

1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA Y JUSTIFICACIÓN

El sistema estructural trata de dar respuesta a las necesidades del proyecto, requisitos estéticos y constructivos que lo condicionan. La estructura ha sido ideada con el propósito de ser construida con elementos seriados y de fácil construcción, para ello se han modulado todas las partes que componen el proyecto. Dicha modulación, de 8 x 8 metros, ayuda a conseguir la imagen deseada.

ESTRUCTURA

Los forjados tanto de la torre como del zócalo son de tipo reticular con casetones recuperables. Esta tipología es idónea para luces comprendidas entre 6 y 12 metros. Este sistema se apoya sobre una retícula de soportes circulares, también de hormigón armado, lo que le da unidad a todo el proyecto.

FORJADO RETICULAR

Algunas de las ventajas del forjado reticular son:

- Los esfuerzos de flexión y corte son relativamente bajos y repartidos en grandes áreas.
- Permite colocar muros divisorios libremente.
- Resiste fuertes cargas concentradas.
- Son más livianas y más rígidas que las losas macizas.
- Permite la modulación de luces cada vez mayores, lo que significa una reducción considerable del número de pilares.
- La construcción de este tipo de forjado proporciona un aislamiento acústico y térmico.
- Permite la presencia de voladizos.
- Es capaz de soportar muy adecuadamente las acciones repartidas y puntuales, aunque en menor medida las horizontales.

CAPA DE COMPRESIÓN

Según el artículo 56.2 de la EHE la capa de compresión no puede ser inferior a 5cm siendo obligatoria la disposición de un mallazo de reparto.

ZUNCHOS DE BORDE:

Elementos de vital importancia en la redistribución de esfuerzos en la acción de atar y enlazar la placa perimetralmente a los pilares y en el soporte de forma directa de los cerramientos. Se dispondrán de zunchos perimetrales y en los huecos en el forjado, con un ancho de 30cm.

SOPORTES

Debido a la utilización de un forjado reticular de hormigón armado, a fin de garantizar el monolitismo en todo el sistema estructural, se considera conveniente el empleo de pilares de hormigón armado, descartando los sistemas mixtos o soportes metálicos debido a que poseen un coste 3 veces mayor que los pilares de hormigón, además presentan una menor resistencia al fuego y poseen una mayor problemática frente al pandeo.

FORJADO AUDITORIO

Este punto es una parte singular del proyecto y por ello se ha proyectado con una luz mayor de 12,80 m.

Puesto que es una luz que aún podría cubrir un forjado bidireccional, se mantiene el mismo tipo de forjado, pero reforzándolo mediante unas vigas de cuelgue que absorban también la diferencia de luz entre ambas direcciones.

JUNTAS DE DILATACIÓN

Elementos realizados mediante pasadores modelo Goujón CRET evitando así la duplicidad de pilares y cimentación, donde no es necesaria su previsión.

CIMENTACIÓN

Nos encontramos en un solar del barrio del Cabanyal, muy próximo al mar con desconocimiento de las propiedades del terreno, por lo que consideramos un terreno con el nivel freático en torno a la cota -5.00 metros. Al no disponer de datos sobre el terreno que configura el solar suponemos que está formado por arcillas.

Encuadramos nuestro terreno dentro del apartado de “terrenos cohesivos” (CTE DB-Cimientos), terrenos formados fundamentalmente por arcillas que pueden contener áridos en cantidad moderada.

La planta sótano abarcará toda la proyección del edificio, por lo que se optará por la construcción de un gran vaso estanco formado por una losa de cimentación de canto 80cm y un muro de sótano perimetral. Esta solución reduce los asentamientos diferenciales del terreno al aumentar la superficie de contacto, y en nuestro caso resultará más económico que el uso de zapatas, además de que facilita la ejecución. La solera estará convenientemente armada frente al punzonamiento.

