

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

TITULO:

Proyecto de la reposición del camino en el PK
2+915 del tramo Cocentaina - Muro de Alcoy de
la A7

Tutor: Julián Alcalá Gonzalez
Autor: Villalba Garzarán, Manuel
Valencia, Junio 2014

ÍNDICE

01. MEMORIA

02. ANEJOS

Anejo nº 1 LOCALIZACIÓN, CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

Anejo nº 2 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

Anejo nº 3 ESTUDIO DE SOLUCIONES

Anejo nº 4 CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

Anejo nº 5 VALORACIÓN

03 PLANOS

- Plano nº 1: Plano de situación.
- Plano nº 2: Plano de emplazamiento
- Plano nº 3: Planta general replanteo
- Plano nº 4: Definición geométrica 1
- Plano nº 5: Definición geométrica 2
- Plano nº 6: Armado marco.
- Plano nº 7: Armado aletas
- Plano nº 8: Despiece marco
- Plano nº 9: Despiece aletas

MEMORIA

ÍNDICE

1.- OBJETO Y ALCANCE

2.- ANTECEDENTES

3.- SITUACIÓN ACTUAL Y NECESIDADES

4.- CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

5.- GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

NIVEL A. ARCILLAS LIMOSAS FIRMES (Qal-C):

NIVEL B. GRAVAS ARENOSAS (Qal-G):

NIVEL C. MARGAS ARCILLOSAS/ARCILLAS MARGOSAS (TAP):

6.-SISMO

7.- ESTUDIO DE SOLUCIONES

8.- DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Marco

Aletas

Losa de transición

9.- CÁLCULO DE LAS ESTRUCTURAS

Acciones a considerar

Características de los materiales

Coefficientes de seguridad

Modelización de la estructura

10.- DRENAJE

11.- VALORACIÓN

Valoración

Resumen valoración

12.- DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

13. CONCLUSIÓN

1.- OBJETO Y ALCANCE

El objeto del presente documento es demostrar la adquisición de los conocimientos necesarios para la elaboración de un *Trabajo Fin de Grado* con el fin de obtener el título de Grado de Obras Públicas, especialidad en Construcciones Civiles, y las capacidades correspondientes, mediante la redacción del proyecto titulado “Proyecto de la reposición del camino en el PK 2+915 del tramo Cocentaina - Muro de Alcoy de la A7”

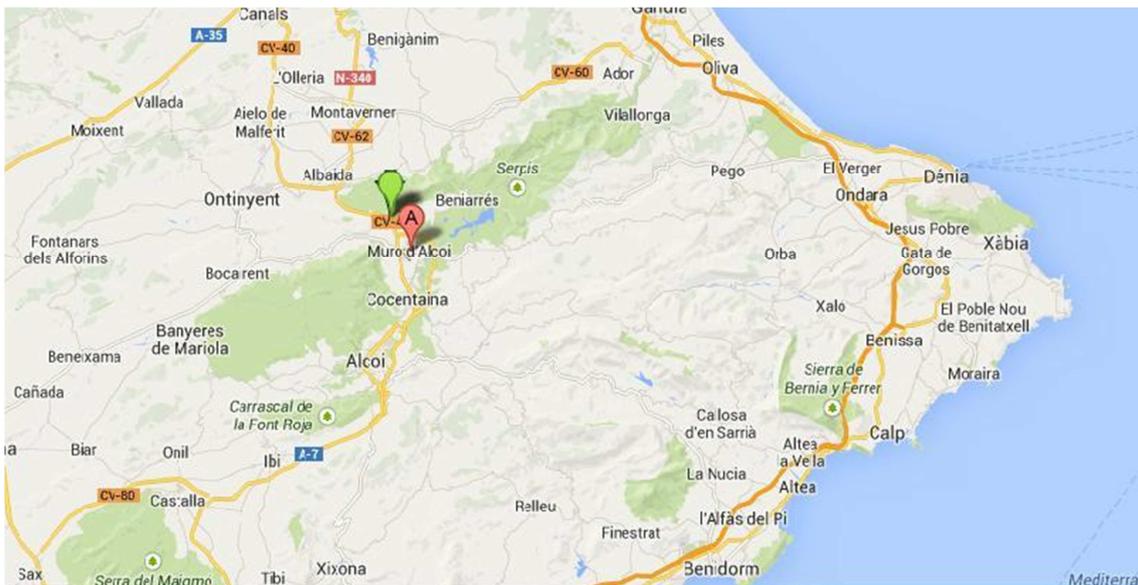
2.- ANTECEDENTES

El “Proyecto de la reposición del camino en el PK 2+915 del tramo Cocentaina - Muro de Alcoy de la A7” fue propuesto por el profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Valencia Don Julián Alcalá como Trabajo Final de Grado.

