



ANEJO Nº10

CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

ÍNDICE

1.1 OBJETO

1.2 JUSTIFICACIÓN SOLUCIÓN ADOPTADA

1.3 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

1.4 NORMATIVA

1.5 ACCIONES

1.6 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

FORJADO

LOSA DE CIMENTACIÓN

MURO PANTALLA

PILARES

ESCALERAS

1.1 OBJETO

El objeto de este anejo es la justificación, definición y cálculo de la estructura que componen la solución propuesta para el aparcamiento subterráneo.

1.2 JUSTIFICACIÓN SOLUCIÓN ADOPTADA

La geometría de la solución adoptada queda justificada en el anejo de soluciones de este proyecto.

1.3 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

El aparcamiento consta de un sótano con una cota máxima de excavación de 5 metros. El forjado de la cubierta se ha diseñado como forjado reticular de 0.4 metros de canto sobre el cual se prevé la disposición de tierras sobre él de 0.5m de espesor. Los huecos de las escaleras y las rampas se han resuelto mediante zunchos. Se han dispuesto pilares de secciones circulares de 0.4 metros de diámetro, dichos pilares descansan sobre una losa de cimentación de hormigón de 60 cm de canto.

El presente anejo tiene el objeto de la definición de los siguientes edificios:

- Construcción de un muro pantalla a lo largo del perímetro del aparcamiento.
- Construcción de una losa de cimentación
- Construcción de los pilares del sótano
- Construcción del forjado reticular.
- Colocación de un geotextil de impermeabilización.
- Colocación de una grava drenante.
- Relleno mediante arenas.

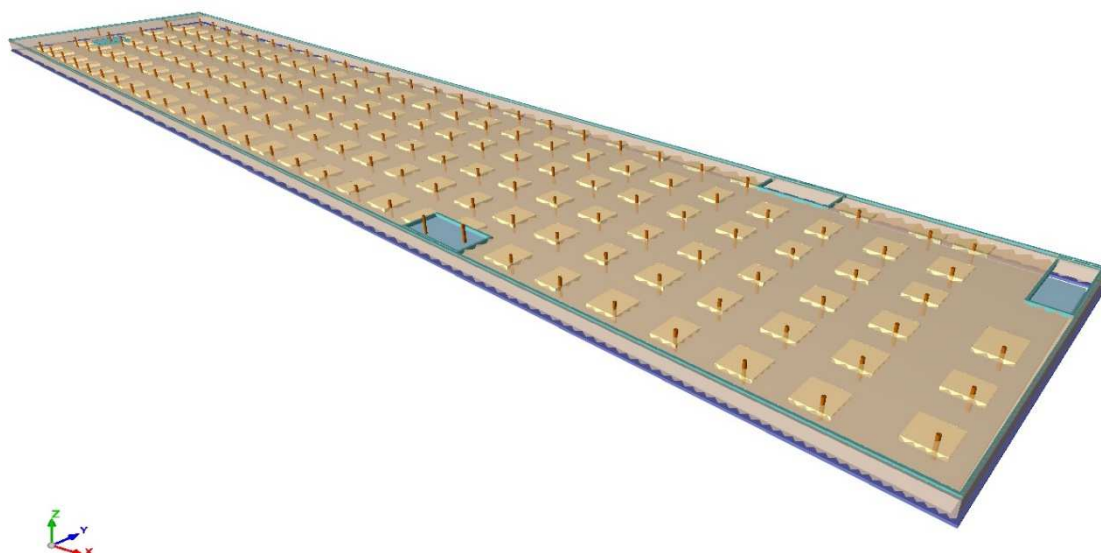


Imagen 1: Vista 3D del parking (CypeCad)

1.4 NORMATIVA

La normativa empleada en este anejo es:

EHE-08 Instrucción de hormigón estructural.
NCSE-02 Norma de construcción sismoresistente.
NBE-CPI Condiciones de protección contra incendios.
EAE 2011 Instrucción de acero estructural.

La estructura se compone de una serie de elementos que en su totalidad son de hormigón armado. Por tanto las características de los materiales, las hipótesis de carga y los coeficientes de seguridad vienen recogidos en la EHE-08.

MATERIALES

El material a emplear será el hormigón con una resistencia de 30MPa y un acero B500S.

COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Para los coeficientes parciales de seguridad adoptaremos los correspondientes a un nivel de control normal del lado de la seguridad.

ELU:

TIPO DE ACCIÓN	Situación persistente o transitoria		Situación accidental	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Pretensado	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,50$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$
Accidental	-	-	$\gamma_A = 1,00$	$\gamma_A = 1,00$

ELS:

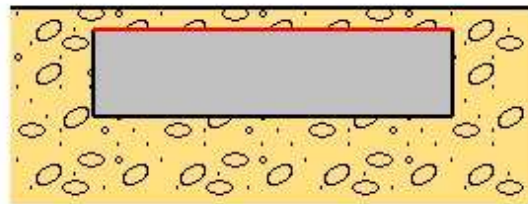
TIPO DE ACCIÓN		Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente		$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Pretensado	Armadura pretesa	$\gamma_P = 0,95$	$\gamma_P = 1,05$
	Armadura postesa	$\gamma_P = 0,90$	$\gamma_P = 1,10$
Permanente de valor no constante		$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable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

1.5 ACCIONES

Especificaremos las acciones para el forjado y la losa de cimentación.

Forjado de cubierta

- Peso propio $\gamma = 25 \text{ kn/m}^3$
- Peso de tierras sobre el parking
Para una altura de 0.5m de tierras consideraremos unas 0.2 T/m^2



Nombre	Altura	Cota
Forjado 1	2.40	-0.60
Cimentación		-3.00

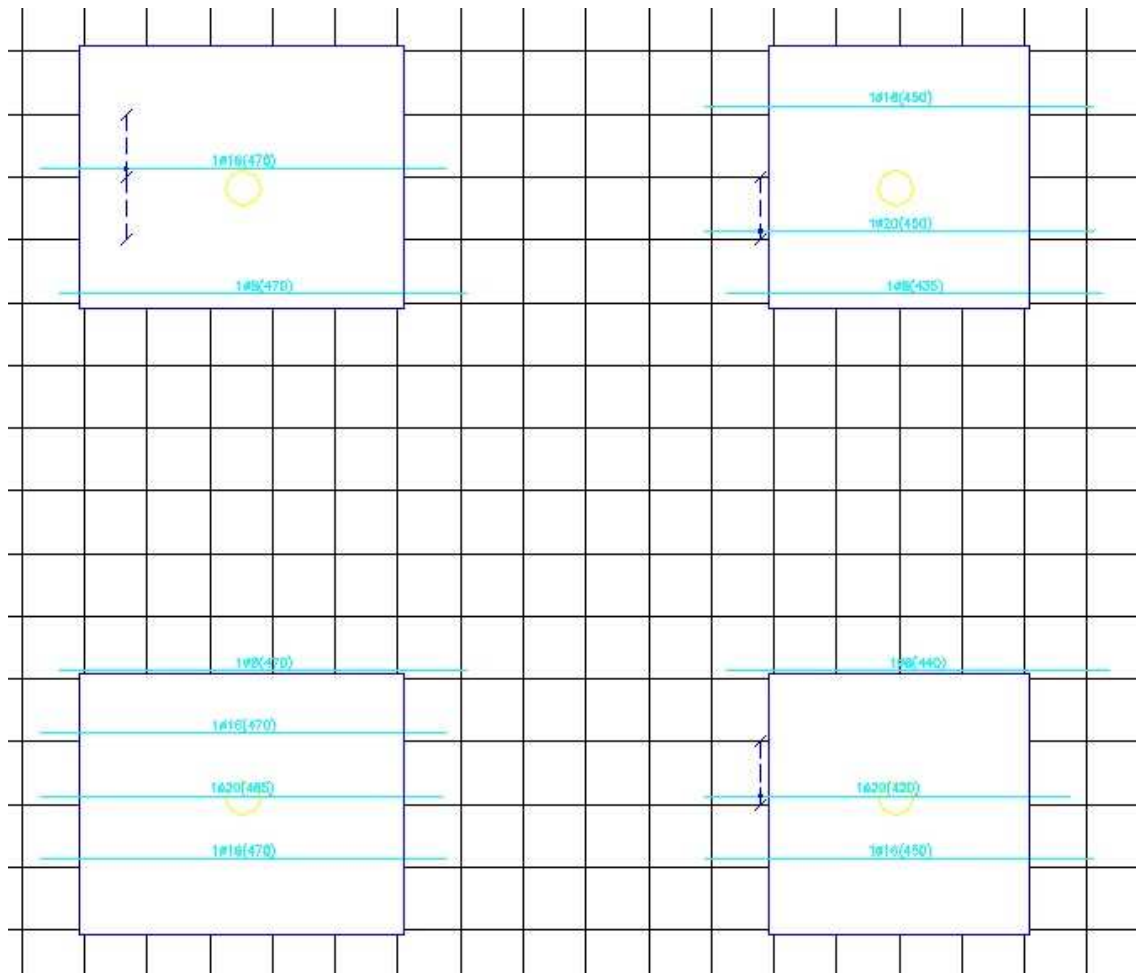
- Sobrecarga de nieve
Según el CTE DB-SE-AE en el apartado 3.5.2 se obtiene una sobrecarga de nieve de 0.2 Kn/m^2
- Se contemplará una carga de 4 kn/m^2 y otra de 4 kn/m (usaremos la que sea más desfavorable) obtenida en la tabla 3.1 del CTE con una categoría de uso C y subcategoría zona con asientos fijos.
- Viento
La acción del viento no afecta al estar la estructura enterrada.

1.6 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- FORJADO

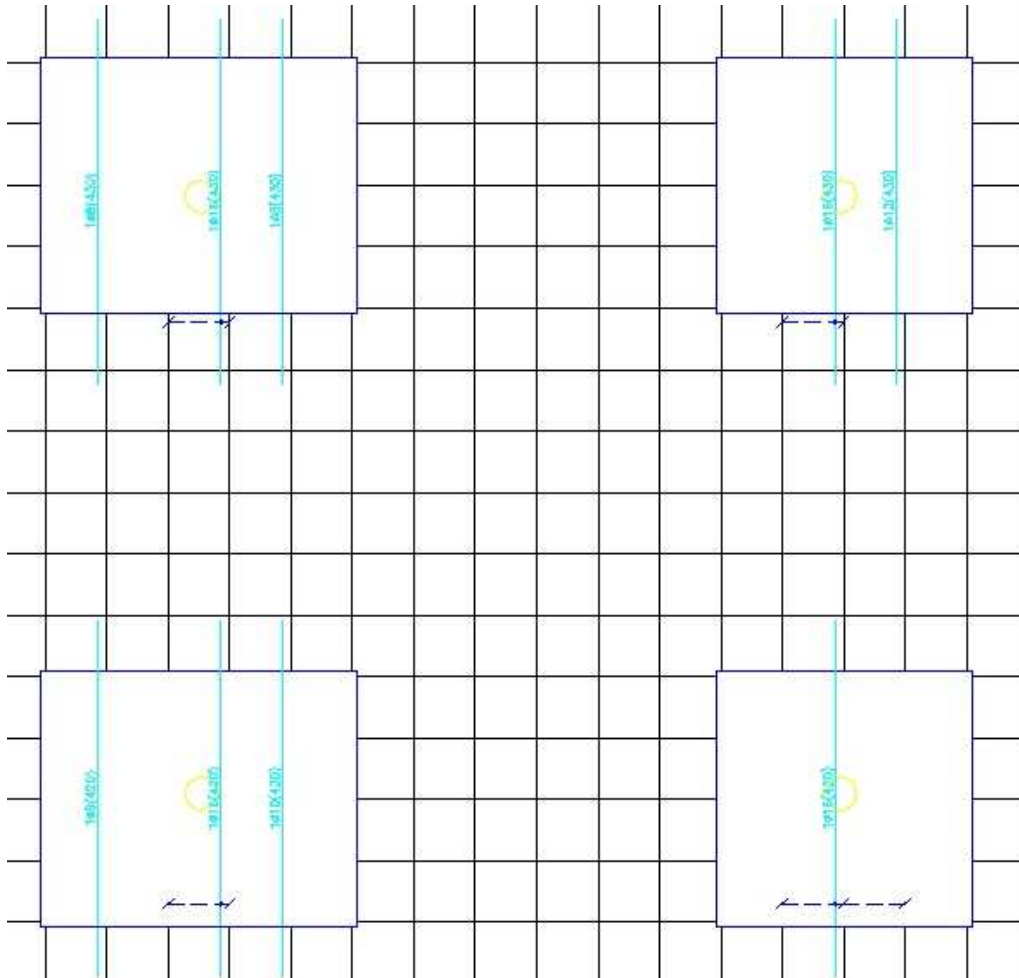
Armado longitudinal superior

El programa propone combinaciones de $1\phi 16 + 1\phi 16$ y $1\phi 8$, además el armado base en nervios de retícula será de $1\phi 16$ y el armado base en ábacos será de $2\phi 10$.



Armado transversal superior

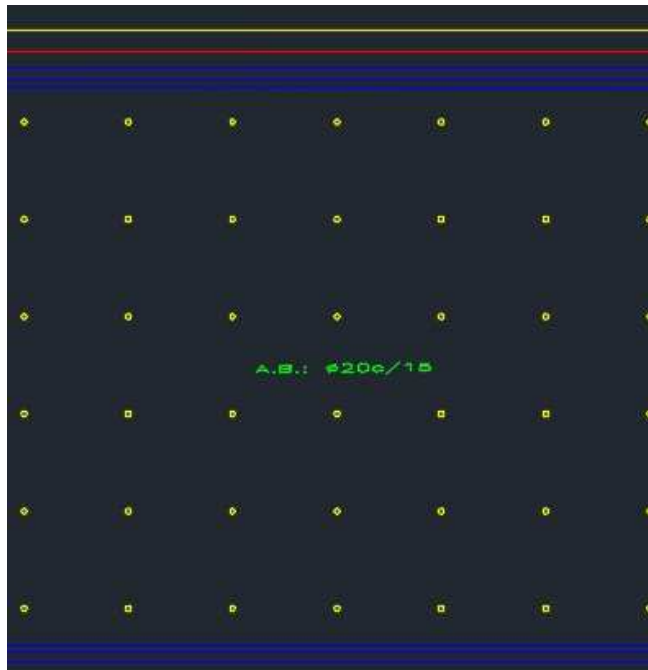
El programa propone armados de $1\phi 16 + 2\phi 8$, además el armado base en nervios de retícula será de $1\phi 16$ y el armado base en ábacos será de $2\phi 10$.



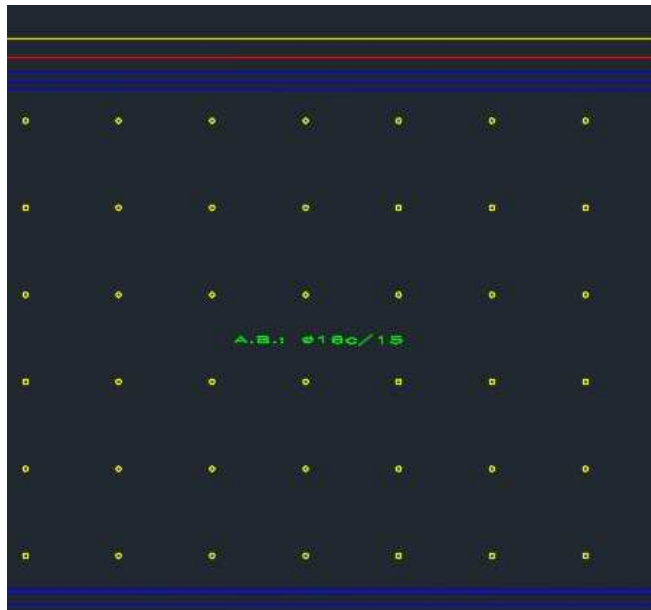
- **LOSA DE CIMENTACIÓN**

Para la losa de cimentación del parking el programa propone las siguientes cuantías de armado:

Armadura transversal superior

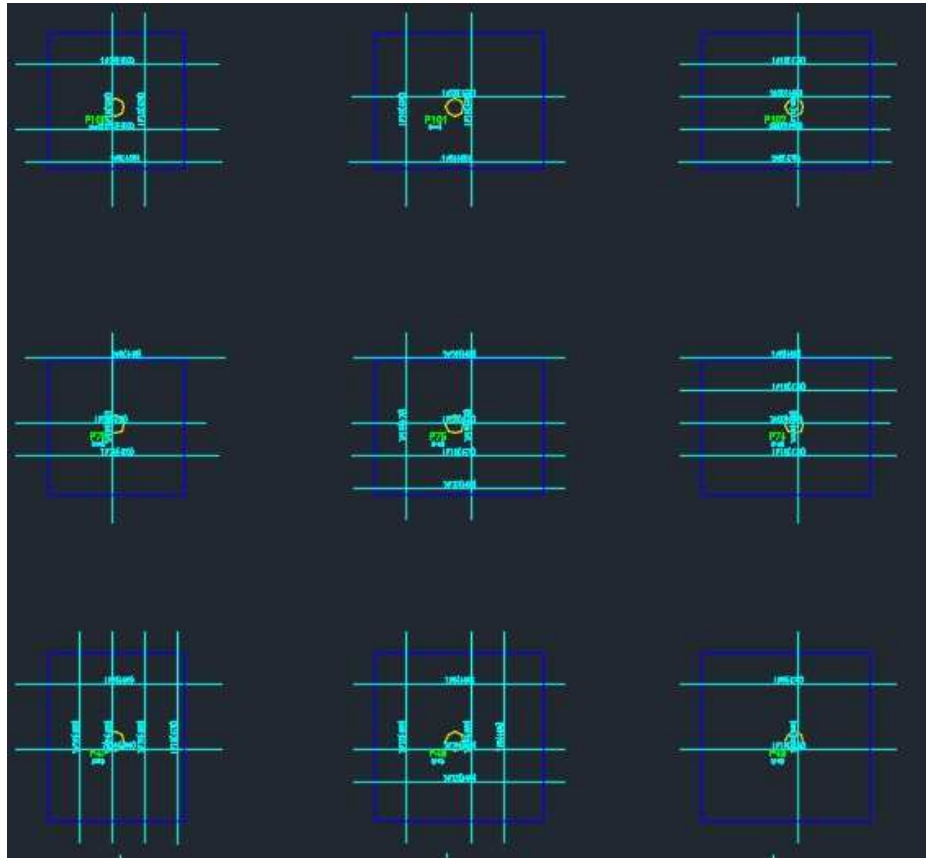


Armadura transversal inferior





Refuerzo de ábacos en la cimentación



La armadura base en nervios debe ser superior a 1^φ16 y la armadura base en ábacos será superior a 2^φ10. En este caso por ejemplo en el pilar 101 colocaremos 1^φ16+1^φ20+1^φ8 en dirección longitudinal y 1^φ12+1^φ16 en dirección transversal.

- MUROS PANTALLA

Para la ejecución del muro pantalla hemos empleado también el CypeCad al cual hemos introducido unos datos del terreno en este caso arenas densas. Debido a la poca profundidad la excavación se realiza en un único tramo colocando puntales provisionales para tener una mayor seguridad.

CALCULO DEL MURO**1.1 Datos generales**

Cota de la rasante: 3.00 m
Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m
Tipología: Muro pantalla de hormigón armado

1.2 Geometría

Altura total: 6.00 m
Espesor: 45 cm
Longitud tramo: 10.00 m

1.3 Descripción del armado

Armado vertical trasdós	Armado vertical intradós	Armado base horizontal	Rigidizador vertical	Rigidizador horizontal
Ø12c/25	Ø12c/25	Ø16c/25	7 Ø12	3 Ø12
Refuerzos: - Ø12 L(200), D(300) D: Distancia desde coronación				

1.4 Comprobación

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): Muro pantalla		
Comprobación	Valores	stado
<p>Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós:</p> <p><i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <p>Hipótesis básica:</p> <p>8Excavación hasta la cota: 0.00 m:</p> <p>Construcción de forjado (Cota: 2.40 m):</p> <p>Fase de servicio:</p>	<p>Mínimo: 1.67</p> <p>Calculado: 2.022</p> <p>Calculado: 5.309</p> <p>Calculado: 5.325</p>	<p>umple</p> <p>umple</p> <p>umple</p>
<p>Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós:</p> <p><i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <p>Hipótesis básica:</p> <p>Excavación hasta la cota: 0.00 m:</p> <p>Construcción de forjado (Cota: 2.40 m):</p> <p>Fase de servicio:</p>	<p>Mínimo: 1.67</p> <p>Calculado: 3.557</p> <p>Calculado: 3.557</p> <p>Calculado: 3.529</p>	<p>umple</p> <p>umple</p> <p>umple</p>
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: Muro pantalla		
Comprobación	Valores	stado
<p>Recubrimiento:</p> <p><i>Norma EHE-08. Artículo 37.2.4.1</i></p>	<p>Mínimo: 7 cm</p> <p>Calculado: 7 cm</p>	<p>umple</p>
<p>Separación libre mínima armaduras horizontales:</p> <p><i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i></p>	<p>Mínimo: 2.5 cm</p> <p>Calculado: 23.4 cm</p>	<p>umple</p>

Referencia: Muro pantalla		
Comprobación	Valores	stado
Separación máxima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 25 cm	umple
Cuantía geométrica mínima horizontal por cara: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0016 Calculado: 0.00178	umple
Cuantía mínima mecánica horizontal por cara: <i>Criterio J. Calavera. Muros de contención y muros de sótano. (Cuantía horizontal > 20% Cuantía vertical)</i>	Mínimo: 0.0004 Calculado: 0.00178	umple
Longitud de patilla horizontal: <i>La longitud de la patilla debe ser, como mínimo, 12 veces el diámetro. Criterio de J. Calavera, "Manual de Detalles Constructivos en Obras de Hormigón Armado".</i>	Mínimo: 19 cm Calculado: 23 cm	umple
Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0009	
Trasdós:	Calculado: 0.001	umple
Intradós:	Calculado: 0.001	umple
Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.00027	
Trasdós:	Calculado: 0.001	umple
Intradós:	Calculado: 0.001	umple
Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.2</i>	Mínimo: 0.00094 Calculado: 0.00201	umple
Trasdós:	Mínimo: 0.0001 Calculado: 0.001	umple
Intradós:		
Cuantía mínima mecánica vertical cara comprimida: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.3</i>	Calculado: 0.001	
Trasdós:	Mínimo: 0	umple
Intradós:	Mínimo: 2e-005	umple

Referencia: Muro pantalla		
Comprobación	Valores	stado
Separación libre mínima armaduras verticales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i> Trasdós: Intradós:	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 11.3 cm Calculado: 23.8 cm	 umple umple
Separación máxima entre barras: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i> Armadura vertical Trasdós: Armadura vertical Intradós:	Máximo: 30 cm Calculado: 25 cm Calculado: 25 cm	 umple umple
Comprobación a flexión compuesta: <i>Comprobación realizada por módulo de pantalla</i>		umple
Comprobación a cortante: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.2.1</i>	Máximo: 180.08 t Calculado: 49 t	umple
Comprobación de fisuración: <i>Norma EHE-08. Artículo 49.2.3</i>	Máximo: 0.3 mm Calculado: 0 mm	umple
Rigidizadores horizontales: Diámetro mínimo: <i>Criterio de CYPE Ingenieros. El diámetro del rigidizador debe ser como mínimo igual al mayor diámetro de la armadura base vertical.</i> Separación máxima: <i>Criterio NTE. Acondicionamiento del Terreno, Cimentaciones.</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Máximo: 2.5 m Calculado: 2 m	 umple umple
Rigidizadores verticales: Diámetro mínimo: <i>Criterio de CYPE Ingenieros. El diámetro del rigidizador debe ser como mínimo igual al mayor diámetro de la armadura base vertical.</i> Separación máxima: <i>Criterio NTE. Acondicionamiento del Terreno, Cimentaciones.</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Máximo: 1.5 m Calculado: 1.42 m	 umple umple

Referencia: Muro pantalla		
Comprobación	Valores	stado
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -1.75 m, Md: 45.30 t·m, Nd: 0.00 t, Vd: -38.83 t, Tensión máxima del acero: 2.955 t/cm ² - Sección crítica a cortante: Cota: -2.25 m - Los esfuerzos están mayorados y corresponden al ancho total del tramo definido. (Longitud tramo: 10.00 m)		

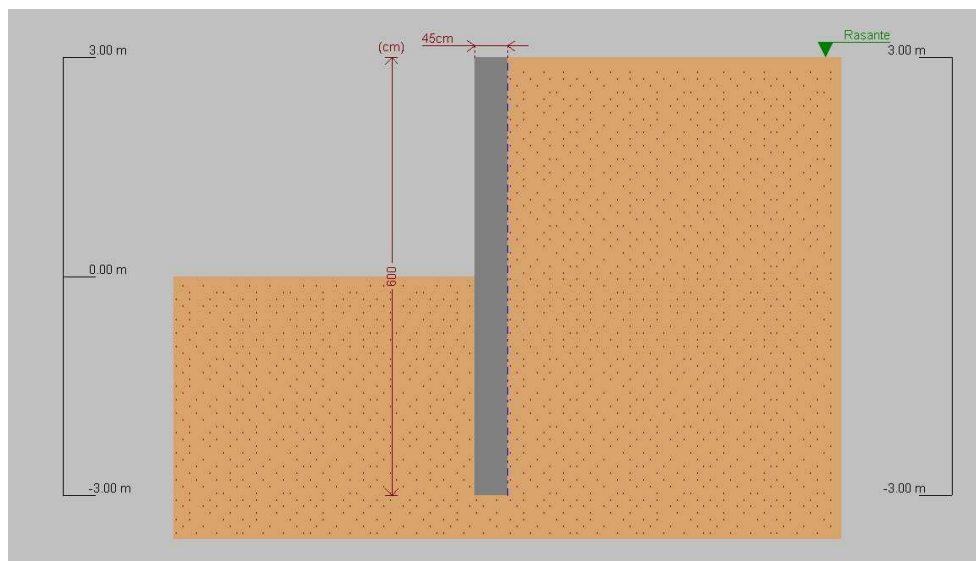


Imagen 2: Alzado del muro pantalla (CypeCad)

• PILARES

Comprobación del estado límite de inestabilidad

$$\lambda m = \frac{l_p}{i} = \frac{2.4}{0.1} = 23.9 < 35 \quad \text{Despreciamos los esfuerzos de segundo orden.}$$

$$l_p = 2.4m$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{1.256 * 10^{-3}}{0.125}} = 0.1m$$

$$I = \frac{\pi * 0.2^4}{4} = 1.256 * 10^{-3}m$$

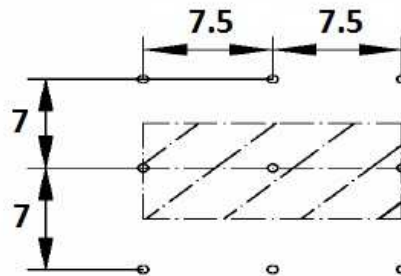
$$A = \frac{\pi * 0.4^2}{4} = 0.125m^2$$

Esfuerzos de dimensionamiento según el artículo 22.4.3.2 de la EHE.

$$Md = 0.07[(gd + 0.5qd) * lp1 * lp2^2 - gd * lp2 * l12^2]$$

Anchura del pórtico virtual:

$$(7+7)/2=7m$$



Seguidamente se calcularán los pilares que unen la cimentación con el forjado.

$$l_{p1}=l_{p2}=7m$$

$$l_{11}=l_{12}=7m$$

$$g_d=1.35*0.4+1.35*1=1.89 \text{ T/m}^2$$

$$q_d=1.5*(0.02+0.4)=0.63T/m^2$$

$$M_d = 0.07 * ((1.89 + 0.5 * 0.63) * 7 * 7^2 * 1.89 * 7 * 7^2) = 7.56 \text{ T} \cdot \text{m} \Rightarrow 75.6 \text{ KNm}$$

$$N_d = N_{\text{forjado}} * A_t = 1.89 * 7 * 7.5 = 99.22 \text{ T} = 992.2 \text{ KN}$$

Los valores adimensionales de los esfuerzos con los cuales se entra en ábacos para secciones circulares sometidas a flexión compuesta son:

$$\mu = \frac{M_x d}{A_c * h * f_{cd}} = \frac{75.6}{0.125 * 0.4 * 20 * 10^3} = 0.0756$$

$$f_{cd} = 30 / 1.5 = 20 \text{ MPa}$$

$$n_u = \frac{N_d}{A_c * f_{cd}} = \frac{992.2}{0.125 * 20 * 10^3} = 0.396$$

Entrando en el ábaco adimensional para dimensionamiento de secciones circulares compuestas obtenemos $w = 0.03$

$$W = \frac{U_s}{f_{cd} * \pi * \frac{h^2}{4}} \Rightarrow 0.03 = \frac{U_s}{20 * 10^3 * \pi * \frac{0.4^2}{4}} \Rightarrow U_s = 75.39 \text{ KN}$$

$$U_s = A_{s, \text{total}} * f_{yd} \Rightarrow A_s = U_s / f_{yd} = 75.39 / 435 = 0.17 = 1.7 \text{ cm}^2$$

Armadura mínima por requerimientos mecánicos y geométricos.

Mínimo geométrica

$$A_s = 0.004 * A_c = 0.004 * 0.125 = 5 \text{ cm}^2$$

Mínimo mecánica

$$A_s' * f_{yd} \geq 0.05 N_d \Rightarrow A_s' \geq \frac{0.05 * 992.2}{435 * 10^3} = 1.14 \text{ cm}^2$$

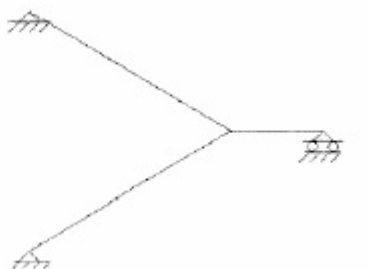
De las tres áreas de armado calculadas colocaremos la mayor, en este caso la mínima geométrica, satisfaciendo así las otras dos condiciones.

- **CÁLCULO DE LAS ESCALERAS**

Existen tres escaleras que tienen el mismo formato por lo que solo será necesario calcular una de ellas.

Para el cálculo hemos empleado el programa Cypecad que resuelve escaleras de hormigón armado para edificios, de dos tramos iguales con descansillo intermedio, espesor constante, apoyadas en los extremos de los tramos y en el borde exterior del descansillo.

El esquema de cálculo es el siguiente:



1. Geometría

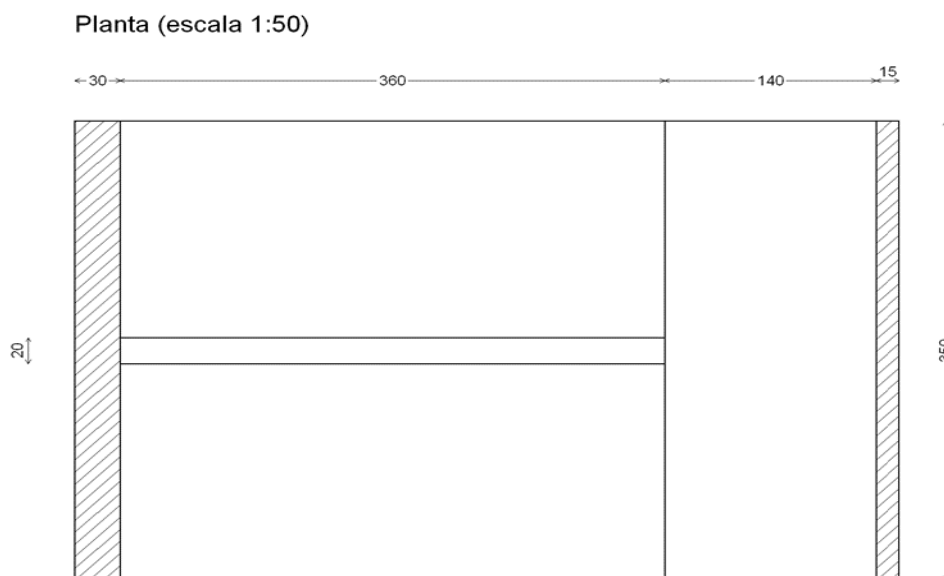


Imagen 3: Planta escalera (CypeCad)

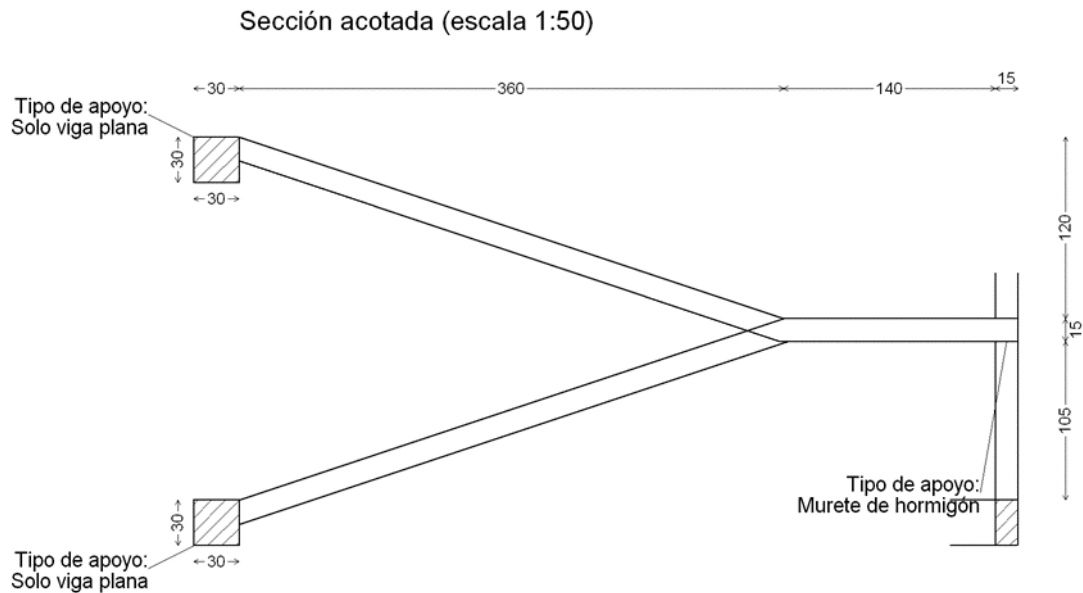


Imagen 4: Alzado escalera (CypeCad)

