

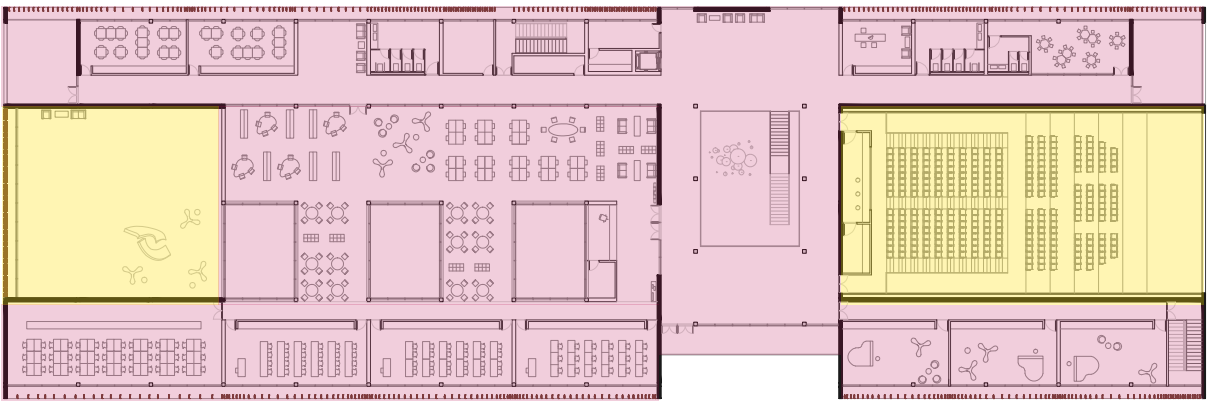
4.2 ESTRUCTURA

JUSTIFICACIÓN ESTRUCTURAL:

La solución estructural adoptada va directamente ligada a la materialidad y construcción del proyecto. Se ha diseñado la estructura de una forma integral, paralelamente a la concepción y desarrollo del proyecto. Ya que es la estructura la divide el espacio, organiza las circulaciones, resuelve el almacenamiento, dota de materialidad al proyecto y trabaja la luz y filtros del mismo.

Nos encontramos ante un proyecto con una gran continuidad espacial en la que se distinguen tres elementos más singulares, con unas características de uso distintas. De este modo, los volúmenes de la sala de usos múltiples y el espacio expositor a doble altura se resolverán con un sistema de celosía metálica para salvar los 16 m de luz. El resto del proyecto se resolverá mediante un forjado unidireccional con vigas de canto y nervios in situ, que permite in canto de forjado de 30 cm.

Para la cimentación del edificio se optará por una losa h=60cm debido a la proximidad de la parcela al mar y la necesidad de crear un vaso estanco.



