



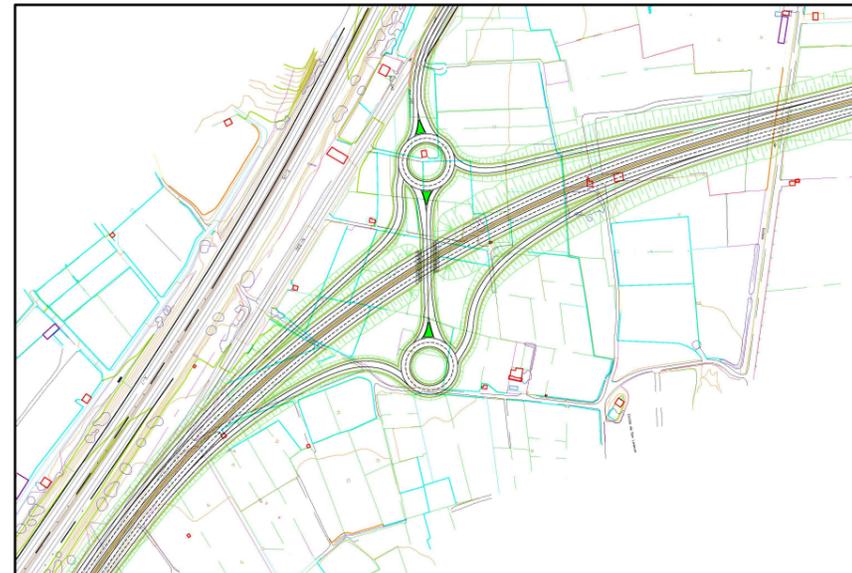
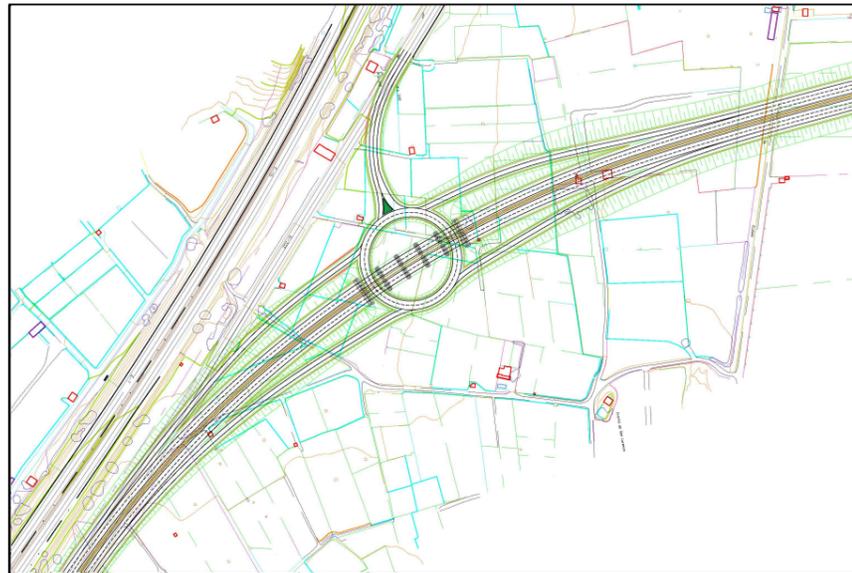
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE MASTER

Estudio de soluciones para el enlace de Favara en la carretera N-332. P.K. 242+000 al
252+000. Variante de Sueca (Valencia).



Presentado por

Pérez Lozano, Rafael Javier

Para la obtención del

Master en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Curso: 2018/2019

Fecha: Febrero 2019

Tutor: Ricardo Insa Franco



Estudio de soluciones para el enlace de Favara en la carretera N-332. P.K. 242+000 al 252+000. Variante de Sueca (Valencia).



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



MEMORIA Y ANEJOS



Estudio de soluciones para el enlace de Favara en la carretera N-332. P.K. 242+000 al 252+000. Variante de Sueca (Valencia).



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ÍNDICE DE DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL TABAJO FIN DE MÁSTER

MEMORIA

1. OBJETO
2. LOCALIZACIÓN
3. ANTECEDENTES
4. DATOS DE PARTIDA
5. SOLUCIONES PROPUESTAS
6. TRÁFICO
7. TRAZADO GEOMÉTRICO
8. FIRMES Y PAVIMENTOS
9. ESTUDIO DE SOLUCIONES
10. SOLUCIÓN ADOPTADA
11. CONCLUSIONES

ANEJOS

- ANEJO 1: ANTECEDENTES
- ANEJO 2: ESTUDIO DE TRÁFICO
- ANEJO 3: TRAZADO GEOMÉTRICO
- ANEJO 4: FIRMES Y PAVIMENTOS
- ANEJO 5: ESTUDIO DE SOLUCIONES

PLANOS

1. PLANO ÍNDICE Y DE SITUACIÓN
2. TRAZADO SOLUCIONES DE ENLACE
3. PERFILES LONGITUDINALES
4. SECCIONES TIPO
5. PERFILES TRANSVERSALES
6. ESTRUCTURAS



Estudio de soluciones para el enlace de Favara en la carretera N-332. P.K. 242+000 al 252+000. Variante de Sueca (Valencia).





Estudio de soluciones para el enlace de Favara en la carretera N-332. P.K. 242+000 al 252+000. Variante de Sueca (Valencia).



MEMORIA





ÍNDICE

1	OBJETIVO	4
2	LOCALIZACIÓN.....	4
3	ANTECEDENTES	4
4	DATOS DE PARTIDA	5
5	SOLUCIONES PROPUESTAS	7
5.1	Tipologías de enlace propuestas	7
5.2	Diseño de las soluciones propuestas	8
6	TRÁFICO.....	10
6.1	Análisis de tráfico para la puesta en servicio.....	11
6.2	Prognosis de tráfico	11
6.3	Nivel de servicio en el tronco	11
6.4	Nivel de servicio en ramales de enlace	12
7	TRAZADO GEOMÉTRICO.....	12
7.1	Solución 1 y 1b. Glorieta inferior	13
7.2	Solución 2. Diamante con pesas.....	13
7.3	Solución 3. Trompa con pesa	14
8	FIRMES Y PAVIMENTOS	14
8.1	Elección de mezcla bituminosa a emplear en el tronco principal	14
8.2	Elección de mezcla bituminosa a empelar en el Enlace de Favara.....	15
9	ESTUDIO DE SOLUCIONES	15
9.1	Metodología.....	15
9.2	Criterios propuestos.....	16
9.3	El esquema jerárquico empleado:	18
9.4	Evaluación de los criterios	18
9.5	Análisis multicriterio	19
10	SOLUCIÓN ADOPTADA	21
11	CONCLUSIONES	22

1 OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fin de máster es desarrollar y valorar distintas soluciones para un enlace de autovía ajustándose a unas limitaciones de distinta índole, como pueden ser orográficas, económicas, de seguridad o de funcionalidad. En el proceso de desarrollo de cada solución se lleva a cabo un estudio de los distintos elementos que componen una infraestructura viaria como es una autovía.

El enlace es el denominado **Enlace de Favara**, que forma parte del tramo de autovía N-332 de Almería a Valencia, Variante de Sueca (tramo II, variante de Cullera y Favara).

Entre los trabajos realizados se han tratado análisis de tráfico; diseño de firmes; estudio de las diferentes tipologías de enlace, así como de los distintos elementos que componen un enlace; diseño de las distintas soluciones tanto en planta y alzado; definición de la sección transversal de los diferentes viales; análisis funcional y de seguridad vial; y valoración económica de cada solución.

Finalmente se realiza un análisis multicriterio de las soluciones mediante la metodología del proceso analítico jerárquico (AHP). Para realizar este análisis se determinan unos criterios principales en los que se basará la decisión de la solución idónea.

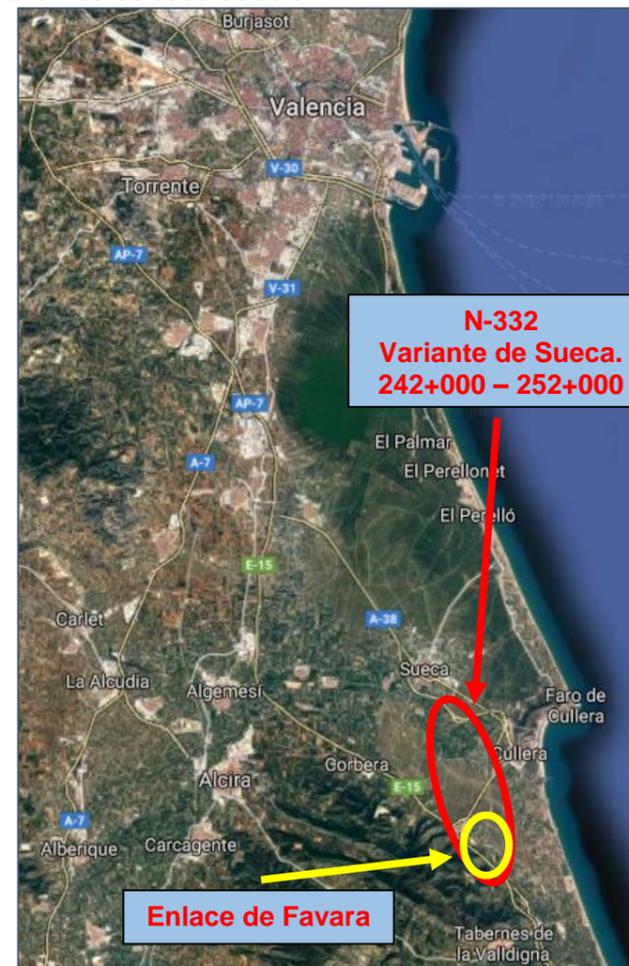
2 LOCALIZACIÓN

El enlace de estudio forma parte de la carretera N-332 de Almería a Valencia, en el tramo II de la variante de Sueca, actualmente en construcción. La autovía discurre entre las poblaciones de Favara, Cullera y Sueca, en la provincia de Valencia dentro de la Comunidad Valenciana, al este de la península ibérica.

El enlace objeto de este trabajo fin de máster está situado en el término municipal de Tavernes de la Valldigna y será la conexión sur-este entre la nueva autovía y el municipio de Favara. Se encuentra a la altura aproximadamente del p.k. 243+000 de la carretera N-332 y más concretamente entre los puntos kilométricos 0+500 y 0+800 del nuevo trazado de la autovía en construcción según los puntos kilométricos definidos en el proyecto del tramo.

3 ANTECEDENTES

La carretera N-332 es una carretera nacional que conectaba las provincias de Valencia y Almería, comenzaba su trazado en el municipio de Vera (Almería) y recorría el litoral del Mar mediterráneo hasta la ciudad de Valencia pasando por las provincias de Murcia y Alicante. Paralelamente a esta carretera se encuentra la autopista (de peaje) del mediterráneo AP-7. En la actualidad buena parte del trazado de la N-332 ha cedido su titularidad a las comunidades autónomas de Andalucía y Murcia. En cambio, en la



Comunidad Valenciana continúa por todo el litoral como camino alternativo libre de peaje y paralelamente a la autopista de peaje AP-7.

Debido a la cantidad muy elevada de tráfico que circulaba por la N-332 en la provincia de Valencia y Alicante, y a que la carretera tan solo contaba con una sección con dos carriles de 3,5 metros y arcenes de 2,5 metros, a finales de los 90' e inicios de los años 2000 comenzaron a realizarse proyectos y ejecutarse obras de desdoblamiento de esta carretera. En concreto, se realizaron los proyectos de la variante de Sueca (tramo I) y del tramo Sollana-Sueca. Posteriormente a mediados de los años 2000 se comenzaron las obras de la variante de Sueca (Tramo I), que finalizarían en 2008. Como continuación de este tramo, en el año 2007 se realizó el proyecto de construcción "**Variante de Sueca (Tramo II pk 242+000 - 252+000, variante de Cullera y Favara)**" para el que se proyectaba un tramo de autovía de 8620 metros de longitud.

A lo largo de la variante de Cullera y Favara, encontramos tres enlaces: Enlace de Favara, Enlace Cullera Sur y Enlace Cullera Norte.



En el trazado, la rasante viene condicionada por la cota de inundación de la avenida de 500 años de periodo de retorno del río Júcar. Debido a gran cantidad de material de préstamo para alcanzar esta cota, cuenta con una mediana estricta de 2 m entre bordes de plataforma

Tiene su inicio en el término municipal de Tavernes de la Valldigna, en el PK 0+000. En la zona inicial del proyecto, la traza discurre paralela a la autopista AP-7 hasta la zona del enlace de Favara (PK 0+650), donde conecta la nueva autovía con la carretera existente N-332. A partir de este enlace, el trazado discurre hacia el norte. En el PK 4+500, la nueva autovía cruza la carretera existente N-332. En este punto se encuentra el enlace denominado de Cullera Sur, que sirve de conexión entre ambas vías mediante una glorieta inferior. Tras el cruce con la N-332, el trazado de la autovía sigue hacia el norte hasta el PK 5+800 donde se desvía ligeramente hacia el noroeste. A partir del PK 7+260, el trazado de la autovía discurre en estructura a lo largo de un viaducto de 1.300 m.. El final del tramo se corresponde con el p.k. 8+620, ya sobre el término municipal de Sueca, donde se tiene prevista la conexión y coordinación con el tramo existente de la Variante de Sueca. Al final de la autovía, al norte de la población de Cullera, se encuentra proyectado un nuevo enlace, Cullera Norte, que enlaza la autovía con la actual N-332 en su variante de la población de Sueca.

La orografía del ámbito del proyecto es suave y sin condicionantes significativos pues se encuentra en la llanura de inundación del río Júcar. El drenaje es uno de los principales condicionantes, dada la ubicación del Proyecto en la llanura de inundación del río Júcar. Por ello se determinaron las líneas de que consisten en 41 ODT de consideración.

En 2008 se comenzaron las obras del tramo, pero en 2010 se detuvieron los trabajos. En 2016 se reanudaron las obras, y entre 2017 y 2018 se ha tramitado el proyecto modificado nº1 en el que se

incluyen diferentes modificaciones en el proyecto. **Este trabajo fin de master está motivado** por la modificación del Enlace de Favara debido a que el trazado de proyecto invade un pozo de riego situado en el margen izquierdo del tronco principal. En el proyecto original, el enlace consta de una glorieta inferior de diámetro exterior de 120 metros, el tronco de la autovía salva la glorieta mediante un viaducto de 132 metros en 6 vanos con vigas en doble T.

4 DATOS DE PARTIDA

Los documentos de consulta y la normativa empleada en el presente trabajo final de máster es la siguiente:

- Proyecto construcción Carretera N-332 de Almería a Valencia por Cartagena y Gata. P.k. 242+000 al p.k. 252+000. Variante de sueca. (tramo II, variante de Cullera y Favara). 2007.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3)
- Norma 3.1 IC "Trazado" de la Instrucción de Carreteras. 2016.
- Norma 6.1 IC "Secciones de firme" de la Instrucción de Carreteras. 2003.
- Orden circular 32/2012 Guía de nudos viarios
- Orden circular 17/2003: Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carreteras.
- Orden circular 37/2016 Base de precios de referencia de la dirección general de carreteras
- Orden FOM/3317/2010, de 17 de diciembre, por la que se aprueba la Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento.
- Nota De Servicio 5/2014. Prescripciones y recomendaciones técnicas para la realización de estudios de tráfico de los Estudios Informativos, Anteproyectos y Proyectos de carreteras.
- Obras de paso de nueva construcción, conceptos generales. Ministerio de Fomento.
- Manual de capacidad 2010 del Transportation Research Board (HCM 2010)
- Carlos Kraemer, Miguel Angel del Val. (1993). Firmes y pavimentos. Madrid: E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid.
- Jerónimo Aznar, Francisco Guijarro (2011) Nuevos métodos de valoración. Modelos Multicriterio. Universidad Politécnica de Valencia.

El enlace en el proyecto original se encuentra entre los pp.kk. 0+100 y 1+300 del tronco principal, la tipología empleada es la de una glorieta inferior con cuatro ramales de enlace directos entre la glorieta y el tronco. También cuenta con varias conexiones de la glorieta que dan continuidad a caminos existentes previos a la actuación.

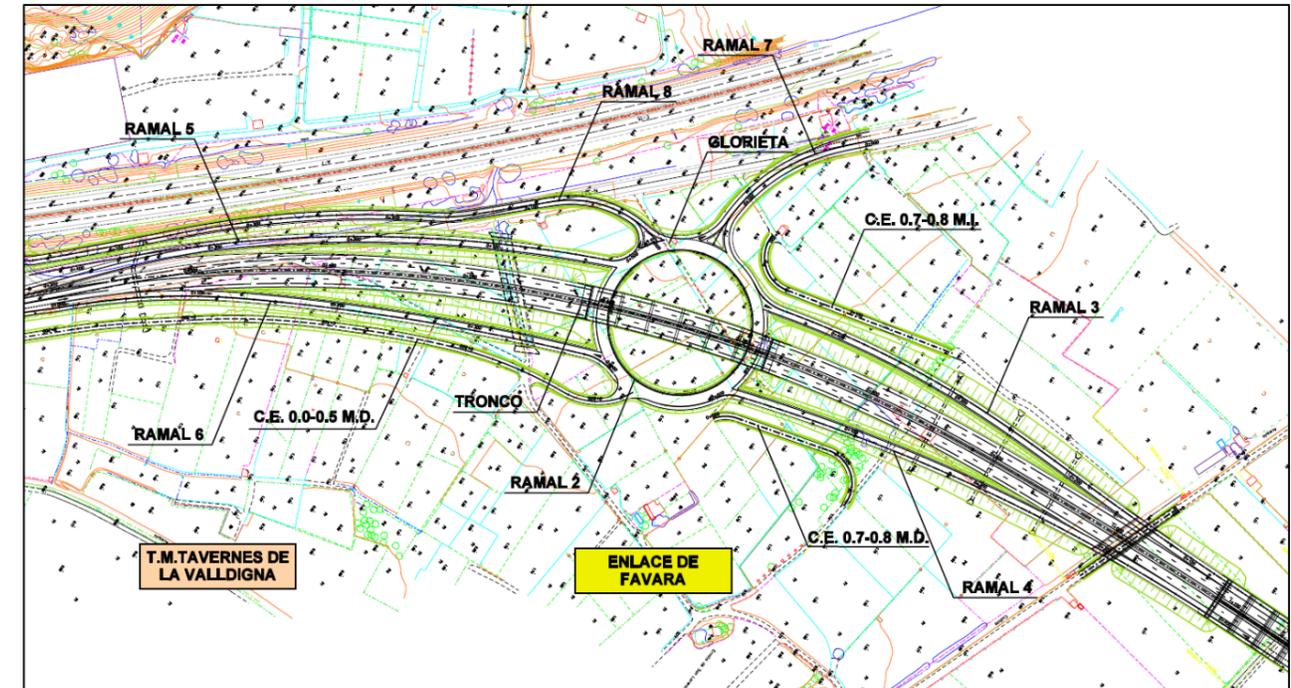


Figura 4.1. Planta Enlace de Favara
Fuente: Proyecto de construcción original

El tronco principal presenta en este tramo un trazado curvo con una curva de radio 1.000 que comienza en el p.k. 0+234 y finaliza en el p.k. 0+856 para continuar con otra curva circular de radio 4.000 a partir del p.k. 0+940. La pendiente longitudinal del tronco sufre variaciones y cuenta con los siguientes valores:

- P.k. 0+081 → p(%) = 0,63
- P.k. 0+363 → p(%) = 3,34
- P.k. 0+669 → p(%) = -2,75
- P.k. 1+000 → p(%) = 0,50

Y los acuerdos verticales más próximos al enlace son los siguientes:

- P.k. 0+363 → Kv = 6500
- P.k. 0+669 → Kv = -7125
- P.k. 1+000 → Kv = 6500

La glorieta es el denominado Ramal 2 de la Figura 4.1 y tiene un diámetro exterior de 120 metros y la inclinación máxima y mínima de la rasante de 1%.

Los ramales de entrada y salida de la autovía son todos unidireccionales:

- Ramal 3: Conecta el tronco en dirección Alicante y la glorieta. Tiene una longitud de 470,194 metros un radio mínimo de curva circular de 35 metros y una la inclinación mínima y máxima de la rasante es de 1% y 6% respectivamente. El valor mínimo de Kv es de 800 (acuerdo cóncavo).

- Ramal 4: Conecta la glorieta y el tronco en dirección Valencia. Tiene una longitud de 431,35 metros, un radio mínimo de curva circular de 20 metros y una la inclinación mínima y máxima de la rasante es de 1,5% y 3,25% respectivamente. El valor mínimo de Kv es de 1200 (acuerdo cóncavo)
- Ramal 5: Conecta la glorieta con el tronco en dirección Alicante. Tiene una longitud de 434,748 metros, un radio mínimo de curva circular de 20 metros y una la inclinación mínima y máxima de la rasante es de 1% y 6% respectivamente. El valor mínimo de Kv es de 800 (acuerdo cóncavo).
- Ramal 6: Conecta el tronco en dirección Valencia y la glorieta. Tiene una longitud de 404,881 metros, un radio mínimo de curva circular de 35 metros y una la inclinación mínima y máxima de la rasante es de 0,68% y 3% respectivamente. El valor mínimo de Kv es de 800.

Sobre la glorieta se encuentra situado un viaducto de 132 metros de luz, dividido en 6 vanos de 22 metros cada uno.

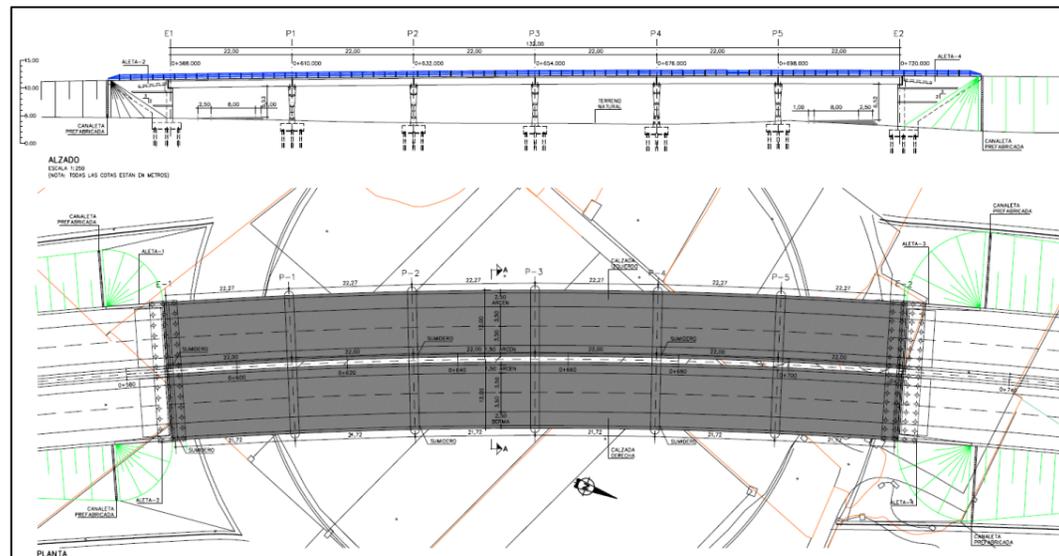


Figura 4.2. Alzado y planta viaducto sobre glorieta de Enlace de Favara
Fuente: Proyecto de construcción original

Las secciones transversales del tronco, de los ramales y de la glorieta de proyecto se indican en la siguiente tabla (Tabla 4.1):

Sección transversal ramales enlace unidireccionales			Sección transversal glorieta (dos carriles)			Sección transversal tronco principal (dos calzadas de dos carriles cada una)		
Carril	4,00	metros	Carril	4,00	metros	Carril	3,50	metros
Arcén interior	1,00	metros	Arcén interior	1,00	metros	Arcén interior	1,50	metros
Arcén exterior	2,50	metros	Arcén exterior	2,50	metros	Arcén exterior	2,50	metros
Berma	0,75	metros	Berma	0,75	metros	Berma	1,00	metros
						Mediana	2,00	metros

Tabla 4.1. Secciones transversales.
Fuente: Proyecto de construcción original

En cuanto al tráfico, los datos de partida son las intensidades medias de tráfico y su distribución recogidos en el proyecto original para el tronco principal y el enlace, los cuales se han actualizado y complementado en el apartado correspondiente.

En la siguiente figura se muestran las distintas intensidades de tráfico recogidas a lo largo de todo el tramo de autovía para el año 2005:

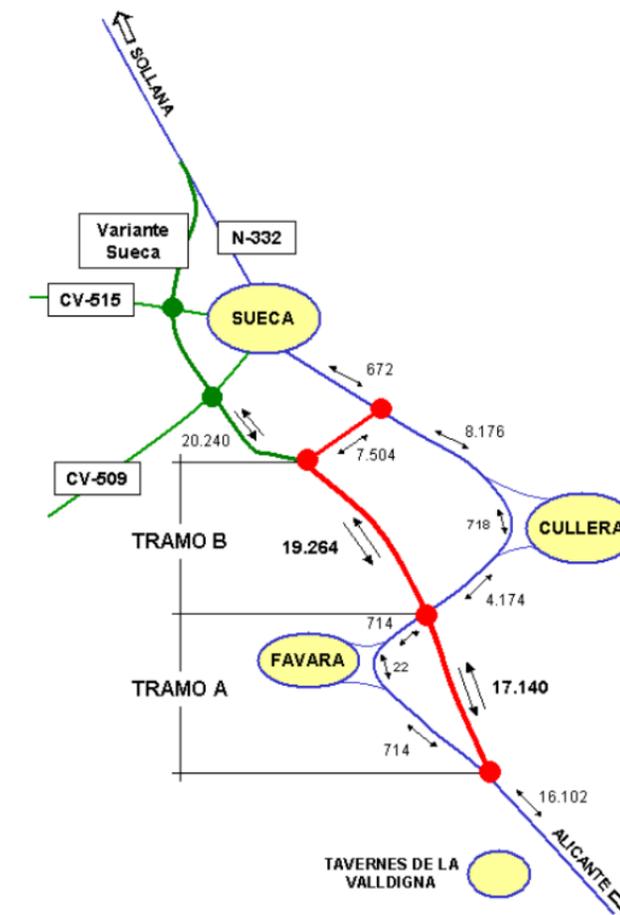


Figura 4.3. Distribución del tráfico en el tramo de autovía
Fuente: Proyecto de construcción original

En la Tabla 5.2 se resume la información en cuanto a intensidades de tráfico en el tronco principal y se incluye la distribución dentro del Enlace de Favara. Los movimientos dentro del enlace de Favara son los siguientes:

- V1: ramal de enlace que proviene de Valencia hacia Favara
- V2: ramal de enlace que proviene de Alicante hacia Favara
- U1: ramal de enlace que proviene de Favara hacia Valencia
- U2: ramal de enlace que proviene de Favara hacia Alicante.

IMD 2005			
TRONCO tramo Sur (Alicante)		16102	
TRONCO tramo A		17140	
TRONCO tramo B		19264	
TRONCO tramo Norte (Sueca)		20240	
ENLACE FAVARA SUR			
FN-FS		22	
Autovía-FS	V1 (Val. a Favara)	357	306
	V2 (Alic. a Favara)		51
FS-Autovía	U1 (Favara a Val.)	357	306
	U2 (Favara a Alic)		51

Tabla 4.2. Distribución del tráfico en el tronco y en los distintos movimientos del Enlace de Favara
Fuente: Proyecto de construcción original

5 SOLUCIONES PROPUESTAS

El enlace de Favara tiene la principal función de conectar desde el Sur a la población de Favara con la autovía proyectada. Se trata estrictamente de un enlace de tres patas, pues contamos con dos patas que suponen la vía principal, que en este caso se trata de la autovía, y la tercera pata es la vía secundaria, que no cruza la principal, y será la carretera N-332 existente en dirección Favara.

De las distintas soluciones propuestas se realizará un análisis multicriterio para la comparación y selección de la más óptima. Para ello se ha escogido un número de propuestas no muy elevado, pues es necesario diseñar cada solución con un alto grado de detalle.

Se ha escogido un número de tres soluciones a analizar, cada una con una tipología de enlace diferente. Los principales condicionantes a tener en cuenta a la hora de seleccionar cada tipo de solución son los siguientes:

- Evitar cruces a nivel
- Permitir todos los movimientos de acceso a la población de Favara.
- No modificar el trazado en planta del tronco principal.
- No invadir el espacio del pozo de riego situado al margen izquierdo de la autovía en dirección Valencia en las coordenadas (735688.691, 4333226.507) y permitir que sea accesible.

Cumpliendo estas exigencias se proponen tres tipologías:

- Glorieta a nivel (Solución 1 y 1b)
- Diamante con pesas (Solución 2)
- Trompa con pesa (Solución 3)

El empleo de la "pesa", es decir, una glorieta, permite evitar las intersecciones y los cruces, y facilitan la fluidez del tráfico.

5.1 Tipologías de enlace propuestas

5.1.1 Glorieta a distinto nivel

En esta tipología de enlace la vía secundaria cuenta con una calzada anular situada a distinto nivel (en este caso a nivel inferior) que la vía principal, la cual no ve interrumpida su continuidad.

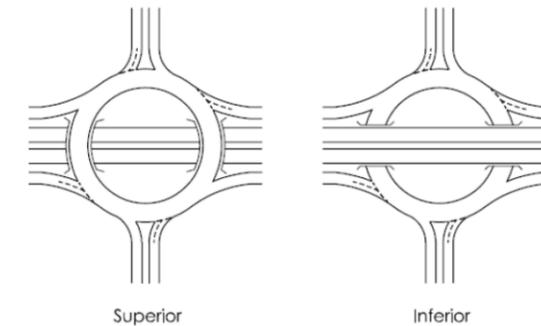


Figura 5.1 Esquema tipología glorieta a distinto nivel
Fuente: Guía de nudos viarios OC 32/2012

Esta solución presenta multitud de bondades, las cuales se comentan a continuación:

- Cuenta con todos los ramales directos, sin necesidad de realizar giros a izquierda y además, la glorieta implica un único ceda el paso por sentido.
- El movimiento de cambio de sentido de la vía principal y la secundaria es sencillo e intuitivo.
- La salida y la entrada del tronco se encuentran separadas por la propia glorieta, por lo que no es necesaria una vía de trenzado, y el tráfico del tronco se ve menos afectado.
- La glorieta de gran diámetro permite la conexión de varios ramales adicionales para accesos y continuidad de caminos.

A pesar de esto también hay algunos inconvenientes con esta configuración:

- Implica la necesidad de dos obras de paso, o en su caso, una obra de paso de gran longitud que cubra toda la calzada angular.
- Si la calzada anular se encuentra a nivel inferior de la vía principal, en la isleta central se encontrarán las pilas o estribos de las obras de paso o de terraplenes, que pueden limitar la visibilidad de los conductores que acceden a la glorieta.
- El gran diámetro de la calzada anular puede propiciar una elevada velocidad de los vehículos en ella, reduciendo la autorregulación propia del mecanismo de una glorieta y favoreciendo los trenzados.
- Ocupación de los cuatro cuadrantes.

5.1.2 Diamante con pesas

Es un tipo de enlace muy frecuente, en el que los giros a la derecha se realizan mediante ramales directos y los giros a la izquierda con ramales semi-directos, los cuales comparten la mayor parte del ramal con los directos de los giros a derecha. Para evitar la aparición de intersecciones en T, se sustituyen por las "pesas", que son dos glorietas conectadas por un tramo de unión de doble sentido, que en el caso de que la intensidad sea elevada, se puede plantear la separación de calzadas.

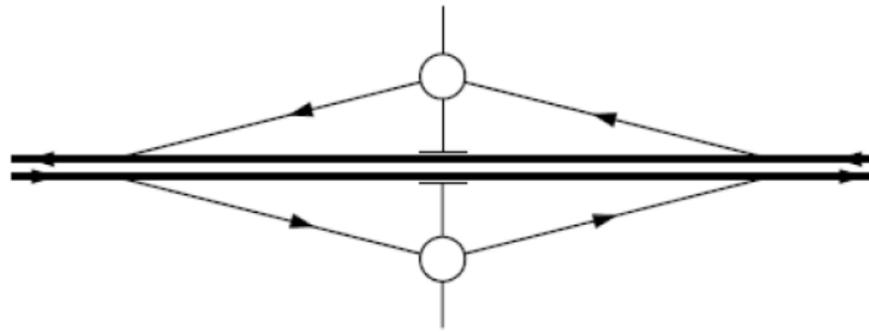


Figura 5.2 Esquema tipología diamante con pesas
Fuente: Guía de nudos viarios OC 32/2012

A continuación se enumeran las principales ventajas de esta tipología de enlace:

- Es de compresión sencilla para los conductores.
- Es un nudo muy seguro, pues combina características de las glorietas y la de los enlaces de diamante.
- Se permite el cambio de sentido en la vía principal y en la secundaria.
- Las glorietas permiten alojar ramales adicionales para accesos y continuidad de caminos.
- Solo es necesaria una obra de paso en la vía principal.

Por otro lado, los inconvenientes que presenta son los siguientes:

- En cambio de sentido o giro a la izquierda presentan dos “ceda el paso” al tener que cruzar las dos glorietas.
- Ocupación de los cuatro cuadrantes.

5.1.3 Trompa con pesa

Combina un ramal semi-directo para uno de los giros a la izquierda y un ramal en lazo para el otro. Es muy útil para la unión entre una autovía o autopista con una carretera que no la cruza. En este caso se emplea una pesa o glorieta que permite los movimientos de cambio de sentido y la conexión de más ramales.

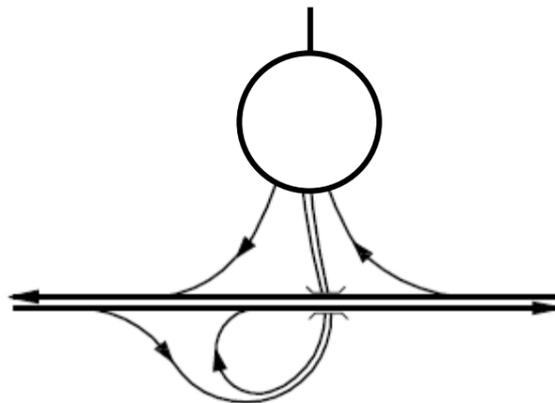


Figura 5.3 Esquema tipología trompa con pesa
Fuente: Guía de nudos viarios OC 32/2012 y elaboración propia

El ramal en lazo puede disponerse de dos maneras, como ramal de incorporación a la vía principal (en la figura 5.3 o como ramal de salida desde la vía principal. En este segundo caso se requiere de una longitud mucho mayor del carril de deceleración.

Los principales puntos positivos de esta tipología de enlace son:

- Solo se requiere una obra de paso.
- Esta tipología, con la glorieta permite el cambio de sentido.
- Tan solo se requiere la detención de los vehículos en un punto (glorieta).

Los inconvenientes correspondientes a esta tipología son:

- En cuanto a la obra de paso, pese a solo requerir de una, ésta deberá tener una anchura mayor para alojar parte del carril de cambio de velocidad de la salida o incorporación.
- Tan solo ocupa 3 cuadrantes.
- El ramal en lazo y el semi-directo, al presentar curvas de radios bastante reducidos presentarán una velocidad específica también mas reducida que en los ramales directos.
- En los ramales en lazo y semi-directo, si no hay presencia de una barrera física que los separe, puede darse lugar la entrada equivocada en sentido contrario de vehículos a la vía principal

5.2 Diseño de las soluciones propuestas

5.2.1 Solución 1 y 1b: Glorieta inferior

Esta es la tipología empleada en el proyecto original. El enlace cuenta con una calzada anular a un nivel inferior al de la vía principal, la cual no ve interrumpida su continuidad.

En esta solución se ha reducido el diámetro exterior de la glorieta de 120 m a 93 m para así no invadir el pozo de riego.

Este enlace cuenta con todos los ramales directos y la glorieta facilita todos los movimientos tanto de cambio de sentido, salida y entrada de la autovía de una forma sencilla e intuitiva.

Para salvar la calzada anular de la glorieta es necesario una obra de paso, en el proyecto original se empleaba un viaducto de 132 metros de luz en 6 vanos. En el caso de esta tipología se presentan dos posibilidades:

Esta es la tipología empleada en el proyecto original. El enlace cuenta con una calzada anular a distinto nivel (en este caso a nivel inferior) que la vía principal, la cual no ve interrumpida su continuidad.

La glorieta cuenta con un diámetro exterior de 93,00 m para así no invadir el pozo de riego y mantener una distancia de resguardo. Este enlace cuenta con todos los ramales directos y la glorieta facilita todos los movimientos tanto de cambio de sentido, salida y entrada de la autovía de una forma sencilla e intuitiva.

Para salvar la calzada anular de la glorieta es necesario una o varias obras de paso. En la **solución 1** se emplea un viaducto de 103 metros de luz en 5 vanos de 20,60 metros, mientras que en la **solución 1b** se han empleado dos viaductos de 20 metros de luz cada uno por los que discurra la calzada anular, y las obras de paso el tronco principal ira sobre terraplén

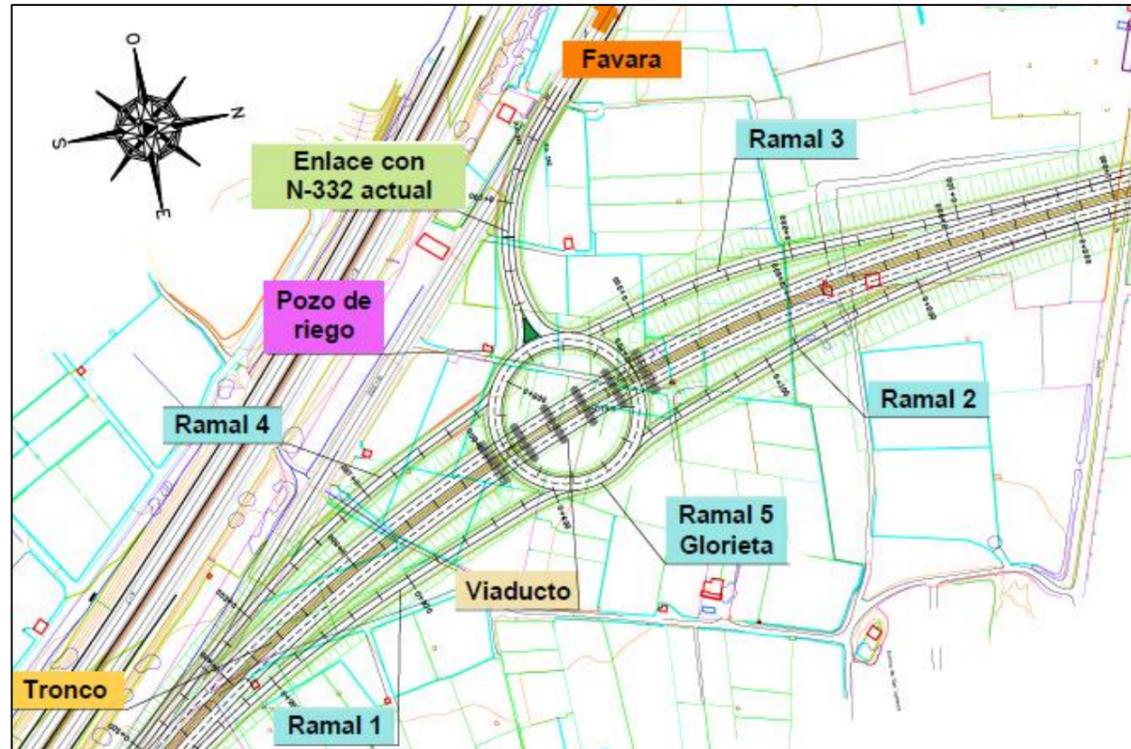


Imagen 5.1: Planta Solución 1

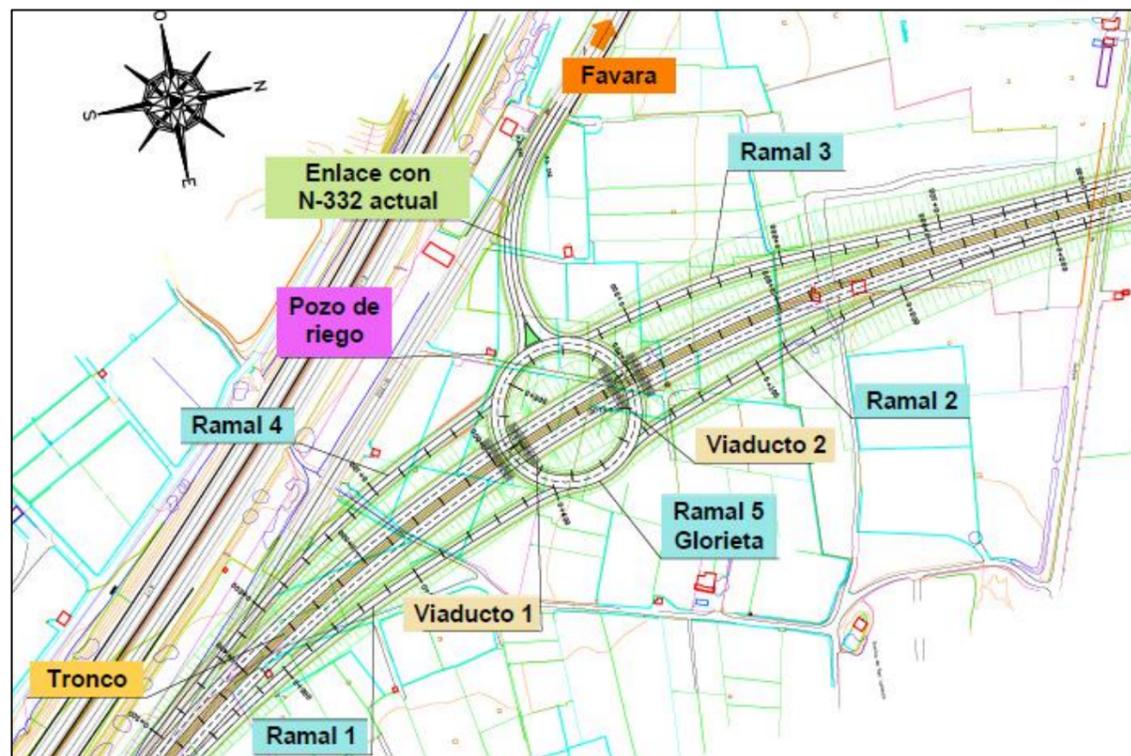


Imagen 5.2: Planta Solución 1b

5.2.2 Solución 2: Diamante con pesas

El enlace cuenta con dos glorietas, una a cada lado del tronco y a distinto nivel. Para conectar estas dos glorietas se encuentra un ramal que pasa bajo el tronco de la autovía mediante un paso inferior, que constará de un viaducto esviado de 16 metros de luz.

El diámetro exterior de las glorietas es de 52 metros. Este enlace cuenta con todos los ramales directos y las glorietas junto al ramal entre ellas facilitan todos los movimientos tanto de cambio de sentido, salida y entrada de la autovía de una forma sencilla e intuitiva.

Para evitar invadir el pozo de riego y otras edificaciones que se encuentran en la zona, se ha tenido que realizar un diseño del diamante con pesas con un esviaje de unos 67° con respecto al tronco.

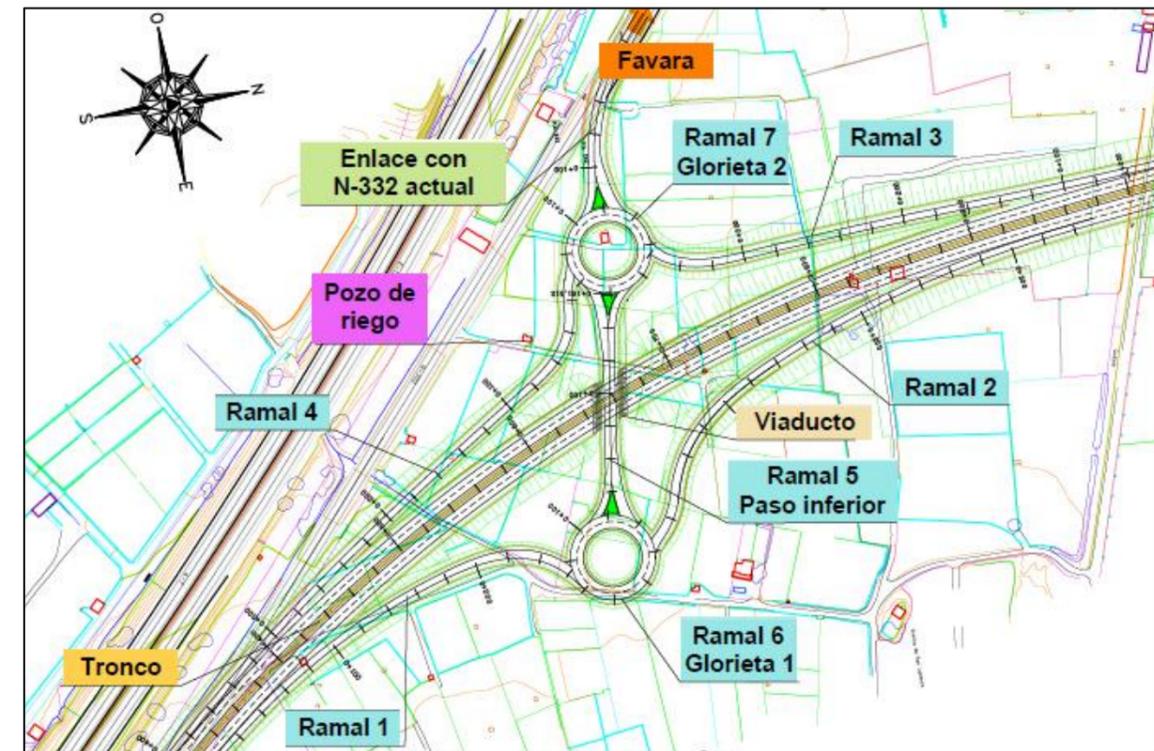


Imagen 5.3: Planta Solución 2

5.2.3 Solución 3: Trompa con pesa.

El enlace cuenta con una glorieta en el lado del tronco más próximo a la localidad de Favara (oeste) y en el otro lado se dispone de un ramal semi-directo y un ramal en lazo de incorporación a la vía principal. Para conectar estos últimos ramales, se requiere de un paso inferior bajo el tronco principal, que constará de un viaducto ligeramente esviado de 16 metros de luz.

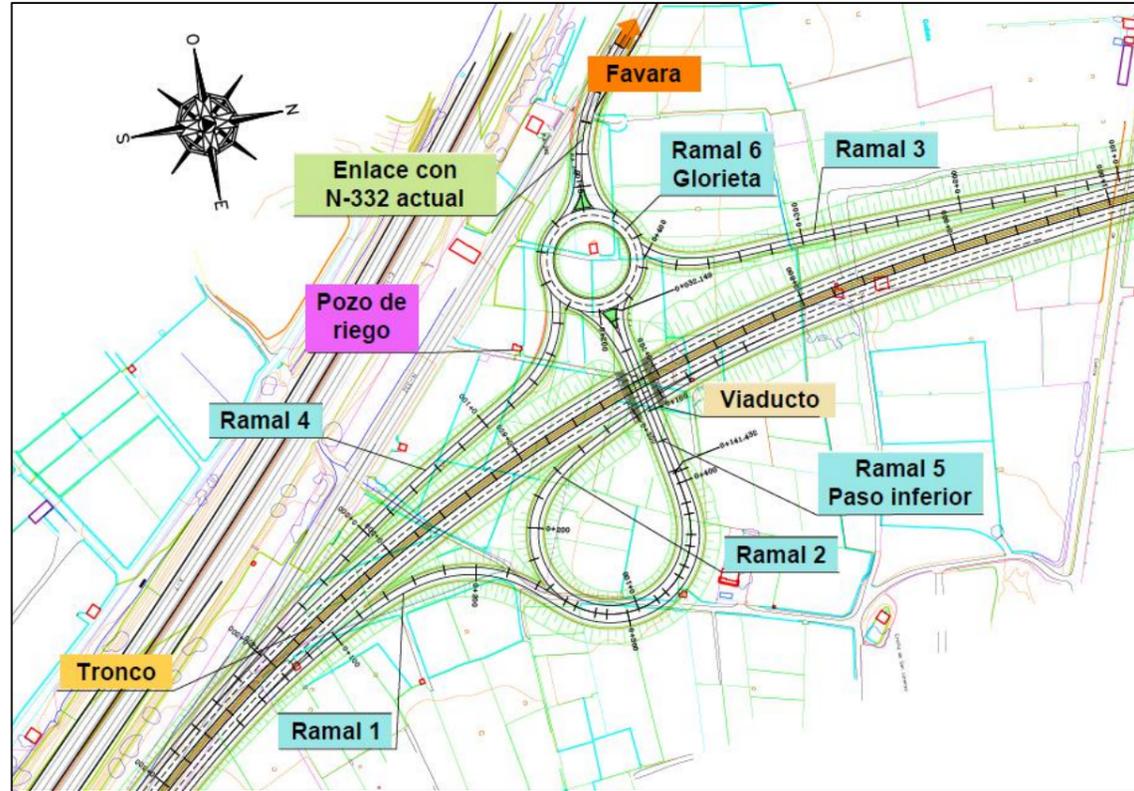


Imagen 5.4: Planta Solución 3

El diámetro exterior de la glorieta es de 64 metros. Este enlace cuenta con dos ramales directos en el lado oeste del tronco. En el lado oeste encontramos un ramal semi-directo (ramal 1) y un ramal en lazo (ramal 2), que conectan mediante un paso inferior el tronco principal con la glorieta. Todos los movimientos, tanto de cambio de sentido, salida y entrada de la autovía se realizan de una forma sencilla. Para limitar la ocupación del lazo, se ha reducido la velocidad de proyecto de los ramales 1 y 2 a 40 km/h, que nos permite emplear un radio mínimo de 50 metros cumpliendo la normativa.

Para evitar invadir el pozo de riego y otras edificaciones que se encuentran en la zona, se ha tenido que dar un esviate del paso inferior con respecto al tronco de unos 92°.

6 TRÁFICO

La base del presente estudio de tráfico es el proyecto de construcción de la carretera “N-332 de Almería a Valencia por Cartagena y Gata. P.K. 242+000 al P.K. 252+000. Variante de Sueca (Tramo II, Variante de Cullera y Favara)” en el que se han obtenido los volúmenes de vehículos y niveles de servicio para la puesta en servicio de la autovía en 2010. Para este estudio se prevé una puesta en servicio en 2020 por lo que se han actualizado los datos del proyecto original (datos de 2005) con los últimos aforos disponibles de hasta el año 2016. Para la distribución del tráfico en el enlace y en tronco principal se han tomado las hipótesis del proyecto de construcción original.

A continuación se resumen los datos considerados, análisis realizados y resultados obtenidos en materia de tráfico, éstos se exponen con detalle en el “Anejo 2: Tráfico”.

Los diferentes movimientos dentro del enlace de Favara son los siguientes:

- V1: ramal de enlace que proviene de Valencia hacia Favara
- V2: ramal de enlace que proviene de Alicante hacia Favara
- U1: ramal de enlace que proviene de Favara hacia Valencia
- U2: ramal de enlace que proviene de Favara hacia Alicante.

Se pueden ver en el siguiente esquema:

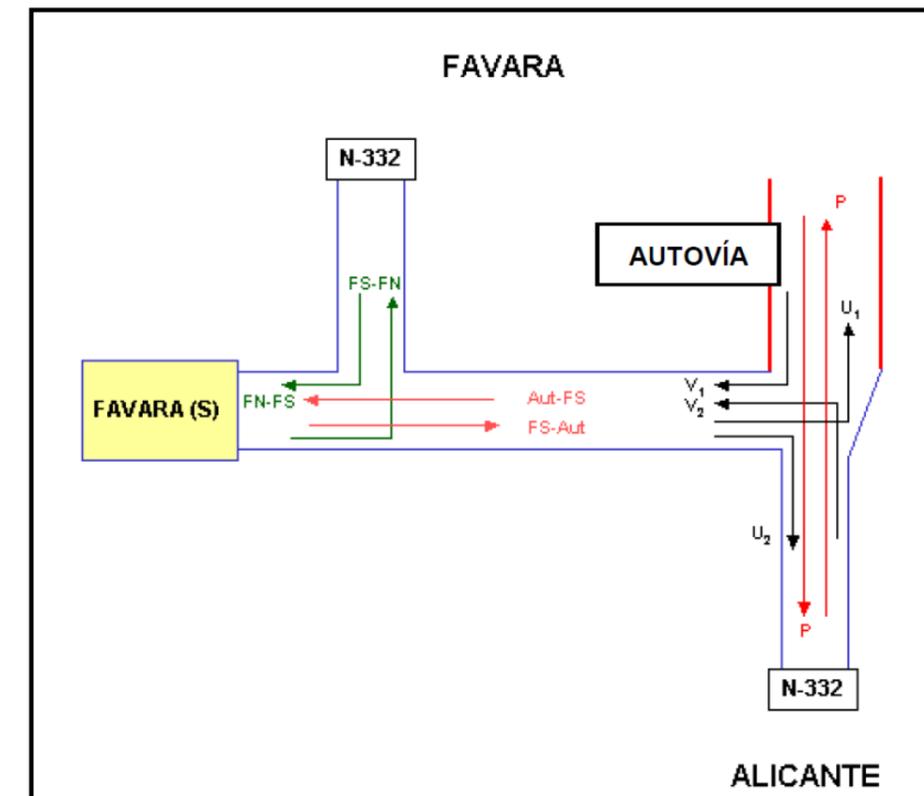


Imagen 6.1: Esquema de movimientos del enlace de Favara
Fuente: Proyecto de Construcción

Se han tomado como datos de partida las IMDs y la distribución del tráfico en el enlace del proyecto original, los cuales se muestran en la figura 4.3 y en la siguiente tabla:

IMD 2005			
TRONCO tramo Sur (Alicante)			16102
TRONCO tramo A			17140
TRONCO tramo B			19264
TRONCO tramo Norte (Sueca)			20240
ENLACE FAVARA SUR			
FN-FS			22
Autovía-FS	V1 (Val. a Favara)	357	306
	V2 (Alic. a Favara)		51
FS-Autovía	U1 (Favara a Val.)	357	306
	U2 (Favara a Alic)		51

Tabla 6.1: resumen tráfico según movimientos en el año 2005
Fuente: Proyecto de Construcción



6.1 Análisis de tráfico para la puesta en servicio

Se han considerado las siguientes estaciones de aforo:

- V-77, ubicada en el p.k. 239+000 de la N-332. Estación de cobertura
- V-321, ubicada en el p.k. 247+000 de la N-332. Estación de cobertura
- V-91, ubicada en el p.k. 252+000 de la N-332. Estación de cobertura
- V-80, ubicada en el p.k. 10+180 de la A-38. Estación primaria

De estas estaciones, se han obtenido los datos de IMD de vehículos ligeros y pesados de los últimos años (hasta 2002 en las estaciones que estaba disponible).

Se han actualizado los datos de IMD al año 2016 y posteriormente se estimará la IMD para el año 2020, año previsto para la puesta en servicio de la autovía.

Se obtiene de la estación más próxima al enlace de Favara (V-77) un porcentaje de pesados en los últimos años de 12,42% y una tasa de crecimiento en los últimos 10 años de 1,76% y en los últimos 5 años de 0,99 % anual. Se consideran los datos de tráfico aplicando además del incremento de tráfico indicado por el ministerio de 1,44%, los incrementos anuales de 2% y 3% para observar el comportamiento del tráfico y quedar del lado de la seguridad. Se incorpora un incremento del 10% por la captación de tráfico de la autopista AP-7 y el tráfico inducido por la entrada en servicio de la nueva infraestructura. Este último se considera de un 10% durante 3 años, del cual el 40% se produce el primer año, lo que se traduce en un incremento de un 4% para 2020.

La siguiente tabla nos muestra las intensidades de tráfico pesado para el año de puesta en servicio 2020 por sentido y la categoría de tráfico correspondiente para el tronco y cada ramal del enlace de Favara:

	IMDp por sentido 2020 %p = 13,19%						Categoría de Tráfico de cada elemento	Categoría de tráfico	
	Incremento anual	1,44%	2,00%	3,00%					
N-332 Alicante	1425	1456	1514				T1	T1	
TRONCO tramo A	1516	1550	1612				T1		
TRONCO tramo B	1704	1742	1812				T1		
TRONCO tramo Norte	1791	1831	1903				T1		
ENLACE FAVARA SUR									
FN-FS	2	2	2				T42	T41	
Autovía-FS	V1 (Val. a Favara)	32	27	32	28	34	29		T41
	V2 (Alic. a Favara)		5		5		5		T42
FS-Autovía	U1 (Favara a Val.)	32	27	32	28	34	29		T41
	U2 (Favara a Alic.)		5		5		5		T42

Tabla 6.2: Categorías de tráfico pesado para el tronco y enlace de Favara en el año de puesta en servicio 2020

En el tronco se obtiene una categoría de T1, siendo el tramo B el que presenta mayor intensidad con 1812 vehículos por sentido, a tan solo unos 200 vehículos de los 2000, para lo que se consideraría una intensidad T0. En el caso del enlace, se obtienen las categorías T41 y T42 en los diferentes ramales,

para homogeneizar el enlace se opta por una categoría T41 en todos los ramales para homogeneizar el paquete de firme.

6.2 Prognosis de tráfico

Se realiza una previsión del tráfico en el tronco de la autovía y en el enlace de Favara. A continuación se muestran las tablas con la prognosis del tráfico para el tronco (final de la traza en N-332, tramo A y tramo B) y para los ramales del enlace de Favara con las diferentes tasas de crecimiento anual consideradas:

	PROGNOSIS DE TRÁFICO CRECIMIENTO ANUAL DE 1,44%					
	N-332 Alicante	TRONCO TRAMO A	TRONCO TRAMO B	FN-FS	V1=U1	V2=U2
2020	21.602	22.994	25.844	30	411	68
2030	26.440	28.144	31.632	36	502	84
2040	30.503	32.470	36.493	42	580	97

	PROGNOSIS DE TRÁFICO CRECIMIENTO ANUAL DE 2%					
	N-332 Alicante	TRONCO TRAMO A	TRONCO TRAMO B	FN-FS	V1=U1	V2=U2
2020	22.083	23.506	26.419	30	420	70
2030	28.558	30.399	34.166	39	543	90
2040	34.812	37.056	41.648	48	662	110

	PROGNOSIS DE TRÁFICO CRECIMIENTO ANUAL DE 3%					
	N-332 Alicante	TRONCO TRAMO A	TRONCO TRAMO B	FN-FS	V1=U1	V2=U2
2020	22.961	24.442	27.470	31	436	73
2030	32.738	34.848	39.166	45	622	104
2040	43.997	46.833	52.636	60	836	139

Tabla 6.7 Prognosis de tráfico para crecimiento del 1,44%, 2% y 3%

6.3 Nivel de servicio en el tronco

Para el cálculo de los niveles de servicio se aplica la metodología del manual de capacidad 2010 del Transportation Research Board (HCM 2010) tal como indica la "Nota de servicio 5/2014 sobre prescripciones y recomendaciones técnicas para la realización de estudios de tráfico de los estudios informativos, anteproyectos y proyectos de carreteras".

Los niveles de servicio obtenidos son:

- Tasa de crecimiento de 1,44%, nivel de servicio B para 2040 con una densidad de 18 veh/mi/carril, justo en el límite con el nivel de servicio C.
- Tasa de crecimiento de 2%, nivel de servicio C para 2040 con una densidad de 21 veh/mi/carril.
- Tasa de crecimiento de 3%, nivel de servicio C para 2040 con una densidad de 26 veh/mi/carril, justo en el límite con el nivel de servicio D.

En cualquiera de los escenarios la autovía cumple el nivel mínimo por la normativa 3.1 IC de trazado para autovías con velocidad de proyecto de 100 km/h, que es un nivel de servicio D



6.4 Nivel de servicio en ramales de enlace

Para el cálculo de los niveles de servicio en los ramales, de nuevo se aplica la metodología del manual de capacidad 2010 del Transportation Research Board (HCM 2010) tal como indica la "Nota de servicio 5/2014 sobre prescripciones y recomendaciones técnicas para la realización de estudios de tráfico de los estudios informativos, anteproyectos y proyectos de carreteras".

Para todos los ramales se obtienen niveles de servicio aceptables en todos los casos. En el caso más desfavorable se obtiene al menos un nivel de servicio D para el año 2040 con una tasa de crecimiento del 3% y considerando una longitud del ramal de enlace de 100 metros (muy por debajo de la realmente empleada). Siendo el nivel de servicio E el mínimo permitido por la normativa.

7 TRAZADO GEOMÉTRICO

El trazado geométrico de las soluciones planteadas tienen en común distintos aspectos, como es el diseño del tronco principal de la autovía. Por un lado se ha mantenido la geometría en planta del proyecto original, mientras que en la geometría en alzado se ha modificado la rasante dependiendo de la solución analizada para minimizar el movimiento de tierras y para garantizar la altura libre en los pasos inferiores. Otro punto en común entre las distintas soluciones es la adaptación del trazado de los distintos ramales de enlace para no invadir el pozo de riego. Todos esto se resume a continuación y se detalla en el "Anejo 3: Trazado Geométrico".

Del tronco de proyecto se ha tomado una longitud total de 1.340,482 metros. El p.k. 0+000 de la variante de Sueca comienza su trazado en la actual N-332 en su p.k. 242+000, continúa con una serie de curvas y curvas de acuerdo a derechas en el sentido de avance de p.k. en dirección norte y finaliza en el p.k. 1+340,48. En la siguiente tabla se encuentra el listado de alineaciones en planta del tronco:

Estación	Longitud	Coord. X	Coord. Y	Acimut	Radio	Parám.	X Centro	Y Centro
0+000,000	0,000	736.134,584	4.332.758,835	346,4583	Infinito			
0+122,041	122,041	736.043,623	4.332.840,199	346,4583	Infinito			
0+234,266	112,225	735.961,404	4.332.916,559	350,0305	1.000,000	335,000	736.668,850	4.333.623,327
0+856,314	622,048	735.682,084	4.333.461,175	389,6313	1.000,000		736.668,850	4.333.623,327
0+940,482	84,169	735.671,065	4.333.544,610	392,9803	4.000,000	335,000	739.646,773	4.333.984,777
1+340,482	400,000	735.646,983	4.333.943,717	399,3465	4.000,000		739.646,773	4.333.984,777
1+340,482	0,000	735.646,983	4.333.943,717	399,3465	Infinito			

Tabla 7.1: Listado de alineaciones en planta del tronco

Con respecto al trazado en alzado, viene condicionado por el entronque con la N-332 en el p.k. 0+000 y la cota de inundación del río Júcar para una avenida de 500 años de periodo de retorno. En cada una de las tres soluciones diseñadas se ha tratado de ajustar en la medida de lo posible la rasante del tronco para garantizar el gálibo mínimo o altura libre requerida en la normativa, de 5,30 metros de altura. De esta forma se optimiza el movimiento de tierras requerido en cada una de las soluciones. En las siguientes tablas se pueden observar los listados de alineaciones en alzado de cada una de las soluciones:

Ver.	Estación	Cota	Pente.(%)	Long.(L)	Radio(kv)	Flecha
1	0+000,000	5,270•				
2	0+081,536	3,549•	-2,1107	131,181	5.000,000•	0,430
3	0+304,754	4,694•	0,5129	167,417	6.500,000•	0,539
4	0+621,103	14,465•	3,0886	370,812	-7.125,000•	-2,412
5	1+000,744	6,432•	-2,1158	170,017	6.500,000•	0,556
6	1+514,718	9,001•	0,4998	179,956	-18.000,000•	-0,225

Tabla 7.2: Listado de alineaciones en alzado del tronco en la Solución 1

Ver.	Estación	Cota	Pente.(%)	Long.(L)	Radio(kv)	Flecha
1	0+000,000	5,270•				
2	0+081,536	3,549•	-2,1107	137,031	5.000,000•	0,469
3	0+363,171	5,323•	0,6299	145,882	6.500,000•	0,409
4	0+637,227	13,200•	2,8742	337,443	-7.125,000•	-1,998
5	1+000,744	6,432•	-1,8618	153,507	6.500,000•	0,453
6	1+514,721	9,001•	0,4998	179,955	-18.000,000•	-0,225

Tabla 7.3: Listado de alineaciones en alzado del tronco en la Solución 2

Ver.	Estación	Cota	Pente.(%)	Long.(L)	Radio(kv)	Flecha
1	0+000,000	5,270•				
2	0+081,536	3,549•	-2,1107	137,031	5.000,000•	0,469
3	0+363,171	5,323•	0,6299	124,989	6.500,000•	0,300
4	0+695,237	13,800•	2,5528	352,482	-7.100,000•	-2,187
5	1+000,744	6,432•	-2,4117	189,251	6.500,000•	0,689
6	1+514,718	9,001	0,4998•	179,956	-18.000,000•	-0,225

Tabla 7.4: Listado de alineaciones en alzado del tronco en la Solución 3

En cada solución se aprecian ligeras diferencias en cuanto a los vértices 3 y 4 que han permitido ajustar la rasante. En la siguiente tabla se indican las alturas libres mínimas en cada una de las soluciones así como el punto en el que se sitúa esta limitación:

Alturas libres									
	Diferencia entre rasantes	Canto viaducto	Altura libre	Paso superior	p.k.	Punto	Paso inferior	p.k.	Punto
Solución 1 y 1b	6,838	1,49	5,348	Tronco	0+618,503	Arcén derecho	Ramal 5	0+012,48	Arcén interior
Solución 2	6,841	1,29	5,551	Tronco	0+650,257	Arcén derecho	Ramal 5	0+082,384	Eje
Solución 3	6,804	1,29	5,514	Ramal 2	0+308,915	Arcén derecho	Ramal 5	0+100,636	Eje

Con respecto a las secciones transversales, se han definido diferentes secciones trasversales, para el tronco y los distintos tipos de ramales. Ya que nos encontramos con una infraestructura de nueva construcción, se han escogido los anchos mayores permitidos por la normativa en cada uno de los elementos de la sección transversal para cada tipo de vía. En las siguientes tablas se resumen sus anchos, los demás parámetros quedan definidos en los planos de este trabajo:

Sección transversal tronco principal (dos calzadas de dos carriles cada una)	
Mediana (m)	2,00
Arcén interior (m)	1,50
Nº Carriles por sentido	2
Carril (m)	3,50
Arcén exterior (m)	2,50
Pendiente transversal (%)	bombeo 2% / peralte
Berma (m)	1,00
Pendiente transversal Berma (%)	peralte (min 4%)



Sección transversal ramales enlace bidireccionales (dos carriles)	
Nº Carriles por sentido	1
Carril (m)	3,50
Arcén exterior (m)	2,50
Pendiente transversal (%)	bombeo 2% / peralte
Berma (m)	1,00
Pendiente transversal Berma (%)	peralte (min 4%)

Sección transversal ramales enlace unidireccionales (Vp=60km/h)	
Arcén interior (m)	1,50
Nº Carriles por sentido	1
Carril (m)	4,00
Arcén exterior (m)	2,50
Pendiente transversal (%)	bombeo 2% / peralte
Berma (m)	1,00
Pendiente transversal Berma (%)	peralte (min 4%)

Sección transversal ramales enlace unidireccionales (Vp=40km/h)	
Arcén interior (m)	1,00
Nº Carriles por sentido	1
Carril (m)	4,00
Arcén exterior (m)	2,50
Pendiente transversal (%)	bombeo 2% / peralte
Berma (m)	1,00
Pendiente transversal Berma (%)	peralte (min 4%)

Sección transversal glorieta (dos carriles)	
Arcén interior (m)	0,50
Nº Carriles por sentido	2
Carril (m)	4,00
Arcén exterior (m)	1,50
Pendiente transversal (%)	peralte
Berma (m)	1,00
Pendiente transversal Berma (%)	peralte (min 4%)

Tabla 7.3: Características de las secciones transversales

En cuanto a los enlaces, se han escogido tres tipologías diferentes en las que todos los movimientos principales de acceso y salida del tronco principal se realizan sin la presencia de cruces a nivel. Todos estos movimientos se realizarán de una forma segura con el empleo de una o dos glorietas y al menos una obra de paso bajo la vía principal (tronco de la autovía).

Las soluciones planteadas para el enlace son las siguientes:

7.1 Solución 1 y 1b. Glorieta inferior

Esta es la tipología empleada en el proyecto original. El enlace cuenta con una calzada anular a distinto nivel (en este caso a nivel inferior) que la vía principal, la cual no ve interrumpida su continuidad.

En esta solución se ha reducido el diámetro exterior de la glorieta de 120,00 m a 93,00 m para así no invadir el pozo de riego y mantener una distancia de resguardo.

Este enlace cuenta con todos los ramales directos y la glorieta facilita todos los movimientos tanto de cambio de sentido, salida y entrada de la autovía de una forma sencilla e intuitiva.

Para que el tronco pase sobre la calzada anular de la glorieta es necesario una o varias obras de paso, en el proyecto original se empleaba un viaducto de 132 metros de luz en 6 vanos. En este trabajo se han planteado dos posibilidades:

- Solución 1: viaducto de 103 metros de luz en 5 vanos de 20,60 metros.
- Solución 1b: dos viaductos de 20 metros de luz cada uno por los que discurra la calzada anular, y entre las obras de paso el tronco principal ira sobre terraplén.

En cuanto al trazado en planta y alzado, no hay diferencias entre la solución 1 y 1b. Se han diseñado 5 ramales de enlace:

Solución 1 y 1b. Glorieta inferior Características Ramales de enlace						
	Tipo	Vp (km/h)	Longitud (m)	R mínimo (m)	Inclinación máx	Kv mín
Ramal 1	Unidireccional	60	413,81	45	4,46%	950 (convexo)
Ramal 2	Unidireccional	60	331,98	50	4,49%	900 (convexo)
Ramal 3	Unidireccional	60	339,35	20	4,48%	760 (cóncavo)
Ramal 4	Unidireccional	60	388,04	20	4,50%	800 (cóncavo)
Ramal 5	Glorieta	40	241,90	38,50	1,00%	4000

Tabla 7.4: Resumen características ramales de enlace Solución 1 y 1b

7.2 Solución 2. Diamante con pesas

El enlace cuenta con dos glorietas, una a cada lado del tronco y a distinto nivel. Para conectar estas dos glorietas se encuentra un ramal que pasa bajo el tronco de la autovía mediante un paso inferior, que constará de un viaducto esviado de 16 metros de luz.

El diámetro exterior de las glorietas es de 52 metros, pues es el diámetro mínimo para contar con un ancho de carriles de 8 metros (4+4).

Este enlace cuenta con todos los ramales directos y las glorietas junto al ramal entre ellas facilitan todos los movimientos tanto de cambio de sentido, salida y entrada de la autovía de una forma sencilla e intuitiva.

Para evitar invadir el pozo de riego y otras edificaciones que se encuentran en la zona, se ha tenido que realizar un diseño del diamante con pesas con un esviaje de unos 67º con respecto al tronco.

En cuanto al trazado en planta y alzado, se han diseñado 7 ramales de enlace:



Solución 2. Diamante con pesas						
Características Ramales de enlace						
	Tipo	Vp (km/h)	Longitud (m)	R mínimo (m)	Inclinación máx	Kv mín
Ramal 1	Unidireccional	60	266,03	50	3,54%	1.720 (convexo)
Ramal 2	Unidireccional	60	352,01	50	4,51%	1.160 (cóncavo)
Ramal 3	Unidireccional	60	365,38	40	4,41%	800 (cóncavo)
Ramal 4	Unidireccional	60	475,67	40	4,48%	850 (cóncavo)
Ramal 5	Bidireccional	40	161,51	Recta	2,00%	1.993 (cóncavo)
Ramal 6	Glorieta	40	163,36	26	1,00%	4084
Ramal 7	Glorieta	40	163,36	26,00	1,00%	4084

Tabla 7.5: Resumen características ramales de enlace Solución 2

7.3 Solución 3. Trompa con pesa

El enlace cuenta con una glorieta en el lado del tronco más próximo a la localidad de Favara (oeste) y en el otro lado se dispone de un ramal semi-directo y un ramal en lazo de incorporación a la vía principal. Para conectar estos últimos ramales, se requiere de un paso inferior bajo el tronco principal, que constará de un viaducto de 16 metros de luz.

El diámetro exterior de la glorieta es de 64 metros.

Este enlace cuenta con dos ramales directos en el lado oeste del tronco. En el lado oeste encontramos un ramal semi-directo (ramal 1) y un ramal en lazo (ramal 2), que conectan mediante un paso inferior el tronco principal y la glorieta. Todos los movimientos, tanto de cambio de sentido, salida y entrada de la autovía se realizan de una forma sencilla. Para limitar la ocupación del lazo, se ha reducido la velocidad de proyecto de los ramales 1 y 2 a 40 km/h, que nos permite emplear un radio mínimo de 50 metros cumpliendo la normativa.

Para evitar invadir el pozo de riego y otras edificaciones que se encuentran en la zona, se ha tenido que dar un esviaje del paso inferior con respecto al tronco de unos 92º.

En cuanto al trazado en planta y alzado, se han diseñado 7 ramales de enlace:

Solución 3. Trompa con pesa						
Características Ramales de enlace						
	Tipo	Vp (km/h)	Longitud (m)	R mínimo (m)	Inclinación máx	Kv mín
Ramal 1	Unidireccional	40	407,10	50	4,22%	1.198 (convexo)
Ramal 2	Unidireccional	40	395,06	50	3,46%	5.609 (cóncavo)
Ramal 3	Unidireccional	60	412,52	50	4,16%	1.400 (convexo)
Ramal 4	Unidireccional	60	400,00	65	3,52%	760 (cóncavo)
Ramal 5	Bidireccional	40	141,43	Recta	2,00%	1.000 (cóncavo)
Ramal 6	Glorieta	40	201,06	32,00	1,00%	4000

Tabla 7.6: Resumen características ramales de enlace Solución 3

7.4 Estudio de visibilidad

Se ha realizado un estudio de visibilidad de parada para las tres soluciones del enlace con el objetivo de verificar la viabilidad tanto del tronco como de los ramales de enlace diseñados. En él se comprueba que se cumple en todo momento con una distancia de visibilidad superior a la de parada. Este estudio se encuentra en el "Anejo 3: Trazado geométrico".

8 FIRMES Y PAVIMENTOS

Se ha determinado el paquete de firmes más adecuado tanto para el tronco de la autovía como para el Enlace de Favara. Para ello, se ha seguido lo especificado en la normativa 6.1 – IC "Secciones de firme" de la instrucción de carreteras. A continuación se resumen las consideraciones tenidas en cuenta y los resultados obtenidos, que se explican con detalle en el "Anejo 4: Firmes y pavimentos".

Las categorías de tráfico consideradas son:

- Tronco principal: categoría T0
- Ramales de enlace de Enlace de Favara: categoría T41

Contaremos con la categoría de explanada E3 en el tronco y ramales, constituida por 25 cm de suelo estabilizado S-EST3 sobre al menos 1 metro de pedraplén. Esto conlleva en las zonas en desmonte de que se realice un saneo de 1 metro y se ejecute pedraplén de 1 metro de espesor.

8.1 Elección de mezcla bituminosa a emplear en el tronco principal

Para el tronco principal, la mezcla bituminosa seleccionada en proyecto cuenta con una rodadura de 4 cm de espesor de mezcla bituminosa drenante PA-11 (en la anterior denominación PA-12), sobre una capa intermedia de 6 cm de AC 22 bin D (en la anterior denominación D-20) y una capa base de 10 cm AC 32 base G (en la anterior denominación G-25). La única posibilidad de modificación según la normativa de firmes Norma 6.1 IC "Secciones de firmes" para una categoría de tráfico T0 podría ser el empleo de una mezcla bituminosa en caliente discontinua, pero se ha considerado más adecuada la drenante por su alta porosidad que permite un buen drenaje (dada la torrencialidad de la zona), reducción de la contaminación acústica e idoneidad para rodaduras de autovía. La sección a emplear se muestra en la siguiente tabla.

SECCIÓN: 032		Tipo. Denominación anterior	Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)	
MB	Capa Rodadura	PA-12	PA-11	4	20
	Riego adherencia	ECR-1-m	C60BP3 ADH	-	
	Capa intermedia	D-20	AC22 bin D	6	
	Riego de adherencia	ECR-1	C60B3 ADH	-	
	Capa base	G-25	AC32 base G	10	
SC	Riego de adherencia	ECR-1	C60B3 ADH	-	25
	Riego de curado	ECR-1	C60B3 CUR	-	
	Suelo cemento	SC	SC	25	
	Riego de curado	ECR-1	C60B3 CUR	-	

Tabla 8.1: Paquete de firme para el tronco



SECCIÓN: 032 Arcén > 1,25		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)	
MB	Capa Rodadura	PA-11	4	10
	Riego adherencia	C60BP3 ADH	-	
	Capa intermedia	AC22 bin D	6	
SC	Riego de adherencia	C60B3 ADH	-	20
	Riego de curado	C60B3 CUR	-	
	Suelo cemento	SC	20	
ZA	Zahorra artificial	ZA	15	15

Tabla 8.2: Paquete de firme para Arcén > 1,25 m en el tronco

8.2 Elección de mezcla bituminosa a empelar en el Enlace de Favara.

En cuanto al firme para los ramales de enlace en el Enlace de Favara, se ha realizado un estudio entre la sección de firme del proyecto original y se han propuesto tres secciones más con mezclas bituminosas de tipo hormigón bituminoso, que se puede encontrar en el "Anejo 4: Firmes y pavimentos".

- Propuesta 0 (de proyecto): rodadura de 3cm de espesor de BBTM 11B (en la anterior denominación M10) y capa intermedia de 7 cm de espesor AC 22 bin S (en la anterior denominación S-20).
- Propuesta 1: rodadura de 5cm de espesor de AC 16 surf S (en la anterior denominación S-12) y capa intermedia de 5 cm de espesor AC 22 bin S (en la anterior denominación S-20).
- Propuesta 2: rodadura de 5cm de espesor de AC 16 surf D (en la anterior denominación S-12) y capa intermedia de 5 cm de espesor AC 22 bin S (en la anterior denominación S-20).
- Propuesta 3: rodadura de 5cm de espesor de AC 16 surf S (en la anterior denominación S-12) y capa intermedia de 5 cm de espesor AC 22 bin D (en la anterior denominación S-20).

Tras el análisis realizado, que se encuentra en el anejo correspondiente, debido a su mayor resistencia a deformaciones y frente a patologías, por su economía y porque no se requiere un firme drenante para ramales con pendientes transversales y longitudinales pronunciadas, se opta por el empleo de la propuesta 3, con la mezcla **AC 16 surf S** para la rodadura y la mezcla **AC 16 bin D** como capa intermedia en los ramales de enlace y glorietas del Enlace de Favara.

SECCIÓN: 4131		Tipo. Denominación anterior	Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)	
MB	Capa Rodadura	S-12	AC 16 surf S	5	10
	Riego adherencia	ECR-1	C60B3 ADH	-	
	Capa intermedia	S-20	AC22 bin D	5	
ZA	Riego de imprimación	ECI	C60BF4 IMP	-	20
	Zahorra artificial	ZA	ZA	20	

Tabla 8.3: Paquete de firme para ramales Enlace de Favara

SECCIÓN: 4131 Arcén > 1,25		Tipo. Denominación actual	Espesor (cm)	
MB	Capa Rodadura	AC 16 surf S	5	5
	Riego de imprimación	C60BF4 IMP	-	
ZA	Zahorra artificial	ZA	25	25

Tabla 8.4: Paquete de firme para Arcén > 1,25 m en ramales Enlace de Favara.

9 ESTUDIO DE SOLUCIONES

Para el estudio de soluciones se ha decidido emplear el proceso analítico jerárquico (AHP). Es una metodología de análisis multicriterio desarrollada a finales de la década de los años 70 por el doctor en matemáticas Thomas L. Saaty. Actualmente es un método ampliamente aplicado en múltiples ámbitos donde es necesario tomar decisiones de cierta complejidad. Es muy útil a la hora de abordar situaciones con escasa información cuantitativa, o con combinación de información cualitativa y cuantitativa.

Esta técnica de análisis multicriterio es muy flexible y de uso no muy complejo. Permite analizar varias alternativas de una forma objetiva, pues cuenta con dos niveles de comparación, en primer lugar se evalúan entre sí los diferentes criterios tenidos en cuenta, y posteriormente cada alternativa o solución se compara con las demás en base a cada uno de los criterios.

En el "Anejo 5: Estudio de Soluciones" se detalla la metodología empleada, las mediciones o valores tenidos en cuenta y los resultados del análisis multicriterio. A continuación se resumen los aspectos más importantes.

9.1 Metodología

El desarrollo del método se realiza en cuatro etapas:

1ª ETAPA: Modelización

El objetivo es seleccionar de entre las soluciones propuestas, la más interesante o conveniente en base a unos criterios bien definidos. Se presentará un esquema jerárquico con las diferentes soluciones y los criterios, que pueden ser múltiples y estar a su vez compuestos por otros subcriterios:

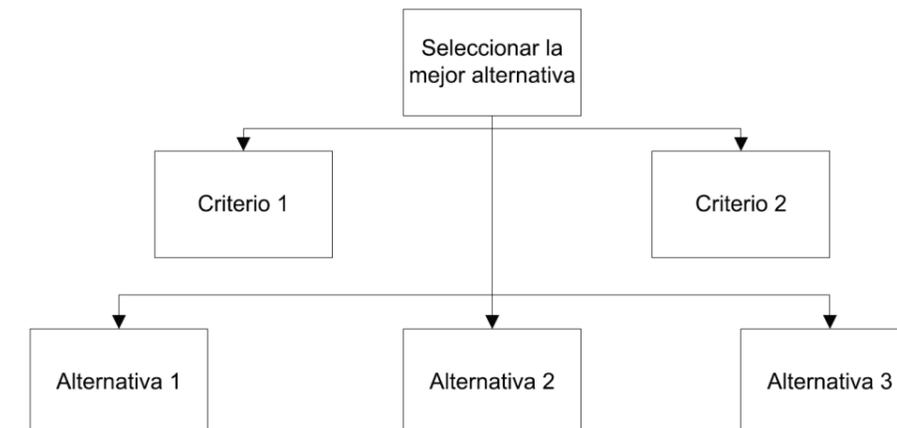


Figura 9.1: Ejemplo esquema jerárquico (Aznar, J & Guijarro, F. 2012)



2ª ETAPA: Valoración

Una vez diseñadas las posibles soluciones y definidos los criterios, se debe proceder a ordenar y ponderar cada uno de los criterios. El procedimiento a seguir es la comparación por pares cuantificadas mediante una escala fundamental, propuesta por el autor del método Thomas L. Saaty. Se planteará entonces una matriz $n \times n$ (siendo n el número de criterios), que denominaremos matriz pareada de criterios.

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B esta fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	
Recíprocos de lo anterior	Si el criterio A es de importancia grande frente al criterio B las notaciones serían las siguientes. Criterio A frente a criterio B 5/1 Criterio B frente a criterio A 1/5	

Tabla 9.1: Escala fundamental de comparación por pares (Saaty, 1980)

Conocida la matriz pareada de los criterios se pasa a continuación a comparar las distintas alternativas en función de cada criterio. Para ello se comparan todas las alternativas en función de cada criterio, obtendremos así n matrices de comparación pareadas. Las matrices obtenidas serán cuadradas $A_{n \times n}$ y deberán cumplir las siguientes propiedades: reciprocidad, homogeneidad y consistencia.

3ª ETAPA: Priorización y síntesis

De la matriz de criterios con dimensión $n \times n$ se obtiene el vector propio, que nos indica la ponderación de cada criterio. A su vez, se obtienen los vectores propios de las n matrices de comparación de alternativas en función de cada criterio. De esta manera se obtienen dos matrices de vectores propios, una matriz columna $n \times 1$ con la ponderación de los criterios y otra matriz $m \times n$ de las ponderaciones de las alternativas para cada criterio (siendo m el número de alternativas). El producto de la segunda matriz por la primera dará una matriz columna $m \times 1$ que indica la ponderación de las soluciones o alternativas en función de todos los criterios y del peso o importancia de estos, y que por lo tanto nos indicará cuál de las soluciones es la más interesante.

4ª ETAPA: Análisis de consistencia

Una consideración a tener en cuenta que afecta a la decisión final será la consistencia de los juicios realizados a la hora de rellenar las matrices pareadas. Esto se debe a que se realizan en ocasiones juicios personales, que pueden derivar en una cierta inconsistencia en las matrices. Esta subjetividad se intenta hacer lo más objetiva posible en el procedimiento de comparación de matrices pareadas ya que los distintos elementos de la matriz se comparan sucesivas veces para formar la matriz.

Para evaluar el grado de inconsistencia presente en las comparaciones se emplea el Ratio de Consistencia (CR), el cual deberá encontrarse dentro de unos límites para considerar las matrices pareadas válidas, como se muestra en la siguiente tabla:

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de Consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

Tabla 9.2: Límites de consistencia (Saaty, 1980)

9.2 Criterios propuestos

9.2.1 Criterio económico

Se ha de tener en cuenta a la hora de seleccionar una solución definitiva el coste económico que supone cada una de las soluciones propuestas. Para realizar la valoración económica finalmente se han valorado tres aspectos generales, estos son: movimiento de tierras, firmes y estructuras.

A continuación se describen los capítulos principales que se han tenido en cuenta, indicando en cada caso las unidades de obra valoradas:

9.2.1.1 Movimiento de tierras

El movimiento de tierras suele suponer en infraestructuras de carreteras un porcentaje bastante significativo del presupuesto total. En el proyecto del tramo de autovía de unos 8 kilómetros donde se ubica el enlace de Favara representa casi un 30% del presupuesto de ejecución material, esto se debe a que nos encontramos en la llanura de inundación del río Júcar en la mayor parte del tramo y la rasante ha de mantenerse elevada transcurriendo en terraplén.

Se han diseñado las distintas soluciones con suficiente detalle y se han podido obtener la medición aproximada de las siguientes unidades de obra:

- Excavación de tierra vegetal
- Excavación de explanación
- Pedraplén terraplén
- Coronación de terraplén
- Suelo estabilizado S-EST3
- Suelo adecuado para bermas

Se han obtenido los volúmenes de material para todos los ramales de enlace de cada solución propuesta. En el caso del tronco, la rasante de cada solución es diferente, ya que se ha adaptado en cada caso para



cuanto a movimiento de tierras es desde el p.k. 0+000 al 1+340, que cubre totalmente los distintos ramales y cuñas de cambio de velocidad en las distintas soluciones del enlace.

9.2.1.2 Firme

El firme también constituye un porcentaje importante en la valoración económica de una carretera. Las diferentes unidades de obra valoradas son las siguientes:

- PA 11 (capa de rodadura en tronco)
- AC 16 Surf S (capa de rodadura en ramales)
- AC 22 Bin D (capa intermedia en tronco y ramales)
- AC 32 Base G (capa base en tronco)
- Suelo-cemento
- Zahorra artificial
- Riego de adherencia
- Riego de adherencia con polímeros modificados
- Riego de imprimación
- Riego de curado
- Betún para mezclas bituminosas
- Cemento como filler de aportación para mezclas bituminosas.

Se ha estimado el coste de todas las capas del firme así como de los distintos riegos tanto en los ramales de enlace como en el tronco principal. De igual forma que para el movimiento de tierras el ámbito del tronco principal ha sido del p.k. 0+000 al 1+340, incluyendo el firme sobre las estructuras según cada solución.

9.2.1.3 Estructuras

La estructura o estructuras necesarias en cada una de las soluciones también representan un coste muy importante. Se han valorado las siguientes unidades de obra principales:

- Pilote in situ de 1 m de diámetro
- Hormigón HA-30
- Acero corrugado B 500 SD
- Viga doble T de 1,20 m de canto
- Viga doble T de 1,00 m de canto
- Prelosa no colaborante de 0,06 m.

Se han considerado estas unidades de obra principalmente ya que representan la mayor parte del presupuesto en estructuras de las características previstas.

9.2.2 Criterio funcional

La valoración de la funcionalidad en cada una de las soluciones es un aspecto importante a la hora de decantarse por una u otra. En este sentido, se ha tratado de valorar de la manera más objetiva posible diferentes indicadores.

9.2.2.1 Tiempo de recorrido

El tiempo de recorrido de los distintos itinerarios a realizar en el enlace para cada una de las soluciones es un factor muy a tener en cuenta. Los itinerarios con mayor volumen de tráfico, que son:

- Salida a Favara 1 (De dirección Valencia a Favara)
- Salida de Favara 1 (De Favara a dirección Valencia)

En conclusión, se ha considerado la suma del tiempo de recorrido para estos dos itinerarios en cada una de las soluciones.

9.2.2.2 Distancia de visibilidad adicional

Este criterio se refiere la diferencia entre la distancia de visibilidad en cada punto de los ramales, con respecto a la distancia de parada estrictamente requerida en ese punto considerando la geometría, pendiente y velocidad de proyecto en cada ramal. Se trata de la distancia de visibilidad que excede la distancia de parada que encuentran los conductores mientras recorren los ramales de cada solución de enlace (concíbase como un “resguardo” de distancia de visibilidad). Este criterio se encuentra directamente relacionado con los principales parámetros del trazado geométrico de cada solución, como son los radios de las curvas y los parámetros de los acuerdos verticales (Kv). Radios o parámetros de acuerdo vertical (Kv) muy bajos suponen que la visibilidad se encuentra limitada en gran parte por la geometría del trazado, pues a mayor “distancia de visibilidad adicional” supondrá unas características geométricas más “suaves” y por lo tanto más funcionales.

Se han analizado todos los ramales de las distintas soluciones en el estudio de visibilidad se han obtenido las distancias de visibilidad en cada punto

9.2.2.3 Pendiente media máxima

Se ha considerado la pendiente máxima media de los ramales de entrada y salida a la autovía como un criterio funcional importante.

9.2.3 Criterio social-ambiental

El último criterio que se ha considerado es la zona de dominio público ocupada por las diferentes soluciones valorada en metros cuadrados. Este criterio nos indica el impacto social y ambiental directo que generará una nueva infraestructura en su nuevo emplazamiento, debido principalmente a los terrenos ocupados.

9.3 El esquema jerárquico empleado:

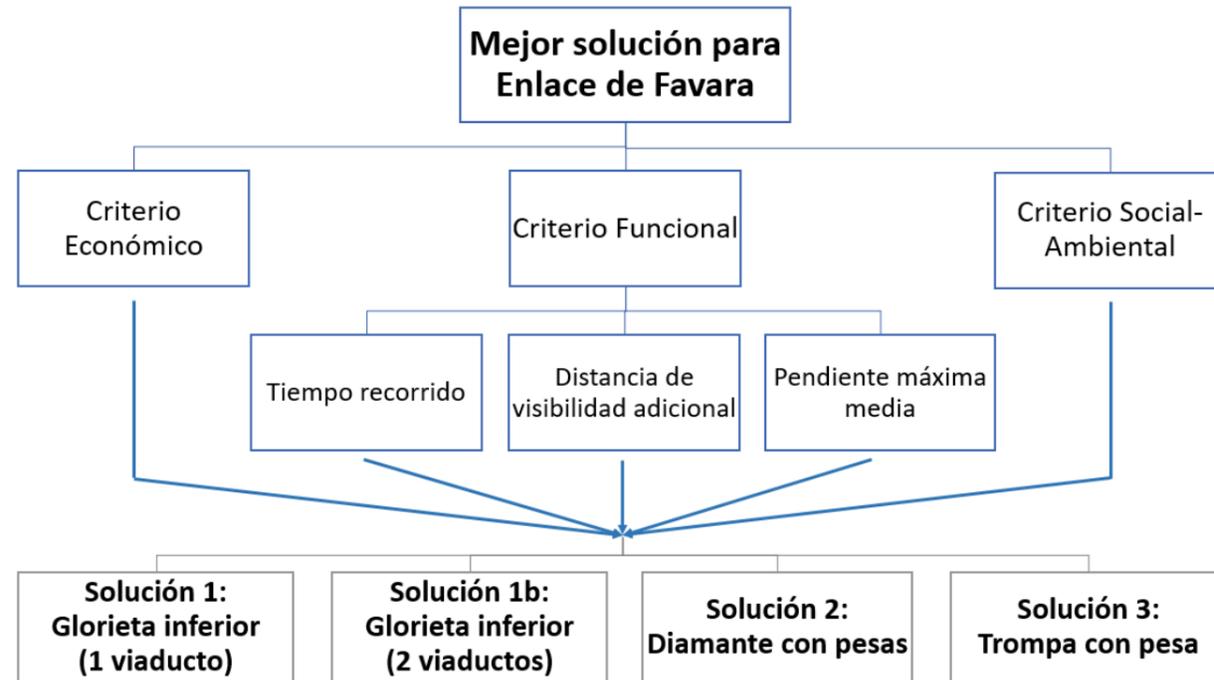


Figura 9.1: Esquema jerárquico empleado

9.4 Evaluación de los criterios

9.4.1 Criterio económico

En primer lugar, para valorar las diferentes unidades de obra seleccionadas se ha realizado una comparación entre diferentes bases de precios. Puesto que el proyecto original data de 2007, se plantea la posibilidad de realizar una valoración con los precios del proyecto, y por otro lado realizar una valoración con los precios de la Base de precios de referencia de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento publicada en enero de 2016.

- Movimiento de tierras: se han obtenido las mediciones de todas estas unidades de obra mediante la cubicación de los perfiles transversales cada 20 metros.
- Firme: se ha obtenido la medición de cada una de las unidades de obra del firme según las secciones transversales definidas.
- Estructuras: se ha tomado un diseño general para estribos, pilas y tablero, adaptándose a cada solución. Los croquis se encuentra en el documento "Planos. 6. Estructuras".

Este es el resumen de la valoración económica:

		Movimiento de tierras	Firme	Estructuras	Total
Precios proyecto, 2007	Solución 1	3.483.445,87 €	848.169,19 €	1.111.874,00 €	5.443.489,07 €
	Solución 1b	3.711.456,78 €	865.874,47 €	716.881,80 €	5.294.213,04 €
	Solución 2	3.533.178,50 €	907.804,55 €	363.300,31 €	4.804.283,36 €
	Solución 3	3.741.241,68 €	904.270,55 €	409.611,60 €	5.055.123,82 €

		Movimiento de tierras	Firme	Estructuras	Total
Base de precios de referencia del ministerio de fomento, 2016	Solución 1	2.568.989,80 €	964.482,80 €	1.265.335,58 €	4.798.808,17 €
	Solución 1b	2.737.525,37 €	987.642,42 €	810.778,92 €	4.535.946,72 €
	Solución 2	2.604.207,16 €	1.036.683,86 €	417.054,53 €	4.057.945,55 €
	Solución 3	2.760.497,28 €	1.032.355,69 €	471.609,11 €	4.264.462,08 €

Tabla 9.3: Resumen valoración económica de las soluciones

Como se puede observar, con los precios del proyecto original el coste económico de las distintas soluciones es en torno a un 15% superior con respecto al coste utilizando la base de precios de referencia de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento de 2016. Esto se debe a diversos factores, por ejemplo, las variaciones de precios asociados a las materias primas para la fabricación de firmes bituminosos (como el petróleo) y hormigón (cemento)

La base de precios de referencia de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento se actualiza periódicamente, y en ella se van corrigiendo y adaptando los factores de actualización de previos para las distintas unidades de obra. En cambio, los precios del proyecto original (2007) quedan en parte desactualizados en la actualidad.

A la hora del análisis multicriterio que se va a realizar, se pretende comparar los costes entre unas soluciones y otras, y utilizando los precios de una u otra base de precios, la relación de los costes económicos entre las distintas soluciones no varían prácticamente.

9.4.2 Criterio funcional

- Tiempo de recorrido:

Itinerarios	Tiempo recorrido (s)		
	Solución 1 y 1b	Solución 2	Solución 3
Salida a Favara 1 (De dirección Valencia a Favara)	38,26	44,36	54,66
Salida de Favara 1 (De Favara a dirección Valencia)	33,96	50,33	53,67
TOTAL SUMA	72,22	94,68	108,33

Tabla 9.4: Tiempos de recorrido de los itinerarios con mayor tráfico de vehículos

- Distancia de visibilidad adicional: se ha obtenido la diferencia entre la distancia de visibilidad y la distancia de parada en cada punto en intervalos de 10 metros para cada ramal y posteriormente se han promediado estos valores:

	Promedio: distancia visibilidad adicional		
	Solución 1 y 1b	Solución 2	Solución 3
Ramal 1	55,72	56,25	41,06
Ramal 2	54,62	62,50	31,44
Ramal 3	38,85	48,55	56,82
Ramal 4	60,53	64,70	48,06
Total sumatorio	209,71	232,00	177,38

Tabla 9.5: Distancias de visibilidad adicional promedio

- Pendiente media máxima:

	Pendiente máxima media de ramales
Solución 1 y 1b	4,48%
Solución 2	4,19%
Solución 3	3,84%

Tabla 9.6: Pendiente máxima media de ramale

- Criterio social-ambiental

	Superficie de dominio público (m2)
Solución 1 y 1b	104.610,69
Solución 2	114.218,89
Solución 3	120.133,62

Tabla 9.7: Superficie de dominio público ocupada por las diferentes soluciones

9.5 Análisis multicriterio

Una vez realizadas las valoraciones de los diferentes criterios, se sigue la metodología definida anteriormente para elaborar el análisis multicriterio de las diferentes soluciones planteadas.

En primer lugar se ha de realizar la matriz de comparación pareada de los criterios, la cual establecerá la ponderación de cada criterio. Puesto que esta matriz es la que presenta mayor dificultad a la hora de la realización de las comparaciones entre los diferentes criterios, pues depende de la experiencia y subjetividad del decisor la ponderación que se dé a cada criterio con respecto a los demás. Se han planteado siete (7) escenarios diferentes:

- Escenario 1: los diferentes criterios tienen el mismo peso.
- Escenario 2: se le da una mayor importancia al criterio social-ambiental (la superficie de expropiación ocupada por cada una de las soluciones), y con una valoración igual del criterio económico y social-ambiental.
- Escenario 3: se le da mayor importancia al criterio funcional (tiempo de recorrido, distancia de visibilidad adicional y pendiente máxima media) y con una valoración igual al criterio económico y al social-ambiental.
- Escenario 4: se le da mayor importancia al criterio económico y con una valoración igual al criterio funcional y al social-ambiental.
- Escenario 5: se le da igual valoración a los criterios económico y social-ambiental, y por debajo quedará el criterio funcional.
- Escenario 6: se le da igual valoración a los criterios económico y funcional, y por debajo quedará el criterio social-ambiental.
- Escenario 7: por último, en este escenario el criterio más importante es el económico, seguido por el funcional y finalmente el social-ambiental.

MATRIZ DE CRITERIOS ESCENARIO 1			
	Valoración económica	Funcionalidad	Social-ambiental
Valoración económica	1	1	1
Funcionalidad	1	1	1
Social-ambiental	1	1	1

MATRIZ DE CRITERIOS ESCENARIO 2			
	Valoración económica	Funcionalidad	Social-ambiental
Valoración económica	1	1	1/2
Funcionalidad	1	1	1/2
Social-ambiental	2	2	1

MATRIZ DE CRITERIOS ESCENARIO 3			
	Valoración económica	Funcionalidad	Social-ambiental
Valoración económica	1	1/2	1
Funcionalidad	2	1	2
Social-ambiental	1	1/2	1

MATRIZ DE CRITERIOS ESCENARIO 4			
	Valoración económica	Funcionalidad	Social-ambiental
Valoración económica	1	2	2
Funcionalidad	1/2	1	1
Social-ambiental	1/2	1	1

MATRIZ DE CRITERIOS ESCENARIO 5			
	Valoración económica	Funcionalidad	Social-ambiental
Valoración económica	1	2	1
Funcionalidad	1/2	1	1
Social-ambiental	1	2	1

MATRIZ DE CRITERIOS ESCENARIO 6			
	Valoración económica	Funcionalidad	Social-ambiental
Valoración económica	1	1	2
Funcionalidad	1	1	2
Social-ambiental	1/2	1/2	1

MATRIZ DE CRITERIOS ESCENARIO 7			
	Valoración económica	Funcionalidad	Social-ambiental
Valoración económica	1	2	3
Funcionalidad	1/2	1	1
Social-ambiental	1/3	1	1

Tabla 9.8: Matrices de comparación pareada de criterios de los distintos escenarios

Las ponderaciones o valores propios de cada criterio según su escenario se agrupan el siguiente gráfico:

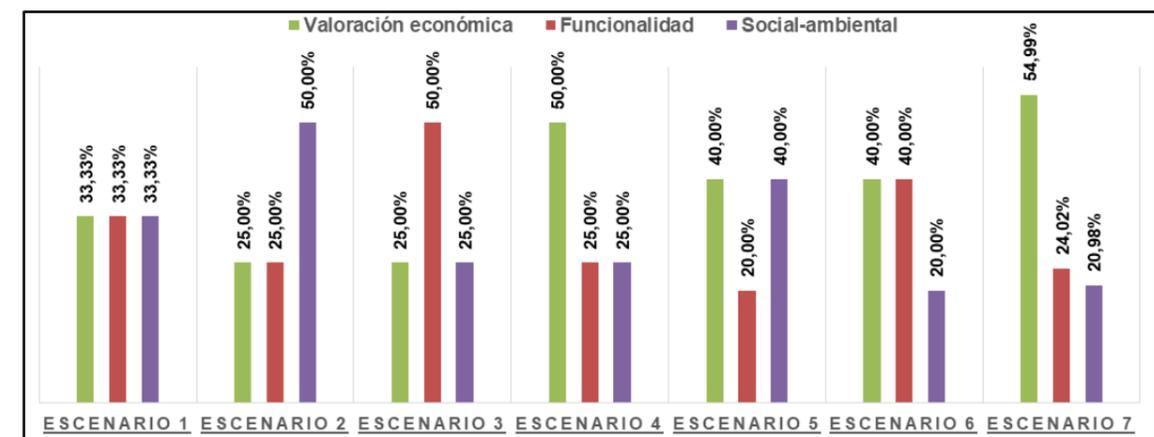


Figura 9.2: Vector propio o ponderación de los criterios en cada uno de los escenarios propuestos



Dentro del criterio funcional, tenemos tres subcriterios, para los cuales se ha de realizar otra matriz de comparación pareada. No se han planteado diferentes escenarios, pues se ha dado mayor importancia al indicador del tiempo de recorrido, que por experiencia se considera el más significativo. La submatriz del criterio funcional junto a su vector propio es la siguiente:

SUBMATRIZ CRITERIO FUNCIONALIDAD				Vector propio
	Tiempo recorrido	Distancia de visibilidad	Pendientes	
Tiempo recorrido	1	2	2	0,5000
Distancia de visibilidad extra	1/2	1	1	0,2500
Pendientes	1/2	1	1	0,2500

Tabla 9.9: Matriz de comparación pareada de subcriterios del criterio funcional

En resumen, la siguiente tabla nos indica la ponderación de cada criterio y subcriterio para cada uno de los escenarios

		Ponderación de cada criterio						
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6	Escenario 7
Valoración económica		33,33%	25,00%	25,00%	50,00%	40,00%	40,00%	54,85%
Funcionalidad	Tiempo de recorrido (s)	16,67%	12,50%	25,00%	12,50%	10,00%	20,00%	12,05%
	Distancia de visibilidad adicional (m)	8,33%	6,25%	12,50%	6,25%	5,00%	10,00%	6,02%
	Pendientes máxima media (%)	8,33%	6,25%	12,50%	6,25%	5,00%	10,00%	6,02%
Social-ambiental	Superficie ocupación (m2)	33,33%	50,00%	25,00%	25,00%	40,00%	20,00%	21,06%

Tabla 9.10: Resumen ponderaciones de los criterios en cada escenario

Una vez obtenidas las matrices de comparación pareada de criterios, se procede a realizar las matrices de comparación pareada de las soluciones con respecto a cada uno de los criterios. En este caso se cuenta con resultados cuantitativos para cada criterio, por lo que tampoco se han planteado distintos escenarios. En la siguiente tabla se resumen los valores que presenta cada solución para cada uno de los criterios establecidos:

		SOLUCIÓN 1	SOLUCIÓN 1b	SOLUCIÓN 2	SOLUCIÓN 3
Valoración económica		5.442.019,44 €	5.292.743,42 €	4.802.438,15 €	5.053.445,82 €
Funcionalidad	Tiempo de recorrido (s)	72,22	72,22	94,68	108,33
	Distancia de visibilidad adicional (m)	209,71	209,71	232,00	177,38
	Pendientes máxima media (%)	4,48	4,48	4,19	3,84
Social-ambiental	Superficie ocupación (m2)	104.610,69	104.610,69	114.218,89	120.133,62

Tabla 9.11: Resumen valores de cada solución para cada uno de los criterios

En base a estos valores, se han realizado las matrices de comparación pareada de las soluciones con respecto a cada uno de los criterios. Se ha analizado el valor que presenta cada solución para cada uno de los criterios y se han comparado las distintas soluciones consiguiendo en todos los casos una matriz consistente.

MATRIZ DE SOLUCIONES CRITERIO: VALORACIÓN ECONÓMICA					Vector propio
	SOLUCIÓN 1	SOLUCIÓN 1b	SOLUCIÓN 2	SOLUCIÓN 3	
SOLUCIÓN 1	1	1/2	1/5	1/3	0,0863
SOLUCIÓN 1b	2	1	1/4	1/2	0,1428
SOLUCIÓN 2	5	4	1	2	0,5068
SOLUCIÓN 3	3	2	1/2	1	0,2641

MATRIZ DE SOLUCIONES CRITERIO: FUNCIONALIDAD. TIEMPO RECORRIDO					Vector propio
	SOLUCIÓN 1	SOLUCIÓN 1b	SOLUCIÓN 2	SOLUCIÓN 3	
SOLUCIÓN 1	1	1	5	7	0,4225
SOLUCIÓN 1b	1	1	5	7	0,4225
SOLUCIÓN 2	1/5	1/5	1	3	0,1044
SOLUCIÓN 3	1/7	1/7	1/3	1	0,0506

MATRIZ DE SOLUCIONES CRITERIO: FUNCIONALIDAD. DISTANCIA DE VISIBILIDAD ADICIONAL					Vector propio
	SOLUCIÓN 1	SOLUCIÓN 1b	SOLUCIÓN 2	SOLUCIÓN 3	
SOLUCIÓN 1	1	1	1/2	2	0,2270
SOLUCIÓN 1b	1	1	1/2	2	0,2270
SOLUCIÓN 2	2	2	1	3	0,4236
SOLUCIÓN 3	1/2	1/2	1/3	1	0,1223

MATRIZ DE SOLUCIONES					Vector propio
CRITERIO: FUNCIONALIDAD. PENDIENTE MÁXIMA MEDIA					
	SOLUCIÓN 1	SOLUCIÓN 1b	SOLUCIÓN 2	SOLUCIÓN 3	
SOLUCIÓN 1	1	1	1/3	1/5	0,0955
SOLUCIÓN 1b	1	1	1/3	1/5	0,0955
SOLUCIÓN 2	3	3	1	1/3	0,2495
SOLUCIÓN 3	5	5	3	1	0,5596

MATRIZ DE SOLUCIONES					Vector propio
CRITERIO: SOCIAL-AMBIENTAL. SUPERFICIE DE OCUPACIÓN					
	SOLUCIÓN 1	SOLUCIÓN 1b	SOLUCIÓN 2	SOLUCIÓN 3	
SOLUCIÓN 1	1	1	5	7	0,4225
SOLUCIÓN 1b	1	1	5	7	0,4225
SOLUCIÓN 2	1/5	1/5	1	3	0,1044
SOLUCIÓN 3	1/7	1/7	1/3	1	0,0506

Tabla 9.12: Matrices de comparación pareada de soluciones con respecto a cada criterio y subcriterio

En la siguiente matriz se resumen los diferentes vectores propios obtenidos de las diferentes matrices de comparaciones pareadas de las distintas soluciones en función de cada uno de los criterios establecidos.

MATRIZ DE VECTORES PROPIOS POR CRITERIO					
	Valoración económica	Tiempo de recorrido	Distancia de visibilidad	Pendientes	Superficie
SOLUCIÓN 1	0,0863	0,4225	0,2270	0,0955	0,4225
SOLUCIÓN 1b	0,1428	0,4225	0,2270	0,0955	0,4225
SOLUCIÓN 2	0,5068	0,1044	0,4236	0,2495	0,1044
SOLUCIÓN 3	0,2641	0,0506	0,1223	0,5596	0,0506

Tabla 9.13: Matriz resumen de vectores propios de cada matriz de comparación de soluciones

Del producto de la anterior matriz por el vector de ponderación de cada uno de los escenarios contemplados obtendremos la ponderación final de las distintas soluciones para cada uno de los distintos escenarios:

	PONDERACIÓN FINAL DE CADA SOLUCIÓN EN CADA ESCENARIO						
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6	Escenario 7
SOLUCIÓN 1	26,69%	30,58%	27,32%	22,18%	26,19%	23,58%	20,66%
SOLUCIÓN 1b	28,57%	31,99%	28,73%	25,00%	28,45%	25,84%	23,76%
SOLUCIÓN 2	27,72%	23,40%	26,30%	33,46%	28,85%	31,18%	35,30%
SOLUCIÓN 3	17,02%	14,03%	17,66%	19,37%	16,50%	19,41%	20,27%

Tabla 9.14: Matriz resumen de ponderaciones de las soluciones en cada escenario

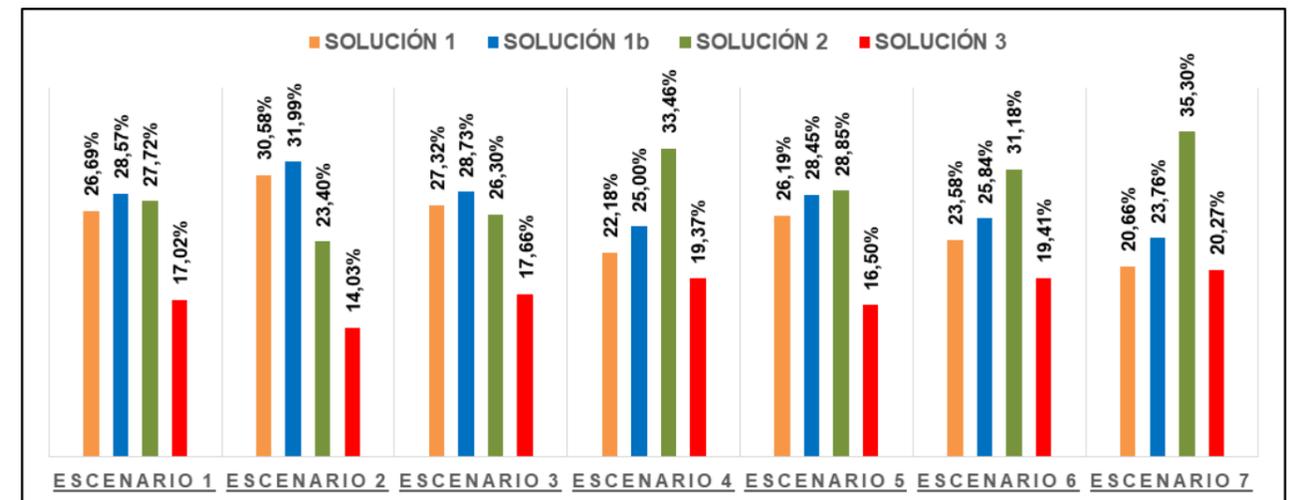


Figura 9.3: Vector propio o ponderación de los criterios en cada uno de los escenarios propuestos

10 SOLUCIÓN ADOPTADA

Una vez realizado el análisis multicriterio utilizando la metodología del proceso analítico jerárquico (AHP) se han obtenido los resultados para los siete (7) escenarios planteados. Ahora bien, para tomar la decisión de que solución finalmente adoptar, hemos de determinar cuál de los escenarios planteados es el más objetivo y nos ofrece la solución idónea en base a nuestro criterio.

Del análisis de los resultados para cada uno de los escenarios planteados, se derivan varias conclusiones:

- La solución 3 (trompa con pesa) es la que menor ponderación obtiene en los siete escenarios, por lo que queda descartada.
- La solución 1b (glorieta inferior y tronco sobre dos viaductos de un solo vano y terraplén entre ellos) queda mejor ponderada que la solución 1 (glorieta inferior y tronco sobre un viaducto de cinco vanos) en todos los escenarios planteados, por lo que la solución 1 también queda descartada con respecto a las soluciones 1b y 2.



- Los resultados del análisis en los escenarios 1, 3 y 5 nos muestran que las soluciones 1b y 2 se encuentran muy igualadas, con ponderaciones similares en un rango menor al 3%.
 - o En el caso del escenario 1, se han considerado los tres criterios principales con la misma importancia. Este escenario se ha planteado como un ejercicio práctico para observar que resultados se obtienen, pero no refleja las prioridades reales a la hora de determinar una de las soluciones como la óptima.
 - o En el caso del escenario 3 se ha dado una mayor ponderación al criterio funcional y los resultados obtenidos en el análisis nos muestran ponderaciones muy similares entre las soluciones 1, 1b y 2. Lo que se puede interpretar como que el criterio funcional no debiera ser el más determinante y que los resultados se compensan ponderando de igual manera al criterio económico y el social-ambiental.
 - o En cuanto al escenario 5, nos presenta resultados similares al escenario 3, las soluciones 1, 1b y 2 están muy igualadas. Esto se debe principalmente a que en ambos escenarios la valoración del criterio económico y el criterio social-ambiental es la misma, pero con diferentes valores en cada escenario. Esto nos indica que la solución a adoptar dependerá principalmente de la ponderación que se dé a estos dos criterios, el económico y el social-ambiental.
- En los escenarios 2 y 4, los resultados del análisis multicriterio son que para el escenario 2 (criterio principal el social-ambiental) la solución más adecuada es la solución 1b y para el escenario 4 (criterio principal el económico) la solución 2.
- El escenario 6, en el que el criterio menor ponderado es el social-ambiental, la solución con una mayor valoración es la solución 2.
- En la elaboración del escenario 7, se ha tenido en cuenta lo anteriormente comentado, además de algunas otras consideraciones:
 - o El criterio social-ambiental queda en último plano, este criterio representa la superficie de ocupación de cada una de las soluciones. Puesto que las autovías son infraestructuras de interés general, el objetivo principal de éstas es que sean funcionales y seguras, quedando en un segundo plano el área ocupada, siempre que sea la mínima necesaria y las diferentes soluciones estén dentro del mismo orden de magnitud, como es el caso. En cada una de las soluciones se ha optimizado cada una de las tipologías de enlace para adaptarlas a los condicionantes del emplazamiento del enlace y ocupar la menor superficie posible, y siempre ofreciendo funcionalidad y seguridad. La diferencia entre las soluciones 1b y 2 es de aproximadamente unos 10.000 m² (aproximadamente un 10%) de terreno rural de cultivo de cítricos principalmente. En términos generales, esta diferencia de área ocupada es relativamente pequeña para una infraestructura como una autovía de nueva construcción en la que el área total del trazado es mucho mayor y el impacto social y ambiental va a ser importante de cualquier forma. Por último, cabe decir que los terrenos ocupados no representan una singularidad especial ya que tienen un uso agrícola y el valor económico de expropiación (no se ha valorado en este análisis) de esta área es muy bajo en relación con el resto de partidas.

- o El criterio funcional queda con una ponderación intermedia, puesto que la importancia de la funcionalidad en el diseño de la infraestructuras es primordial. La ponderación del criterio funcional es intermedia debido a que la funcionalidad de las soluciones diseñadas está garantizada, con pequeñas diferencias entre unas y otras.
- o El criterio económico es el de mayor relevancia por su gran impacto, la diferencia entre las soluciones 1b y 2 es de unos 500.000 € (aproximadamente un 10% del valor obtenido de las principales unidades de obra valoradas).

En conclusión, quedan descartadas de forma inmediata las soluciones 1 y 3. Entre las soluciones 1b y 2, el escenario que refleja de una forma más objetiva la importancia de cada uno de los criterios principales es el escenario 7 (valoración económica 54%, funcional 24% y social-ambiental 20%) y por lo tanto, la solución a adoptar será la **SOLUCIÓN 2 (DIAMANTE CON PESAS)**.

11 CONCLUSIONES

Como se ha visto en el apartado anterior, se ha escogido la solución 2, consistente en un enlace de tipología diamante con pesas, como la solución que nos ofrece una combinación de economía, funcionalidad y ocupación más favorable.

El proyecto original contempla el enlace de Favara con una tipología de glorieta inferior en la que se emplea un viaducto 132 metros de luz en 6 vanos por el que discurre la autovía sobre la glorieta. Finalmente, la solución que se está ejecutando y materializando en la realidad de la obra en curso es el enlace con glorieta inferior y viaducto, similar a la solución 1 planteada en este trabajo.

Cabe reflexionar el por qué en este trabajo fin de máster la solución obtenida es la que mantiene una tipología de diamante con pesas mientras que en la obra que realmente se está ejecutando se mantiene la misma tipología original.

Esto se debe principalmente a que la modificación del enlace se ha llevado a cabo una vez la obra está comenzada y los terrenos que ocupa el enlace ya estaban expropiados. Pues de esta manera resulta mucho más rápido y sencillo mantener la superficie expropiada y tan solo reducir el diámetro de la glorieta, en lugar de abrir nuevos expedientes de expropiación para las nuevas parcelas, y devolver las expropiaciones iniciales que no se vean ocupadas por el nuevo diseño de enlace, ya que esto podría condicionar los plazos de la obra a ejecutar.

También se ha tenido en cuenta la tipología de enlace empleada en el resto de enlaces de la autovía. En el tramo I de la variante de Sueca, que su ejecución finalizó en 2008, se cuenta con dos enlaces en los que la tipología es la de glorieta a distinto nivel, y en el enlace de Cullera Sur, situado en la zona central del tramo II de la variante de Sueca (tramo donde se encuentra el Enlace de Favara) también se emplea la tipología de glorieta a distinto nivel. Tratándose de autovías de la Red General de Carreteras del Estado, con largos recorridos que atraviesan varias comunidades autónomas, se busca la presencia de cierta homogeneidad en este tipo de aspectos, que faciliten a los usuarios una comprensión sencilla de los distintos elementos que componen la infraestructura.

Otro aspecto interesante a tener en cuenta es la fecha de redacción del proyecto original, pues se trata de los años 2006-2007, pertenecientes a una época de bonanza generalizada en la que el número de proyectos en redacción era elevado, el tiempo para redactarlos era muy limitado y en ocasiones no se ha prestado la debida atención a la optimización de los recursos y a la realización de estudios de soluciones de detalle con la aplicación de metodologías de análisis multicriterio.



En este trabajo fin de máster, el análisis se ha llevado a cabo considerando el Enlace de Favara como un elemento aislado en fase de proyecto, y se han seguido las condiciones iniciales:

- Se mantiene el trazado en planta del tronco principal del proyecto original.
- La localización del Enlace de Favara se mantiene en la medida de lo posible para evitar invadir otras edificaciones.

Para el diseño de las distintas soluciones se ha tratado de conseguir un trazado orgánico que permita el cumplimiento del objetivo principal del enlace, que es comunicar la nueva infraestructura con la localidad de Favara, evitar la ocupación del pozo de riego y otras edificaciones ya contempladas en el diseño inicial y poder dar continuidad y acceso a los caminos rurales presentes en la zona.

En cuanto al análisis multicriterio, se ha seguido la metodología del proceso analítico jerárquico (AHP), que nos ofrece cierta objetividad en la valoración de las alternativas. A pesar de esto, se han planteado siete (7) escenarios que han permitido obtener una visión amplia y poder observar los resultados que nos ofrece esta metodología cambiando la ponderación de los criterios principales.

Como criterios se ha analizado en primer lugar el económico, en el que se han valorado los principales capítulos de un proyecto de infraestructura de carreteras, estos son, movimiento de tierras, firme y estructuras, y se han descartado otros por considerarse que no habría grandes diferencias entre soluciones. El segundo criterio tenido en cuenta es el funcional, que se subdivide en tres subcriterios: tiempo de recorrido, distancia de visibilidad adicional (un indicador que representa el “resguardo”, la diferencia que hay entre la distancia estricta de parada y la distancia de visibilidad disponible en cada punto de los ramales, con este indicador se analiza y está relacionado con el diseño geométrico de cada solución), y la pendiente máxima media. Por último, el criterio denominado social-ambiental representa la superficie estricta de dominio público que ocupa cada una de las soluciones.

La conclusión principal de este trabajo es que el enlace planteado en **LA SOLUCIÓN 2, CON UNA TIPOLOGÍA DE DIAMANTE CON PESAS**, analizado de forma aislada, es la mejor solución objetivamente a llevar a cabo, pues el coste económico es muy inferior al resto de soluciones y se alcanzan los objetivos de funcionalidad y seguridad vial requeridos en una infraestructura de este tipo, cumpliendo la normativa vigente.