



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior  
de Ingeniería de Caminos,  
Canales y Puertos



Universidad Politécnica de Valencia

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

PROYECTO DE ESTRUCTURA PARA ODT EN EL ARROYO DEL RETORTILLO Y  
REPOSICIÓN DEL CAMINO EN EL PK 268,4 DE LA L.A.V MADRID-EXTREMADURA EN EL  
TERMINO MUNICIPAL DE MALPARTIDA DE PLASENCIA (CÁCERES)



**Trabajo Final de Grado del autor:**

**Cristian David Montenegro Yar**

**Dirigido por el tutor:**

**D. Julián Alcalá González**

**Grado en Ingeniería de Obras Públicas**

**DICIEMBRE 2015**



DOCUMENTO N°1:

MEMORIA



## **INDICE**

---

- 1. INTRODUCCIÓN. OBJETO Y ALCANCE**
- 2. ANTECEDENTES**
- 3. SITUACIÓN ACTUAL**
- 4. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA**
- 5. GEOLOGÍA**
- 6. GEOTECNIA**
- 7. ESTUDIO DE SOLUCIONES**
- 8. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA**
- 9. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA**
- 10. CÁLCULO DE LAS ALETAS**
- 11. COMPROBACIÓN DEL ASIENTO**
- 12. VALORACIÓN DE LAS OBRAS**
- 13. DOCUMENTOS QUE COMPONEN EL DOCUMENTO**



## 1. INTRODUCCIÓN. OBJETO Y ALCANCE

La presente memoria corresponde al Proyecto de estructura para ODT en el Arroyo del Retortillo y reposición del camino en el PK 268,4 de la L.A.V Madrid-Extremadura en el término municipal de Malpartida de Plasencia en la provincia de Cáceres. El contenido consiste en la descripción y valoración de las obras para la construcción del paso inferior que se proyecta como solución a dicha estructura.

El presente proyecto de paso inferior comprende, además de la ejecución del marco de hormigón con sus respectivas aletas, la excavación necesaria para hacer posible la construcción del marco y el posterior relleno.

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

## 2. ANTECEDENTES

El proyecto de estructura para ODT con la construcción del paso inferior fue propuesto al alumno como Trabajo Final de Grado por D. Julián Alcalá González, profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Valencia y aprobado por la Comisión de Proyectos de la misma.

El profesor D. Julián Alcalá González, ha suministrado toda la información necesaria para hacer posible el desarrollo del trabajo final de grado.

El proyecto propuesto al alumno forma parte del proyecto de construcción de nombre "Proyecto de Construcción de Plataforma de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Extremadura. Talayuela-Cáceres. Tramo: estación de Plasencia. Plataforma". En dicho proyecto se incluye la construcción de la L.A.V Madrid-Extremadura, realizando todas las obras necesarias para ello. Este trabajo final de grado, se va a centrar en la construcción de una de las estructuras

necesarias para poder realizar dicha Línea de Alta Velocidad, como es el paso inferior que se proyecta.

El paso inferior de hormigón armado tendrá unas dimensiones de 25.20 m. de gálibo horizontal interior, un gálibo vertical interior de 6.00 m. y una longitud de 39.00 m. Al marco van adosadas unas aletas para la contención de las tierras del terraplén que conforma la plataforma para la L.A.V Madrid-Extremadura. Estas aletas forman un ángulo de 45° y 25° respecto del eje del marco.

## 3. SITUACIÓN ACTUAL

El tramo en estudio se ubica en la Comunidad de Extremadura, concretamente en la provincia de Cáceres. El proyecto se desarrolla íntegramente al suroeste del término municipal de Malpartida de Plasencia, muy cerca de la Autovía A-66 y de la carretera nacional N-630, donde transcurrirá paralelamente la L.A.V Madrid-Extremadura.

A continuación se muestra en el cuadrado rojo la ubicación exacta del PK 268.4 de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Extremadura en la que se proyecta el paso inferior.



La topografía de la zona es

#### 4. CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFÍA

Para poder realizar la redacción del proyecto ha sido necesario un levantamiento cartográfico de la zona a estudiar.

Se ha empleado el levantamiento topográfico realizado en el “Proyecto de Construcción de Plataforma de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Extremadura. Talayuela-Cáceres. Tramo: estación de Plasencia. Plataforma”, proporcionado por el profesor D. Julián Alcalá González.

Se colocarán tres bases de replanteo, haciéndolas coincidir con puntos fácilmente identificables de la zona.

Las bases de replanteo estarán dotadas de coordenadas x, y, z en el sistema UTM.

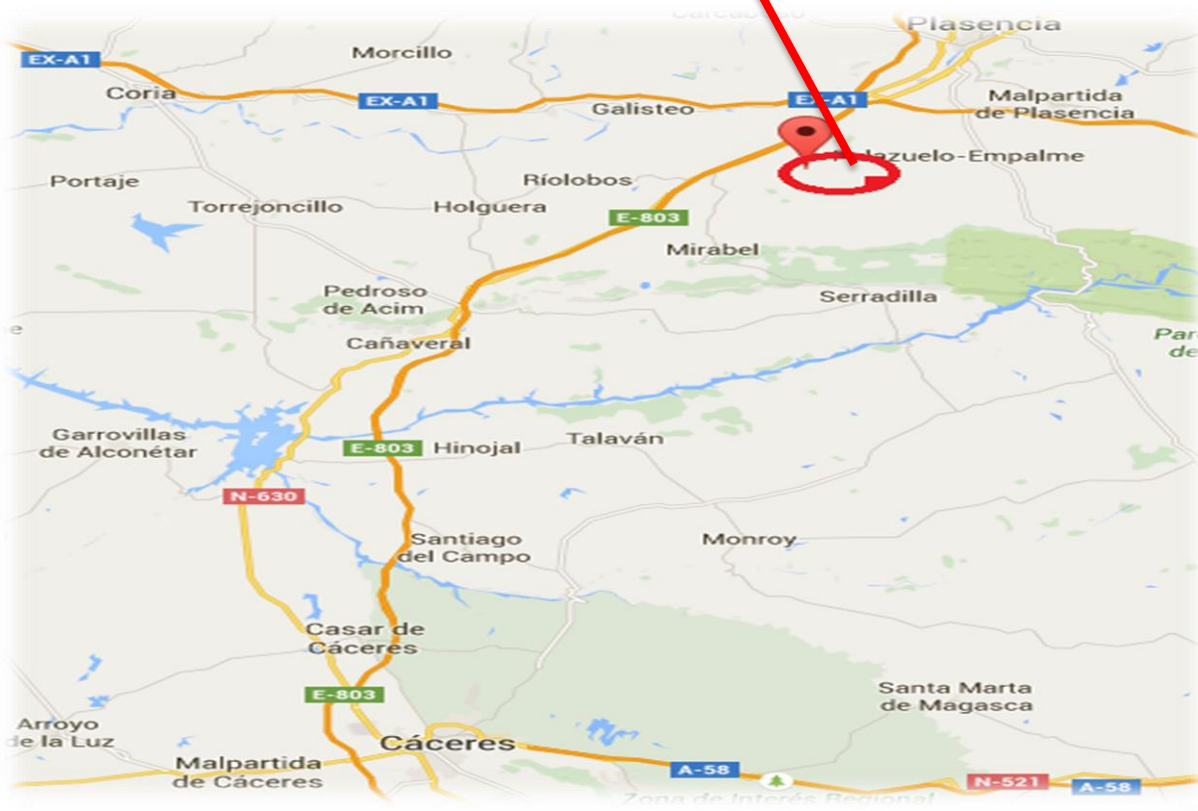
A continuación está el listado de bases de replanteo.