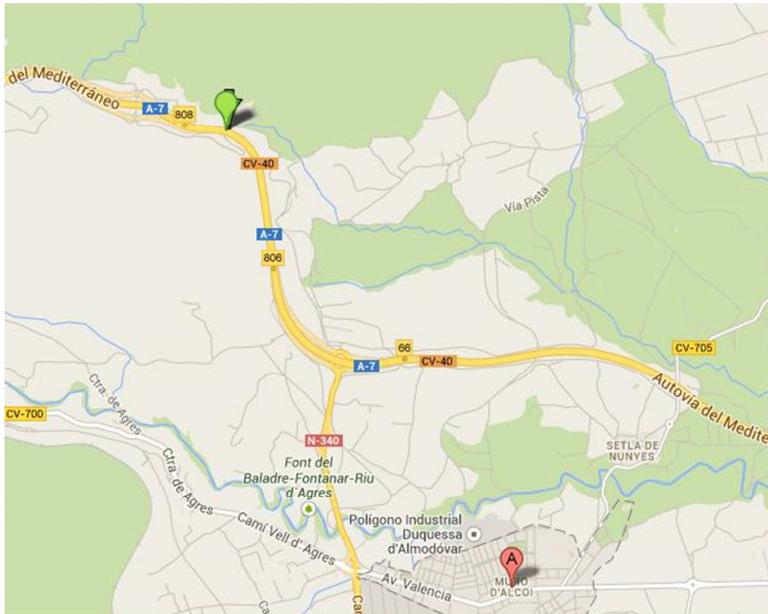
En dicho proyecto se incluye la reposición del camino bajo la autovía mediante un paso inferior de hormigón armado de 8.00 m. de gálibo horizontal interior, un gálibo vertical interior de 5.50 m. y una longitud de 30 m. Al marco van adosadas unas aletas para la contención de las tierras del terraplén que conforma la plataforma para la A7. Estas aletas forman un ángulo de 29-61-31-47° respecto a la directriz longitudinal del marco.

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 PK 2+915 del tramo Cocentaina – Muro de Alcoy 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 Firmes (Qal-C), B) GRAVAS ARENOSAS (Qal-G) y C) MARGAS ARCILLOSAS/ARCILLAS MARGOSAS (TAP). Cuyos parámetros son:

NIVEL A. ARCILLAS LIMOSAS FIRMES (Qal-C):

- Resistencia a corte sin drenaje: **$C_u = 1,50 \text{ kg/cm}^2$.**
- Ángulo de rozamiento efectivo: **$\varphi = 29^\circ$**
- Cohesión efectiva: **$c' = 0,10 \text{ kp/cm}^2$**
- Densidad aparente: **$\gamma = 1,90 \text{ t/m}^3$**
- Densidad seca: **$\gamma_d = 1,70 \text{ t/m}^3$**
- Módulo de deformación efectivo: **$E' = 200 - 250 \text{ kg/cm}^2$**

NIVEL B. GRAVAS ARENOSAS (Qal-G):

- Ángulo de rozamiento efectivo: **$\varphi = 35-37^\circ$**
- Cohesión efectiva: **$c' = 0,00 \text{ kp/cm}^2$**
- Densidad aparente: **$\gamma = 2,20 \text{ t/m}^3$**

- Densidad seca: $\gamma_d = 2,00 \text{ t/m}^3$
- Módulo de deformación efectivo: $E' = 450-500 \text{ kg/cm}^2$

