

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CULINARIO

José María Calderón Busto

Ud. Garrido

Tutor: Ginés Garrido

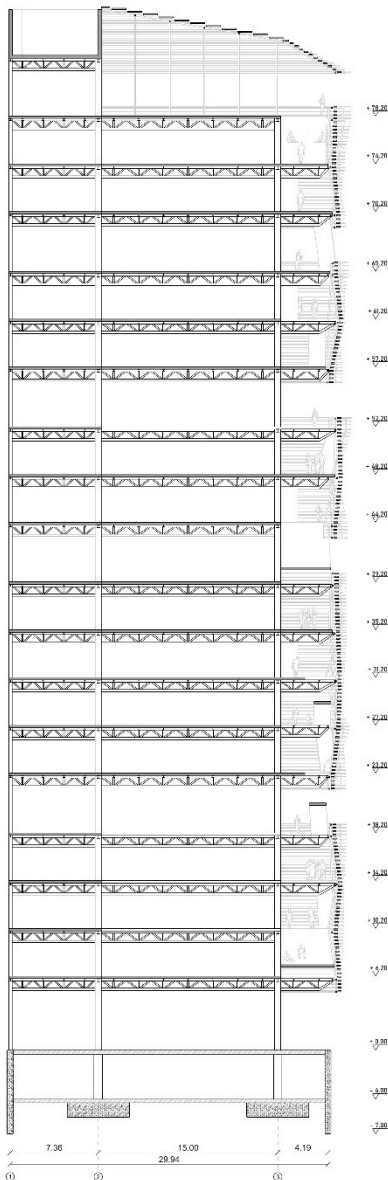
TALLER DE ESTRUCTURAS

Tutor: Antonio Aznar López

Máster Habilitante – Semestre Otoño 2025

1. MEMORIA

1.1. Descripción del proyecto.



El proyecto se concibe como una **propuesta de usos mixtos**, organizada en **cuatro bloques funcionales** claramente diferenciados.

El **primer bloque** está destinado a un **uso público**, albergando los espacios de **recepción y exposición**, además de articular el acceso al resto del conjunto.

El **segundo bloque** acoge el ámbito de **formación culinaria**, con **aulas teóricas y cocinas docentes** orientadas a la enseñanza gastronómica.

El **tercer bloque** se destina a **usos colectivos**, configurando una serie de espacios en los que el ciudadano puede **cocinar, compartir y disfrutar** de la experiencia culinaria y en la que se organizan eventos en la que los estudiantes enseñan a la ciudadanía.

Finalmente, el **cuarto bloque** presenta un carácter más privado, con la presencia de un **mercado** en la que hay puesto de comida en la que puedes comprar y disfrutar de la comida local en las zonas de comedor y las terrazas con las vistas de Madrid.

El objetivo principal del proyecto es **recuperar la cultura gastronómica** —cada vez más diluida— mediante la creación de **espacios donde se aprende, se investiga, se comparte y se disfruta de la cocina**.

El conjunto se materializa en una **torre de 78 metros de altura**, con una **planta rectangular de 40 x 25 metros**.

El análisis estructural se centra en el volumen de la torre, abordando tanto el comportamiento global del conjunto como el dimensionamiento detallado de los elementos más representativos.

La **estructura portante principal** está compuesta por un **entramado metálico de pilares y cerchas**. Las cerchas principales, dispuestas en la dirección del lado ancho de la planta, permiten salvar grandes luces reduciendo el canto estructural y optimizando el uso del material.

Con el objetivo de aligerar las cargas gravitatorias y mejorar la eficiencia constructiva, se adoptan **forjados mixtos de chapa colaborante** de acero y hormigón armado, que colaboran con las vigas metálicas en la transmisión de esfuerzos.

El **sistema de pórticos metálicos** queda **arriostrado mediante un núcleo central de hormigón armado**, al cual se vincula la estructura metálica. Este núcleo rígido proporciona estabilidad global a la torre, especialmente **frente a las acciones horizontales del viento**, y alberga en su interior las comunicaciones verticales y los elementos de evacuación de emergencia.

En conjunto, la **estructura sobre rasante** está formada por **pilares y vigas de acero con forjado mixto unidireccional de chapa colaborante**, mientras que la **estructura bajo rasante** se resuelve con **elementos de hormigón armado y forjados bidireccionales**.

La **cimentación** se compone de **muros pantalla perimetrales** y **zapatas** bajo los pilares principales, garantizando el adecuado reparto de cargas al terreno.

El **acabado exterior** de la torre se configura mediante una **doble piel**: una **fachada interior estanca** que asegura las condiciones térmicas y de climatización de los espacios, y una **piel exterior de lamas de aluminio**, dispuesta sobre una **subestructura de montantes**, que actúa como elemento de protección solar y de control ambiental.

1.2. Estudio geotécnico.

El solar se ubica en la **intersección de la Plaza de España con la Calle Martín de los Heros**, en el **Distrito de Argüelles (Madrid)**.

Como condicionante principal, la parcela comparte medianera con un edificio existente, lo que impone limitaciones en la ejecución de la cimentación y contención perimetral.

El perímetro del recinto de excavación se resuelve mediante **muros pantalla de hormigón armado de 50 cm de espesor**, que garantizan la estanqueidad y estabilidad del terreno durante las fases de obra y en servicio.

Dado que no se dispone de un estudio geotécnico específico realizado sobre la parcela, se ha tomado como referencia un **estudio geotécnico de un emplazamiento próximo**, de características geológicas y geotécnicas similares, consultado en la siguiente fuente:

https://geoportal.madrid.es/IDEAM_WBGEOPORTAL/dataset.iam?id=4643cca9-26ce-48e0-83ce-ab4e99da1c6b

En la siguiente tabla se encuentran resumidos los parámetros geotécnicos de las unidades identificadas en la zona próxima de la actuación:

DATOS CLASIFICACIONES

Prof. (m)	H.R.B.	GR	Observaciones
2.29999995		23.00000000 Arenas finas con/sin niveles de Arcillas (Tosco).	
5.19999981		23.00000000 Arenas finas con/sin niveles de Arcillas (Tosco).	
8.30000019		24.00000000 Arcillas con niveles de Arenas finas (Tosco).	
11.30000019		24.00000000 Arcillas con niveles de Arenas finas (Tosco).	
13.00000000		24.00000000 Arcillas con niveles de Arenas finas (Tosco).	
14.00000000		24.00000000 Arcillas con niveles de Arenas finas (Tosco).	

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

Prof. (m)	Tip. Mue.	Diam. (mm)	Carga Rotura (Kg/cm ²)	Altura (mm)	Deform (%)	Observaciones
13.00000000	Inalterada	76	4.94999981			
14.00000000	Inalterada	76	7.61000013			

En base a los resultados obtenidos del estudio geotécnico de referencia, se identifica un estrato competente de arcillas con arenas finas a partir de **los 5 metros de profundidad**, con resistencias a compresión simple entre 0,5 y 0,8 MPa. Se adopta una **tensión admisible del terreno comprendida de 250 kN/m²**, adecuada para cimentaciones profundas. En consecuencia, se propone una **cimentación superficial de zapatas** apoyados sobre dicho estrato resistente. Asimismo, la **contención perimetral mediante muros pantalla de 50 cm de espesor** se considera apropiada para garantizar la estabilidad de la excavación y la protección de las medianeras colindantes.

1.3. Normativa consultada.

Se aplica la normativa dictada por el **Código estructural** y el **Código Técnico de la Edificación**.

- CTE-DB-SE.** Seguridad estructural.
- CTE-DB-SE-AE.** Acciones en la edificación.
- CTE-DB-SE-C.** Cimientos.
- CTE-DB-SI.** Seguridad en caso de incendios.
- CTE-DB-SUA.** Seguridad de utilización y accesibilidad.
- NCSE-02.** Norma de construcción sismorresistente.

1.4. Características de los materiales.

1.4.1. Hormigón

a) Cimentación y contención

HA-30 / F / 40 / XC2. Hormigón adecuado para elementos en contacto con el terreno y humedad moderada. La resistencia $f_{ck} = 30$ MPa proporciona buena rigidez y control de fisuración, mientras que la clase de exposición XC2 garantiza la durabilidad requerida frente a la humedad.

b) Pilares

HA-30 / F / 20 / XC1. Se emplea el hormigón HA.30 para garantizar suficiente capacidad resistente y rigidez. La clase de exposición XC1 corresponde a elementos interiores secos.

c) Forjado bidireccional

HA-30 / F / 20 / XC2. Se emplea el hormigón HA.30 para garantizar suficiente capacidad resistente y rigidez. La clase de exposición XC2, es adecuada por situarse sobre el terreno y en un ambiente con posibles niveles de humedad variables.

d) Forjado de chapa colaborante

HA-25 / F / 20 / XC1. Se emplea el hormigón HA-25 suficiente para la losa colaborante, donde las solicitaciones son menores. La clase de exposición XC1 corresponde a elementos interiores secos.

1.4.2. Acero de armar

Acero B 500 S. Acero soldable con límite elástico característico de 500 MPa. Este acero combina alta resistencia mecánica y ductilidad, asegurando un comportamiento dúctil en los elementos de hormigón armado.

1.4.3. Acero laminado

Para la estructura metálica se emplean dos calidades de acero laminado según las solicitaciones de cada elemento. Los **soportes y vigas secundarias** se ejecutan con **acero S355 JR**. Para las **cerchas principales** se ejecutan con **acero S275 JR**, ya que las solicitaciones obtenidas en el cálculo no requieren una calidad superior, evitando así un sobredimensionado y optimizando el consumo de material

1.4.4. Chapa colaborante

La chapa colaborante utilizada es de **Acero galvanizado conformado en frío S280 GD**. La chapa dispone de recubrimiento galvanizado para garantizar su protección frente a la corrosión.

A continuación, se resumen las características de los materiales utilizados en obra con relación a los elementos estructurales en los que se emplean:

HORMIGÓN	Cimentación y contención	Pilares	Forjado bidireccional	Forjado unidireccional
Denominación	HA-30/F/40/XC2	HA-30/F/20/XC1	HA-30/F/20/XC2	HA-25/F/20/XC2
Límites asiento	40 - 100 mm	90 - 160 mm	90 - 160 mm	90 - 160 mm
Tipo de árido	Calizo	Calizo	Calizo	Calizo
Control	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico

ACERO	ACERO ARMAR	ACERO LAMINADO	ACERO LAMINADO	ACERO GALVANIZADO
Denominación	B 500 S	S355 JR	S275 JR	S280 GD
Tensión límite elástico	500 N/mm ²	355 N/mm ²	275 N/mm ²	280 N/mm ²
Exigencia	Marcado CE	Marcado CE	Marcado CE	Marcado CE

1.5. Acciones en Edificación.

1.5.1. Acciones Permanentes (G)

Cargas Permanentes (G)

Tabla C.5 Peso propio (Gk)		
Forjados	Chapa grecada	2 kN/m ²
Tabiquería	Tabique	1,2 kN/m ²
Cerramientos	Hoja simple	5 kN/m
Solados	Pavimento	1 kN/m ²
Cubierta	Cubierta plana	1,5 kN/m ²

1.5.2. Acciones variables (Q)

a) Sobrecargas de uso

Cargas Variables (Q)

Tabla 3.1 Sobrecarga de uso		
Centro Culinario	C3	5 kN/m ²
Comedor restaurante	C1	3 kN/m ²
Voladizo	C1 = 5 kN/m ² + 2 kN/m en borde	

b) Viento

Viento	
--------	--

Datos	
Madrid	Zona A
Ancho	25 m
Largo	40 m
Altura	80 m

$q_e = q_b * c_e * c_p$			
Presión	0,97	1,69	kN/m ²
Succión	-0,72		

D.1 Presión dinámica		
q_b	Zona A	0,42 kN/m²

D.2 Coeficiente de exposición			
C_e = F x (F + 7 k)		2,87	
F = k ln (max (z,Z)/L)		1,05	
Grado de aspereza	k	L (m)	Z (m)
v	0,24	1	10

Coeficiente eólico o de presión		
Esbeltez	3,2	2
C _p	0,8	0,8
C _s	-0,6	-0,6

c) Acciones térmicas

Acción Térmica		
T max	42 - 44 °C	22 °C
T mín	- 12 °C	10 °C

d) Nieve

Nieve		
Madrid	Altitud 660 m	Zona 4
Qnieve		0,6 kN/m²

e) Acción sísmica

Acción sísmica	
Ab < 0,04 g NO HACE FALTA CALCULAR	

f) Incendio

Incendio	
Resistencia al fuego de la estructura portante	R180

g) Impacto

Impacto	
Paralela vía	50 kN
Perpendicular vía	25 kN

h) Vibraciones

Vibraciones	
Pública concurrencia	7 Hz
Locales asientos fijos	3,4 Hz

i) Coeficientes de Seguridad

Coeficientes de Seguridad	
yG	1,35
yQ	1,5

j) Combinaciones de acciones

Acción gravitatoria: $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 0.6 \cdot Q_{\text{viento}} + 0.5 \cdot Q_{\text{nieve}}$

Acción vertical más viento: $G + Q \pm Q_{\text{viento}}$

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

COMBINACIONES DE ACCIONES				
ACCIONES		Ptipo	Cubierta	
PERMANENTES kN/m ²	Gk	4,20	5,70	
	Gd	5,67	7,70	
VARIABLES kN/m ²	Qk	4,00	4,30	
	Qd	6,00	6,45	
TOTAL kN/m ²	Gk + Qk	8,20	10,00	
	Gd + Qd	11,67	14,15	

k) Coeficientes simultaneidad

Coeficientes simultaneidad			
	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga	0,7	0,5	0,3
Nieve	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Terreno	0,7	0,7	0,7

Coeficientes reducción sobrecargas	
Elemento vertical	0,8
Elemento horizontal	0,8

1.5.3. Limitaciones geométricas

Los **límites de deformación** adoptados en el cálculo estructural se ajustan a los criterios de servicio establecidos por el **Código Estructural** y el **CTE DB-SE**.