Independientemente de estas operaciones, tendremos las excavaciones precisas para realizar el cajeadado de la cimentación. Estas operaciones consistirán en excavar hasta una profundidad de 90 cm por debajo de la cota prefijada para colocar una capa de 10 cm de hormigón de limpieza y posteriormente hormigonar sobre ésta la losa.

Un estudio geotécnico deberá determinar la idoneidad o no del sistema de cimentación elegido así como la necesidad o no de utilizar cementos resistentes a los sulfatos.

2. NORMATIVA APLICABLE

Código Técnico de la Edificación

DB-SE Seguridad estructural

DB-SE-AE Acciones en la Edificación

DB-SE-A Acero

DB-SE-C Cimentaciones

DB-SI Seguridad en caso de Incendio

Norma de Construcción Sismorresistente NCSE 02 RD 997/2002, de 27 de Septiembre.

Instrucción de Hormigón Estructural EHE RD 1247/2008, de 18 de Julio.

3. ACCIONES DE LA EDIFICACIÓN

El cálculo de las acciones en la edificación se realiza según el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Seguridad estructural – Acciones en la edificación y la norma sismorresistente NCSE 02.

Se contemplan las siguientes acciones:

- Acciones gravitatorias
- Acción del viento
- Acciones térmicas y reológicas
- Acciones sísmicas

ACCIONES GRAVITATORIAS (Permanentes y variables)

FORJADO DE PLANTA SÓTANO:

Peso propio del forjado	5,00 kN/m²
Tabiquería, de 90mm de espesor	1,00 kN/m²
Suelo de mármol, espesor 1,5 cm	1,00 kN/m²
Peso propio instalaciones	0,25 kN/m²
CARGA PERMANENTE	7,25kN/m²
Sobrecarga de uso, categoría de uso C3 o C5	5,00 kN/m²
SOBRECARGA	5, 00 kN/m²
TOTAL	12,05 kN/m²

FORJADO PLANTA BAJA:

Peso propio del forjado	5,00 kN/m²
Tabiquería, de 90mm de espesor	1,00 kN/m²
Suelo de mármol, espesor 1,5 cm	1,00 kN/m²
Peso propio falso techo	1,00 kN/m²
Peso propio instalaciones	0,25 kN/m²
CARGA PERMANENTE	8,25kN/m²
Sobrecarga de uso, categoría de uso C3 o C4	5,00 kN/m²
SOBRECARGA	5, 00 kN/m²
TOTAL	13,25 kN/m²

FORJADO PLANTA PRIMERA – CUBIERTA AJARDINADA:

Peso propio del forjado	5,00 kN/m²
Cubierta plana ajardinada	5,50 kN/m²
Peso propio falso techo	1,00 kN/m²
Peso propio instalaciones	0,25 kN/m²
CARGA PERMANENTE	11,75 kN/m²
Sobrecarga de uso C1 del espacio desde el que se accede	3,00 kN/m²
Sobrecarga de nieve	1,00 kN/m²
SOBRECARGA	4, 00 kN/m²
TOTAL	15,75 kN/m²

FORJADO TIPO OFICINAS:

Peso propio del forjado	5,00 kN/m²
Tabiquería, de 90mm de espesor	1,00 kN/m²
Suelo técnico con aplacado en madera	2,00KN/m²
Peso propio falso techo	1,00 kN/m²
Peso propio instalaciones	0,25 kN/m²
CARGA PERMANENTE	9,25kN/m²
Sobrecarga de uso B	2,00 kN/m²
SOBRECARGA	2, 00 kN/m²
TOTAL	11,25 kN/m²

FORJADO CUBIERTA TORRE:

Peso propio del forjado	5,00 kN/m²
Cubierta plana o invertida con acabado grava	2,50KN/m²

Peso propio falso techo	1,00 kN/m²
Peso propio instalaciones	0,25 kN/m²
CARGA PERMANENTE	8,75kN/m²
Sobrecarga de uso G1: Cubiertas sólo accesible para mantenimiento con inclinación inferior a 20º	1,00 kN/m²
Sobrecarga de nieve	1,00 kN/m²
SOBRECARGA	2, 00 kN/m²
TOTAL	10,75 kN/m²

ACCIÓN DEL VIENTO

La acción de viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, **qe** puede expresarse como:

qe = qb · ce · cp

Para determinar el valor de la presión dinámica del viento en Valencia, se obtiene del anejo D del Documento Básico SE-AE Acciones de la edificación:

De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse

qb = 0,5 kN/m2.

El coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción:

ce = F · (F + 7k)

F = k ln (max (z,Z) / L)

Con un grado de aspereza IV para zona urbana en general:

k = 0,22 L= 0,3 m Z = 5 m

F =1,14 ce =3,05

El coeficiente eólico o de presión, depende de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión.

Consideramos la esbeltez del edificio para las superficies de mayor incidencia en cada dirección.

Para una esbeltez de 51/30 = 1,7 utilizaremos **cp** = 0,8 y **cs** = -0,65

Paramentos a barlovento **qp** = 0,5 x 3,05 x 0,8 = 1,22

Paramentos a sotavento **qe** = 0,5 x 3,05 x 0,65 = 0,99

El valor básico de la presión dinámica del viento puede obtenerse con la expresión:

qb = 0,5 · δ · vb

Siendo:

δ la densidad del aire = 1,25 kg/m³

vb el valor básico de la velocidad del viento, que para Valencia es de 0,45 kN/m2.

La altura de coronación del edificio es de 51 m. Pero debido a su geometría, su esbeltez no es muy elevada, por lo que la presión del viento no es determinante en el cálculo estructural y no se tendrá en cuenta. La esbeltez de este edificio es de 1,9, y se debe tener en cuenta las acciones del viento a partir de una esbeltez superior a 6.

ACCIONES TÉRMICAS Y REOLÓGICAS

En edificios habituales con elementos estructurales de hormigón o acero, pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan juntas de dilatación de forma que no existan elementos continuos de más de 40 m de longitud.

Según la NTE-ECR/88 se puede prescindir de las cargas por retracción cuando se establezcan juntas de hormigonado a distancias inferiores a 10m y se dejen transcurrir 48 horas entre dos hormigonados contiguos.

ACCIONES SÍSMICAS

De acuerdo con la Norma NBE-AE-88 y la NCSE-94 el presente proyecto se ubica en una zona sismorresistente de aceleración igual a 0,06g, por tanto NO es necesario su consideración en el cálculo.

4. MODELIZACIÓN Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

El sistema estructural se compone por forjado bidireccional reticular de casetones y pilares metálicos, salvo en el sótano, donde se emplean de hormigón armado.

ELEMENTOS HORIZONTALES

FORJADO BIDIRECCIONAL

El forjado bidireccional reticular de casetones recuperables es HA-30/B/16/IIIa con 35 + 5 cm de canto construido con casetones de 65x65 cm y nervios de base 15 cm.

Canto: Para una luz de 8 m,
H>L/26
L/26=0,31 m

Se ha elegido un canto de 35cm +5 cm de capa de compresión = 40 cm. Por tanto, según el capítulo XI de la EHE 08 no será necesaria la comprobación a flecha.

Bovedilla 65x65 cm
Nervio 15 cm
Luz de nervio 8 m
Ámbito de carga 0,80 m

COEFICIENTES DE PONDERACIÓN

En el cálculo de elementos estructurales de hormigón armado se han empleado los siguientes coeficientes de seguridad:

- Acciones permanentes: G = 1,35
- Acciones variables: Q = 1,50
- Hormigón: C = 1,50
- Acero: S = 1,15

Se procede al cálculo simplificado basado en el libro “Números gordos en el proyecto de estructuras” de Juan Carlos Arroyo Portero y otros como la EHE-08, mediante el cual se obtiene un cálculo simplificado del predimensionado. Esto es útil en fases de diseño y se admite una pequeña desviación del resultado, siempre del lado de la seguridad.

