



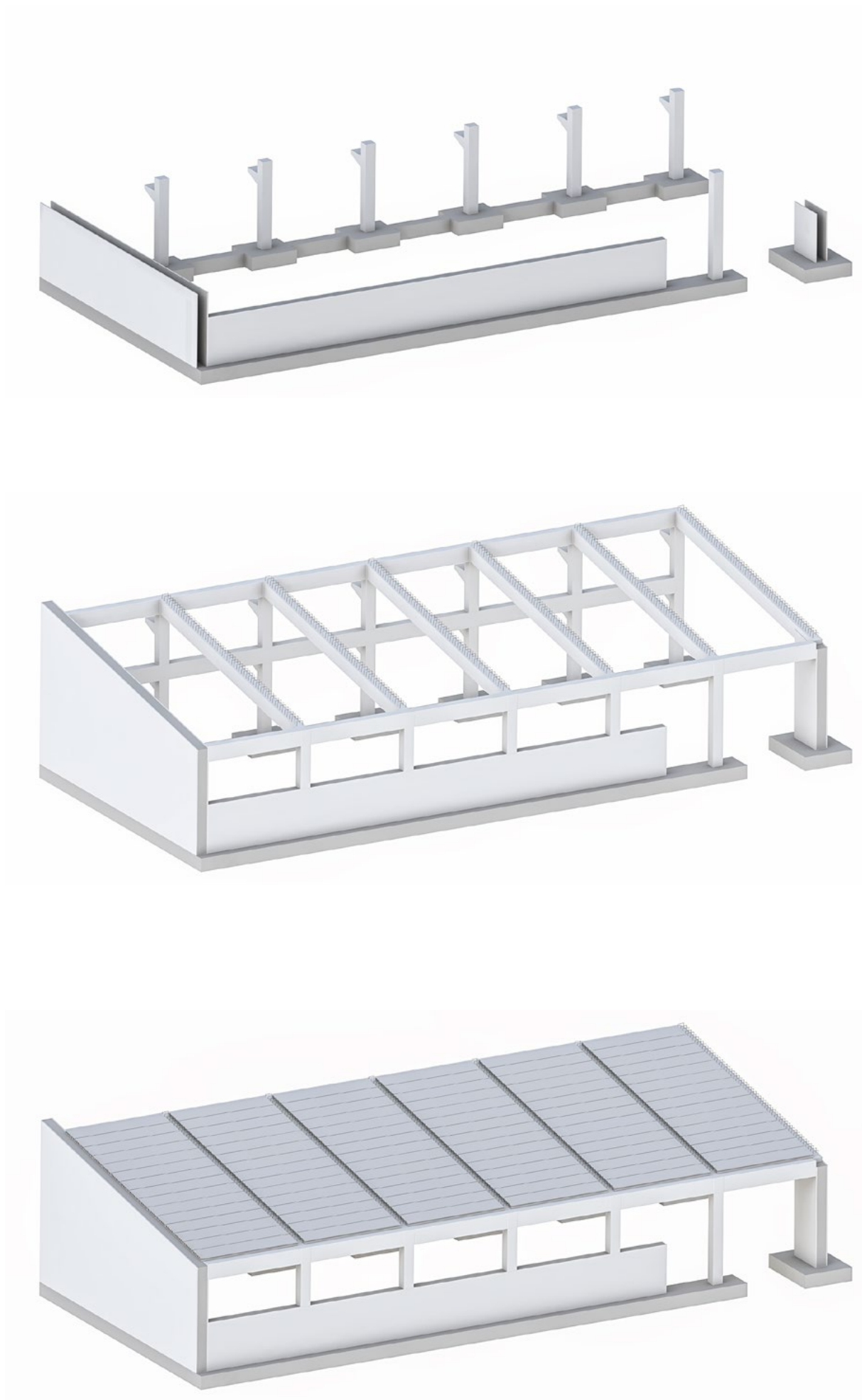
| | |
|-------------------------------------|--|
| CONSIDERACIONES PREVIAS | |
| Descripción del sistema estructural | |
| Normativa de aplicación | |
| Métodos de dimensionamiento | |
| MATERIALES | |
| ACCIONES | |
| Coeficientes de combinación | |
| Coeficientes de mayoración | |
| Cargas | |
| CÁLCULO Y COMPROBACIONES | |
| Forjado | |
| Pórtico | |
| Viga | |
| Pilar | |
| Cimentación | |
| Zapata aislada | |
| Muro | |
| DOCUMENTACIÓN GRÁFICA | |

SISTEMA ESTRUCTURAL

La estructura ha sido ideada con el propósito de ser construida en su mayoría por elementos prefabricados y de fácil construcción, para ello se han modulado todas las partes que componen el proyecto. La modulación ayuda a conseguir la imagen deseada y facilita tanto el diseño como la construcción. La modulación existente entre pórticos es aproximadamente 5 m. La estructura es del tipo prefabricado, y consta de pilares prefabricados con ménsulas y muros prefabricados como soportes. Para resolver la cubierta se colocan jácenas de sección T invertida que harán la función de vigas. Sobre las jácenas se apoyaran placas alveolares como forjado, sobre estas placas se extenderá una capa de compresión para dar monolitismo a la estructura global. En algunos casos en particular por necesidades de proyecto se ejecutarán vigas in situ para arriostrar pórticos.

La cimentación se plantea del tipo superficial y se resuelve mediante zapata corrida en muros y zapata aislada con viga de atado en pilares.

El conjunto de edificios que componen el proyecto se han diseñado cada uno de ellos con estructuras independientes de tal manera que no comparten ningún elemento estructural. Para evitar cualquier daño debido al desplazamiento relativo entre edificios colindantes se ha dispuesto de una junta elástica estructural que absorba dichos desplazamientos



ELEMENTOS ESTRUCTURALES

La presente memoria se ha centrado en el estudio del edificio que alberga la piscina. Este edificio se ejecuta con un sistema estructural que consta de los siguientes elementos:

Elementos sustentantes verticales

- Muros prefabricado sándwich
- Pilares prefabricados con ménsulas de apoyo

Elementos sustentantes horizontales

- Forjado de losa alveolar
- Jácenas de hormigón prefabricado (sección T; sección L)
- Vigas de arriostramiento de hormigón in situ.

Cimentación

- Zapata corrida bajo muros
- Zapata aislada cuadrada bajo pilares

El vaso de la piscina se ejecuta mediante una losa y muros de hormigón in situ de espesor 20 cm.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

La norma utilizada para el diseño y justificación del sistema estructural ha sido la siguiente:

- Código Técnico de la Edificación
 - DB-SE Seguridad estructural
 - DB-SE-AE Acciones en la Edificación
 - DB-SE- Cimentaciones
- Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08

MÉTODOS DE DIMENSIONAMIENTO

El proceso seguido consiste en la determinación de las situaciones de dimensionado, el establecimiento de las acciones, el análisis estructural y finalmente el dimensionado.

Las situaciones de dimensionado son:

- Persistentes.
- Tarnsitorias.
- Extraordinarias.

El método de comprobación utilizado es el de los Estados Límites (ELS-ELU). Se procederá a la comprobación del estado límite último así como el estado límite de servicio.

La obtención de los esfuerzos en las diferentes hipótesis simples del entramado estructural se hará de acuerdo a un cálculo lineal de primer orden. Es decir, admitiendo proporcionalidad entre esfuerzos y deformaciones, el principio de superposición de acciones y un comportamiento lineal y geométrico de los materiales y la estructura.

MATERIALES

Hormigones

Para la ejecución de la cimentación, el relleno de los muros sandwich, el vaso de la piscina y las vigas de arriostramiento del proyecto se ha considerado emplear hormigón armado ejecutado in situ. Las características del hormigón empleado son las siguientes:

Hormigón ejecutado in situ

HA- 25 / B / 20 / IIIa

fck: 25 MPa

Para la ejecución de los pilares y las jácenas se ha utilizado el siguiente hormigón:

Hormigón prefabricado

HA- 30 / B / 20 / IIIa

fck: 30 MPa

La losa alveolar se ejecuta con el siguiente hormigón:

HP- 50 / S / 12 / IIb

fck: 50 MPa

Acero (armados)

Para la armadura en los elementos hormigonados se utilizarán barras corrugadas de designación B-500-S.

fyk: 500 Mpa

Recubrimiento de las armaduras

De acuerdo con las recomendaciones del Ministerio de Fomento para la provincia de Castellón, se establece que el tipo de exposición será la IIb. El recubrimiento mínimo para este tipo de exposición se adjunta en la siguiente tabla:

| Resistencia característica del hormigón (N/mm2) | Tipo de cemento | proyecto | |
|---|--|----------|----------|
| | | 50 años | 100 años |
| 25 <= fck < 40 | CEM I | 20 | 30 |
| fck >= 40 | | 15 | 25 |
| 25 <= fck < 40 | Otros tipos de cemento o en el caso de empleo de adiciones al hormigón | 25 | 35 |
| fck >= 40 | | 20 | 30 |

Considerando que nuestra estructura es de ejecución in situ y que se establece que tendrá un control de ejecución intenso, el incremento de recubrimiento será de 5mm.

Finalmente, y estableciendo una vida útil de 100 años para el proyecto, el recubrimiento nominal que se debe asegurar en los elementos de hormigón será:

En forjado de alveoplaca:

$$r_{nom} = 30 + 5 = 35 \text{ mm}$$

En muros y cimentación:

$$r_{nom} = 35 + 5 = 40 \text{ mm}$$

Las zapatas se ejecutarán sobre una capa de hormigón de limpieza de espesor 10cm.

Coefficiente de seguridad de los materiales

Los valores de los coeficientes parciales de seguridad de los materiales para el estudio de los Estados Límite son los que se indican en la tabla siguiente:

Hormigón armado

| Situación de proyecto | Hormigón γ_e | Acero pasivo y activo γ_s |
|---------------------------|---------------------|----------------------------------|
| Persistente o transitoria | 1,5 | 1,15 |
| Accidental | 1,3 | 1,0 |

ACCIONES

Acciones gravitatorias

De acuerdo al CTE-SE-AE las acciones que se han considerado son las siguientes:

Cargas permanentes

| | |
|--|-----------|
| g1 – forjado de losa alveolar | 3,8 kN/m2 |
| g2 – Pavimento | 1 kN/m2 |
| g3 – instalaciones suspendidas + falso techo | 0,5 kN/m2 |
| g4 – cubierta ajardinada | 2,5 kN/m2 |

Cargas variables

| | |
|--|---------|
| q1 – sobrecarga de uso público | 4 kN/m2 |
| q2 – sobrecarga de mantenimiento en cubierta | 1 kN/m2 |
| q3 – nieve | 1 kN/m2 |

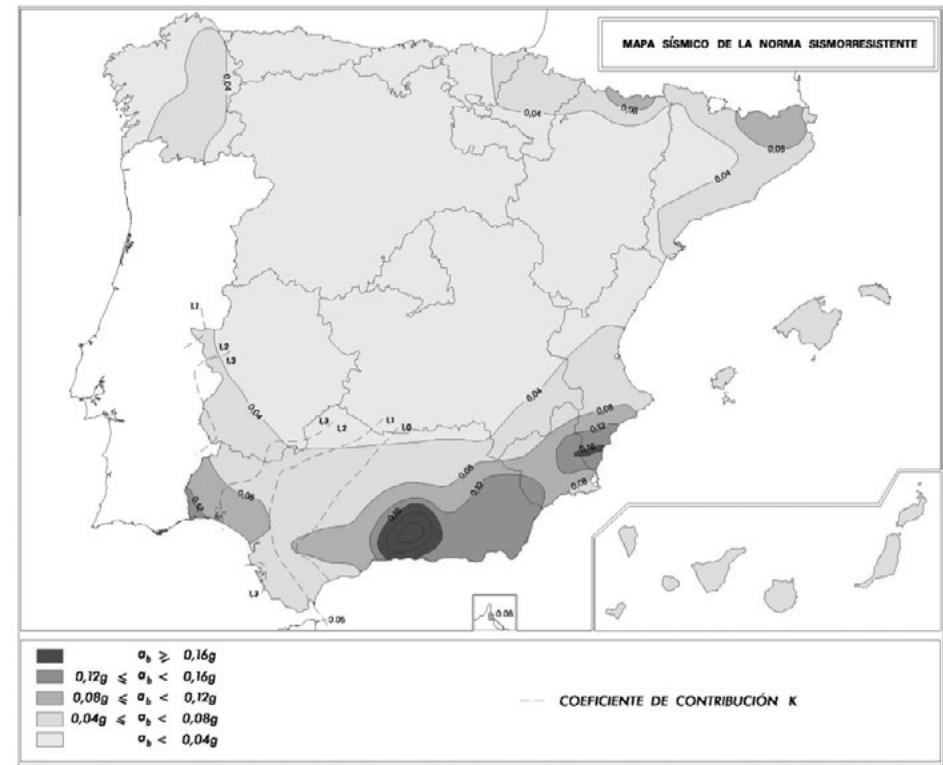
Acciones sísmicas

Las acciones sísmicas se calculan según la norma de construcción sismorresistente ncsr-02.

De acuerdo a la normativa, nuestro proyecto se define como:

Clasificación sísmica básica: normal importancia

Aceleración sísmica básica: ab = < 0,04g



De acuerdo con la NCSR-02 no será necesario un cálculo sísmico en las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica ab sea inferior a 0,08g (ab<0,08g).

Dado que nuestra estructura dispone de vigas de arriostramiento en la dirección perpendicular a los pórticos y en el forjado de cubierta se ejecuta una capa de compresión, la existencia de una capa superior armada, monolítica y enlazada a la estructura en la totalidad de la superficie de cada permite considerar a los pórticos como bien arriostrados entre sí en todas las direcciones. Por lo tanto no es necesario un cálculo sísmico.

Viento

La acción del viento se ha valorado de acuerdo a nuestra actuación (estructura diáfana) siguiendo el método establecido en el CTE-DB-AE, concretamente en el anexo D a través de la tablas D.3 (paramentos verticales) y la tabla D.4 (cubierta a un agua).

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

$$q_e = q_b \times c_e \times c_p$$

Siendo:

q_b: presión dinámica del viento.

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

c_p: coeficiente eólico o de presión, dependiente 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.