Deformación vertical:

Se limita la **flecha máxima admisible** en vigas y forjados a **L/300**.

Desplomes:

Para el control de la rigidez global del conjunto frente a acciones horizontales (viento o sismo), se establecen los siguientes límites:

- a) **Desplome total:** inferior a **1/500 de la altura total del edificio**.
- b) **Desplome local:** inferior a **1/250 de la altura de cada planta**, en cualquiera de sus niveles.

2. DEFINICIÓN Y CÁLCULOS

2.1. Método de cálculo.

En una primera fase, se ha realizado un **predimensionado de la estructura** tomando como referencia la bibliografía técnica especializada —*Apuntes de Estructuras III y Proyectos de Estructuras y Números gordos en proyectos de estructuras*, con el objetivo de establecer las secciones iniciales y definir el esquema resistente general del edificio.

Los **diagramas de esfuerzos** de los elementos principales se han obtenido mediante el programa **Ftool – Two Dimensional Frame Analysis Tool**, que permite un análisis elástico lineal de pórticos planos y facilita la interpretación del comportamiento global de la estructura.

2.2. Cálculo de forjados

2.2.1. Forjado mixto unidireccional

Las plantas sobre rasante se resuelven mediante un forjado mixto hacer-hormigón, formado por chapa colaborante galvanizada y una losa de hormigón vertical in situ. El sistema trabaja de forma unidireccional, transmitiendo las cargas a las vigas secundarias metálicas.

Para el **dimensionado**, se ha considerado la **carga de uso más desfavorable**, correspondiente a $q = 1167 \text{ daN/m}^2$ ($\approx 11,67 \text{ kN/m}^2$).

Del análisis resulta adecuado el empleo de una **chapa colaborante INCO 70.4**, con un **espesor de 1,2 mm** y un **canto total de forjado de 150 mm**.

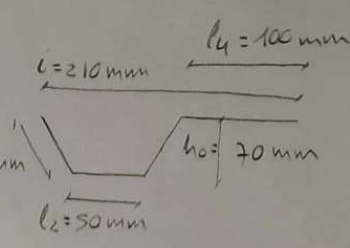
FORJADO UNIDIRECCIONAL

Carga $q_d = 1167 \text{ kN/m}^2 \rightarrow 1167 \text{ daN/m}^2$

$L_u = 7$ vanos = $2,8 \text{ m}$

INGO 70.4

- $e = 12 \text{ mm}$
- Canto = 150 mm
- Peso propio = $2,12 \text{ kN/m}^2$
- Sobrecarga de uso: 1222 (1289) daN/m^2
 $8/12 = \text{mm}^2/\text{m}$



A) ESTADO SIN FRAGUAR

$t(\text{cm}) \geq \frac{m_0 \cdot \text{interjeje}}{f_2 \cdot h_0 \cdot j_y} = \frac{2,08 \text{ m.kN} \cdot 0,21 \text{ m}}{5 \text{ cm} \cdot 0,07 \text{ m} \cdot 26 \text{ kN/cm}^2} = 0,048 \text{ cm} = 0,48 \text{ mm}$

$0,48 \text{ mm} \leq 1,2 \text{ mm} \checkmark$

$m_0 = \frac{q_0 \cdot L^2}{8} = \frac{2,12 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,8^2}{8} = 2,08 \text{ m.kN}$

B) ESTADO FRAGUADO

① Centro de gravedad de la chapa

$y_s = \frac{0,89 \cdot 3,5 + 0,6 \cdot 0,06 + 0,89 \cdot 3,5 + 1,2 \cdot 7}{3,58} = \frac{14,67 \text{ cm}^3}{3,58 \text{ cm}^2} = 4,1 \text{ cm}$

② Profundidad fibra comprimida y brazo de palanca

$U_s = U_c$

$c(\text{cm}) = \frac{A_s \cdot j_y}{\text{interjeje}(\text{cm}) \cdot f_c} = \frac{3,58 \text{ cm}^2 \cdot 26 \text{ kN/cm}^2}{2,1 \text{ cm} \cdot 17 \text{ kN/cm}^2} = 2,61 \text{ cm}$

$Z = h - \frac{c}{2} - y_s = 13 \text{ cm} - \frac{2,61 \text{ cm}}{2} - 4,1 \text{ cm} = 7,6 \text{ cm}$

③ Momento resistido

$m(\text{kNm/ml}) = \frac{A_s \cdot j_y \cdot Z}{\text{interjeje}(\text{m})} = \frac{3,58 \text{ cm}^2 \cdot 43 \text{ kN/cm}^2 \cdot 0,076 \text{ m}}{0,21 \text{ m}} = 59,09 \text{ m.kN}$

$A_s(\text{cm}^2/\text{interjeje}) = \frac{59,09 \text{ m.kN} \cdot 0,21 \text{ m}}{0,076 \text{ m} \cdot 43 \text{ kN/cm}^2} = 3,36 \text{ cm}^2/\text{interjeje} \rightarrow \phi 8$

c) ESTADO INCENDIO

B60 \rightarrow Redondas de 4 cm

Reducción momento incendio $\rightarrow m_i = \frac{m}{1,6} = \frac{59,09}{1,6} = 34,4 \text{ m.kN}$

$d_{y_i} = 0,78 \cdot j_y$ $f_{c_i} = 0,6 \cdot f_c$

$A_{s_i} = \frac{m_i \cdot \text{interjeje}}{Z_i \cdot f_{c_i}} = \frac{34,4 \text{ m.kN} \cdot 0,21 \text{ m}}{7,2 \text{ cm} \cdot 0,78 \cdot 43 \text{ kN/cm}^2} = 0,029 \text{ cm}^2$

Separación 20x20

2.2.2. Forjado bidireccional

La planta baja se resuelve mediante un forjado bidireccional de hormigón armado ejecutado con casetones. Este sistema permite que la losa trabaje en dos direcciones, reduciendo el peso propio respecto a una losa maciza.

El resultado es un forjado bidireccional de casetones con un **canto de 70 cm** y una armadura superior **12 Ø20** y una armadura inferior **8 Ø20** en la secundaria, armadura suficiente para resistir los momentos de cálculo y limitar las flechas en situación de servicio.

Se disponen armaduras superiores adicionales sobre los apoyos, con diámetros y separaciones análogos a los de las armaduras inferiores, para resistir los momentos negativos y el punzonamiento en los apoyos más solicitados.

FORJADO BIDIRECCIONAL

$$\text{Canto} \rightarrow h(m) = \frac{L_{\text{oz mayor}} (\text{cm})}{24} = \frac{1500 \text{ cm}}{24} = 62.5 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

$$\text{Recubrimiento} \Rightarrow r = 3 \text{ cm}$$

$$M = \frac{q_d \cdot s \cdot L}{8} = \frac{11.67 \cdot 5.6 \cdot 15^2}{8} = 2166 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Armadura superior

$$A_s (\text{cm}^2/\text{m}) = \frac{m \cdot (\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m})}{z (\text{m}) \cdot f_y (\text{kN}/\text{cm}^2)} = \frac{(0.375 \cdot 2166 \cdot 0.75) / (6.6/4)}{(5.6/4) \cdot 0.7 \cdot 0.70 \cdot 17} = 22 \text{ cm}^2 \rightarrow 12 \phi 20$$

$$\phi 12 \rightarrow A = 1.13 \text{ cm} \rightarrow 0$$

$$\phi 16 \rightarrow A = 2.01 \text{ cm}$$

Armadura inferior

$$A_s (\text{cm}^2/\text{nervio}) = \frac{M / \text{kN}\cdot\text{m}/\text{nervio}}{z (\text{m}) \cdot f_y (\text{kN}/\text{cm}^2)} = \frac{(0.3 \cdot 2166 \cdot 0.75) / (6.6/2)}{0.8 \cdot 0.7 \cdot 17} = 15.51 \text{ cm}^2 \rightarrow 8 \phi 20$$

2.3. Estructura horizontal

El dimensionamiento de las vigas secundarias y las correas se ha realizado a partir del análisis del **pórtico tipo 3**, constituido por seis vanos consecutivos de **6,6 m** de luz cada uno.

2.3.1 Vigas secundarias

En el pórtico tipo 3, las **vigas secundarias** conectan con los **soportes metálicos principales**, recogiendo las cargas transmitidas por las correas y garantizando la continuidad estructural en cada vano.

Las correas se dimensionan con un **perfil HEB 260**.

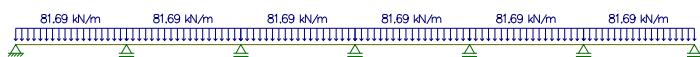


Diagrama cortante

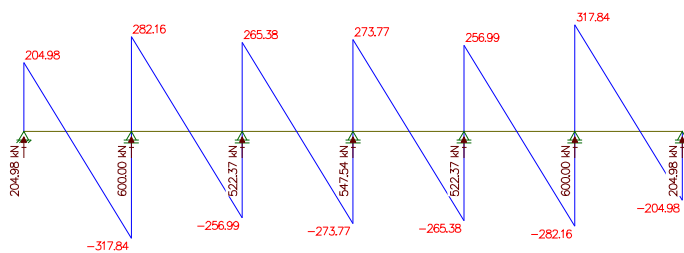
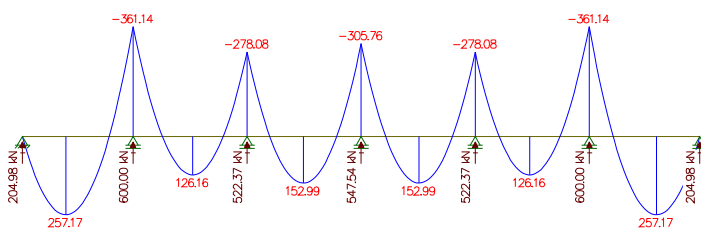
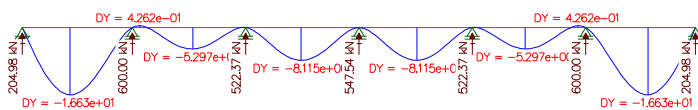


Diagrama momento



Desplazamientos



2.3.2 Correas

Las correas presentan una **luz de 6,6 m** y se disponen con una **separación de 2,8 m**, coincidiendo con la posición de los montantes de la cercha principal. Su función es **recibir el forjado de chapa colaborante**, recoger las cargas gravitatorias y transmitir las a la cercha.

Las correas se dimensionan con un **perfil HEB 180**.

