



## ÍNDICE

1.-	PREDISEÑO. ....	3
1.1.-	Introducción. ....	3
1.2.-	Materiales. ....	3
1.1.1.-	Hormigón de Muy Alto Rendimiento (HMAR). ....	4
1.1.2.-	Acero en armaduras pasivas. ....	5
1.1.3.-	Coeficientes parciales de seguridad de los materiales ....	5
1.3.-	Coeficientes de simultaneidad. ....	5
1.4.-	Acciones. ....	6
1.5.-	Secciones. ....	6
2.-	ESFUERZOS. ....	7
2.1.-	Cálculo de esfuerzos. ....	7
2.1.1.-	Metodología. Criterio de signos ....	7
2.1.2.-	Tablas de esfuerzos por secciones. ....	8
2.2.-	Combinación de esfuerzos. ....	10
2.2.1.-	Consideraciones previas. ....	10
2.2.2.-	Combinaciones más desfavorables en Servicio. ....	11
2.2.3.-	Combinaciones más desfavorables en Rotura. ....	13
2.2.4.-	Esfuerzos en correas. ....	15
3.-	COMPROBACION POR SECCIONES. ....	16
3.1.-	Comprobación en servicio (cuasipermanente). ....	16
3.2.-	Comprobación en servicio (poco probable). ....	18
3.3.-	Comprobación en rotura (ELU). ....	19



4.-	DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	21
4.1.-	Criterios de ejecución y armado.....	21
4.2.-	Uniones atornilladas. ....	21
4.3.-	Longitudes de anclaje y solape. ....	23
4.4.-	Cimentación tipo cáliz. ....	24
4.5.-	Croquis de armado de la estructura.....	25

## **1.- PREDISEÑO.**

### **1.1.- Introducción.**

Para el diseño de la estructura en HMAR se ha recurrido al asesoramiento y experiencia del Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón (ICITECH) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

Primero se realiza un prediseño de las secciones principales de los pescantes y de las correas en HMAR. Para las correas de HMAR se calculan como biapoyadas con una longitud equivalente a la distancia entre pescantes. Para los pescantes de HMAR se adoptan los valores obtenidos de la Hoja de Cálculo de Excel elaborada por el alumno y utilizada también para el cálculo de hormigón convencional, modificando el peso propio que es del orden de seis veces menor con HMAR.

Mediante programas de cálculo desarrollados por el propio ICITECH se obtienen los valores resistentes de las secciones principales, tanto de los pescantes como de las correas, comprobándose que soportan los esfuerzos indicados en el párrafo anterior.

Como en los cálculos de la estructura en Acero y en Hormigón convencional, se comprueban los esfuerzos sobre un pescante y una correa intermedios, considerando estas últimas biapoyadas y con la longitud equivalente a la distancia entre pescantes, en previsión de que la estructura sea totalmente modulable en tramos de 2,50 m.

### **1.2.- Materiales.**

Los pescantes y las correas serán prefabricados de HMAR de  $f_{ck}=135$  MPa, con la siguiente designación HAF-135/(AC-E3/AC-V2)/2/IIIa, previendo su ejecución en taller, montándose en obra la marquesina con los pescantes prefabricados, habiendo ejecutado previamente la cimentación mediante zapatas aisladas rectangulares de tipo cáliz.

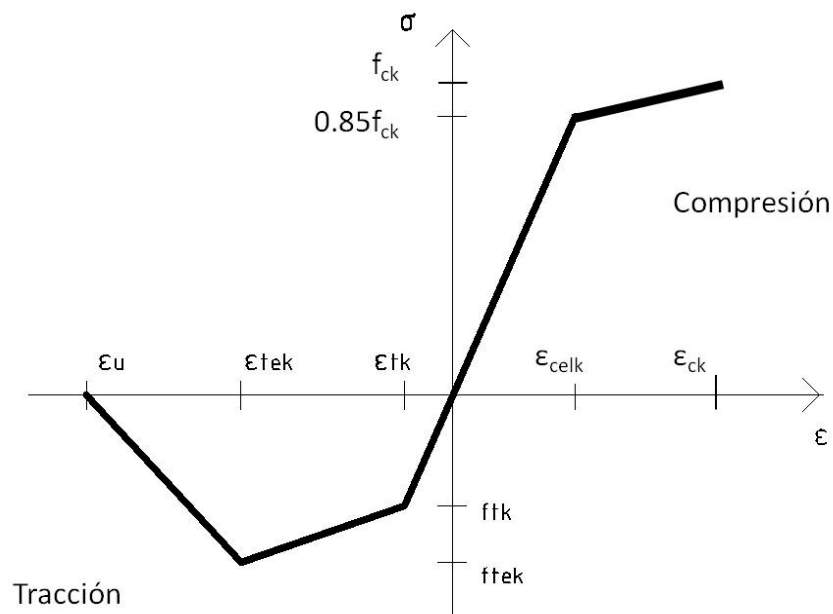
Para la unión de las correas se prevén uniones atornilladas.

