





## ANEJO Nº4- CALCULO ESTRUCTURAL



## ÍNDICE:

1/ OBJETO.

2/ DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.

3/ BASES DE CÁLCULO.

3.1/ NORMATIVA.

3.2/ CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.

3.3/ CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS.

3.4/ DURABILIDAD.

3.5/ ACCIONES.

3.5.1/ Acciones permanentes.

3.5.1.1/ Peso propio.

3.5.1.2/ Cargas muertas.

2.5.2/ Acciones debidas al terreno.

3.5.3/ Acciones permanentes de valor no constante ( $G^*$ ).

3.5.4/ Acciones variables.

3.5.4.1/ Vehículo pesado (Tren de carga).

3.5.4.2/ Reparto longitudinal y transversal de cargas.

3.5.5/ Niveles de control de calidad.

4/ COEFICIENTES DE SEGURIDAD E HIPOTESIS DE CARGA.

4.1/ Valores de cálculo.

4.2/ Hipótesis de Carga.

5/ CÁLCULO ESTRUCTURAL.

5.1/ MODELO ESTRUCTURAL DEL MARCO.

5.2/ Introducción de acciones.

5.2.1/ Acciones permanentes ( $G$ ).

5.2.2/ Cargas permanentes de valor no constante ( $G^*$ ).

5.2.3/ Acciones variables ( $Q$ )

5.3/ VERIFICACIÓN DEL E.L.U.

5.4/ Dimensionamiento de la estructura.



5.4.1/ ELU de agotamiento frente a sollicitaciones normales

5.4.1.1/ Armado de la losa superior

5.4.1.2/ Armado de la losa inferior:

5.4.1.3/ Armado de los hastiales:

5.4.2/ ELU de agotamiento frente a cortante.

5.4.2.1/ Armadura de cortante losa superior:

5.4.2.2/ Armadura de cortante losa inferior

5.4.2.3/ Armadura de cortante hastiales

5.4.3/ ELS DE FISURACIÓN:

6/ CÁLCULO DE LAS ALETAS:

6.1/ PROGRAMA DE CACULO.

6.2/ DIMENSIONAMIENTO DE LAS ALETAS.

6.2.1/ NORMA Y MATERIALES.

6.2.2/ ACCIONES.

6.3/ DATOS GENERALES

6.4/ DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

6.5/ GEOMETRÍA.

6.6/ CARGAS.

6.7/ RESULTADOS.

6.8/ COMBINACIONES

6.9/ DESCRIPCIÓN DEL ARMADO

6.10/ COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA.



## 1. OBJETO.

Se redacta el presente Documento cuyo objeto es el dimensionamiento, a nivel estructural, de la estructura correspondiente al Paso Inferior 0+900, perteneciente al Proyecto %Autovía A-33 Cieza-La Font de la Figuera. Tramo: A-31 . A-35 (La Font de la Figuera)+, en la provincia de Valencia.

Se ha realizado para ello los cálculos necesarios, obteniendo dimensiones y armados y comprobando los coeficientes de seguridad frente a los distintos estados límite que, de manera justificada, se expone en los puntos siguientes.

En este anejo desarrollaremos los siguientes puntos: ángulo

- Se definen todos los materiales que se utilizan para la construcción de las estructuras y también sus características mecánicas principales.
- Se describen las bases del diseño utilizadas para definir la estructura.
- Se numeran las distintas instrucciones y normativas de obligado cumplimiento en la construcción de este tipo de obras.
- Se determinan los esfuerzos más desfavorables y sus concomitantes, según las distintas situaciones frente a E.L.U y frente a E.L.S.
- Por último, el dimensionamiento de la sección de la estructura, así como su armado, tal que sea capaz de soportar los esfuerzos más desfavorables anteriormente mencionados. Dicho dimensionamiento se realizará frente a E.L.U y frente a E.L.S.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.

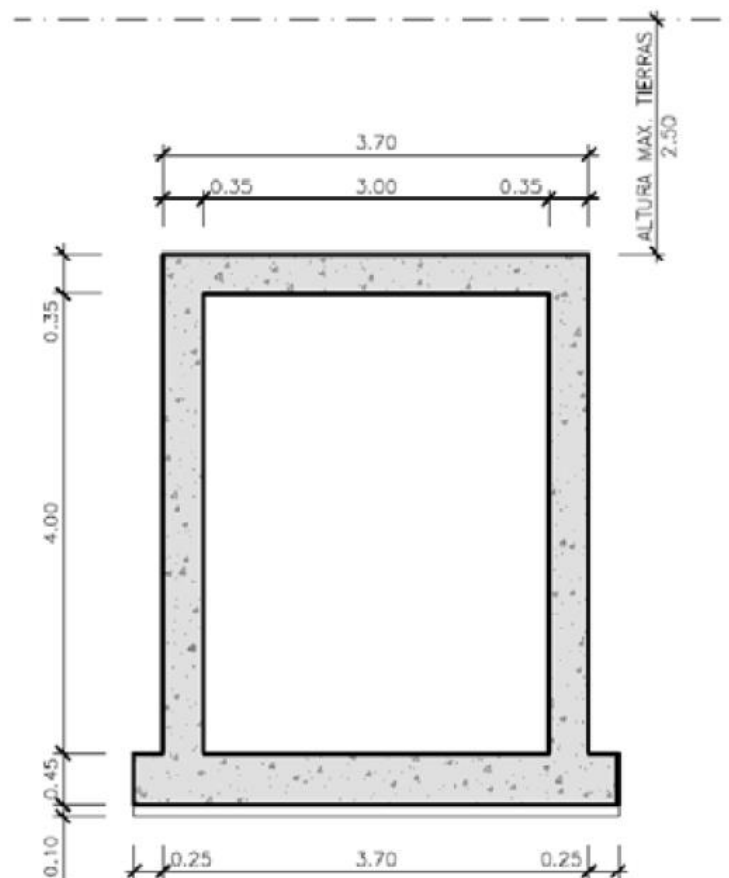
La estructura calculada es el Paso Inferior 0+900, con una longitud de unos 23,700 metros, sin esviaje en planta y de sección transversal rectangular en cajón ejecutada ~~in situ~~ con las siguientes características:

- Losa superior: espesor de 0.35 m.
- Losa inferior: espesor de 0.45 m.

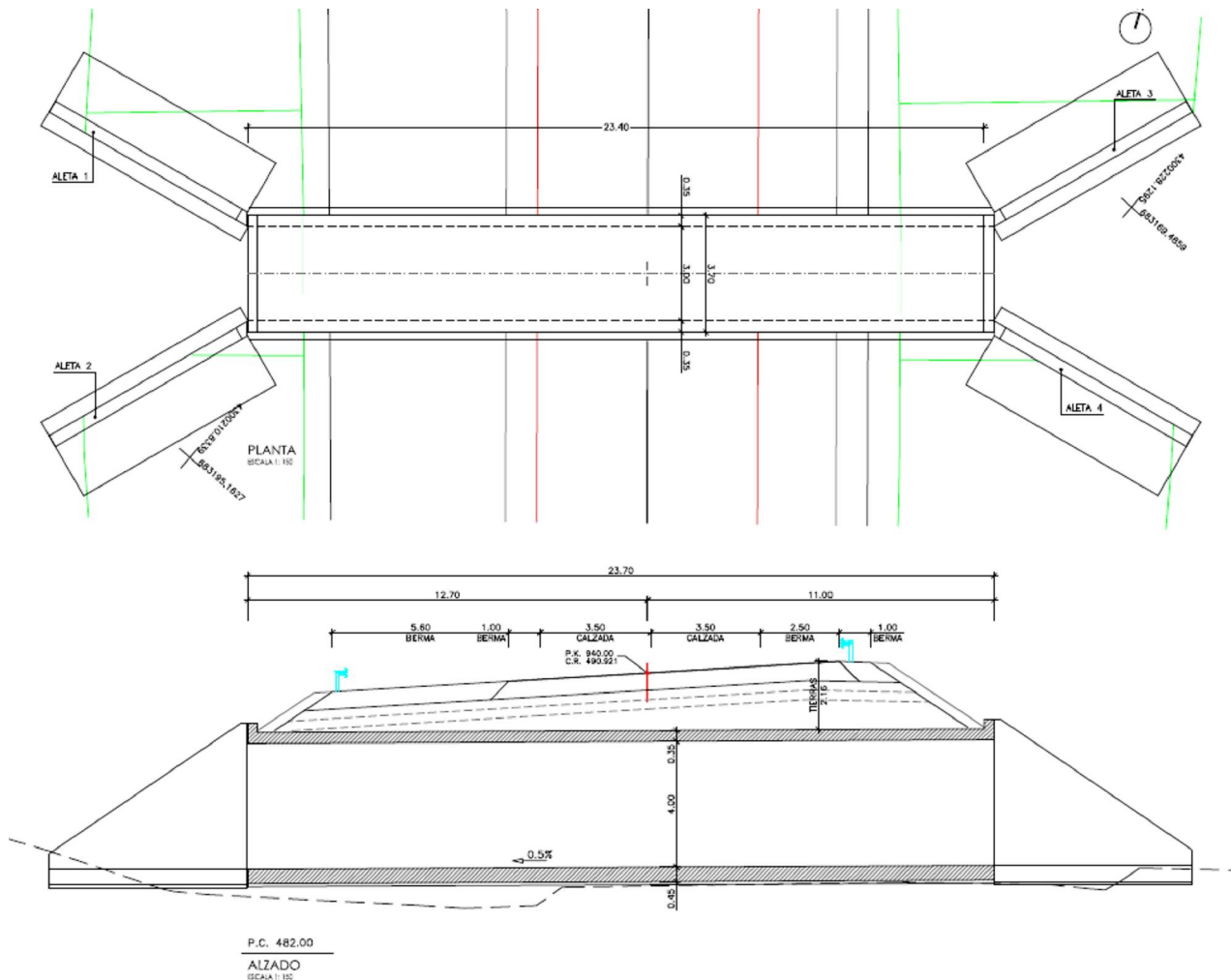
- Hastiales: espesor de 0.35 m.
- Talón de la losa inferior: longitud de 0.25 m

Estas dimensiones dejan una sección interior para el marco de 4,00 m de altura y 3,00 m de anchura.

En la figura inferior se detalla la sección transversal correspondiente a la sección tipo descrita anteriormente:



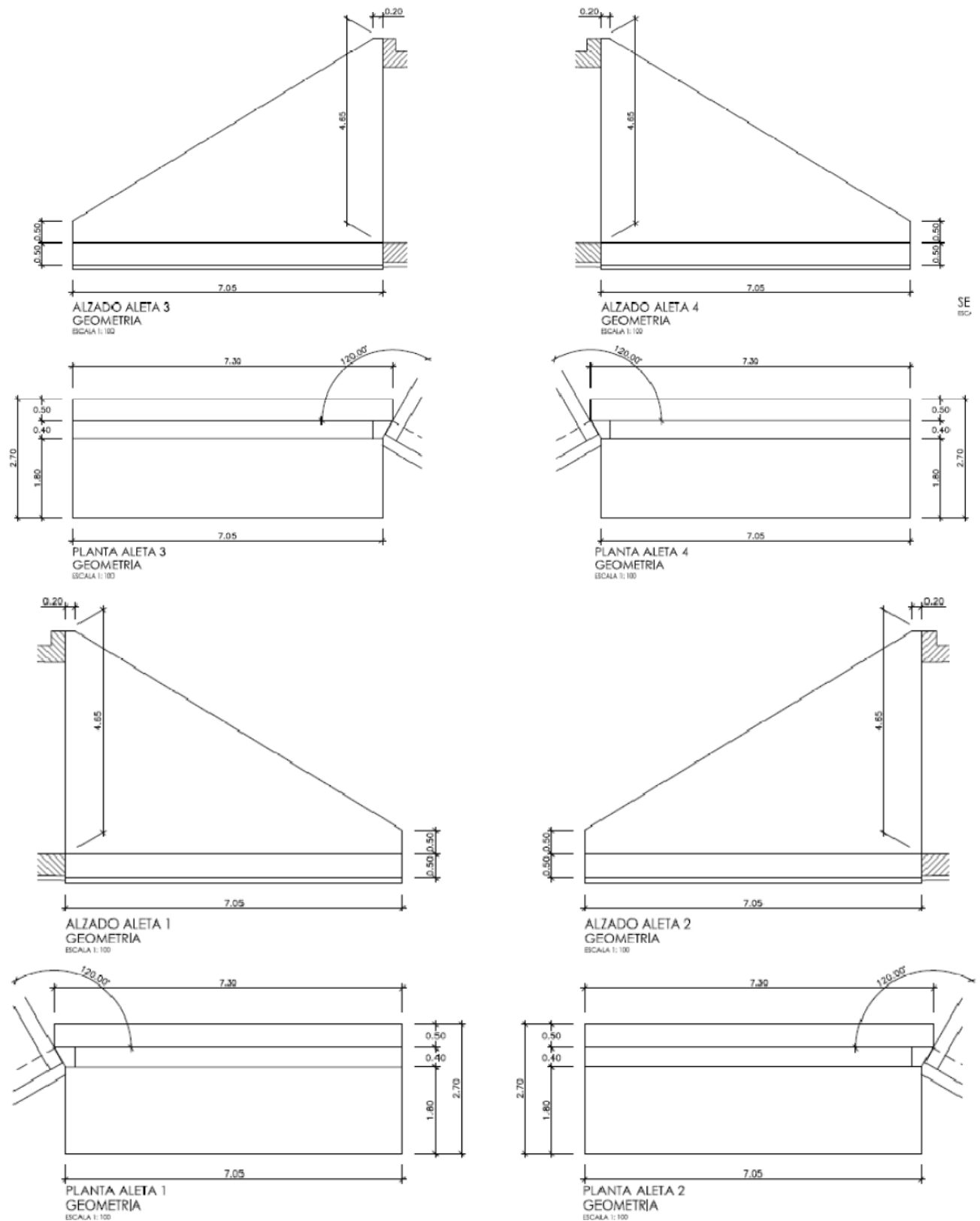
**SECCION TRANSVERSALGEOMETRIA**



## ALZADO

Sobre la losa superior existe un paquete de tierras con un espesor máximo de aproximadamente 2.20 m, formado por una capa de suelo-cemento y otra de mezcla bituminosa.

Para la contención de las tierras de la traza de la carretera se han dispuesto, a la entrada y la salida del marco, aletas de canto variable y espesor del alzado constante.



**Figura 2. Alzados y planta de las aletas del PI 0+900**





### 3. BASES DE CÁLCULO.

#### 3.1. NORMATIVA.

La normativa empleada para la realización de los cálculos se resume a continuación:

##### NORMATIVAS ACCIONES:

- IAP. Instrucción relativa a las acciones a considerar en el Proyecto de Puentes de Carretera.
- 
- EC-1. Euro-código 1: Acciones en estructuras. Cargas de tráfico en puentes.
- Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera.