Canto de la viga del apoyo superior: 0.30 m
Canto de la viga del apoyo inferior: 0.30 m

2. Materiales

Hormigón= HA-30, $Y_c=1.35$ (Pref.)
Acero= B 500 S, $Y_s=1.15$

Acciones: CTE
Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m

3. Cargas

Peso propio losa (espesor x 2.5 t/m³)= 0.375 t/m²
Peldañeado= 0.200 t/m²
Barandillas= 0.300 t/m
Sobrecarga de uso= 0.300 t/m²

4. Resultado del cálculo y armaduras

4.1. Armadura longitudinal

Momento de cálculo inferior= 6.83 t•m

Momento de cálculo superior (negativos)= 4.27 t•m

- Tramo superior

Armadura inferior $\varnothing 12$ c/ 0.100 m.

Armadura superior $\varnothing 10$ c/ 0.100 m.

- Tramo inferior

Armadura inferior $\varnothing 12$ c/ 0.100 m.

Armadura superior $\varnothing 10$ c/ 0.100 m.

Arranque inferior en apoyo $\varnothing 10$ c/ 0.100 m.

- Descansillo

Armadura inferior en descansillo $\varnothing 12$ c/ 0.100 m.

4.2. Armadura transversal

+ en tramos inclinados: barras rectas con patillas en los extremos

- Tramo superior

Armadura superior $\varnothing 10$ c/ 0.300 m.

Armadura inferior $\varnothing 10$ c/ 0.300 m.

- Tramo inferior

Armadura superior $\varnothing 10$ c/ 0.300 m.

Armadura inferior $\varnothing 10$ c/ 0.300 m.

+ en descansillos: barras rectas con patillas en los extremos

Momento de cálculo de armadura transversal superior = 4.44 t•m

Armadura inferior $\varnothing 10$ c/ 0.300 m.

4.3. Armadura del apoyo intermedio

Armadura del murete de hormigón $\varnothing 8$ c/ 0.200 m.

Armadura transversal del murete de hormigón $\varnothing 8$ c/ 0.200 m.

Nota: La medición no incluye las barras del apoyo intermedio.

5. Opciones de cálculo

5.1. Posición de las armaduras

- a) La armadura transversal envuelve a la longitudinal.
- b) Recubrimiento geométrico = distancia de los paramentos exteriores a la armadura más próxima = 0.030 m.
- c) La armadura transversal en los tramos inclinados está formada por: barras rectas con patillas en los extremos

5.2. Cuantías mínimas en losas

a) Cuantías geométricas

Cara inferior= 0.0010

Cara superior= 0.0000

Cara tracción= 0.0000

Total= 0.0020

b) Cuantía mecánica mínima 0.04

c) Se aplica la reducción de cuantía mecánica mínima

d) Porcentaje de armadura en una dirección respecto a la necesaria en la otra

Si se necesita en ésta= 20 %

Si no se necesita en ésta= 20 %

5.3. Recubrimiento en losas

Recubrimiento superior (cm)= 3.5

Recubrimiento inferior (cm)= 3.5

Recubrimiento lateral (cm)= 3.5

6. Medición

Tramo	Armaduras	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S Ys=1.15 (Kg)
- Tramo inferior	Longitudinal inferior	Ø12	16	473	7568	67.19
- Tramo superior	Longitudinal inferior	Ø12	16	591	9456	83.95
- Tramo inferior	Longitudinal superior	Ø10	16	608	9728	59.98
- Tramo inferior	Longitudinal arranque	Ø10	16	91	1456	8.98
- Descansillo	Transversal inferior	Ø10	5	362	1810	11.16
- Tramo inferior	Transversal inferior	Ø10	13	177	2301	14.19
- Tramo inferior	Transversal superior	Ø10	13	177	2301	14.19

Tramo	Armaduras	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S Ys=1.15 (Kg)
- Tramo inferior	Longitudinal inferior	Ø12	16	473	7568	67.19
- Tramo superior	Longitudinal inferior	Ø12	16	591	9456	83.95
- Tramo superior	Transversal inferior	Ø10	13	177	2301	14.19
- Tramo superior	Transversal superior	Ø10	13	177	2301	14.19
- Tramo superior	Longitudinal superior	Ø10	16	484	7744	47.74
- Descansillo	Longitudinal inferior	Ø12	16	213	3408	30.26
- Ojo	Longitudinal inferior	Ø12	2	167	334	2.97
					Total	368.97

Nota: La medición no incluye las barras del apoyo intermedio.