El cálculo de la presión dinámica del viento se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$q_b = 0,5 \times \delta \times v_b^2$$

Siendo:

δ: densidad del viento. En general puede adoptarse el valor de 1,25 kg/m3

v_b: velocidad básica del viento



Nuestro proyecto se sitúa en la zona A cuyo valor de velocidad del viento es de 26 m/s

El coeficiente de exposición c_e para alturas sobre el terreno, z , no mayores de 200 m, puede determinarse con la expresión:

$$c_e = F \cdot (F + 7 k)$$

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

Siendo k , L , Z parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la tabla D.2

| Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno | | | | |
|---|--|-----------|-------|-------|
| Grado de aspereza del entorno | | Parámetro | | |
| | | k | L (m) | Z (m) |
| I | Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud | 0,156 | 0,003 | 1,0 |
| II | Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia | 0,17 | 0,01 | 1,0 |
| III | Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas | 0,19 | 0,05 | 2,0 |
| IV | Zona urbana en general, industrial o forestal | 0,22 | 0,3 | 5,0 |
| V | Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura | 0,24 | 1,0 | 10,0 |

De lo cual obtenemos:

$$z = 8,70 \text{ m}$$

$$F = 0,74$$

$$C_e = 1,6$$

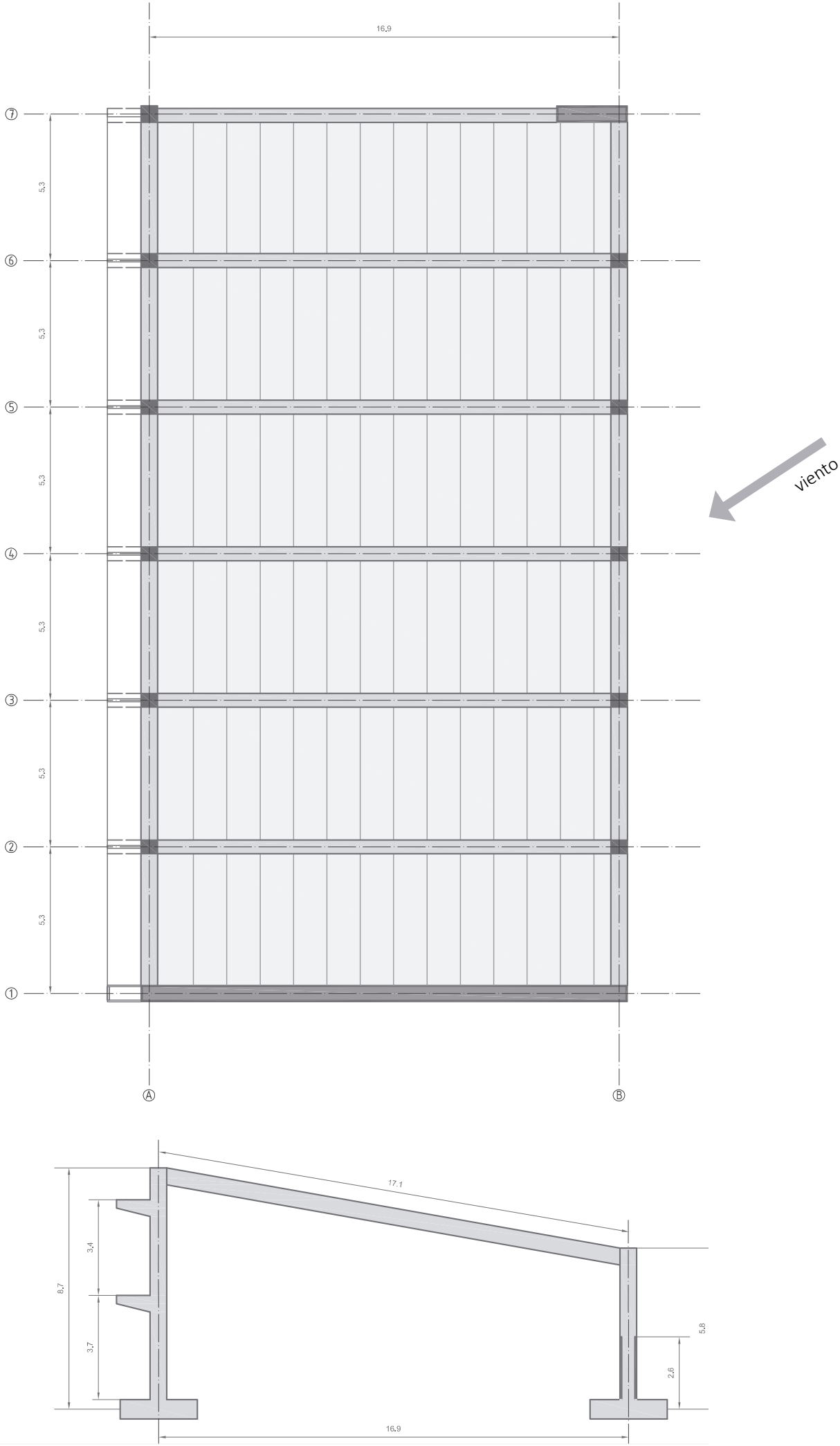
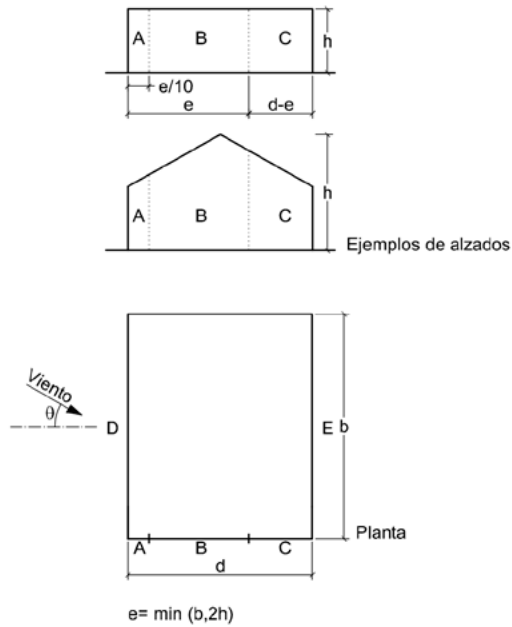


Tabla D.3 Paramentos verticales



| A (m ²) | h/d | Zona (según figura), -45° < θ < 45° | | | | |
|------------------------|--------|-------------------------------------|------|------|-----|------|
| | | A | B | C | D | E |
| ≥ 10 | 5 | -1,2 | -0,8 | -0,5 | 0,8 | -0,7 |
| | 1 | “ | “ | “ | “ | -0,5 |
| | ≤ 0,25 | “ | “ | “ | 0,7 | -0,3 |
| 5 | 5 | -1,3 | -0,9 | -0,5 | 0,9 | -0,7 |
| | 1 | “ | “ | “ | “ | -0,5 |
| | ≤ 0,25 | “ | “ | “ | 0,8 | -0,3 |
| 2 | 5 | -1,3 | -1,0 | -0,5 | 0,9 | -0,7 |
| | 1 | “ | “ | “ | “ | -0,5 |
| | ≤ 0,25 | “ | “ | “ | 0,7 | -0,3 |
| ≤ 1 | 5 | -1,4 | -1,1 | -0,5 | 1,0 | -0,7 |
| | 1 | “ | “ | “ | “ | -0,5 |
| | ≤ 0,25 | “ | “ | “ | “ | -0,3 |

$h/d = 5,8/31,8 = 0,18$

(D) $c_{pe} = 0,7$

(E)----> no hay succión por existencia de edificio contiguo.

Recordando la expresión:

$q_e = q_b \times c_e \times c_p$

$q_b = 0,42 \text{ kN/m}^2$

$c_e = 1,6$

$c_p = 0,7$

$q_e = q_b \times c_e \times c_p = 0,47 \text{ kN/m}^2$

PREDIMENSIONAMIENTO DEL FORJADO

Predimensionado del forjado de hormigón de la alveoplaca

Siguiendo con el artículo 5.2 de la EHE en el que se puede leer:

En vigas y losas de edificación, no será necesaria la comprobación de flechas cuando la relación luz/canto útil del elemento estudiado sea igual o inferior al valor indicado en la tabla 50.2.2.1.a.

Por lo tanto se predimensiona el forjado con un espesor que de acuerdo con el artículo anterior evita la comprobación por flecha del forjado.

La luz máxima de forjado en el proyecto es de 5,3 m.

Para realizar un predimensionado del forjado nos hemos apoyado en la expresión del art. 50.2 de la EHE-08. La expresión utilizada así como los datos que deberemos introducir son los siguientes:

$$h_{\text{mín}} = \delta_1 \delta_2 \frac{L}{C}$$

- δ_1 Factor que depende de la carga total y que tiene el valor de $\sqrt{q/7}$, siendo q la carga total, en kN/m²;
- δ_2 Factor que tiene el valor de $(L/6)^{1/4}$;
- L La luz de cálculo del forjado, en m;
- C Coeficiente cuyo valor se toma de la Tabla 50.2.2.1.b:

Tabla 50.2.2.1.b
Coeficientes C

| Tipo de forjado | Tipo de carga | Tipo de tramo | | |
|---------------------------------|----------------------|---------------|---------|----------|
| | | Aislado | Extremo | Interior |
| Viguetas armadas | Con tabiques o muros | 17 | 21 | 24 |
| | Cubiertas | 20 | 24 | 27 |
| Viguetas pretensadas | Con tabiques o muros | 19 | 23 | 26 |
| | Cubiertas | 22 | 26 | 29 |
| Losas alveolares pretensadas(*) | Con tabiques o muros | 36 | — | — |
| | Cubiertas | 45 | — | — |

La carga actuante q sobre el forjado es la siguiente:

Cargas permanentes

G1 – Forjado losa alveolar + capa compresión (h=25 cm) 4,4 kN/m²

G2 – falso techo + instalaciones + pavimento 1,5 kN/m²

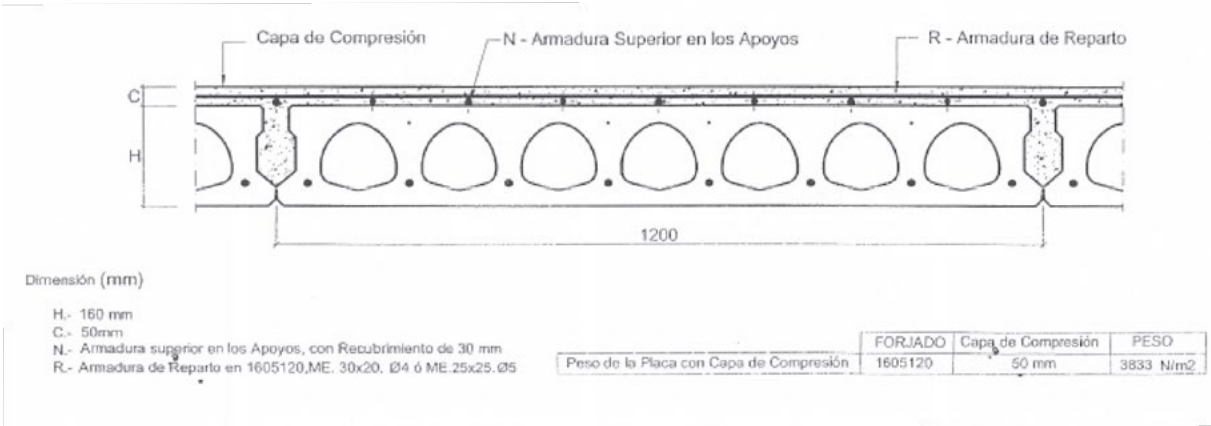
Cargas variables

Q1 – Sobrecarga de uso público 4 kN/m²

$q = 4,9 + 4 = 8,9 \text{ kN/m}^2$
 $\delta_1 = 1,12$
 $\delta_2 = 0,96$
 $L = 5,3 \text{ m}$ (máxima luz de forjado)
 $C = 45$

$h_{min} = 0,16 \text{ m}$

El mínimo canto de forjado por losa alveolar es de 16 cm + 5 cm de capa de compresión. Nos quedamos con este canto de forjado para el diseño de proyecto.



Comprobación a ELU y ELS de la losa del forjado.

Estado límite último
 $P = (3,8 + 1 + 0,25 + 0,25) \cdot 1,35 = 7,15 \text{ kN/m}^2$
 $q = (4) \cdot 1,5 = 6 \text{ kN/m}^2$
 $Q_{ELU} = 13,15 \text{ kN/m}^2$

Estado límite de servicio
 $P = (3,8 + 1 + 0,25 + 0,25) \cdot 1 = 5,3 \text{ kN/m}^2$
 $q = (4) \cdot 1 = 4 \text{ kN/m}^2$
 $Q_{ELS} = 9,3 \text{ kN/m}^2$

El mayor momento al que se ve solicitada la losa se produce en el centro de vano. Dicho valor lo podemos obtener mediante la siguiente expresión:

$M = Q \cdot L^2 / 8$

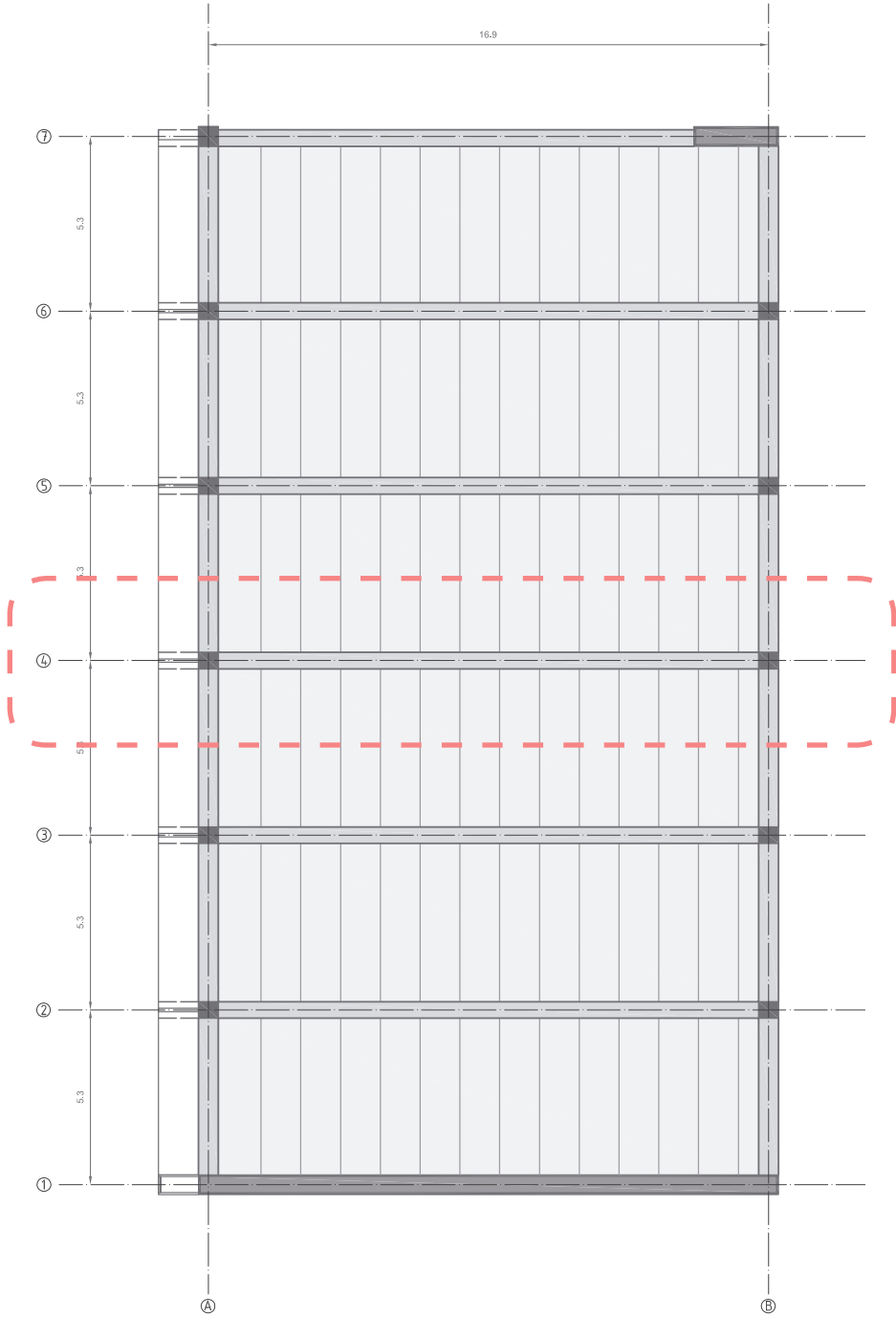
El ancho de la alveoplaca es de 1,2 m.

$M_{elu} = 55,4 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 $M_{els} = 39,2 \text{ kN} \cdot \text{m}$

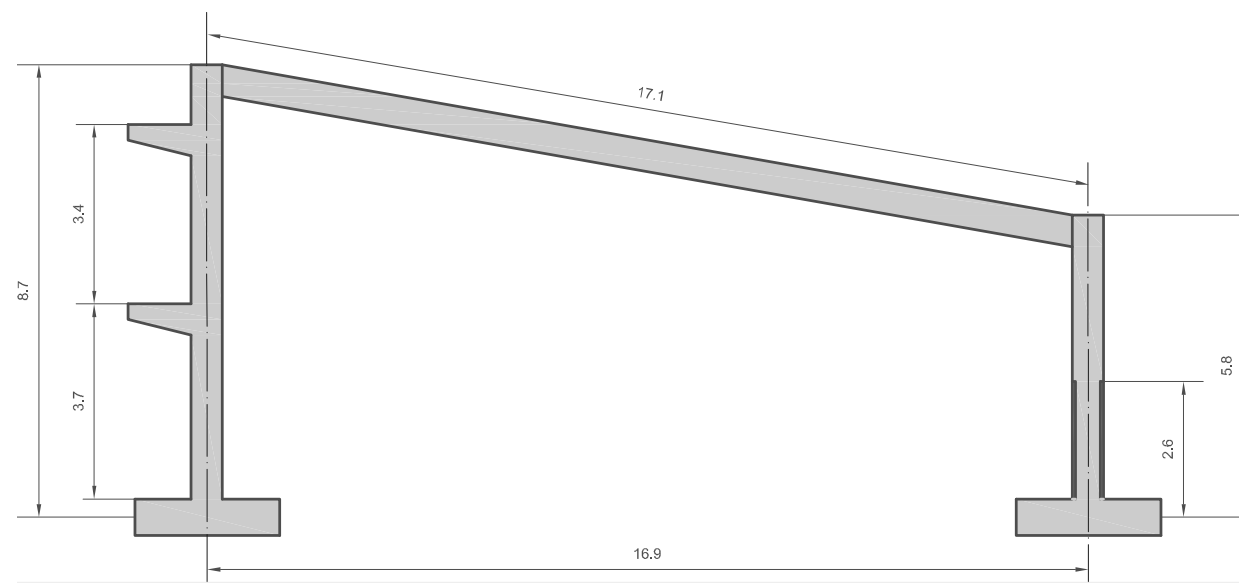
5. FLEXION POSITIVA

| Tipo de forjado H+C mm | Tipo de placa | Múlt. (mkN/m) | β | Rigidez(m ² -kN/m) | | Momento límite servicio (3) | | | |
|------------------------------|---------------|------------------|---------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------|------------------|------|
| | | | | bruta E·I _b | fisurada E·I _{fs} | M _o | M' o | M _{0,2} | KAP |
| 160+50 | P-1601 | 52,85 | 2,12 | 20345 | 9091 | 28,02 | 32,17 | 39,15 | 1,55 |
| | P-1602 | 65,60 | 2,12 | 20345 | 9255 | 36,57 | 41,75 | 48,59 | 1,55 |
| | P-1603 | 77,44 | 2,12 | 20345 | 9889 | 45,04 | 51,24 | 57,36 | 1,55 |
| | P-1604 | 88,54 | 2,12 | 20345 | 12571 | 53,43 | 60,65 | 65,59 | 1,55 |
| | P-1605 | 102,12 | 2,12 | 20345 | 15656 | 62,94 | 73,16 | 75,64 | 1,55 |
| | P-1606 | 114,19 | 2,12 | 20345 | 19491 | 73,38 | 85,20 | 84,59 | 1,55 |
| | P-1607 | 125,71 | 2,12 | 20345 | 20769 | 83,79 | 97,23 | 93,12 | 1,55 |
| | P-1608 | 136,68 | 2,12 | 20345 | 20829 | 94,18 | 109,24 | 101,24 | 1,55 |

CÁLCULO DE ESFUERZOS SOBRE UN PÓRTICO TIPO



Pórtico de estudio



Determinación de cargas por metro lineal

Cubierta

Permanentes:

ELU: $P_{\text{cubierta}} = (3,8+2,5+0,5) \times 5,3 \times 1,35 = 48,65 \text{ kN/m}$

ELS: $P_{\text{cubierta}} = (3,8+2,5+0,5) \times 5,3 \times 1 = 36,04 \text{ kN/m}$

Sobrecargas:

ELU: $Q_{\text{cubierta}} = (2) \times 5,3 \times 1,5 = 15,90 \text{ kN/m}$

ELS: $Q_{\text{cubierta}} = (2) \times 5,3 \times 1 = 10,60 \text{ kN/m}$

Pasarela

Permanentes:

ELU: $P_{\text{pasarela}} = (3,8+1,5) \times 5,3 \times 1,35 = 37,92 \text{ kN/m}$

ELS: $P_{\text{pasarela}} = (3,8+1,5) \times 5,3 \times 1 = 28,09 \text{ kN/m}$

Sobrecargas:

ELU: $Q_{\text{pasarela}} = 4 \times 5,3 \times 1,5 = 31,80 \text{ kN/m}$

ELS: $Q_{\text{pasarela}} = 4 \times 5,3 \times 1 = 21,20 \text{ kN/m}$

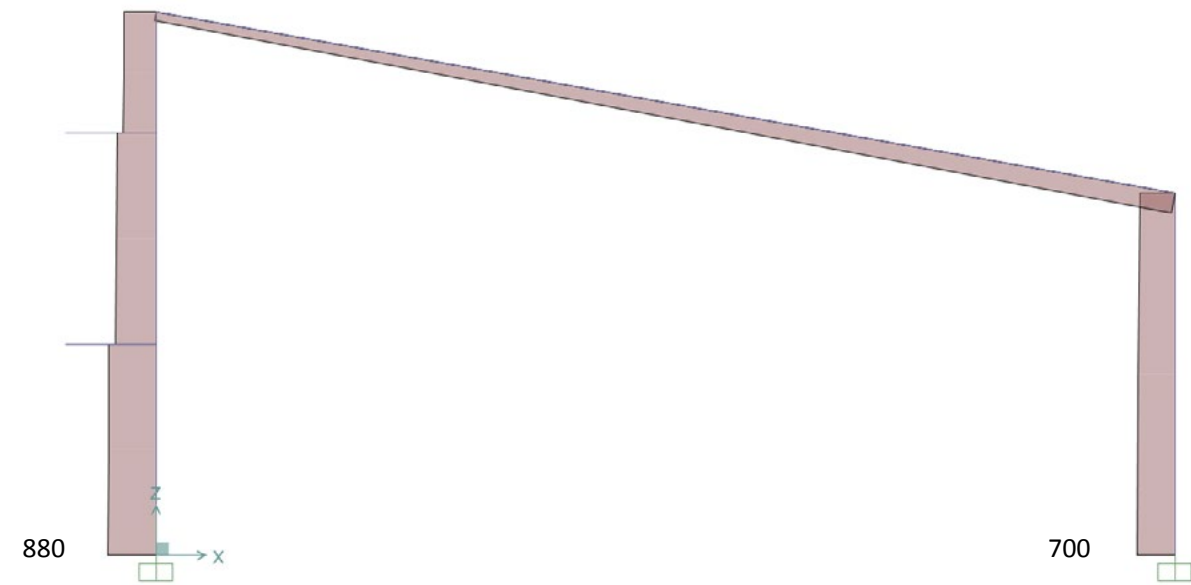
Viento

ELU: $Q_{\text{viento}} = 4 \times 5,3 \times 1,5 = 31,80 \text{ kN/m}$

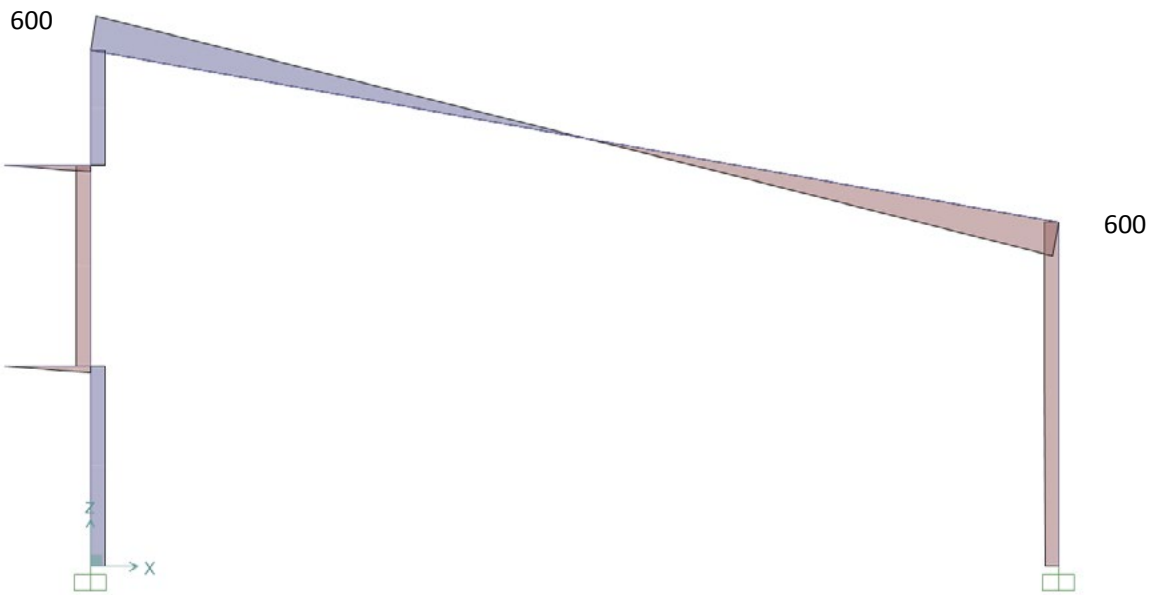
ELS: $Q_{\text{viento}} = 4 \times 5,3 \times 1 = 21,20 \text{ kN/m}$

Diagramas de esfuerzos a ELU

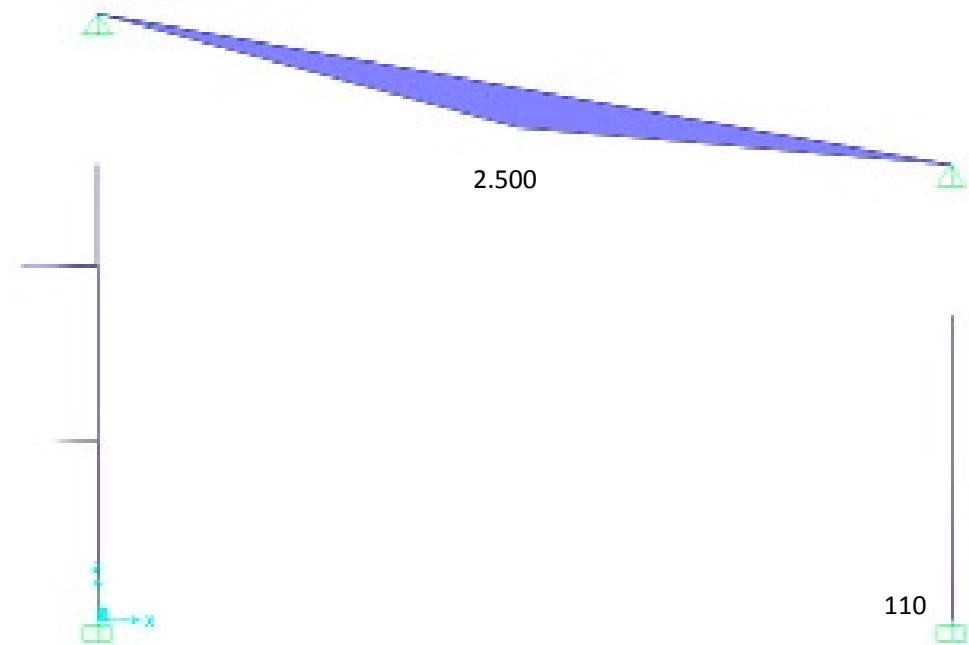
Axiles (kN)



Cortantes (kN)



Flectores (kN·m)



Predimensionamiento de la viga

Tabla 50.2.2.1.a

Relaciones L/d en vigas y losas de hormigón armado sometidos a flexión simple

| Sistema estructural L/d | K | Elementos fuertemente armados: $\rho \approx 1,5\%$ | Elementos débilmente armados $\rho \approx 0,5\%$ |
|---|------|--|--|
| Viga simplemente apoyada. Losa uni o bidireccional simplemente apoyada | 1,00 | 14 | 20 |
| Viga continua ¹ en un extremo. Losa unidireccional continua ^{1,2} en un solo lado | 1,30 | 18 | 26 |
| Viga continua ¹ en ambos extremos. Losa unidireccional o bidireccional continua ^{1,2} | 1,50 | 20 | 30 |
| Recuadros exteriores y de esquina en losas sin vigas sobre apoyos aislados | 1,15 | 16 | 23 |
| Recuadros interiores en losas sin vigas sobre apoyos aislados | 1,20 | 17 | 24 |
| Voladizo | 0,40 | 6 | 8 |

¹ Un extremo se considera continuo si el momento correspondiente es igual o superior al 85% del momento de empotramiento perfecto.
² En losas unidireccionales, las esbelteces dadas se refieren a la luz menor.
³ En losas sobre apoyos aislados (pilares), las esbelteces dadas se refieren a la luz mayor.

