

**Escuela Técnica  
Superior de Ingeniería  
de Caminos, Canales y  
Puertos**



**UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS  
GRADO EN INGENIERÍA DE OBRAS PÚBLICAS  
TRABAJO FIN DE GRADO**

TÍTULO:

**“Proyecto de reposición del camino en el P.K.  
11+153 del tramo Cocentaina-Muro de Alcoy de  
la A7”**

**Tutor: Julián Alcalá Gonzalez  
Autor: Victor Esteve Vilar  
Valencia, Junio 2014**

**DOCUMENTO NÚMERO 1**  
**MEMORIA**

## **ÍNDICE**

- 1. OBJETO Y ALCANCE**
- 2. ANTECEDENTES**
- 3. SITUACIÓN ACTUAL Y NECESIDADES**
- 4. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA**
- 5. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA**
- 6. SISMO**
- 7. ESTUDIO DE SOLUCIONES**
- 8. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA**
- 9. CÁLCULO DE ESTRUCTURAS**
- 10. DRENAJE**
- 11. VALORACIÓN**
- 12. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO**

## **1.- OBJETO Y ALCANCE**

El presente Proyecto de Construcción desarrolla la definición y valoración de las obras a efectuar para la construcción del paso inferior en el P.K. 11+153 de la Autovía del Mediterraneo A-7, en su tramo Cocentaina-Muro de Alcoy, término municipal de Muro de Alcoy (Alicante).

Con la construcción del paso inferior se pretende dar solución al efecto barrera que supondrá la implantación de la autovía sobre el camino existente.

Este proyecto constituye el Trabajo Fin de Grado del autor y se presenta para cumplir el requisito necesario para la obtención del título de Grado de Obras Públicas, especialidad en Construcciones Civiles.

## **2.- ANTECEDENTES**

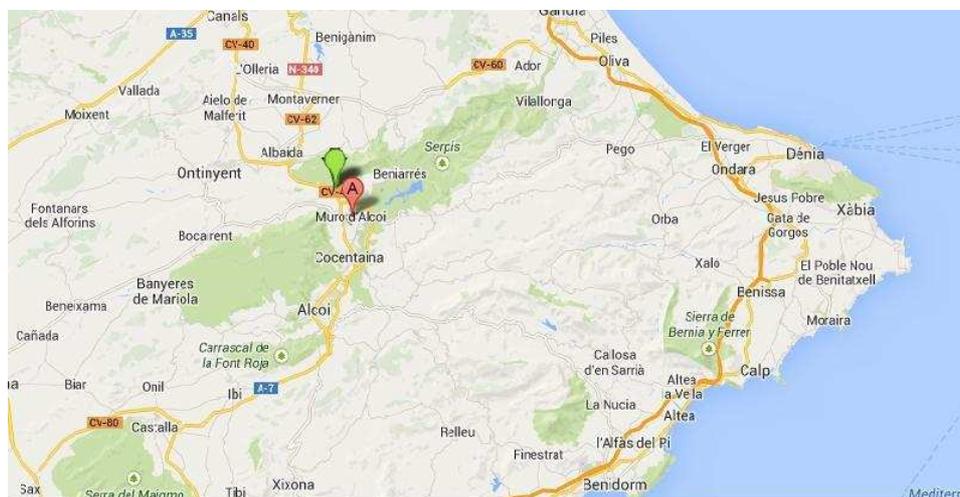
El “Proyecto de la reposición del camino en el PK 11+153 del tramo Cocentaina - Muro de Alcoy de la A7” fue propuesto por la Escuela Técnica Superior de Caminos Canales y Puertos de Valencia como trabajo final de grado y asignada por la propia escuela al autor del mismo. El tutor del proyecto ha sido el profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Valencia Don Julián Alcalá Gonzalez.