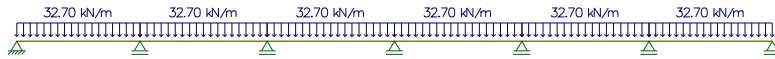


Diagrama cortante

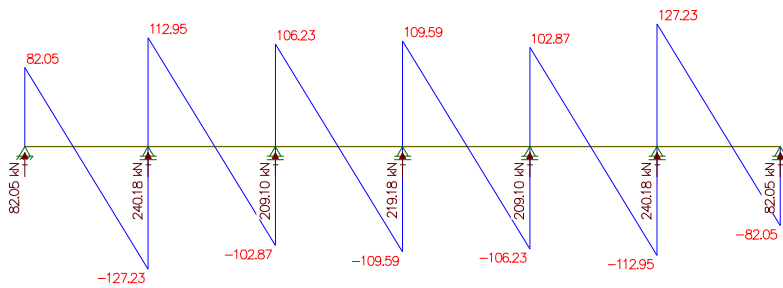
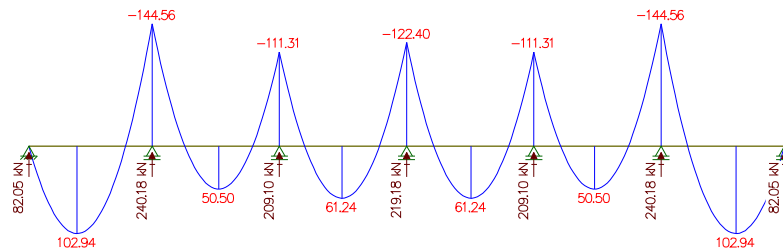
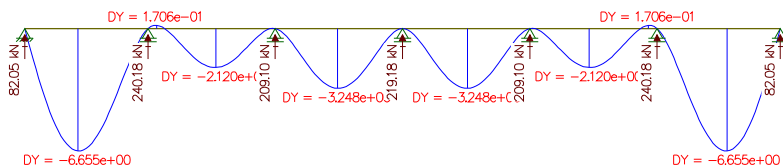


Diagrama momento



Desplazamientos

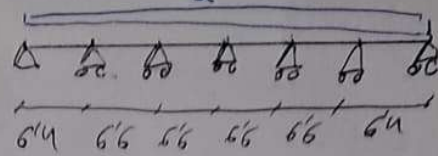


VIGAS METÁLICAS \rightarrow Módulo de resistencia elástica.

$$q_d \rightarrow V_d \rightarrow f_{vd}$$

$$V_{max} \rightarrow B(\text{cm}^2) \geq \frac{V_{max}}{f_v}$$

$$f_v = \frac{1}{\sqrt{3}}$$



Viga secundaria = 81'69 kN/m

Correa = 32'7 kN/m.

$$M_{max}(\text{kN}\cdot\text{cm}) \rightarrow W(\text{cm}^3) \geq \frac{M_{max}}{f}$$

Viga secundaria

$$V_{max} = 317 \text{ kN} \quad M_{max} = -361 \text{ mKN}$$

$$W = \frac{361 \text{ mKN}}{355 \text{ kN/mm}^2} \cdot \frac{10^6}{10^3} = 1017 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{HEB 260}$$

$$A_w = t_w \cdot h_i = 10 \cdot 225 = 2250 \text{ mm}^2$$

$$B(\text{mm}^2) \geq \frac{V_{max}}{f_v} = \frac{317000 \text{ N} \cdot \sqrt{3}}{355 \text{ N/mm}^2} = 1546'65 \text{ mm}^2 \leq 2250 \text{ mm}^2 \checkmark$$

$$\text{Flecha} \rightarrow S_{max} \leq S_{adm} = \frac{L}{300} = \frac{6600}{300} = 22 \text{ mm.}$$

$$\rightarrow 16 \text{ mm} \leq 22 \text{ mm} \checkmark$$

Correa

$$V_{max} = 127 \text{ kN} \quad M_{max} = -144 \text{ mKN.}$$

$$W = \frac{144 \text{ mKN}}{355 \text{ kN/mm}^2} \cdot \frac{10^6}{10^3} = 405'63 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{HEB 180}$$

$$A_w = 152 \cdot 8'5 = 1292 \text{ mm}^2$$

$$B(\text{mm}^2) \geq \frac{127000 \text{ N} \cdot \sqrt{3}}{355 \text{ N/mm}^2} = 619'63 \text{ mm}^2 \leq 1292 \text{ mm}^2 \checkmark$$

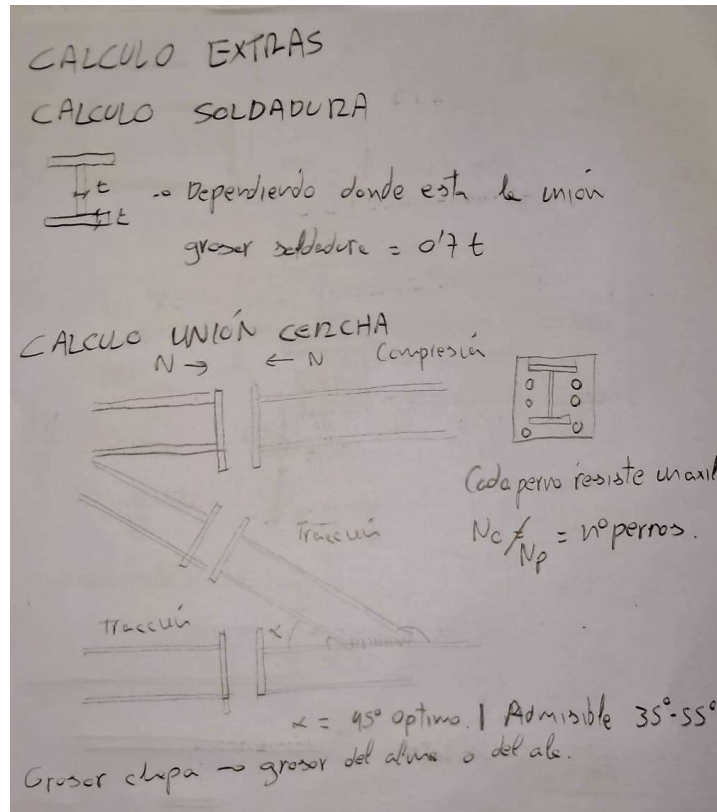
$$\text{Flecha} = 6'6 \text{ mm} \leq 22 \text{ mm} \checkmark$$

2.3.2 Cerchas principales

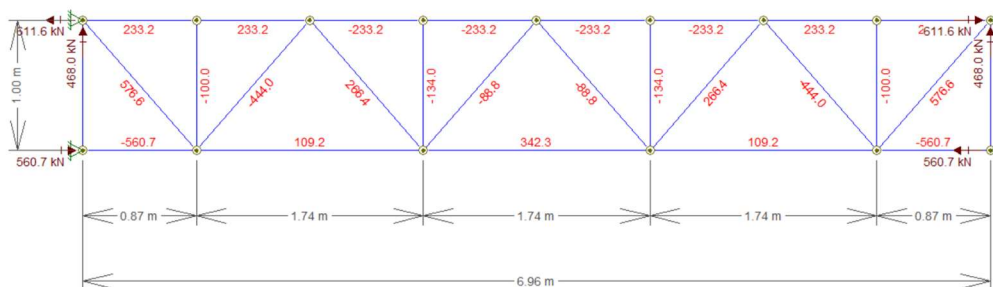
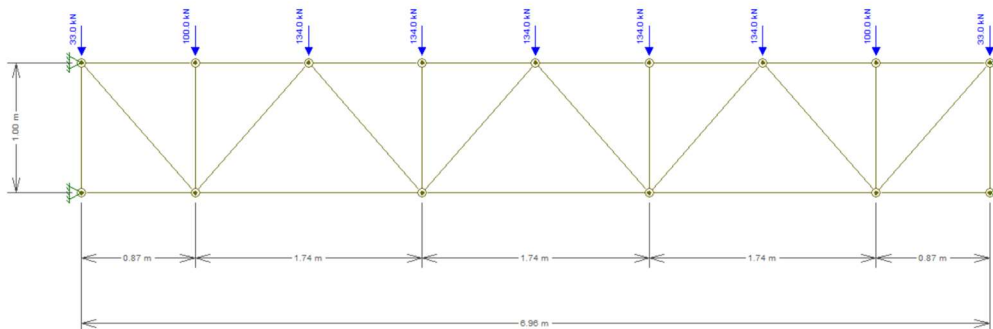
El **dimensionado de las cerchas principales** se realiza a partir del **análisis del pórtico B**, considerado el más representativo del comportamiento estructural del conjunto.

El **cálculo** se ha desarrollado en **tres fases constructivas** que reproducen el proceso real de montaje:

Se realiza un primer dimensionado con un canto total de la cercha de **1 metros**.



Fase 1: ejecución del **tramo A**, con una luz de **7 metros**. Teniendo como resultado el **cordón superior HEB 200**, **cordón inferior HEB 200**, **Montante HEB 100** y **Diagonal HEB 100**.



Acero laminado 275S	
fk	27,5 kN/cm ²
γM	1,05
f _{yd}	26,19 kN/cm ²
λ1 = Esbeltez mecánica	86,8

Cordon superior	
Axil (Compresión)	-233 kN
HEB	200

HEB 200	Area (cm ²)	78,1	Lp (cm)	103	iy (cm)	8,54	iz (cm)	5,07
Eje y								
$\lambda = Lp / iy * 1 / \lambda 1$	0,14	curva b	χ	1	$w = 1 / \chi$	1,00	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 2,98
Eje z								
$\lambda = Lp / iz * 1 / \lambda 1$	0,23	curva c	χ	0,99	$w = 1 / \chi$	1,01	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 3,01

Cordon inferior	
Axil (Compresión)	-560 kN
HEB	200

HEB 200	Area (cm ²)	78,1	Lp (cm)	103	iy (cm)	8,54	iz (cm)	5,07
Eje y								
$\lambda = Lp / iy * 1 / \lambda 1$	0,14	curva b	χ	1	$w = 1 / \chi$	1,00	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 7,17
Eje z								
$\lambda = Lp / iz * 1 / \lambda 1$	0,23	curva c	χ	0,99	$w = 1 / \chi$	1,01	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 7,24

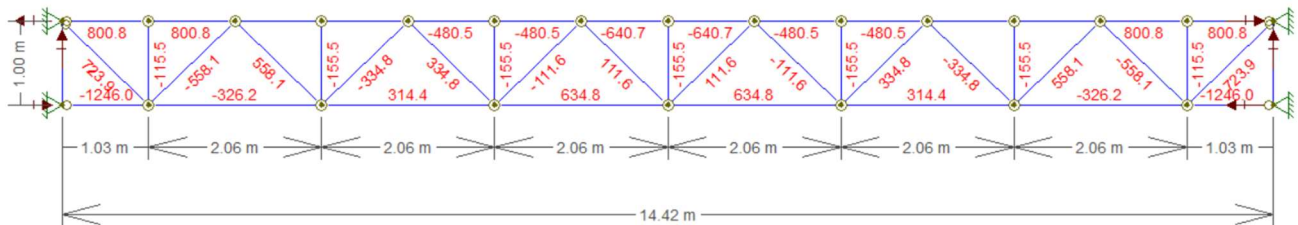
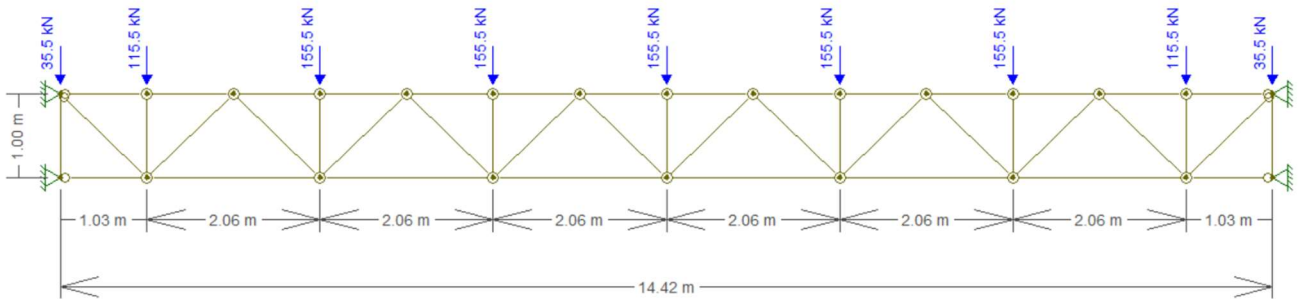
Montante	
Axil (Compresión)	-134 kN
HEB	100

HEB 100	Area (cm ²)	26	Lp (cm)	1	iy (cm)	4,16	iz (cm)	2,53
Eje y								
$\lambda = Lp / iy * 1 / \lambda 1$	0,00	curva b	χ	1	$w = 1 / \chi$	1,00	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 5,15
Eje z								
$\lambda = Lp / iz * 1 / \lambda 1$	0,00	curva c	χ	1	$w = 1 / \chi$	1,00	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 5,15

Diagonal	
Axil (Tracción)	576,6 kN
Nt, Rd ≤ Npl, Rd = A * f _{yd}	
A ≤ Npl, Rd / f _{yd}	22,02 cm ²
HEB	100

Fase 2: montaje del **tramo B**, de **15 metros de luz**, dividido en **dos partes** por motivos de transporte (longitud máxima de 12 m). La primera parte se ejecuta **en voladizo**, y posteriormente se completa el segundo tramo, conformando la cercha total del vano B.