### 1.1.1.- Hormigón de Muy Alto Rendimiento (HMAR).

*Pescantes y correas:*

- Módulo de Elasticidad inicial,  $E = 48000 \text{ N/mm}^2$
- Módulo de Poisson,  $\nu_c = 0.20$
- Coeficiente de dilatación térmica,  $\alpha_c = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Nivel de control: Total

Los parámetros mecánicos del hormigón a 7 días (edad elegida para la transferencia del pretensado) y a 28 días se muestran en la siguiente tabla. La notación de los diferentes parámetros se corresponde con los indicados en la figura adjunta.



	7 d	28 d	uds
$f_{ck}$	100	135	MPa
$\epsilon_{ck}$	0.0035	0.0035	-
$\epsilon_{celk}$	0.002125	0.002390	-
$f_{tk}$	5.2	7	MPa
$\epsilon_{tk}$	0.00015	0.0001666	-
$f_{tek}$	6	8	MPa
$\epsilon_{tek}$	0.0025	0.0025	-
$f_{tuk}$	0	0	MPa
$\epsilon_u$	0.015	0.015	-

Los valores arriba indicados tienen en cuenta el efecto de orientación de fibras que en las recomendaciones actuales se tienen en cuenta con el coeficiente "k".

### 1.1.2.- Acero en armaduras pasivas.

Se emplean armaduras longitudinales de acero B500S, con un recubrimiento mecánico de 25 mm y uno geométrico mínimo de 10 mm, debido al control total de la ejecución y a la elevada compacidad del HMAR.

### 1.1.3.- Coeficientes parciales de seguridad de los materiales

Los coeficientes de seguridad adoptados para los materiales son los siguientes:

Material	ELU Pers/Trans	ELU Accidental	ELS
Hormigón	1.50 (Compresión) 1.30 (Tracción)	1.30	1.0
Acero en armaduras pasivas	1.15	1.00	1.0

### 1.3.- Coeficientes de simultaneidad.

En cuanto a las acciones que van a actuar en la estructura que se proyecta, se ha consultado el Código Técnico de la Edificación, concretamente la tabla 4.2. del Documento Básico de Seguridad Estructural, adoptando los siguientes coeficientes de simultaneidad:

- Peso propio: al ser una carga permanente no habrá coeficiente de simultaneidad.
- Peso cubierta: al ser una carga muerta, de carácter permanente, no habrá coeficiente de simultaneidad.
- Viento:  $\psi_0=0.6$ ;  $\psi_1=0.5$ ;  $\psi_2=0$ .
- Nieve:  $\psi_0=0.5$ ;  $\psi_1=0.2$ ;  $\psi_2=0$  (altitud < 1000m).
- Sobrecarga de uso:  $\psi_0=0$ ;  $\psi_1=0$ ;  $\psi_2=0$  (cubierta sólo accesible para mantenimiento).

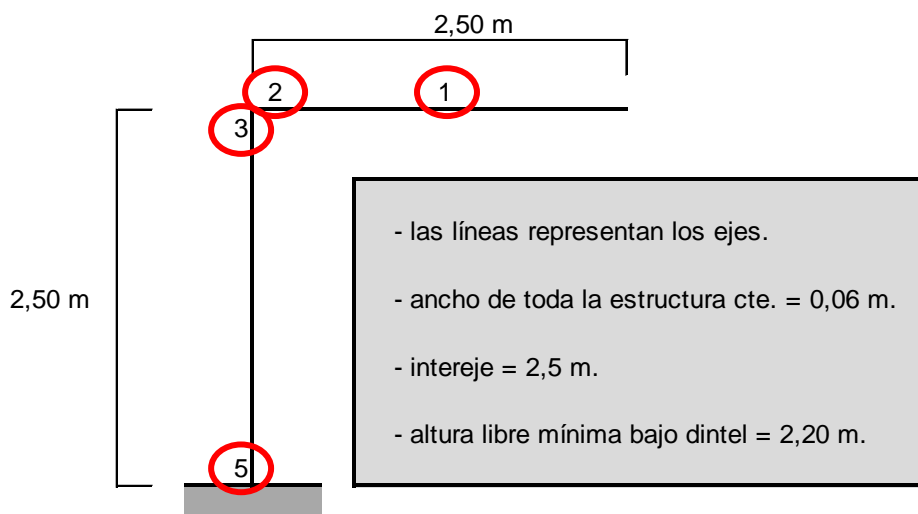
## 1.4.- Acciones.

Para las correas de HMAR se calculan como biapoyadas con una longitud equivalente a la distancia entre pescantes. Para los pescantes de HMAR se adoptan los valores obtenidos de la Hoja de Cálculo de Excel elaborada por el alumno y utilizada también para el cálculo de hormigón convencional, modificando el peso propio que es del orden de seis veces menor con HMAR.

Se estima una densidad del HMAR de 2500 kg/m<sup>3</sup>.

## 1.5.- Secciones.

Se predimensionan cuatro secciones del pescante, según el siguiente croquis:



- S5 - Empotramiento de la pila en la zapata: 20x6 cm.
- S3 - Cabeza de la pila: 15x6 cm.
- S2 - Arranque del dintel: 15x6 cm.
- S1 – Sección central del dintel: 12,5x6 cm.
- Scorrea – Sección correas: 6x4 cm.