BASE	X	Y
BR-1	226.744,718	4.426.183,711
BR-2	226.743,536	4.426.206,409
BR-3	226.729,096	4.426.219,445

#### 5. GEOLOGIA

La zona de las obras se localiza en la Zona Centroibérica del Macizo Ibérico. En la zona estudiada, se afecta a una serie metamórfica formada por pizarras, esquistos y paragrauvas muy monótona.

El modelado del valle está controlado por fallas de dirección NE-SO , conformando un valle de fondo en general plano, y laderas disimétricas, siendo más abrupta y prolongada la SE.





Cuatro eras geológicas explican los elementos fundamentales que constituyen el paisaje que vemos en la actualidad. En un principio Precámbrico y Paleozoico. En la era secundaria Mesozoico, posteriormente el Terciario. Finalmente en la edad actual, el Cuaternario.

#### Estratigrafía

En la zona de estudio pueden encontrarse diferentes materiales dependiendo del grado de deformación:

- Depósitos Terciarios (T) en cubetas aisladas de edad neógena (cuencas Pull-apart), de naturaleza detrítica (arenas, microconglomerados y arcillas rojizas)
- Recubrimientos de edad Cuaternario, en general, de muy poco espesor. Están representados casi exclusivamente por niveles de terrazas bajas del sistema Arroyo del Retortillo y Valdelinares-Retortillo, además por los depósitos coluvio-aluviales, aluvio-coluviales y la montera de alteración del substrato rocoso.

#### Tectónica

La deformación tectónica dentro del Dominio del Complejo Esquistoso-Grauváquico se caracteriza por una intensa deformación tangencial a lo largo de sus bordes meridional y septentrional, mientras que en la zona central, es de pliegues levantados, esto es, con superficie axial subvertical y poca deformación interna. La deformación Variscia del conjunto del Dominio se inicia en el Carbonífero Inferior mediante una deformación de tipo tangencial, con el desarrollo de cabalgamientos y pliegues tumbados en los bordes norte y sur.

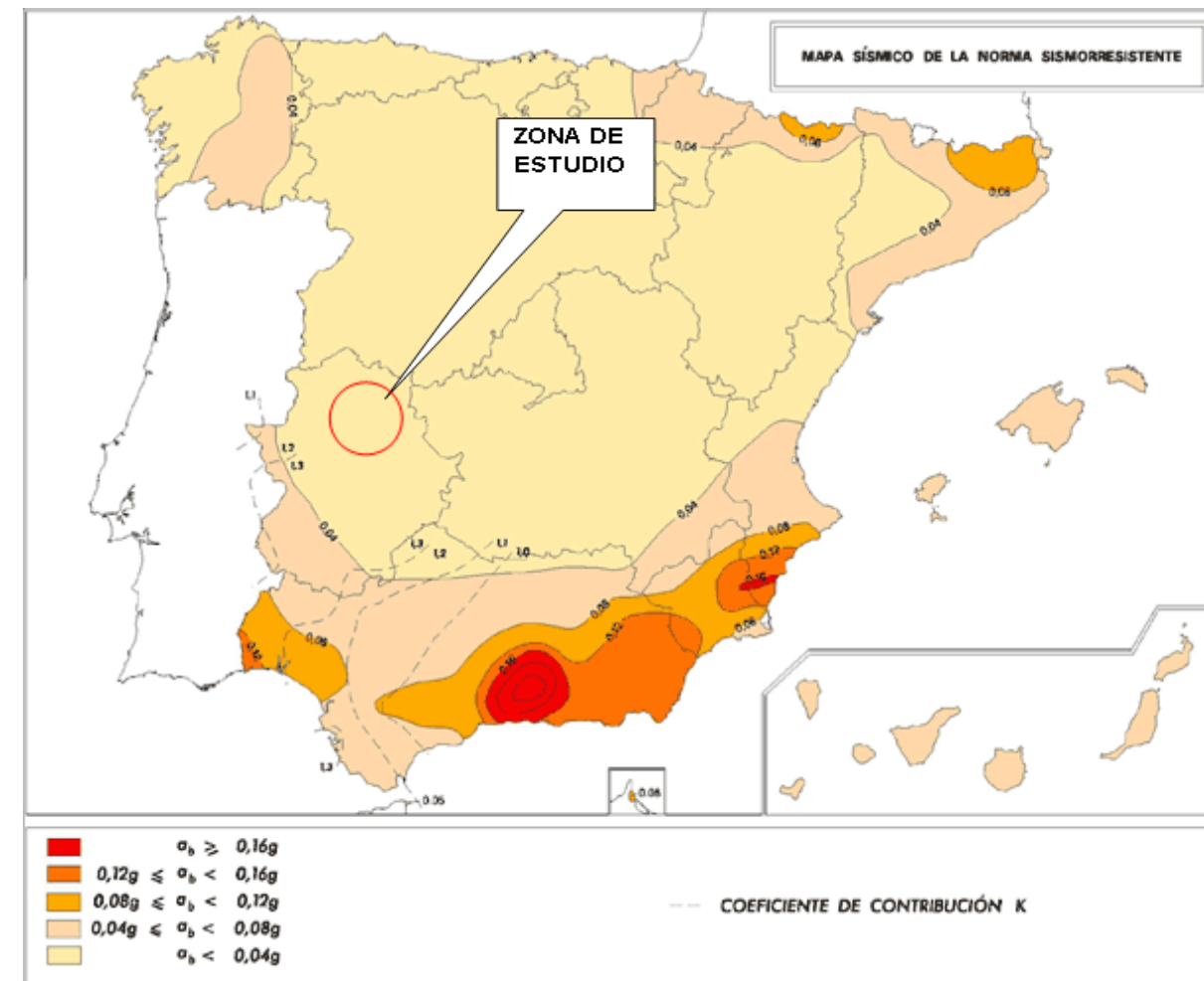
#### Geomorfología

Las grandes alineaciones que atraviesan la penillanura presentan un rumbo dominante hacia el NO, pues se corresponden con antiguos plegamientos hercínicos. Las depresiones intermedias se rellenan con los depósitos areno-arcillosos terciarios arrancados de las sierras. La llanura de pizarras desarrolla suelos arcillosos sobre los que sobresalen las lajas de pizarra. El trazado discurre por un corredor de anchura homogénea. A lo largo de esta zona, se afectan de forma intermitente, materiales metamórficos del substrato pertenecientes al