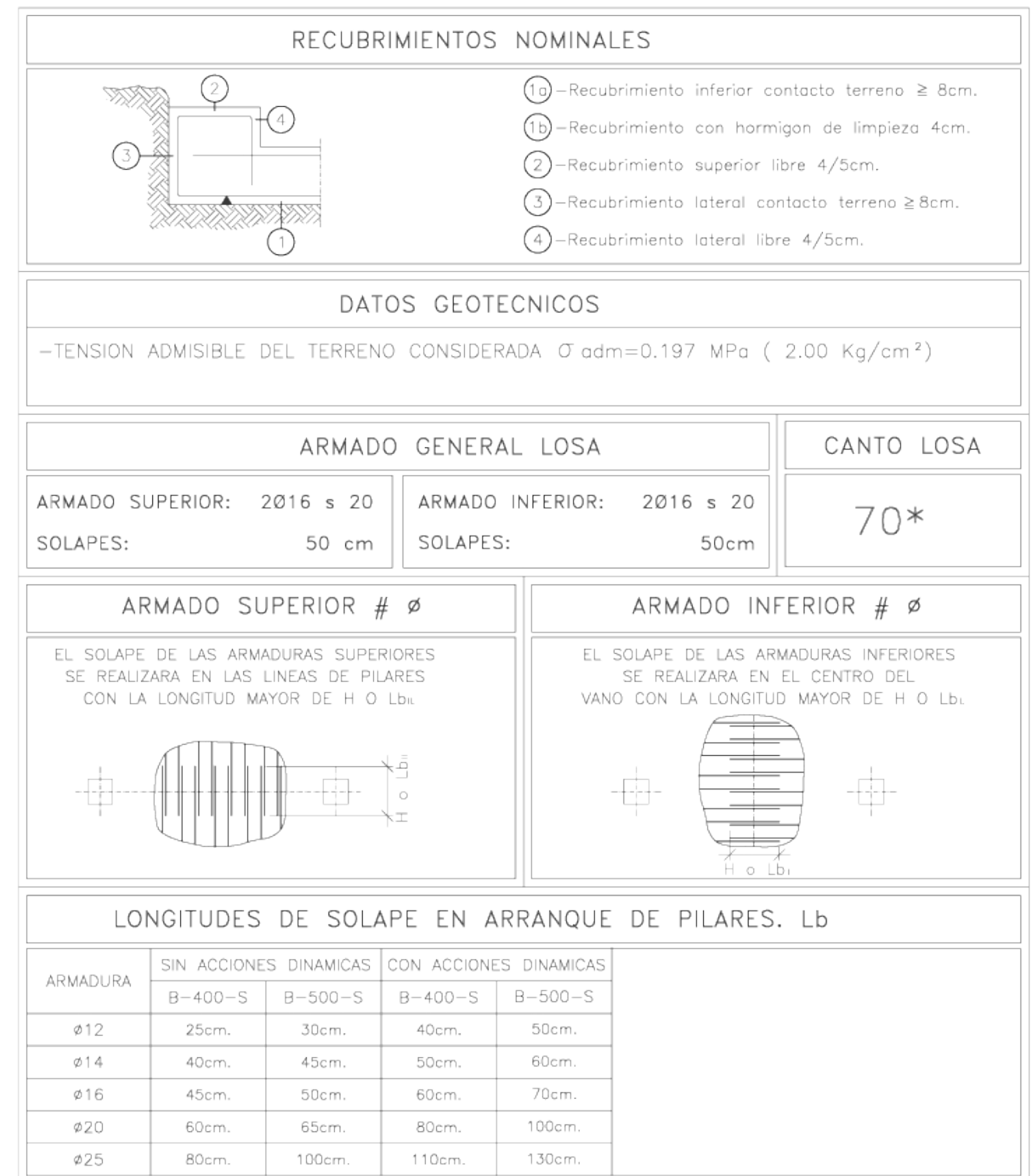
- Forjado de vigas de canto y nervios in situ
- Forjado de cerchas metálicas y chapa colaborante

#### 4.2.1 TIPOLOGÍA DE LA CIMENTACIÓN

Tenemos varios factores a tener en cuenta en el sistema y el cálculo de la cimentación. Por un lado tenemos que tener en cuenta la naturaleza del terreno por su inmediata proximidad al mar y la altura del nivel freático. Por otro lado también hay que tener en cuenta el coeficiente de balastro tras haber hecho un exhausto cálculo previo de las cargas recibidas. Como no se exige el cálculo previo, se plantea las dos soluciones de cimentación: por zapatas arriostradas o por losa .

Se plantea la losa de cimentación formando un vaso estanco. En los extremos de la losa se construyen unos muros de cimentación que permiten contener las aguas. He considerado un canto de 0,60 m apropiado para la losa añadiendo 10 cm de hormigón de limpieza.

Se aumenta la superficie de contacto y se reducen los asentamientos diferenciales. Puede decirse de forma aproximada que la losa es más económica que las zapatas si la superficie total de éstas es superior a la mitad de la superficie cubierta por el edificio, debido al menor espesor de hormigón y cuantía de armaduras, a una excavación más sencilla y ahorro de encofrados.



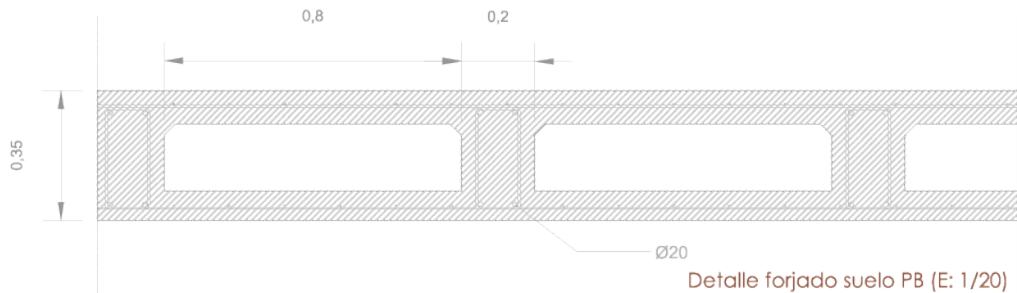
(\*) existe una zona de canto 50cm (indicada en el plano) en ella las acciones son menores puesto que el edificio no ocupa esa superficie más allá de la cota 0.