En dicho proyecto se incluye la reposición del camino bajo la autovía mediante un paso inferior de hormigón armado de 8.00 m. de gálibo horizontal interior, un gálibo vertical interior de 5.50 m. y una longitud de 37 m. Al marco van adosadas unas aletas para la contención de las tierras del terraplén que conforma la plataforma para la A7. Estas aletas forman unos ángulos de 32° y 76° en una cara y 24° y 90° en la otra respecto al eje del camino.

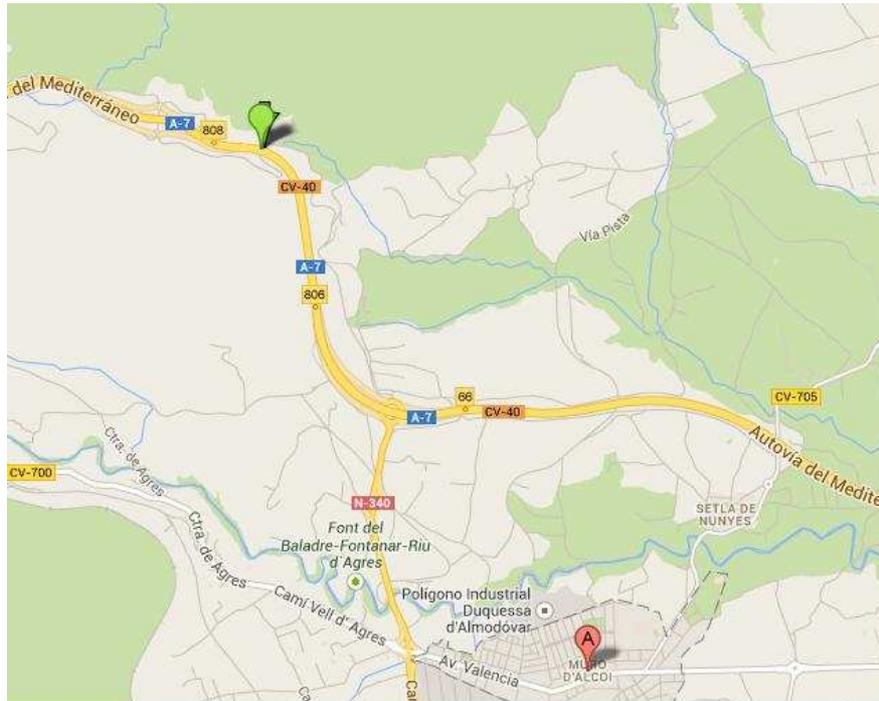
El paso inferior se construye al unísono con las obras de construcción de la autovía.

## **3.- SITUACIÓN ACTUAL Y NECESIDADES**

El paso inferior está ubicado en la Comunidad Autónoma de Valencia, concretamente pertenece a la localidad de Muro de Alcoy, provincia de Alicante.



Más concretamente se encuentra ubicado en el P.K. 11+153 del tramo Cocentaina – Muro de Alcoi de la A7



#### **4.- CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA**

Para poder realizar la redacción del proyecto ha sido necesario un levantamiento topográfico.

Se ha empleado el levantamiento topográfico realizado para la construcción del proyecto “Proyecto de Construcción Autovía del Mediterráneo, tramo: Cocentaina – Muro de Alcoi”

#### **5.- GEOLOGÍA Y GEOTECNIA**

Los tipos litológicos dominantes en el tramo que nos ocupa son a) Arcillas limosas (Qal-C) y b) Arcillas grisáceas (TAP mo) cuyos parámetros son:

NIVEL A. ARCILLAS LIMOSAS (Qal-C):

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| • Resistencia a corte sin drenaje: | <b><math>C_u = 0,55 \text{ kg/cm}^2</math></b>    |
| • Ángulo de rozamiento efectivo:   | <b><math>\phi = 28^\circ</math></b>               |
| • Cohesión efectiva:               | <b><math>c' = 0,05 \text{ kp/cm}^2</math></b>     |
| • Densidad aparente:               | <b><math>\gamma = 1,90 \text{ t/m}^3</math></b>   |
| • Densidad seca:                   | <b><math>\gamma_d = 1,70 \text{ t/m}^3</math></b> |
| • Módulo de deformación efectivo:  | <b><math>E' = 90 - 100 \text{ kg/cm}^2</math></b> |