Teniendo como resultado el **cordón superior HEB 200**, **cordón inferior HEB 200**, **Montante HEB 100** y **Diagonal HEB 100**.



Acero laminado 275S	
fk	27,5 kN/cm ²
γM	1,05
f _{yd}	26,19 kN/cm ²
λ ₁ = Esbeltez mecánica	86,8

Cordon superior	
Axil (Compresión)	-711 kN
HEB	200

HEB 200	Area (cm ²)	78,1	Lp (cm)	103	i _y (cm)	8,54	i _z (cm)	5,07
Eje y								
$\lambda = Lp / i_y * 1 / \lambda_1$	0,14	curva b	χ	1	$w = 1 / \chi$	1,00	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 9,10
Eje z								
$\lambda = Lp / i_z * 1 / \lambda_1$	0,23	curva c	χ	0,99	$w = 1 / \chi$	1,01	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 9,20

Cordon inferior	
Axil (Compresión)	-1385 kN
HEB	200

HEB 200	Area (cm ²)	78,1	Lp (cm)	103	i _y (cm)	8,54	i _z (cm)	5,07
Eje y								
$\lambda = Lp / i_y * 1 / \lambda_1$	0,14	curva b	χ	1	$w = 1 / \chi$	1,00	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 17,73
Eje z								
$\lambda = Lp / i_z * 1 / \lambda_1$	0,23	curva c	χ	0,99	$w = 1 / \chi$	1,01	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 17,91

Montante	
Axil (Compresión)	-155 kN
HEB	100

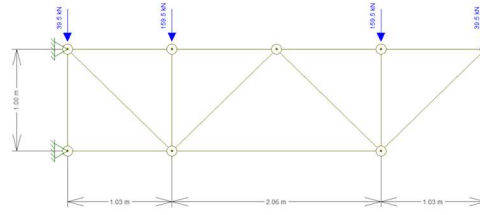
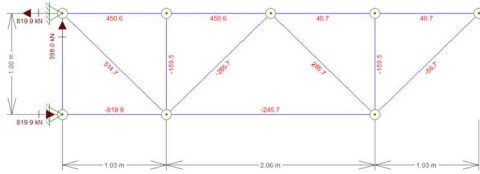
HEB 100	Area (cm ²)	26	Lp (cm)	1	i _y (cm)	4,16	i _z (cm)	2,53
Eje y								
$\lambda = Lp / i_y * 1 / \lambda_1$	0,00	curva b	χ	1	$w = 1 / \chi$	1,00	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 5,96
Eje z								
$\lambda = Lp / i_z * 1 / \lambda_1$	0,00	curva c	χ	1	$w = 1 / \chi$	1,00	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 5,96

Diagonal	
Axil (Compresión)	-354 kN
HEB	100

HEB 100	Area (cm ²)	26	Lp (cm)	1	i _y (cm)	4,16	i _z (cm)	2,53
Eje y								
$\lambda = Lp / i_y * 1 / \lambda_1$	0,00	curva b	χ	1	$w = 1 / \chi$	1,00	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 13,62
Eje z								
$\lambda = Lp / i_z * 1 / \lambda_1$	0,00	curva c	χ	1	$w = 1 / \chi$	1,00	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 13,62

Fase 3: construcción del **tramo C**, también **en voladizo**, completando el conjunto estructural.

Teniendo como resultado el **cordón superior HEB 200**, **cordón inferior HEB 200**, **Montante HEB 100** y **Diagonal HEB 100**.



Acero laminado 275S	
fk	27,5 kN/cm ²
γM	1,05
f _{yd}	26,19 kN/cm ²
λ ₁ = Esbeltez mecánica	86,8

Cordon superior	
Axil (Tracción)	576,6 kN
N _t , R _d ≤ N _{pl} , R _d = A * f _{yd}	
A ≤ N _{pl} , R _d / f _{yd}	22,02 cm ²
HEB	200

Cordon inferior	
Axil (Compresión)	-819 kN
HEB	200

HEB 200	Area (cm ²)	78,1	Lp (cm)	103	i _y (cm)	8,54	i _z (cm)	5,07
Eje y								
λ = L _p / i _y * 1 / λ ₁	0,14	curva b	χ	1	w = 1 / χ	1,00	σ = N / S * w ≤ f	10,49
Eje z								
λ = L _p / i _z * 1 / λ ₁	0,23	curva c	χ	0,99	w = 1 / χ	1,01	σ = N / S * w ≤ f	10,59

Montante	
Axil (Compresión)	-159 kN
HEB	100

HEB 100	Area (cm ²)	26	Lp (cm)	1	i _y (cm)	4,16	i _z (cm)	2,53
Eje y								
λ = L _p / i _y * 1 / λ ₁	0,00	curva b	χ	1	w = 1 / χ	1,00	σ = N / S * w ≤ f	6,12
Eje z								
λ = L _p / i _z * 1 / λ ₁	0,00	curva c	χ	1	w = 1 / χ	1,00	σ = N / S * w ≤ f	6,12

Diagonal	
Axil (Tracción)	514,7 kN
N _t , R _d ≤ N _{pl} , R _d = A * f _{yd}	
A ≤ N _{pl} , R _d / f _{yd}	5,93 cm ²
HEB	100

Acero laminado 275S	
fk	27,5 kN/cm ²
γM	1,05
f _{yd}	26,19 kN/cm ²
λ ₁ = Esbeltez mecánica	86,8

Cordon superior	
Axil (Compresión)	-291,5 kN
HEB	200

HEB 200	Area (cm ²)	78,1	Lp (cm)	103	i _y (cm)	8,54	i _z (cm)	5,07
Eje y								
$\lambda = Lp / i_y * 1 / \lambda_1$	0,14	curva b	χ	1	$w = 1 / \chi$	1,00	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 3,73
Eje z								
$\lambda = Lp / i_z * 1 / \lambda_1$	0,23	curva c	χ	0,99	$w = 1 / \chi$	1,01	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 3,77

Cordon inferior	
Axil (Compresión)	-700 kN
HEB	200

HEB 200	Area (cm ²)	78,1	Lp (cm)	103	i _y (cm)	8,54	i _z (cm)	5,07
Eje y								
$\lambda = Lp / i_y * 1 / \lambda_1$	0,14	curva b	χ	1	$w = 1 / \chi$	1,00	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 8,96
Eje z								
$\lambda = Lp / i_z * 1 / \lambda_1$	0,23	curva c	χ	0,99	$w = 1 / \chi$	1,01	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 9,05

Montante	
Axil (Compresión)	-134 kN
HEB	100

HEB 100	Area (cm ²)	26	Lp (cm)	1	i _y (cm)	4,16	i _z (cm)	2,53
Eje y								
$\lambda = Lp / i_y * 1 / \lambda_1$	0,00	curva b	χ	1	$w = 1 / \chi$	1,00	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 5,15
Eje z								
$\lambda = Lp / i_z * 1 / \lambda_1$	0,00	curva c	χ	1	$w = 1 / \chi$	1,00	$\sigma = N / S * w \leq f$	≤ f _{yd} 5,15

Diagonal	
Axil (Tracción)	642 kN
N _t , R _d ≤ N _{pl} , R _d = A * f _{yd}	
A ≤ N _{pl} , R _d / f _{yd}	24,51 cm ²
HEB	100

Acero laminado 275S	
fk	27,5 kN/cm ²
γM	1,05
f _{yd}	26,19 kN/cm ²
λ ₁ = Esbeltez mecánica	86,8

Cordon superior	
Axil (Tracción)	1001 kN
N _t , R _d ≤ N _{pl} , R _d = A * f _{yd}	
A ≤ N _{pl} , R _d / f _{yd}	38,22 cm ²
HEB	200

Cordon inferior	
Axil (Compresión)	-1557 kN
HEB	200

HEB 200	Area (cm ²)	78,1	Lp (cm)	103	i _y (cm)	8,54	i _z (cm)	5,07
Eje y								
λ = L _p / i _y * 1 / λ ₁	0,14	curva b	χ	1	w = 1 / χ	1,00	σ = N / S * w ≤ f	≤ f _{yd} 19,94
Eje z								
λ = L _p / i _z * 1 / λ ₁	0,23	curva c	χ	0,99	w = 1 / χ	1,01	σ = N / S * w ≤ f	≤ f _{yd} 20,14

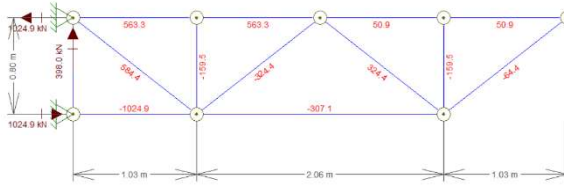
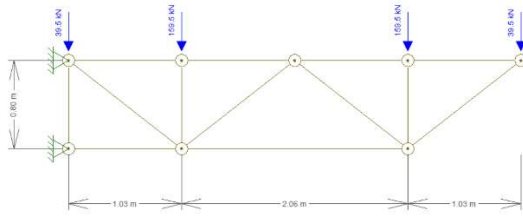
Montante	
Axil (Compresión)	-155 kN
HEB	100

HEB 100	Area (cm ²)	26	Lp (cm)	1	i _y (cm)	4,16	i _z (cm)	2,53
Eje y								
λ = L _p / i _y * 1 / λ ₁	0,00	curva b	χ	1	w = 1 / χ	1,00	σ = N / S * w ≤ f	≤ f _{yd} 5,96
Eje z								
λ = L _p / i _z * 1 / λ ₁	0,00	curva c	χ	1	w = 1 / χ	1,00	σ = N / S * w ≤ f	≤ f _{yd} 5,96

Diagonal	
Axil (Tracción)	822 kN
N _t , R _d ≤ N _{pl} , R _d = A * f _{yd}	
A ≤ N _{pl} , R _d / f _{yd}	31,39 cm ²
HEB	120

Fase 3: construcción del **tramo C**, también en **voladizo**, completando el conjunto estructural.

Teniendo como resultado el **cordón superior HEB 200**, **cordón inferior HEB 200**, **Montante HEB 100** y **Diagonal HEB 100**.



Acero laminado 275S	
fk	27,5 kN/cm ²
γM	1,05
f _{yd}	26,19 kN/cm ²
λ ₁ = Esbeltez mecánica	86,8

Cordon superior	
Axil (Tracción)	563 kN
N _t , R _d ≤ N _{pl} , R _d = A * f _{yd}	
A ≤ N _{pl} , R _d / f _{yd}	21,50 cm ²
HEB	200

Cordon inferior	
Axil (Compresión)	-1024 kN
HEB	200

HEB 200	Area (cm ²)	78,1	Lp (cm)	103	i _y (cm)	8,54	i _z (cm)	5,07
Eje y								
λ = L _p / i _y * 1 / λ ₁	0,14	curva b	χ	1	w = 1 / χ	1,00	σ = N / S * w ≤ f	13,11
Eje z								
λ = L _p / i _z * 1 / λ ₁	0,23	curva c	χ	0,99	w = 1 / χ	1,01	σ = N / S * w ≤ f	13,24

Montante	
Axil (Compresión)	-159 kN
HEB	100

HEB 100	Area (cm ²)	26	Lp (cm)	1	i _y (cm)	4,16	i _z (cm)	2,53
Eje y								
λ = L _p / i _y * 1 / λ ₁	0,00	curva b	χ	1	w = 1 / χ	1,00	σ = N / S * w ≤ f	6,12
Eje z								
λ = L _p / i _z * 1 / λ ₁	0,00	curva c	χ	1	w = 1 / χ	1,00	σ = N / S * w ≤ f	6,12

Diagonal	
Axil (Tracción)	584 kN
N _t , R _d ≤ N _{pl} , R _d = A * f _{yd}	
A ≤ N _{pl} , R _d / f _{yd}	6,73 cm ²
HEB	100

2.4. Soportes

2.4.1. Soportes metálicos

Para el **dimensionado de los soportes metálicos** se ha analizado el **pórtico B**, considerado el **más desfavorable** de la torre, en el que se disponen **tres pilares principales: B1, B2 y B3**.