Complejo Esquistoso-Grauváquico, terrazas, suelos aluviales y coluviones, así como rellenos. Toda la zona de estudio queda incluida dentro de la unidad geomorfológica de piedemonte.

#### Sismicidad

De acuerdo con la “Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07)”, la aceleración sísmica básica  $a_b$  para el presente Proyecto es menor de 0,04 g en toda la zona de actuación (ver figura). En consecuencia y de acuerdo con los criterios de aplicación indicados en la Norma, no es necesaria la consideración de la acción sísmica en el Proyecto.





## 6. GEOTECTNIA

Para poder realizar unas recomendaciones de cimentación adecuadas para la ODT, se ha empleado la información aportada por los reconocimientos de campo que a continuación se enumeran ejecutados para la redacción del Estudio Geotécnico.

SR-211+230

PE-3+040

Características del terreno

De los trabajos de campo consultados se ha podido deducir la siguiente estratigrafía en la zona de cimentación de esta obra de drenaje:

De 0,00 a 1,70 m Qal-col

De 1,70 m a Prof Terciario

El depósito aluvio-coluvial presente en la zona de estudio, está formado por limo arcilloso con algo de arena y grava. Presenta cantos subredondeados cuarcíticos y algún canto disperso de composición pizarrosa.

El terciario detectado está formado por una alternancia de limos arcillosos y arcillas limosas versicolores, con niveles de gravas. Presentan cantos subangulosos-subredondeados, en diferentes proporciones. Son de composición principalmente pizarro-esquistosa y cuarcítica.

En las prospecciones se tomaron muestras que fueron analizadas en laboratorio. De los resultados obtenidos se pueden determinar las siguientes características de los niveles geotécnicos afectados por la estructura:

UNIDAD GEOTÉCNICA	NIVEL	DENSIDAD SECA (kN/m <sup>3</sup> )	DENSIDAD APARTENTE (kN/m <sup>3</sup> )	HUMEDAD NATURAL (%)	COHESIÓN (kPa)	ANGULO DE ROZAMIENTO (°)	E (MPa)	COMPRESIÓN SIMPLE (kN/m <sup>2</sup> )
T cohesivo		19.7	22.3	12	55	35	79	888
Depósitos cuaternarios	Qal-col	18.7	22.2	9	29	23	38.8	165

Recomendaciones de cimentación

Una vez conocidas las características del terreno donde se ubicará la obra de drenaje en estudio, se ha determinado la cimentación superficial, realizándose un saneo de 1,70 m de espesor correspondiente al depósito cuaternario detectado, sustituyéndose por material de relleno adecuado.

El coeficiente de balasto vertical calculado para las dimensiones indicadas, considerando un  $K_{30}=4.5 \text{ kp/cm}^3$  es de  $1.100 \text{ kN/m}^3$ .

## 7. ESTUDIO DE SOLUCIONES

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

Para ello, se aplicará una técnica multicriterio que ponderará cada alternativa, de manera que se escogerá la alternativa con mejor puntuación ponderada.

Los criterios establecido para su posterior asignación de pesos, son funcionalidad, economía, construcción, impacto ambiental y conservación.

Las alternativas evaluadas han sido las siguientes:

- Alternativa 1: Paso inferior mediante cajón hincado fabricado in-situ.
- Alternativa 2: Paso inferior tipo marco in-situ.
- Alternativa 3: Paso inferior tipo pórtico in-situ.

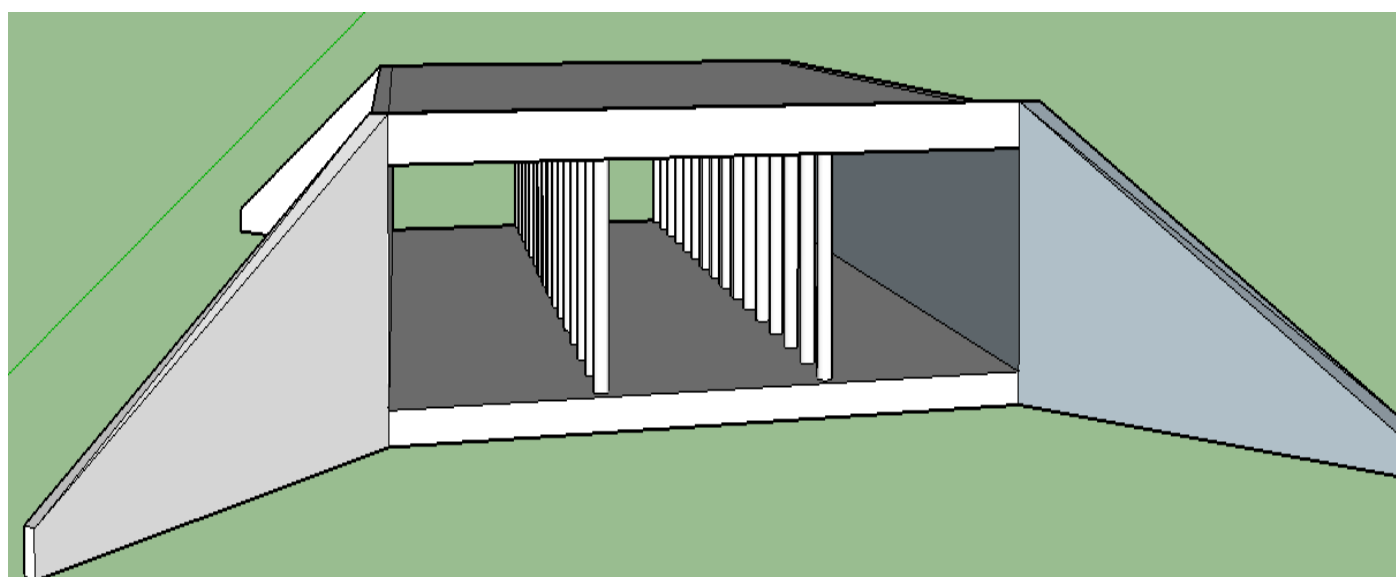
Se compararán las tres alternativas de construcción según los criterios de evaluación antes nombrados.



