



# ANEJO II: CÁLCULO ESTRUCTURAL. ALTERNATIVA A

---

MARTÍNEZ SORIA, JOAN LLUIS



## ÍNDICE

1.	OBJETO	3
2.	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA	3
3.	NORMATIVA	3
4.	ACCIONES	3
	4.1. ACCIONES PERMANENTES	3
	4.2. ACCIONES PERMANENTES DE VALOR NO CONSTANTE	3
	4.3. ACCIONES VARIABLES	4
	4.4. ACCIONES ACCIDENTALES	5
5.	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	6
6.	COMBINACIÓN DE ACCIONES	6
	6.1. ESTADO LÍMITE ÚLTIMO	6
	6.2. ESTADO LÍMITE DE SERVICIO	7
	6.3. COMBINACIONES	7
7.	CÁLCULO DEL TABLERO	8
	7.1. DESCRIPCIÓN Y GEOMETRÍA	8
	7.2. RECUBRIMIENTOS	9
	7.3. CÁLCULOS DE LA ARMADURA ACTIVA	9
	7.4. CÁLCULOS DE LA ARMADURA PASIVA	16
	7.5. CÁLCULO A CORTANTE	17
8.	EQUIPAMIENTOS DE LA PASARELA	18

## 1. OBJETO

El presente anejo tiene como objeto la definición y descripción del esquema estructural de la pasarela. Se realizará un procedimiento de dimensionamiento y comprobación de los elementos estructurales que conforman la pasarela de acuerdo a la normativa vigente.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Este proyecto contempla la construcción de una pasarela peatonal que salve la playa de vías, comunicando los barrios de Ruzafa y San Vicente de la ciudad de Valencia, dando un mejor acceso a la estación AVE – Valencia Joaquín Sorolla.

La estructura a construir consiste en una pasarela peatonal de tres vanos simples mediante vigas artesa de hormigón pretensado prefabricadas.

La sección resistente está constituida por dos vigas artesa y la losa del tablerocolaborante. Las vigas son de hormigón pretensado mediante armadura pretesa mientras que la losa estará constituida por hormigón armado prefabricado.

Las rampas de acceso están constituidas por losas de hormigón armado. El gálibo necesario lo salva mediante una pendiente de 8% con una longitud total de 150 metros. Las rampas, de ancho 4,5 metros, se apoyan sobre dinteles para centrar las cargas a una única pila.

Las escaleras de acceso están constituidas por una losa de hormigón armado de 0,25 metros de canto. Presenta un ancho de 2 metros y apoya en su totalidad sobre dos pilas.

## 3. NORMATIVA

La normativa vigente en la que se basa este anejo es la siguiente:

- IAP – 11. Instrucción sobre acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera
- Obras de paso de nueva construcción
- Guía de cimentaciones en obras de carretera
- EHE – 08. Instrucción de Hormigón Estructural

## 4. ACCIONES

### 4.1. ACCIONES PERMANENTES

Se definen como acciones permanentes aquellas producidas por el peso de los distintos elementos que forman parte de la pasarela. Corresponden a acciones que actúan en todo momento y son constantes en posición y magnitud.

#### 4.1.1. PESO PROPIO

Esta acción corresponde al peso de los elementos estructurales. En nuestro caso, la carga debida al peso propio es:

$$G_{viga} = \gamma_c \cdot A_c = 25 \cdot 1,5032 = 37,58 \frac{kN}{m}$$

#### 4.1.2. CARGA MUERTA

Se considera carga muerta aquella que siendo constante en tiempo y magnitud no es debida a elementos estructurales. Entre ellos destacan: pavimentos, iluminación, impostas, barreras, etc.

Se tomará como conjunto de una acción de valor:

$$G_{CM} = 5,50 \frac{kN}{m}$$

### 4.2. ACCIONES PERMANENTES DE VALOR NO CONSTANTE

#### 4.2.1. PRESOLICITACIONES

Incluye todos los esfuerzos introducidos en la estructura antes de su puesta en servicio, con el fin de mejorar su respuesta frente al conjunto de solicitaciones a las que posteriormente se verá sometida.

Estas presolicitaciones son las incluidas por la acción de gatos mecánicos de tesado, desplazamientos impuestos en los apoyos, solicitaciones por izado, etc.

#### 4.2.2. PRETENSADO

La acción del pretensado depende de la forma de introducción de la misma y la posibilidad de deformación de la estructura.

En este caso se trata de pretensado preteso con un valor  $P_{max} =$  \_\_\_\_\_.

#### **4.3. ACCIONES VARIABLES**

##### **4.3.1. SOBRECARGA DE USO**

En las sobrecargas de uso se consideran las acciones externas a la estructura que pueden actuar en toda o parte de la pasarela; estudiando los casos de carga más o menos desfavorables.

Según la IAP – 11 se tomará en cuenta una sobrecarga de uso debida al tráfico de peatones de valor igual a  $q = 5 \text{ kN/m}^2$ .

Para cada viga, cuya área tributaria es de 3 metros de ancho, la carga lineal que deberá soportar será:

$$q = 5 \cdot 3 = 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

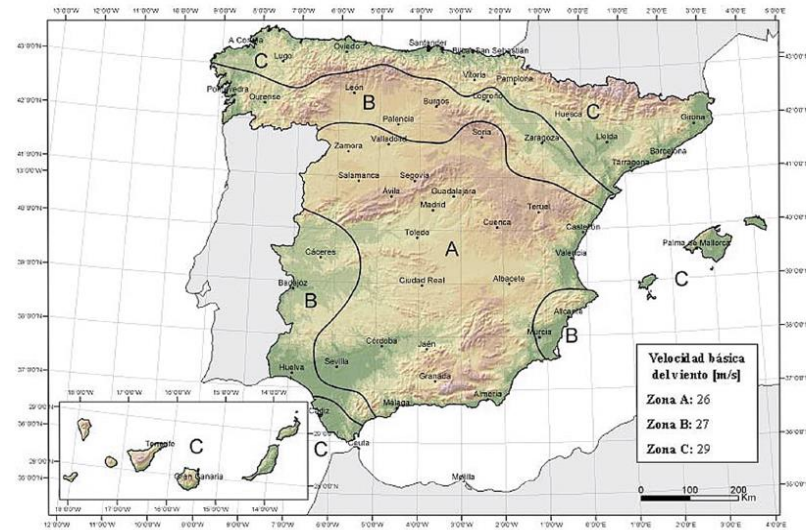
##### **4.3.2. NIEVE**

Debido al emplazamiento de la pasarela no se tendrá en cuenta la acción de la nieve.

##### **4.3.3. VIENTO**

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0}$$

A falta de estudios más precisos tanto  $C_{dir}$  como  $C_{season}$  serán igual a 1.