**Se prevé colocar 2Φ12 en los pescantes y 2Φ6 en las correas.**

## 2.- ESFUERZOS.

### 2.1.- Cálculo de esfuerzos.

#### 2.1.1.- Metodología. Criterio de signos

Para el cálculo de esfuerzos se han seleccionado cinco secciones, manteniendo la misma nomenclatura que en el Apéndice nº2:

- 2 secciones en el dintel, equidistantes entre sí. No se ha considerado la sección del extremo por no tener esfuerzos.
- 3 secciones en la pila, incluyendo:
  - Sección de empotramiento de la pila con la cimentación.
  - Sección de empotramiento con el dintel.
  - Sección intermedia entre las dos anteriores.

Como se ha diseñado el dintel con 5° de inclinación con respecto a la horizontal y con un canto variable de la pila y del dintel, se ha decidido utilizar el programa de diseño informático AUTOCAD, con el cual se han obtenido las distancias y ángulos necesarios para el cálculo de los esfuerzos en las secciones de referencia.

Para el cálculo de esfuerzos se ha tenido en cuenta el siguiente criterio de signos:



## 2.1.2.- Tablas de esfuerzos por secciones.

Ver Hoja de "ESFUERZOS" del Libro Excel adjunto (tablas.xlsx).



PESO PROPIO								
sección	superficie (m <sup>2</sup> )	volumen (m <sup>3</sup> )	carga (kN)	ángulo	distancia (m)	M (kN*m)	N (kN)	V (kN)
S1	0.141	0.008	0.212	5	0.609	-0.129	0.018	0.211
S2	0.300	0.018	0.449	5	1.143	-0.513	0.039	0.448
S3	0.329	0.020	0.493	90	1.139	-0.561	0.493	0.000
S4	0.526	0.032	0.789	90	0.729	-0.575	0.789	0.000
S5	0.752	0.045	1.128	90	0.520	-0.586	1.128	0.000

CARGAS MUERTAS							
sección	longitud (m)	carga (kN)	ángulo	distancia (m)	M (kN*m)	N (kN)	V (kN)
S1	1.252	0.243	5	0.626	-0.152	0.021	0.242
S2	2.400	0.466	5	1.200	-0.559	0.041	0.464
S3	2.600	0.504	90	1.200	-0.605	0.504	0.000
S4	2.600	0.504	90	1.200	-0.605	0.504	0.000
S5	2.600	0.504	90	1.200	-0.605	0.504	0.000

0.194 kN/m

NIEVE							
sección	longitud (m)	carga (kN)	ángulo	distancia (m)	M (kN*m)	N (kN)	V (kN)
S1	1.252	0.626	5	0.626	-0.392	0.055	0.624
S2	2.400	1.200	5	1.200	-1.440	0.105	1.195
S3	2.600	1.300	90	1.200	-1.560	1.300	0.000
S4	2.600	1.300	90	1.200	-1.560	1.300	0.000
S5	2.600	1.300	90	1.200	-1.560	1.300	0.000

0.5 kN/m

VIENTO HACIA ABAJO (PRESIÓN)							
sección	longitud (m)	carga (kN)	ángulo	distancia (m)	M (kN*m)	N (kN)	V (kN)
S1	1,262	1,641	0	0,631	-1,035	0,000	1,641
S2	2,407	3,129	0	1,204	-3,766	0,000	3,129
S3	2,608	3,390	95	1,304	-4,421	3,377	0,295
S4	2,608	3,390	95	1,384	-4,692	3,377	0,295
S5	2,608	3,390	95	1,405	-4,764	3,377	0,295

1,3 kN/m

VIENTO HACIA ARRIBA (SUCCIÓN)							
sección	longitud (m)	carga (kN)	ángulo	distancia (m)	M (kN*m)	N (kN)	V (kN)
S1	1,262	-3,281	0	0,631	2,070	0,000	-3,281
S2	2,407	-6,258	0	1,204	7,532	0,000	-6,258
S3	2,608	-6,781	95	1,304	8,842	-6,755	-0,591
S4	2,608	-6,781	95	1,384	9,385	-6,755	-0,591
S5	2,608	-6,781	95	1,405	9,527	-6,755	-0,591

-2,6 kN/m





VIENTO HACIA "DERECHA" (PRESIÓN)							
sección	longitud (m)	carga (kN)	ángulo	distancia (m)	M (kN*m)	N (kN)	V (kN)
S1	0,000	0,000	5	0,000	0,000	0,000	0,000
S2	0,000	0,000	5	0,000	0,000	0,000	0,000
S3	0,000	0,000	90	0,000	0,000	0,000	0,000
S4	1,204	1,565	90	0,602	-0,942	0,000	1,565
S5	2,408	3,130	90	1,204	-3,769	0,000	3,130

1,3 kN/m

VIENTO HACIA "IZQUIERDA" (SUCCIÓN)							
sección	longitud (m)	carga (kN)	ángulo	distancia (m)	M (kN*m)	N (kN)	V (kN)
S1	0,000	0,000	5	0,000	0,000	0,000	0,000
S2	0,000	0,000	5	0,000	0,000	0,000	0,000
S3	0,000	0,000	90	0,000	0,000	0,000	0,000
S4	1,204	-1,565	90	0,602	0,942	0,000	-1,565
S5	2,408	-3,130	90	1,204	3,769	0,000	-3,130