Las secciones adoptadas son las siguientes:

Pilar B1: perfil HEM 240

PILAR B1	Soporte		Permanentes (G)		Variables (G)		Combinacion de acciones		Total cargas	
	Área tributaria		Gk	Gd	Qk	Qd	Gk + Qk	Gd + Qd	Nk (kN)	Nd (kN)
PB	24		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	196,8	280,08
1	24		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	196,8	280,08
2	24		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	196,8	280,08
3	24		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	196,8	280,08
4	24		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	158,4	222,48
5	24		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	196,8	280,08
6	24		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	196,8	280,08
7	24		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	196,8	280,08
8	24		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	196,8	280,08
9	24		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	158,4	222,48
10	12		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	98,4	140,04
11	12		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	98,4	140,04
12	12		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	79,2	111,24
13	12		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	98,4	140,04
14	12		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	79,2	111,24
15	12		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	79,2	111,24
16	12		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	79,2	111,24
17	12		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	79,2	111,24
Cubierta	12		4,5	6,075	2,7	4,05	7,2	10,125	86,4	121,5
Total									2668,8	3783,42

Acero laminado 355S	
fk	35,5 kN/cm ²
γM	1,05
f _{yd}	33,81 kN/cm ²
λ ₁	76,4

Soporte B1	
Axil (Compresión)	3783,42 kN
So (cm ²)	138,41
HEM	240

HEB 400	Area (cm ²)	219,6	Lp (cm)	400	iy (cm)	11,94	iz (cm)	6,9
Eje y								
$\lambda = Lp / iy * 1 / \lambda_1$	0,44	curva b	χ	0,88	$w = 1 / \chi$	1,14	$\sigma = N / S * w \leq f$	19,58
Eje z								
$\lambda = Lp / iz * 1 / \lambda_1$	0,76	curva c	χ	0,55	$w = 1 / \chi$	1,82	$\sigma = N / S * w \leq f$	31,32

Pilar B2: perfil HE 500 M

PILAR B2	Soporte		Permanentes (G)		Variables (G)		Combinacion de acciones		Total cargas	
	Área tributaria		Gk	Gd	Qk	Qd	Gk + Qk	Gd + Qd	Nk (kN)	Nd (kN)
PB	70		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	574	816,9
1	70		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	574	816,9
2	50		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	410	583,5
3	25		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	205	291,75
4	70		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	462	648,9
5	70		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	574	816,9
6	50		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	410	583,5
7	70		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	574	816,9
8	70		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	574	816,9
9	70		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	462	648,9
10	37		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	303,4	431,79
11	37		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	303,4	431,79
12	12		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	79,2	111,24
13	37		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	303,4	431,79
14	37		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	244,2	342,99
15	37		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	244,2	342,99
16	37		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	244,2	342,99
17	12		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	79,2	111,24
Cubierta	37		4,5	6,075	2,7	4,05	7,2	10,125	266,4	374,625
Total									6886,6	9762,495

Acero laminado 3555	
fk	35,5 kN/cm2
γM	1,05
fyd	33,81 kN/cm2
λ1	76,4

Soporte B1	
Axil (Compresión)	9762,495 kN
So (cm2)	315,25
HEM	500

HEM 500	Area (cm2)	344,3	Lp (cm)	400	iy (cm)	21,69	iz (cm)	7,46
			Eje y					≤ fyd
λ = Lp / iy * 1 / λ1	0,24	curva a	χ	0,98	w = 1 / χ	1,02	σ = N / S * w ≤ f	28,93
			Eje z					≤ fyd
λ = Lp / iz * 1 / λ1	0,70	curva b	χ	0,85	w = 1 / χ	1,18	σ = N / S * w ≤ f	33,36

Pilar B3: perfil HE 500 M

PILAR B3	Soporte		Permanentes (G)		Variables (G)		Combinacion de acciones		Total cargas	
	Área tributaria		Gk	Gd	Qk	Qd	Gk + Qk	Gd + Qd	Nk (kN)	Nd (kN)
PB	75		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	615	875,25
1	75		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	615	875,25
2	37		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	303,4	431,79
3	25		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	205	291,75
4	0		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	0	0
5	75		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	615	875,25
6	61		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	500,2	711,87
7	25		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	205	291,75
8	75		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	615	875,25
9	50		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	330	463,5
10	61		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	500,2	711,87
11	25		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	205	291,75
12	37		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	244,2	342,99
13	0		4,2	5,67	4	6	8,2	11,67	0	0
14	37		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	244,2	342,99
15	37		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	244,2	342,99
16	37		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	244,2	342,99
17	0		4,2	5,67	2,4	3,6	6,6	9,27	0	0
Cubierta	37		4,5	6,075	2,7	4,05	7,2	10,125	266,4	374,625
Total									5952	8441,865

Acero laminado 3555	
fk	35,5 kN/cm2
γM	1,05
fyd	33,81 kN/cm2
λ1	76,4

Soporte B1	
Axil (Compresión)	8441,865 kN
So (cm2)	276,19
HEM	500

HEM 500	Area (cm2)	344,3	Lp (cm)	400	iy (cm)	21,69	iz (cm)	7,46
			Eje y					≤ fyd
λ = Lp / iy * 1 / λ1	0,24	curva a	χ	0,95	w = 1 / χ	1,05	σ = N / S * w ≤ f	25,81
			Eje z					≤ fyd
λ = Lp / iz * 1 / λ1	0,70	curva b	χ	0,87	w = 1 / χ	1,15	σ = N / S * w ≤ f	28,18

2.4.2. Soportes hormigón

Para el **dimensionado de los soportes hormigón** se ha analizado el **pórtico B**, considerado el **más desfavorable** de la torre, en el que se disponen **tres pilares principales: B2 y B3**.

Pilar B2: 0,70 x 0,70 m.

Pilar B3: 0,70 x 0,70 m.

Soportes	Axil	Área	Lado	Lado final	Área final	Axil crítico	excentricidad	Momento	Amin	As	Aφ12	Nº Redondos
B2	9762,495	0,48812475	0,69865925	0,7	0,49	9800	0,35	3416,87325	9,8	22,7034767	1,13	22
B3	8441,865	0,42209325	0,64968704	0,7	0,49	9800	0,35	2954,65275	9,8	19,6322442	1,13	18

2.5. Cimentación

2.5.1. Muros: núcleo rígido y contención de tierras

Para el **predimensionado del núcleo rígido** se considera la **sección más desfavorable en su base**, manteniendo dicho espesor constante a lo largo de toda su altura.

El núcleo se resuelve mediante **muros de hormigón armado de 40 cm de espesor**, dimensionados inicialmente a **compresión axial**, y cuyo **cálculo de armado** se realiza considerando el **arranque del núcleo** y las solicitaciones derivadas de las acciones horizontales transmitidas por la estructura metálica.

En cuanto a la **contención de tierras**, se proyectan **muro pantalla de hormigón armado de 50 cm de espesor y 7 m de profundidad**, ejecutados hasta la **cota -5,00 m**, de acuerdo con las condiciones del terreno establecidas en el **estudio geotécnico de referencia**.

2.5.2. Zapatas

El dimensionado de las zapatas se ha realizado tomando como referencia el soporte más desfavorable, correspondiente al pilar B2, por ser el que transmite mayor carga vertical al terreno.

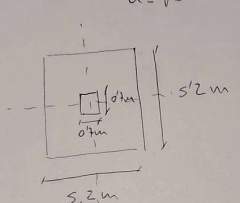
A partir de la tensión admisible del firme (250 kN/m²) y el axil, se obtiene una zapata cuadrada de **5,2 x 5,2 m** y un **canto de 1,2 m**. Con una armadura inferior de **14 Ø20**, distribuidas uniformemente en cada dirección.

CIMENTACIÓN

$f_c = 1'2 \quad f_y = 31 \quad q_{adm} = 250 \text{ kN/m}^2$

$\text{Área} = A(\text{m}^2) = \frac{N_k}{q_{adm}} = \frac{5886 \text{ kN}}{250 \text{ kN/m}^2} = 23'54 \text{ m}^2$

$a = \sqrt{23'54} = 5'2 \text{ m}$



Canto $\rightarrow h = (a - \rho_{pilor}) / 4 =$
 $= (5'2 - 0'7) / 4 = 1'125 \approx 1'2 \text{ m}$

$M_d = 1'5 \cdot q_{adm} \cdot \frac{a^2}{8} =$
 $= 1'5 \cdot 250 \cdot \frac{5'2^2}{8} = 1267'5 \text{ mKN/m}$

$V = \frac{a}{2} \cdot \frac{\rho_p}{2} = \frac{5'2}{2} \cdot \frac{0'7}{2} = 2'25 \text{ m}$

Armado

$A_s = \frac{M}{\sigma_s \cdot h \cdot f_y} = \frac{1267'5}{\sigma_s \cdot 1'2 \cdot 31} = 42'6 \text{ cm}^2/\text{m}$

$A = \frac{42'6}{2'01} = 21'2 \rightarrow 22 \phi 16$

$A = \frac{42'6}{3'14} = 13'56 \rightarrow 14 \phi 20$

Separación $\rightarrow s(\text{cm}) = \frac{b - 2r_1}{n - 1} = \frac{5'2 - 2 \cdot 0'7}{14 - 1} = 0'29 < 0'3 \text{ m} \checkmark$

2.6. Cálculos descartados

2.6.1. Soporte reforzado

PREDIMENSIONADO SOPORTE METÁLICO

Sección inicial

$$S_0 (\text{cm}^2) = \frac{N (\text{kN}) + 1'4 \cdot \alpha (\text{kN/m}^2) \cdot (L_p (\text{m}))^2}{f (\text{kN/cm}^2)} = \frac{10540 \text{ kN} + 1'4 \cdot 10 \text{ kN/m}^2 \cdot 6^2}{26'5 \text{ kN/cm}^2} = 916'99 \text{ cm}^2$$

Por pandeo se utilizan platabandas laterales

Perfil **HE 500-M**, con platabandas laterales $l_e = 40 \text{ mm}$.



$$\text{Área} = 723'50 \text{ cm}^2$$

$$I_y = 232'897,62 \text{ cm}^4$$

$$I_z = 129'930,05 \text{ cm}^4$$

$$I_t = 27'3098,38 \text{ cm}^4$$

PANDEO (comprobación)

EJE Y

$$\text{Radio de giro } i (\text{cm}) = \sqrt{\frac{I}{S}} = \sqrt{\frac{232'897,62 \text{ cm}^4}{723,50 \text{ cm}^2}} = 17'94 \text{ cm}$$

$$w = \frac{1}{x} = 1'09$$

$$\lambda = \frac{600 \text{ cm}}{17'94} = 33'44 \rightarrow \lambda \leq 100 \rightarrow \frac{1}{x} = 1 + \left(\frac{\lambda}{\eta}\right)^3 = 1 + \left(\frac{33'44}{100}\right)^3 = 1'09$$

$$\sigma = \frac{N}{S} \cdot w \leq f = \frac{10540 \text{ kN}}{723'50 \text{ cm}^2} \cdot 1'09 = 15'19 \text{ kN/cm}^2 \leq 26'5 \text{ kN/cm}^2 \quad \checkmark$$

EJE Z

$$i = \sqrt{\frac{129'930,05 \text{ cm}^4}{723,50 \text{ cm}^2}} = 13'40 \text{ cm}$$

$$w = \frac{1}{x} =$$

$$\lambda = \frac{600 \text{ cm}}{13'40} = 44'78 \rightarrow \lambda \leq 120 \rightarrow \frac{1}{x} = 1 + \left(\frac{\lambda}{\eta}\right)^{1/2} = 1 + \left(\frac{44'78}{93'3}\right)^{1/2} = 1'19$$

$$\sigma = \frac{10540 \text{ kN}}{723'50 \text{ cm}^2} \cdot 1'19 = 17'47 \text{ kN/cm}^2 \leq 26'5 \text{ kN/cm}^2 \quad \checkmark$$

2.6.2. Cimentación profunda, pilotes

Cimentación pilotes

$$N_k = 7443,6 \text{ kN}$$

$$HA 25 / C 25 \rightarrow f_{tpe} = 0,35 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{yacero} = 40 \text{ kN/cm}^2$$

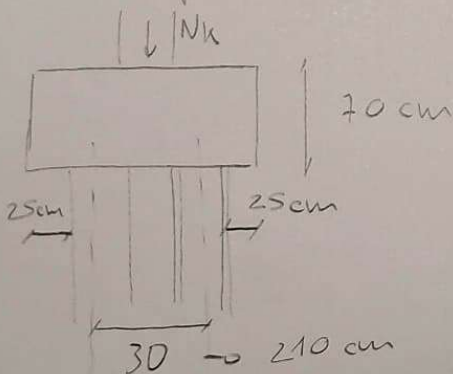
$$\text{Tensión de servicio} = \sigma = 5000 \text{ kN/m}^2$$