##### NORMATIVAS MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN:

- EHE-08. Instrucción de hormigón estructural EHE.
- EC-2. Euro-código 2, "Proyecto de Estructuras de Hormigón".

#### 3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.

##### HORMIGÓN ARMADO

Tipo	HA-30
Nivel de control	Estadístico
Resistencia característica $f_{ck}$	30 MPa
Resistencia media $f_{cm}$	38 MPa

##### SITUACIONES PERSISTENTES O TRANSITORIAS

Coeficiente de minoración $\gamma_c$	1.50
Resistencia de cálculo $\gamma_c f_{ck}$	20 N/mm <sup>2</sup>

##### SITUACIONES ACCIDENTALES

Coeficiente de minoración $\gamma_c$	1.30
Resistencia de cálculo $\gamma_c f_{ck}$	23 N/mm <sup>2</sup>



## MODULO DE ELASTICIDAD

Módulo de Elasticidad inicial $E_{co}$	34000 N/mm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad secante $E_c$	29000 N/mm <sup>2</sup>
Módulo de Poisson $\nu_c$	0.20

## ARMADURAS PASIVAS

Tipo	B - 500 SD
Nivel de control	Normal
Resistencia característica $f_{yk}$	500 MPa
Coeficiente de minoración $\gamma_s$ (situación Persistentes o transitorias)	1.15
Resistencia de cálculo $f_{yd}$	435 MPa
Módulo de Elasticidad $E_s$	200000 MPa

## TERRENO EN TRASDÓS

Tipo	Granular
Ángulo de rozamiento interno $\phi$	30°
Coeficiente de empuje activo $K_a$	0.33
Coeficiente de empuje al reposo $K_0$	0.50
Peso específico	20 KN/m <sup>3</sup>

### 3.3. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS.

Las características geotécnicas del terreno que han sido consideradas en la realización de los cálculos son las siguientes:

Se ha considerado para el dimensionamiento de la cimentación del marco un coeficiente de balasto de 11900 KN/m<sup>3</sup> y una tensión admisible media de 0.15 MPa y máxima de 0.19 MPa.

Se ha considerado para el dimensionamiento de las zapatas de las aletas una tensión admisible media de 0.20 MPa y máxima de 0.30 MPa.

### 3.4. DURABILIDAD.

Se ha considerado una clase de exposición IIa en las zapatas de las aletas y losa inferior del marco y IIb en el resto de elementos del marco (losa superior,



Hastiales y alzado de aletas). Como consecuencia de los tipos de ambiente definidos, el hormigón armado debe cumplir las siguientes limitaciones:

#### **AMBIENTE IIa**

- Relación máxima agua / cemento de 0.60
- Contenido mínimo en cemento de 275 kg/m<sup>3</sup>
- Considerando una vida útil de 100 años, un cemento tipo CEM I y un control normal de la ejecución, se ha considerado un recubrimiento nominal 40 mm.
- Máxima abertura de fisura de 0.30 mm.
- Resistencia mínima compatible del hormigón de 25 MPa.

#### **AMBIENTE IIb**

- Relación máxima agua / cemento de 0.55
- Contenido mínimo en cemento de 300 kg/m<sup>3</sup>
- Considerando una vida útil de 100 años, un cemento tipo CEM I y un control normal de la ejecución, se ha considerado un recubrimiento nominal 40 mm.
- Máxima abertura de fisura de 0.30 mm.
- Resistencia mínima compatible del hormigón de 30 MPa.

### **3.5. ACCIONES.**

Se resume a continuación las acciones consideradas:

#### **3.5.1. Acciones permanentes.**

Son aquellas que actúan en todo momento y son constantes en magnitud y posición. Las más importantes se detallan a continuación.



### 3.5.1.1. Peso propio.

Es la acción debida al peso de los elementos estructurales. Su valor se obtiene a partir de las dimensiones especificadas en los planos y del peso específico del material constitutivo.

- Peso propio hormigón: 25.00 kN/m<sup>3</sup>

### 3.5.1.2. Cargas muertas.

Es la acción debida a los elementos no estructurales. En este caso se tiene la carga debida al peso de los materiales que gravitan sobre la losa superior, como son parte del terraplén y los paquetes de firme. Esta sollicitación no interviene en el cálculo de las aletas.

Se ha considerado actuando sobre la losa superior una capa de suelo-cemento y otra capa bituminosa

### 3.5.2. Acciones debidas al terreno.

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| - Coeficiente de balasto vertical en marco: | 11900 KN/m <sup>3</sup> |
| - Peso específico del terreno:              | 20 KN/m <sup>3</sup>    |
| - Tensión admisible en zapatas:             | 200 KN/m <sup>2</sup>   |
| - Tensión admisible en marco:               | 150 KN/m <sup>2</sup>   |
| - Angulo de rozamiento del relleno:         | 30 °                    |
| - Coeficiente de rozamiento suelo-zapata:   | 0.57                    |
| - Coeficiente de empuje activo:             | 0.33                    |
| - Coeficiente de empuje al reposo:          | 0.50                    |

### 3.5.3. Acciones permanentes de valor no constante (G\*).

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

#### Empuje de tierras:

- 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.

#### 3.5.4. Acciones variables.

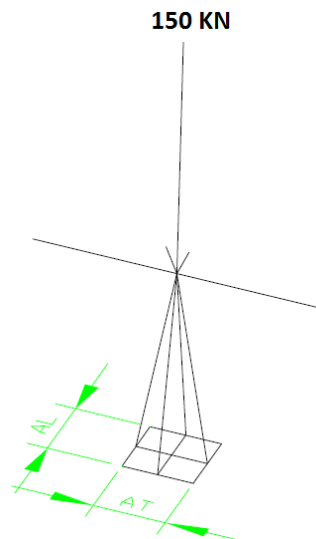
Son aquellas que pueden actuar o no sobre la estructura.

##### 3.5.4.1. Vehículo pesado (Tren de carga).

Se considerarán dos sollicitaciones, que actuarán únicamente sobre el marco. La primera será una sobrecarga uniformemente repartida extendida en toda la plataforma de la autovía o en parte de ella, según sea más desfavorable para el estudio. La segunda reproducirá la sobrecarga de un vehículo pesado que ira desplazándose a lo largo del tramo de autovía bajo el cual se inserta nuestro paso inferior y que actuará según un esquema bien preciso.

##### 3.5.4.2. Reparto longitudinal y transversal de cargas.

Se ha considerado un reparto longitudinal y transversal de las cargas puntuales equivalentes a una apertura de las mismas de  $80^\circ$  con respecto a la horizontal de la cara superior de la losa superior.



**Distribución longitudinal y transversal  
de una carga puntual a través del terreno.**



### 3.5.5. Niveles de control de calidad.

#### - Control de ejecución.

Se seguirán las siguientes prescripciones:

- Cimentaciones: Control a nivel normal y ejecución *in situ*.
- Marco: Control a nivel normal y ejecución *in situ*.
- Aletas: Control a nivel normal y ejecución *in situ*.

El control a nivel normal 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 con un sistema de certificación voluntario.

#### - Control de materiales.

Se aseguraran las siguientes prescripciones:

- Hormigón: Control 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.

## 4. COEFICIENTES DE SEGURIDAD E HIPOTESIS DE CARGA.

### 4.1. Valores de cálculo.

#### - Estados límite últimos (ELU)

Los coeficientes parciales de seguridad de los materiales para Estados Límite Últimos en situación persistente o transitoria son:

- Hormigón:  $1.50 = \gamma_c$
- Acero:  $1.15 = \gamma_s$

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	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Pretensado	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,50$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$
Accidental	—	—	$\gamma_A = 1,00$	$\gamma_A = 1,00$

- **Estados límite de servicio (ELS).**

Como coeficientes parciales de seguridad de las acciones para las comprobaciones de los estados límite de servicio se adoptan los valores de la siguiente tabla. Los coeficientes de seguridad de las acciones en el Estado Límite de Servicio son:

Tipo de acción		Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente		$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Pretensado	Armadura pretesa	$\gamma_P = 0,95$	$\gamma_P = 1,05$
	Armadura postesa	$\gamma_P = 0,90$	$\gamma_P = 1,10$
Permanente de valor no constante		$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable		$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$

#### 4.2. Hipótesis de Carga.

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 determinante y una o varias acciones variables concomitantes. Cualquiera de las acciones variables puede ser determinante.

## A) ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

Para la comprobación de los Estados Límites Últimos se considerarán las situaciones persistentes y transitorias, y las accidentales con o sin sismo.

A1) Situaciones persistentes o transitorias

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

Dónde:

$G_{k,j}$	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.

Los valores de los coeficientes son los siguientes:

	VALORES DE $\psi$		
Acción	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Cargas de tráfico	0.60	0.50	0.20
Resto de acciones variables	0.60	0.50	0.20

## B) Estados Límite de Servicio

Para las comprobaciones relativas a los Estados Límites de servicio se considerarán únicamente las situaciones persistentes y transitorias.

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones, se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:





B1) Combinación Característica (poco probable o rara)

$$\sum_{j=1} G_{k,j} + \sum_{i=1} \gamma_{G^*,i} G_{-k,i} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

B2) Combinación Frecuente

$$\sum_{j=1} G_{k,j} + \sum_{i=1} \gamma_{G^*,i} G_{-k,i} + \gamma_{Q,1} \Psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

B3) Combinación Casi-permanente

$$\sum_{j=1} G_{k,j} + \sum_{i=1} \gamma_{G^*,i} G_{-k,i} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

## 5. CÁLCULO ESTRUCTURAL.

### 5.1. MODELO ESTRUCTURAL DEL MARCO.

Para la realización del estudio conjunto de la estructura se ha utilizado un modelo de elementos finitos tipo marco formado por nudos y barras llevado a cabo mediante el empleo del programa informático SAP 2000.

En él queda modelada la sección tipo marco mediante una rebanada de un metro de ancho y de dimensiones interiores de la estructura (3 x 4 m) más la mitad de los espesores de los hastiales y las losas (3.35 x 4.4 m).

La losa inferior está formada por 10 barras horizontales y 11 nudos (barras 21-33). Al igual que ésta, la losa superior también está formada por 10 barras Horizontales 1-10.

Cada uno de estos elementos ha sido caracterizado con los materiales y las secciones adecuadas según el espesor adoptado para ambas losas.

Por otra parte, los hastiales también están representados por 10 barras verticales y 11 nudos.

El hastial izquierdo comprende las barras 31-40 y el hastial derecho las barras 10-20.



Como en el caso anterior, también estos elementos han sido caracterizados con los materiales y secciones adecuadas según el espesor adoptado para ambos hastiales. De este modo tenemos:

El apoyo de la losa inferior sobre el terreno, se simula mediante el programa gracias a la colocación de unos muelles cuya constante elástica viene definida por el coeficiente de balasto del terreno de apoyo y la longitud de las barras que representan la losa en el modelo.

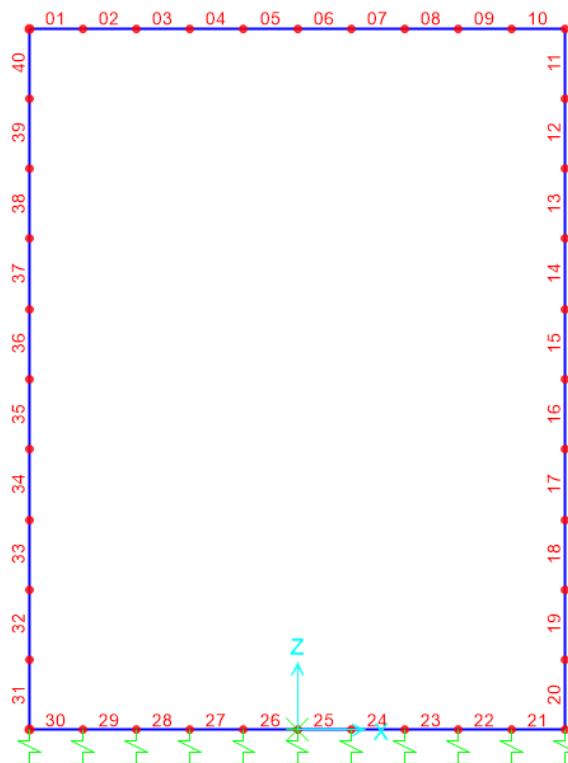
Así, la constante vendrá determinada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Rigidez (KN/m}^3\text{)} = \text{Coeficiente de balasto (KN/m}^3\text{)} \times \text{Área influencia (m}^2\text{)}$$

Tenemos:

- Coeficiente de balasto de **11900 KN/m<sup>3</sup>**
- El eje de la solera mide 3.35 metros y contiene 10 barras, la dimensión de cada barra es de 0.335 metros. De este modo, la rigidez del muelle será:  
 $\text{Rigidez (KN/m}^3\text{)} = 11900 \times [3.35 (/10) \times 1] = 3986.5 \text{ KN/m.}$

A continuación se muestra el croquis del modelo de cálculo en el que aparece la numeración de las barras:





## 5.2. Introducción de acciones.

Las acciones establecidas en el apartado 3.5 se introducen en el modelo sobre la geometría descrita con las siguientes consideraciones:

Las cargas de peso propio, cargas muertas, empujes del terreno y sobrecargas distribuidas se introducen como cargas distribuidas superficiales.

Las cargas correspondientes al vehículo pesado se reparten transversalmente a través del terreno, con lo que también se introducen en el modelo como cargas por unidad de superficie.

### 5.2.1. Acciones permanentes (G).

#### a) Peso propio.

Esta acción es la que corresponde al peso de los elementos estructurales.

Por tanto, el peso específico del material es:  $25 \text{ KN} / \text{m}^3$

#### b) Cargas muertas.

Sobre esta estructura, tenemos una altura de tierras de  $h=2.5 \text{ m}$ .

Para considerar la carga que supone este volumen de materiales sobre la estructura tomamos el valor de Peso específico del terreno de  **$20 \text{ KN/m}^3$**  por lo que obtenemos una carga total de tierras de:

$$2.5 \times 20 = 50 \text{ KN/m}^2$$

### 5.2.2. Cargas permanentes de valor no constante (G\*).

Para el cálculo de los empujes del terreno consideramos el método de Rankine, para ello vamos a suponer que la fricción muro-terreno será cero, siendo el trasdós del cajón vertical, por lo que la resultante de los empujes será paralela a la superficie del terreno.

**a) Empuje activo.**

Como mínimo valor del empuje al que están sometidos los hastiales del marco se ha tomado el empuje activo del terreno.