-1,3 kN/m

SOBRECARGA DE USO * (carga uniformemente repartida)							
sección	longitud (m)	carga (kN)	ángulo	distancia (m)	M (kN*m)	N (kN)	V (kN)
S1	1,252	1,252	5	0,626	-0,784	0,109	1,247
S2	2,400	2,400	5	1,200	-2,880	0,209	2,391
S3	2,600	2,600	90	1,200	-3,120	2,600	0,000
S4	2,600	2,600	90	1,200	-3,120	2,600	0,000
S5	2,600	2,600	90	1,200	-3,120	2,600	0,000

1 kN/m

SOBRECARGA DE USO * (carga puntual)							
sección	longitud (m)	carga (kN)	ángulo	distancia (m)	M (kN*m)	N (kN)	V (kN)
S1	1,252	1,000	5	1,252	-1,252	0,087	0,996
S2	2,400	1,000	5	2,400	-2,400	0,087	0,996
S3	2,600	1,000	90	2,500	-2,500	1,000	0,000
S4	2,600	1,000	90	2,500	-2,500	1,000	0,000
S5	2,600	1,000	90	2,500	-2,500	1,000	0,000

1 kN

(\*) Según la tabla 3.1. del DB SE-AE del CTE, al tratarse de cubiertas ligeras sobre correas sin forjado, estas sobrecargas de uso no se consideran concomitantes con el resto de acciones variables.

## 2.2.- Combinación de esfuerzos.

### 2.2.1.- Consideraciones previas.

Para la combinación de esfuerzos en Servicio (E.L.S.) y en Rotura (E.L.U.) se tiene en cuenta todo lo dispuesto en los artículos 12 y 13 de la EHE-08, además de las siguientes consideraciones:

- Los axiles en el dintel por la acción del viento se consideran nulos, ya que el ángulo que forma el plano de la cubierta con respecto al eje del dintel es casi despreciable.
- Según la tabla 3.1. del DB SE-AE del CTE, al tratarse de cubiertas ligeras sobre correas sin forjado, las sobrecargas de uso, aunque las hemos calculado en el punto anterior, no se consideran concomitantes con el resto de acciones variables.

## 2.2.2.- Combinaciones más desfavorables en Servicio.

Ver Hoja de "COMBINACIONES" del Libro Excel adjunto (tablas.xlsx).

COMBINACIONES DE ESFUERZOS MÁS DESFAVORABLES EN SERVICIO (POCO PROBABLE)								
	N máximo		N mínimo		M máximo		M mínimo	
sección	N (kN)	M (kN*m)	N (kN)	M (kN*m)	N (kN)	M (kN*m)	N (kN)	M (kN*m)
S1	0.094	-1.294	0.040	-1.316	0.040	1.789	0.067	-1.512
S2	0.184	-4.772	0.080	-4.838	0.080	6.460	0.132	-5.558
S3	5.025	-6.368	-5.758	7.676	-5.758	7.676	5.025	-6.368
S4	5.321	-7.595	-5.462	9.147	-5.462	9.147	5.321	-7.595
S5	5.660	-10.504	-5.123	12.104	-5.123	12.104	5.660	-10.504

COMBINACIONES DE ESFUERZOS MÁS DESFAVORABLES EN SERVICIO (CUASIPERMANENTE)								
sección	N máximo		N mínimo		M máximo		M mínimo	
	N (kN)	M (kN*m)	N (kN)	M (kN*m)	N (kN)	M (kN*m)	N (kN)	M (kN*m)
S1	0.040	-0.281	0.040	-0.281	0.040	-0.281	0.040	-0.281
S2	0.080	-1.072	0.080	-1.072	0.080	-1.072	0.080	-1.072
S3	0.997	-1.167	0.997	-1.167	0.997	-1.167	0.997	-1.167
S4	1.293	-1.180	1.293	-1.180	1.293	-1.180	1.293	-1.180
S5	1.632	-1.192	1.632	-1.192	1.632	-1.192	1.632	-1.192

Para el cálculo de las combinaciones de esfuerzos más desfavorables en E.L.S., que se incluyen en la hoja anterior, se han adoptado los siguientes criterios:

- **Se calcula una tabla para la comprobación de flechas con la situación POCO PROBABLE ( $\psi_0$ ) y otra tabla para la fisuración con la situación CUASIPERMANENTE ( $\psi_2$ ), por lo que en esta última situación sólo se tienen en cuenta las cargas permanentes.**
- En todos los casos los coeficientes parciales de seguridad para las acciones permanentes es la unidad, tanto para efectos favorables como desfavorables.
- Cuando las acciones variables tienen efectos favorables no se tienen en cuenta (en la situación POCO PROBABLE, claro, como los siguientes criterios indicados en el presente apartado).
- AXIL MAXIMO (EN DINTEL): se calcula con la acción determinante de la nieve y la acción variable del viento de presión.
- AXIL MAXIMO (EN PILAR): se calcula con la acción determinante del viento de presión y la acción variable de la nieve.
- AXIL MINIMO (EN DINTEL): se calcula con la acción determinante del viento de presión sin tener en cuenta la variable de la nieve.
- AXIL MINIMO (EN PILAR): se calcula con la acción determinante del viento de succión sin tener en cuenta la variable de la nieve.
- MOMENTO MAXIMO: se calcula con la acción determinante del viento de succión sin tener en cuenta la variable de la nieve.
- MOMENTO MINIMO: se calcula con la acción determinante del viento de presión y la acción variable de la nieve.
- Se aplican los coeficientes de simultaneidad de las cargas variables según el Código Técnico de la Edificación.