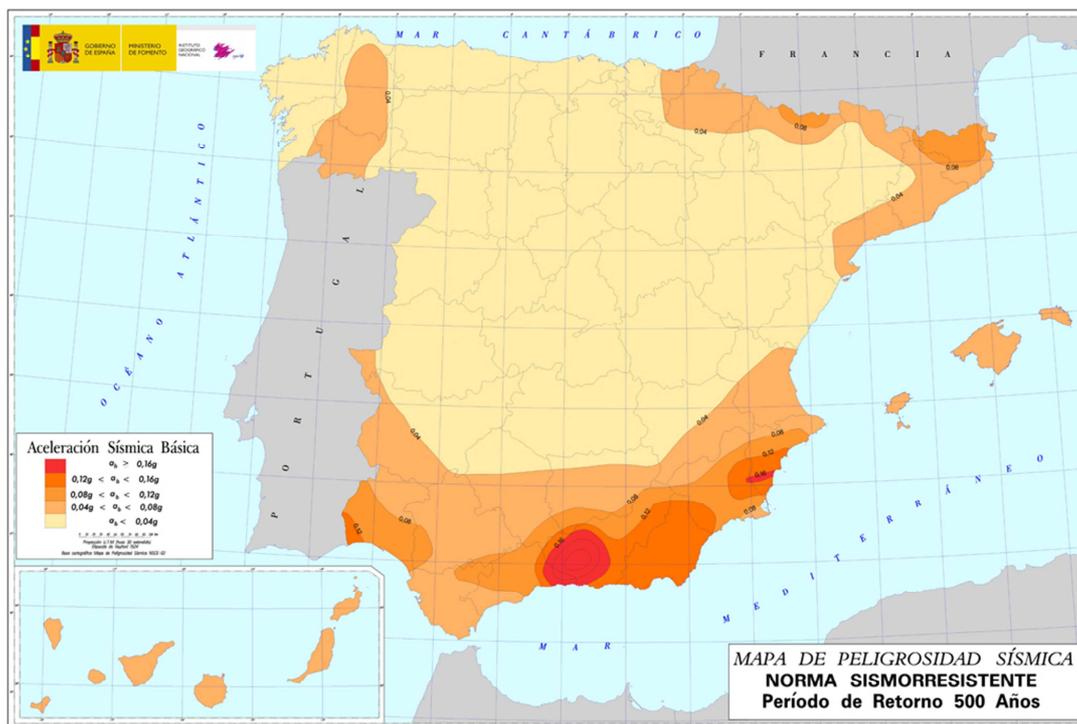
NIVEL C. MARGAS ARCILLOSAS/ARCILLAS MARGOSAS (TAP):

- Resistencia a corte sin drenaje: $C_u = 2,25 \text{ kg/cm}^2$.
- Ángulo de rozamiento efectivo: $\phi = 29^\circ$
- Cohesión efectiva: $c' = 0,10 \text{ kp/cm}^2$
- Densidad aparente: $\gamma = 2,00 \text{ t/m}^3$
- Densidad seca: $\gamma_d = 1,70 \text{ t/m}^3$
- Módulo de deformación efectivo: $E' = 400 \text{ kg/cm}^2$

Se debe tener en cuenta que la cimentación se apoyará sobre el nivel A, la cual presenta unas características tensión-deformación suficientes para la materialización de la estructura. Para el cálculo de la cimentación se tomará el estrato A) ARCILLAS LIMOSAS FIRMES (Qal-C), siendo el nivel de apoyo principal y el estrato más desfavorable, de forma que se quede de parte de la seguridad. En cualquier caso, la naturaleza del material de aportación se comprobará mediante la ejecución de placas de carga.

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.

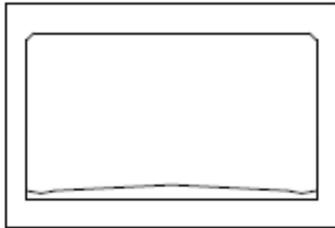
Los principales criterios de valoración son: funcionalidad, construcción, conservación, impacto ambiental, estética y economía.

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 nº 04 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

El marco en alzado tiene una forma trapezoidal con un ángulo de 106 en la esquina SE y un ángulo de 74 en la esquina NE; para compensar los 14° de esviación, respecto a la perpendicular de la carretera. Las dimensiones del marco son de 8 metros de gálibo horizontal interior y 5.50 m de gálibo vertical y una longitud total de 30 m. Está conformado por dos hastiales de 0.80 m de espesor, con una ménsula 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 de altura desde la base de la losa inferior hasta la cara superior de la losa superior y una anchura de 9.6 m desde las caras exteriores de los hastiales. En la losa inferior sobresalen de los hastiales unos remates rectangulares de 0,10 m quedando con una anchura de 9,8 m

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

Lo ideal sería adaptar una sección diferente en cada uno de los puntos de la directriz, teniendo en cuenta las necesidades geométricas que deben satisfacer las aletas al acompañar el descenso del talud de la autovía, adaptándose a su vez a las irregularidades del terreno y a la posición del paso inferior; tomando esta decisión

surgirían alturas de muro muy diferentes a lo largo de ellas de cada aleta, de acuerdo con la altura del muro que allí se presentara, puesto que los esfuerzos soportados ahí serían particulares; pudiendo producir problemas constructivos e inducir a la confusión en las dimensiones de las aletas; por estas causas, esta tarea es inviable por motivos obvios.