4.2.2 TIPOLOGIA ESTRUCTURA

Forjado de nervios in situ

Como hemos dicho anteriormente, se decide por esta opción por sus valores estéticos de monolitismo, pero principalmente porque nos permitirá un canto de forjado entre 30 y 35 cm, ya que el peso es absorbido a través de estos nervios distribuidos cada 80 cm. Para sacar mayor partido a la tipología, se decide que las vigas de canto vayan en dirección del eje más corto de nuestra cuadrícula, en este caso de 6 m, para obtener un canto menor y por tanto menor descuelgue. Los nervios por tanto son de 8 m de longitud, pero al ser más, las cargas tienen más elementos en los que absorberse y por tanto esto es lo que permite que el canto del forjado sea menor. Al final lo que se quiere obtener es un forjado plano, sin vigas que descuelguen.

TIPO	CARACTERÍSTICAS	INTEREJE [m]	LUZ L [m]	CANTO H [m]	PESO P [kN/m²]	COSTE C [EUR/m²]
Nervios in situ	Valores posibles	0.50 - 0.80	< 10.00	0.20 - 0.40	2.50 - 4.00	50 - 90
UNIDIRECCIONAL	Valores más habituales (recomendables)	0.60 - 0.70	6.00 - 9.00	0.25 - 0.35	3.00 - 3.50	60 - 70
	Es el equivalente a las viguetas, pero con hormigón in situ. Es el equivalente al forjado reticular, pero unidireccional. Permite mayor adaptación a geometrías complejas al no ser prefabricado. Permite vuelos entre 8 y 10 veces el canto. Funciona de forma adecuada con vanos continuos. Se puede emplear con vigas planas o de canto, pero casi siempre de hormigón armado. Si son de acero, descuelgan del forjado. Siempre con apuntalamiento.			$H = L / [23 - 27]$	$P = H * [10 - 12]$	$C = 25 \text{ (encofrado)} + H * [120 - 160]$



Muros de hormigón visto

Los muros de hormigón de 30cm que envuelven y compartimentan el edificio son el elemento estructural mas reconocible del proyecto, y por eso quedan vistos. Se escoge por ello un entablado de listones de madera para que le imprima la superficie de esta, y le de un aspecto como mas rústico, con un ritmo acorde con la métrica de nuestra cuadrícula. Se opta por poner los listones cada 15 cm, marcando las juntas verticales.

Pilares de hormigón armado con revestimiento

Al contrario de los muros los pilares de hormigón quedan ocultos por un revestimiento metálico de chapa galvanizada, de madera o mortero dependiendo de la zona donde se ubique que que éstos sólo queremos que se perciban como un elemento esbelto y liviano en contraposición de la rotundidad de los muros. Los pilares son más casi un elemento de tabiquería acotando los espacios que un elemento sustentante.

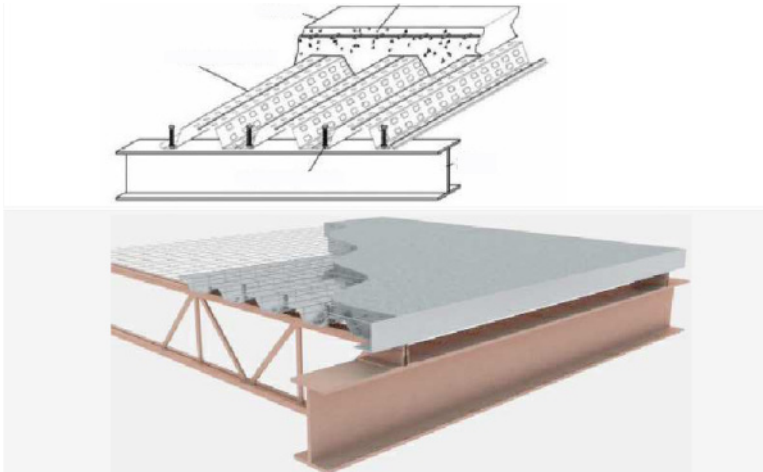
ZONAS SINGULARES

Cercha metálica

Cerchas metálicas de perfiles HEB para cubrir la luz de 16 m de la sala multiuso y el espacio expositor que sostienen cubiertas ligeras. las juntas de dilatación en las cubiertas metálicas se localizaran en la posición de la cercha, ejecutando el anclaje de las correas de manera que tengan libertad de deslizamiento para permitir la dilatación.