Se ha considerado un ángulo rozamiento de  $30^\circ$  ( $\phi = 30^\circ$ ), un peso específico del terreno de  $2 \text{ T/m}^3$  ( $\gamma_{ap} = 2 \text{ T/m}^3$ ) y un valor del coeficiente del rozamiento de tierras hastial de  $0^\circ$  ( $c = 0^\circ$ ).

El valor del coeficiente de empuje  $K_a$  según la teoría de Coulomb es:

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \frac{1 - \sin 30}{1 + \sin 30} = 0.333$$

El empuje activo se obtiene a partir de la ecuación:

$$E_a = q \times K_a$$

Dónde  $q$  es el valor de las cargas muertas sobre la losa superior de la estructura.

Por lo tanto, el empuje que actuará sobre los hastiales responderá a la siguiente expresión:

$$E_a = Z_{\text{profund.}} \times \gamma_{\text{aparente}} \times K_{\text{activo}}$$

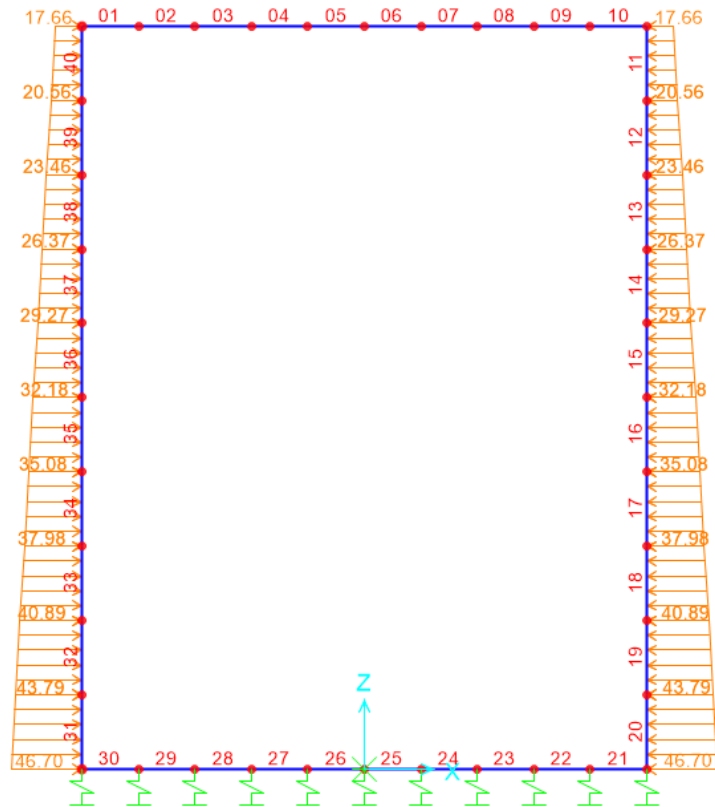
$Z$ : Profundidad, con origen en la superficie del terreno y signo positivo descendente.

De modo que resulta una carga trapezoidal distribuida en las barras que representan los hastiales y con sentido hacia el interior de la sección, siendo su valor máximo en los nudos de mayor profundidad, es decir nudo 30-31 ( $E_{a30-31}$ ) y su simétrico 20-21, y mínimo en los nudos 01-40 ( $E_{a01-40}$ ) y su simétrico 10-11.



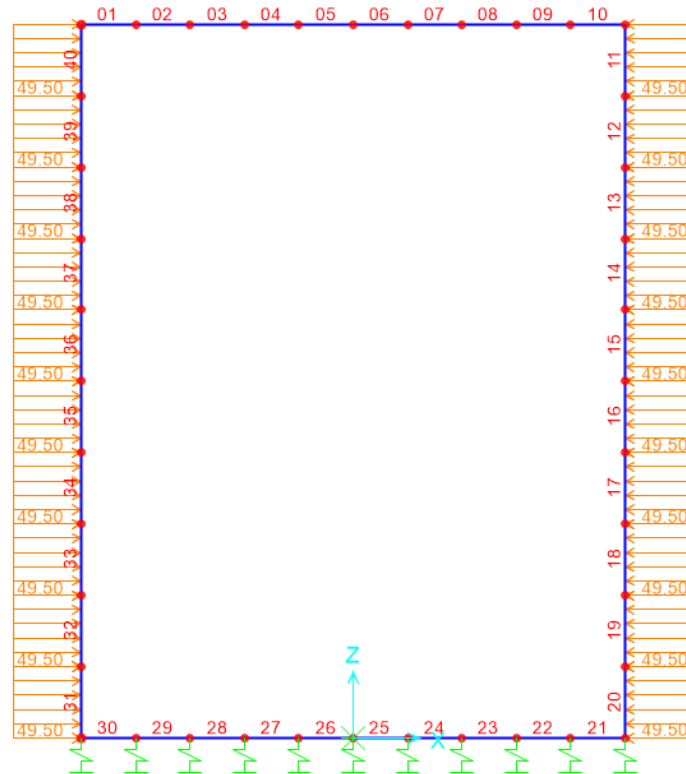
Los esfuerzos actuantes en los nodos extremos de los hastiales son:

**Debido a las tierras:**



- $E_{a31-30} = E_{a20-21} = 0.33 \times 20 \text{ KN/m}^3 \times 7.075 \text{ m} = 46.695 \text{ KN/m}$
- $E_{a01-40} = E_{a10-11} = 0.33 \times 20 \text{ KN/m}^3 \times 2.675 \text{ m} = 17.655 \text{ KN/m}$

**Debido a la sobre carga de uso:**



$$\bullet E_{a31-30} = E_{a20-21} = 0.33 \times 150 \text{ KN/m}^3 = 49.5 \text{ KN/m}$$

$$\bullet E_{a01-40} = E_{a10-11} = 0.33 \times 150 \text{ KN/m}^3 = 49.5 \text{ KN/m}$$

### b) Empuje al reposo.

Corresponde al valor superior de la presión ejercida en el trasdós, y acontece cuando el paramento vertical no se deforma.

En este caso, el coeficiente de empuje de tierras al reposo  $k_0$  se ha calculado considerando que el terraplén es un suelo normalmente consolidado.

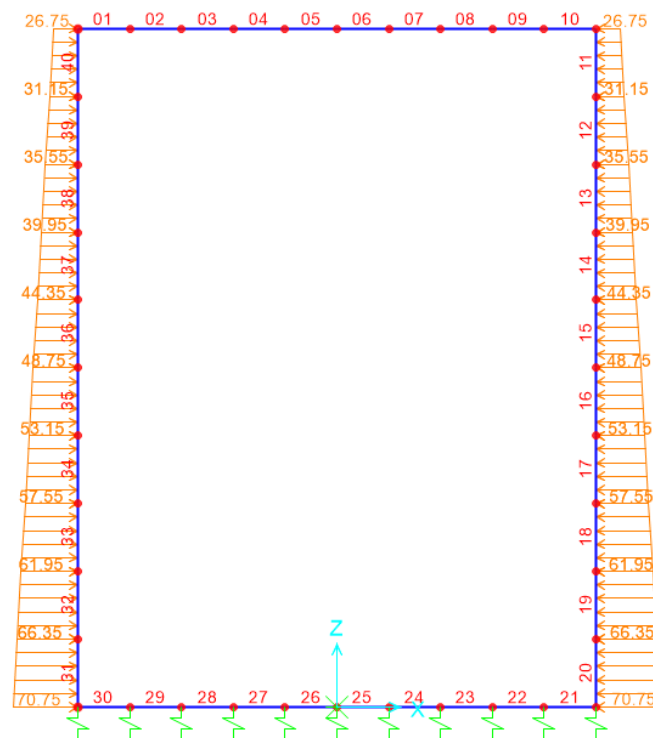
Para ello se utiliza la expresión propuesta por Jaky para su obtención:

$$K_0 = 1 - \sin \phi = 1 - 0.5 = 0.5$$

Del mismo modo, este empuje dará lugar a una distribución trapezoidal (tierra)/rectangular (SCU) similar al representado en la figura anterior para los empujes activos, pero de mayor modulo.

Los valores máximos y mínimos obtenidos también corresponderán con los nodos extremos de los hastiales son:

**Debido a las tierras:**

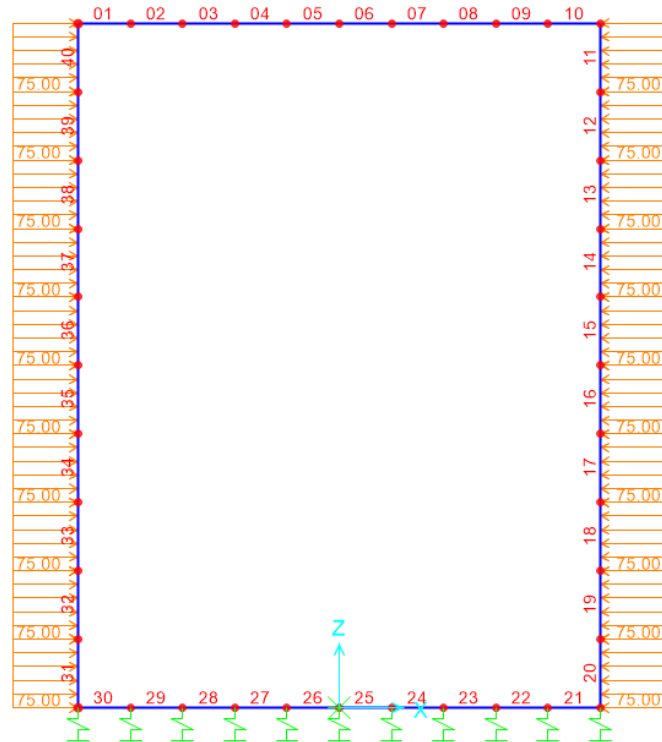


$$\cdot E_{o31-30} = E_{o20-21} = 0.5 \times 7.075 \times 20 \text{KN/m}^3 = 70.75 \text{ KN/m}$$

$$\cdot E_{o01-40} = E_{o10-11} = 0.5 \times 2.675 \times 20 \text{ KN/m}^3 = 26.75 \text{ KN/m}$$



Debido a la SCU:



$$\cdot E_{o31-30} = E_{o20-21} = 0.5 \times 150 \text{ KN/m}^3 = 75 \text{ KN/m}$$

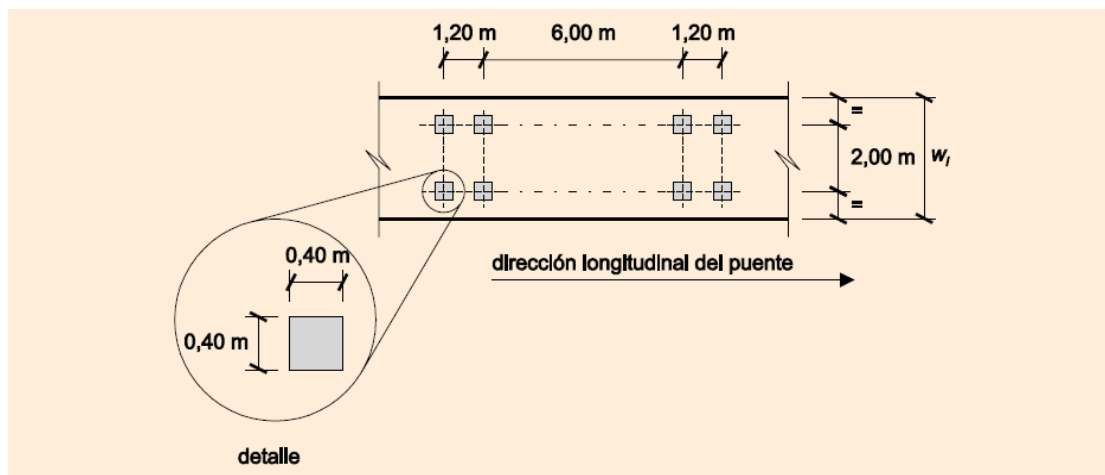
$$\cdot E_{o01-40} = E_{o10-11} = 0.5 \times 150 \text{ KN/m}^3 = 75 \text{ KN/m}$$



### 5.2.3. Acciones variables (Q)

#### - Vehículo pesado (Tren de carga).

Se trata de la sobrecarga de un vehículo de 600 kN cuyo eje longitudinal se considera paralelo al de la calzada y se aplica mediante cuatro cargas de 150 kN cada una. La separación de las cargas en sentido longitudinal es de 1.2 m y de 2 m en sentido transversal. La superficie sobre la que actúa cada carga es de 0.40 m paralelamente al eje del vehículo y de 0.40 m transversalmente a este.



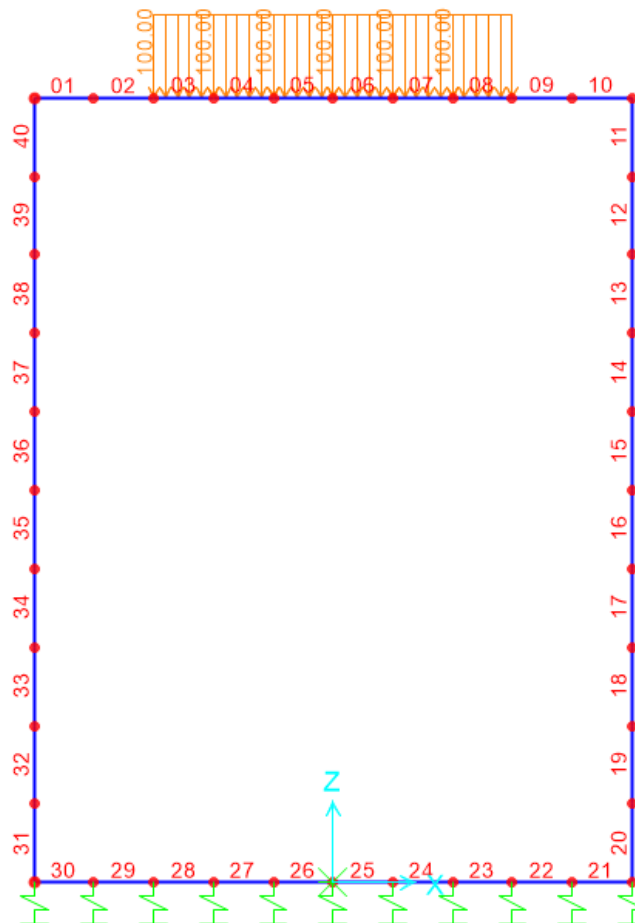
Tren de cargas para la comprobación del Estado Límite de Fatiga (IAP-11)

Suponemos que la difusión de la presión vertical se realiza a  $80^\circ$  en cada sentido de las dos direcciones principales, es decir, la del eje de la autovía y la perpendicular. Por consiguiente, el lugar común de los puntos del terraplén afectados por la acción constituye el volumen de una pirámide cuadrangular recta y no el de un cono.

Así, ignorando superposiciones y considerando las cuatro cargas como un grupo que actúa en conjunto, obtenemos una superficie rectangular de afección de dimensiones  $3 \times 1$  m.

Dividiendo el peso aplicado sobre dos ruedas del vehículo entre esta área, calculamos la presión vertical que ejerce esta acción sobre la losa superior:

$$q_c = P_{veh} / A_{afec} = 2 \times 150 / (3 \times 1) = 100 \text{ kN/m}^2$$



Carga aplicada en la zona del centro luz

Esta carga actúa de manera diferente sobre la losa, a medida que avanza, produciendo diferentes distribuciones. El dimensionamiento se realiza con el caso más desfavorable (centro luz).

### 5.3. VERIFICACIÓN DEL E.L.U.

#### 5.3.1. Esfuerzos. (MARCO)

Una vez calculadas todas las cargas, se le aplicarán a la estructura de elementos finitos modelizada en el apartado 5.1. de este mismo anejo.

Estas cargas se combinan según lo indicado en el apartado 4.2 de este mismo anejo y a partir de éstas, se obtienen las envolventes correspondientes a cada una de ellas. De estas envolventes obtenemos los valores máximos y mínimos de los axiles, cortantes y flectores así como sus concomitantes.

**ENVOLVENTE DE AXILES, CORTANTES Y FLECTORES**

		OutputCase	P	V2	T	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN -m	KN-m
1	0	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	-145.4109375	0	-68.15916434
1	0.34	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	-116.32875	0	-24.31776668
1	0	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	-296.1609375	0	-133.0236809
1	0.34	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	-267.07875	0	-38.68103323
1	0	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	-145.4109375	0	-175.0253608
1	0.34	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	-116.32875	0	-131.1839631
2	0	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	-116.32875	0	-24.31776668
2	0.34	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	-87.2465625	0	9.781098159
2	0	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	-267.07875	0	-38.68103323
2	0.34	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	-237.9965625	0	45.91908161
2	0	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	-116.32875	0	-131.1839631
2	0.34	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	-87.2465625	0	-97.08509826
3	0	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	-87.2465625	0	9.781098159
3	0.34	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	-58.164375	0	34.13743019
3	0	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	-237.9965625	0	45.91908161
3	0.34	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	-158.664375	0	112.3597886

3	0	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	-87.2465625	0	-97.08509826
3	0.34	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	-58.164375	0	-72.72876623
4	0	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	-58.164375	0	34.13743019
4	0.34	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	-29.0821875	0	48.75122941
4	0	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	-158.664375	0	112.3597886
4	0.34	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	-79.3321875	0	152.2242129
4	0	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	-58.164375	0	-72.72876623
4	0.34	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	-29.0821875	0	-58.11496701
5	0	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	-29.0821875	0	48.75122941
5	0.34	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	1.77E-12	0	53.62249582
5	0	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	-79.3321875	0	152.2242129
5	0.34	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	4.49E-12	0	165.5123543
5	0	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	-29.0821875	0	-58.11496701
5	0.34	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	1.78E-13	0	-53.24370061
6	0	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	-3.07E-13	0	53.62249582
6	0.34	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	29.0821875	0	48.75122941
6	0	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	-1.67E-12	0	165.5123543
6	0.34	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	79.3321875	0	152.2242129



ANEJO Nº4- CALCULO ESTRUCTURAL

6	0	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	3.75E-13	0	-53.24370061
6	0.34	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	29.0821875	0	-58.11496701
7	0	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	29.0821875	0	48.75122941
7	0.34	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	58.164375	0	34.13743019
7	0	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	79.3321875	0	152.2242129
7	0.34	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	158.664375	0	112.3597886
7	0	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	29.0821875	0	-58.11496701
7	0.34	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	58.164375	0	-72.72876623
8	0	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	58.164375	0	34.13743019
8	0.34	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	87.2465625	0	9.781098159
8	0	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	158.664375	0	112.3597886
8	0.34	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	237.9965625	0	45.91908161
8	0	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	58.164375	0	-72.72876623
8	0.34	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	87.2465625	0	-97.08509826
9	0	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	87.2465625	0	9.781098159
9	0.34	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	116.32875	0	-24.31776668
9	0	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	237.9965625	0	45.91908161
9	0.34	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	267.07875	0	-38.68103323



9	0	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	87.2465625	0	-97.08509826
9	0.34	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	116.32875	0	-131.1839631
10	0	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	-145.4109375	0	-68.15916434
10	0.34	LOSA ULTIMO1	-65.57549977	-116.32875	0	-24.31776668
10	0	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	-296.1609375	0	-133.0236809
10	0.34	LOSA ULTIMO2	-86.02865752	-267.07875	0	-38.68103323
10	0	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	-145.4109375	0	-175.0253608
10	0.34	HASTIAL ULTIMO	-350.1295298	-116.32875	0	-131.1839631
11	0	LOSA ULTIMO1	-150.6084375	57.16841977	0	-41.10865084
11	0.22	LOSA ULTIMO1	-148.0096875	61.53167977	0	-54.17151819
11	0.44	LOSA ULTIMO1	-145.4109375	65.57549977	0	-68.15916434
11	0	LOSA ULTIMO2	-301.3584375	77.62157752	0	-96.97377798
11	0.22	LOSA ULTIMO2	-298.7596875	81.98483752	0	-114.53634
11	0.44	LOSA ULTIMO2	-296.1609375	86.02865752	0	-133.0236809
11	0	HASTIAL ULTIMO	-150.6084375	281.5225298	0	-35.95542764
11	0.22	HASTIAL ULTIMO	-148.0096875	316.1890298	0	-101.7170092
11	0.44	HASTIAL ULTIMO	-145.4109375	350.1295298	0	-175.0253608
12	0	LOSA ULTIMO1	-155.8059375	47.48357977	0	-18.03835974



ANEJO Nº4- CALCULO ESTRUCTURAL

12	0.22	LOSA ULTIMO1	-153.2071875	52.48571977	0	-29.04083909
12	0.44	LOSA ULTIMO1	-150.6084375	57.16841977	0	-41.10865084
12	0	LOSA ULTIMO2	-306.5559375	67.93673752	0	-64.90409747
12	0.22	LOSA ULTIMO2	-303.9571875	72.93887752	0	-80.40627153
12	0.44	LOSA ULTIMO2	-301.3584375	77.62157752	0	-96.97377798
12	0	HASTIAL ULTIMO	-155.8059375	210.0115298	0	72.28854548
12	0.22	HASTIAL ULTIMO	-153.2071875	246.1300298	0	22.09966392
12	0.44	HASTIAL ULTIMO	-150.6084375	281.5225298	0	-35.95542764
13	0	LOSA ULTIMO1	-161.0034375	36.52097977	0	0.489494558
13	0.22	LOSA ULTIMO1	-158.4046875	42.16199977	0	-8.171489592
13	0.44	LOSA ULTIMO1	-155.8059375	47.48357977	0	-18.03835974
13	0	LOSA ULTIMO2	-311.7534375	56.97413752	0	-37.37685376
13	0.22	LOSA ULTIMO2	-309.1546875	62.61515752	0	-50.53753262
13	0.44	LOSA ULTIMO2	-306.5559375	67.93673752	0	-64.90409747
13	0	HASTIAL ULTIMO	-161.0034375	135.5965298	0	148.4287986
13	0.22	HASTIAL ULTIMO	-158.4046875	173.1670298	0	114.451497
13	0.44	HASTIAL ULTIMO	-155.8059375	210.0115298	0	72.28854548
14	0	LOSA ULTIMO1	-166.2009375	24.28061977	0	13.91269766
14	0.22	LOSA ULTIMO1	-163.6021875	30.56051977	0	7.874315908



14	0.44	LOSA ULTIMO1	-161.0034375	36.52097977	0	0.489494558
14	0	LOSA ULTIMO2	-316.9509375	44.73377752	0	-14.95426126
14	0.22	LOSA ULTIMO2	-314.3521875	51.01367752	0	-25.49233771
14	0.44	LOSA ULTIMO2	-311.7534375	56.97413752	0	-37.37685376
14	0	HASTIAL ULTIMO	-166.2009375	58.27752983	0	191.1875717
14	0.22	HASTIAL ULTIMO	-163.6021875	97.30002983	0	174.0607302
14	0.44	HASTIAL ULTIMO	-161.0034375	135.5965298	0	148.4287986
15	0	LOSA ULTIMO1	-171.3984375	10.76249977	0	21.66903516
15	0.22	LOSA ULTIMO1	-168.7996875	17.68127977	0	18.53436301
15	0.44	LOSA ULTIMO1	-166.2009375	24.28061977	0	13.91269766
15	0	LOSA ULTIMO2	-322.1484375	31.21565752	0	1.801465654
15	0.22	LOSA ULTIMO2	-319.5496875	38.13443752	0	-5.832901201
15	0.44	LOSA ULTIMO2	-316.9509375	44.73377752	0	-14.95426126
15	0	HASTIAL ULTIMO	-171.3984375	-21.94547017	0	199.2871049
15	0.22	HASTIAL ULTIMO	-168.7996875	18.52902983	0	199.6496033
15	0.44	HASTIAL ULTIMO	-166.2009375	58.27752983	0	191.1875717
16	0	LOSA ULTIMO1	-176.5959375	-4.033380228	0	23.19629266
16	0.22	LOSA ULTIMO1	-173.9971875	3.524279772	0	23.24643731
16	0.44	LOSA ULTIMO1	-171.3984375	10.76249977	0	21.66903516



ANEJO Nº4- CALCULO ESTRUCTURAL

16	0	LOSA ULTIMO2	-327.3459375	16.41977752	0	12.32811256
16	0.22	LOSA ULTIMO2	-324.7471875	23.97743752	0	7.878562508
16	0.44	LOSA ULTIMO2	-322.1484375	31.21565752	0	1.801465654
16	0	HASTIAL ULTIMO	-176.5959375	-105.0724702	0	171.449638
16	0.22	HASTIAL ULTIMO	-173.9971875	-63.14597017	0	189.9403564
16	0.44	HASTIAL ULTIMO	-171.3984375	-21.94547017	0	199.2871049
17	0	LOSA ULTIMO1	-181.7934375	-20.10702023	0	17.93225576
17	0.22	LOSA ULTIMO1	-179.1946875	-11.91048023	0	21.44832441
17	0.44	LOSA ULTIMO1	-176.5959375	-4.033380228	0	23.19629266
17	0	LOSA ULTIMO2	-332.5434375	0.34613752	0	16.06346507
17	0.22	LOSA ULTIMO2	-329.9446875	8.54267752	0	15.07983902
17	0.44	LOSA ULTIMO2	-327.3459375	16.41977752	0	12.32811256
17	0	HASTIAL ULTIMO	-181.7934375	-191.1034702	0	106.3974111
17	0.22	HASTIAL ULTIMO	-179.1946875	-147.7249702	0	143.6552295
17	0.44	HASTIAL ULTIMO	-176.5959375	-105.0724702	0	171.449638
18	0	LOSA ULTIMO1	-186.9909375	-37.45842023	0	5.314710056
18	0.22	LOSA ULTIMO1	-184.3921875	-28.62300023	0	12.57780991
18	0.44	LOSA ULTIMO1	-181.7934375	-20.10702023	0	17.93225576
18	0	LOSA ULTIMO2	-337.7409375	-17.00526248	0	12.44530878



18	0.22	LOSA ULTIMO2	-335.1421875	-8.16984248	0	15.20871393
18	0.44	LOSA ULTIMO2	-332.5434375	0.34613752	0	16.06346507
18	0	HASTIAL ULTIMO	-186.9909375	-280.0384702	0	2.852664232
18	0.22	HASTIAL ULTIMO	-184.3921875	-235.2079702	0	59.51646267
18	0.44	HASTIAL ULTIMO	-181.7934375	-191.1034702	0	106.3974111
19	0	LOSA ULTIMO1	-192.1884375	-56.08758023	0	-15.21855884
19	0.22	LOSA ULTIMO1	-189.5896875	-46.61328023	0	-3.927320594
19	0.44	LOSA ULTIMO1	-186.9909375	-37.45842023	0	5.314710056
19	0	LOSA ULTIMO2	-342.9384375	-35.63442248	0	0.911429288
19	0.22	LOSA ULTIMO2	-340.3396875	-26.16012248	0	7.702972834
19	0.44	LOSA ULTIMO2	-337.7409375	-17.00526248	0	12.44530878
19	0	HASTIAL ULTIMO	-192.1884375	-371.8774702	0	-140.4623626
19	0.22	HASTIAL ULTIMO	-189.5896875	-325.5949702	0	-63.75370421
19	0.44	HASTIAL ULTIMO	-186.9909375	-280.0384702	0	2.852664232
20	0	LOSA ULTIMO1	-197.3859375	-75.99450023	0	-44.22976534
20	0.22	LOSA ULTIMO1	-194.7871875	-65.88132023	0	-28.62928149
20	0.44	LOSA ULTIMO1	-192.1884375	-56.08758023	0	-15.21855884
20	0	LOSA ULTIMO2	-348.1359375	-55.54134248	0	-19.1003878
20	0.22	LOSA ULTIMO2	-345.5371875	-45.42816248	0	-7.999598657



ANEJO Nº4- CALCULO ESTRUCTURAL

20	0.44	LOSA ULTIMO2	-342.9384375	-35.63442248	0	0.911429288
20	0	HASTIAL ULTIMO	-197.3859375	-466.6204702	0	-324.8254295
20	0.22	HASTIAL ULTIMO	-194.7871875	-418.8859702	0	-227.4330311
20	0.44	HASTIAL ULTIMO	-192.1884375	-371.8774702	0	-140.4623626
21	0	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	100.7509445	0	44.22976534
21	0.34	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	105.838757	0	9.625990355
21	0	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	106.9768567	0	19.1003878
21	0.34	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	112.0646692	0	-17.5890678
21	0	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	448.5163382	0	324.8254295
21	0.34	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	453.6041507	0	173.7202476
22	0	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	-40.22922338	0	-2.998590884
22	0.34	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	-35.14141088	0	9.625990355
22	0	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	-7.555363875	0	-19.2679061
22	0.34	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	-2.467551375	0	-17.5890678
22	0	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	-332.014384	0	63.34763758
22	0.34	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	-326.9265715	0	173.7202476
23	0	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	-8.624399328	0	-5.035556065
23	0.34	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	-3.536586828	0	-2.998590884



23	0	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	20.5893064	0	-11.51827986
23	0.34	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	25.6771189	0	-19.2679061
23	0	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	-168.6866415	0	7.689821259
23	0.34	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	-163.598829	0	63.34763758
24	0	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	0.679636777	0	-3.955669151
24	0.34	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	5.767449277	0	-5.035556065
24	0	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	16.97803216	0	-4.978430497
24	0.34	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	22.06584466	0	-11.51827986
24	0	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	-64.46389549	0	-13.05337514
24	0.34	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	-59.37608299	0	7.689821259
25	0	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	-0.516680101	0	-3.276548391
25	0.34	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	4.571132399	0	-3.955669151
25	0	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	4.400057665	0	-2.652202585
25	0.34	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	9.487870165	0	-4.978430497
25	0	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	-16.3173646	0	-17.66748368
25	0.34	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	-11.2295521	0	-13.05337514
26	0	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	-4.571132399	0	-3.955669151
26	0.34	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	0.516680101	0	-3.276548391





ANEJO Nº4- CALCULO ESTRUCTURAL

26	0	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	-9.487870165	0	-4.978430497
26	0.34	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	-4.400057665	0	-2.652202585
26	0	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	11.2295521	0	-13.05337514
26	0.34	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	16.3173646	0	-17.66748368
27	0	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	-5.767449277	0	-5.035556065
27	0.34	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	-0.679636777	0	-3.955669151
27	0	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	-22.06584466	0	-11.51827986
27	0.34	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	-16.97803216	0	-4.978430497
27	0	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	59.37608299	0	7.689821259
27	0.34	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	64.46389549	0	-13.05337514
28	0	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	3.536586828	0	-2.998590884
28	0.34	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	8.624399328	0	-5.035556065
28	0	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	-25.6771189	0	-19.2679061
28	0.34	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	-20.5893064	0	-11.51827986
28	0	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	163.598829	0	63.34763758
28	0.34	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	168.6866415	0	7.689821259
29	0	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	35.14141088	0	9.625990355
29	0.34	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	40.22922338	0	-2.998590884



29	0	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	2.467551375	0	-17.5890678
29	0.34	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	7.555363875	0	-19.2679061
29	0	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	326.9265715	0	173.7202476
29	0.34	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	332.014384	0	63.34763758
30	0	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	100.7509445	0	44.22976534
30	0.34	LOSA ULTIMO1	-75.99450023	105.838757	0	9.625990355
30	0	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	106.9768567	0	19.1003878
30	0.34	LOSA ULTIMO2	-55.54134248	112.0646692	0	-17.5890678
30	0	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	448.5163382	0	324.8254295
30	0.34	HASTIAL ULTIMO	-466.6204702	453.6041507	0	173.7202476
31	0	LOSA ULTIMO1	-197.3859375	75.99450023	0	44.22976534
31	0.22	LOSA ULTIMO1	-194.7871875	65.88132023	0	28.62928149
31	0.44	LOSA ULTIMO1	-192.1884375	56.08758023	0	15.21855884
31	0	LOSA ULTIMO2	-348.1359375	55.54134248	0	19.1003878
31	0.22	LOSA ULTIMO2	-345.5371875	45.42816248	0	7.999598657
31	0.44	LOSA ULTIMO2	-342.9384375	35.63442248	0	-0.911429288
31	0	HASTIAL ULTIMO	-197.3859375	466.6204702	0	324.8254295
31	0.22	HASTIAL ULTIMO	-194.7871875	418.8859702	0	227.4330311
31	0.44	HASTIAL ULTIMO	-192.1884375	371.8774702	0	140.4623626





ANEJO Nº4- CALCULO ESTRUCTURAL

32	0	LOSA ULTIMO1	-192.1884375	56.08758023	0	15.21855884
32	0.22	LOSA ULTIMO1	-189.5896875	46.61328023	0	3.927320594
32	0.44	LOSA ULTIMO1	-186.9909375	37.45842023	0	-5.314710056
32	0	LOSA ULTIMO2	-342.9384375	35.63442248	0	-0.911429288
32	0.22	LOSA ULTIMO2	-340.3396875	26.16012248	0	-7.702972834
32	0.44	LOSA ULTIMO2	-337.7409375	17.00526248	0	-12.44530878
32	0	HASTIAL ULTIMO	-192.1884375	371.8774702	0	140.4623626
32	0.22	HASTIAL ULTIMO	-189.5896875	325.5949702	0	63.75370421
32	0.44	HASTIAL ULTIMO	-186.9909375	280.0384702	0	-2.852664232
33	0	LOSA ULTIMO1	-186.9909375	37.45842023	0	-5.314710056
33	0.22	LOSA ULTIMO1	-184.3921875	28.62300023	0	-12.57780991
33	0.44	LOSA ULTIMO1	-181.7934375	20.10702023	0	-17.93225576
33	0	LOSA ULTIMO2	-337.7409375	17.00526248	0	-12.44530878
33	0.22	LOSA ULTIMO2	-335.1421875	8.16984248	0	-15.20871393
33	0.44	LOSA ULTIMO2	-332.5434375	-0.34613752	0	-16.06346507
33	0	HASTIAL ULTIMO	-186.9909375	280.0384702	0	-2.852664232
33	0.22	HASTIAL ULTIMO	-184.3921875	235.2079702	0	-59.51646267
33	0.44	HASTIAL ULTIMO	-181.7934375	191.1034702	0	-106.3974111



34	0	LOSA ULTIMO1	-181.7934375	20.10702023	0	-17.93225576
34	0.22	LOSA ULTIMO1	-179.1946875	11.91048023	0	-21.44832441
34	0.44	LOSA ULTIMO1	-176.5959375	4.033380228	0	-23.19629266
34	0	LOSA ULTIMO2	-332.5434375	-0.34613752	0	-16.06346507
34	0.22	LOSA ULTIMO2	-329.9446875	-8.54267752	0	-15.07983902
34	0.44	LOSA ULTIMO2	-327.3459375	-16.41977752	0	-12.32811256
34	0	HASTIAL ULTIMO	-181.7934375	191.1034702	0	-106.3974111
34	0.22	HASTIAL ULTIMO	-179.1946875	147.7249702	0	-143.6552295
34	0.44	HASTIAL ULTIMO	-176.5959375	105.0724702	0	-171.449638
35	0	LOSA ULTIMO1	-176.5959375	4.033380228	0	-23.19629266
35	0.22	LOSA ULTIMO1	-173.9971875	-3.524279772	0	-23.24643731
35	0.44	LOSA ULTIMO1	-171.3984375	-10.76249977	0	-21.66903516
35	0	LOSA ULTIMO2	-327.3459375	-16.41977752	0	-12.32811256
35	0.22	LOSA ULTIMO2	-324.7471875	-23.97743752	0	-7.878562508
35	0.44	LOSA ULTIMO2	-322.1484375	-31.21565752	0	-1.801465654
35	0	HASTIAL ULTIMO	-176.5959375	105.0724702	0	-171.449638
35	0.22	HASTIAL ULTIMO	-173.9971875	63.14597017	0	-189.9403564
35	0.44	HASTIAL ULTIMO	-171.3984375	21.94547017	0	-199.2871049
36	0	LOSA ULTIMO1	-171.3984375	-10.76249977	0	-21.66903516



ANEJO Nº4- CALCULO ESTRUCTURAL

36	0.22	LOSA ULTIMO1	-168.7996875	-17.68127977	0	-18.53436301
36	0.44	LOSA ULTIMO1	-166.2009375	-24.28061977	0	-13.91269766
36	0	LOSA ULTIMO2	-322.1484375	-31.21565752	0	-1.801465654
36	0.22	LOSA ULTIMO2	-319.5496875	-38.13443752	0	5.832901201
36	0.44	LOSA ULTIMO2	-316.9509375	-44.73377752	0	14.95426126
36	0	HASTIAL ULTIMO	-171.3984375	21.94547017	0	-199.2871049
36	0.22	HASTIAL ULTIMO	-168.7996875	-18.52902983	0	-199.6496033
36	0.44	HASTIAL ULTIMO	-166.2009375	-58.27752983	0	-191.1875717
37	0	LOSA ULTIMO1	-166.2009375	-24.28061977	0	-13.91269766
37	0.22	LOSA ULTIMO1	-163.6021875	-30.56051977	0	-7.874315908
37	0.44	LOSA ULTIMO1	-161.0034375	-36.52097977	0	-0.489494558
37	0	LOSA ULTIMO2	-316.9509375	-44.73377752	0	14.95426126
37	0.22	LOSA ULTIMO2	-314.3521875	-51.01367752	0	25.49233771
37	0.44	LOSA ULTIMO2	-311.7534375	-56.97413752	0	37.37685376
37	0	HASTIAL ULTIMO	-166.2009375	-58.27752983	0	-191.1875717
37	0.22	HASTIAL ULTIMO	-163.6021875	-97.30002983	0	-174.0607302
37	0.44	HASTIAL ULTIMO	-161.0034375	-135.5965298	0	-148.4287986
38	0	LOSA ULTIMO1	-161.0034375	-36.52097977	0	-0.489494558
38	0.22	LOSA ULTIMO1	-158.4046875	-42.16199977	0	8.171489592



38	0.44	LOSA ULTIMO1	-155.8059375	-47.48357977	0	18.03835974
38	0	LOSA ULTIMO2	-311.7534375	-56.97413752	0	37.37685376
38	0.22	LOSA ULTIMO2	-309.1546875	-62.61515752	0	50.53753262
38	0.44	LOSA ULTIMO2	-306.5559375	-67.93673752	0	64.90409747
38	0	HASTIAL ULTIMO	-161.0034375	-135.5965298	0	-148.4287986
38	0.22	HASTIAL ULTIMO	-158.4046875	-173.1670298	0	-114.451497
38	0.44	HASTIAL ULTIMO	-155.8059375	-210.0115298	0	-72.28854548
39	0	LOSA ULTIMO1	-155.8059375	-47.48357977	0	18.03835974
39	0.22	LOSA ULTIMO1	-153.2071875	-52.48571977	0	29.04083909
39	0.44	LOSA ULTIMO1	-150.6084375	-57.16841977	0	41.10865084
39	0	LOSA ULTIMO2	-306.5559375	-67.93673752	0	64.90409747
39	0.22	LOSA ULTIMO2	-303.9571875	-72.93887752	0	80.40627153
39	0.44	LOSA ULTIMO2	-301.3584375	-77.62157752	0	96.97377798
39	0	HASTIAL ULTIMO	-155.8059375	-210.0115298	0	-72.28854548
39	0.22	HASTIAL ULTIMO	-153.2071875	-246.1300298	0	-22.09966392
39	0.44	HASTIAL ULTIMO	-150.6084375	-281.5225298	0	35.95542764
40	0	LOSA ULTIMO1	-150.6084375	-57.16841977	0	41.10865084
40	0.22	LOSA ULTIMO1	-148.0096875	-61.53167977	0	54.17151819
40	0.44	LOSA ULTIMO1	-145.4109375	-65.57549977	0	68.15916434



ANEJO Nº4- CALCULO ESTRUCTURAL



40	0	LOSA ULTIMO2	-301.3584375	-77.62157752	0	96.97377798
40	0.22	LOSA ULTIMO2	-298.7596875	-81.98483752	0	114.53634
40	0.44	LOSA ULTIMO2	-296.1609375	-86.02865752	0	133.0236809
40	0	HASTIAL ULTIMO	-150.6084375	-281.5225298	0	35.95542764
40	0.22	HASTIAL ULTIMO	-148.0096875	-316.1890298	0	101.7170092
40	0.44	HASTIAL ULTIMO	-145.4109375	-350.1295298	0	175.0253608

## 5.4. Dimensionamiento de la estructura

### 5.4.1. ELU de agotamiento frente a solicitaciones normales

El marco ha de resistir los esfuerzos de flexo-compresión que se consideran a partir de las envolventes de E.L.U. de axiles y flectores. Observando estos esfuerzos, estaremos en disposición de determinar la armadura necesaria para la resistencia a estos importantes esfuerzos. De estas envolventes obtenemos los valores máximos y mínimos de momentos flectores y sus axiles concomitantes,

Estos valores se han tomado en unos determinados nudos de la sección que se ha utilizado para realizar los cálculos. Los tramos que se han tomado son los siguientes:



Se considera solamente la mitad del modelo por ser simétricas las envolventes de esfuerzo debido a la simetría en la estructura.

Programando una tabla en Excel y con la ayuda del Prontuario Informático del Hormigón EHE-08, obtendremos la cantidad de armadura necesaria para resistir estos esfuerzos. Observamos lo que ocurre para:

- Losa superior
- Losa inferior
- Hastiales (serán idénticos, ya que la estructura es simétrica).



#### 5.4.1.1. Armado de la losa superior

Teniendo en cuenta el diagrama de momentos, la estrategia de armado consistirá en calcular el área de dos tipos de armaduras:

- **Armadura básica de positivos:** Se dispondrá en la cara inferior a lo largo de toda la luz. Su momento de dimensionamiento será el correspondiente al tramo 05-06 puesto que en esta sección tenemos el momento más desfavorable.

- **Armadura básica de negativos:** Se instalara en la cara superior de la pieza, a lo largo de toda la luz.

Las características a tener en cuenta han sido:

- Materiales

Tipo de hormigón: HA-30

Tipo de acero: B-500-S

$f_{ck}$  [MPa] = 30.00

$f_{yk}$  [MPa] = 500.00

$g_c$  = 1.50

$g_s$  = 1.15

- Sección

Sección: LOSA-SUPERIOR 05-06

$b$  [m] = 1.00

$h$  [m] = 0.35

$r$  [m] = 0.040

- Valor de flector/Axil :

$N_d$  [kN] = 86.02865752

$M_d$  [kN·m] = 165.5123543

$N_u$  [kN] = 86.4

$M_u$  [kN·m] = 166.3

El armado a disponer en la losa superior será el siguiente:

Armado superior: Estará formado por una armadura base de 16/0.20 que se coloca en toda la sección hasta que se une con los hastiales.

Armado inferior: Estará formado por una armadura base de 16/0.15 que se coloca en toda la sección hasta que se une con los hastiales.

- Armadura de reparto:

Según la tabla 42.3.5 del EHE:

Tipo de elemento estructural		Tipo de acero	
		Aceros con $f_y = 400 \text{ N/mm}^2$	Aceros con $f_y = 500 \text{ N/mm}^2$
Pilares		4,0	4,0
Losas <sup>(1)</sup>		2,0	1,8
Forjados unidireccionales	Nervios <sup>(2)</sup>	4,0	3,0
	Armadura de reparto perpendicular a los nervios <sup>(3)</sup>	1,4	1,1
	Armadura de reparto paralela a los nervios <sup>(3)</sup>	0,7	0,6
Vigas <sup>(4)</sup>		3,3	2,8
Muros <sup>(5)</sup>	Armadura horizontal	4,0	3,2
	Armadura vertical	1,2	0,9

Se calcula a partir de unos mínimos mecánicos y unos geométricos. La armadura de reparto superior debe cumplir los mínimos geométricos a un 1.8‰ de la sección del hormigón repartido en las dos caras que en este caso será:

- El armado de reparto superior estará formado por 12/20.
- El armado de reparto inferior estará formado por 12//20.

#### 5.4.1.2. Armado de la losa inferior :

Se procede de igual modo que con la losa superior, si bien el sentido de los momentos se invierte. Así, en el centro de la solera se tendrán ahora momentos negativos (de valores bajos debido a una longitud pequeña de 3.7) y en sus extremos, positivos.



Las características a tener en cuenta han sido:

- Materiales

Tipo de hormigón: HA-30

Tipo de acero: B-500-S

$f_{ck}$  [MPa] = 30.00

$f_{yk}$  [MPa] = 500.00

$g_c$  = 1.50

$g_s$  = 1.15

- Sección

Sección: LOSA INFERIOR MEDIO

$b$  [m] = 1.00

$h$  [m] = 0.45

$r$  [m] = 0.040

- Valor de flector/Axil :

$N_d$  [kN] = 466.6204702

$M_d$  [kN·m] = 173.7202476

$N_u$  [kN] = 921.7

$M_u$  [kN·m] = 343.2

- El armado a disponer en la losa inferior será el siguiente:

Armado superior: Estará formado por una armadura base de 16/0.15.

Armado inferior: Estará formado por una armadura base de 16/0.20, al que se le añadirá armaduras de espera de 16/0.20 en la unión con los hastiales.

Armadura de reparto: Se calcula a partir de unos mínimos mecánicos y unos geométricos. La armadura de reparto inferior debe cumplir los mínimos geométricos aun 1.8š de la sección del hormigón repartido en las dos caras que en este caso será:



- El armado de reparto superior estará formado por 12/0.15.
- El armado de reparto inferior estará formado por 12/0.15.

#### 5.4.1.3. Armado de los hastiales :

El armado de los hastiales se realiza considerando que estos elementos están sometidos a flexión-compuesta, por tanto se van a tener en cuenta la envolvente de momentos con sus respectivos axiles concomitantes.

Por último, debe decir que los resultados de esfuerzos axiles dados por el programa consideran positiva la tracción.

- El armado a disponer en los hastiales será el siguiente:

*Armado vertical en el trasdós:* Estará formado por una armadura base de 16/0.15.

*Armado vertical en el intradós:* Estará formado por una armadura base de 12/0.20.

*Armado de reparto:* Se calcula a partir de unos mínimos mecánicos y unos geométricos. Se colocarán 12/0.20 tanto en el trasdós como en el intradós.

#### 5.4.2. ELU de agotamiento frente a cortante.

La determinación de la armadura necesaria a colocar en cada una de las partes del marco para que este resista los esfuerzos de cortante a los que se va a ver sometido durante su vida útil se realizará en función de las envolventes de esfuerzos obtenidas mediante la consideración de Estados Límite Último de cortante.

Estos esfuerzos se tomarán de las envolventes obtenidas los valores máximos de los cortantes y sus axiles concomitantes sobre los tramos que forman el modelo de cálculo, previamente ya indicados.

#### Comprobaciones a realizar

El Estado Límite de Agotamiento por esfuerzo cortante se puede alcanzar, ya sea por agotarse la resistencia a compresión del alma, o por agotarse su resistencia a tracción.

En consecuencia es necesario comprobar que se cumple simultáneamente (Artículo 44.2.3 EHE).

$$V_{rd} \leq V_{u1}$$

$$V_{rd} \leq V_{u2}$$





Dónde:

$V_{u1}$ : es el esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.

$V_{u2}$ : es el esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Obtención de  $V_{u1}$ :

$$V_{u1} = k * f_{1cd} * b_0 * d * \frac{\cot g \theta + \cot g \alpha}{1 + \cot g^2 \theta}$$

Dónde:

K: coeficiente de reducción por esfuerzo axil. En el caso de las losas se desprecia el esfuerzo axil, con lo que quedaría un k=1, en cambio, en el caso de los hastiales, se ha de tener en cuenta y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$k = \frac{5}{3} * (1 + \frac{\sigma'_{cd}}{f_{cd}})$$

$f_{cd}$ : Resistencia a compresión del hormigón ( $f_{1cd}=0.60 \cdot f_{cd}$ ).

$b_0$ : Anchura neta mínima del elemento.

d : Canto útil del elemento.

$\theta$  : Ángulo entre las bielas de compresión del hormigón y el eje de la pieza. Se adopta

$\cot g \theta = \cot g \theta_e$ , dónde  $\cot g \theta_e = \sqrt{\frac{\sigma_{cd}}{f_{ct,m}}}$  y siendo  $f_{ct,m}$  la resistencia media a tracción del Hormigón. Así en las losas tenemos un  $\cot g \theta = 1$  y en el hastial habrá que calcularlo.

$\alpha$  : Ángulo formado por las armaduras con el eje de la pieza.

Una vez realizada la primera comprobación se realiza la segunda:

$$V_{u2} = \left[ \frac{0.15}{1.5} * \xi * (100 * \rho_1 * f_{ck})^{\frac{1}{3}} - 0.15 * \sigma'_{cd} \right] * b_0 * d$$



Dónde:

$\xi$  : Coeficiente definido mediante la expresión:

$$\xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{\alpha}}$$

$\rho_1$ : Cuantía geométrica de la armadura longitudinal fraccionada:

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b_0 * d}$$

$\sigma_{cd}$ : Tensión axil efectiva en el hormigón. En el caso de las losas como no se considera el axil, este valor es 0 y en el caso de los hastiales tiene un valor definido mediante la expresión:

$$\sigma_{cd} = \frac{N_d}{A_c}$$

Dónde:

$N_d$ : Esfuerzo axil de cálculo (tracción positiva)

$A_c$ : Área total de la sección de hormigón

En caso de que ambas comprobaciones no se cumplan, significará que el elemento en cuestión que se está analizando precisa de armadura de cortante que se dimensionará siguiendo el siguiente procedimiento:

$$V_{su} = V_{rd} - V_{cu}$$

Dónde:

$$V_{cu} = \left[ \frac{0.15}{1.5} * \xi * (100 * \rho_1 * f_{ck})^{\frac{1}{3}} - 0.15 * \sigma'_{cd} \right] * b_0 * d$$

Una vez obtenemos  $V_{su}$ , se calculará el área por unidad de longitud de cada grupo de armaduras que forman un ángulo con la directriz de la pieza, que se definirá mediante la siguiente expresión:

$$A_\alpha = \frac{V_{su}}{f_{y\alpha,d} * 0.9 * d}$$

#### 5.4.2.1. Armadura de cortante losa superior :

El cortante máximo de cálculo  $V_{rd}$  se produce a un canto útil de los extremos de losa con un valor de 267.08 KN.

Realizamos la primera comprobación:

$$V_{u1} = 1 \times \left( 0.6 \times \frac{30}{1.5} \times 10^3 \right) \times 1 \times 0.31 \times \frac{1+0}{1+1} = 1860 \text{ KN}$$

Realizamos la segunda comprobación:

$$V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$$

Cálculo de  $V_{cu}$ : contribución del hormigón

$$V_{cu} = \left( \frac{0.15}{1.5} \times 1.8 \times (100 \times 4.53 \times 10^{-3} \times 30)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \times 0 \right) \times 1 \times 0.31 \times 10^3 \times 1 = 133.16 \text{ KN}$$

Dónde:

$$\xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = \sqrt{\frac{200}{310}} = 1.8$$

$$\sigma_{cd} = \frac{N_d}{A_c} = 0$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b_0 \times d} = \frac{14.07}{100 \times 31} = 4.53 \times 10^{-3}$$

Contribución de la armadura transversal:

$$V_{su} = V_{rd} - V_{cu} = 0.9 \times d \times A_{90} \times f_{y90d}$$

Entonces:

$$A_{90} = \frac{267.08 - 133.16}{0.9 \times 0.31 \times 400 \times 10^3} = 12 \text{ cm}^2$$

La cuantía mínima de armadura a disponer es:

$$A_{90,min} = \frac{\sin \alpha \times f_{ct,m} \times b_0}{7.5 \times f_{y90} \times d} = \frac{1 \times 29 \times 10^3 \times 1}{7.5 \times 400 \times 10^3} = 10 \text{ cm}^2$$



Como:

$$A_{u,min} < A_{90} \rightarrow \text{La armadura de cortante a disponer será } 12 \text{ cm}^2$$

La armadura de cortante estará dispuesta por cercos de  $\phi 10/0.25/0.25$  a 1m de distancia.

#### 5.4.2.2. Armadura de cortante losa inferior

El cortante máximo de cálculo  $V_{rd}$  se produce a un canto útil de los extremos de losa con un valor de 453.6 KN.

Realizamos la primera comprobación:

$$V_{u1} = 1 \times \left( 0.6 \times \frac{30}{1.5} \times 10^3 \right) \times 1 \times 0.31 \times \frac{1+0}{1+1} = 2460 \text{ KN}$$

Realizamos la segunda comprobación:

$$V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$$

Cálculo de  $V_{cu}$ : contribución del hormigón

$$V_{cu} = \left( \frac{0.15}{1.5} \times 1.69 \times (100 \times 4.9 \times 10^{-3} \times 30)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \times 0 \right) \times 1 \times 0.41 \times 10^3 \times 1 = 169.74 \text{ KN}$$

Siendo:

$$\xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{410}} = 1.69$$

$$\sigma_{cd} = \frac{N_d}{A_c} = 0$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b_0 \times d} = \frac{20.1}{100 \times 41} = 4.9 \times 10^{-3}$$

Contribución de la armadura transversal:

$$V_{su} = V_{rd} - V_{cu} = 0.9 \times d \times A_{90} \times f_{y90d}$$



Entonces:

$$A_{90} = \frac{453.6 - 169.74}{0.9 \times 0.41 \times 400 \times 10^3} = 19.23 \text{ cm}^2 \approx 20 \text{ cm}^2$$

La cuantía mínima de armadura a disponer es:

$$A_{90,min} = \frac{\sin \alpha \times f_{ct,m} \times b_0}{7.5 \times f_{y90d}} = \frac{1 \times 2.9 \times 10^3 \times 1}{7.5 \times 400 \times 10^3} = 9.66 \approx 10 \text{ cm}^2$$

Como:

$$A_{\alpha,min} < A_{90} \rightarrow \text{La armadura de cortante a disponer será } 20 \text{ cm}^2$$

La armadura de cortante estará dispuesta por cercos de  $\varnothing 10/0.20/0.20$  a 1m de distancia.

#### 5.4.2.3. Armadura de cortante hastiales

Como es habitual en la mayoría de los muros, esta parte del marco de hormigón no necesitara armadura de cortante. Para favorecer este hecho, aquí se va a tener en cuenta la contribución a la resistencia a corte de la compresión.

La comprobación de resistencia a corte por alma traccionada se realizará tanto en el extremo superior del paramento como en el inferior, si bien procediendo de igual modo que con las losas, las secciones de referencia se trasladan a los puntos situados a un canto útil de los bordes de los muros.

Puesto que, como ya hemos comentado, para el dimensionamiento del armado de los hastiales no consideramos el axil nulo como si hicimos con las losas, la influencia de este será incorporada en las expresiones del cálculo del esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua, con el coeficiente K, y del esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma, dónde la influencia del axil corresponde a la tensión axial media en el alma de la sección  $\varnothing d$ .

Tenemos:

$$N_d = -296.16 \text{ KN} \quad V_{rd} = 86 \text{ KN}$$

$$q_d = -296.16/0.35 = -0.846 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow V_{cu} = 162 \text{ KN}$$

Al ver  $V_{cu} > V_{rd} \rightarrow$  no será necesario disponer de armadura de cortante



### 5.4.3. ELS de fisuración :

En estructuras de hormigón suele ser inevitable la aparición de fisuras. Estas no suponen ningún problema para la durabilidad de la estructura y su uso normal, siempre y cuando se limite la abertura característica de fisura.

Al igual que se hizo en los estados límites últimos, se considera la porción unitaria de marco en los cálculos, sobre la cual estudiaremos únicamente el ELS de fisuración debido a la tracción de las fibras longitudinales. Así, no analizamos esta comprobación desde la perspectiva de la compresión o de la descompresión porque entendemos que no son fenómenos con el protagonismo suficiente como para ello.

La abertura característica de fisura,  $w_k$ , es decir el valor de distancia entre las caras de las grietas superado solo en el 5% de los casos, será calculada para la combinación de esfuerzos del estado límite de servicio cuasi permanente.

El ambiente de exposición presente en este proyecto es el ambiente IIa para todas la estructura, por lo que la abertura máxima considerada  $w_{max} = 0.3mm$ . Por lo que se debe comprobar, en aquellos casos en los que se produzca fisuración que la abertura de fisura  $w_k$  es menor o igual que la máxima permitida.

$$w_k \leq w_{max} = 0.3mm \text{ (Artículo 49.2.3 EHE-08)}$$

Las zonas expuestas a la aparición de fisuras corresponden a la parte central de la losa superior. Al igual que en todos los casos anteriores, los cálculos se han realizado sobre los tramos que forman el modelo de cálculo. Por tanto, la comprobación de abertura de fisura por tracción tendrá lugar en los tramos que soportan las peores situaciones de carga, es decir, en aquellos cuyo momento sea máximo en modulo.

Cabe decir que si el momento flector actuante no supera el momento de fisuración, no será necesario calcular la abertura de fisura característica. Este momento de fisuración se define como:

$$M_{fisuración} = \frac{f_{ct,m} \cdot I_b}{y_1}$$

Dónde:

- $M_{fisuración}$ : Momento en el que la fibra más traccionada del hormigón alcanza el valor  $f_{ct,m}$ .
- $f_{ct,m}$ : Resistencia media del hormigón a compresión. Definido como:



$$f_{ct,m,fl} = \max \{ (1,6 - h/1.000) f_{ct,m}; f_{ct,m} \}$$

$$f_{ct,m} = 0,30 f_{ck}^{2/3}$$

- $I_b$ : Momento de inercia de la sección bruta.
- $y_1$ : Distancia del centro de gravedad de la sección bruta a la fibra extrema en tracción.

La abertura característica de fisura  $w_k$ , se define como:

$$W_k = \sigma_{sm} \cdot s_m$$

Dónde:

- $\sigma_{sm}$ : Coeficiente que relaciona la abertura media de fisura con el valor característico que adopta un valor de 1.3 cuando solo actúan acciones indirectas y 1.7 para un caso de proyecto normal. En este caso se tendrá  $\sigma_{sm} = 1.7$ .
- $s_m$ : Separación media de fisuras, expresada en mm.

$$s_m = 2c + 0,2s + 0,4k_1 \frac{\sigma_{c,eficaz}}{A_s}$$

- $C$ : Recubrimiento de las armaduras traccionadas.
- $S$ : Distancia entre las barras longitudinales. Si  $s > 15$  se tomará  $s = 15$ . En el caso de vigas armadas con  $n$  barras, se tomará  $s = b/n$  siendo  $b$  el ancho de la viga.
- $k_1$ : Coeficiente que representa la influencia del diagrama de tracciones en la sección, de valor:

$$k_1 = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{\epsilon_1}$$

Dónde  $\epsilon_1$  y  $\epsilon_2$  son las deformaciones máxima y mínima calculadas en sección fisurada, en los límites de la zona de tracción. Para los casos de flexión simple, se puede adoptar un valor  $k_1 = 0.125$ .



- : Diámetro de la barra traccionada más gruesa o diámetro equivalente en el caso de grupo de barras.
- $A_{c,eficaz}$ : Área de hormigón en la zona de recubrimiento, en dónde las barras a tracción incluyen de forma efectiva en la abertura de fisuras.
- $A_s$ : Sección total de las armaduras situadas en el área  $A_{c,eficaz}$ .
- $\epsilon_{sm}$  : Alargamiento medio de las armaduras teniendo en cuenta la colaboración del hormigón entre fisuras.

$$\epsilon_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[ 1 - k_2 \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right] \geq 0,4 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

- $\sigma_s$ : Tensión de servicio de la armadura pasiva en la hipótesis de sección fisurada.
- $E_s$ : Modulo de deformación longitudinal del acero.
- $k_2$ : Coeficiente de valor 1.0 para los casos de carga instantánea no repetida 0.5 para las restantes.
- $\sigma_{sr}$  : Tensión de la armadura en la sección fisurada en el instante en que se fisura el hormigón, lo cual se supone que ocurre cuando la tensión de tracción en la fibra más traccionada de hormigón alcanza el valor  $f_{ctm,fl}$ .



**Esfuerzos:**

La envolvente de esfuerzos para la combinación cuasi permanente será la siguiente:

		OutputCase	P	V2	T	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN-m	KN-m
1	0	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	-118.50625	0	-61.6013802
1	0.335	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	-98.825	0	-25.1983958
2	0	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	-98.825	0	-25.1983958
2	0.335	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	-79.14375	0	4.611369808
3	0	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	-79.14375	0	4.611369808
3	0.335	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	-52.7625	0	26.70566668
4	0	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	-52.7625	0	26.70566668
4	0.335	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	-26.38125	0	39.96224481
5	0	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	-26.38125	0	39.96224481
5	0.335	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	1.40E-12	0	44.38110418
6	0	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	-4.09E-13	0	44.38110418
6	0.335	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	26.38125	0	39.96224481
7	0	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	26.38125	0	39.96224481
7	0.335	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	52.7625	0	26.70566668
8	0	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	52.7625	0	26.70566668
8	0.335	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	79.14375	0	4.611369808
9	0	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	79.14375	0	4.611369808
9	0.335	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	98.825	0	-25.1983958
10	0	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	-118.50625	0	-61.6013802
10	0.335	LOSA SERVICIO CP	-63.61171213	-98.825	0	-25.1983958
11	0	LOSA SERVICIO CP	-122.35625	55.2046321	0	-35.4149333
11	0.22	LOSA SERVICIO CP	-120.43125	59.5678921	0	-48.0457673
11	0.44	LOSA SERVICIO CP	-118.50625	63.6117121	0	-61.6013802
12	0	LOSA SERVICIO CP	-126.20625	45.5197921	0	-13.2087087
12	0.22	LOSA SERVICIO CP	-124.28125	50.5219321	0	-23.7791548
12	0.44	LOSA SERVICIO CP	-122.35625	55.2046321	0	-35.4149333
13	0	LOSA SERVICIO CP	-130.05625	34.5571921	0	4.455079014
13	0.22	LOSA SERVICIO CP	-128.13125	40.1982121	0	-3.77387185
13	0.44	LOSA SERVICIO CP	-126.20625	45.5197921	0	-13.2087087
14	0	LOSA SERVICIO CP	-133.90625	22.3168321	0	17.01421555
14	0.22	LOSA SERVICIO CP	-131.98125	28.5967321	0	11.40786708
14	0.44	LOSA SERVICIO CP	-130.05625	34.5571921	0	4.455079014
15	0	LOSA SERVICIO CP	-137.75625	8.79871213	0	23.90648648
15	0.22	LOSA SERVICIO CP	-135.83125	15.7174921	0	21.20384762
15	0.44	LOSA SERVICIO CP	-133.90625	22.3168321	0	17.01421555
16	0	LOSA SERVICIO CP	-141.60625	-5.99716787	0	24.56967742
16	0.22	LOSA SERVICIO CP	-139.68125	1.56049213	0	25.05185535
16	0.44	LOSA SERVICIO CP	-137.75625	8.79871213	0	23.90648648



17	0	LOSA SERVICIO CP	-145.45625	-22.0708079	0	18.44157395
17	0.22	LOSA SERVICIO CP	-143.53125	-13.8742679	0	22.38967589
17	0.44	LOSA SERVICIO CP	-141.60625	-5.99716787	0	24.56967742
18	0	LOSA SERVICIO CP	-149.30625	-39.4222079	0	4.95996169
18	0.22	LOSA SERVICIO CP	-147.38125	-30.5867879	0	12.65509482
18	0.44	LOSA SERVICIO CP	-145.45625	-22.0708079	0	18.44157395
19	0	LOSA SERVICIO CP	-153.15625	-58.0513679	0	-16.4373738
19	0.22	LOSA SERVICIO CP	-151.23125	-48.5770679	0	-4.71410224
19	0.44	LOSA SERVICIO CP	-149.30625	-39.4222079	0	4.95996169
20	0	LOSA SERVICIO CP	-157.00625	-77.9582879	0	-46.3126468
20	0.22	LOSA SERVICIO CP	-155.08125	-67.8451079	0	-30.2801297
20	0.44	LOSA SERVICIO CP	-153.15625	-58.0513679	0	-16.4373738
21	0	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	94.0997233	0	46.31264684
21	0.335	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	97.8684733	0	14.15797391
22	0	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	-43.4211521	0	0.243153574
22	0.335	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	-39.6524021	0	14.15797391
23	0	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	-13.0523809	0	-3.49812839
23	0.335	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	-9.28363085	0	0.243153574
24	0	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	-1.89302475	0	-3.50102605
24	0.335	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	1.87572525	0	-3.49812839
25	0	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	-0.89499804	0	-3.16958477
25	0.335	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	2.87375196	0	-3.50102605
26	0	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	-2.87375196	0	-3.50102605
26	0.335	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	0.89499804	0	-3.16958477
27	0	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	-1.87572525	0	-3.49812839
27	0.335	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	1.89302475	0	-3.50102605
28	0	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	9.28363085	0	0.243153574
28	0.335	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	13.0523809	0	-3.49812839
29	0	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	39.6524021	0	14.15797391
29	0.335	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	43.4211521	0	0.243153574
30	0	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	94.0997233	0	46.31264684
30	0.335	LOSA SERVICIO CP	-77.95828787	97.8684733	0	14.15797391
31	0	LOSA SERVICIO CP	-157.00625	77.9582879	0	46.31264684
31	0.22	LOSA SERVICIO CP	-155.08125	67.8451079	0	30.28012971
31	0.44	LOSA SERVICIO CP	-153.15625	58.0513679	0	16.43737377
32	0	LOSA SERVICIO CP	-153.15625	58.0513679	0	16.43737377
32	0.22	LOSA SERVICIO CP	-151.23125	48.5770679	0	4.714102242
32	0.44	LOSA SERVICIO CP	-149.30625	39.4222079	0	-4.95996169
33	0	LOSA SERVICIO CP	-149.30625	39.4222079	0	-4.95996169
33	0.22	LOSA SERVICIO CP	-147.38125	30.5867879	0	-12.6550948
33	0.44	LOSA SERVICIO CP	-145.45625	22.0708079	0	-18.441574
34	0	LOSA SERVICIO CP	-145.45625	22.0708079	0	-18.441574
34	0.22	LOSA SERVICIO CP	-143.53125	13.8742679	0	-22.3896759
34	0.44	LOSA SERVICIO CP	-141.60625	5.99716787	0	-24.5696774
35	0	LOSA SERVICIO CP	-141.60625	5.99716787	0	-24.5696774
35	0.22	LOSA SERVICIO CP	-139.68125	-1.56049213	0	-25.0518554



35	0.44	LOSA SERVICIO CP	-137.75625	-8.79871213	0	-23.9064865
36	0	LOSA SERVICIO CP	-137.75625	-8.79871213	0	-23.9064865
36	0.22	LOSA SERVICIO CP	-135.83125	-15.7174921	0	-21.2038476
36	0.44	LOSA SERVICIO CP	-133.90625	-22.3168321	0	-17.0142155
37	0	LOSA SERVICIO CP	-133.90625	-22.3168321	0	-17.0142155
37	0.22	LOSA SERVICIO CP	-131.98125	-28.5967321	0	-11.4078671
37	0.44	LOSA SERVICIO CP	-130.05625	-34.5571921	0	-4.45507901
38	0	LOSA SERVICIO CP	-130.05625	-34.5571921	0	-4.45507901
38	0.22	LOSA SERVICIO CP	-128.13125	-40.1982121	0	3.773871854
38	0.44	LOSA SERVICIO CP	-126.20625	-45.5197921	0	13.20870872
39	0	LOSA SERVICIO CP	-126.20625	-45.5197921	0	13.20870872
39	0.22	LOSA SERVICIO CP	-124.28125	-50.5219321	0	23.77915479
39	0.44	LOSA SERVICIO CP	-122.35625	-55.2046321	0	35.41493326
40	0	LOSA SERVICIO CP	-122.35625	-55.2046321	0	35.41493326
40	0.22	LOSA SERVICIO CP	-120.43125	-59.5678921	0	48.04576732
40	0.44	LOSA SERVICIO CP	-118.50625	-63.6117121	0	61.60138019

### Comprobación fisuración en centro luz de la losa superior:

Se aplicará la comprobación de fisuración por tracción en las secciones cuyo momento sea máximo en modulo, es decir, la correspondiente en el tramo 5.

El momento de fisuración que se obtiene para esta sección del marco es:

$$M_{\text{fisuración}} = (f_{ct,m} \cdot I_b) / y_1 = (2.89 \cdot 10^3 \cdot 0.0039) / 0.175 = 64.4 \text{ KN.m}$$

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (30)^{2/3} = 2.89$$

El momento en dicho tramo es de 44.38 KN.m < 64.4KN.m

**→ No se produce fisuración**



## 6. CÁLCULO DE LAS ALETAS :

Una vez realizada la estructura principal del presente proyecto, se ejecutan las aletas, cuya misión es la de contener las tierras del terraplén. Las aletas se ejecutarán situadas a los hastiales del cajón y separados de estos mediante una junta en frío.

### 6.1. Programa de cálculo.

Para el cálculo de las aletas se ha empleado el módulo de Muros en ménsula de hormigón armado del paquete informático CYPE. Arquitectura, Ingeniería y Construcción de CYPE Ingenieros.

El programa calcula las envolventes de esfuerzos en los elementos que componen la estructura a partir de las que se realiza el dimensionamiento del armado de dichos elementos siguiendo los criterios establecidos en la EHE.

Se realizan las comprobaciones relativas a los siguientes Estados Límites de cuyo cumplimiento derivan los armados definidos:

- ELU de Agotamiento frente a solicitaciones Normales.
- ELU de Agotamiento frente a Cortante.
- ELS de Fisuración.
- ELU de Hundimiento del terreno.
- ELU de Equilibrio de la cimentación.

### 6.2. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ALETAS.

#### 6.2.1. NORMA Y MATERIALES.

Norma: EHE-08- (España)

Hormigón: HA-30,  $Y_c=1.5$

Acero de barras: B 500 S,  $Y_s=1.15$

Tipo de ambiente: Clase IIa en cimientos y IIb en alzados

Recubrimiento en el intradós del muro: 4.0 cm

Recubrimiento en el trasdós del muro: 4.0 cm

Recubrimiento superior de la cimentación: 4.0 cm



Recubrimiento inferior de la cimentación: 4.0 cm

Recubrimiento lateral de la cimentación: 7.0 cm

Tamaño máximo del árido: 20 mm

### 6.2.2. ACCIONES.

Empuje en el intradós: Sin empuje

Empuje en el trasdós: Activo

### 6.3. DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Enrase: Intradós

Tipo de cimentación: Zapata corrida

### 6.4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro: 0 %

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro: 0 %

Evacuación por drenaje: 100 %

Porcentaje de empuje pasivo: 0 %

Tensión admisible: 0.17 MPa

Coeficiente de rozamiento terreno-cimiento: 0.58

### ESTRATOS

Referencias	Cota superior	Descripción	Coeficientes de empuje
1 - Arena suelta	0.00 m	Densidad aparente: 20.00 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 10.00 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 30.00 grados Cohesión: 0.00 KN/m <sup>2</sup>	Activo trasdós: 0.33



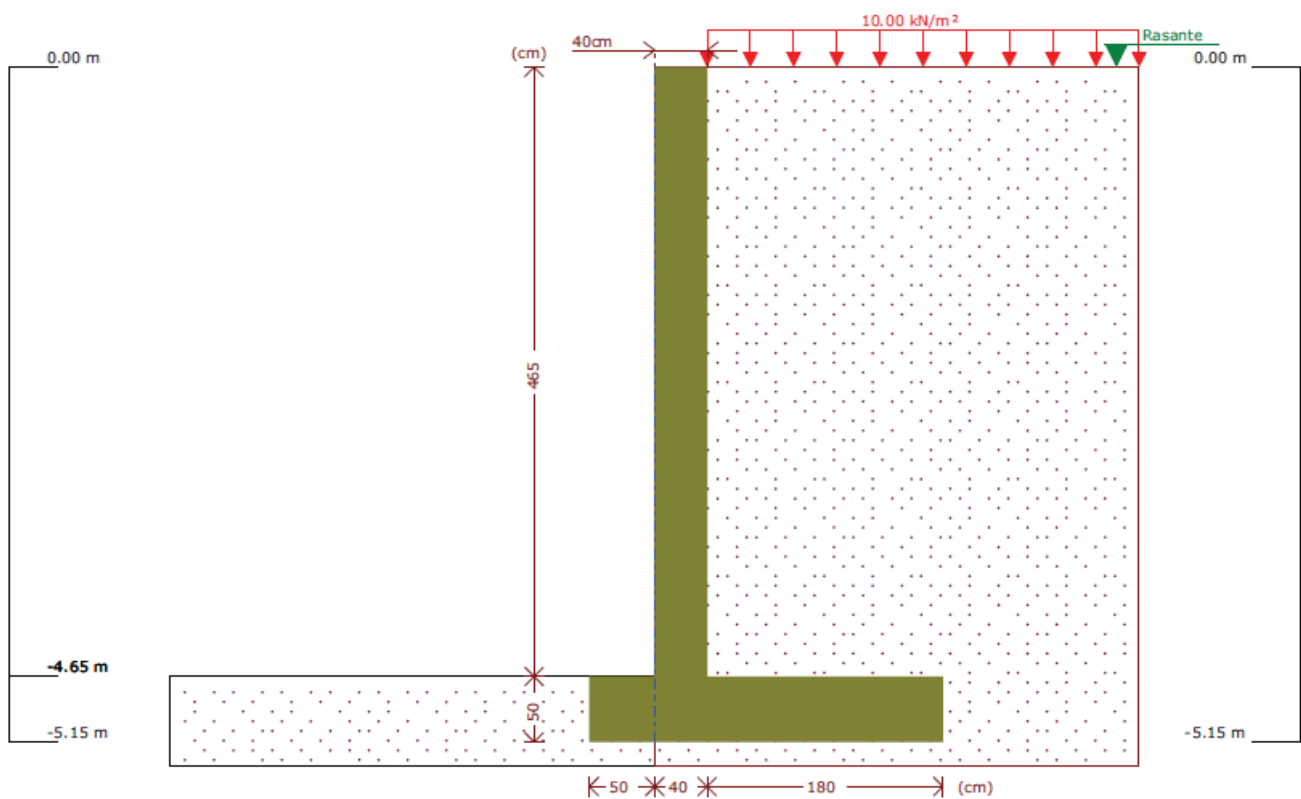
## 6.5. GEOMETRÍA.

### MURO

Altura: 4.65 m  
Espesor superior: 40.0 cm  
Espesor inferior: 40.0 cm

### ZAPATA CORRIDA

Con puntera y talón  
Canto: 50 cm  
Vuelos intradós / trasdós: 50.0 / 180.0 cm  
Hormigón de limpieza: 10 cm



## 6.6. CARGAS.

### CARGAS EN EL TRASDÓS

Tipo	Cota	Datos	Fase inicial	Fase final
Uniforme	En superficie	Valor: 10KN /m²	Fase	Fase



## 6.7. RESULTADOS.

### CARGA PERMANENTE Y EMPUJE DE TIERRAS CON SOBRECARGAS

Cota (m)	Ley de axiles (KN/m)	Ley de cortantes (KN/m)	Ley de momento flector (KN·m/m)	Ley de empujes (KN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (KN/m <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	3.33	0.00
-0.45	4.41	2.16	0.44	6.30	0.00
-0.91	8.93	5.76	2.2	9.37	0.00
-1.35	13.44	10.78	5.95	12.43	0.00
-1.83	17.95	17.20	12.34	15.5	0.00
-2.29	22.46	25.04	22.00	18.57	0.00
-2.75	26.98	34.28	35.59	21.63	0.00
-3.21	31.49	44.94	53.75	24.7	0.00
-3.67	36.00	57.01	77.15	27.77	0.00
-4.13	40.52	70.49	106.42	30.83	0.00
-4.59	45.03	85.37	142.21	33.90	0.00
Máximos	45.62	87.42	147.39	34.33	0.00
	Cota: -4.65 m	Cota: -4.65 m	Cota: -4.65 m	Cota: -4.65 m	Cota: 0.00 m
Mínimos	0.00	0.00	0.00	3.33	0.00
	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m

### CARGA PERMANENTE Y EMPUJE DE TIERRAS

Cota (m)	Ley de axiles (KN/m)	Ley de cortantes (KN/m)	Ley de momento flector (KN·m/m)	Ley de empujes (KN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (KN/m <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.45	4.41	0.66	0.10	2.97	0.00
-0.91	8.93	2.73	0.82	6.03	0.00
-1.37	13.44	6.21	2.83	9.10	0.00
-1.83	17.95	11.10	6.75	12.17	0.00
-2.29	22.46	17.40	13.26	15.23	0.00
-2.75	26.98	25.12	22.98	18.30	0.00
-3.21	31.49	34.24	36.58	21.37	0.00
-3.67	36.00	44.77	54.70	24.43	0.00
-4.13	40.52	56.72	77.99	27.50	0.00
-4.59	45.03	70.07	107.10	30.57	0.00
Máximos	45.62	71.92	111.36	31.00	0.00
	Cota: -4.65 m	Cota: -4.65 m	Cota: -4.65 m	Cota: -4.65 m	Cota: 0.00 m
Mínimos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m

## 6.8. COMBINACIONES

### HIPÓTESIS

1 - Carga permanente
2 - Empuje de tierras
3 - Sobrecarga



## COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

Combinación	Hipótesis		
	1	2	3
1	1.00	1.00	
2	1.35	1.00	
3	1.00	1.50	
4	1.35	1.50	
5	1.00	1.00	1.50
6	1.35	1.00	1.50
7	1.00	1.50	1.50
8	1.35	1.50	1.50

## COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Combinación	Hipótesis		
	1	2	3
1	1.00	1.00	
2	1.00	1.00	0.60

## 6.9. DESCRIPCIÓN DEL ARMADO

CORONACIÓN				
Armadura superior: 2 Ø16				
Anclaje intradós / trasdós: 29 / 29 cm				
TRAMOS				
Núm.	Intradós		Trasdós	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
1	Ø10c/30 Solape: 0.35 m	Ø16c/30	Ø16c/20 Solape: 0.72 m Refuerzo 1: Ø16 h=1.5 m	Ø16c/30
ZAPATA				
Armadura	Longitudinal	Transversal		
Superior	Ø12c/15	Ø20c/25  Patilla Intradós/Trasdós: 27/25 cm		
Inferior	Ø12c/15	Ø12c/25 Patilla intradós / trasdós: 15/15 cm		
Longitud de pata en arranque: 30 cm				



**6.10. COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA.**

Referencia: Muro: aleta tipo 1		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación a rasante en arranque muro:	Máximo: 944.2 kN/m Calculado: 131.1 kN/m	Cumple
Espesor mínimo del tramo: Jiménez Salas, J.A... Geotecnia y Cimientos II, (Cap. 12)	Mínimo: 20 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Separación libre mínima armaduras horizontales: Norma EHE-08. Artículo 69.4.1	Mínimo: 2.5 cm	Cumple
- Trasdós:	Calculado: 28.4 cm	
- Intradós:	Calculado: 28.4.4 cm	
Separación máxima armaduras horizontales: Norma EHE, artículo 42.3.1	Máximo: 30 cm	Cumple
- Trasdós:	Calculado: 30 cm	
- Intradós:	Calculado: 30 cm	
Cuantía geométrica mínima horizontal por cara: Artículo 42.3.5 de la norma EHE	Mínimo: 0.0016	Cumple
- Trasdós (-4.65 m):	Calculado: 0.00167	
- Intradós (-4.65 m):	Calculado: 0.00167	
Cuantía mínima mecánica horizontal por cara: Criterio J.Calavera. Muros de contención y muros de sótano. (Cuantía horizontal > 20% Cuantía vertical)		Cumple
- Trasdós:	Mínimo: 0.00167 Calculado: 0.001	
- Intradós:	Mínimo: 0.00013	
Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada: Artículo 42.3.2 de la norma EHE	Mínimo: 0.0009	Cumple
- Trasdós (-4.650 m):	Calculado: 0.00502	
- Trasdós (-3.15 m):	Calculado: 0.00251	
Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada: Norma EHE, artículo 42.3.2 (Flexión simple o compuesta)	Mínimo: 0.00153	Cumple
- Trasdós (-4.65 m):	Calculado: 0.00502	
- Trasdós (-3.15 m):	Calculado: 0.00251	
Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida: Artículo 42.3.5 de la norma EHE	Mínimo: 0.00027	Cumple
- Intradós (-4.650 m):	Calculado: 0.00065	
- Intradós (-3.15 m):	Calculado: 0.00065	



Referencia: Muro: aleta tipo 1		
Comprobación	Valores	Estado
Cuantía mínima mecánica vertical cara comprimida: Norma EHE, artículo 42.3.2 (Flexión simple o compuesta)	Calculado: 1e-005	
- Intradós (-4.65 m):	Mínimo: 0.00065	Cumple
- Intradós (-3.15 m):	Mínimo: 0.00065	Cumple
Separación libre mínima armaduras verticales: Norma EHE-98. Artículo 69.4.1	Mínimo: 2.5 cm	
- Trasdós:	Calculado: 7.6 cm	Cumple
- Intradós:	Calculado: 28 cm	Cumple
Separación máxima entre barras: Norma EHE, artículo 42.3.1	Máximo: 30 cm	
- Armadura vertical Trasdós:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura vertical Intradós:	Calculado: 30 cm	Cumple
Comprobación a flexión compuesta: Comprobación realizada por unidad de longitud de muro		Cumple
Comprobación a cortante: Artículo 44.2.3.2.1 (EHE-08)	Máximo: 205.9 kN/m Calculado: 114.1 kN/m	Cumple
Comprobación de fisuración: Artículo 49.2.3 de la norma EHE	Máximo: 0.3 mm Calculado: 0.278 mm	Cumple
Longitud de solapes: Norma EHE-98. Artículo 69.6.2		
- Base trasdós:	Mínimo: 0.72m Calculado: 0.72 m	Cumple
- Base intradós:	Mínimo: 0.35 m Calculado: 0.35 m	Cumple
Comprobación del anclaje del armado base en coronación: Criterio J.Calavera. Muros de contención y muros de sótano.		
- Trasdós:	Mínimo: 29 cm Calculado: 28 cm	Cumple
- Intradós:	Mínimo: 0 cm	Cumple
Área mínima longitudinal cara superior viga de coronación: J.Calavera (Muros de contención y muros de sótano)	Mínimo: 2.2 cm <sup>2</sup> Calculado: 2.2 cm <sup>2</sup>	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		



Referencia: Muro: aleta tipo 1		
Comprobación	Valores	Estado
<b><u>Información adicional:</u></b>		
- Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Trasdós: -4.65 m		
- Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Intradós: -4.65 m		
- Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -4.65 m, Md: 221.09 kN·m/m, Nd: 45.62 kN/m, Vd: 131.13 kN/m, Tensión máxima del acero: 352.729 MPa		
- Sección crítica a cortante: Cota: -4.31 m		
- Sección con la máxima abertura de fisuras: Cota: -4.65 m, M: 132.98 kN·m/m, N: 45.62 kN/m		

Referencia: Zapata corrida:		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación de estabilidad: Valor introducido por el usuario.		
- Coeficiente de seguridad al vuelco:	Mínimo: 2 Calculado: 2.09	Cumple
- Coeficiente de seguridad al deslizamiento:	Mínimo: 1.5 Calculado: 1.5	Cumple
Canto mínimo: - Zapata: Norma EHE. Artículo 58.8.1.	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Tensiones sobre el terreno: Valor introducido por el usuario.		
- Tensión media (Situaciones persistentes):	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0978 MPa	Cumple
- Tensión máxima (Situaciones persistentes):	Máximo: 0.25 MPa Calculado: 0.2165 MPa	Cumple
Flexión en zapata: Comprobación basada en criterios resistentes		
- Armado superior trasdós:	Mínimo: 11.71 cm <sup>2</sup> /m Calculado: 12.56 cm <sup>2</sup> /m	Cumple
- Armado inferior trasdós:	Mínimo: 0 cm <sup>2</sup> /m Calculado: 4.52 cm <sup>2</sup> /m	Cumple



Referencia: Zapata corrida: Comprobación			Valores	Estado
- Armado inferior intradós:			Mínimo: 2.33 cm <sup>2</sup> /m Calculado: 4.52 cm <sup>2</sup> /m	Cumple
Esfuerzo cortante: Norma EHE. Artículo 44.2.3.2.1.			Máximo: 242 kN/m Calculado: 157.7 kN/m	cumple
- Trasdós:				
- Intradós:			Máximo: 14.8 kN/m Calculado: 10.7 kN/m	cumple
Longitud de anclaje: Norma EHE-98. Artículo 66.5.				
- Arranque trasdós:			Mínimo: 22 cm Calculado: 42.6 cm	Cumple
- Arranque intradós:			Mínimo: 23 cm Calculado: 42.6 cm	Cumple
- Armado inferior trasdós (Patilla):			Mínimo: 0 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inferior intradós (Patilla):			Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado superior trasdós (Patilla):			Mínimo: 0 cm Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior intradós:			Mínimo: 0 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Recubrimiento: Norma EHE. Artículo 37.2.4.				
- Lateral:			Mínimo: 7 cm Calculado: 7 cm	Cumple
Diámetro mínimo: Norma EHE. Artículo 59.8.2.			Mínimo: Ø12	
- Armadura transversal inferior:			Calculado: Ø12	Cumple
- Armadura longitudinal inferior:			Calculado: Ø12	Cumple
- Armadura transversal superior:			Calculado: Ø20	Cumple
- Armadura longitudinal superior:			Calculado: Ø12	Cumple
Separación máxima entre barras: Norma EHE. Artículo 42.3.1 (pag.149).			Máximo: 30 cm	
- Armadura transversal inferior:			Calculado: 25 cm	Cumple
- Armadura transversal superior:			Calculado: 25 cm	Cumple
- Armadura longitudinal inferior:			Calculado: 25 cm	Cumple



Referencia: Zapata corrida:		
Comprobación	Valores	Estado
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: 25 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: J. Calavera, 'Cálculo de Estructuras de Cimentación' 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.16 (pag.129).	Mínimo: 10 cm	
- Armadura transversal inferior:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armadura transversal superior:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: 25 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: Norma EHE-08. Artículo 42.3.5..	Mínimo: 0.0009	
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armadura transversal inferior:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armadura transversal superior:	Calculado: 0.00251	Cumple
Cuantía mecánica mínima:		
- Armadura longitudinal inferior: Norma EHE. Artículo 56.2.	Mínimo: 0.00022 Calculado: 0.0009	Cumple
- Armadura longitudinal superior: Norma EHE. Artículo 56.2.	Mínimo: 0.00062 Calculado: 0.0009	Cumple
- Armadura transversal inferior: Norma EHE. Artículo 42.3.2.	Mínimo: 0.00062 Calculado: 0.0009	Cumple
- Armadura transversal superior: Norma EHE. Artículo 42.3.2.	Mínimo: 0.00153 Calculado: 0.00251	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Momento flector pésimo en la sección de referencia del trasdós: 211.19 kN·m/m		
- Momento flector pésimo en la sección de referencia del intradós: 43.28 kN·m/m		

Valencia, Enero de 2015

El autor de la memoria

Fdo : Zaoui Seghroucheni, Zakariae



## ANEJO N°4-CALCULO ESTRUCTURAL