Según el mapa de isotacas  $V_{b,0} = 26 \text{ Km/h}$   
Por lo tanto,  $V_b = V_{b,0}$

### Velocidad media

$$V_m(z) = C_r(z) \cdot C_0 \cdot V_b(T)$$

$$V_m(z) = 0,541 \cdot 1 \cdot 26 = 14,066 \text{ m/s}$$

### Factor de rugosidad

$$C_r(z) = C_r(z_{\min})$$

$$C_r(z) = K_r \ln\left(\frac{z_{\min}}{z_0}\right)$$

Según la tabla 4.2-b de la IAP-11 y teniendo entorno tipo IV, obtenemos los valores de  $K_r, z_0$  y  $z_{\min}$ .

TIPO DE ENTORNO	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
0	0,156	0,003	1
I	0,170	0,01	1
II	0,190	0,05	2
III	0,216	0,30	5
IV	0,235	1,00	10

Por lo tanto:  $C_r(z_{min}) = 0,235 \cdot \ln\left(\frac{10}{1}\right) = 0,541$

#### Empuje del viento

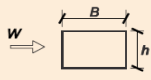










$$F_w = \left[ \frac{1}{2} \rho V_b^2(T) \right] C_e(z) C_f A_{ref}$$

Siendo  $C_e(z)$  el coeficiente de exposición en función de la altura  $z$  y calculado con la siguiente fórmula:

$$C_e(z) = k_r^2 \left[ C_0^2 \ln^2 \left( \frac{z_{min}}{z_0} \right) + 7 k_l c_0 \ln \left( \frac{z_{min}}{z_0} \right) \right]$$

$$C_e(z_{min}) = 0,235^2 \left[ 1^2 \ln^2 \left( \frac{10}{1} \right) + 7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \ln \left( \frac{10}{1} \right) \right] = 1,1829$$

El empuje del viento se aplicará según la IAP – 11 sobre el centro de gravedad del área expuesta cuya altura se considerará igual a 1,25 metros al estar en el caso de una pasarela, dicha altura se medirá desde la superficie del pavimento y se tendrá en cuenta para el cálculo tanto del coeficiente de fuerza, como del área.

	$\frac{B}{h}$	$\leq 0,2$	0,4	0,6	0,7	1,0	2,0	5,0	$\geq 10,0$
	$c_f$	2,0	2,2	2,35	2,4	2,1	1,65	1,0	0,9
 $c_f = 1,4$	 $\varnothing v_b(T) \sqrt{C_s(z)} > 6 \text{ m}^2/\text{s}$ $c_f = 0,7$		 sección circular con superficie rugosa <sup>1)</sup> , o lisa tal que: $\varnothing v_b(T) \sqrt{C_s(z)} < 6 \text{ m}^2/\text{s}$ $c_f = 1,2$						
 $c_f = 1,8$	 $c_f = 1,6$	 $c_f = 1,45$	 $c_f = 1,3$						
 $c_f = 1,6$	 $c_f = 2,2$		 $c_f = 2,0$						

Se calcula a continuación el empuje del viento transversal sobre la pasarela, que es el más desfavorable, y se calcula también el empuje vertical del viento sobre el tablero, para ver la presión que el viento ejerce sobre este.

Empuje transversal sobre la pasarela

$$F_w = \left[ \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 26^2 \right] \cdot 1,1829 \cdot 0,9 \cdot 1,85 = 0,83 \frac{kN}{m}$$

Empuje vertical sobre el tablero

$$F_w = \left[ \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 26^2 \right] \cdot 1,1829 \cdot 0,9 \cdot 6 = 2,7 \frac{kN}{m}$$

Puesto que las acciones son de poca intensidad, de despreciarán los esfuerzos debidos al viento de aquí en adelante.

#### 4.4. ACCIONES ACCIDENTALES

En el presente Proyecto Básico no se especificarán las situaciones accidentales frente a impacto de vehículo ni acción sísmica, puesto que no es de alcance de este estudio.

### 5. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Características de los hormigones a emplear:

ELEMENTO	DESGINACIÓN	CONTROL	fck (Mpa)	fcd (Mpa)	Ec (Mpa)
Sección artesa	HP – 40	Normal	40	26,66	30.891,05
Losa tablero	HP – 40	Normal	40	26,66	30.891,05

En todos los casos se toma como coeficiente parcial de seguridad del material como  $\gamma_c = 1,5$  para el hormigón.

Las características referentes a toda tipología de hormigón es la siguiente:

- *Coeficiente de Poisson será de  $\nu = 0,3$*
- *Coeficiente de dilatación térmica se fija como:  $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$*

Características de los aceros a emplear:

ELEMENTO	DESGINACIÓN	CONTROL	f <sub>yk</sub> (Mpa)	f <sub>yd</sub> (Mpa)	E (Mpa)
Armadura pasiva	B 500 SD	Normal	500	434,78	200.000
Armadura activa	Y 1860 C	Normal	1860	1.373,91	200.000

En todos los casos se toma como coeficiente parcial de seguridad del material como  $\gamma_s = 1,15$  para el acero.

Las características referentes a toda tipología de acero es la siguiente:

- Densidad:  $\gamma = 7.850 \text{ kg/m}^3$
- Módulo de elasticidad transversal:  $G = 81.000 \text{ N/mm}^2$
- Coeficiente de Poisson:  $\nu = 0,3$
- *Coeficiente de dilatación térmica se fija como:  $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$*
- Conductividad eléctrica:  $3 \cdot 10^6 \text{ } \Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$

## 6. COMBINACIÓN DE ACCIONES

Teniendo en cuenta la instrucción IAP – 11 se realizarán las distintas combinaciones de acciones que se deben tener en cuenta para la verificación de los distintos estados límites.

### 6.1. ESTADO LÍMITE ÚLTIMO

Se define como Estado Límite aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que la estructura no cumple alguna de las funciones para las que ha sido proyectada.

La situación a estudiar será la correspondiente a *situaciones persistentes o transitorias*, según la IAP – 11, donde se expresa:

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

Siendo:

$G_{k,j}$ : valor constante de cada acción permanente

$G_{k,m}^*$ : valor característico de cada acción permanente de valor no constante

$Q_{k,1}$ : valor característico de la acción variable dominante

$\psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ : valor de combinación de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante

$\gamma_G, \gamma_Q$ : coeficientes parciales

Los coeficientes de seguridad a emplear son:

EQUILIBRIO	ACCIÓN	EFECTO	
		EST	DEEST
Permanente (G)	Peso Propio	0,9	1,1
	Carga Muerta	0,9	1,1
Variable (Q)	Sobrecarga uso	0	1,35

RESISTENCIA	ACCIÓN	EFECTO	
		FAV	DESAV
Permanente (G)	Peso Propio	1	1,35
	Carga Muerta	1	1,35
Permanente de valor no constante ( $G^*$ )	Pretensado	1	1,35
Variable (Q)	Sobrecarga uso	0	1,35

## 6.2. ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

Se entienden como Estado Límites de Servicio aquellos para los que no se cumplen los requisitos de funcionalidad, de comodidad o de aspecto requeridos.