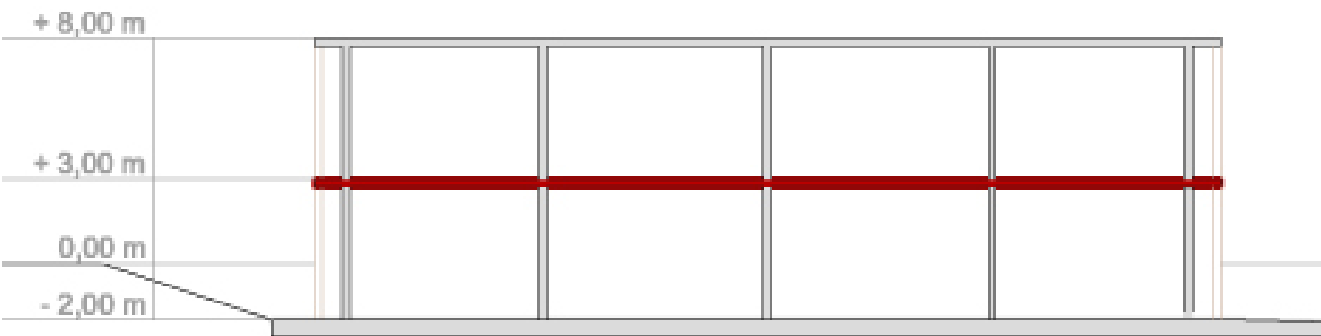
Forjado de chapa colaborante

Es el forjado más ligero y tiene poco canto, aunque cubre luces pequeñas. Presenta un montaje muy rápido y eficaz. Puede no necesitar apuntalamiento sobre todo en luces cortas como las de nuestro caso de 2.75 m.



4.2.3 CARGAS

FORJADO PLANTA PRIMERA



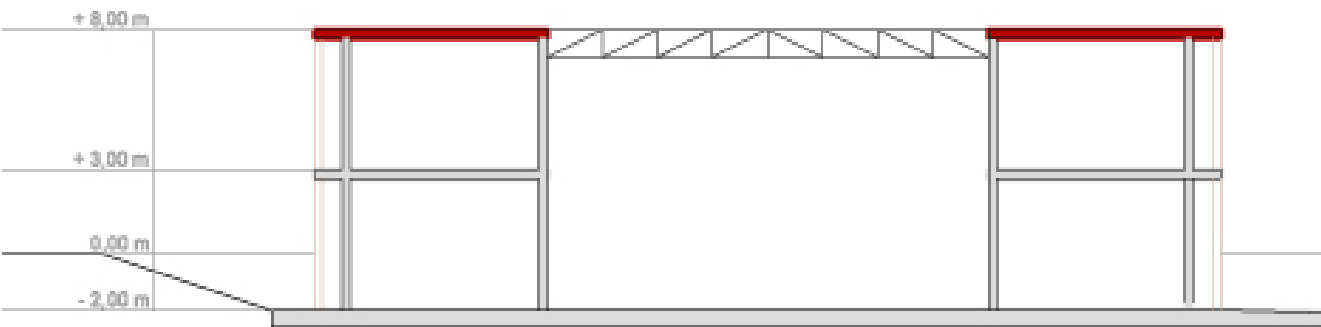
CARGAS PERMANENTES

Peso propio de forjado de nervios in situ	3,50 KN/m2
Solado cerámico	1 KN/m2
Falso techo e instalaciones colgadas	0,50 KN/m2
Total 5,00 KN/m2	