CRITERIO	TIPOLOGIA		
	Cajón Hincado	Marco	Pórtico
Funcionalidad	2	2	2
Economía	0	2	1
Construcción	0	2	1
Impacto Ambiental	1	1	1
Conservación	1	2	2
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>7</b>
MALA=0 MEDIA=1 BUENA=2			

Tras este estudio de posibles soluciones, alcanzamos la conclusión de que la manera más conveniente, bajo los criterios adoptados y su importancia dada, de solventar el problema presentado es realizando la construcción de un paso inferior tricelular ejecutado in situ mediante marco, la alternativa 2.

Consistirá en un marco triple separado mediante columnas circulares, para permitir el paso del arroyo y que sirva de paso para animales grandes.



## 8. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.

El presente proyecto dará solución al efecto barrera que provoca al arroyo mediante un paso inferior que se materializará en una estructura tipo marco y que estará situado en el PK 268.4, muy cerca de la Autovía A-66 en el término municipal de Malpartida de Plasencia.

La longitud de la estructura es de 39.00 m. que es lo que se necesita para cruzar transversalmente el terraplén de la L.A.V Madrid-Extremadura.

Las dimensiones interiores de la estructura son de 8.00 x 6.00 metros para cada célula. Tanto la losa superior como inferior tienen un espesor de 0.9 m. y los hastiales son de 0.7 m. de espesor.

La función de cimentación la realizará la losa inferior, que asentará directamente en el terreno.

Para la contención del terreno a la entrada y salida del marco, se han provisto unas aletas formando un ángulo de 45° y 25° respecto del eje del marco. Estas aletas se cimentarán mediante zapata.

La altura de las aletas viene directamente condicionada por la altura del marco, pues estas parten directamente de él. Por lo tanto, tendrán una altura en su comienzo de 6.90 metros hasta llegar, al final a una altura de 1.00 metro. Es muy común en la construcción de aletas, si son de gran longitud, realizar varios tramos de aleta, con diferentes dimensiones geométricas tanto del muro como de la zapata. En nuestro caso, debido a que las aletas presentan unas dimensiones considerables de 14.00 y de 18.00 metros, optamos por dividir las en dos tramos de 7.00 y 9.00 metros cada una.

El coeficiente de balasto utilizado para el cálculo de la estructura es de  $K= 1.100 \text{ KN/ m}^3$ , que ha sido obtenido en el anejo de geotecnia.

Dado que la altura de la construcción a realizar no es muy elevada, se procederá a su ejecución mediante una cimbra convencional que apoyará directamente sobre el terreno.





## 9. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA.

### 9.1 INSTRUCCIONES Y NORMAS.

Para la elaboración del proyecto en estudio se emplearon las normas y recomendaciones que a continuación se mencionan:

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- Instrucción de Acciones en Puentes de Ferrocarril (IAPF-07).
- Guía de Cimentaciones en obras de Carreteras (3ª edición revisada 2009).

### 9.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.

En primer lugar, se emplearán distintos tipos de hormigón dependiendo de la estructura y del elemento que vaya a conformar.

- Hormigón de limpieza HM-15 ( $f_{ck}=15$  MPa).
- Hormigón para cimentaciones y alzados HA-30/P/20/IIa-H.

Las principales características del hormigón empleado en cimentaciones y alzados son:

HA-30/P/20/IIa-H

- Resistencia característica en compresión: 30 MPa.
- Consistencia Plástica.
- Tamaño máximo del árido: 20 mm.
- Ambiente de exposición: IIa-H, Humedad alta con heladas sin sales fundentes.
- Coeficiente de seguridad ELU del hormigón: 1.5.

Por otro lado, se empleará en todos los elementos de armado del hormigón del acero tipo B-500SD. Sus principales características son:

- Resistencia característica de la armadura: 51000.00 T/m<sup>2</sup>.
- Coeficiente de seguridad en rotura: 1.15.
- Resistencia de cálculo de la armadura: 44347.83 T/m<sup>2</sup>.
- Módulo de elasticidad  $E_s$ : 2100000 T/m<sup>2</sup>.

### 9.3 ACCIONES A CONSIDERAR.

#### Acciones Permanentes (G)

Son aquellas que actúan en todo momento y son constantes en magnitud y posición. Las más importantes son:

- Peso propio: Es la acción debida a los elementos estructurales. El valor de dicha acción se obtiene a partir de las dimensiones específicas en los planos. Se considera un peso específico del hormigón de 25 Kg/m<sup>3</sup>.
- Cargas muertas: Es la acción debida a los elementos no estructurales, tales como las cargas de las tierras que se encuentran sobre el marco.

#### Cargas Permanentes de Valor no Constante (G\*)

Son aquellas que actúan en todo momento pero cuya magnitud no es constante.

- Empuje activo: Es el mínimo valor de empuje al que están sometidos los hastiales.
- Empuje al reposo del terreno: Es el máximo valor de empuje al que están sometidos los hastiales. Es el incremento que sufre el empuje activo hasta alcanzar el empuje al reposo.

#### Acciones Variables (Q)

Son aquellas que pueden actuar o no sobre la estructura:



- Tren de cargas: Para realizar la simulación del tráfico se realizan las siguientes acciones sobre la estructura:
  - Cuatro ejes de doscientos cincuenta kilonewton ( $Q = 250 \text{ KN}$ ) cada uno, separados longitudinalmente entre sí 1,6 m, en la posición más desfavorable para el elemento y efecto en estudio.
  - Una sobrecarga uniformemente repartida de ochenta kilonewton por metro lineal ( $q = 80 \text{ kN/m}$ ) extendida en la longitud y posición que sea más desfavorable para el elemento y efecto en estudio.
- Cargas no ferroviarias: Las cargas en aceras, paseos de servicio y zonas de la losa no afectadas directamente por el tráfico ferroviario, se asimilarán a una sobrecarga vertical uniforme de cinco kilonewton por metro cuadrado ( $q_f = 5 \text{ kN/m}^2$ ), extendida en toda la superficie considerada o en parte de ella, según sea más desfavorable para el elemento y efecto en estudio.

#### Cargas Accidentales (A)

Son aquellas que su probabilidad de que se ocasionen es pequeña, pero si sucediesen serían de gran importancia.