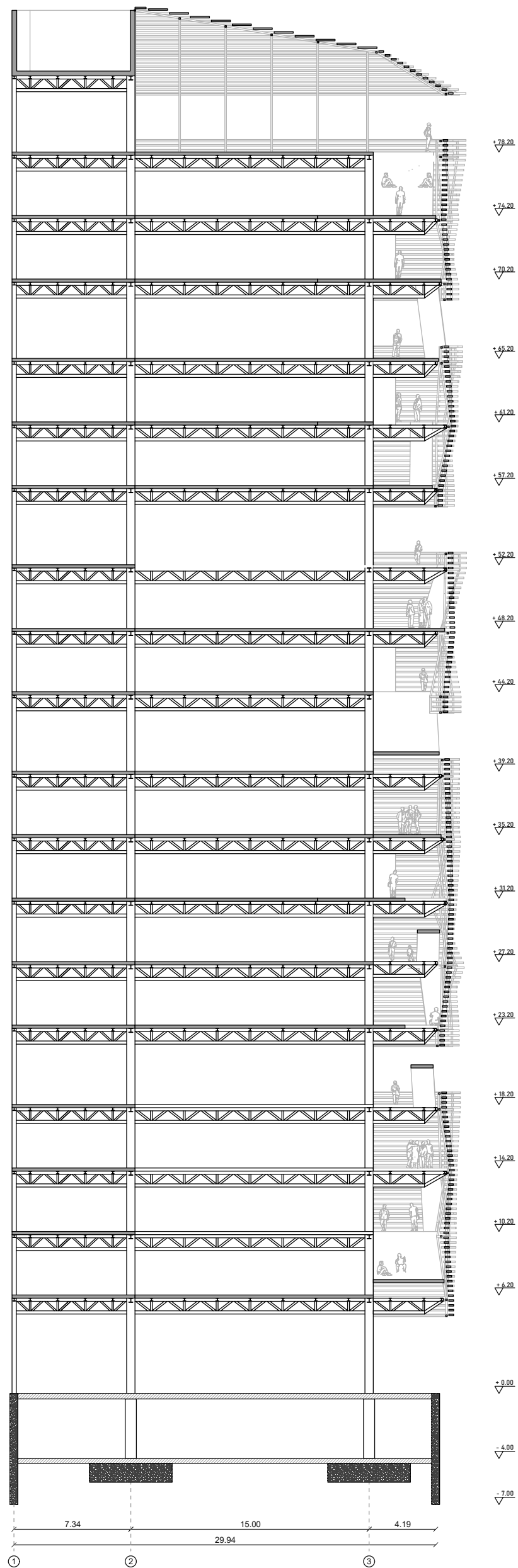
$$\text{Pilote} \rightarrow \phi = 0,7 \text{ m} \rightarrow A = 0,38 \text{ m}^2$$

$$R = A \cdot \sigma = 0,38 \text{ m}^2 \cdot 5000 \text{ kN/m}^2 = 1924,23 \text{ kN}$$

$$n^{\circ} = \frac{N_k}{R} = \frac{7443,6 \text{ kN}}{1924,23 \text{ kN}} = 3,87 \approx 4 \text{ pilotes } \phi 0,7 \text{ m} \rightarrow 10 \phi 16 \text{ Armadura}$$

Canto encepado $h = 0 \geq 40 \text{ cm} \rightarrow h = 70 \text{ cm}$



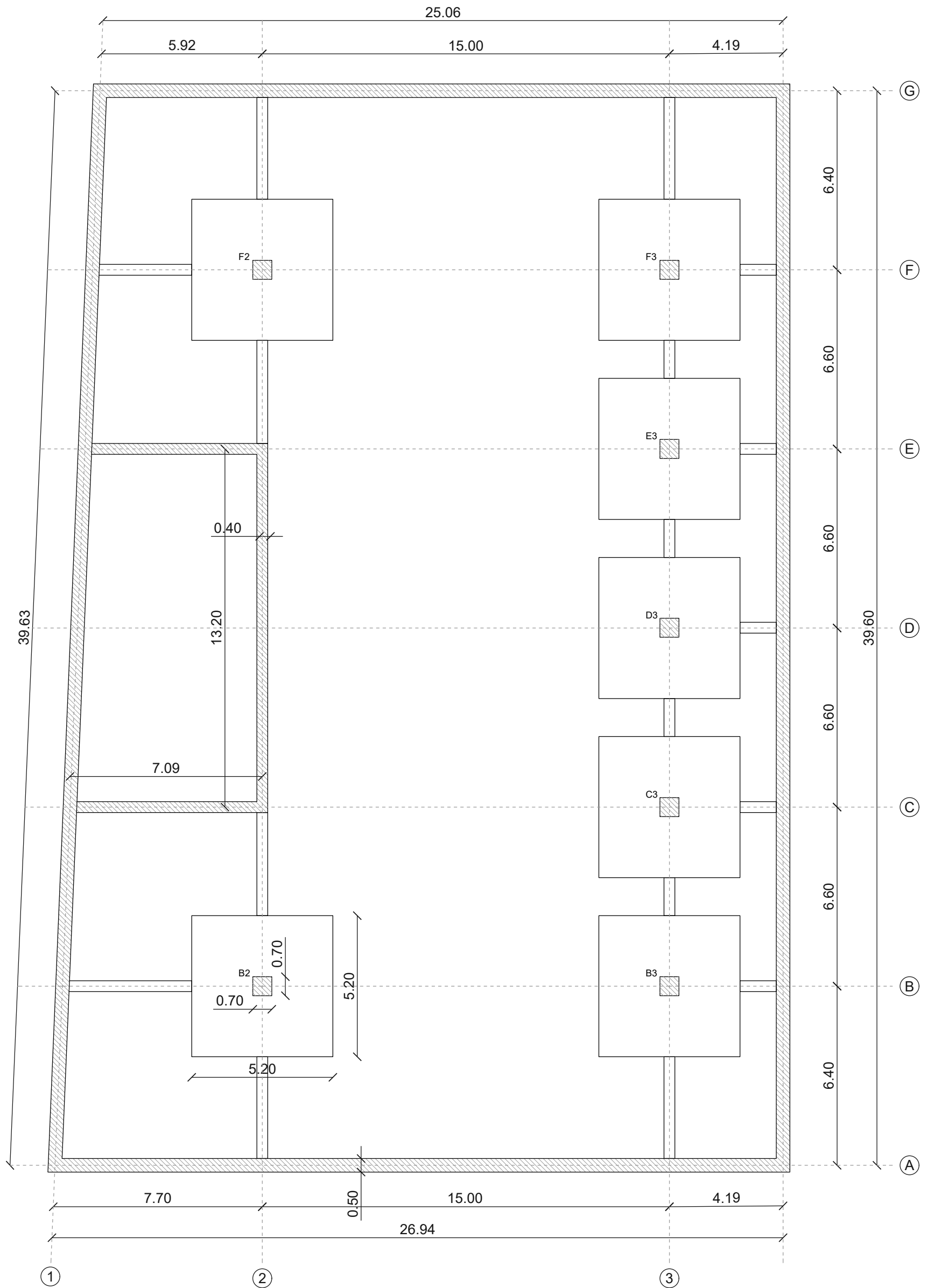


HORMIGÓN	Cimentación Contención	Pilares	Forjado bidireccional	Forjado unidireccional
Denominación	HA-30/F/40/XC2	HA-30/F/20/XC1	HA-30/F/20/XC1	HA-30/F/20/XC1
Límite asiento	40 - 100 mm	90 - 160 mm	90 - 160 mm	90 - 160 mm
Tipo de árido	Calizo	Calizo	Calizo	Calizo
Control	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico

ACERO	ACERO ARMAR	ACERO LAMINADO	ACERO LAMINADO	ACERO GALVANIZADO
Denominación	B 500S	S275 JR	S355 JR	S280 GD
Tensión límite elástico	500 N/mm ²	275 N/mm ²	355 N/mm ²	280 N/mm ²
Exigencia	Marcado CE	Marcado CE	Marcado CE	Marcado CE

Sección BB
Escala 1:300

Centro de Investigación Culinario
José María Calderón Busto
UD. Garrido
Tutor: Gínés Garrido
Taller de Estructuras
Tutor: Antonio Aznar López
Master Habilitante - Semestre Otoño 2025



HORMIGÓN	Cimentación	Pilares	Forjado bidireccional	Forjado unidireccional
Denominación	HA-30/F/40/XC2	HA-30/F/20/XC1	HA-30/F/20/XC1	HA-30/F/20/XC1
Límite asiento	40 - 100 mm	90 - 160 mm	90 - 160 mm	90 - 160 mm
Tipo de árido	Calizo	Calizo	Calizo	Calizo
Control	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico

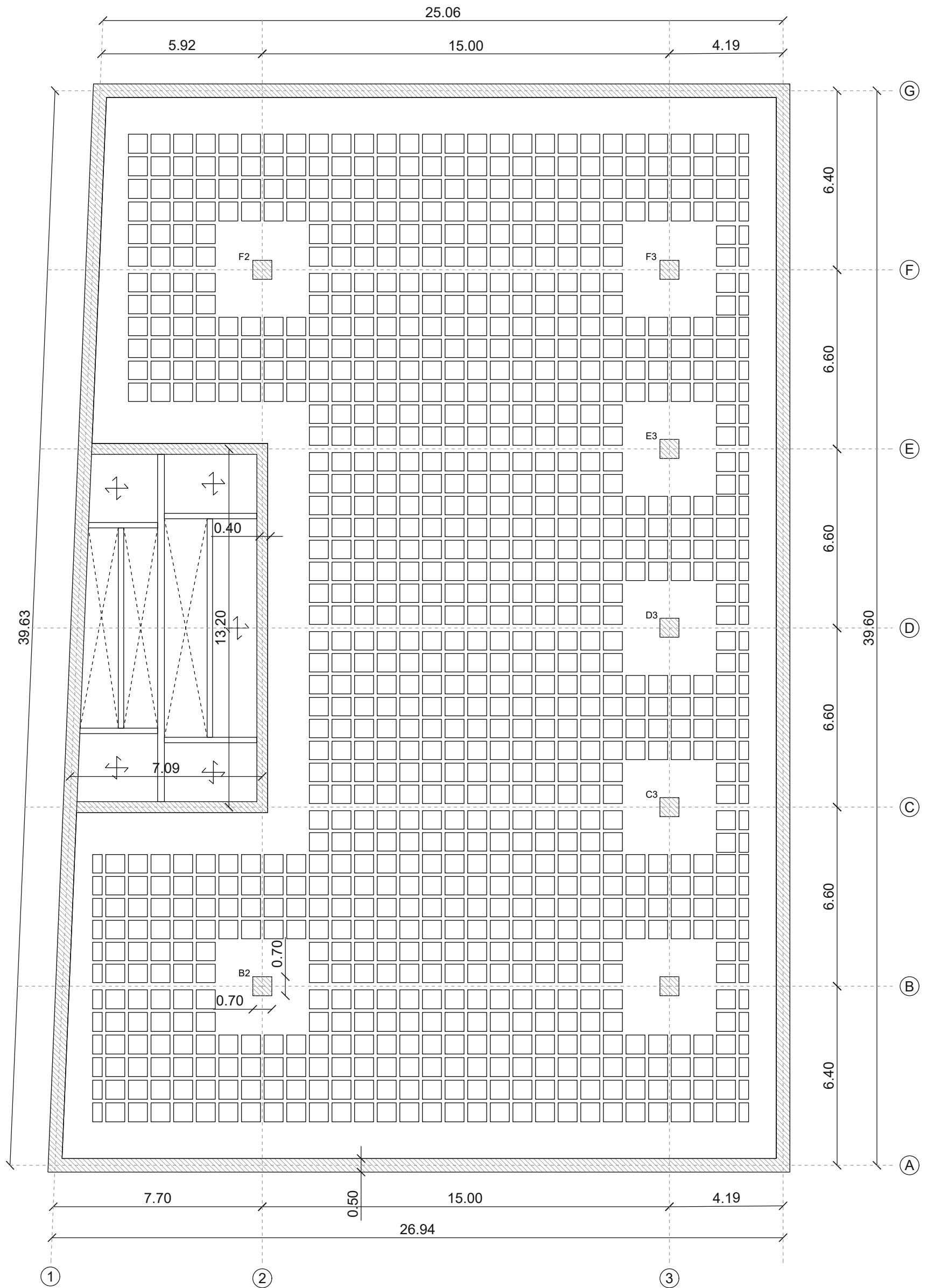
ACERO	ACERO ARMAR	ACERO LAMINADO	ACERO LAMINADO	ACERO GALVANIZADO
Denominación	B 500S	S275 JR	S355 JR	S280 GD
Tensión límite elástico	500 N/mm ²	275 N/mm ²	355 N/mm ²	280 N/mm ²
Exigencia	Marcado CE	Marcado CE	Marcado CE	Marcado CE