## 2.2.3.- Combinaciones más desfavorables en Rotura.

Ver Hoja de "COMBINACIONES" del Libro Excel adjunto (tablas.xlsx).

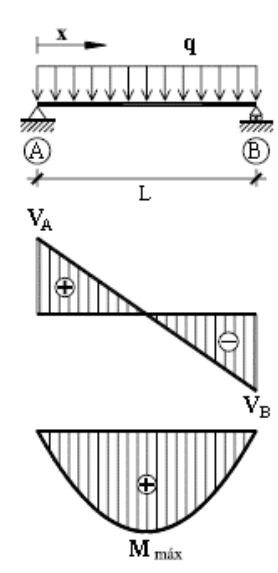
COMBINACIONES DE ESFUERZOS MÁS DESFAVORABLES EN ROTURA (PERMANENTE)														
sección	N máximo		N mínimo		M máximo		M mínimo		V máximo			V mínimo		
	N (kN)	M (kN*m)	N (kN)	M (kN*m)	N (kN)	M (kN*m)	N (kN)	M (kN*m)	N (kN)	M (kN*m)	V (kN)	N (kN)	M (kN*m)	V (kN)
S1	0.135	-1.899	0.040	-1.834	0.040	2.825	0.094	-2.226	0.094	-2.226	3.540	0.040	2.825	-4.469
S2	0.265	-6.997	0.080	-6.721	0.080	10.225	0.186	-8.176	0.186	-8.176	6.821	0.080	10.225	-8.476
S3	7.387	-9.376	-9.135	12.097	-9.135	12.097	7.387	-9.376	7.387	-9.376	0.443	-9.135	12.097	-0.886
S4	7.787	-11.215	-8.839	14.310	-8.839	14.310	7.787	-11.215	7.787	-11.215	2.791	-8.839	14.310	-3.234
S5	8.245	-15.578	-8.500	18.752	-8.500	18.752	8.245	-15.578	8.245	-15.578	5.139	-8.500	18.752	-5.582

Para el cálculo de las combinaciones de esfuerzos más desfavorables en E.L.U., que se incluyen en la hoja anterior, se han adoptado los siguientes criterios:

- Según cada caso, los coeficientes parciales de seguridad para las acciones permanentes se toman con valor=1 para efectos favorables y con valor=1,35 para efectos desfavorables.
- Cuando las acciones variables tienen efectos desfavorables, se mayoran multiplicándolas por 1,5.
- Cuando las acciones variables tienen efectos favorables no se tienen en cuenta.
- AXIL MAXIMO (EN DINTEL): se calcula con la acción determinante de la nieve y la acción variable del viento de presión, ambas mayoradas.
- AXIL MAXIMO (EN PILAR): se calcula con la acción determinante del viento de presión y la acción variable de la nieve, ambas mayoradas.
- AXIL MINIMO (EN DINTEL): se calcula con la acción determinante del viento de presión mayorada sin tener en cuenta la variable de la nieve.
- AXIL MINIMO (EN PILAR): se calcula con la acción determinante del viento de succión mayorada sin tener en cuenta la variable de la nieve.
- MOMENTO MAXIMO: se calcula con la acción determinante del viento de succión mayorada sin tener en cuenta la variable de la nieve.
- MOMENTO MINIMO: se calcula con la acción determinante del viento de presión y la acción variable de la nieve, ambas mayoradas.
- CORTANTE MAXIMO: se calcula con la acción determinante del viento de presión y la acción variable de la nieve, ambas mayoradas.
- CORTANTE MINIMO: se calcula con la acción determinante del viento de succión mayorada sin tener en cuenta la acción variable de la nieve.
- Se aplican los coeficientes de simultaneidad de las cargas variables según el Código Técnico de la Edificación.

## 2.2.4.- Esfuerzos en correas.

Se incluye este apartado para calcular los esfuerzos pésimos en las correas de HMAR, con los coeficientes y cargas indicados anteriormente.

VIGA SIMPLE APOYADA: carga uniforme $q$ en todo el vano.	
	Reacciones y solicitaciones
	Reacciones: $R_A = R_B = \frac{qL}{2}$
	Cortantes: $V_{AB} = q \left( \frac{L}{2} - x \right)$ $V_A = -V_B = \frac{qL}{2}$
	Flectores: $M_{AB} = \frac{qx}{2}(L-x)$ $M_{máx} = \frac{qL^2}{8}$ para $x = \frac{L}{2}$
Deformaciones	
	Giros: $\varphi_A = -\frac{qL^3}{24EI}$ $\varphi_B = \frac{qL^3}{24EI}$
	Elástica: $y_{AB} = \frac{qx}{24EI}(x^3 - 2Lx^2 + L^3)$
	Flecha máxima: $y_{máx} = \frac{5qL^4}{384EI}$ para $x = \frac{L}{2}$

### - ELS (cuasipermanente):

En esta situación obtenemos una  $q=0.0863 \text{ KN/m}$ , y un  $M_{máx}=0.067 \text{ KN}\cdot\text{m}$ .