- Sismo: Como explicamos anteriormente en el anejo Nº 3 de Geotecnia, la zona donde se localizará nuestra estructura no necesita estudio ni considerar la carga por sismo, dado que:  $a_b < 0,04 g$ , donde  $g$  es la aceleración de la gravedad.

#### 9.4 NIVELES DE CONTROL DE CALIDAD

##### Control de Ejecución

A continuación se especifican los niveles de control de ejecución para cada elemento de la estructura:

- Cimentaciones: Control a nivel INTENSO.

- Marco: Control a nivel INTENSO.
- Aletas: Control a nivel INTENSO.

El control a nivel intenso exige que el constructor posea un sistema de calidad propio, auditado de forma externa, y que la elaboración de la ferralla y los elementos prefabricados, en caso de existir, se realicen en instalaciones industriales fijas y un sistema de certificación voluntario.

##### Control de Materiales

A continuación se muestra el control realizado en cada uno de los materiales de la estructura:

- Hormigón: Control a nivel ESTADÍSTICO.
- Acero: Control a nivel NORMAL.

El control estadístico en el hormigón es de aplicación general en obras de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón pretensado.

El control a nivel normal en el acero se aplica a todas las armaduras, tanto activas como pasivas.

#### 9.5 COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Se siguen las prescripciones de la instrucción EHE, teniendo en cuenta los niveles de control señalados en el apartado anterior. A continuación, se señalan los coeficientes de seguridad que se utilizarán en el cálculo del marco:

- Estados límite últimos (ELU): Los coeficientes parciales de seguridad de los materiales para Estados Límite Últimos en situación persistente o transitoria son:
  - Hormigón:  $\gamma_c = 1.50$
  - Acero:  $\gamma_s = 1.15$

Los coeficientes parciales de seguridad para las acciones en situación persistente o transitoria son:



TIPO DE ACCIÓN	Situación persistente o transitoria		Situación accidental	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1$	$\gamma_G = 1$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1$	$\gamma_{G^*} = 1,5$	$\gamma_{G^*} = 1$	$\gamma_{G^*} = 1$
Variable	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,5$	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1$
Accidental	-	-	$\gamma_A = 1$	$\gamma_A = 1$

- Situaciones permanentes o transitorias:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Situaciones accidentales:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \gamma_A A_k + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

## 9.6 COMBINACIONES DE CÁLCULO

### Principios Generales

Para cada una de las situaciones estudiadas se establecerán las posibles combinaciones de acciones. Una combinación de acciones consiste en un conjunto de acciones compatibles que se considerarán simultáneamente para una comprobación determinada.

Cada combinación, en general, estará formada por las acciones permanentes, una acción variable determinada y una o varias acciones variables concomitantes. Cualquiera de las acciones variables puede ser determinante.

### Estados Límite Último (ELU)

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

$G_{k,j}$	Valor característico de las acciones permanentes.
$G_{k,j}^*$	Valor característico de las acciones permanentes de valor no constante.
$P_k$	Valor característico de la acción del pretensado.
$Q_{k,1}$	Valor característico de la acción variable determinante.
$\psi_{0,i} Q_{k,i}$	Valor representativo de combinación de las acciones variables concomitantes.
$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	Valor representativo frecuente de la acción variable determinante.
$\psi_{2,i} Q_{k,i}$	Valores representativos cuasipermanentes de las acciones variables con la acción determinante o con la acción accidental.
$A_k$	Valor característico de la acción accidental.

## 9.7 PROGRAMA DE CÁLCULO UTILIADO (SAP2000)

Para el cálculo del paso inferior se ha recurrido a su modelización en el potente programa informático de cálculo SAP2000 Computers and Structures, Inc., 2013.

SAP2000 es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D, preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelización, análisis y dimensionamiento del más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras.



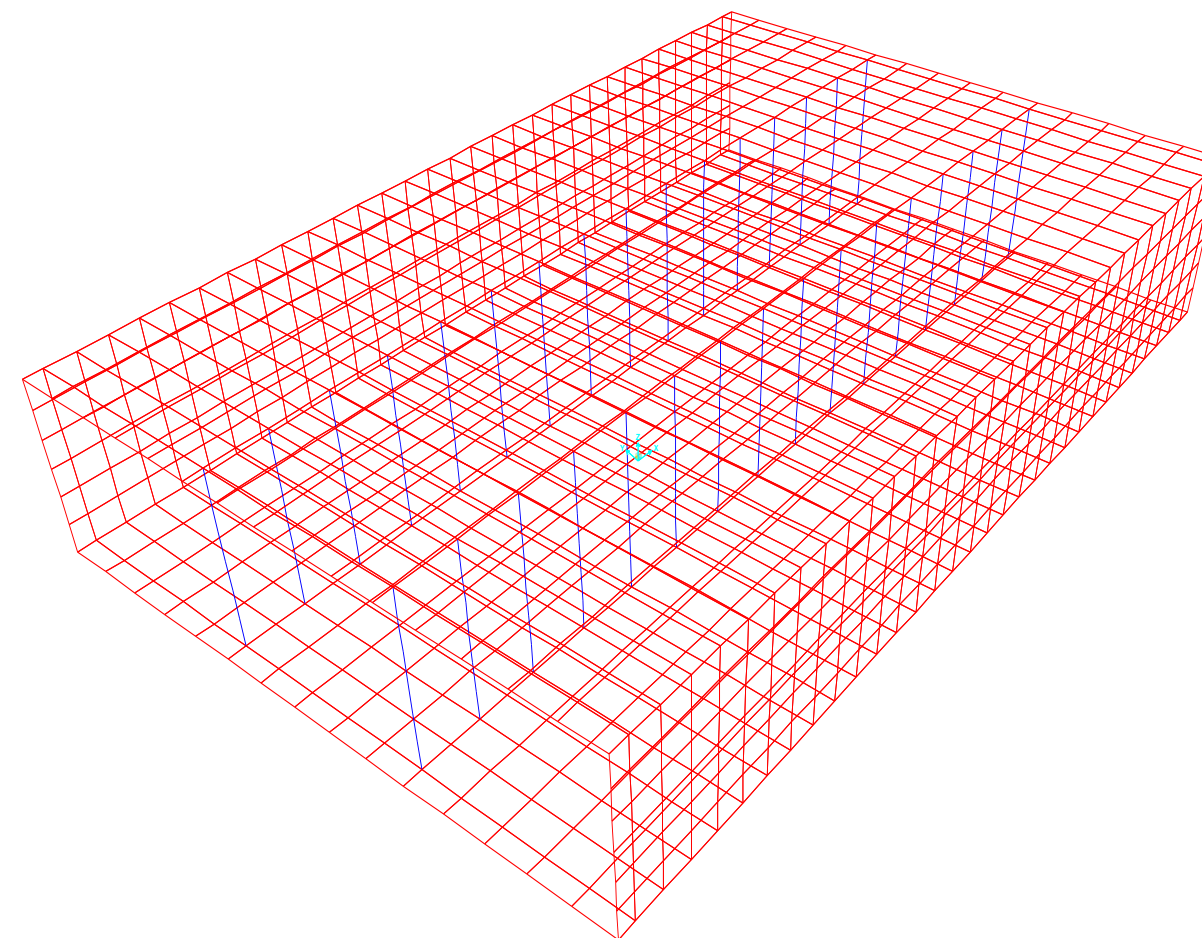
En este caso, se ha realizado un modelo bidimensional de la sección tipo del marco formado por nudos y barras.