A continuación se desarrollan las diferentes combinaciones de acciones:

*Combinación característica*

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

*Combinación frecuente*

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

*Combinación casi – permanente*

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \sum_{j \geq 1} \gamma_{Q,j} \psi_{2,j} Q_{k,j}$$

Los coeficientes de seguridad a emplear son:

RESISTENCIA	ACCIÓN	EFECTO	
		FAV	DESFV
Permanente (G)	Peso Propio	1	1
	Carga Muerta	1	1
Permanente de valor no constante (G*)	Pretensado	0,9	1,1
Variable (Q)	Sobrecarga uso	0	1

## 6.3. COMBINACIONES

Las combinaciones a realizar serán las correspondientes a los Momento flectores del centro de cada vano correspondiente a cada viga. A su vez se realizarán los cortantes concomitantes.

Puesto que no tenemos esfuerzos que producen axil, éste no se comprobará.

La IAP – 11 nos proporciona los coeficientes de simultaneidad de cargas. Los necesarios a este proyecto son los correspondientes a sobrecarga de uso en pasarela peatonal, donde:

	$\Psi_1$	$\Psi_2$	$\Psi_3$
Sobrecarga de uso pasarela	0,4	0,4	0

Para el Estado Límite Último Resistente, la combinación a realizar será la de *situación persistente o transitoria*, cuyo cálculo es el siguiente:

$$M_{ELU} = \frac{[1,35 \cdot (q_{PP} + q_{CM} + q_{SU})]}{8} \cdot L^2$$

$$V_{ELU} = \frac{[1,35 \cdot (q_{PP} + q_{CM} + q_{SU})]}{2} \cdot L$$

Donde:

$$q_{PP} = A_{secc} \cdot \gamma_c = 37,58 \text{ kN/m}$$

$$q_{CM} = q_{EQUIP} = 5 \text{ kN/m}$$

$$q_{SU} = q_{PEATONES} \cdot B = 5 \cdot 3 = 15 \text{ kN/m}$$

De ello se calcula:

$$M_{ELU} = \frac{[1,35 \cdot (37,58 + 5,00 + 15)]}{8} \cdot 30^2 = 8.745 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

$$V_{ELU} = \frac{1,35 \cdot (37,58 + 5,00 + 15)}{2} \cdot 30 = 1.166 \text{ kN}$$

Para el Estado Límite de Servicio, la combinación a realizar será la *frecuente*, cuyo cálculo es el siguiente:

$$M_{ELS} = \frac{(q_{PP} + q_{CM} + \psi_1 \cdot q_{SU})}{8} \cdot L^2$$
$$V_{ELS} = \frac{[1,35 \cdot (q_{PP} + q_{CM} + \psi_1 \cdot q_{SU})]}{2} \cdot L$$

Donde:

$$M_{ELU} = \frac{(37,58 + 5,00 + 0,4 \cdot 15)}{8} \cdot 30^2 = 5.465,25 \text{ m} \cdot \text{kN}$$
$$V_{ELU} = \frac{(37,58 + 5,00 + 0,4 \cdot 15)}{2} \cdot 30 = 728,7 \text{ kN}$$

## 7. CÁLCULO DEL TABLERO

### 7.1. DESCRIPCIÓN Y GEOMETRÍA

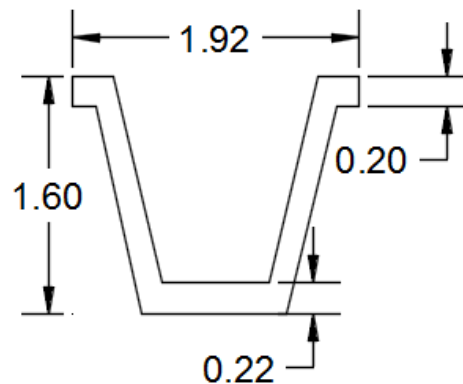
El tablero consta de dos vigas artesa pretesas de sección constante con un tablero prefabricado. Éste una vez dispuesto sobre las vigas se procederá al hormigonado y homogeneización para conformar el canto total de la losa.

Teniendo una luz a salvar de 30 metros entre las cuatro pilas a disponer, la relación canto/luz oscila entre 1/16 y 1/22. En nuestro caso, el canto a disponer es de 1,65 metros, estando entre los rangos de 1,87 – 1,36 m.

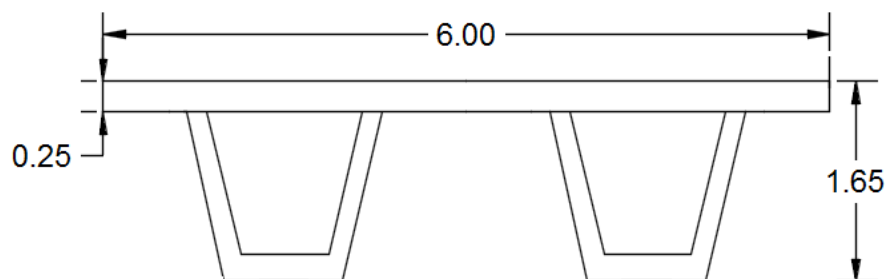
La sección resistente es todo el tablero, tanto viga y losa, puesto que estarán unidas monolíticamente formando una única sección resistente.

La viga dispone de un canto de 1,60 metros y la losa de 0,25 metros. Para materializar el comportamiento monolítico de la sección se descuelgan 20 centímetros de la losa sobre la viga artesa. De esta manera el canto final de la sección será de 1,65 metros.

Para el diseño de la sección final se han realizado modificaciones desde el estudio de soluciones del Anejo I hasta llegar a la solución final. La sección definitiva es:



En la figura siguiente se observa la sección a disponer final con la losa de hormigón.



## 7.2. RECUBRIMIENTOS

### 7.2.1. ARMADURA ACTIVA

Según el artículo 37.2.4.1. de la EHE – 08 se establecen los recubrimientos mínimos necesarios en función de:

- *Ambiente IIIa*
- *Hormigón Pretensado*
- *Vida útil de proyecto de 100 años*
- *CEM II/A-D*

$$r_{\min} = 35 \text{ mm}$$

Siendo elementos prefabricados con control intenso, el margen de recubrimiento es de  $\Delta r = 0 \text{ mm}$ .

$$r_{\text{nom}} = 35 \text{ mm}$$

### 7.2.2. ARMADURA PASIVA

Según el artículo 37.2.4. de la EHE – 08 se establecen los recubrimientos en función de:

- *Ambiente*
- *Hormigón Armado*
- *Vida útil de proyecto de 100 años*
- *CEM II*

En este caso, la armadura pasiva estará en función de la disposición del elemento estructural, por ello, se resume en la tabla siguiente:

	AMBIENTE	fck	r <sub>nom</sub> (mm)	Δr (mm)	R <sub>mec</sub> (mm)
Sección artesa	III a	40	35	0	35
Losa tablero	III a				
Losa rampas	III a				
Losa escaleras	III a				

### 7.3. CÁLCULOS DE LA ARMADURA ACTIVA

#### 7.3.1. FASES CONSTRUCTIVAS

A continuación se describirán las fases constructivas para la colocación de la estructura en su posición final de servicio. Es importante observar cual va a ser la fase cuya sollicitación de tensiones determine el dimensionamiento de la sección.