### - ELS (poco probable):

En esta situación obtenemos una carga máxima en valor absoluto con el viento de succión  $q=-0.5658 \text{ KN/m}$ , y un  $M_{m n}=-0.442 \text{ KN}\cdot\text{m}$ . Considerando el viento de presión obtenemos una carga  $q=0.475 \text{ KN/m}$ , y un  $M_{máx}=0.371 \text{ KN}\cdot\text{m}$ .

### - ELU (permanente):

En esta situación obtenemos una carga máxima en valor absoluto con el viento de succión  $q=-0.892 \text{ KN/m}$ , y un  $M_{m n}=-0.697 \text{ KN}\cdot\text{m}$ . Además, en esta situación nos interesa obtener la reacción vertical en los apoyos para el dimensionamiento de las uniones atornilladas de las correas con los pescantes, obteniendo una  $R=1,12 \text{ KN}$ . Considerando el viento de presión obtenemos una carga  $q=0.699 \text{ KN/m}$ , y un  $M_{máx}=0.546 \text{ KN}\cdot\text{m}$ .

### **3.- COMPROBACION POR SECCIONES.**

**Ver Hojas de cálculo del Libro Excel adjunto (Marquesinas.xlsx).**

Se han mantenido las mismas secciones de cálculo de esfuerzos para calcular la armadura necesaria (ver apartado 2.1.1. "Metodología. Criterio de signos"), a excepción de la sección intermedia de la pila, ya que es suficiente con comprobar las otras cuatro para el dimensionamiento de los pescantes.

#### **3.1.- Comprobación en servicio (cuasipermanente).**

En la tabla de la página siguiente se calculan las inercias y los momentos equivalentes en cada sección, obteniéndose en todos los casos valores de tensión a tracción inferiores a 7 MPa, que es el valor de la Resistencia residual a tracción ( $\sigma_p$ ), por lo que se prevé que no fisure en ningún caso.



S1				
N	0.04 KN	$\sigma_{max,t}$	-1.52	MPa
M	0.281 KNm	$\epsilon_{max,t}$	-0.00003	
b	0.06 m	$\sigma_{max,c}$	1.52	MPa
h	0.125 m	$\epsilon_{max,c}$	0.00003	
Ih	1.14777E-05 m4			
$\sigma$	-1.52 MPa			
S2				
N	0.08 KN	$\sigma_{max,t}$	-4.07	MPa
M	1.072 KNm	$\epsilon_{max,t}$	-0.00008	
b	0.06 m	$\sigma_{max,c}$	4.07	MPa
h	0.15 m	$\epsilon_{max,c}$	0.00008	
Ih	1.97124E-05 m4			
$\sigma$	-4.07 MPa			
S3				
N	0.997 KN	$\sigma_{max,t}$	-4.33	MPa
M	1.167 KNm	$\epsilon_{max,t}$	-0.00009	
b	0.06 m	$\sigma_{max,c}$	4.33	MPa
h	0.15 m	$\epsilon_{max,c}$	0.00009	
Ih	1.97124E-05 m4			
$\sigma$	-4.33 MPa			
S5				
N	1.632 KN	$\sigma_{max,t}$	-2.46	MPa
M	1.192 KNm	$\epsilon_{max,t}$	-0.00005	
b	0.06 m	$\sigma_{max,c}$	2.46	MPa
h	0.2 m	$\epsilon_{max,c}$	0.00005	
Ih	4.59363E-05 m4			
$\sigma$	-2.46 MPa			
Scorrea				
N	0.000 KN	$\sigma_{max,t}$	-2.42	MPa
M	0.067 KNm	$\epsilon_{max,t}$	-0.00005	
b	0.04 m	$\sigma_{max,c}$	2.42	MPa
h	0.06 m	$\epsilon_{max,c}$	0.00005	
Ih	8.29478E-07 m4			
$\sigma$	-2.42 MPa			

### 3.2.- Comprobación en servicio (poco probable).

En la siguiente tabla se comprueba que en todas las secciones del pescante las tensiones de compresión están muy por debajo de los 80 MPa, que equivaldrían al 60% de la resistencia característica del HMAR.

En todos los casos la deformación es inferior al 2 por mil, por lo que la estructura no fisurará en ninguna situación de servicio, lo que asegurará una muy alta durabilidad.