SOBRECARGAS DE USO

Zonas de acceso publico C3	5,00 KN/m2
Total 5,00 KN/m2	

FORJADO PLANTA PRIMERA



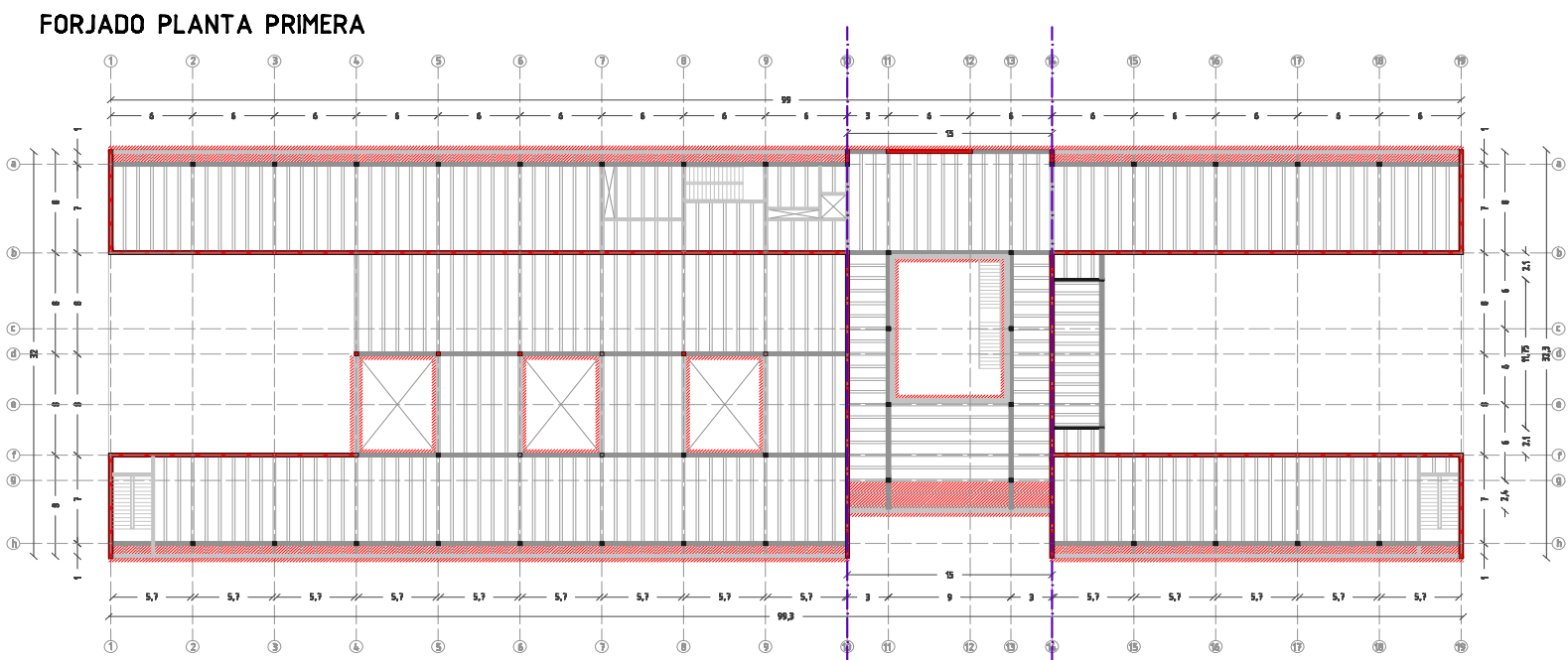
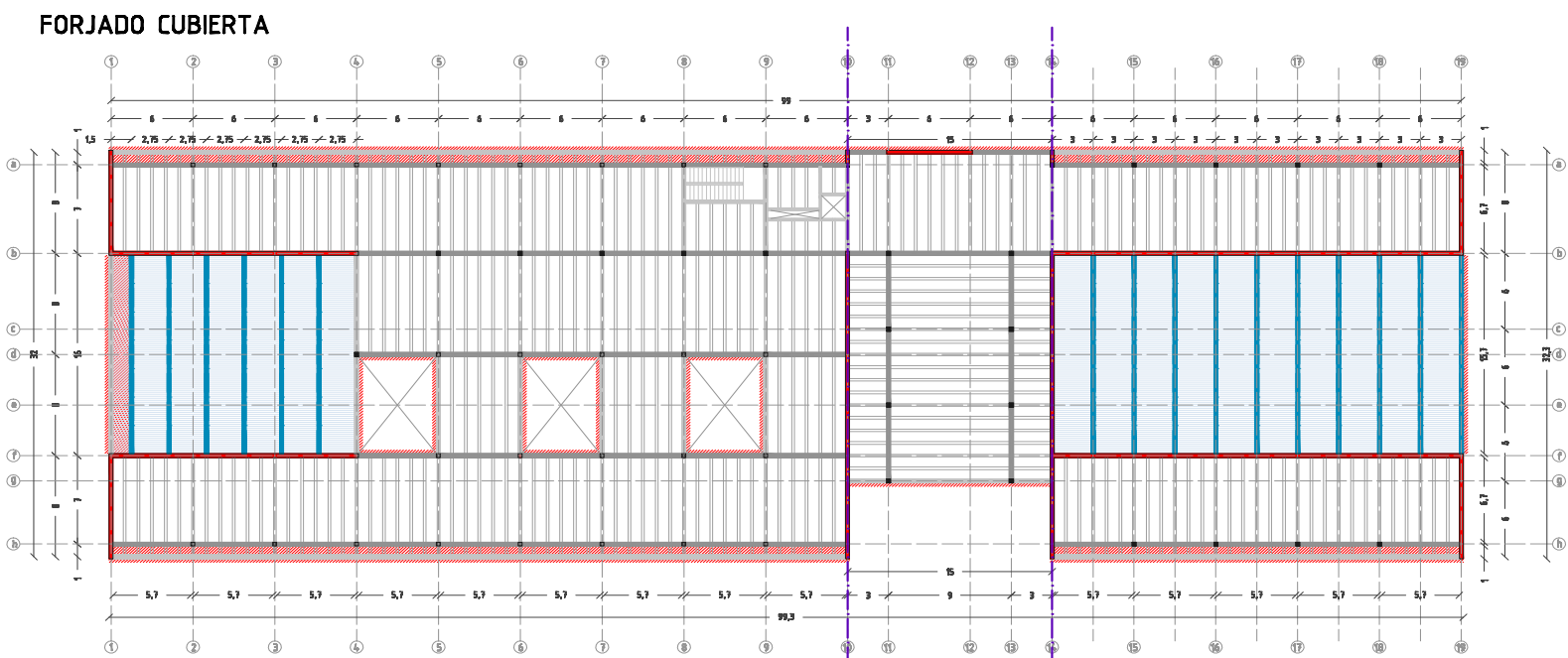
CARGAS PERMANENTES