Planta cimentación
Escala 1:150

Centro de Investigación Culinario
José María Calderón Busto

UD. Garrido
Tutor: Gínés Garrido

Taller de Estructuras
Tutor: Antonio Aznar López
Master Habilitante - Semestre Otoño 2025

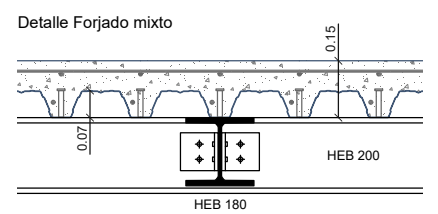
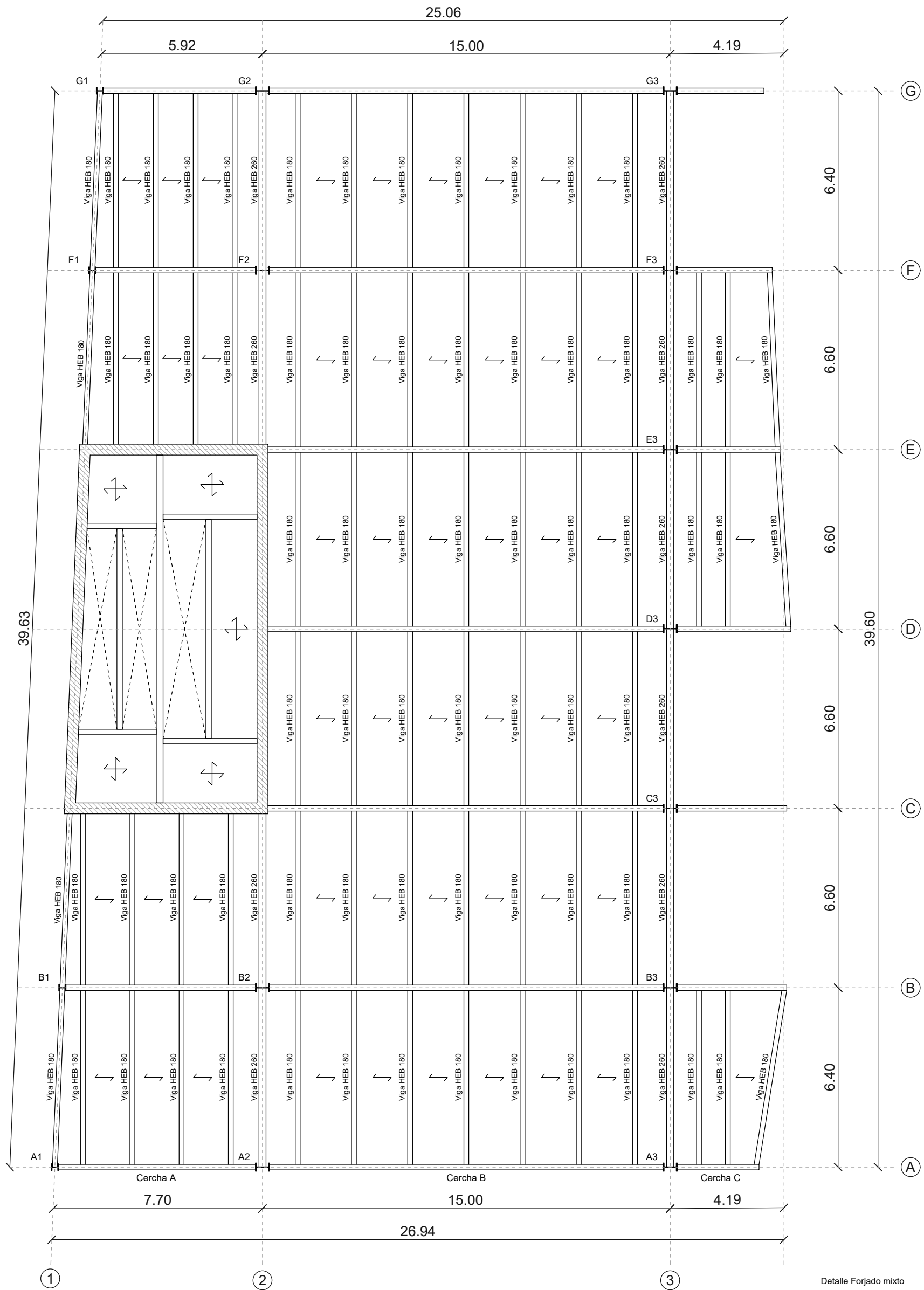


HORMIGÓN	Cimentación	Pilares	Forjado bidireccional	Forjado unidireccional
Denominación	HA-30/F/40/XC2	HA-30/F/20/XC1	HA-30/F/20/XC1	HA-30/F/20/XC1
Límite asiento	40 - 100 mm	90 - 160 mm	90 - 160 mm	90 - 160 mm
Tipo de árido	Calizo	Calizo	Calizo	Calizo
Control	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico

ACERO	ACERO ARMAR	ACERO LAMINADO	ACERO LAMINADO	ACERO GALVANIZADO
Denominación	B 500S	S275 JR	S355 JR	S280 GD
Tensión límite elástico	500 N/mm ²	275 N/mm ²	355 N/mm ²	280 N/mm ²
Exigencia	Marcado CE	Marcado CE	Marcado CE	Marcado CE

Planta estructural baja
Escala 1:150

Centro de Investigación Culinario
José María Calderón Busto
UD. Garrido
Tutor: Gínés Garrido
Taller de Estructuras
Tutor: Antonio Aznar López
Master Habilitante - Semestre Otoño 2025



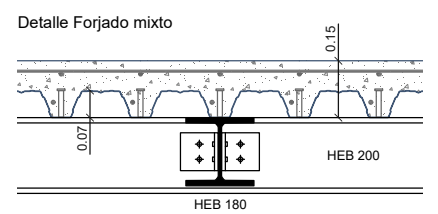
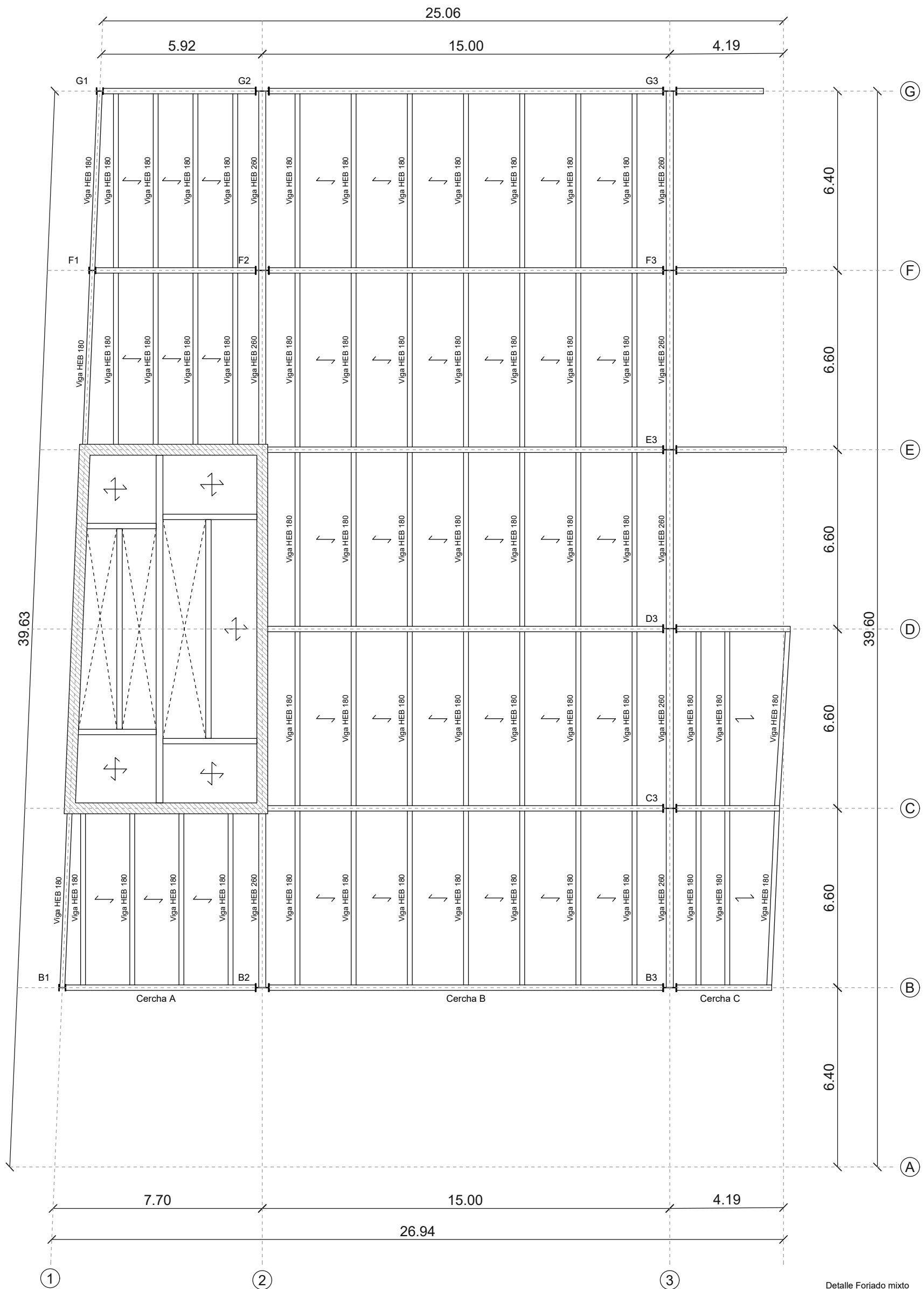
HORMIGÓN	Cimentación Contención	Pilares	Forjado bidireccional	Forjado unidireccional
Denominación	HA-30/F/40/XC2	HA-30/F/20/XC1	HA-30/F/20/XC1	HA-30/F/20/XC1
Límite asiento	40 - 100 mm	90 - 160 mm	90 - 160 mm	90 - 160 mm
Tipo de árido	Calizo	Calizo	Calizo	Calizo
Control	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico

ACERO	ACERO ARMAR	ACERO LAMINADO	ACERO LAMINADO	ACERO GALVANIZADO
Denominación	B 500S	S275 JR	S355 JR	S280 GD
Tensión límite elástico	500 N/mm ²	275 N/mm ²	355 N/mm ²	280 N/mm ²
Exigencia	Marcado CE	Marcado CE	Marcado CE	Marcado CE

Planta estructural tipo 1
Escala 1:150

04

Centro de Investigación Culinario
José María Calderón Busto
UD. Garrido
Tutor: Gínés Garrido
Taller de Estructuras
Tutor: Antonio Aznar López
Master Habilitante - Semestre Otoño 2025