Como solución intermedia, se propone dividir longitudinalmente en planta las aletas, formando módulos longitudinales equivalentes, con la misma anchura de zapata y de muro.

Las aletas tendrán unas dimensiones apropiadas para soportar el empuje de tierras de la aleta más solicitante. Las aletas soportan el empuje de las tierras, y el tramo 1, además, soporta un incremento proveniente de las sobrecargas de la vía.

Éstas nacerán en las esquinas de las dos secciones internas de los hastiales. Con el fin de que todas las zapatas tengan la misma longitud, respetando los taludes, es necesario que cada aleta adopte un ángulo diferente respecto a la directriz del marco.

La aleta SO tiene un ángulo de 29° , la aleta SE forma un ángulo de 61° , la aleta NO tiene un ángulo de 31° , y finalmente, la aleta NO, un ángulo de 47° .

Todas las aletas tienen una longitud de 13,4 metros, divididas en tres tramos, el primer y segundo tramo tienen una longitud de 4,5 metros mientras que el tercer tramo tiene una longitud de 4,4 metros.

La altura de las zapatas será la misma para las cuatro aletas, midiendo 0,70 metros, con una anchura diferente en cada tramo; el tramo 1 tiene una anchura en el trasdós de 3 metros, y en el intradós de 1,5 m. El tramo 2 se forma con una anchura en el trasdós de 2 metros y en el intradós de 1 metro; y el tramo 3 tiene una medida de ancho en el trasdós de 1 metro y en el intradós de 0,5 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 nº 05 Cálculo de estructuras se puede ver una mayor descripción del método empleado.

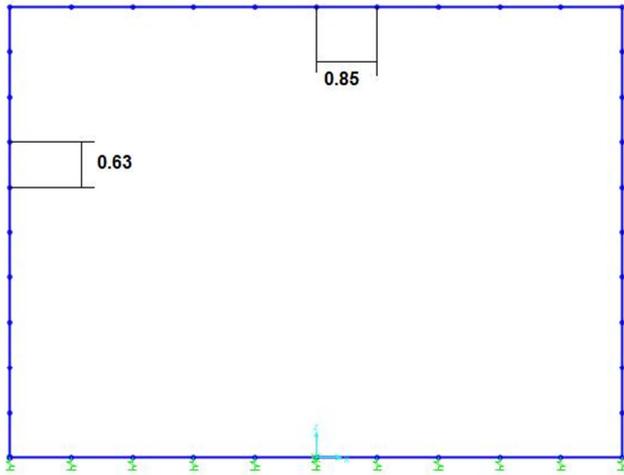
Modelización de la estructura

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 ϕ 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.

Los materiales a emplear son:

- Imprimación asfáltica
- Lámina drenante de geotextil de 200 g/m^2
- Relleno drenante de gravas
- Tubo dren de PVC ranurado doble pared de ϕ 150 mm.
- Geotextil filtrante

11.- VALORACIÓN

Valoración

Ud	Descripción	Mediciones	Precio (€)	Importe
CAPITULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRAS				
m2	Despeje y desbroce del terreno mediante medios mecánicos, incluso carga en camión, transporte a vertedero y descarga	1050	0,66	693
m3	Excavación a cielo abierto de terreno vegetal para la sustitución del material por suelo seleccionado	3150	1,28	4032
m3	Colocación del del suelo seleccionado mediante medios mecánicos	3150	1,3	4095
	Total			8.820,00 €
CAPITULO 2. ESTRUCTURAS				
MARCO				
kg	Acero en barra corrugada B 550 S de límite elástico 500MPa, incluso suministro, ferrallado y colocación y parte proporcional de separadores, despuntes solapes, ataduras y soldaduras.	50658,673	1,08	54711,36681
m3	Hormigón en masa HM-15/B/20/IIa para uso de limpieza y nivelación incluso adquisición transporte, vertido, vibrado y curado.	36,4864865	50,2	1831,621622
m3	Hormigón para armar HA-25/B/20/IIa de resistencia 25 Mpa, consistencia blanda, tamaño máximo del árido 20 mm, ambiente de exposición general de humedad normal. Incluso fabricación en central, carga en camión hormigonera, transporte, vertido, vibrado y cur	979,459459	57,5	56318,91892
m2	Superficie encofrada de madera en paramentos verticales, incluso suministro, montaje, colocación, desencofrado, limpieza y parte proporcional de apeos, apuntalamientos y líquido desencofrante.	891,891892	12,73	11353,78378
m2	Superficie encofrada de madera en paramentos horizontales en losa superior, incluso suministro, montaje, colocación, desencofrado, limpieza y parte proporcional de apeos, apuntalamientos y líquido desencofrante.	324,324324	46,29	15012,97297
	Total			139.228,66 €