Peso propio de forjado de nervios in situ	3,50 KN/m2
Cubierta de gravas	2,50 KN/m2
Instalaciones en cubierta	2,00 KN/m2
Total 5,00 KN/m2	

SOBRECARGA DE USO

Cubiertas de acceso sólo para conservación	1,00 KN/m2
Nieve	0,20 KN/m2
Total 1,20 KN/m2	

4.2.4 ESQUEMAS Y CUADRO DE CARGAS



CUADRO DE CARACTERÍSTICAS SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE						
HORMIGÓN						
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipo de hormigón	Nivel de control	Coefficiente parcial de seguridad ( $\gamma_c$ )	Resistencia de cálculo (N/mm²)	Recubrimiento mínimo (mm)	
Hormigón de limpieza	HA-10/P/40/IIIa	ESTADÍSTICO (1)	situación persistente	16,6	50	
Cimentación	HA-30/P/20/IIIa	ESTADÍSTICO (1)	1,50		50	
Muros / Pilares	HA-30/P/20/IIIa	ESTADÍSTICO	situación accidental		30	
Vigas y forjados	HA-30/P/20/IIIa	ESTADÍSTICO	1,30		30	
ACERO						
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipo de acero	Nivel de control	Coefficiente parcial de seguridad ( $\gamma_s$ )	Resistencia de cálculo (N/mm²)	El acero a utilizar en las armaduras debe estar garantizado por la marca AENOR	
Malla electrosoldada	B 500 T	NORMAL	situación persistente	434,79		
Cimentación	B 500 S	NORMAL	1,15			
Muros / Pilares	B 500 S	NORMAL	situación accidental			
Vigas y forjados	B 500 S	NORMAL	1,00			
EJECUCIÓN						
TIPO DE ACCIÓN		Nivel de control	Coefficiente parcial de seguridad (para E.L.U.)			
			Situación permanente o transitoria			
Variable		NORMAL	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente			NORMAL	$\gamma_a = 0,00$	$\gamma_a = 1,50$	$\gamma_a = 0,00$
			$\gamma_a = 1,35$		$\gamma_a = 1,35$	
CARGAS PERMANENTES		SOBRECARGAS				
	Peso propio (kg/m²)	TIPO				(kN/m²)
Forjado de nervios in situ	3,50	Uso	Sala de exposición (C3)			5
Forjado chapa colaborante	2,50		Sala Multiusos (C5)			5
Solado	1,00		Biblioteca (C3)			5
Falsos techos e instalaciones	0,50		Cubiertas (G1)			1
Instalaciones en cubierta	1,50	Viento	Salvo e el caso de cubiertas ligeras la sobrecarga vertical debida al viento es prácticamente despreciable en las estructuras de edificación.			
Cubierta plana invertida	2,50	Nieve	0,2			