## FASE 1

Izado de las vigas mediante grúas. Éstas se dispondrán en cada lado de la viga, a la misma distancia de donde irán apoyadas.

## FASE 2

Colocación de la prelosa sobre la losa y hormigonado de la misma. La viga debe resistir su propio peso y el del hormigón de la losa hasta que endurezca.

## FASE 3

Una vez se ha endurecido la losa se pueden empezar los trabajos sobre la misma. Se considerarán las cargas muertas. Como sección resistente se toma a partir de ahora el conjunto viga – losa.

## FASE 4

La estructura entra en servicio.

**7.3.2. DIMENSIONAMIENTO DEL PRETENSADO**

Se definen las características mecánicas de las secciones.

	VIGA	VIGA + LOSA
A (m <sup>2</sup> )	0,7532	1,3854
P (m)	8,65	13,16
v <sub>1</sub>	0,89	0,57
v <sub>2</sub>	-0,70	-1,08
I <sub>x</sub> (m <sup>4</sup> )	0,2063	0,4437
I <sub>y</sub> (m <sup>4</sup> )	0,2428	0,7270
R <sub>x</sub> (m)	0,5234	0,5659
R <sub>y</sub> (m)	0,5678	0,7244

**I. CÁLCULO DE PÉRDIDAS INSTANTÁNEAS**

Para el cálculo de las pérdidas instantáneas necesitaremos las características del tesado a realizar, que son:

- Cordones de 15,24 mm
- $E_p = 200.000 \text{ Mpa}$
- $\mu = 0,21$

- $K/\mu = 0,006$
- $\alpha = 0^\circ$
- *Relajación del acero de 1,4% para 120 h y 2% para 1.000 h*
- $HR = 75\%$
- *La viga se tesa a los 7 días*
- *Carga muerta de 5 kN/m*

### Coeficiente de homogeneización

En fase de servicio:

$$n = \frac{E_p}{E_c} = \frac{200.000}{30.891,05} = 6,4737$$

En fase de tesado

$$n = \frac{E_p}{E_{cm(t)}} = \frac{200.000}{28.658,97} = 6,97 \approx 7$$

Donde:

$$E_{cm(t)} = \left( \frac{f_{cm(t)}}{f_{cm}} \right)^{0,3} \cdot E_{cm}$$

$$\frac{f_{cm(t)}}{f_{cm}} = e^{s \cdot (1 - \sqrt{\frac{28}{t}})}$$

Para  $t = 7$  días  $\rightarrow E_{cm(t)} = 28.658,97$

### Características mecánicas de la sección

Puesto que aún no hemos obtenido la armadura activa optimizada necesaria para resistir los esfuerzos actuantes, se tomará para el cálculo de las características el valor obtenido en el ANEJO II Estudio de Soluciones.

$$A_p = 47,27 \text{ cm}^2$$

Se aplicarán los coeficientes de homogeneización dependiendo de la fase en que se coloquen los elementos estructurales. Por ello, en fase de tesado se aplicará sólo a la viga el coeficiente  $n = 7$  mientras que la combinación de viga y losa se homogeneizará por el coeficiente correspondiente a la fase de servicio  $n = 6,47$

SECCIÓN BRUTA	VIGA	VIGA + LOSA
$A_b \text{ (m}^2\text{)}$	0,7532	1,3854
$S_b \text{ (m}^3\text{)}$	0,692	0,834
$v_1$	0,895	0,568
$v_2$	-0,705	-1,081
$I_{bx} \text{ (m}^4\text{)}$	0,5807	0,7272
$I_b \text{ (m}^4\text{)}$	0,2428	0,4437

SECCIÓN HOMOGENEIZADA	VIGA	VIGA + LOSA
$A_h \text{ (m}^2\text{)}$	0,7862	1,416
$S_h \text{ (m}^3\text{)}$	0,7413	0,881
$v1h \text{ (m)}$	0,9429	0,622
$v2h \text{ (m)}$	-0,6571	-1,028
$I_{hx} \text{ (m}^4\text{)}$	0,6542	0,800
$I_h \text{ (m}^4\text{)}$	0,2333	0,2521

#### Pérdidas por rozamiento

$$\Delta P_1 = P_0 \cdot (1 - e^{-(\alpha + x \frac{k}{\mu}) \cdot \mu})$$

Se calcularán en apoyos y en centro luz. Como  $P_0$  se tomará el calculado en el ANEJO I Estudio de Soluciones como aproximación al cálculo de pérdidas instantáneas.

$P_0 = 18.785 \text{ kN}$

	$\Delta P_1$
Apoyo	0 kN
Centro Luz	351,70 kN

#### Pérdidas por penetración de cuñas

Puesto que la sección es de Hormigón Pretesado, no se dispondrán cuñas para el tesado del acero y no tendremos pérdidas por penetración de cuñas.

### Pérdidas por acortamiento elástico del hormigón

$$\Delta P_3 = \frac{(n-1)}{2 \cdot n} \cdot \frac{E_p \cdot A_p}{E_c} \cdot \sigma_{cp}$$

Para ello, es necesario el cálculo de  $\sigma_{cp}$

$$\sigma_{cp} = \frac{(P_0 - \Delta P_1)}{A_b} + \frac{M_g + (P_0 - \Delta P_1) \cdot e_p}{I_b} \cdot e_p$$

Se realizarán los cálculos tanto en apoyo como en centro luz y se tomará una  $e_p$  constante de 0,6 metros.

	$\sigma_{cp}$
Apoyo	45,72 kN/mm <sup>2</sup>
Centro Luz	44,73 kN/mm <sup>2</sup>

	$\Delta P_3$
Apoyo	628,42kN
Centro Luz	614,81kN

El pretensado característico inicial  $P_{ki}$  será:

$$P_{ki} = P_0 - \Delta P_1 - \Delta P_3$$

Apoyo  $\rightarrow P_{ki} = 18.156,58$  kN

Centro Luz  $\rightarrow P_{ki} = 17.818,50$  kN

En la tabla siguiente se resume los parámetros necesarios para el cálculo del pretensado.