S1		
$\sigma_{max,t}$	-7	MPa
$\epsilon_{max,t}$	-0.000213	
$\sigma_{max,c}$	9.77	MPa
$\epsilon_{max,c}$	0.000203	
N	0.04	KN
M	1.79	KN*m
S2		
$\sigma_{max,t}$	-7	MPa
$\epsilon_{max,t}$	-0.001299	
$\sigma_{max,c}$	33.60	MPa
$\epsilon_{max,c}$	0.000700	
N	0.08	KN
M	6.46	KN*m
S3		
$\sigma_{max,t}$	-7	MPa
$\epsilon_{max,t}$	-0.001939	
$\sigma_{max,c}$	42.83	MPa
$\epsilon_{max,c}$	0.000892	
N	-5.76	KN
M	7.68	KN*m
S5		
$\sigma_{max,t}$	-7	MPa
$\epsilon_{max,t}$	-0.001832	
$\sigma_{max,c}$	39.77	MPa
$\epsilon_{max,c}$	0.000829	
N	-5.12	KN
M	12.10	KN*m

### 3.3.- Comprobación en rotura (ELU).

Realizando la comprobación con la ley momento curvatura para la sección S5 con 2Ø12 se obtiene que el momento M (de cálculo) es mayor que el momento máximo (Mmax) resistido por la sección prediseñada inicialmente. Por ello, **se realiza la comprobación de todas las secciones cambiando los 2Ø12 por 2Ø16**, comprobando, como se observa en la siguiente tabla en la que se incluyen los momentos y cortantes últimos (Mmax y Vmax), que cumplen todas las secciones.

S1		
Mmax	9.45	KN*m
Vmax	45.00	KN
N	0.04	KN
M	2.83	KN*m
V	-4.47	KN
S2		
Mmax	12.44	KN*m
Vmax	54.00	KN
N	0.08	KN
M	10.23	KN*m
V	-8.48	KN
S3		
Mmax	11.97	KN*m
Vmax	54.00	KN
N	-9.14	KN
M	12.10	KN*m
V	-0.89	KN
S5		
Mmax	19.30	KN*m
Vmax	72.00	KN
N	-8.50	KN
M	18.75	KN*m
V	-5.58	KN

Para la comprobación del ELU de las correas biapoyadas, se calcula el área mínima necesaria para soportar el momento Md (de cálculo) obtenido en el apartado 2.2.4:

$$Md = |M_{\min}| = 0.697 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

Planteando el equilibrio de la sección de HMAR de la correa en flexión simple, sin considerar las tracciones soportadas por las fibras, tenemos la siguiente ecuación:

$$A_s = \frac{Md}{0,8 \cdot h \cdot f_{yd}} \cdot 10 \text{ (cm}^2\text{)}, \text{ con } Md \text{ en } KN \cdot m, h \text{ en } m \text{ y } f_{yd} \text{ en } N/mm^2$$

$$A_s = \frac{Md}{0,8 \cdot h \cdot f_{yd}} \cdot 10 = \frac{0.697}{0.8 \cdot 0.06 \cdot 434} \cdot 10 = 0.33 \text{ cm}^2$$

Al ser  $A_s$  mayor que  $0.28 \text{ cm}^2$ , **se tienen que cambiar las armaduras Ø6 prediseñadas para las correas por Ø8**, cuya superficie de  $0.50 \text{ cm}^2$  es superior a la  $A_s$  mínima calculada.

## 4.- DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA.

### 4.1.- Criterios de ejecución y armado.

Los pescantes que conforman la estructura principal de la marquesina se realizarán prefabricados, en una sola fase de hormigonado.

Tenemos que tener en cuenta para el armado, lo dispuesto en el artículo 65 de la EHE-08 sobre **"elementos con empuje al vacío"**. En aquellos elementos en los que se produce un cambio en la dirección de las fuerzas debido a la geometría del elemento, pueden aparecer tracciones transversales que es necesario absorber con armadura para evitar la rotura del recubrimiento. Esto nos podría suceder en el nudo entre pilar y dintel, por lo que para evitarlo se prevé cruzar la armadura inferior con la superior en dicho nudo.

Elegimos armaduras simétricas de Ø16 en toda la estructura de los pescantes según la comprobación por secciones realizada en el apartado 3, colocando 2Ø16 en toda la longitud como se puede observar en el detalle de armado que se incluye al final del presente Apéndice.

Se emplean armaduras longitudinales de acero B500S, con un recubrimiento mecánico de 25 mm y uno geométrico mínimo de 10 mm, debido al control total de la ejecución y a la elevada compacidad del HMAR.

Las uniones de las correas a la parte superior de los dinteles de los pescantes se realizará mediante uniones atornilladas, tal y como se describe en el siguiente apartado.

### 4.2.- Uniones atornilladas.

Para el dimensionamiento de las uniones de las correas con los dinteles de los pescantes, previstas con uniones atornilladas, en el punto 2.2.4. del presente Apéndice se han calculado las reacciones de las correas en sus extremos con los esfuerzos pésimos, obteniendo un valor de tracción en la unión de  $T=R=1.12$  KN.