El sistema estructural corresponde al de viga simplemente apoyada. Por lo tanto la relacion luz/canto para la cual no es necesaria el cálculo a flecha es de:

$$L/d < 20$$
$$L = 17 \text{ m} \text{ ----> canto de la viga: } d > 0,85 \text{ m}$$

Armado de la viga en la sección de centro luz

La sección de cálculo de la viga será de 60x85cm²

El esfuerzo de cálculo de la sección de centro luz en ELU es de 1.200 kN·m.

Para determinar el armado necesario nos apoyamos en el prontuario informático de la EHE-08.

- Materiales

Tipo de hormigón : HA-30

Tipo de acero : B-500-S

fck [MPa] = 30.00

fyk [MPa] = 500.00

j_c = 1.50

j_s = 1.15

- Sección

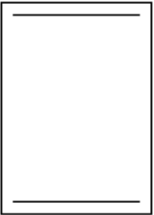
Sección : EJEMPLO1

b [m] = 0.60

h [m] = 0.85

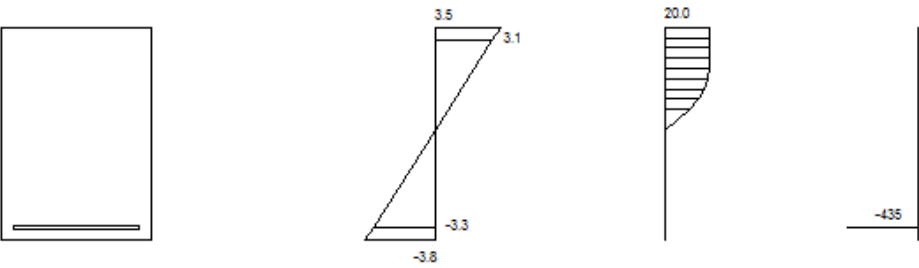
ri [m] = 0.050

rs [m] = 0.050



2 Dimensionamiento

Md [kN·m] = 2500



Plano de deformación de agotamiento

x [m] = 0.409

1/r [1/m] · 1.E-3 = 8.6

h_s · 1.E-3 = 3.5

h_l · 1.E-3 = -3.8

Deformación y tensión de armaduras

| Profundidad (m) | Armadura (cm²) | Deformación 1·E-3 | Tensión (MPa) |
|--------------------|-------------------|----------------------|------------------|
| 0,050 | 0,0 | 3,1 | 0,0 |
| 0,800 | 31,3 | -3,3 | 434,8 |

At_est (cm²) = 91,3

| i (mm) | 12 | 14 | 16 | 20 | 25 |
|----------|----|----|----|----|------|
| nº i | - | - | - | - | 19 |
| nº capas | - | - | - | - | 2 |
| At (cm²) | - | - | - | - | 93,3 |
| wk (mm) | - | - | - | - | 0,25 |

Dadas las dimensiones de esta viga, se ha optado por prefabricarla en obra, en dos fases de hormigonado. Esto es: se realiza el encofrado, el armado y el hormigonado a pie de obra, y una vez está ejecutada se coloca en su sitio. Una vez allí, se procede a un segundo hormigonado con el resto del forjado.

Debido a la densidad de armaduras que se obtienen por cálculo en la cara inferior de la viga, se colocarán tres capas de armado. Esto produciría un cambio en el brazo mecánico que se considerará despreciable por dos razones:

- 1. Se trata de una disminución de tan solo 0,0125 m., que es medio diámetro de una barra.
- 2. Se ha armado la viga con dos barras más de las obtenidas por cálculo, que eran 19. Esto es así para crear una sección homogénea en armado en la cara inferior de la viga. Este armado de más, compensaría la diferencia de esfuerzos que pudiera provocar la variación del brazo mecánico.

Las separaciones entre las barras cumplen los requerimientos de la normativa EHE-08.

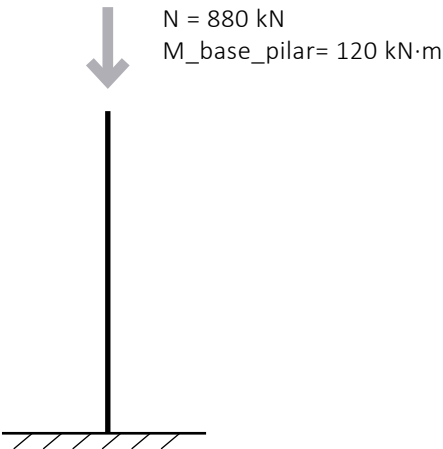
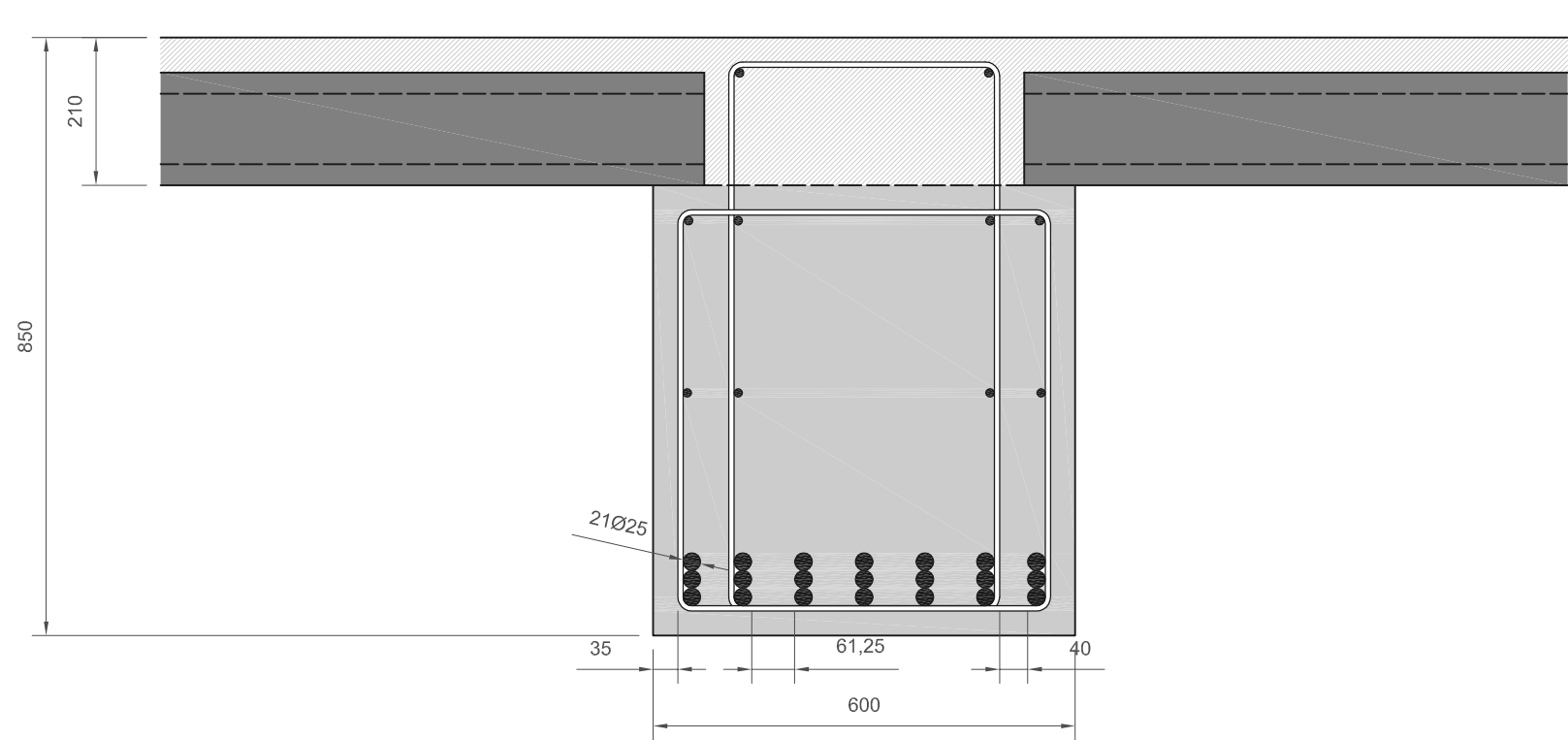
Determinación del armado del pilar

Esfuerzos sobre el pilar

Los esfuerzos sobre el pilar más desfavorable del pórtico son los siguientes:

N = 880 kN
M = 120 kN·m

Sección centro luz viga cubierta



Se realiza la comprobación del pilar mediante el prontuario informático de la EHE.

La geometría del pilar en su diseño inicial es del 50x60 cm².

La propuesto de armado y su consiguiente comprobación se adjunta a continuación, según el siguiente cálculo de sección a flexión compuesta recta:

1 Datos

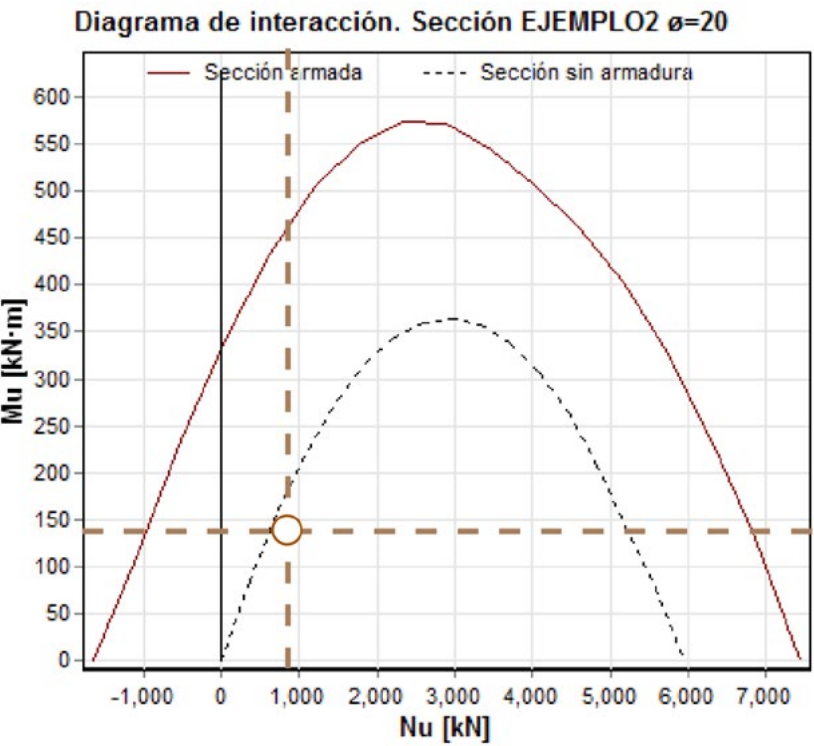
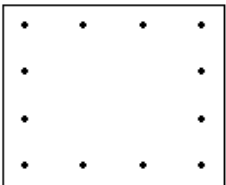
- Materiales

Tipo de hormigón : HA-30
Tipo de acero : B-500-S
fck [MPa] = 30.00
fyk [MPa] = 500.00
j_c = 1.50
j_s = 1.15

