



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



---

# ANEJO Nº 1: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE TRAZADO

---

Autor: Monferrer Martí, Guillermo

Tutor: López Porta, Evaristo Manuel



## ÍNDICE

1. Introducción.....	2
2. Objeto.....	2
3. Condicionantes existentes.....	2
4. Planeamiento de soluciones.....	3
5. Análisis multicriterio.....	6
6. Justificación de la solución adoptada.....	9



ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA DE LA NUEVA CARRETERA DE CONEXIÓN DE LOS MUNICIPIOS DE ONDA Y BETXÍ DESDE “CARRER TOSALET HASTA CAMÍ D’ONDA, 33” (CASTELLÓN)

## 1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se va a mostrar todos los pasos a seguir para la realización del análisis multicriterio que dará lugar a obtener la alternativa adecuada, siguiendo una serie de pasos todos ellos justificados razonadamente.

Se describen las diferentes alternativas y soluciones que hemos estudiado mostrando cuadros comparativos y una imagen gráfica con las justificaciones necesarias para llegar a la solución óptima.

## 2. OBJETO

Las poblaciones Onda y Betxí, situadas en la comarca “La Plana Baja”, provincia de Castellón, están unidas mediante un camino rural poco acondicionado para el tráfico que soporta diariamente, así como la elevada problemática con la escasa visibilidad en algunos tramos y la reducción de calzada en otros.

Por ello, la alternativa que se propondrá en el siguiente estudio elevará la seguridad vial del tramo, desaparecerán los problemas de visibilidad para los usuarios de la vía y en los tramos en los que se aproveche parte del trazado se acondicionará adecuadamente con sus respectivas medidas de calzada y arcén según la normativa correspondiente.

## 3. CONDICIONANTES EXISTENTES

En la actualidad, el camino se encuentra colindante en parte de su trazado con el río Sonella o también llamado río Seco.

Muestra una serie de irregularidades ya mencionadas en el apartado anterior, sumándole a estas qué, en la gran mayoría del trazado del camino, se hayan viviendas particulares tanto como entradas a huertos particulares en los que, resultando peligroso para los usuarios de la vía, se podrían producir una serie de accidentes.

Para el diseño de la nueva alternativa se ha tenido en cuenta las siguientes premisas fundamentales:

- Optimizar el movimiento de tierras.
- Evitar la afección a edificaciones existentes.
- Aprovechamiento de un tramo del trazado existente.
- Mínimo impacto ambiental.
- Elevar la funcionalidad de la vía.

## 4. ESTUDIO DE SOLUCIONES

Una vez visto la necesidad de la realización de una alternativa al trazado actual, se proponen varias alternativas a estudio que al final del anejo serán plasmadas en una imagen.

Las alternativas son las siguientes:

**Alternativa 1:** Con una longitud aproximada de 5.700 metros, empieza partiendo desde la calle Tosalet al finalizar, justo al atravesar la zona del río Sonella desviándose hacia la derecha. Discurre por los campos situados a la derecha del camino actual en los cuales el movimiento de tierras a realizar no es tan elevado como podremos ver. Colinda finalmente con la parte sud del cauce del río llegando a la glorieta nexo de unión con la continuación de la vía

- **Alternativa 2:** Tiene una longitud aproximada de 5.820 metros, empieza también como la alternativa uno partiendo desde la calle Tosalet al finalizar, justo al atravesar la zona



ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA DE LA NUEVA CARRETERA DE CONEXIÓN DE LOS MUNICIPIOS DE ONDA Y BETXÍ DESDE “CARRER TOSALET HASTA CAMÍ D’ONDA, 33” (CASTELLÓN)

---

del río Sonella, esta vez desviándose hacia la izquierda del antiguo trazado. Como veremos a continuación se requiere un mayor movimiento de tierras, así como la creación de tres pequeños puentes para atravesar el cauce del río para finalmente llegar a la glorieta, nexo de unión con la siguiente parte de la vía.

- **Alternativa 3:** Con una longitud aproximada de 6.150 metros, es la alternativa más larga de las tres, con la creación de una glorieta más a las dos anteriores. Como se adjuntará en el gráfico del final del anejo 1, la alternativa empieza partiendo desde la calle Tosalet hasta la glorieta creada a unos 840 metros desde el cruce del cauce del río Sonella. Discurre por la zona sud del antiguo camino, evitando así los tramos con mayores problemas de visibilidad y seguridad vial.

A continuación, se adjunta un cuadro comparativo de las tres alternativas, con sus ventajas e inconvenientes observados.



ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA DE LA NUEVA CARRETERA DE CONEXIÓN DE LOS MUNICIPIOS DE ONDA Y BETXÍ DESDE "CARRER TOSALET HASTA CAMÍ D'ONDA, 33" (CASTELLÓN)

CUADRO COMPARATIVO	INCONVENIENTES	VENTAJAS
ALTERNATIVA 1	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mayor impacto visual que las demás</li><li>- Afecta a una vía pecuaria en la zona.</li><li>- Tiene un total de 7 curvas en C.</li><li>- Colocación de una pequeña pila y su tablero para el paso de la carretera por el río</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Evita las zonas de escasa visibilidad.</li><li>- Presenta una elevada funcionalidad para los usuarios de la vía.</li><li>- Tiene una glorieta menos que las demás.</li><li>- Es la alternativa con menor movimiento de tierras a realizar.</li><li>- Es la alternativa con menor longitud de las tres.</li></ul>
ALTERNATIVA 2	<ul style="list-style-type: none"><li>- Es la segunda alternativa con mayor longitud.</li><li>- El tramo final se posiciona en paralelo al río.</li><li>- Muy próxima al cauce del río Sonella.</li><li>- Se precisa de la creación de varios puentes, ya que atraviesa el río en repetidas ocasiones.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Presenta una elevada funcionalidad para los usuarios de la vía.</li><li>- Evita las zonas de escasa visibilidad y la directa salida de los usuarios a la vía desde sus propiedades privadas.</li></ul>
ALTERNATIVA 3	<ul style="list-style-type: none"><li>- Solo evitas un tramo del camino, manteniendo así otros con escasa visibilidad.</li><li>- No elevas lo suficiente la funcionalidad de la vía.</li><li>- Tiene una glorieta más que las restantes alternativas.</li><li>- Es la alternativa con mayor longitud de las tres</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- El impacto ambiental es muy pequeño en comparación con las demás.</li><li>- Se aprovecha parte del trazado del camino existente.</li></ul>



## 5. ANÁLISIS MULTICRITERIO

Una vez expuestas las tres alternativas, procedemos a la elección de una de ellas mediante un análisis multicriterio que se realiza a continuación.

Se asigna un peso relativo a cada una de las variables consideradas en la valoración para luego, justificando las respuestas obtenidas, se obtenga la alternativa óptima.

### 5.1 CRITERIOS

A continuación, se muestran los criterios que se han elegido para la redacción de las alternativas.

- **Criterio económico:** Es uno de los criterios más importantes. Se buscará la alternativa que produzca menor impacto económico, ya que la alternativa propuesta deberá ser la más rentable posible en relación a las prestaciones obtenidas.
- **Criterio funcional y de seguridad vial:** Es, el criterio más importante ya que la seguridad de los usuarios es fundamental en el desarrollo de la vía. Se tiene como referencia en todo momento la mejora de la funcionalidad de la vía.
- **Criterio Medio Ambiental:** Se tiene que tener en cuenta siempre realizar el menor impacto ambiental posible a la hora de la realización de la obra.
- **Criterio Territorial:** La alternativa elegida tendrá que estar integrada en el entorno permitiendo un mejor desarrollo territorial del área por la que transcurre.

### 5.2 EVALUACION DE LOS CRITERIOS

En este apartado se va a mostrar la forma de evaluar los criterios en referencia a unas variables que se le asignan pesos a cada uno de los criterios de manera que se pueda valorar correctamente en conjunto cada alternativa.

En primer lugar, se valora del modo más objetivo posible los efectos que producen cada alternativa mediante una clasificación de 0 a 10 (siendo la mayor puntuación el 10 correspondiente por ejemplo, en el criterio medio ambiental, a la alternativa que menor impacto realice con el entorno y el 0 con la alternativa más perjudicial para ello).

Una vez tengamos los correspondientes valores, serán ajustados a una escala común en tanto por uno para poder comparar todos los criterios entre sí. Finalmente, se le asigna un peso a cada criterio, el cual se muestran a continuación.

VARIABLES	PESO
ECONOMICO	35%
FUNCIONAL	40%
AMBIENTAL	15%
TERRITORIAL	10%

#### CRITERIO AMBIENTAL

En este criterio, a falta de realizar un estudio de impacto ambiental de manera que se justifique correctamente unos valores determinados para cada alternativa, se han supuesto, en función del impacto visual y ocupación.

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
IMPACTO AMBIENTAL	7	3	10



ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA DE LA NUEVA CARRETERA DE CONEXIÓN DE LOS MUNICIPIOS DE ONDA Y BETXÍ DESDE “CARRER TOSALET HASTA CAMÍ D’ONDA, 33” (CASTELLÓN)

CRITERIO ECONÓMICO

A la hora de analizar este criterio, se expone a continuación un presupuesto general de cada alternativa, comparando mediciones y precios.

Dicha comparación se realiza con aquellas unidades de obra que se creen oportunas teniendo en cuenta que es la fase inicial.

Una vez tenemos definidas las unidades de obra que compondrán el presupuesto de la fase inicial, obtenemos la suma total añadiendo las mediciones correspondientes y obteniendo el coste de establecimiento de cada alternativa con el fin de realizar una comparación.

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, la alternativa 1 es la más rentable en cuanto a precio/calidad ofrecida. En este caso, obtendrá el 10 dicha alternativa.

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
PRESUPUESTO	10	3	7

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
PEM	2.189.183,11 €	2.446.394,36 €	2.342.469,51 €
GASTOS GENERALES (13 % PEM)	284.593,80 €	318.031,26 €	304.521,03 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (6% PEM)	131.350,98 €	146.783,66 €	140.548,17 €
PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN SIN IVA	2.605.127,89 €	2.911.162,28 €	2.787.538,71 €
IVA 21 %	547.076,85 €	611.344,08€	585.383,13 €
PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN CON IVA	3.152.204,74 €	3.522.506,36 €	3.372.921,84 €



## ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA DE LA NUEVA CARRETERA DE CONEXIÓN DE LOS MUNICIPIOS DE ONDA Y BETXÍ DESDE "CARRER TOSALET HASTA CAMÍ D'ONDA, 33" (CASTELLÓN)

CUADRO DE PRECIOS				MEDICIONES			IMPORTE		
GRUPO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO	ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 1	ALT 2	ALT 3
Movimiento de tierras	Excavación en desmonte en tierra vegetal con medios mecánicos, sin explosivos i/ agotamiento y drenaje durante la ejecución, saneo de desprendimientos, formación, y perfilado de cunetas, refino de taludes i/ carga y transporte a vertedero hasta una distancia de 10 km o al lugar de utilización dentro de la obra	m³	1.98 €	105.488,62	140.954,47	115.147,12	208.867,46 €	279.089,85 €	227.991,29 €
	Despeje y desbroce del terreno por medios mecánicos i/destoconado, arranque, carga, y transporte a vertedero o gestor autorizado hasta una distancia de 60 km.	m³	0.98 €	152.299,47	198.665,9	149.945,74	149.253,48 €	194.692,58 €	146.946,82 €
	Terraplén o relleno todo-uno con materiales procedentes de préstamo o cantera, i/ extendido, humectación, nivelación, compactación, terminación, y refino de la superficie de coronación y refino de taludes con P.P. de sobre anchos S/PG-3, completamente terminado i/ material, canon de préstamo y transporte hasta una distancia de 10 km.	m³	2.73 €	78.620,20	122.301,57	101.312,1	216.232,6 €	333.883,28 €	276.582,03 €
	Demolición de firme o pavimento existente de cualquier tipo o espesor i/ bajas por rendimiento de paso de vehículos, demolición de aceras, isletas, bordillos y toda clase de piezas especiales de pavimentación, desescombro, carga y transporte de material demolido a gestor autorizado hasta una distancia de 60 km	m²	3,85 €	3.450	3.450	3.450	13.282,5 €	13.282,5 €	13.282,5 €
	Excavación en desmonte en tierra con medios mecánicos, sin explosivos y drenaje durante la ejecución saneo de desprendimientos, formación y perfilado de cunetas y carga y transporte a vertedero hasta una distancia de 10 km	m²	1,95 €	38.742,33	19.254,41	21.658,96	75.547,54 €	37.546,10 €	42.234,97 €
Firmes	Firme de carretera convencional (en función de la longitud de la carretera).	m	249,27 €	5.758,66	5.980	6.150	1.435.507,01 €	1.490.634,6 €	1.533.010,5 €
Señalización	Señalización vertical y horizontal compuesta por el conjunto de señales clavadas mediante hormigón en el pavimento y líneas de diferentes grosores.	ud	Variable en horizontal y vertical	En función	En función	En función	91.822,52 €	97.265,45 €	102.421,4 €
TOTAL PEM							2.189.183,11 €	2.446.394,36 €	2.342.469,51 €



ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA DE LA NUEVA CARRETERA DE CONEXIÓN DE LOS MUNICIPIOS DE ONDA Y BETXÍ DESDE “CARRER TOSALET HASTA CAMÍ D’ONDA, 33” (CASTELLÓN)

CRITERIO FUNCIONAL Y DE SEGURIDAD

En el siguiente apartado se va a mostrar la forma en la que se analiza los criterios funcionales y de seguridad partiendo que, las alternativas 1 y 2 tienen una velocidad de proyecto de 60 km/h y la alternativa 3 de 80 km/h.

Para ello, se compara las longitudes de las tres alternativas, sus radios mínimos y sus pendientes máximas. La alternativa más desfavorable será la que en el conjunto de estos tres requisitos peores condiciones tenga siendo la más larga, la que menor radio tenga y la que mayor pendiente obtenga. Se le da más importancia a la longitud, seguido de los radios mínimos y las velocidades.

A continuación se detallan las características de cada una de las alternativas.

1. Es la alternativa más corta con 5.600 metros y una velocidad de proyecto de 60 km/h y 80 km/h en el segundo tramo. El radio mínimo de las 7 curvas que alberga esta alternativa es de 130 metros y 300 en el segundo tramo, con una pendiente máxima del 6%, y en casos especiales del 8 %.
2. Cuenta con 5.720 metros de longitud con una velocidad de proyecto de 60 km/h también siendo su radio mínimo en las 6 curvas que tiene de 130 m y con un peralte máximo del 6%, excepto en casos especiales del 8%.
3. Es la de mayor longitud con 6.150 metros y una velocidad de proyecto de 80 km/h. El radio mínimo es de 265 metros con una pendiente máxima del 6% y en casos especiales del 8%.

Una vez obtenida la descripción de cada alternativa se hace una ponderación de los valores viendo sus longitudes, radios mínimos y peraltes máximos. Como se aprecia, el peralte es el mismo en las tres por lo cual su ponderación correspondiente es la misma, no hay variaciones. Por lo que afecta a las longitudes, la alternativa 1 tendrá mayor ponderación respecto las otras dos ya que es la alternativa más corta. Finalmente, la alternativa 3 obtendrá mayor ponderación en cuanto a la velocidad de proyecto, ya que es más elevada que las otras dos.

En cuanto a la ponderación multicriterio, se ha obtenido los siguientes resultados:

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
FUNCIONALIDAD	10	8	8

CRITERIO TERRITORIAL

Para finalizar el análisis de los criterios, analizamos el criterio de afección territorial, viendo las posibles molestias que ocasionan a los ciudadanos la construcción de cada una de las alternativas.

Ninguna de las tres alternativas destaca en problemática a lo que afección territorial se refiere. Sin embargo, la alternativa 3 es la que más tramo actual ocupa dificultando así la entrada a las propiedades del camino actual a causa de las obras producidas.

La alternativa 2 bordea parte del río Sonella sin crear ningún tipo de molestia a los vecinos de la zona en cuanto a la realización de las obras.

La alternativa 1 es la que mayor superficie de campo y expropiaciones se van a realizar.

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
TERRITORIAL	3	10	4



## 6. JUSTIFICACION DE LA SOLUCION ADOPTADA

Para finalizar el anejo, se muestra a continuación el cuadro comparativo con la justificación adecuada de la alternativa elegida.

Como se puede apreciar, la alternativa 1 es la que mejor se adapta a los criterios y valoraciones obtenidas anteriormente, con lo cual es la solución objeto de estudio.

La alternativa 2 es excesivamente cara en comparación con las otras dos, ya que precisa de mayor obra de construcción.

La alternativa 3, partiendo de que es la más larga de las tres, es la que más molestias ocasionaría a los ciudadanos que tienen sus propiedades colindantes al actual terreno.



ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA DE LA NUEVA CARRETERA DE CONEXIÓN DE LOS MUNICIPIOS DE ONDA Y BETXÍ DESDE “CARRER TOSALET HASTA CAMÍ D’ONDA, 33” (CASTELLÓN)

		VALORES OBTENIDOS			VALORES PONDERADOS		
PESOS PONDERADOS	CRITERIOS	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
15%	AMBIENTAL	7	3	10	1.05	0.45	1.5
35%	ECONOMICO	10	3	7	3.5	1.05	2.45
40%	FUNCIONAL	10	8	8	4	3.2	3.2
10%	AFECCIÓN TERRITORIAL	3	10	4	0.3	1	0.4
				TOTAL SUMA	8.85	5.7	7.55

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA DE LA NUEVA CARRETERA DE CONEXIÓN DE LOS MUNICIPIOS DE ONDA Y BETXÍ DESDE "CARRER TOSALET HASTA CAMÍ D'ONDA, 33" (CASTELLÓN)