**NIVEL B. ARCILLAS GRISÁCEAS (TAP mo).**

- Resistencia a corte sin drenaje:  $C_u = 1,25 \text{ kg/cm}^2$
- Ángulo de rozamiento efectivo:  $\varphi = 29^\circ$
- Cohesión efectiva:  $c' = 0,20 \text{ kp/cm}^2$
- Densidad aparente:  $\gamma = 2,00 \text{ t/m}^3$
- Densidad seca:  $\gamma_d = 1,70 \text{ t/m}^3$
- Módulo de deformación efectivo:  $E' = 200 \text{ kg/cm}^2$

Se debe de tener en cuenta que la cimentación no apoyará sobre el nivel A, sino sobre una capa la cual presenta unas características tensodeformacionales de mayor calidad que el nivel anteriormente citado (escollera/pedraplén de relleno), por lo tanto para el cálculo de la cimentación de estos pasos inferiores debemos de tener en cuenta este nivel sustituido y sus características tensodeformacionales. En cualquier caso, la naturaleza del material de aportación se comprobará mediante la ejecución de placas de carga. Dicha información aparece en el anejo nº 2: Geología y Geotecnia.

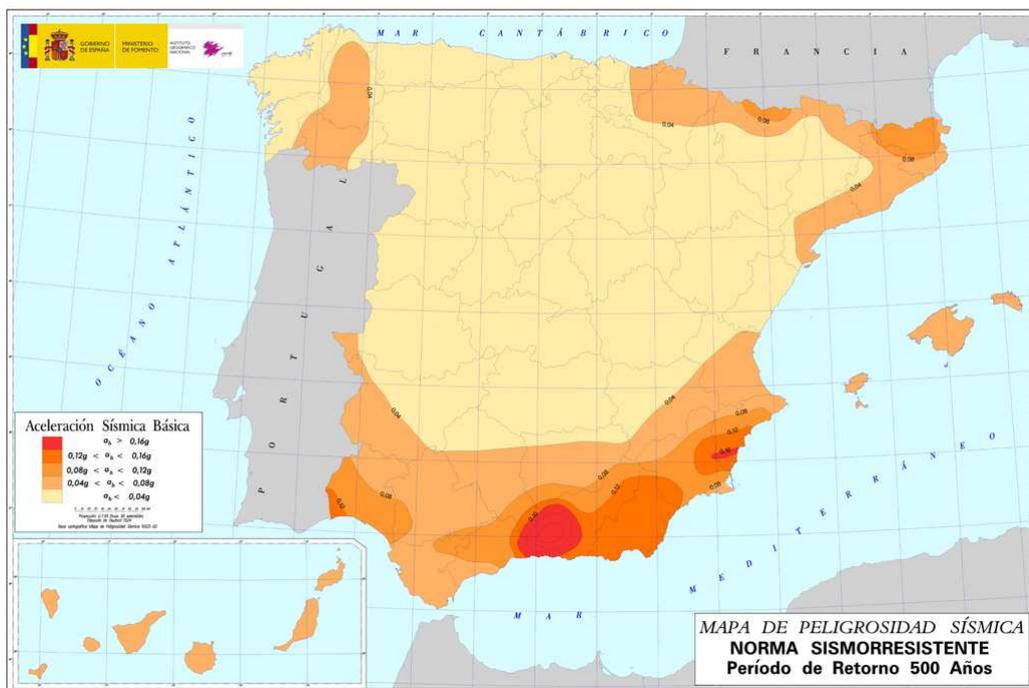
Los parámetros geotécnicos necesarios para la caracterización del terreno han sido:

*Coefficiente de balasto adoptado:  $K_v = 30 \text{ MN/m}^3$*

*Tensión admisible:  $\sigma_{adm} 2 \text{ MPa}$*

**6.-SISMO**

El presente estudio de los efectos sísmicos a considerar para el dimensionamiento de las estructuras, se realiza de acuerdo a la normativa vigente, constituida por la Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07) aprobada por Real Decreto 637/2007, de 18 de mayo.



Se deduce que la zona de estudio se caracteriza por una aceleración sísmica básica  $a_b$  “valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, correspondiente a un periodo de retorno de 500 años”, igual a:

$$a_b = 0.07g$$

La aceleración sísmica de cálculo es  $a_c = S * \rho * a_b$ , que en nuestro caso:

$$a_c = 1.28 * 1.3 * 0.07g = 0.1164 g$$

## **7.- ESTUDIO DE SOLUCIONES**

Con el estudio de soluciones se pretende realizar la elección de la alternativa de ejecución del paso inferior óptima para la realización del presente proyecto.

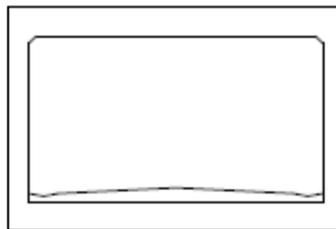
Para ello se describirán los condicionantes técnicos de partida, se propondrá un conjunto de posibles soluciones estructurales, se determinarán los criterios de juicio a aplicar, se analizarán con ellos las propuestas técnicas ya planteadas, se concluirá justificadamente con la mejor de todas y se ampliará la descripción de ésta última.

Los principales criterios de valoración son: funcionalidad, construcción, conservación, impacto ambiental, estética y economía.

Las distintas soluciones propuestas son:

- *Solución 1:* Pórtico en U invertida de hormigón armado.
- *Solución 2:* Marco cerrado hormigón armado “in situ”.
- *Solución 3:* Marco cerrado hormigón prefabricado.

Resultando como elegida la solución 2. El estudio de dicha solución se lleva a cabo en el Anejo n° 3 Estudio de Soluciones y constituye uno de los anejos fundamentales del presente proyecto.



MARCO DE HORMIGÓN ARMADO EJECUTADO "IN SITU"

## **8.- DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA**

La estructura adoptada para la reposición ha sido finalmente la de un marco de hormigón armado ejecutado “in situ”. Dicho marco se rematará en sus extremos con cuatro aletas o muros de acompañamiento de hormigón armado para la contención de tierras del terraplén. También se incluirán losas de transición diseñadas de acuerdo con las indicaciones del documento Nota de servicio sobre losas de transición en obras de paso.

### **Marco**

Las dimensiones del marco son de 8 metros de gálibo horizontal interior y 5.50 m de gálibo vertical y una longitud de 37 m. Está conformado por dos hastiales de 0.50 m de espesor, con una mensula en la parte superior de 0.30 m de ancho y 0.30 m de alto donde se apoyará la losa de transición. La montera de tierras, entendiéndose por esta la suma del terraplén y del firme de la autovía, que soportará el techo de la estructura será de 3,00 metros.

Tanto la losa superior como la losa inferior tienen un espesor de 0.80 m. En total la estructura tendrá 7,10 m desde la base de la losa inferior hasta la cara superior de la losa superior y una anchura de 9 m desde las caras exteriores de los hastiales.

Los materiales que se emplean son hormigón HM-15 como hormigón pobre para la nivelación del terreno. Para la confección del marco se utilizara HA-25/20/B/IIa y un acero B500S.

### **Aletas**

Las aletas tendrán unas dimensiones apropiadas para soportar el empuje de tierras y la carga diferida proveniente de las sobrecargas de la vía. Éstas nacerán de las esquinas de las dos secciones extremas del marco, dispuestas formando un ángulo en planta con respecto a la dirección perpendicular de la directriz del marco de 16° y 32 ° en el lado norte del marco y 24° y 90° en el lado sur. La longitud de cada una de ellas será de 13.4 m debido a la extensión de las tierras del terraplén y estarán configuradas, también cada una de ellas, por tres tipos de secciones ambas de diferente geometría y configuración de armado, en función de la altura. Con ello se pretende optimizar el empleo de acero en la construcción, ya que las situaciones tensionales soportadas van variando a medida que la aleta se aleja del marco.

La *sección 1* de cada aleta se corresponde con su arranque desde los hastiales del marco y donde la altura del alzado es máxima (6.30 m), la *sección 2* a continuación, empezará con una altura de 4.52 y finalizará con una altura de 2.74 y finalmente la *sección 3* con una altura inicial de 2.74 y finalizará con la altura del alzado mínima (1 m).

La sección más grande que conforma la aleta cuenta con un espesor de 0.60 m, un canto de zapata de 0.70 m, un talón de longitud 3 m y una anchura total de cimiento igual a 5.10 m. Análogamente la sección más pequeña que conforma la aleta cuenta con un espesor de 0.60 m, un canto de zapata de 0.70 m, un talón de longitud 1 m y una anchura total de cimiento igual a 2.1 m.

### **Losa de transición**

La losa de transición ha sido diseñada de acuerdo con las indicaciones del documento *Nota de servicio sobre losas de transición en obras de paso*, medirá 5 m de longitud y 0.30 m de espesor desde su arranque en el hastial sobre un dado de apoyo visto en la sección del marco, por cuanto la carretera superior es una autovía y la altura del terraplén de 3 m. Se ejecutarán tanto en el flanco este del marco de hormigón como en el oeste y sobre cada carril.

## **9.- CÁLCULO DE LAS ESTRUCTURAS**

### **Acciones a considerar**

Las acciones a considerar son las indicadas en la Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11) aprobada por la Orden FOM/2842/2011, el 29 de septiembre.

- Acciones permanentes (G)
  - Peso propio.
  - Cargas muertas
- Cargas permanentes de valor no constante (G\*)
  - Empuje activo
  - Empuje al reposo del terreno
- Acciones variables (Q)
  - Tren de cargas
  - Sobrecarga uniformemente repartida.
  - Sobrecarga en terraplenes adyacentes.
- Acciones (A)
  - Sismo.

### **Características de los materiales**

En la construcción del marco, las aletas y las losas de transición se emplearán:

- HM-15 para limpieza y nivelación
- HA-25/B/20/IIa como material estructural en marco, losas y aletas.

Para todas las estructuras se empleará acero soldable a forma de barra corrugada tipo B500 S

## **Coefficientes de seguridad**

La seguridad en el proyecto se ha introducido mediante el método de los Estados Límite, que supone la aplicación de coeficientes de minoración de resistencias y de mayoración de acciones. Los coeficientes vienen marcados por la normativa vigente y son los normalmente empleados en este tipo de obras. La misma normativa establece la hipótesis de combinación de acciones. En el Anejo n° 4 Cálculo de estructuras se puede ver una mayor descripción del método empleado.

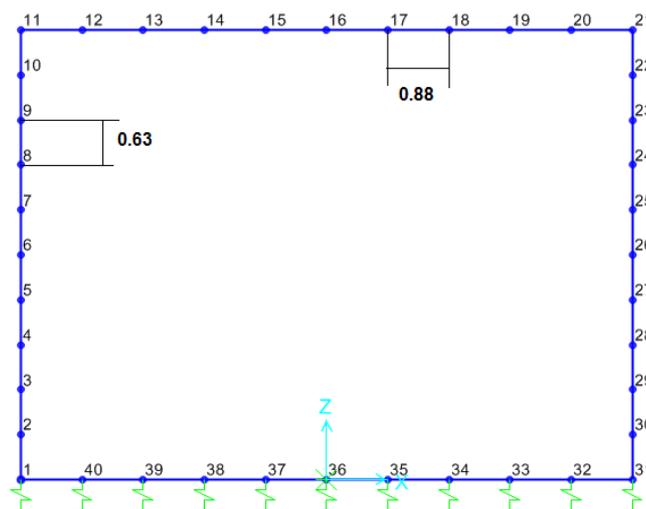
## **Modelización de la estructura**

La estructura del cajón se calculará por elementos finitos tipo marco mediante nudos y barras, utilizando el programa informático “SAP-2000”, con el fin de calcular los distintos esfuerzos de rotura (Cortante, axil y flector).