PREVISIÓN DE PÉRDIDAS	
Pérdidas instantáneas	5 %
Pérdidas diferidas	15 %
$\gamma_{p,desf}$	1,1

$\gamma_{p,desf}$	0,9
k	1,438

## II. SECCIÓN DETERMINANTE

La sección determinante a analizar será la correspondiente a la de centro del vano, que se situará a 15 metros en cada viga.

## III. LÍMITES DE TENSIONES

Para asegurar la aptitud al servicio de la estructura se debe cumplir las limitaciones tensionales tanto máxima como mínima del hormigón. Estas son:

Tensión máxima servicio  $\sigma_{c,m\acute{a}x} = 0,6 \cdot f_{ck} = 24 \text{ MPa}$

Tensión máxima en tesado  $\sigma_{c,m\acute{a}x} = 0,6 \cdot f_{cm}(7) = 17,63 \text{ MPa}$

Tensión mínima  $\sigma_{c,m\acute{a}x} = 0 \text{ MPa}$

## IV. FLECTORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS

Se hallan los flectores máximos con las combinaciones frecuentes y característica. Como el proceso constructivo afecta a la sección resistente de los esfuerzos actuantes se deberán hallar los esfuerzos actuantes en ambos casos.

Queda definido como caso 1 cuando la sección resistente es únicamente la viga de la FASE 1 y FASSE 2 de del proceso constructivo.

El caso 2 se define como sección conjunta de viga + losa en las fases constructivas 3 y 4.

Los flectores en los que se trabajarán son los siguientes:

FLECTORES (m·kN)	
PP viga	2.118,38
PP losa	2.109,38
Carga Muerta	562,5
Carga variable	1.687,5

Para el caso 1 (cuya sección resistente es la viga) los flectores máximos y mínimos son:

		m·kN
CASO 1	$M_{\max}$	4.227,76
	$M_{\max F}$	4.227,76
	$M_{\min}$	2.118,38
	$M_{\min F}$	2.118,38

Para el caso 2 (cuya sección resistente es la de viga + losa) los flectores máximos y mínimos son:

		m·kN
CASO 2	$M_{\max} (PP)$	3.896,43
	$M_{\max} (CM+SC)$	2.250,00
	$M_{\max F} (PP)$	3.896,43
	$M_{\max F} (CM+SC)$	1.237,50
	$M_{\min}$	2.250,00
	$M_{\min F}$	2.250,00

## V. DETERMINACIÓN DE LA FUERZA DE PRETENSADO

Para hallar el valor mínimo necesario de la fuerza de pretensado se calculará mediante el diagrama de Magniel, donde se define:

$$m_1 = \frac{I_b}{v_{1b}} \cdot \sigma_{cs} - M_{\max}$$

$$m_2 = \frac{I_b}{v_{2b}} \cdot \sigma_{ci} - M_{\max}^F$$

$$m_3 = \frac{I_b}{v_{1b}} \cdot \sigma_{ci} - M_{\min}^F$$

$$m_4 = \frac{I_b}{v_{2b}} \cdot \sigma_{cs} - M_{\min}$$

Las rectas de Magniel se calcularán para los estados de tesado y de servicio. Los momentos flectores actuantes serán:

FLECTORES (m·kN)	TESADO	SERVICIO
$M_{\max}$	2118,38	6.146,43

$M_{\max F}$	2118,38	5.133,93
$M_{\min}$	2118,38	2.250,00
$M_{\min F}$	2118,38	2.250,00

Las los módulos de las rectas de Magniel son:

	TESADO	SERVICIO
$m_1$	2.664,37	12.601,46
$m_2$	-2.118,38	-5.133,93
$m_3$	-2.118,38	-2.250,00
$m_4$	-8.190,10	-12.100,88

Ahora, tomaremos las rectas más restrictivas, de manera que:

$$m_1 = \min(m_{1,\text{servicio}}; m_{1,\text{tesado}}) = 2.664,37$$

$$m_2 = \min(m_{2,\text{servicio}}; m_{2,\text{tesado}}) = -5.133,93$$

$$m_3 = \max(m_{3,\text{servicio}}; m_{3,\text{tesado}}) = -2.250,00$$

$$m_4 = \max(m_{4,\text{servicio}}; m_{4,\text{tesado}}) = -8.190,10$$

Comprobación de sección mínima:

Borde superior

I – III	$m_1 > 0$	$m_1 < 0$
$m_3 > 0$	$m_1 > k \cdot m_3$	Insuficiente
$m_3 < 0$	Suficiente	$m_3 < k \cdot m_1$

Borde inferior

II – IV	$m_2 > 0$	$m_2 < 0$
$m_4 > 0$	$m_2 > k \cdot m_4$	Insuficiente
$m_4 < 0$	Suficiente	$m_4 < k \cdot m_2$

En borde superior cumple, mientras que en el borde inferior deberá comprobarse que  $m_4 < k \cdot m_2$

$$-8.190,10 < 1.438 \cdot (-5.133,93) = 7.328,60 \checkmark$$

### Cálculo del Pretensado mínimo

Una vez se ha comprobado que el pretensado puede ubicarse en la sección planteada, se deberá calcular el pretensado mínimos necesario.

Para ello supondremos que la sección es subcrítica, y en caso de que no lo sea, se calculará como sección supracrítica.

### Sección subcrítica

Puesto que  $m_2 < 0$  y  $m_3 < 0$  estamos en el caso B.

$$P_{min} = \frac{\frac{m_3}{k} - m_2}{\rho \cdot h} = 4.478,34 \text{ kN}$$

$$e_{op} = \frac{m_2}{P_{min}} + \rho \cdot v_1 - e_H = -0,69$$

Comprobación de sección subcrítica

$$e_{op} = -0,69 < e_{om} = v_2 + r = -0,705 + 0,1 = -0,605$$

Como no cumple estamos ante una sección supracrítica, cuyos pretensados característicos son los siguientes:

$$P_1 = \frac{m_1}{e_{om} - \rho \cdot v_2 + e_H} = -10.883$$

$$P_2 = \frac{m_2}{e_{om} - \rho \cdot v_1 + e_H} = 4.833,09$$

$$P_3 = \frac{m_3}{e_{om} - \rho \cdot v_2 + e_H} = 8.652,09$$

$$P_4 = \frac{m_4}{e_{om} - \rho \cdot v_1 + e_H} = 7.710,18$$

De la tabla siguiente hallaremos el  $P_{min}$  y el  $P_{max}$  correspondiente a nuestra solución.