1. FORJADO PLANTA PRIMERA : (uso cubierta ajardinada)

G	11,75	canto forjado h	0,40
Q	4,00	fyd	434,78
luz	8,00		
ambito	8,00		
Intereje	0,80		
qk	19,64		
M0	1257,12		
0,5 M0	628,56		
0,8 M0	1005,70		

Banda de pilares

M-	282,85
M+	176,78
Banda central	
M-	150,85
M+	94,28

Banda de pilares * intereje

M-	226,28	Armaduras	16,26	4 ø25 en extremos superiores
M+	141,43		10,16	4 ø 20 en parte central inferior
Banda central				
M-	120,68		8,67	3 ø 20 en extremos superiores
M+	75,43		5,42	2 ø 20 en parte central inferior

2. FORJADO PLANTA PRIMERA SOBRE GIMNASIO: (uso cubierta ajardinada)

G	11,75	canto forjado h	0,40
Q	4,00	fyd	434,78
luz	12,80		
ambito	8,00		
Intereje	0,80		
qk	19,64		
M0	3218,23		
0,5 M0	1609,11		
0,8 M0	2574,58		

Banda de pilares	
M-	452,56
M+	282,85
Banda central	
M-	241,37
M+	150,85

Banda de pilares * intereje		Armaduras	
M-	362,05	26,02	6ø25 en extremos superiores
M+	226,28	16,26	6ø20 en parte central inferior
Banda central			
M-	193,09	13,88	5ø20 en extremos superiores
M+	120,68	8,67	3ø20 en parte central inferior

3. FORJADO TIPO OFICINAS

G	9,25	canto forjado h	0,40
Q	2,00	fyd	434,78
luz	8,00		
ambito	8,00		
Intereje	0,80		
qk	14,38		
M0	920,16		
0,5 M0	460,08		
0,8 M0	736,13		

Banda de pilares	
M-	207,04
M+	129,40
Banda central	
M-	110,42
M+	69,01

Banda de pilares * intereje		Armaduras	
M-	165,63	11,90	4 ø20 en extremos superiores
M+	103,52	7,44	3 ø20 en parte central inferior
Banda central			
M-	88,34	6,35	3 ø20 en extremos superiores
M+	55,21	3,97	2 ø20 en parte central inferior

4. VIGA DE CUELQUE PLANTA PRIMERA

Tenemos en cuenta la relación canto/luz especificada en el artículo XI de la EHE 08 de forma que dimensionemos las vigas de cuelgue que cubren tanto el auditorio como el gimnasio sin necesidad de realizar la comprobación a flecha:

Para una viga simplemente apoyada, $d>L/20=12,80/20=0,64\text{ m}$.

Finalmente se elige una viga de 45x70 cm, que colgará 30cm por debajo del forjado bidireccional.

ELEMENTOS VERTICALES

HP.1 Esfuerzos en pilares									
Cálculo de esfuerzos en pilares de planta baja									
DATOS									
carga permanente	g	8,25	kN/m^2		L	3,4	m		
sobrecarga uso	q	2	kN/m^2						
nº pilares por encima	n	10			fcd	24	N/mm^2	HA30	
distancia pilares	l	8	m		fyd	435	N/mm^2		
área influencia	a	64	m^2						
ESFUERZOS CÁLCULO									
axil característico	N	7216	kN		axil característico una planta	Nk	656	kN	
	Md	167,28	kNm			1,5·Nk	984	kNm	
	Md	<	1,5 x Nk			>	Método simplificado		
HP.2 Pilares a compresión simple									
Dimensionado de pilares a compresión simple									
DATOS									
	Nd	9952,8	kN						
	H	3,4	m						
	Ø	0,5	m						
	Ac	0,20	m^2						
DESARROLLO									
capacidad resistente hormigón	Nc	5890,5	kN						
Armadura	As	93,39	cm^2						
Armadura mínima									
mínima mecánica	As	22,88	cm^2						
mínima geométrica	As	7,85	cm^2						
armadura máxima	As	108,33	cm^2						
ARMADO									
	As	93,39	cm^2						
20 x	Ø 25 =	98	cm^2						