- Sección

Sección : EJEMPLO2
b [m] = 0.60
h [m] = 0.50
r [m] = 0.060

nº barras horizontales = 4
nº barras verticales = 4



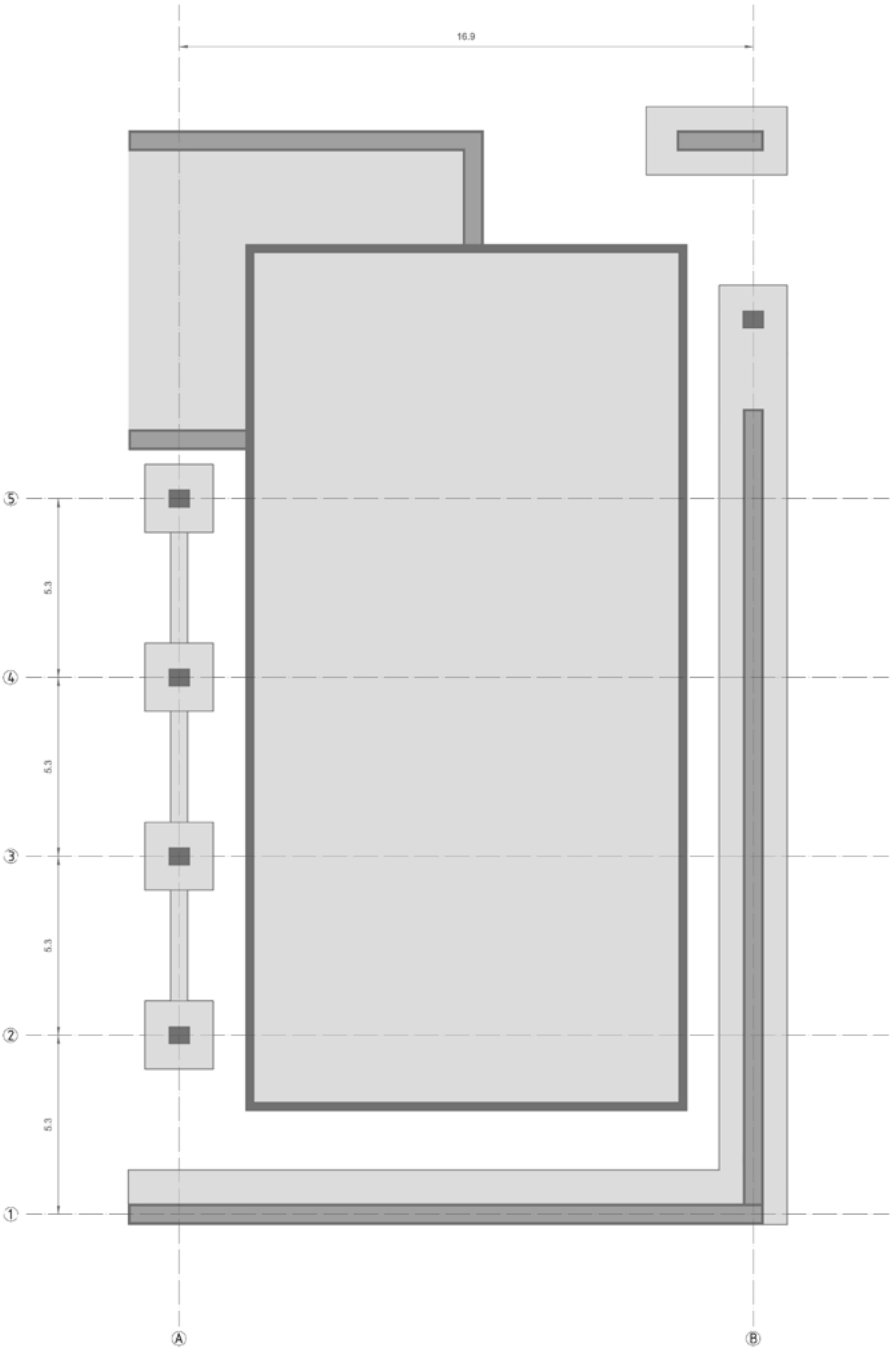
Como se observa en el diagrama resistente de la sección, para la acciones determinadas en la base del pilar (N = 880 kN ; M = 120 kN*m) el punto queda dentro de del diagrama de la sección resistente, por lo tanto queda comprobado la resistencia de nuestra sección para el pilar.

CIMENTACIÓN

Comprobación del estado límite de hundimiento

La cimentación es de tipo superficial. La transmisión de la carga axil del pilar al terreno se realizará mediante la ejecución de zapatas aisladas en pilares y zapata corrida en muros. La ejecución de la cimentación se realizará aproximadamente en la cota -2 m., donde suponemos que se encontrará el estrato más competente.

Tendremos las excavaciones precisas para realizar el cajeadado de la cimentación. Estas operaciones consistirán en excavar hasta la cota prefijada para colocar una capa de 10 centímetros de hormigón de limpieza y posteriormente hormigonar sobre las zapatas.



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.

Dada la inexistencia de estudios geotécnicos, se tomarán una serie de consideraciones:

- Se estimará una tensión admisible de 3,0 kg/cm2 para el cálculo de la cimentación.
- Se admitirá un comportamiento elástico del terreno y se aceptará una distribución lineal de tensiones.
- La parcela está lo suficientemente aislada de la edificación colindante como para no tener en cuenta los efectos de la excavación sobre ellos.
- Debido a la localización de la parcela se tendrá presente en el diseño de la cimentación la presencia del nivel freático, si bien no se considerará necesaria la realización de un vaso estanco.

De acuerdo con nuestro sistema de cimentación (cimentación superficial) se comprobará que el estado límite de hundimiento de acuerdo. al CTE-DB-CIMENTOS.

Verificación del estado límite de hundimiento

Las comprobaciones para verificar que una cimentación superficial cumple los requisitos necesarios se basarán en el método de los estados límite.

De acuerdo con la tipología de la estructura de cimentación se considera necesario verificar los siguientes estados límites últimos:

a) Hundimiento

De acuerdo al CTE-SE-C Cimientos, se verifica la seguridad frente al hundimiento cuando:

$$\frac{q_{hneto}}{q_{transmitida}} \geq \gamma_R$$

| Tabla 2.1. Coeficientes de seguridad parciales | | | | | |
|--|-----------------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------|
| Situación de dimensionado | Tipo | Materiales | | Acciones | |
| | | γ_R | γ_M | γ_E | γ_F |
| | Hundimiento | 3,0 ⁽¹⁾ | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| | Deslizamiento | 1,5 ⁽²⁾ | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| | Vuelco ⁽²⁾ | | | | |
| | Acciones estabilizadoras | 1,0 | 1,0 | 0,9 ⁽³⁾ | 1,0 |
| | Acciones desestabilizadoras | 1,0 | 1,0 | 1,8 | 1,0 |
| | Estabilidad global | 1,0 | 1,8 | 1,0 | 1,0 |
| | Capacidad estructural | - ⁽⁴⁾ | - ⁽⁴⁾ | 1,6 ⁽⁵⁾ | 1,0 |

Como se observa en el cuadro superior, para la verificación de este estado límite el coeficiente de mayoración de las acciones es 1.

Se ha predimensionado una cimentación superficial de zapatas combinadas, las cuales se han defindo a apartir de un módulo de zapata por pilar de 2x2 m2.

El axil que transmite el pilar a la zapata es de 623 kN

Carga transmitida al terreno:

$$623/2 \times 2 = 155 \text{ kN/m}^2$$

Comprobación:

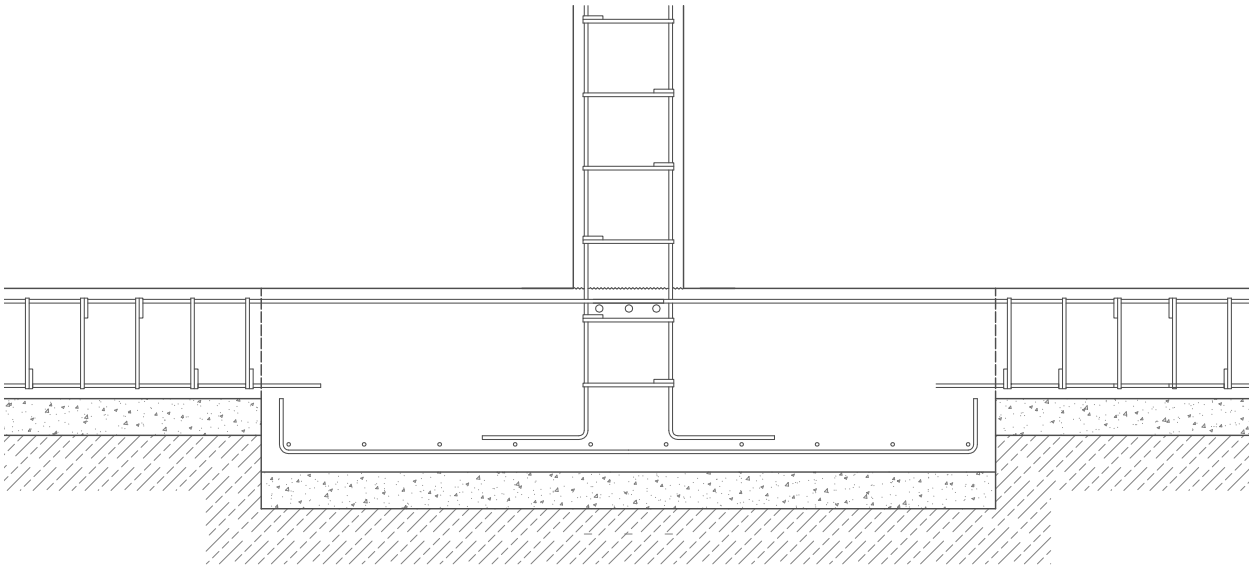
$$300/155 = 1,93 < 3 \text{--> No cumple---> Ampliar dimensiones de la zapata a } 2,5 \times 2,5 \text{ m}^2$$

$$300/ ((626/(2,5 \times 2,5)) = 2,99 \text{ ---> CUMPLE}$$

Finalmente obtenemos que las dimensiones de nuestras zapatas será de 2,5x2,5 m² y 0,5 m de canto.

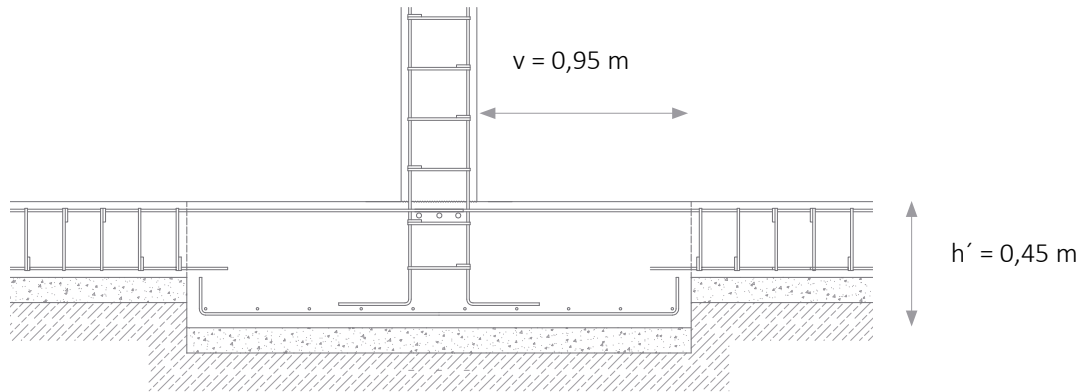
A continuación se adjunta un detalle de armado de la zapata tipo:

Sección de la zapata

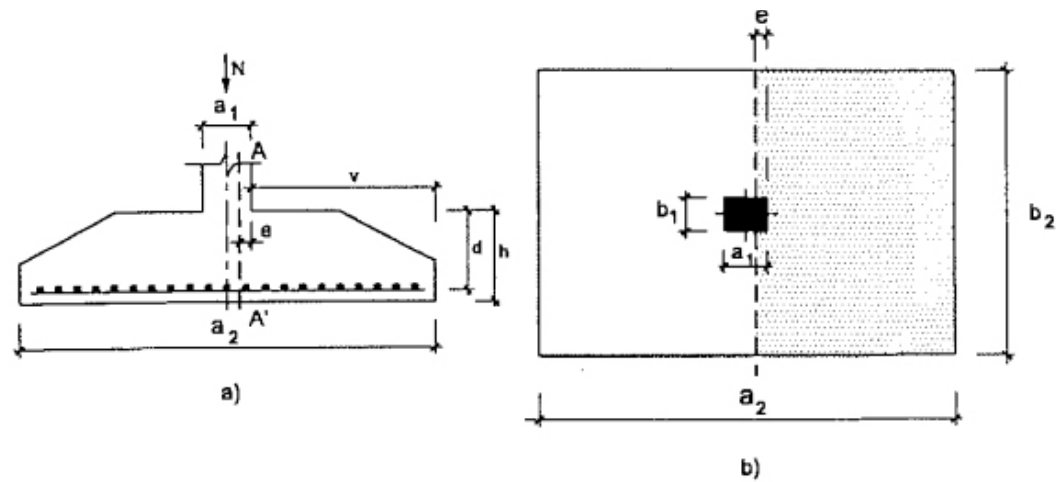


Cálculo del armado de una zapata

Tipo de zapata:



$v > 2 \cdot h'$
 $0,95 > 2 \cdot 0,45 \rightarrow$ ZAPATA FLEXIBLE



$$M_d = \frac{1}{2} \cdot \frac{N_d}{a_2} \left(\frac{a_2 - a_1}{2} + e \right)^2$$

El momento actúa sobre la sección de ancho b_2 y canto el de la zapata en cara de pilar, pero no más de $1,5 \times v$, siendo “ v ” el vuelo de la sección considerada.