Se considera suficiente la comprobación a tracción, confirmando que con tornillos M10 inoxidables (AISI 316), con  $f_{ub}=500 \text{ N/mm}^2$  y un área resistente  $A_r=58 \text{ mm}^2$ , se obtiene una resistencia a tracción de 20.88 KN, muy superior a la tracción que tendrán que soportar las uniones atornilladas de las correas, cuyo valor máximo será de 1.12 KN:

RESISTENCIA a TRACCION TORNILLOS NO PRETENSADOS							$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$	
Tabla 4								
ACERO			ACERO 4.6	ACERO 5.6	ACERO 6.8	ACERO 8.8	ACERO 10.9	
TORNILLOS			$f_{ub} = 400 \text{ N/mm}^2$	$f_{ub} = 500 \text{ N/mm}^2$	$f_{ub} = 600 \text{ N/mm}^2$	$f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2$	$f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$	
	d(mm)							
M 10	10	58	16 704 N	20 880 N	25 056 N	33 408 N	41 760 N	
M 12	12	84,3	24 278 N	30 348 N	36 417 N	48 556 N	60 696 N	
M 16	16	157	45 216 N	56 520 N	67 824 N	90 432 N	113 040 N	
M 20	20	245	70 560 N	88 200 N	105 840 N	141 120 N	176 400 N	
M 24	24	353	101 664 N	127 080 N	152 496 N	203 328 N	254 160 N	

La tabla anterior ha sido elaborada por *Guardiola Villora, A.* y obtenida por el alumno en el siguiente enlace:

["http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16477/uniones%20atornilladas.pdf?sequence=4"](http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16477/uniones%20atornilladas.pdf?sequence=4)

Previendo las uniones atornilladas, se dispondrán unos cilindros huecos pasantes de acero inoxidable en las zonas extremas de apoyo de las correas con un diámetro del agujero de 11 mm.

En la parte superior de los dinteles se prevé la instalación de tacos expansivos para tornillos M10 de cabeza hexagonal modificados, con una longitud de vástago de 60 mm y una longitud de rosca mayor o igual a 17.5 mm. Los tacos serán de acero inoxidable (AISI 316) e irán fijados a la armadura pasiva del HMAR.

### 4.3.- Longitudes de anclaje y solape.

Para Ø16 tenemos que:

$$lb_I = m \cdot \phi^2 \geq \frac{f_{yk}}{20} \cdot \phi; \quad 1,5 \cdot 256 \geq \frac{500}{20} \cdot 16; \quad 384mm \geq 400mm$$

$$lb_{II} = 1'4 \cdot m \cdot \phi^2 \geq \frac{f_{yk}}{14} \cdot \phi; \quad 538mm \geq 571mm$$

$$lb_I (\text{Ø12}) = 0,40 \text{ m} \quad lb_{II} (\text{Ø12}) = 0,57 \text{ m}$$

#### Longitud de anclaje y solapo Ø16 del pescante.

Para las longitudes de anclaje y solapo del pescante, al hormigonarse en una única fase por ser prefabricados, consideraremos todas las armaduras en posición II, quedándonos del lado de la seguridad.

Para evitar el empuje al vacío en el nudo entre pila y dintel cruzamos las armaduras interiores, por lo que las prolongaremos la siguiente distancia a partir de las caras exteriores del nudo:

$$lb_{neta} = lb \cdot \beta \cdot \frac{A_s}{A_{s_{real}}} = 0,57 \cdot 1 \cdot \frac{1,52}{2,01} = 0,43m$$

$$l_s \approx \alpha \cdot lb_{neta} = 2 \cdot 0,43 = 0,86m$$

Dispondremos de 860 mm en prolongación recta desde las secciones S2 y S3 para el solape de la armadura de Ø16.

*Para todos los diámetros de doblado se tiene que cumplir lo dispuesto en la tabla 69.3.4. de la EHE-08.*

## 4.4.- Cimentación tipo cáliz.

Igualmente que en el caso de la marquesina prefabricada calculada con hormigón convencional (HC), se selecciona la cimentación tipo cáliz porque permite un buen rendimiento de montaje, así como cierta tolerancia de ejecución de las zapatas (ver apartado 4.4. del Apéndice nº2).

Para el dimensionamiento de las zapatas tipo cáliz se adoptan las mismas dimensiones obtenidas con el CYPE en el cálculo de la marquesina con estructura metálica, añadiéndoles los cálices. Con el CYPE obteníamos:

- 2 ud x (130 x 180 x 40) cm, en las zapatas extremas.
- 1 ud x (155 x 205 x 45) cm, en la zapata intermedia.

Se obtendrán, por tanto, unos resultados similares que en el caso de hormigón convencional (ver apartado 4.4. del Apéndice nº2), con la salvedad que las dimensiones del cáliz son algo menores por la esbeltez del HMAR frente al HC, con una escuadría de la pila en HMAR de 20x6 cm frente a los 25x15 cm del HC, por lo que las dimensiones del cáliz serán de 35x21 cm para el HMAR en vez de los 40x30 cm del HC.

**Obtenemos un incremento de 67,42 kg de armadura**, que con respecto a los 106,86 kg calculados mediante el CYPE (ver apéndice correspondiente), suponen un aumento entorno al 60%.

**En cuanto al hormigón**, como en el caso del HC, **obtenemos un incremento de 1,25 m<sup>3</sup>**, que con respecto a los 3,30 m<sup>3</sup> calculados mediante el CYPE, suponen un aumento entorno al 40%.



#### 4.5.- Croquis de armado de la estructura.

Se acompaña croquis de armado en alzado del pescante y detalle de las secciones del mismo y de las correas:

