantenimiento de los vehiculos, etc... Estas variables dependen, sobre todo, de los kilómetros realizados por los vehículos, es decir de los veh*Km.

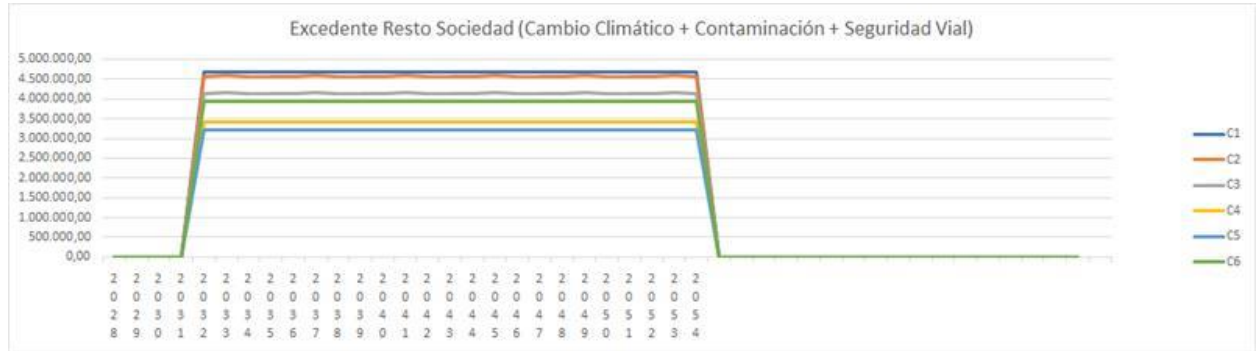
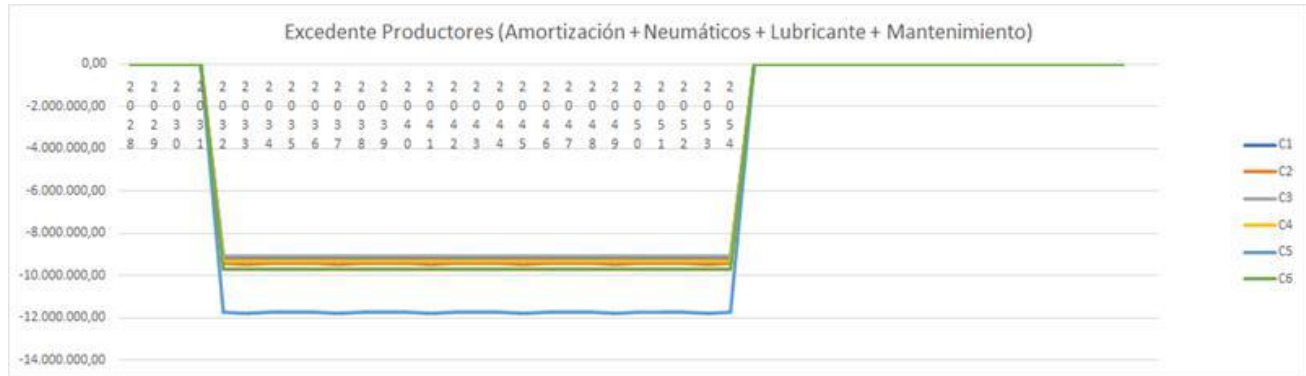
Teniendo esto en cuenta, se ha realizado un estudio con las mismas variables que el ACB, pero simplificando algunas fórmulas como la que tiene en cuenta la pendiente, pero teniendo como datos iniciales los vehículos kilómetro de toda la red.

Alternativa	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Veh*h red (ligeros)	163.724,83	159.228,84	159.310,20	159.744,80	160.425,38	160.405,33	159.320,75
Veh*h red (pesados)	25.184,66	24.512,73	24.522,03	24.558,72	24.650,33	24.647,91	24.525,74
Veh*Km red (ligeros)	9.346.092,7	9.441.359,42	9.447.458,38	9.438.288,60	9.442.999,80	9.498.564,12	9.451.943,83
Veh*Km red (pesados)	1.339.797,1	1.349.799,97	1.350.531,42	1.350.113,24	1.350.340,81	1.355.461,01	1.351.597,95

Comparando los datos con los del ACB se tiene que efectivamente los ahorros de los usuarios por tiempo, son casi idénticos, pero que en cambio todos los ahorros que tienen que ver, sobre todo con la distancia, no son ahorros sino costes.