$N_d = 880 \text{ kN}$
 $a_2 = 2,5 \text{ m}$
 $b_2 = 2,5 \text{ m}$
 $a_1 = 0,5 \text{ m}$
 $b_1 = 0,6 \text{ m}$
 $e = 0,15 \times a_1 = 0,075 \text{ m}$

$M_d = 203 \text{ kN}\cdot\text{m}$

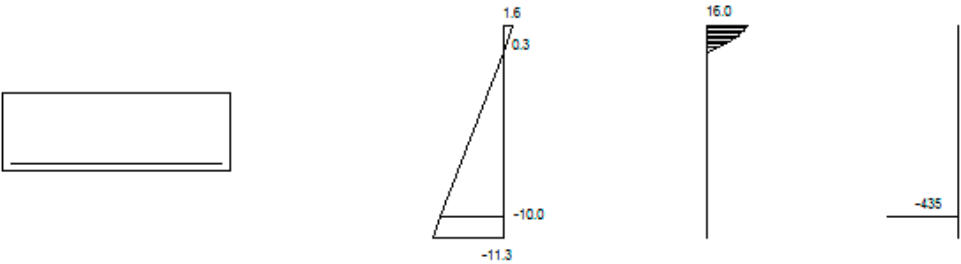
SECCIÓN DE CÁLCULO = $(1,5 \times 0,95) \times 0,5 \text{ m}^2$

- Sección

Sección : EJEMPLO1
 $b \text{ [m]} = 1.43$
 $h \text{ [m]} = 0.50$
 $r_i \text{ [m]} = 0.050$
 $r_s \text{ [m]} = 0.050$

2 Dimensionamiento

$M_d \text{ [kN}\cdot\text{m]} = 203$



Plano de deformación de agotamiento

$x \text{ [m]} = 0.062$
 $1/r \text{ [1/m]} \cdot 1.E-3 = 25.7$
 $\epsilon_s \cdot 1.E-3 = 1.6$
 $\epsilon_i \cdot 1.E-3 = -11.3$

Deformación y tensión de armaduras

| Profundidad (m) | Armadura (cm²) | Deformación 1·E-3 | Tensión (MPa) |
|--------------------|-------------------|----------------------|------------------|
| 0,050 | 0,0 | 0,3 | 0,0 |
| 0,450 | 20,0 | -10,0 | 434,8 |

$A_{t_est} \text{ (cm}^2\text{)} = 20,0$

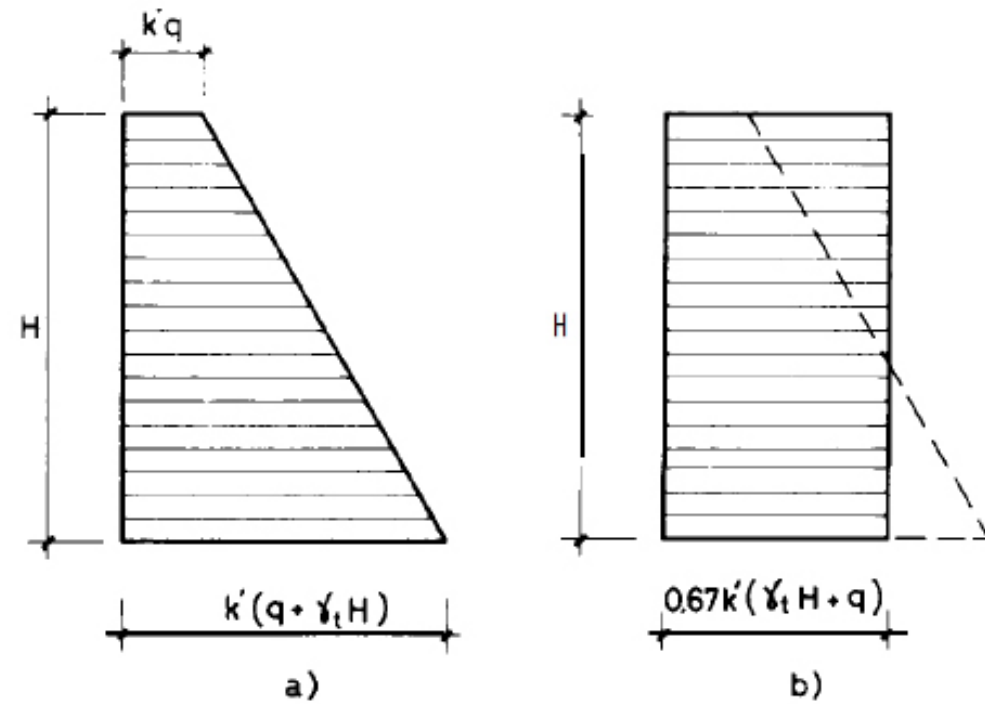
| i (mm) | 12 | 14 | 16 | 20 | 25 |
|----------|------|------|------|------|------|
| nº i | 18 | 13 | 10 | 7 | 5 |
| nº capas | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| At (cm²) | 20,4 | 20,0 | 20,1 | 22,0 | 24,5 |
| wk (mm) | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,11 |

Armamos la zapata con $10\Phi 16$ en cada dirección.

DESCRIPCIÓN Y FUERZAS ACTUANTES SOBRE EL MURO

EL muro de sótano tiene impedido el corrimiento en coronación y cimiento, su deformabilidad es muy baja y por lo tanto estaremos en el caso de empuje al reposo.

Para un relleno de densidad γ y la distribución de presiones que ejerce el terreno sobre el muro se muestra en la siguiente figura:



En nuestro caso no existe carga q sobre el terreno, por lo que nos quedamos con la distribución rectangular de tensiones. La presión sobre el muro quedaría con la siguiente expresión:

$$e = 0,67 \times k' \times \gamma \times H$$

Para el cálculo vamos a suponer que se utiliza un terreno como relleno con las siguientes propiedades:

$$\phi' = 30^\circ$$

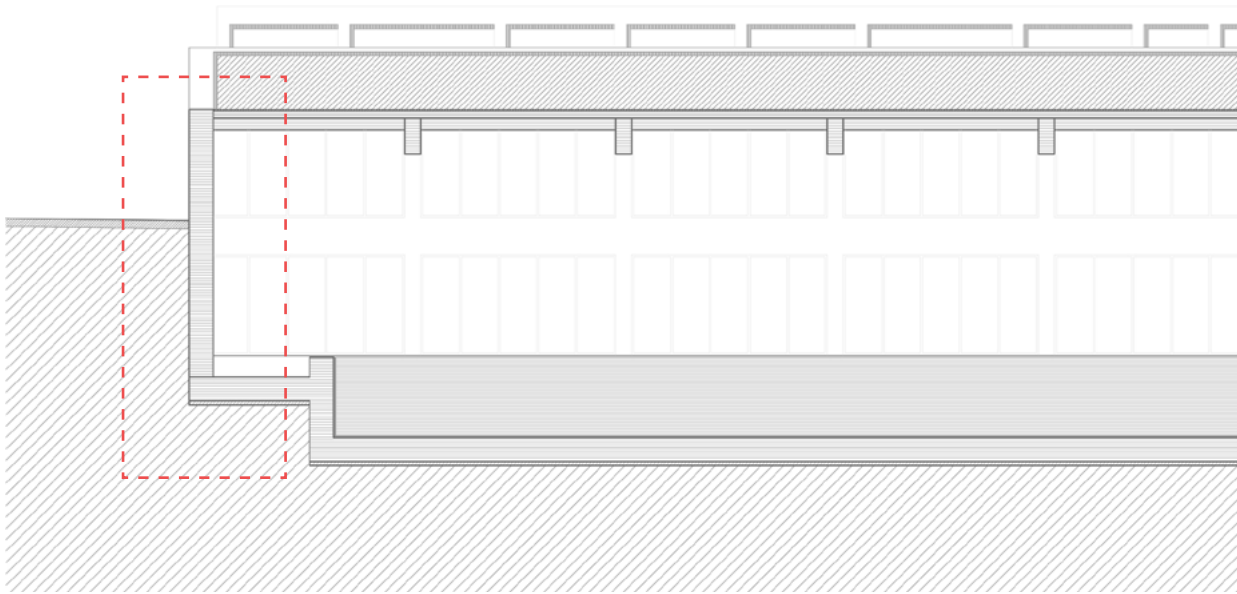
$$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$$

El coeficiente de empuje al reposo se determina mediante la siguiente expresión:

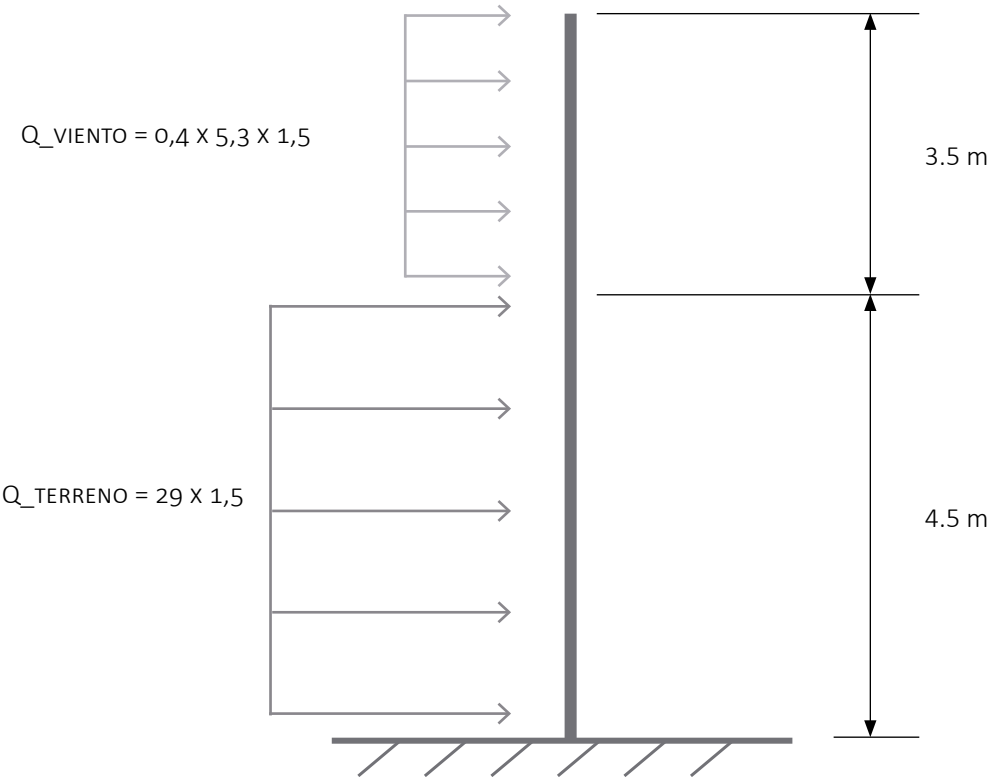
$$k' = 1 - \text{sen}\phi'$$

Finalmente el empuje e del terreno sobre el muro será:

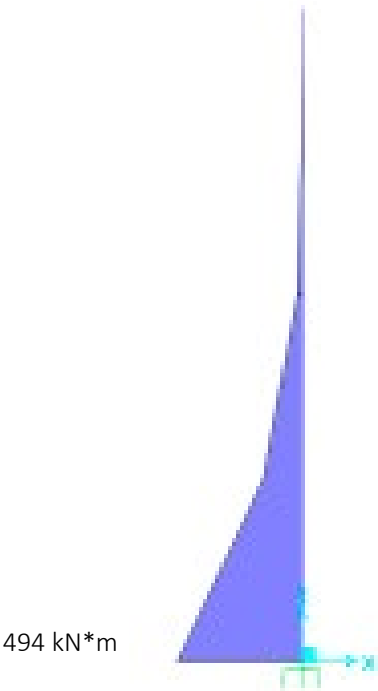
$$e = 0,67 \times 0,5 \times 25 \times 3,5 = 29 \text{ kN/m}$$



El sistema estructural del muro responde como una ménsula en voladizo y resiste como acciones laterales el empuje del terreno y el viento.



Momento flector en muro



Armado del muro

| Tipo de elemento estructural | | Tipo de acero | |
|------------------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | Aceros con $f_y = 400 \text{ N/mm}^2$ | Aceros con $f_y = 500 \text{ N/mm}^2$ |
| Pilares | | 4,0 | 4,0 |
| Losas ⁽¹⁾ | | 2,0 | 1,8 |
| Forjados unidireccionales | Nervios ⁽²⁾ | 4,0 | 3,0 |
| | Armadura de reparto perpendicular a los nervios ⁽³⁾ | 1,4 | 1,1 |
| | Armadura de reparto paralela a los nervios ⁽³⁾ | 0,7 | 0,6 |
| Vigas ⁽⁴⁾ | | 3,3 | 2,8 |
| Muros ⁽⁵⁾ | Armadura horizontal | 4,0 | 3,2 |
| | Armadura vertical | 1,2 | 0,9 |

La cuantía mínima vertical es la correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada.

A partir de los 2,5 m de altura del fuste del muro y siempre que esta distancia no sea menor que la mitad de la altura del muro podrá reducirse la cuantía horizontal en un 2%. En el caso en que se dispongan juntas verticales de contracción a distancias no superiores a 7,5 m, con la armadura horizontal interrumpida, las cuantías geométricas horizontales mínimas pueden reducirse un 2%. La armadura mínima horizontal deberá repartirse en ambas caras.

El muro tiene un ancho de 0,6m

As geométrica vertical = $1 \times 0,6 \times 0,9 / 1000 = 540 \text{ mm}^2$ En la cara de tracción. Disponer $\varnothing 12/25\text{cm}$

As geométrica horizontal = $1 \times 0,6 \times 3,2 / 1000 = 1.920 \text{ mm}^2$ Se reparte en dos caras. Disponer $\varnothing 12/25\text{cm}$

Armadura de cálculo en la base del muro: $M = 494 \text{ kNxm}$

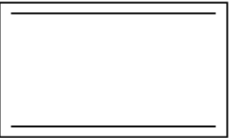
Sección de cálculo: $60 \times 100 \text{ cm}^2$

- Materiales

Tipo de hormigón : HA-25
Tipo de acero : B-500-S
 $f_{ck} \text{ [MPa]} = 25.00$
 $f_{yk} \text{ [MPa]} = 500.00$
 $j_c = 1.50$
 $j_s = 1.15$

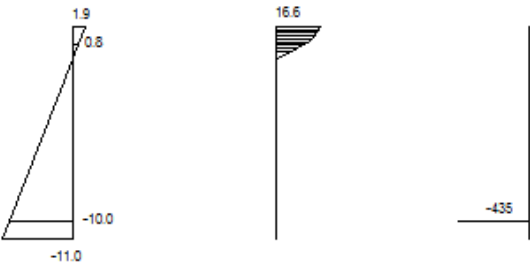
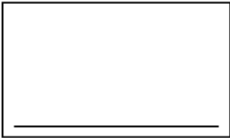
- Sección

Sección : EJEMPLO1
 $b \text{ [m]} = 1.00$
 $h \text{ [m]} = 0.60$
 $r_i \text{ [m]} = 0.050$
 $r_s \text{ [m]} = 0.050$



2 Dimensionamiento

$M_d \text{ [kN} \cdot \text{m]} = 494$



Plano de deformación de agotamiento

$x \text{ [m]} = 0.088$
 $1/r \text{ [1/m]} \cdot 1.E-3 = 21.6$
 $h_s \cdot 1.E-3 = 1.9$
 $h_l \cdot 1.E-3 = -11.0$

Deformación y tensión de armaduras

| Profundidad | Armadura | Deformación | Tensión |
|-------------|----------|-------------|---------|
| (m) | (m²) | 1·E-3 | (MPa) |
| 0,050 | 0,0 | 0,8 | 0,0 |
| 0,550 | 22,0 | -10,0 | 434,8 |