ALETAS				
kg	Acero en barra corrugada B 550 S de límite elástico 500MPa, incluso suministro, ferrallado y colocación y parte proporcional de separadores, despuntes solapes, ataduras y soldaduras.	26144,52	1,08	28236,0816
m3	Hormigón en masa HM-15/B/20/Ila para uso de limpieza y nivelación incluso adquisición transporte, vertido, vibrado y curado.	30	54,7	1641
m3	Hormigón para armar HA-25/B/20/Ila de resistencia 25 Mpa, consistencia blanda, tamaño máximo del árido 20 mm, ambiente de exposición general de humedad normal. Incluso fabricación en central, carga en camión hormigonera, transporte, vertido, vibrado y cur	351,32	76,77	26970,8364
m2	Superficie encofrada de madera en paramentos verticales, incluso suministro, montaje, colocación, desencofrado, limpieza y parte proporcional de apeos, apuntalamientos y líquido desencofrante.	768	12,73	9776,64
Total				66.624,56 €
LOSA DE TRANSICIÓN				
m3	Hormigón en masa HM-15/B/20/Ila para uso de limpieza y nivelación incluso adquisición transporte, vertido, vibrado y curado.	25	54,7	1367,5
m3	Hormigón para armar HA-25/B/20/Ila de resistencia 25 Mpa, consistencia blanda, tamaño máximo del árido 20 mm, ambiente de exposición general de humedad normal. Incluso fabricación en central, carga en camión hormigonera, transporte, vertido, vibrado y cur	75	76,77	5757,75
kg	Acero en barra corrugada B 550 S de límite elástico 500MPa, incluso suministro, ferrallado y colocación y parte proporcional de separadores, despuntes solapes, ataduras y soldaduras.	151,45	1,08	163,566
m2	Superficie encofrada de madera en losa de transición, incluso suministro, montaje, colocación, desencofrado, limpieza y parte proporcional de apeos, apuntalamientos y líquido desencofrante.	250	12,73	3182,5
Total				10.471,32 €

CAPITULO 3. DRENAJE				
m	Tubo dren ranurado, de doble pared de PVC y Ø150 mm, colocado en base de trasdós de paramentos verticales, incluso suministro a pie de obra, colocación y montaje.	50	8,46	423
m2	Lamina drenante de geotextil de 200 g/m2, incluso colocación y montaje.	399,42	2,25	898,695
m3	Relleno de material drenante a base de gravas, incluso adquisición, carga, transporte, vertido, extensión.	472,5	10,35	4890,375
m2	Paramento vertical y horizontal impermeabilizado con pintura asfáltica	765	7,31	5592,15
Total				11.804,22 €

Resumen 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 2+915 del tramo Cocentaina - Muro de Alcoy de la A7” en el término municipal de Muro de Alcoy (Alicante)

Descripción	Importe
CAPITULO 1. MOVIMIENTO DE TIERRA	8820
CAPITULO 2. ESTRUCTURAS	216324,538
CAPITULO 3. DRENAJE	11804,22
Valoración Total	236948,758

12.- DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

01. MEMORIA

02. ANEJOS

Anejo nº 1 LOCALIZACIÓN, CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

Anejo nº 2 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

Anejo nº 3 ESTUDIO DE SOLUCIONES

Anejo nº 4 CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

Anejo nº 5 VALORACIÓN

03 PLANOS

- Plano nº 1: Plano de situación.
- Plano nº 2: Plano de emplazamiento
- Plano nº 3: Planta general replanteo
- Plano nº 4: Definición geométrica 1
- Plano nº 5: Definición geométrica 2
- Plano nº 6: Armado marco.
- Plano nº 7: Armado aletas
- Plano nº 8: Despiece marco
- Plano nº 9: Despiece aletas

13. CONCLUSIÓN

Considerando que el presente Proyecto de Construcción ha sido redactado de acuerdo con las Normas Técnicas y Administrativas en vigor, y que con los documentos que integran este Proyecto se encuentran suficientemente detallados todos y cada uno de los elementos necesarios, se somete a la consideración de la superioridad para su aprobación si procede.

Valencia, 13 de junio de 2014

Autor de la Memoria

Fdo.: Villalba Garzarán, Manuel