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE		
	Cargas permanentes	Cargas variables
Forjado primero	5,00 KN/m2 (forjado nervios in situ+solado+falso techo + instalaciones)	5,00 KN/m2 (sobrecarga de uso)
Forjado cubierta	8,00 KN/m2 (forjado nervios in situ + falso techo + instalaciones + cubierta gravas)	1,20 KN/m2 (mantenimiento + nieve)
	7,00 KN/m2 (forjado chapa colaborante + falso techo + instalaciones + cubierta gravas)	1,20 KN/m2 (mantenimiento + nieve)

Muros de hormigón visto con entablado de listones de madera de 15cm
Forjado de hormigón visto
Pilares de hormigón armado revestidos
Vigas de canto de hormigón armado h=30cm
Brochales
Forjado de nervios in situ e=30cm
Junta de dilatación con desdoblamiento de pilares
Cercha metálica
Forjado de chapa colaborante
Refuerzo de armadura en cimentación

	a2 - a9 a15 - a18 h2 - h9 h15 - h18	b5 - b9	d5 - d9 f5 - f9	b11, b13 c11, c13 e11, e13	g11, g13
PLANTA CUBIERTA	HA 35x35cm	HA 40x40cm	HA 30x30cm	HA 40x40cm	HA 35x35cm
PLANTA PRIMERA	HA 35x35cm	—	HA 30x30cm	HA 40x40cm	HA 35x35cm
CIMENTACIÓN	HA 35x35cm	—	HA 30x30cm	HA 40x40cm	HA 35x35cm



### 4.2.5 PREDIMENSIONADO

Atendiendo a los criterios expuestos en la bibliografía consultada, así como las especificaciones de la EHE y a los cantos de las losas y las cerchas expuestos en el libro “Número gordos en el proyecto de estructuras” se considerará un canto de forjado (H) de:

-VIGA DE CANTO  $L/20 \geq H \geq L/24$ , considerando L como la luz entre pilares, en nuestro caso L = 6 m en el forjado tipo, con lo que la viga tendrá un canto entre 30 – 25 cm

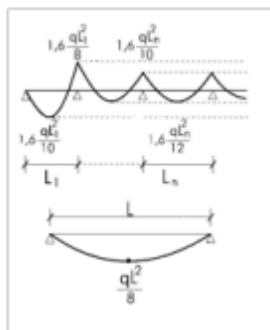
-CERCHA  $L/15 \geq H \geq L/20$ , considerando L como 16 m contaremos con una cercha de canto entre 107 – 80 cm.

#### \_FORJADO PLANTA TIPO:

##### Armadura longitudinal de una viga continua tipo

Canto: Son vigas continuas de 11,75m en el peor de los casos  $h = ( L / 20 \text{ a } L / 24 ) = ( 11,75 / 20 \text{ a } 11,75 / 24 ) = 0,58 - 0,48\text{m}$ . Tomaremos h = 50cm.

Calculamos la viga continua en n vanos (momento de cálculo):



$$\frac{1,6 \cdot q \cdot L^2}{10} = \frac{1,6 \cdot 57 \cdot 62}{10} = 328,32 \text{ KN/m}$$

$$\frac{1,6 \cdot q \cdot L^2}{8} = \frac{1,6 \cdot 57 \cdot 62}{8} = 410,40 \text{ KN/m}$$

$$\frac{1,6 \cdot q \cdot L^2}{12} = \frac{1,6 \cdot 57 \cdot 62}{12} = 273,60 \text{ KN/m}$$

\*q = Q forjado x semidistancia entre vigas

Q más desfavorable

$$\text{Cubierta} = 1,35 ( 8 ) + 1,5 ( 1,2 ) = 12,6 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Planta primera} = 1,35 ( 5 ) + 1,5 ( 5 ) = \mathbf{14,25 \text{ KN/m}^2}$$

Armadura: se obtiene de la fórmula

$$As = \frac{Md}{0,8 \cdot h \cdot fyd}$$

$$As+ 1 - n = [328,32 / 0,80 \cdot 0,3 \cdot (500 / 1,15)] \times 10 = 31,46\text{cm}^2$$

$$As+ n = [273,60 / 0,80 \cdot 0,3 \cdot (500 / 1,15)] \times 10 = 26,22\text{cm}^2$$

$$As- 2 = [410,40 / 0,80 \cdot 0,3 \cdot (500 / 1,15)] \times 10 = 39,33\text{cm}^2$$

$$As- n = [328,32 / 0,80 \cdot 0,3 \cdot (500 / 1,15)] \times 10 = 31,46\text{cm}^2$$