De esta manera y tras definir e introducir en el programa informático las distintas solicitaciones actuantes así como sus estados de carga, dicho programa nos devolverá por cada tramo la carga máxima actuante, el estado de carga más desfavorable del correspondiente tramo.

Como hemos mencionado, la estructura del cajón, que calcularemos por elementos finitos tipo mediante nudos y barras utilizando el programa informático “SAP 200” deberá ser modelizada previamente. Para realizar esta modelización se divide la misma en tramos equidistantes, concretamente, en 10 tramos por cada una de sus partes significativas, así como quedaría dividido del 1 al 10 en el hastial izquierdo, del 11 al 20 en la losa superior, del 21 al 30 en el hastial derecho y del 31 al 40 en la losa inferior.

Destacar que, en dicho programa, la estructura queda modelizada mediante una sección transversal de un metro de espesor.



## **10.- DRENAJE**

La infiltración del agua procedente de las precipitaciones en el terraplén que conforma la plataforma de la autovía A7 puede causar serios problemas, es por esta razón, por la que para el drenaje del marco se dispondrá una lámina de geotextil protegiendo el trasdós de todos los elementos que estén en contacto con el terraplén además de la impermeabilización previa mediante pintura asfáltica. Al pie del trasdós de cada muro se dispondrá de un tubo dren de PVC ranurado doble de pared de  $\square$  150 mm. Que conducirá el agua drenada hacia el exterior del terraplén para que no afecte a la estructura evitando así las sobrepresiones que pueda ocasionar.

Además se dispondrá de una capa de material drenante en el trasdós de los paramentos verticales a base de gravas.

Los materiales a emplear son:

- Lámina drenante de geotextil de 200 g/m<sup>2</sup>
- Tubo dren de PVC ranurado doble pared de  $\square$  150 mm.

## **11.- VALORACIÓN**

A continuación se muestra el resumen de la valoración correspondiente a la ejecución de las obras necesarias para la realización del proyecto “Proyecto de la reposición del camino en el PK 11+153 del tramo Cocentaina - Muro de Alcoy de la A7” en el termino municipal de Muro de Alcoy (Alicante)

| Descripción                      | Importe    |
|----------------------------------|------------|
| CAPITULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRA | 8820       |
| CAPITULO 2. ESTRUCTURAS          | 248811,226 |
| CAPITULO 3. DRENAJE              | 11804,22   |
|                                  |            |
| Valoración Total                 | 269435,446 |

## **12.- DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO**

- DOCUMENTO N° 1: MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ANEJOS:

- ANEJO N° 1: LOCALIZACIÓN, CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA.
- ANEJO N° 2: GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
- ANEJO N° 3: ESTUDIO DE SOLUCIONES
- ANEJO N° 4: CÁLCULO DE ESTRUCTURAS
- ANEJO N° 5: VALORACIÓN

- DOCUMENTO N° 2: PLANOS
  - 01\_SITUACIÓN
  - 02\_EMPLAZAMIENTO
  - 03\_PLANTA GENERAL Y REPLANTEO
  - 04\_DEFINICIÓN GEOMÉTRICA 1
  - 05\_DEFINICIÓN GEOMÉTRICA 2
  - 06\_ARMADO DEL MARCO
  - 07\_ARMADO DE ALETAS
  - 08\_DESPIECE DEL MARCO
  - 09\_DESPIECE ALETAS