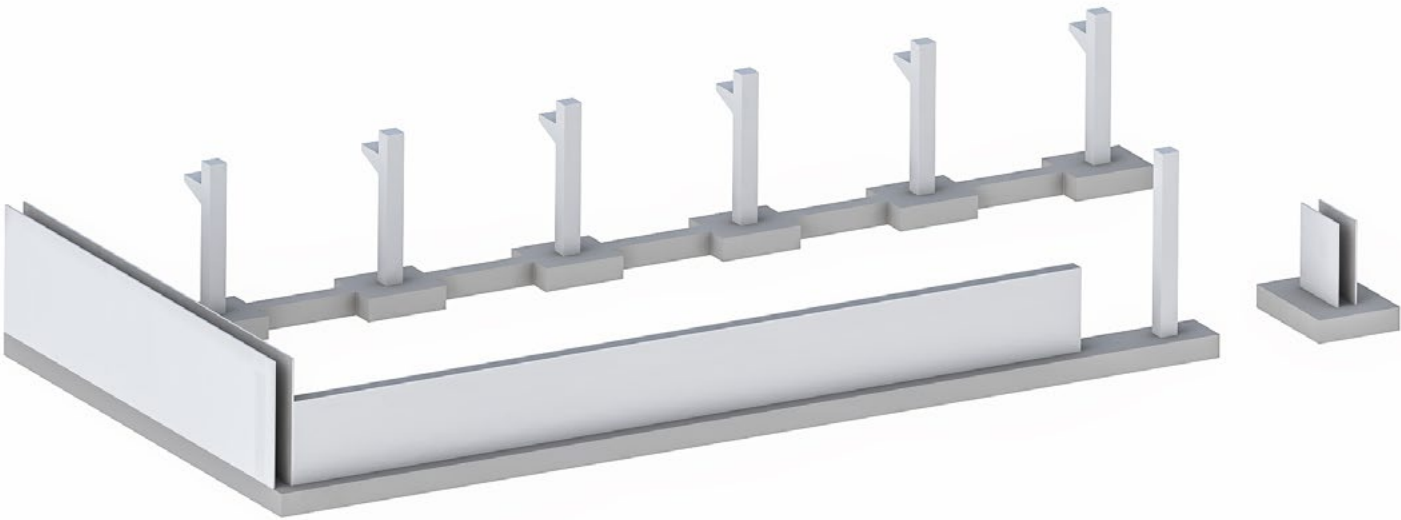
At_est (cm²) = 22,0

| | | | | | |
|----------|------|------|------|------|------|
| i (mm) | 12 | 14 | 16 | 20 | 25 |
| nº i | 20 | 15 | 11 | 7 | 5 |
| nº capas | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| At (cm²) | 22,6 | 23,1 | 22,1 | 22,0 | 24,5 |
| wk (mm) | 0,28 | 0,30 | 0,34 | 0,40 | 0,40 |

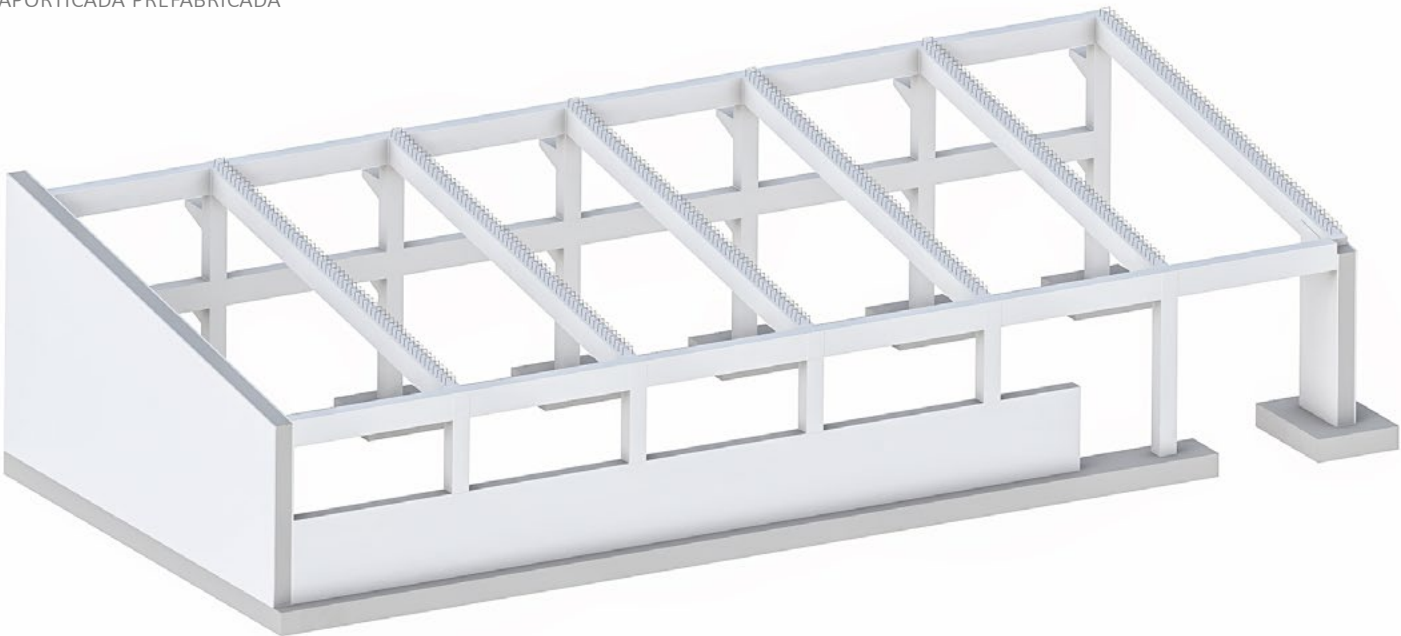
Disponer en cara de tracción en la base del muro al menos Ø20/12 cm

DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

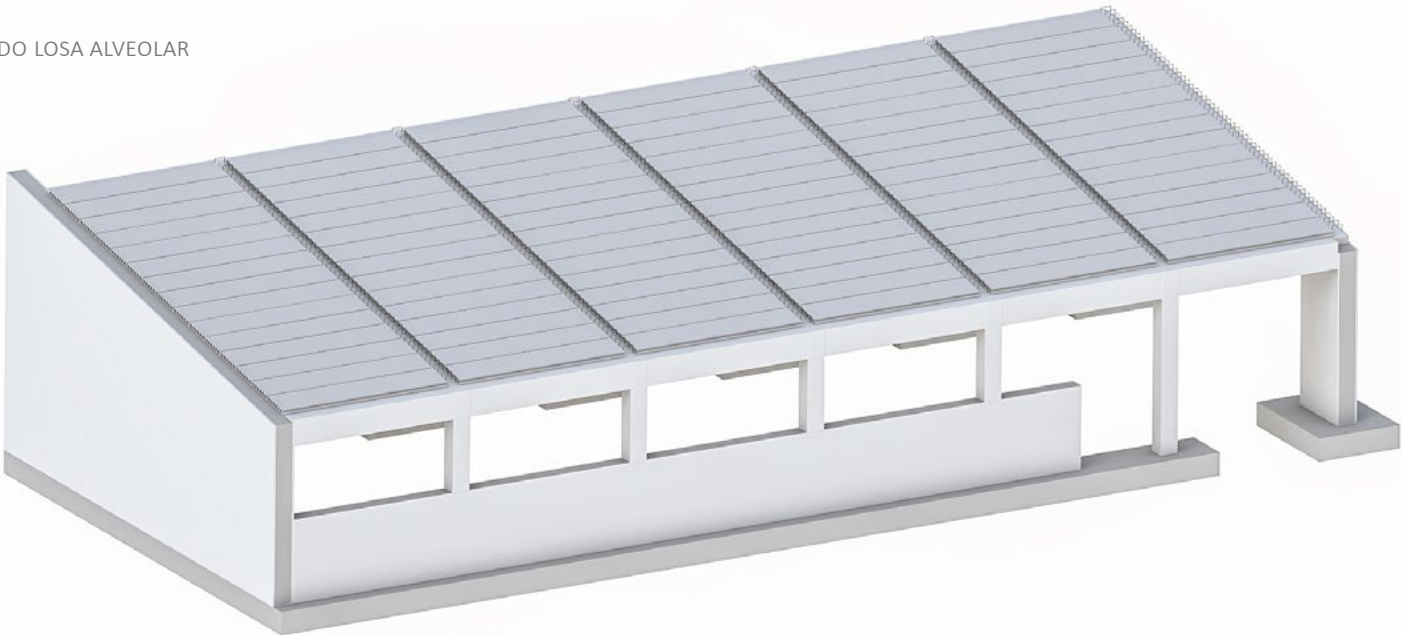
1.- CIMENTACIÓN

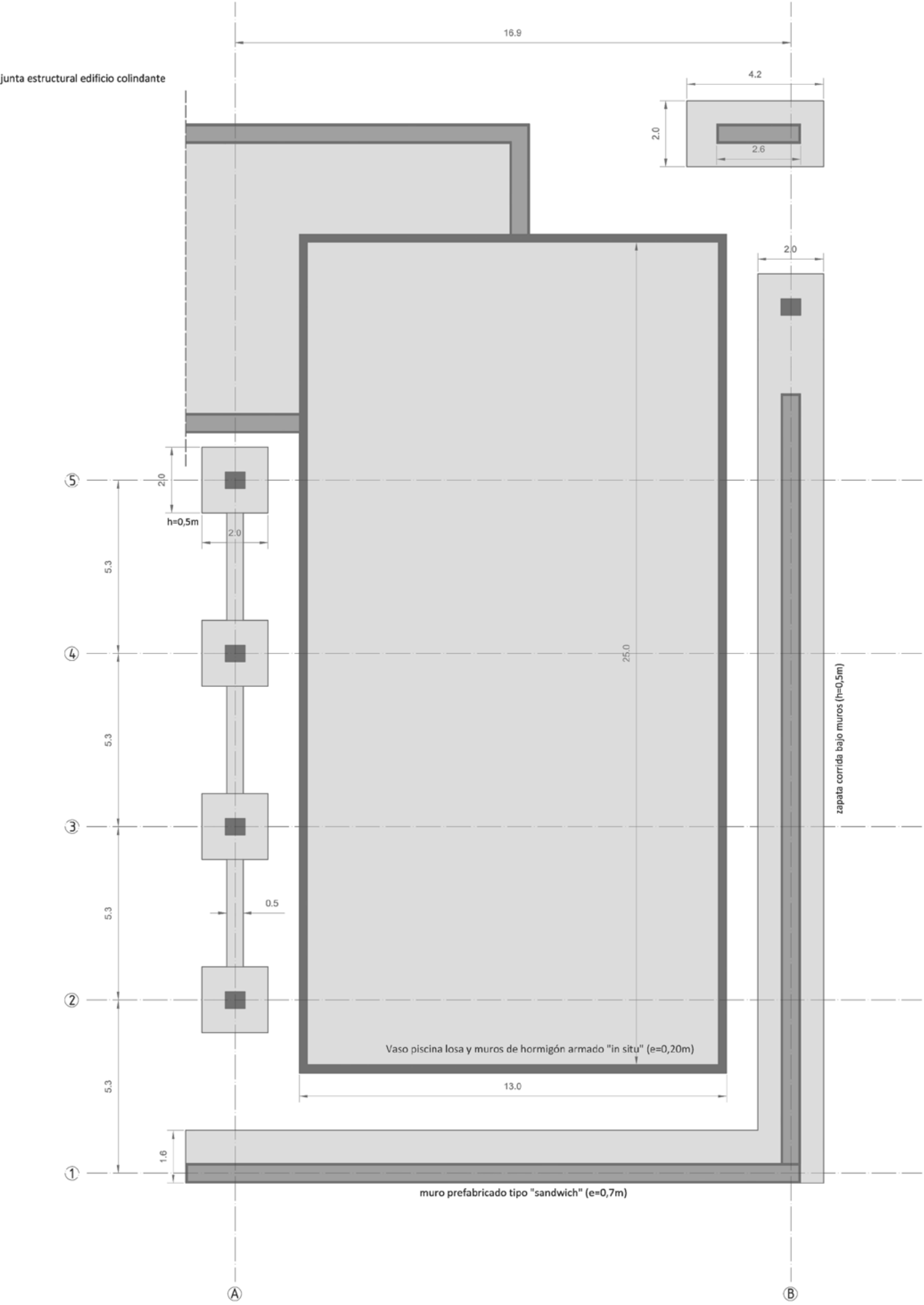


2.- ESTRUCTURA APORTICADA PREFABRICADA

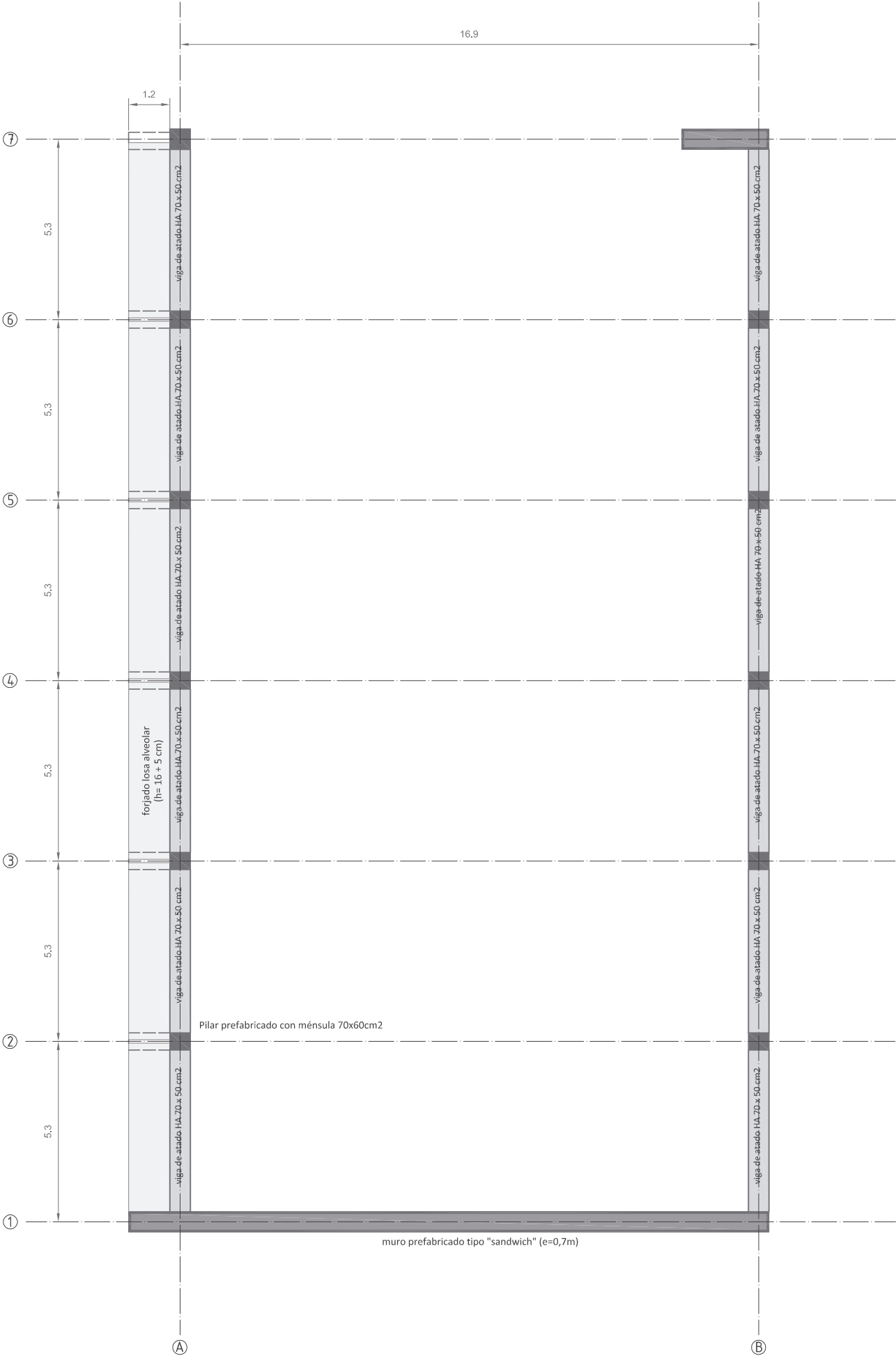


3.- CUBIERTA FORJADO LOSA ALVEOLAR



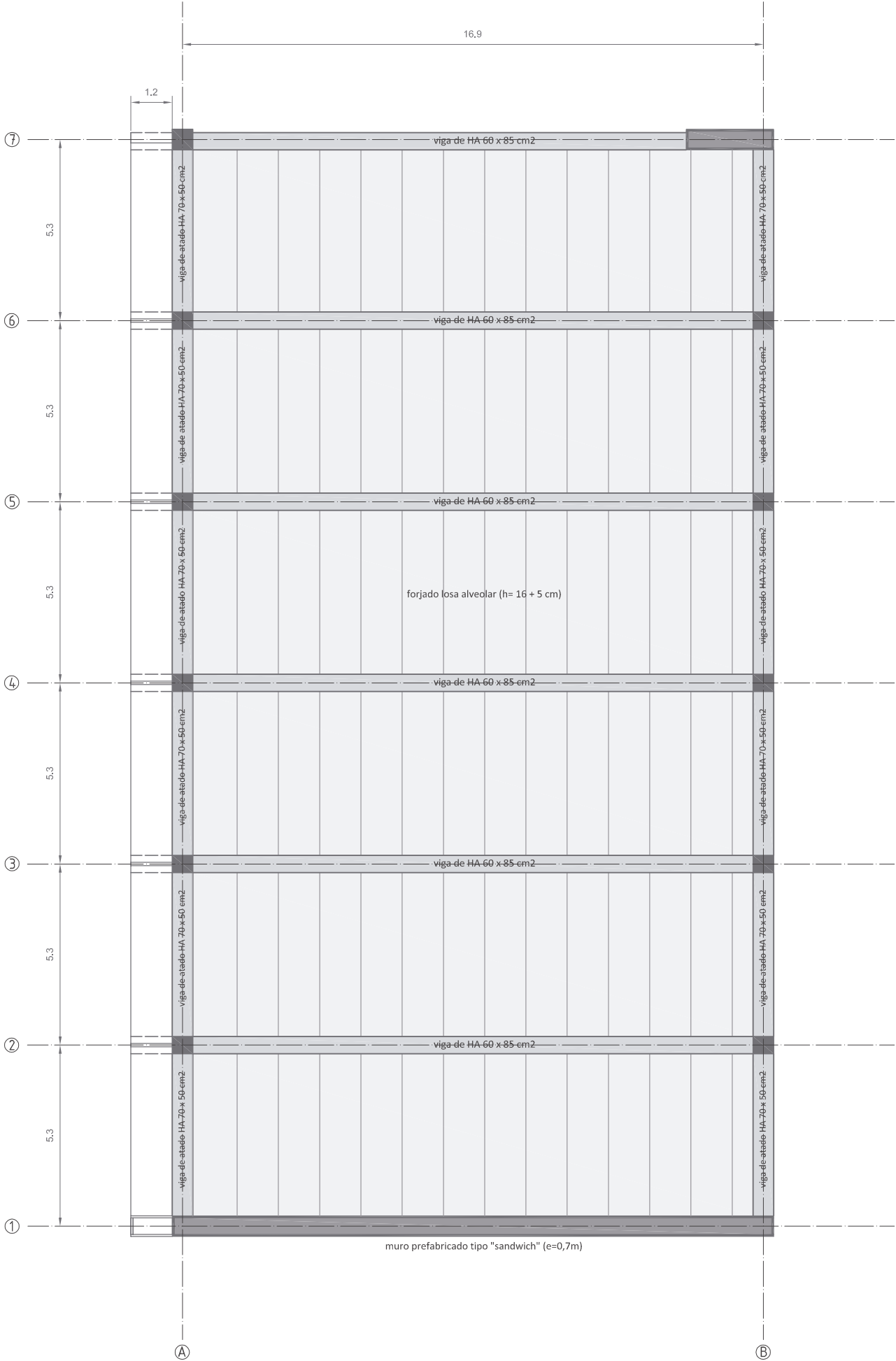


| CUADRO DE CARACTERÍSTICAS SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE | | | | | | | | |
|--|--|--|---|--------------------------------|--|------|----|----|
| HORMIGÓN | | | | | | | | |
| ELEMENTO ESTRUCTURAL | Tipo de hormigón | Nivel de control | Coefficiente parcial de seguridad (c) γ | Resistencia de cálculo (N/mm2) | Recubrimiento nominal (mm) | | | |
| In situ | HA- 25/P/40/IIb | ESTADÍSTICO | 1.50 | 16.6 | 35 | | | |
| Prefabricado | HA- 30/P/20/IIb | ESTADÍSTICO | 1.50 | 16.6 | 35 | | | |
| ACERO | | | | | | | | |
| ELEMENTO ESTRUCTURAL | Tipo de acero | Nivel de control | Coefficiente parcial de seguridad (s) γ | Resistencia de cálculo (N/mm2) | El acero estará garantizado por la marca AENOR | | | |
| Toda la obra | B 500 S | NORMAL | 1.15 | 435 | | | | |
| EJECUCIÓN | | | | | | | | |
| TIPO DE ACCIÓN | Nivel de control | Coefficiente parcial de seguridad (para ELU) | | | | | | |
| | | Efecto favorable | | | Efecto desfavorable | | | |
| Permanente | NORMAL | YG = 1.00 | | | YG = 1.50 | | | |
| Permanente de valor no constante | NORMAL | YG* = 1.00 | | | YG* = 1.60 | | | |
| Variable | NORMAL | YG= 0.00 | | | YG= 1.60 | | | |
| Resistencia Característica Hormigón (25 N/mm2) | RECUBRIMIENTO MÍNIMO (mm) SEGÚN CLASE EXPOSICIÓN | | | | | | | |
| Tipo Elemento General | I | IIa | IIb | IIIa | IIIb | IIIc | IV | Qa |
| | 20 | 25 | 30 | 35 | 35 | 40 | 35 | 40 |
| LONGITUD BÁSICA DE ANCLAJE (recta, patilla, gancho y gancho en U) (cm) | | | | | | | | |
| DIÁMETRO | 10 | | 12 | | 16 | | 20 | |
| POSICIÓN I | 21.75 | | 26.1 | | 38.4 | | 60 | |
| POSICIÓN II | 31.07 | | 37.28 | | 53.76 | | 84 | |



| CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y GEOMÉTRICAS DEL FORJADO | |
|---|-----------|
| RESISTENCIA CARACTERÍSTICA HORMIGÓN | 40 N/mm2 |
| RESISTENCIA CARACTERÍSTICA ACERO | 500 N/mm2 |
| ANCHO DEL FORJADO | 16+5 cm |
| ACCIONES PERMANENTES | |
| PESO PROPIO FORJADO | 4,4 kN/m2 |
| CUBIERTA | 2,5 kN/m2 |
| FALSO TECHO + INSTALACIONES | 0,5 kN/m2 |
| SOLADO | 1 kN/m2 |
| SOBRECARGAS DE USO | |
| PUBLICA CONCURRENCIA | 5,0 kN/m2 |
| EN CUBIERTA | 1,0 kN/m2 |
| NIEVE | 1,0 kN/m2 |

| CUADRO DE CARACTERÍSTICAS SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE | | | | | | | | | |
|--|------------------|--|---|--------------------------------|--|-------|------|----|----|
| HORMIGÓN | | | | | | | | | |
| ELEMENTO ESTRUCTURAL | Tipo de hormigón | Nivel de control | Coefficiente parcial de seguridad (c) γ | Resistencia de cálculo (N/mm2) | Recubrimiento nominal (mm) | | | | |
| in situ | HA- 25/P/40/IIb | ESTADÍSTICO | 1.50 | 16.6 | 35 | | | | |
| Prefabricado | HA- 30/P/20/IIb | ESTADÍSTICO | 1.50 | 16.6 | 35 | | | | |
| ACERO | | | | | | | | | |
| ELEMENTO ESTRUCTURAL | Tipo de acero | Nivel de control | Coefficiente parcial de seguridad (s) γ | Resistencia de cálculo (N/mm2) | El acero estará garantizado por la marca AENOR | | | | |
| Toda la obra | B 500 S | NORMAL | 1.15 | 435 | | | | | |
| EJECUCIÓN | | | | | | | | | |
| TIPO DE ACCIÓN | Nivel de control | Coefficiente parcial de seguridad (para ELU) | | | | | | | |
| | | Efecto favorable | | Efecto desfavorable | | | | | |
| Permanente | NORMAL | YG = 1.00 | | YG = 1.50 | | | | | |
| Permanente de valor no constante | NORMAL | YG* = 1.00 | | YG* = 1.60 | | | | | |
| Variable | NORMAL | YQ = 0.00 | | YQ = 1.60 | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Resistencia Característica Hormigón (25 N/mm2) | | RECUBRIMIENTO MÍNIMO (mm) SEGÚN CLASE EXPOSICIÓN | | | | | | | |
| Tipo Elemento General | | I | IIa | IIb | IIIa | IIIb | IIIc | IV | Qa |
| | | 20 | 25 | 30 | 35 | 35 | 40 | 35 | 40 |
| LONGITUD BÁSICA DE ANCLAJE (recta, patilla, gancho y gancho en U) (cm) | | | | | | | | | |
| DIÁMETRO | | 10 | | 12 | | 16 | | 20 | |
| POSICIÓN I | | 21.75 | | 26.1 | | 38.4 | | 60 | |
| POSICIÓN II | | 31.07 | | 37.28 | | 53.76 | | 84 | |



| CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y GEOMÉTRICAS DEL FORJADO | |
|---|-----------|
| RESISTENCIA CARACTERÍSTICA HORMIGÓN | 40 N/mm2 |
| RESISTENCIA CARACTERÍSTICA ACERO | 500 N/mm2 |
| ANCHO DEL FORJADO | 16+5 cm |
| ACCIONES PERMANENTES | |
| PESO PROPIO FORJADO | 4,4 kN/m2 |
| CUBIERTA | 2,5 kN/m2 |
| FALSO TECHO + INSTALACIONES | 0,5 kN/m2 |
| SOLADO | 1 kN/m2 |
| SOBRECARGAS DE USO | |
| PUBLICA CONCURRENCIA | 5,0 kN/m2 |
| EN CUBIERTA | 1,0 kN/m2 |
| NIEVE | 1,0 kN/m2 |

| CUADRO DE CARACTERÍSTICAS SEGÚN LA INSTRUCCIÓN EHE | | | | | | | | | |
|--|------------------|--|--|--------------------------------|--|-------|------|----|----|
| HORMIGÓN | | | | | | | | | |
| ELEMENTO ESTRUCTURAL | Tipo de hormigón | Nivel de control | Coefficiente parcial de seguridad (c) γ | Resistencia de cálculo (N/mm2) | Recubrimiento nominal (mm) | | | | |
| In situ | HA- 25/P/40/IIb | ESTADÍSTICO | 1.50 | 16.6 | 35 | | | | |
| Prefabricado | HA- 30/P/20/IIb | ESTADÍSTICO | 1.50 | 16.6 | 35 | | | | |
| ACERO | | | | | | | | | |
| ELEMENTO ESTRUCTURAL | Tipo de acero | Nivel de control | Coefficiente parcial de seguridad (s) γ | Resistencia de cálculo (N/mm2) | El acero estará garantizado por la marca AENOR | | | | |
| Toda la obra | B 500 S | NORMAL | 1.15 | 435 | | | | | |
| EJECUCIÓN | | | | | | | | | |
| TIPO DE ACCIÓN | | Nivel de control | Coefficiente parcial de seguridad (para ELU) | | | | | | |
| | | | Efecto favorable | | Efecto desfavorable | | | | |
| Permanente | | NORMAL | YG = 1.00 | | YG = 1.50 | | | | |
| Permanente de valor no constante | | NORMAL | YG* = 1.00 | | YG* = 1.60 | | | | |
| Variable | | NORMAL | YG = 0.00 | | YG = 1.60 | | | | |
| Resistencia Característica Hormigón (25 N/mm2) | | RECUBRIMIENTO MÍNIMO (mm) SEGÚN CLASE EXPOSICIÓN | | | | | | | |
| Tipo Elemento General | | I | IIa | IIb | IIIa | IIIb | IIIc | IV | Qa |
| | | 20 | 25 | 30 | 35 | 35 | 40 | 35 | 40 |
| LONGITUD BÁSICA DE ANCLAJE (recta, patilla, gancho y gancho en U) (cm) | | | | | | | | | |
| DIÁMETRO | | 10 | | 12 | | 16 | | 20 | |
| POSICIÓN I | | 21.75 | | 26.1 | | 38.4 | | 60 | |
| POSICIÓN II | | 31.07 | | 37.28 | | 53.76 | | 84 | |