### 9.8 MODELIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Con la ayuda del programa anteriormente citado se modelizará el marco mediante una rebanada transversal de un metro de espesor. Con esta rebanada sintetizamos las características que intervendrán en la definición del marco. Las dimensiones de la sección serán los de los gálibos tanto horizontal como vertical interiores más la mitad de los espesores de los hastiales y las losas respectivamente.

Teniendo en cuenta lo explicado, las dimensiones para la modelización serán las siguientes 25,90 metro de ancho ( $0,35+8,00+0,60+8,00+0,60+8,00+0,35$ , ancho de cada cajón más los diámetros de las columnas y la mitad de los espesores de los hastiales) y 6,90 de alto ( $0,45+6,00+0,45$ , la altura del cajón más la mitad de los espesores del dintel y la solera).

Posteriormente dividiremos la sección para obtener el número de barras y nudos.



### 9.9 CALCULO DE LAS ENVOLVENTES

Tras el cálculo de todas las cargas que ejercen alguna acción en la estructura, el programa informático SAP2000 establecerá las posibles combinaciones de acciones optando por las más desfavorables para el cálculo de las envolventes.

Tras estos cálculos obtenemos las envolventes para cada combinación y a partir de estas los valores máximos y mínimos de axiles, cortantes y flectores. Estos valores serán los que utilizaremos para el cálculo de las armaduras para cada uno de los elementos del marco.



## 9.10 ARMADO DEL MARCO

Según los cálculos realizados en el anejo nº V: Cálculo de la estructura, el armado a disponer en los diferentes elementos que componen el marco (Losa superior, Losa inferior y Hastiales) es el siguiente:

### Armado Losa Superior

- Armado de flexión superior: Estará formado por una armadura de  $\varnothing 25/20$  que se coloca para resistir la flexión en la unión con los hastiales y las columnas y además por una armadura de refuerzo en la zona de las columnas de  $\varnothing 25/20$  diseñada para resistir los picos de flexión negativa que se alcanzan.
- Armado de flexión inferior: Estará formado por una armadura base de  $\varnothing 25/10$  a la que se le añadirá un refuerzo en la parte central de los tres marcos de  $\varnothing 32/10$ .
- Armado de reparto: Se calcula a partir de unos mínimos mecánicos y unos geométricos. Además, tiene que cumplir ser un 20% de la armadura principal. En este caso, se han dispuesto  $\varnothing 20/15$  en la cara inferior y de  $\varnothing 16/15$  en la cara superior.
- Armadura de Cortante: Como conclusión de todas las comprobaciones y necesidades de armado realizadas para la losa superior, además de las consideraciones geométricas para la disposición constructiva de estas, se ha dimensionado la armadura de cortante se dispondrá en el centro de los bordes de la losa donde actúan los cortantes máximos debidos al tren de cargas. Se dispondrá de  $\varnothing 20/15$ .

### Armado Losa Inferior

- Armado de flexión superior: Estará formado por una armadura base de  $\varnothing 20/10$  y además por una armadura de refuerzo en la zona de las de los vanos de los tres marcos de  $25/10$  diseñada para resistir los picos de flexión que se alcanzan.

- Armado de flexión inferior: Estará formado por una armadura base de  $\varnothing 25/20$  a la que se le añadirá un refuerzo en la zona de las columnas y en la unión con los hastiales de  $\varnothing 25/20$ .
- Armado de reparto: Se calcula a partir de unos mínimos mecánicos y unos geométricos. Además, tiene que cumplir ser un 20% de la armadura principal. En este caso, se han dispuesto  $\varnothing 20/15$  en la cara inferior y de  $\varnothing 16/15$  en la cara superior.
- Armadura de Cortante: Como conclusión de todas las comprobaciones y necesidades de armado realizadas para la losa inferior, además de las consideraciones geométricas para la disposición constructiva de estas, se ha dimensionado la armadura de cortante se dispondrá en el centro de los bordes de la losa donde actúan los cortantes máximos. Se dispondrá de  $\varnothing 25/20$ .

### Armado de los Hastiales

Los hastiales son idénticos y con qué calculemos la armadura para uno de ellos, será suficiente para conocer la armadura que ha de disponerse en el otro, ya que soportarán los mismos esfuerzos por ser simetría la estructura.

Según los cálculos realizados en el anejo nº V, el armado a disponer será el siguiente:

- Armadura de Flexión: Se dispondrá tanto en el intradós como en el trasdós del muro una armadura base de  $\varnothing 20/20$  y se colocará una armadura de refuerzo en los extremos superior e inferior del hastial que consistirá en  $\varnothing 16/20$ .
- Armadura de reparto: Se calcula a partir de unos mínimos mecánicos y unos geométricos. Por lo tanto, la armadura en el trasdós será de  $\varnothing 16/15$  y en el intradós de  $\varnothing 10/15$ .



- Armadura de Cortante: En los hastiales se tiene un estado de flexocompresión, es por esta razón por la que en el cálculo de la armadura de cortante va a intervenir también el esfuerzo axil y el cortante máximo.

Como conclusión de todas las comprobaciones, no se necesita armadura de cortante en los hastiales.

#### Columnas

Armadura de Flexión: Para calcular la armadura necesaria para resistir las sollicitaciones de flexocompresión en las columnas, se consideraran las envolventes ELU de flexión y axil de este elemento. Como conclusión de todas las comprobaciones y necesidades de armado son las siguientes:

columna	fi	nº barras
1	25	8
2	25	8
3	25	8
4	25	8
5	32	8
6	32	10
11	32	10
12	32	8
13	32	8
14	32	8

15	32	8
16	32	8

Las columnas 7, 8, 9 y 10 al ser las que están justo debajo de las vías del AVE son las que más esfuerzo soportan por lo tanto estas tendrán unas dimensiones diferentes para poder soportarlos.