##### Estribos de una viga tipo: Cálculo de la armadura transversal

Cortante de cálculo:

$$Vd = 1,6 (q \times L / 2) = 273,6\text{KN}$$

Comprobación de bielas: Existen casos en los q Vd es grande y la disposición de estribos no s sufi-  
ciente. Esto ocurre cuando:

$$Vd > fcd \cdot 1/3 \cdot b \cdot h (x1000)$$

$$273,6 < 16,6 \cdot 1/3 \cdot 0,3 \cdot 0,3 (x1000) = 498\text{KN CUMPLE}$$

Se compara Vd con el cortante que resiste en sección.

$$Vcu = 0,5 \cdot \sqrt{fcd} \cdot b \cdot d \cdot (x1000) = 0,5 \cdot \sqrt{16,6} \cdot 0,3 \cdot (0,3 - 0,05) \cdot 10 = 152\text{KN}$$

Como Vd > Vcu se dispone de una armadura Aα.

$$A\alpha = [(Vd - Vcu) / 0,9 \cdot d \cdot fy\alpha] \cdot 10 = [(273,6 - 152) / 0,9 \cdot 0,3 \cdot 0,25 \cdot 400] \cdot 10 = 45,04\text{cm}^2/\text{m}$$

En la armadura mínima disponemos de 10 ramas de redondos 8.

##### Armadura de compresión:

$$M \text{ lim} = 0,3 \cdot fcd \cdot b \cdot d^2 = 0,3 \cdot 16,6 \cdot 0,3 \cdot 0,252 = 93,4\text{KN}$$

Como Mlim > Md no hay que disponer de armadura de compresión.

##### Comprobación de flecha:

Según el artículo 50 de la EHE no será necesaria la comprobación de flecha cuando la relación luz/  
canto útil L/d del elemento estudiado. En nuestro caso una viga fuertemente armada, sea inferior al  
valor indicado en la tabla 50.2.2.1. En nuestro caso  $6/0,25 = 24 > 20$

SI QUE HABRÍA QUE COMPROBARLO A FLECHA.

**\_SALAS DE USOS MÚLTIPLES Y EXPOSICIONES:**

Por el programa que contiene estos dos espacios necesitamos espacios libres y de grandes luces, por ello empleamos celosías metálicas. Las celosías se encuentran separadas 3m entre ellas así podemos apoyar una chapa colaborante en cubierta +8,00m y hormigonar con mayor seguridad, ya que la altura de trabajo es considerable y así se podría evitar apuntalar.

$$3m/H = 3/23 = 0,13 \quad \text{Según casa comercial chapa de 7+7 (chapa grecada de 1mm de grosor)} \\ 3/27 = 0,11$$

$$q \text{ (carga por metro lineal)} = Q \times \text{distancia entre vigas} = 12,6 \times 3 = 37,8 \text{KN/m}$$

$$\text{Canto } L/15 < H < L/20 = 1,07 < H < 0,8 \text{ Tomaré } H = 1\text{m}$$

**Cordón superior e inferior:**

El momento máximo de una cercha isostática está en la sección central y vale:

$$M = qL^2/8 = 37,8 \cdot 16^2/8 = 1209,6 \text{KNm}$$

Ha de ser resistido mediante tracción del cordón inferior y compresión del superior.

$$\text{Tracción en el cordón inferior } T_{sd} = 1,5 (q \cdot l^2 / 8H) = 1812,4 \text{KN}$$

$$\text{Compresión en el cordón superior } C_{sd} = 1,5 (q \cdot l^2 / 8H) = 1812,4 \text{KN}$$

Montante extremo

$$Q_d = 1,5 (q \cdot L / 2) = 453,6 \text{ KN}$$

**Dimensionado del perfil:**

\_Elementos atracción

$$A \geq T_{sd} / (f_y / \gamma_{mo}) \times 1000 = (1812,4/260) \times 1000 = 6970 \text{ mm}^2 \quad \text{HEB 180}$$

\_Elementos a compresión

$$A \geq T_{sd} / (f_y / \gamma_{mo}) \times \omega \cdot 1000 = (1812,4/260) \cdot 1,2 \cdot 1000 = 8364 \text{ mm}^2 \quad \text{HEB} = 160$$

$$\lambda = \beta L / i = 1 \cdot 16 / 0,25 = 64 \quad \omega = 1,2$$

CERCHA "TIPO" EN BLOQUE MULTIFUNCIONAL (L=16 m)