Este efecto ocurre porque los usuarios están dispuestos a realizar más kilómetros para ahorrar tiempo, lo que supone un mayor gasto en gasolina, neumáticos, etc. Además, los beneficios por seguridad vial también se ven resentidos ya que se recorren más kilómetros en toda la red.





Indicador	Unidades	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6
VAN	€	565.248.082,37	545.348.880,01	-549.845.635,93	610.614.853,71	659.933.128,53	582.195.693,05
TIR	%	-3,87%	-4,23%	-4,57%	-5,59%	-6,57%	-4,51%

Indicador	Unidades	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6
B/C	%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
PRI	años	2052	2052	2052	2052	2052	2052

Alternativas	TIR	puntuación
C1	3,87	8,94
C2	4,23	7,91
C3	4,57	6,94
C4	5,59	4,03
C5	6,57	1,23
C6	4,51	7,11

2.6.2. Funcionalidad

Se pretende medir en esta opción la funcionalidad de la carretera, valorando por tanto en mayor medida aquellas alternativas que facilitan las operaciones de conducción a los usuarios, es decir, que mejor sirven a la función para la que han sido creados, el transporte de vehículos.

Se han buscado los indicadores que de una forma objetiva revelen de modo claro y conciso el comportamiento funcional de la carretera. Los indicadores elegidos han sido los siguientes:

- Tráfico captado
- Ahorros de tiempo
- Seguridad vial

El análisis de la Seguridad vial merece capítulo específico, desarrollándose en el anejo 14 de este estudio.

Se describe a continuación los otros dos criterios que integran este objetivo:

De cada uno de los indicadores calculados se pueden realizar las siguientes consideraciones:

- Tráfico captado. Las 6 alternativas captan prácticamente el mismo tráfico, si bien discurriría un tráfico algo mayor en las alternativas C1, C2 y C6. Esto se traduce en una mayor puntuación para estas alternativas.

- Ahorro de tiempos. Este indicador favorece a las 4 primeras alternativas frente a la alternativa 5, ya que esta última es más corta y por lo tanto en ella se producen menores ahorros de tiempo. La mejor clasificada según este criterio sería la alternativa 1, obteniendo un 8,79.

2.6.2.1. Tráfico captado

En el Estudio de Tráfico, desarrollado en el anejo 4, se realiza la asignación de tráficos en las distintas alternativas que se plantean, materializándose en los valores correspondientes de I.M.D. (Intensidad Media Diaria).

ALTERNATIVA		vkm	IMD PROMEDIO
C0	Promedio		5004
	Promedio Tramos Troncales	1 175 881	6 185
C1	Promedio sumando Enlaces	1 180 609	6 137
	Promedio sumando A66	1 300 022	6 492
	Promedio Tramos Troncales	1 172 820	6 155
C2	Promedio sumando Enlaces	1 177 444	6 107
	Promedio sumando A66	1 296 885	6 462
	Promedio Tramos Troncales	1 093 502	5 636
C3	Promedio sumando Enlaces	1 098 273	5 595
	Promedio sumando A66	1 098 273	5 595
	Promedio Tramos Troncales	979 812	5 047
C4	Promedio sumando Enlaces	984 552	5 014
	Promedio sumando A66	984 552	5 014
	Promedio Tramos Troncales	1 140 476	5 868
C5	Promedio sumando Enlaces	1 145 273	5 826
	Promedio sumando A66	1 145 273	5 826
	Promedio Tramos Troncales	1 153 132	6 179
C6	Promedio sumando Enlaces	1 193 439	6 231
	Promedio sumando A66	1 252 521	6 280

. Resumen de datos de tráfico para las 6 alternativas analizadas. Escenarios 2017.

En la tabla se observa claramente como, para el año 2017, las alternativas C1, C2 y C6 presentan tráficos similares entre sí y bastante más numerosos que los de las otras 3 alternativas. Los trazados de las tres alternativas indicadas comparten el hecho de contener una serie de tramos comunes con la A-66 en las inmediaciones de Zafra. Las otras 3 alternativas no comparten ningún tramo con vías existentes, considerando alternativas de nuevo trazado.

En cualquier caso, el mayor tráfico de las alternativas C1, C2 y C6 es evidente tanto si se analizan los resultados incluyendo los tramos compartidos de la A-66 como si se analizan de manera exclusiva los tramos de nueva construcción. Y esto es así tanto si se comparan cifras promedio de IMD como si se comparan cifras de vehículos x kilómetro.

En cuando a la proyección de la demanda, esta se ha realizado aplicando la tasa de crecimiento recomendada por la nota de tráfico 5/2010 del Ministerio de Fomento, que se mantiene constante para todo el periodo considerado (2017 – 2051) y da lugar a las series contenidas en la siguiente figura.

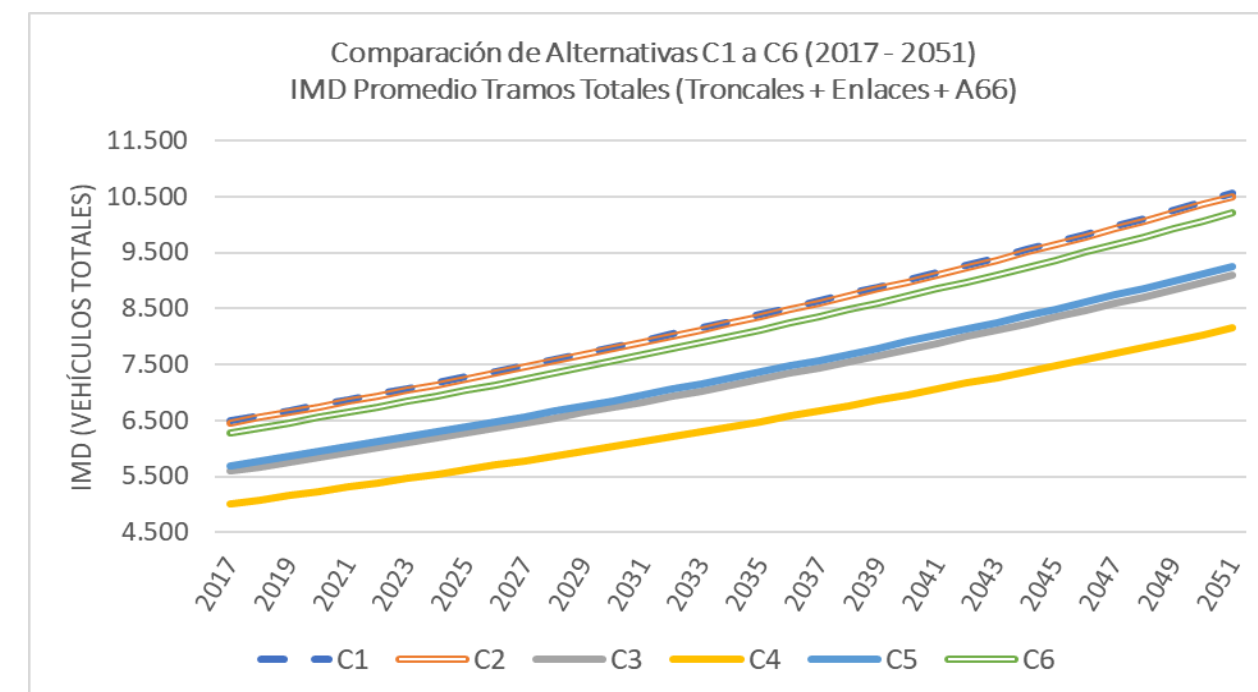


Figura 1. Proyección de IMD promedio para las 6 alternativas estudiadas. Total Tramos.

Se escoge la figura que incluye en el análisis los enlaces y los tramos compartidos con la A-66 ya que las 3 alternativas con mayor volumen de tráfico comparten el hecho de compartir tramos con la A-66 a su paso por Zafra.

Se concluye que, a la vista del resumen de resultados, las alternativas C1 y C2 son las mejor valoradas desde el punto de vista de la captación de tráfico, sin existir diferencias relevantes entre las series de tráfico de ambas alternativas.

ALTERNATIVAS C	TRAFICO Puntuación
0	2,52
1	9,96

ALTERNATIVAS C	TRAFICO Puntuación
2	9,96
3	5,48
4	2,57
5	6,63
6	8,90

2.6.2.2. Ahorros de tiempo

El cálculo del ahorro de los tiempos de recorrido es un buen indicador para medir el Nivel de Servicio obtenido con la implantación de la nueva infraestructura.

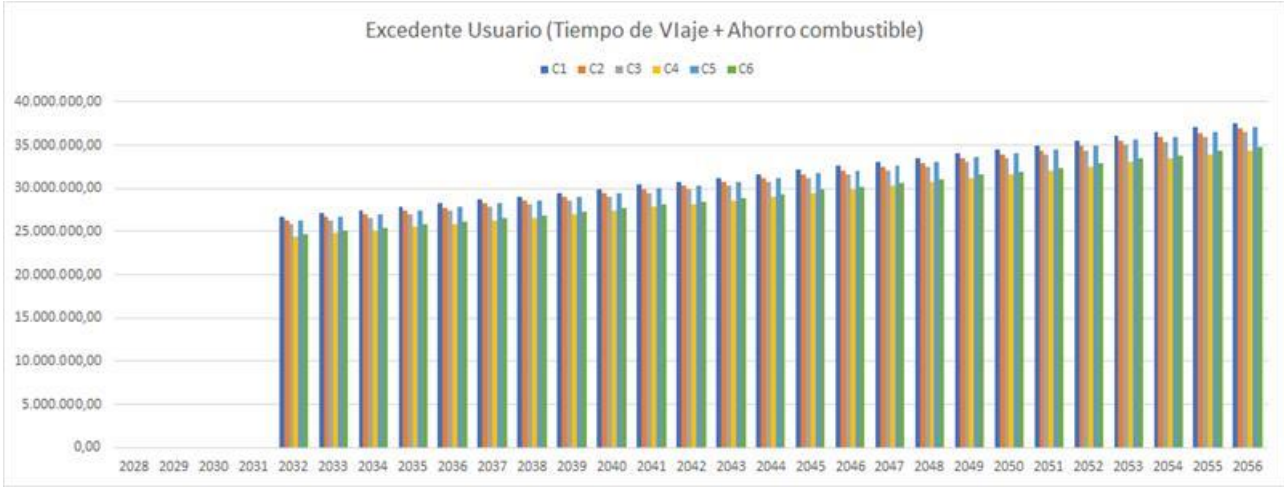
La metodología empleada en la comparación de alternativas se basa en la obtención de un indicador cuantificable, definido mediante la siguiente expresión:

$$Indicador = \sum_{i=1}^n (Tiempototal_{alternativa} - Tiempototal_{alternativa0})$$

Siendo:

- Tiempo total alternativa el tiempo total que tardan en recorrer todos los vehículos que recorren la red los distintos itinerarios que se van a ver afectados por la implantación de la nueva red de carreteras, una vez implantada la nueva infraestructura.
- Tiempo total alternativa 0 es el tiempo que tardan en recorrer todos los vehículos que recorren la red los distintos itinerarios que se van a ver afectados por la implantación de la nueva red de carreteras, antes de que se implante la nueva infraestructura, es decir, siguiendo el recorrido actual.

A partir de este indicador se obtiene el valor de este criterio mediante un escalado que presenta la siguiente forma:



Alternativas	Tiempo de viaje (min)	indicador	puntuación
C0	168,82	168,82	0,00
C1	110,79	58,03	9,95
C2	111,42	57,40	8,95
C3	109,08	59,74	9,97
C4	109,09	59,73	9,97
C5	109,34	59,48	9,96
C6	113,03	55,79	8,75

El escalado se ha realizado teniendo en cuenta las cifras que han alcanzado, en el contexto del presente Estudio Informativo, este indicador.

2.6.2.3. seguridad vial

En el anejo nº 14 "Evaluación de impacto de la infraestructura en la seguridad vial" se ha realizado un estudio siguiendo las directrices establecidas por la Orden Circular 30/2012 de la Dirección General de Carreteras. En él se han valorado cada una de las alternativas desde la perspectiva de la seguridad vial, y sus resultados se trasladan a este Análisis Multicriterio.

ALTERNATIVAS	TRAMOS EN SOMBRA	CALIDAD DEL TRAZADO	OBSTACULOS LATERALES	DISTANCIA ENTRE ENLACES	Total ponderado
--------------	------------------	---------------------	----------------------	-------------------------	-----------------

0	7,53	1,228	9,92	0,00	4,85
1	2,95	6,698	2,35	9,50	7,10
2	0,69	6,821	2,17	9,53	6,65
3	0,34	7,765	3,06	9,40	7,07
4	0,30	7,476	2,90	9,45	6,95
5	2,56	8,158	2,96	9,52	7,66
6	2,80	6,953	2,24	9,39	7,07

Los resultados del criterio funcional obedece a :

ALTERNATIVAS C	TRAFICO CAPTADO			AHORROS DE TIEMPO			SEGURIDAD VIAL			Puntuacion total
	VALOR	POND	TOTAL	VALOR	POND	TOTAL	VALOR	POND	TOTAL	
0	2,52	0,33	0,83	0	0,33	0,00	4,85	0,33	1,60	2,43
1	9,96	0,33	3,29	9,95	0,33	3,28	7,10	0,33	2,34	7,28
2	9,96	0,33	3,29	8,95	0,33	2,95	6,65	0,33	2,19	7,64
3	5,48	0,33	1,81	9,97	0,33	3,29	7,07	0,33	2,33	5,84
4	2,57	0,33	0,85	9,97	0,33	3,29	6,95	0,33	2,30	5,50
5	6,63	0,33	2,19	9,96	0,33	3,29	7,66	0,33	2,53	6,14
6	8,90	0,33	2,94	8,75	0,33	2,89	7,07	0,33	2,33	8,62

Entreo los conceptos simples destacan:

CALIDAD DEL TRAZADO

Radio medio
Homogeneidad de radios
Visibilidad
pendiente Longitudinal

TRAMOS EN SOMBRA
OBSTACULOS LATERALES

tramo en tunel
tramo enlaces

tramo estructuras
tramo relleno mas de 3 m altura
longitud desmonte (m)
DISTANCIA ENTRE ENLACES
distancia media entre enlaces
distancia media entre enlaces áreas de servicio

2.6.3. Objetivo ambiental

En el estudio de impacto ambiental se describe la metodología seguida para obtener un único número que represente el impacto que cada una de las opciones de trazado analizadas realiza sobre el medio ambiente.

No obstante se incluye una síntesis:

Tras analizar y valorar los impactos que las distintas alternativas de trazado de la autovía producen sobre los distintos elementos del medio identificados, tanto en fase de construcción como de explotación, se procede a evaluar el impacto global de cada una de estas alternativas sobre el territorio.

Esto permitirá comparar los trazados analizados, y seleccionar las alternativas óptimas desde el punto de vista ambiental.

2.6.3.1. Asignación de valores a las magnitudes de impacto

Se ha asignado un valor numérico a cada magnitud de impacto, positivo o negativo, excluyendo los impactos críticos que, en caso de presentarse, invalidarían las soluciones planteadas. Los valores establecidos en cada caso son los siguientes:

MAGNITUD	VALOR
COMPATIBLE	-1
MODERADO	-3
SEVERO	-5
Impacto no cuantificable o inexistente	-
Impacto de carácter positivo	1

Valoración numérica de impactos

E DE CONSTRUCCIÓN									
Elementos	ALTERNATIVAS								
	C 0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Alt 1	Alt 2
Calidad del aire y cambio climático	-	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Calidad lumínica	-	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Confort sonoro	-	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Geología y geomorfología	-	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Geología y geomorfología. LIG	-	-3	-3	-3	-3	-3	-3	C	C
Edafología	-	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
Hidrología	-	-3	-1	-1	-1	-1	-1	-3	-1
Hidrogeología	-	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Vegetación	-	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
Fauna	-	-3	-3	-3	-3	-3	-1	-1	-1
Hábitat de Interés Comunitario	-	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
Espacios naturales de interés y Red Natura 2000	-	-3	-3	-3	-3	-3	-1	-1	-5
Planeamiento urbanístico	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Patrimonio cultural	-	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-	-
Vías pecuarias	-	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
Montes UP	-	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-	-
Paisaje	-	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
Población	-	1	1	1	1	1	1	1	1
Recursos naturales	-	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
Generación de residuos	-	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3

FASE DE EXPLOTACIÓN									
Elementos	ALTERNATIVAS								
	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Alt 1	Alt 2
Calidad del aire y cambio climático		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Calidad lumínica	-3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Confort sonoro	-5	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
Geología y geomorfología		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Geología y geomorfología. LIG		-	-	-	-	-	-	-	-
Edafología		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Hidrología	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
Hidrogeología		-	-	-	-	-	-	-	-
Vegetación		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Fauna	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
Hábitat de Interés Comunitario		-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
Espacios naturales de interés y Red Natura 2000	-3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-5
Planeamiento urbanístico		-3	-3	-3	-3	-3	-3	-1	-5
Patrimonio cultural		-	-	-	-	-	-	-	-
Vías pecuarias	-5	-	-	-	-	-	-	-	-
Montes UP		-	-	-	-	-	-	-	-
Paisaje		-	-	-	-	-	-	-	-
Población		1	1	1	1	1	1	1	1
Recursos naturales		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Generación de residuos		-	-	-	-	-	-	-	-