Columna	fi	Nº Barras
7	25	18
8	25	26
9	25	26
10	25	18

## 10. CÁLCULO DE LAS ALETAS

Una vez se ha ejecutado el marco de hormigón armado in situ, se llevan a cabo los trabajos de construcción de las aletas, que serán los elementos de contención de las tierras del terraplén, que tiene un talud 3H:2V, ubicados de tal manera que se permita la visibilidad para el tráfico que circule a través de este paso inferior garantizando y asegurando la seguridad. También se ejecutarán in situ adosadas a los hastiales y separadas de estos por una junta.

#### Secciones Tipo

Las aletas se han calculado como muros ménsula que están sometidos en su trasdós a la acción del terreno.

Las aletas se disponen formando un ángulo con el eje del marco, dicho ángulo para las aletas serán de 45° y de 25°



Las longitudes de estas son variables, en función de la caída de tierras existente, y se sitúan entre 14.00 y 18.00 metros. Además, tendrán una altura variable desde 6.90 metros en el extremo en contacto con el marco y 1 metro en el extremo final.

Para su ejecución y como consecuencia de que la sobrecarga solamente actúa en la parte de la aleta mas próxima al trafico, en este caso, la zona que esta inmediatamente unida al hastial, se suelen dividir las aletas en varios tramos para realizar un calculo optimizado. En este caso, se han dividido las aletas en dos tramos, en dos tramos de 7.00 metros y la otra en dos tramos de 9.00 metros.

Debido a la igualdad de geometría entre las aletas con mismo ángulo respecto al eje del marco, sólo se necesitan 2 secciones tipo para definir cada par de aletas. Por tanto, el dimensionamiento se realizará para las secciones tipo, extrapolando las disposiciones para las longitudes de aletas correspondientes.

Como conclusión, para el cálculo sólo necesitaremos 2 secciones tipo que son las siguientes:

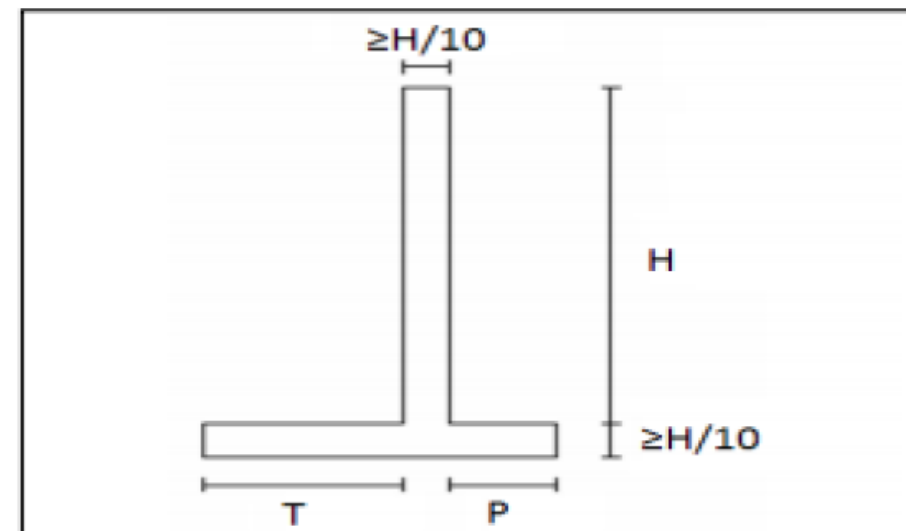
Sección 1: Con un tramo inicial de 7 metros de longitud y que decrecerá su altura desde los 6,90 metros hasta los 4 metros de altura y otra un tramo inicial de 9 metros de longitud y que decrecerá su altura desde los 6,90 metros hasta los 4 metros de altura.

Sección 2: El tramo final con una longitud igual de 7 metros y altura que decrecerá desde los 4 metros hasta 1 metro y la otra con el tramo final con una longitud igual de 9 metros y altura que decrecerá desde los 4 metros hasta 1 metro.

Las dimensiones de cada una de las secciones tipo se definirán atendiendo a los siguientes criterios:

El muro tendrá una altura  $H$  y si ancho será igual o un poco superior a  $H/10$

La zapata tendrá un canto igual o un poco superior a  $H/10$ . La puntera tiene una longitud  $P$  y el talón una longitud  $T$ , que se calcularán a partir de las comprobaciones de vuelco y deslizamiento.



#### Acciones Consideradas

Para el dimensionamiento de las aletas, como para cualquier otra estructura, se tienen en cuenta las acciones a las que se ve sometida esta estructura, de contención en este caso. Se toman las siguientes acciones:

- Peso propio del elemento ( $W$ )
- Empuje del terreno ( $ET$ )
- Empuje de la sobrecarga del ferrocarril según la IAPF(EF) de valor 12.10 KN/m<sup>2</sup>.

#### Comprobaciones a Realizar

Se realizarán las siguientes comprobaciones, tanto para el caso en el que hay sobrecarga como para el caso en el que no la hay:



- Seguridad al vuelco.
- Seguridad al deslizamiento.
- Tensión admisible en cimentación

A continuación, se muestra una tabla resumen con los coeficientes de seguridad mínimos que deben respetarse para cada comprobación y en cada combinación:

Coeficientes de seguridad mínimos	Combinación Casi-Permanente
Hundimiento	3
Deslizamiento	1.5
Vuelco	2

Realizando los pertinentes cálculos se llega a la geometría que proponemos como solución que se describe en base a las comprobaciones realizadas. A continuación se muestra la geometría propuesta y los resultados de las comprobaciones realizadas para cada una de las aletas:

- Sección 1

Punta(m)	3,20
Talón(m)	1.20

Coeficientes de seguridad mínimos	Combinación Casi-Permanente
Hundimiento	3.11
Deslizamiento	1.55
Vuelco	2.89

- Sección 2

Punta(m)	1,75
Talón(m)	0,75

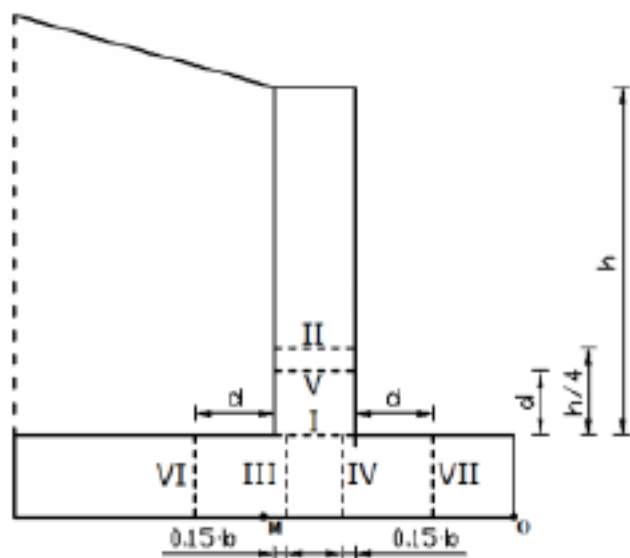
Coeficientes de seguridad mínimos	Combinación Casi-Permanente
Hundimiento	3.26
Deslizamiento	1.65
Vuelco	3.06

## 10.1 ARMADO DE LAS ALETAS

### ELU DE FLEXIÓN

Para proceder a este cálculo primeramente debemos obtener algunos esfuerzos en puntos estratégicos de las secciones expuestas anteriormente, que representamos en la siguiente figura. En los puntos I, II, III, IV se ha procedido a evaluar los momentos flectores, mientras que en V, VI, VII se han calculado los cortantes.





Tras la obtención de los valores en los anteriores puntos y con la ayuda del prontuario informático se ha calculado el siguiente armado para cada una de las secciones.

- Sección 1
  - Muro

#### Armadura Flexión

Se dispondrá en la zona del trasdós de una armadura base de  $\phi 25/20$  y una armadura de refuerzo de  $\phi 20/20$ .

En la zona del intradós se colocará una armadura de  $\phi 16/20$ .

#### Armadura Reparto

Armadura que se reparte en cada cara, que se distribuirá de la siguiente forma:

Se dispondrá de una armadura de  $\phi 20/20$ .

- Zapata

#### Zona Superior

Se dispondrá de una armadura de  $\phi 20 /10$ .

#### Zona Inferior

Se dispondrá de una armadura de  $\phi 20/20$ .

#### Armadura Reparto

Se dispondrá de una armadura de  $\phi 16/25$  que se colocará en ambas caras.

#### Armadura Cortante

Tras las comprobaciones oportunas según el artículo 44.2.3 de la EHE, no hace falta colocar armadura de cortante ni en el muro ni en la zapata.

- Sección 2
  - Muro

#### Armadura Flexión

Se dispondrá en la zona del trasdós de una armadura base de  $\phi 20/25$  y una armadura de refuerzo de  $\phi 16/20$ .

En la zona del intradós se colocará una armadura de  $\phi 16/25$ .

#### Armadura Reparto

Armadura que se reparte en cada cara, que se distribuirá de la siguiente forma:

Se dispondrá de una armadura de  $\phi 16/25$ .

- Zapata

#### Zona Superior

Se dispondrá de una armadura de  $\phi 16 /20$ .



### Zona Inferior

Se dispondrá de una armadura de  $\phi 16/20$ .

### Armadura Reparto

Se dispondrá de una armadura de  $\phi 12/20$  que se colocará en ambas caras.

### Armadura Cortante

Tras las comprobaciones oportunas según el artículo 44.2.3 de la EHE, no hace falta colocar armadura de cortante ni en el muro ni en la zapata.

### ELU DE FISURACIÓN

Dado que los momentos existentes no son lo suficientemente elevados como para proceder a la comprobación de la posible aparición de fisuras.

La norma dicta que la abertura de fisura no debe ser mayor a 0,3mm dado que la abertura máxima tenida en cuenta, en los casos en el que el momento de cálculo es mayor que el momento de fisuración, no supera este valor se cumple con la norma y no supondrá ningún problema en la utilización de la estructura.

## **11. COMPROBACIÓN DEL ASIENTO**

Los límites que se recomiendan a continuación son los asientos máximos que pueden experimentar las estructuras sin provocar ningún daño relevante, estos límites vienen sujetos a la tipología de cimentación.

Los siguientes valores tienen una amplia extensión en su uso:

- Zapatas aisladas: asiento máximo 2,5 cm.
- Losas de cimentación: asiento máximo 5 cm.

### ASIENTO MARCO

Tras los cálculos pertinentes el asiento del marco es de  $s=0.041$  cm, es menor que el que recomienda la Guía de Cimentaciones, damos por admisible este valor dado que no producirá ningún tipo de inestabilidad.

### ASIENTO ALETAS

El asiento de las aletas lo comprobaremos para la sección 1 dado que es la que más asiento puede producir, el asiento resultante es de  $s=0.10$  cm.

Por lo tanto, es menor que el que recomienda la Guía de Cimentaciones, damos por admisible este valor dado que no producirá ningún tipo de inestabilidad.

Con lo cual, no es necesario comprobar para la sección 2.

## **12. VALORACIÓN DE LAS OBRAS**

Se ha contemplado la valoración de costes de ejecución material de las unidades de obra que se dan en el proyecto, siendo estas las que definen la ejecución de un marco de hormigón armado in situ, con sus correspondientes aletas para la contención de tierras.

A continuación, se muestra el cuadro resumen de las valoraciones realizadas en euros, dividido en las grandes fases en las que se descompone el proyecto:

GRUPO	PRECIO
MOVIMIENTO DE TIERRAS	71.505,75€
ESTRUCTURAS	1.153.277,62€
TOTAL	1.224.783,37€



### 13. DOCUMENTOS QUE COMPONEN EL PROYECTO

- DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA Y ANEJOS
  - MEMORIA
  - ANEJOS
  - ANEJO Nº I: LOCALIZACION Y TOPOGRAFIA
  - ANEJO Nº II: GEOLOGÍA
  - ANEJO Nº III: GEOTECNIA
  - ANEJO Nº IV: ESTUDIO DE SOLUCIONES
  - ANEJO Nº V: CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA
  - ANEJO Nº VI: VALORACIÓN DE LAS OBRAS
  
- DOCUMENTO Nº 2: PLANOS
  - PLANO Nº 1: SITUACIÓN
  - PLANO Nº 2: EMPLAZAMIENTO
  - PLANO Nº 3: DEFINICIÓN DE LAS OBRAS
  - PLANO Nº 4: REPLANTEO
  - PLANO Nº 5: ARMADO DEL MARCO
  - PLANO Nº 6: ARMADO DEL MARCO EN PLANTA
  - PLANO Nº 7: SECCIONES DE LA LOSA
  - PLANO Nº 8: ARMADO DE LAS COLUMNAS
  - PLANO Nº 9: DIMENSIONES DE LAS ALETAS
  - PLANO Nº 10: GEOMETRÍA DE LAS ALETAS
  - PLANO Nº 11: ARMADO DE LAS ALETAS

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, Diciembre del 2015

AUTOR DEL PROYECTO

Fdo. Cristian David Montenegro Yar