$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$P_{min}$	$P_{max}$
$> 0$	$> 0$	$> 0$	$> 0$	$\max(P_3, P_4)$	$\min(P_1, P_2)$
$> 0$	$> 0$	$> 0$	$< 0$	$P_3$	$\min(P_1, P_2, P_4)$
$> 0$	$< 0$	$> 0$	$< 0$	$\max(P_2, P_3)$	$\min(P_1, P_4)$
$> 0$	$< 0$	$< 0$	$< 0$	$P_2$	$\min(P_1, P_3, P_4)$
$< 0$	$< 0$	$< 0$	$< 0$	$\max(P_1, P_2)$	$\min(P_3, P_4)$

$$P_{min} = \max(P_1, P_2) = 4.833,09 \text{ kN}$$

$$P_{max} = \min(P_3, P_4) = 7.710,18 \text{ kN}$$

Comprobamos que cumple la condición de  $K = 1,438$

$$\frac{P_{max}}{P_{min}} = 1,595 > 1,438$$

**Fuerza de pretensado inicial en la sección centro – luz**

$$P_{ki} = \frac{P_{min}}{0,9 \cdot (1 - c)} = \frac{4.4833,09}{0,9 \cdot (1 - 0,15)} = 6.317,76 \text{ kN}$$

**Fuerza de tesado de referencia**

$$P_0 = \frac{P_{ki}}{0,95} = 6.650,27 \text{ kN}$$

**Límites tensionales de la armadura activa**

$$\sigma_{p,max} \leq 0,75 \cdot 1860 = 1.395 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p,max} \leq 0,9 \cdot 1.700 = 1.530 \text{ MPa}$$

**Comprobación de tensiones**

TESADO	PP	Pki
Sección	Bruta	Bruta
N (kN)	0,00	6.317,76
M (m·kN)	2.118,38	- 3.822,24
A (m <sup>2</sup> )	0,7532	0,7532
V <sub>1</sub> (m)	0,895	0,895
V <sub>2</sub> (m)	-0,705	-0,705
I (m <sup>4</sup> )	0,2428	0,2428
σ <sub>1</sub> (Mpa)	7,81	-5,70
σ <sub>2</sub> (Mpa)	-6,15	21,32

$$\sigma_{c1,max} = 7,81 - 0,9 \cdot 5,70 = 2,68 \text{ MPa} < 17,63 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2,max} = -6,15 + 1,1 \cdot 21,32 = 17,28 \text{ MPa} < 17,63 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1,min} = 7,81 - 1,1 \cdot 5,70 = 1,54 \text{ MPa} > 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2,min} = -6,15 + 0,9 \cdot 21,32 = 13,03 \text{ MPa} > 0 \text{ MPa}$$

SERVICIO	PP	Pki	ΔPdif	CM	SBC
Sección	Hom.	Hom.	Hom.	Hom.	Hom.
N (kN)	0,00	6.317,76	631,78	0	0,00
M (m·kN)	3896,43	-5.695	-649,47	562,5	1.687,5
A (m <sup>2</sup> )	1,416	1,416	1,416	1,416	1,416
V <sub>1</sub> (m)	0,622	0,622	0,622	0,622	0,622
V <sub>2</sub> (m)	-1,028	-1,028	-1,028	-1,028	-1,028
I (m <sup>4</sup> )	0,2521	0,2521	0,2521	0,2521	0,2521
σ <sub>1</sub> (Mpa)	9,61	-9,59	-1,16	1,39	4,16
σ <sub>2</sub> (Mpa)	-15,88	27,68	3,09	-2,30	-6,88

$$\sigma_{c1,max} = 9,61 - 0,9 \cdot (9,59 + 1,16) + 1,39 + 4,16 = 5,48 \text{ MPa} < 24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2,max} = -15,88 + 1,1 \cdot 27,68 + 3,09 = 17,66 < 24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1,min} = 9,61 - 1,1 \cdot 9,59 + 1,39 = 0,45 \text{ MPa} > 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2,min} = -15,88 + 0,9 \cdot (27,68 + 3,09) - 2,30 - 0,5 \cdot 6,88 = 6,073 \text{ MPa} > 0 \text{ MPa}$$

### Determinación del área necesaria

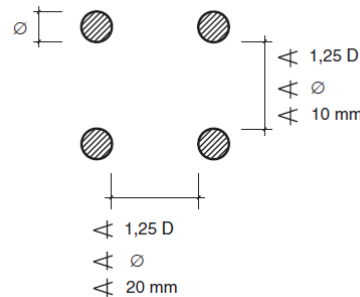
$$A = \frac{P_0}{f_{pd}} = \frac{6.650,27}{1.455,65 \cdot 10^3} = 0,004568 \text{ m}^2 = 45,68 \text{ cm}^2$$

Los cordones utilizados son los correspondientes a un área de  $A = 150 \text{ mm}^2$ .

$$n^0 \text{ cordones} = \frac{4568}{150} = 30,45 \approx 31$$

### Limitaciones geométricas

Se establecen en el artículo 70.2.2.3.de la EHE – 08 las distancias mínimas entre armaduras activas pretensas, siendo:



Estableciendo un  $r_{mec} = 43 \text{ mm}$  y una  $s_H = s_V = 1,25 \cdot D = 25 \text{ mm}$

La disposición de los cordones en una capa estará definida por el área eficaz, ésta se calcula:

$$b_{ef} = b - 2 \cdot r_{mec} = 0,89 \text{ m}$$

Por tanto, los cordones a disponer o en una capa son los siguientes:

$$n^0 \text{ cordones} = \frac{0,89}{0,041} = 21,70 \approx 21 \text{ cordones}$$

Por tanto la disposición final de la armadura activa corresponde a dos capas de 15 y 16 cordones.

El armado a disponer finalmente es de 46,50 cm<sup>2</sup>.

## VI. ESTADO LÍMITE DE SERVICIO DE FISURACIÓN

Los datos de partida estarán referidos a la sección de viga + losa, cuyas características son las siguientes:

VIGA + LOSA	
Canto (h)	1,65
Area (m <sup>2</sup> )	1,3854
I (m <sup>4</sup> )	0,727
V <sub>1</sub> (m)	0,57
V <sub>2</sub> (m)	-1,08
r	0,04

Para evitar la fisuración se limita las tensiones tal que:

- Evitar fisuras longitudinal y microfisuras por compresión

$$\sigma_{c,max}(N_{carac}, M_{carac}) \leq 0,6 \cdot f_{ck,j}$$

- Tensiones de tracción en las armaduras

$$\sigma_{s,max}(N_{carac}, M_{carac}) \geq -0,8 \cdot f_{yk} = -0,8 \cdot 500 = -400 \text{ MPa}$$

Por control de fisuración se debe cumplir que la abertura de fisura  $w_k$  debe ser menor que la abertura generada por el axil y el flector en combinación casi – permanente.

$$w_k(N_{qp}, M_{qp}) \leq w_{max} = 0$$

Estas limitaciones vienen dadas por la exposición de clase IIIa.