Resumen de valoración de impactos en fase de explotación

Como se puede observar en las tablas anteriores ninguna de las alternativas presenta impactos críticos que obligarán a modificar los trazados analizados. Los impactos en su mayoría son compatibles y moderados

Los únicos impactos valorados como Severo son los vinculados a la afección que produce la Alternativa 2 sobre el espacio RENPEX, Parque Periurbano y de Ocio "Tres Arroyos" ya que la traza discurre por el centro de dicho espacio.

2.6.3.2. impacto global de las alternativas

El impacto global de la afección de cada una de las alternativas 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

		ALTERNATIVAS							
	Alt 0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Alt 1	Alt 2
Fase de construcción	*	-43	-41	-41	-41	-41	-37	-30	-32
Fase de explotación	- 22	-21	-21	-21	-21	-21	-21	-19	-27
Impacto global	-	-64	-62	-62	-62	-62	-58	-49	-59

Valoración global de impacto

Tal y como se puede apreciar en la tabla anterior entre las alternativas C no hay diferencias significativas desde el punto de vista medioambiental. La mayor afección de la alternativa C-1 se debe a la afección producida por el viaducto sobre el río Rivillas. Por el contrario, la menor afección de la alternativa C-6 se debe a una menor afección a fauna y a espacios naturales, debido a que es el único trazado que no afecta a la ZEPA ES0000325- Campiña Sur- Embalse Arroyo Conejos.

ALTERNATIVAS C	MEDIOAMBIENTE
0	10,00
1	0,16
2	0,47
3	0,47
4	0,47
5	0,47
6	1,09

En lo referente a las alternativas 1 y 2 de la circunvalación de Badajoz, tal y como se dijo anteriormente, la afección producida sobre el Parque Periurbano y de Ocio “Tres Arroyos” penaliza el trazado de la alternativa 2.

2.6.4. Criterio económico

Se explica a continuación la metodología seguida en la evaluación de criterios económicos para la comparación de alternativas. Los criterios empleados se refieren al cálculo de ciertos parámetros de rentabilidad como son el TIR, VAN, B/C y el PRI, para lo cual, es necesario conocer la evolución de los costes e inversiones estimadas, a lo largo del periodo de proyecto, que es este caso de 20 años. Por lo tanto, el criterio empleado para la estimación del ajuste de cada una de las alternativas al objetivo económico establecido, es el siguiente: - Tasa Interna de Rentabilidad. [TIR] En el anejo 18 “Análisis de costes/beneficios y de rentabilidad” se han calculado, el V.A.N. y el T.I.R. para cada una de las alternativas. Tras la determinación de su valor se procederá a su correspondiente transformación a una escala comprendida entre el 0 y el 10 cuya distribución es la indicada en la siguiente gráfica: - Escalado de valores para la Tasa Interna de Retorno (cuanto mayor es la rentabilidad de la inversión, mayor será la puntuación de la alternativa):

Indicador	Unidades	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6
VAN	€	-119.454.545,61	-101.822.732,54	-78.471.244,48	-118.296.873,01	-74.843.548,94	-170.215.398,18
TIR	%	2,19%	2,31%	2,56%	2,08%	2,61%	1,54%
B/C	%	84%	86%	89%	83%	89%	77%
PRI	años	-	-	-	-	-	-

Alternativas	TIR	puntuación
C1	2,19	6,51
C2	2,31	7,32
C3	2,56	9,03
C4	2,08	5,72
C5	2,61	9,38
C6	1,54	2,00

El Presupuesto de Ejecución Material (PEM) se analiza en todas las alternativas estudiadas para todos los tramos de manera que se considerará el valor óptimo para su puntuación con el valor 1 aquella alternativa cuyo presupuesto sea el menor y se penalizará con la menor puntuación (valor=0) aquella que tenga el presupuesto más alto de las alternativas comparadas.

ALTERNATIVA	PEM (€)	puntuación
C0	0	10
C1	688.497.269,24	0,21
C2	648.062.470,95	5,99
C3	629.663.755,50	8,62
C4	635.310.936,44	7,81
C5	634.155.284,12	7,98
C6	670.115.517,85	2,84

2.7. VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

A continuación, se incluyen las tablas resumen donde se incluyen los resultados del multicriterio con los valores cuantificados de los distintos factores y conceptos simples (nivel 2) y los valores homogeneizados en el intervalo (0,1). Los valores cuantificados de los diversos factores y conceptos simples se encuentran recogidos en sus respectivos anejos y documentos (Integración ambiental, Planeamiento, Valoración, Análisis funcional).

CRITERIOS		FACTORES		C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6
TERRITORIAL	0,15	Planeamiento	0,6	10,000	10,000	10,000	0,000	2,500	5,000	10,000
		Permeabilidad transversal	0,2	0,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
		Conectividad con la red existente.	0,2	10,000	8,943	7,914	6,943	4,029	1,229	7,114
				8,000	9,789	9,583	3,389	4,306	5,246	9,423
FUNCIONAL	0,35	Tráfico Captado	0,33	2,52	9,960	9,960	5,475	2,570	6,630	8,900
		Ahorros de tiempo	0,33	0	9,950	8,950	9,970	9,970	9,960	8,750
		Seguridad vial	0,33	4,85	7,104	6,647	7,074	6,955	7,655	7,075
				2,433	8,915	8,434	7,431	6,433	8,001	8,159
MEDIOAMBIENTAL	0,25	EIA		10,000	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	1,090
ECONÓMICO	0,25	TIR	0,75	0	6,510	7,317	9,034	5,724	9,379	2,000
		PEM	0,25	10	0,210	5,990	8,620	7,810	7,980	2,840
				2,500	4,935	6,985	8,931	6,246	9,029	2,210
RESULTADOS				5,176	5,940	6,253	5,459	4,576	5,962	5,094

2.8. ANALISIS ROBUSTEZ Y SENSIBILIDAD

Los resultados de robustez y sensibilidad ya que los mismos no aportan información adicional a lo ya expresado mediante cifras.

2.9. CONCLUSIONES Y PROPUESTA DE ALTERNATIVA

Se ha estudiado la alternativa 0 dentro del grupo de alternativas, pero pertenece a otra clase de carretera según la Norma 3.1-IC, no es autovía es una carretera convencional. Es una alternativa que no genera nuevos impactos ambientales negativos más allá de los existentes.

Desde el punto de vista de estrategia nacional en materia de inversión, la autovía Badajoz – Córdoba -Granada, de la que forma parte el tramo Badajoz-Espiel es una de las “Actuaciones interurbanas de altas prestaciones” previstas en el PITVI, Plan de Infraestructuras, transporte y vivienda 2012-2024. Esto implica que la alternativa 0 no estaría prevista en este Plan, aunque hay que considerarla según la ley ambiental.

Además, la creación de la autovía generará nuevas condiciones que en este caso se traducirán en una disminución del tráfico en la N-432 y por consiguiente, del tiempo de viaje. Este ahorro de tiempo para los nuevos usuarios conlleva, además, modificaciones en los comportamientos de la movilidad profesional y turística de las personas.

- En definitiva, la ejecución de la actuación plantea los siguientes objetivos:
- Mejorar la eficiencia y competitividad del Transporte por carretera optimizando la utilización de las capacidades existentes
 - Promover el desarrollo económico equilibrado.
 - Promover una movilidad sostenible compatibilizando sus efectos económicos y sociales con el respeto al medio ambiente
 - Reforzar la cohesión territorial y la accesibilidad de todos los territorios.

En conclusión, la alternativa cero no se considera competitiva, ni desde el punto de vista funcional, ni en lo relativo a la seguridad vial. No mejora la accesibilidad al territorio y puede condicionar en cierto aspecto el desarrollo socioeconómico del lugar. Mientras que ambientalmente, no supone una ventaja adicional ya que no se actúa sobre aspectos de sostenibilidad aplicados a este medio de transporte que pueden ejercer afectos perjudiciales sobre la población y el medio ambiente.

A partir de los resultados del análisis anterior y lo expuesto en los apartados anteriores de este documento, se puede concluir que la alternativa C2 es la más destacada frente a las otras. Esto unido a sus buenos registros frente a las alternativas C1, C3, C4 y C5, excepto la C6 que penaliza en la económica, motivan que sea seleccionada como la mejor alternativa de las estudiadas.