### Combinación característica

Se deberán tener en cuenta los casos 1 y 2 de las fases constructivas. Con todo ello, los flectores son los siguientes:

COMBINACIÓN CARACTERÍSTICA	
Caso 1	2.118 m·kN
Caso 2	6.146 m·kN

#### Combinación cuasi – permanente

COMBINACIÓN CUASI-PERMANENTE	
Caso 1	2.118 m·kN
Caso 2	5.134 m·kN

#### Cálculo del momento de fisuración

A continuación se halla el momento de fisuración para los dos casos; teniendo en cuenta la fuerza de pretensado como axil aplicado en cada sección.

$$-f_{ct,eff} = \frac{P}{A} + \frac{M_{fis} + P \cdot e_0}{I} \cdot v_2$$

MOMENTO DE FISURACIÓN	
Caso 1	6.707,01 m·kN
Caso 2	7.322,9 m·kN

### 7.4. CÁLCULOS DE LA ARMADURA PASIVA

#### 7.4.1. HIPÓTESIS DE CARGA

Los esfuerzos flectores máximos en la sección se producen en el centro – luz al tratarse de una viga biapoyada.

Mediante diferentes hipótesis de carga se ha llegado a la conclusión de que tanto el máximo flector y el cortante se produce cuando la totalidad del vano está cargado. Esto nos indica que flectores y cortantes a calcular son los correspondientes a la sección del centro – luz de la pasarela.

El cálculo del Estado Límite Último estará referido a la sección de viga + losa.

Siendo los valores de cálculos los siguientes:

ESFUERZOS ELU	
$V_{Ed}$	1.106,36 kN
$M_{Ed}$	8.297,70 m·kN

#### 7.4.2. CÁLCULOS PREVIOS

Los datos necesarios para el cálculo de la armadura son los siguientes:

$\lambda$	0,8
$\eta$	1
$\epsilon_{cu}$	0,0035
$\epsilon_{c0}$	0,002
$\epsilon_{p0}$	0,006

#### Profundidad límite de la fibra neutra

$$x_{lim,s} = \frac{d}{1 + \frac{f_{yd}}{0,0035 \cdot E_s}} = 0,993 \text{ m}$$

$$x_{lim,p} = \frac{d_p}{1 + \frac{\Delta f_{pd}}{0,0035 \cdot E_p}} = 1,12 \text{ m}$$

#### Comprobación zona de dimensionamiento C

Se deberá dimensionar en zona C si se cumplen las siguientes condiciones:

$$M_{1cp}(-\infty) < M_{1d} < M_{1cp}(x_{lim,s})$$

$$M_{cp}(-\infty) = -A_p \cdot f_{pd} \cdot (v_1 - d_p) = 6.281,42 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

$$N_{cp}(-\infty) = -A_p \cdot f_{pd} = 6.768,77 \text{ kN}$$

$$\sigma_p(x_{lim,s}) = -E_p \cdot (\varepsilon_{p0} + \Delta\varepsilon_p) = -1.592,64 \text{ MPa}$$

$$N_{cp}(x_{lim,s}) = f_{cd} \cdot 0,8 \cdot b \cdot x_{lim,s} + \sigma_p \cdot A_p = 44.834,76 \text{ kN}$$

$$M_{cp}(x_{lim,s}) = f_{cd} \cdot 0,8 \cdot b \cdot x_{lim,s} \cdot (v_1 - 0,4 \cdot x_{lim,s}) + \sigma_p \cdot A_p \cdot (v_1 - d_p) = 12.997,45 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

$$M_{1cp}(-\infty) = M_{cp}(-\infty) + N_{cp}(-\infty) \cdot (d'_s - v_1) = -406,12 \text{ m} \cdot \text{kN}$$

$$M_{1cp}(x_{lim,s}) = M_{cp}(x_{lim,s}) + N_{cp}(x_{lim,s}) \cdot (d_s - v_1) = 54.604,10$$

Puesto que:

$$-406 < 8.297 < 54.604$$

Se tomará entonces el criterio de dimensionamiento  $A'_s = 0$

#### Cálculo de la posición de la fibra neutra

$$M_{1d} = M_{1c}(x) + M_{1p}(x) + \sigma'_s(x) \cdot A'_{so} \cdot (d - d')$$

$$M_{1d} = f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot x \cdot (d_s - 0,4 \cdot x) - A_p \cdot f_{pd} \cdot (d_s - d_p)$$

Siendo la posición de la fibra neutra  $x = 0,078 \text{ m}$

El armado necesario a tracción de la sección será igual a:

$$A_s = \frac{M_{2d} - M_{2c}(x) - M_{sp}(x)}{f_{yd} \cdot (d_s - d')}$$

$$A_s = -0,00447 \text{ m}^2$$

Puesto que el armado necesario a los esfuerzos actuantes es negativo, la sección no necesita armadura pasiva de cálculo.

Por ello, se le dispondrá de una armadura de piel de  $\phi = 16 \text{ mm}$  a una distancia de 0,30 metros, de modo que no queden zonas de hormigón sin armadura.

## 7.5. CÁLCULO A CORTANTE

### Cálculo de $V_{u1}$

Procederemos a calcular la armadura de cortante, primero, como se indica la EHE en el artículo 44.2.3, comprobaremos la cantidad de cortante que resiste cada parte de la estructura, es decir, se calculará:

- $V_1$  : Cortante de agotamiento por compresión en el alma
- $V_2$ : Cortante de agotamiento por tracción en el alma, este está compuesto por:
  - $V_{cu}$ : Contribución del hormigón
  - $V_{su}$ : Contribución de la armadura transversal

Empezaremos con la comprobación de agotamiento por compresión de bielas, cuya expresión es:

$$V_{u1} = k \cdot f_{1cd} \cdot b_0 \cdot d \cdot \frac{\tan^{-1} \theta + \tan^{-1} \alpha}{1 + (\tan^{-1} \theta)^2}$$

Y los valores de cada elemento son:

Valores						
k	$f_{1cd}$ (MPa)	$b_0$ (m)	d (m)	$\theta$	$\alpha$	$V_{u1}$ (kN)
1,1711	16	0,2	1,55	45°	90°	2.904,32

Como nuestro cortante de diseño es igual a 1.106,36 kN, nos cumple.

$$V_{u1} = 2.904,32 \text{ kN} \geq V_d = 1.106,36 \text{ kN}$$

Ahora comprobaremos el cortante por agotamiento de tracción del alma que, como se ha indicado anteriormente, está descompuesta en dos partes: la parte contribuyente del hormigón y la parte contribuyente del acero, que es lo que queremos calcular. Para ello verificaremos la cantidad de cortante que absorbe el hormigón para luego decretar la cantidad de armadura necesaria para suplir el resto del esfuerzo. El cortante absorbido por el hormigón se expresa en la siguiente ecuación:

$$V_{cu} = \left( \frac{0,15}{\gamma_c} \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{cv})^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot \sigma'_{cd} \right) \cdot b_0 \cdot d \cdot \beta$$

Teniendo que,

$$\xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{d(mm)}}$$

$$\rho_1 = \left( \frac{A_s + A_p}{b_0 \cdot d} \right)$$

Y siendo nuestros valores,

Valores							
$\gamma_c$	$\xi$	$\rho_1$	$f_{cv}$ (MPa)	$\sigma'_{cd}$ (MPa)	$b_0$ (m)	$d$ (m)	$\beta$
1,5	1,3592	0,02	40	4,592	0,2	1,55	1

El cortante que resiste el hormigón es:

$$V_{cu} = 756,228 \text{ kN}$$

Siendo:

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

EL cortante resistido por el acero será:

$$V_{su} = V_{rd} - V_{cu} = 692,55 - 756,228 < 0$$

Por lo que no será necesaria armadura a cortante en la sección, ya que todo el esfuerzo es resistido por el propio hormigón.

## 8. EQUIPAMIENTOS DE LA PASARELA

En el presente apartado se tratarán los equipamientos a disponer en la pasarela, su diseño y características. Los equipamientos son una parte muy importante de la pasarela, pues constituyen una parte importante a la hora de cumplir los requerimientos mínimos que se exigen de ella. Los requisitos que se le exigen a los equipamientos son:

- Estéticos: el conjunto de la pasarela debe quedar integrada en el futuro entorno del parque central, por lo que los equipamientos se escogerán en consonancia a esta estética.

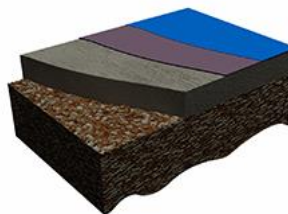
- Durabilidad: la pasarela se encuentra en un ambiente IIIa, es decir, está en la situación aérea con exposición a la corrosión por cloruros. Esto implica que se deberá minimizar el uso de los elementos metálicos a favor de los plásticos en la medida de lo posible. En caso de que esto no sea posible se deberán disponer medidas de protección especiales.
- Funcionales: se tendrá en cuenta a la hora de la elección de los equipamientos que la pasarela está en una zona urbana, con gran tránsito de peatones y que, además, permite la circulación de bicicletas.
- Económicos: se deberán tener en cuenta no sólo el coste inicial del producto y su montaje sino también el mantenimiento y las posibles reparaciones.
- Medioambientales: en la medida de lo posible, los equipamientos estarán hechos de materiales reciclables para minimizar el impacto ambiental que genera la construcción de la pasarela.

Una vez definidos los criterios que deben cumplir los equipamientos, pasamos a su elección.

### 8.1. PAVIMENTO

El pavimento de la pasarela se diferencia entre carril bici y zona para la circulación de peatones. Ambos se disponen sobre la losa de hormigón, colocándose los mismos tipos tanto en la pasarela como en los accesos.

Para el carril bici se destinan 2,5 metros del ancho de la pasarela, 1,25 metros para cada sentido de circulación. Se opta por el sistema CBH Confort de la empresa GESCOM.



Prevía preparación adecuada del soporte de hormigón se aplicará una capa de mortero epoxi vía agua texturizado, a continuación se aplicará una segunda capa a base de mortero acrílico antideslizante, sobre esta se aplicará otra capa de terminación de pintura acrílica vía agua con cargas micronizadas y pigmentos de color verde.

La zona destinada al tránsito de peatones, que tiene un ancho de 3,5 metros, se ejecutará con pavimento revestido con pintura epoxi de color gris, sobre pavimento existente.

Para la ejecución del pavimento se seguirán los siguientes pasos:

- Limpieza de la superficie del tablero
- Aplicación de la capa de resina pura, que nos proporciona la impermeabilización del tablero. Se aplicará en toda la superficie de la pasarela destinada al tránsito de peatones y en los bordes laterales del tablero hasta llegar al goterón.
- Aplicación de una capa de mortero epoxi de 10 mm de espesor, dotándole de una pendiente transversal del 2% hacia el exterior en la pasarela. En las rampas de acceso no será necesaria la pendiente transversal.

Se escoge este pavimento por las ventajas que aporta de rápida instalación, rendimiento de tiempos y mano de obra, facilidad de reparación, mínimo mantenimiento y aportación de la rugosidad necesaria.

## 8.2. BARANDILLAS

Para el diseño de las barandillas, como se ubica en una zona urbana y puede haber momentos en que se prevean aglomeraciones de gente, se debería considerar para la comprobación una fuerza horizontal sobre el borde superior del elemento de 1,6 kN/m.

Como se trata de un anteproyecto, se obvia esta comprobación y se disponen unas barandillas estándar.

Respecto a su diseño, deberán disponerse con un rodapié para evitar la caída de objetos a las vías del tren. La altura se fijará en 1,10 metros según el Documento Básico DB SUA del Código Técnico de la Edificación, y deberán ser anti-trepantes, por lo que, se le ha dado una inclinación hacia el interior.

Como material escogemos el Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PFRV), por las ventajas que nos aporta frente a las barandillas metálicas convencionales:

- Ligeras y fáciles de montar.
- Altamente resistentes a la corrosión. Esto es importante ya que nos encontramos en un ambiente IIIa.

Se dispondrá el mismo tipo de barandillas tanto para la pasarela como para los accesos.

## 8.3. ILUMINACIÓN

Con el fin de completar los equipamientos de la pasarela, se va a disponer una iluminación tanto en el tablero de esta como en los accesos, para esta iluminación se han escogido unas luminarias empotrables en el pavimento que permite crear recorridos luminosos que delimitan las zonas de paso, estas luminarias reducen al mínimo el espacio ocupado.

Todas la luminarias están diseñadas para utilizar fuentes lumínicas capaces tanto de optimizar la tonalidad y el rendimiento para mejorar la eficiencia lumínica asegurando un reducido consumo energético.



Se dispondrá una luminaria cada 3 metros, coincidiendo con el posicionamiento de las péndolas y los perfiles IPE.

Características de la luminaria:

- Luminaria empotrable de pavimento destinada al uso de lámparas halógenas de descarga, fluorescentes y LED.
- Compuesta por cuerpo óptico y cuerpo de empotramiento (alto o bajo)
- Cuerpo en aluminio fundición; marco de acero inoxidable AISI 304; cristal de cierre templado; junta silicónica; pantalla antideslumbrante para el confort visual; prensacable de latón niquelado M15x1 (M11x1 en versión circular pequeña) para conectar el cuerpo inferior y el superior.
- Cuerpo de empotramiento para la puesta en obra en aluminio fundición.
- Elevado confort visual.
- Versiones con óptica orientable.
- Disponibles versiones de LED con cambio dinámico del color RGB compatibles con sistemas de gestión de la luz.
- Versiones de LED RGB con DIRECT-DIM: posibilidad de regulación a través de una tecla eléctrica normal.
- Temperatura de contacto <40° para versiones LED.
- Altura reducida de la luminaria.
- Luminaria preparada para cableado pasante.
- Resistencia a la carga estática 5000 Kg.



- Todos los tornillos utilizados son de acero inoxidable A2.