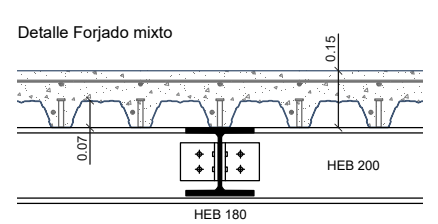
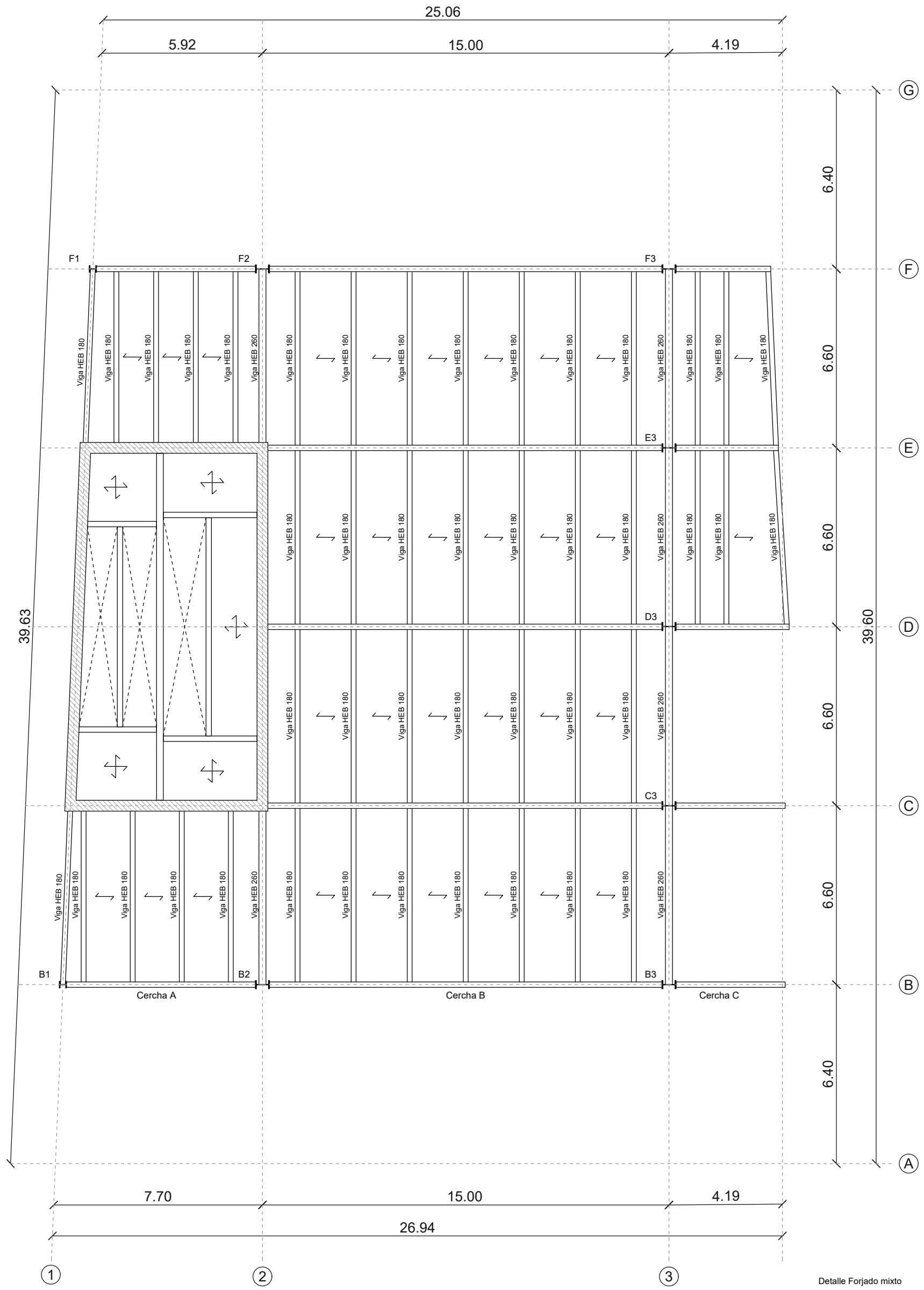
HORMIGÓN	Cimentación Contención	Pilares	Forjado bidireccional	Forjado unidireccional
Denominación	HA-30/F/40/XC2	HA-30/F/20/XC1	HA-30/F/20/XC1	HA-30/F/20/XC1
Límite asiento	40 - 100 mm	90 - 160 mm	90 - 160 mm	90 - 160 mm
Tipo de árido	Calizo	Calizo	Calizo	Calizo
Control	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico

ACERO	ACERO ARMAR	ACERO LAMINADO	ACERO LAMINADO	ACERO GALVANIZADO
Denominación	B 500S	S275 JR	S355 JR	S280 GD
Tensión límite elástico	500 N/mm ²	275 N/mm ²	355 N/mm ²	280 N/mm ²
Exigencia	Marcado CE	Marcado CE	Marcado CE	Marcado CE

Planta estructural tipo 2
Escala 1:150

05

Centro de Investigación Culinario
José María Calderón Busto
UD. Garrido
Tutor: Gínés Garrido
Taller de Estructuras
Tutor: Antonio Aznar López
Master Habilitante - Semestre Otoño 2025



HORMIGÓN	Cimentación	Pilares	Forjado bidireccional	Forjado unidireccional
Denominación	HA-30/F/40/XC2	HA-30/F/20/XC1	HA-30/F/20/XC1	HA-30/F/20/XC1
Límite asiento	40 - 100 mm	90 - 160 mm	90 - 160 mm	90 - 160 mm
Tipo de árido	Calizo	Calizo	Calizo	Calizo
Control	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico

ACERO	ACERO ARMAR	ACERO LAMINADO	ACERO LAMINADO	ACERO GALVANIZADO
Denominación	B 500S	S275 JR	S355 JR	S280 GD
Tensión límite elástico	500 N/mm ²	275 N/mm ²	355 N/mm ²	280 N/mm ²
Exigencia	Marcado CE	Marcado CE	Marcado CE	Marcado CE

Planta estructural tipo 3
Escala 1:150

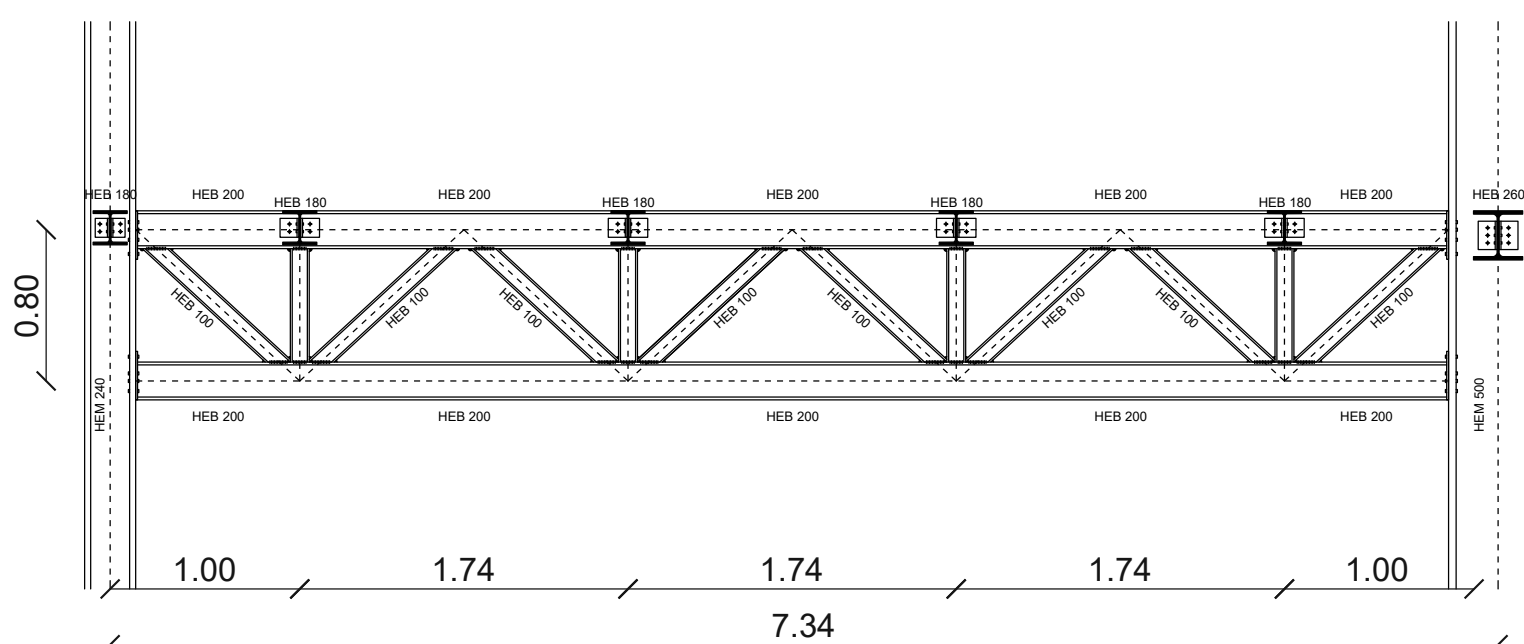
Centro de Investigación Culinario
José María Calderón Busto

UD. Garrido
Tutor: Gínés Garrido

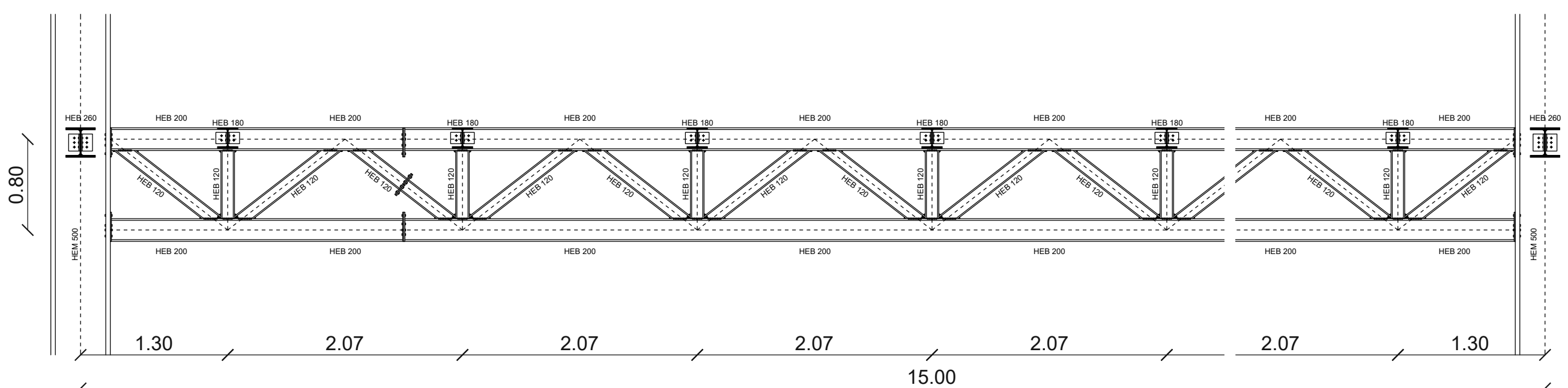
Taller de Estructuras
Tutor: Antonio Aznar López
Master Habilitante - Semestre Otoño 2025

Estadístico	Calizo	90 - 160 mm	HA-30/F/20/XC1	Forjado unidireccional
Estadístico	Calizo	90 - 160 mm	HA-30/F/20/XC1	Forjado bidireccional
Estadístico	Calizo	90 - 160 mm	HA-30/F/20/XC1	Pilares
Estadístico	Calizo	40 - 100 mm	HA-30/F/40/XC2	Cimentación Contención
Control	Tipo de árido	Límite asiento	Denominación	HORMIGÓN

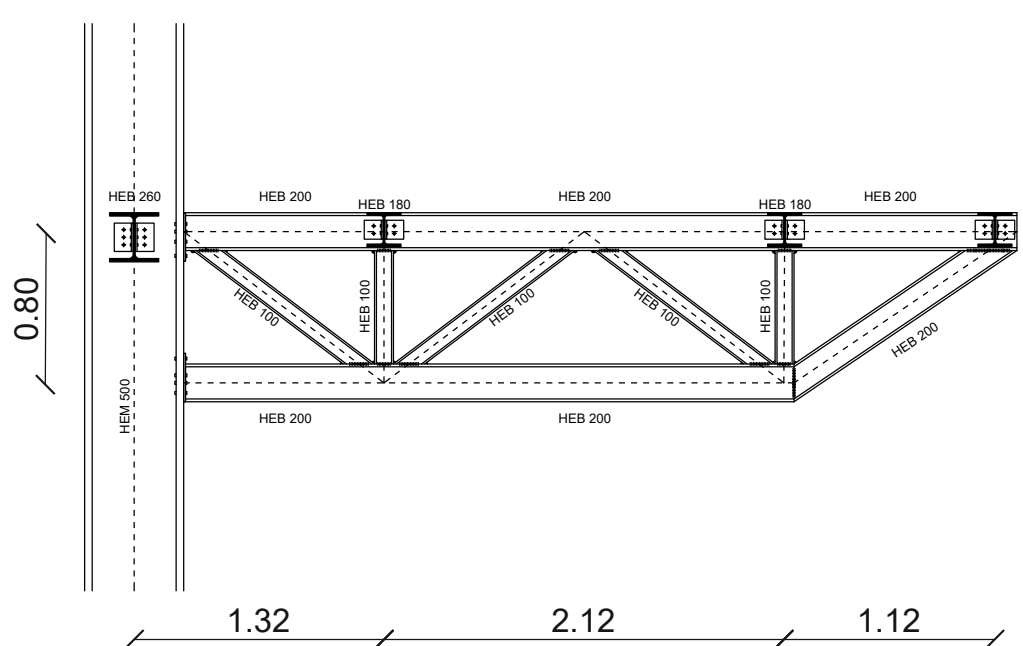
Cercha A



Cercha B



Cercha C



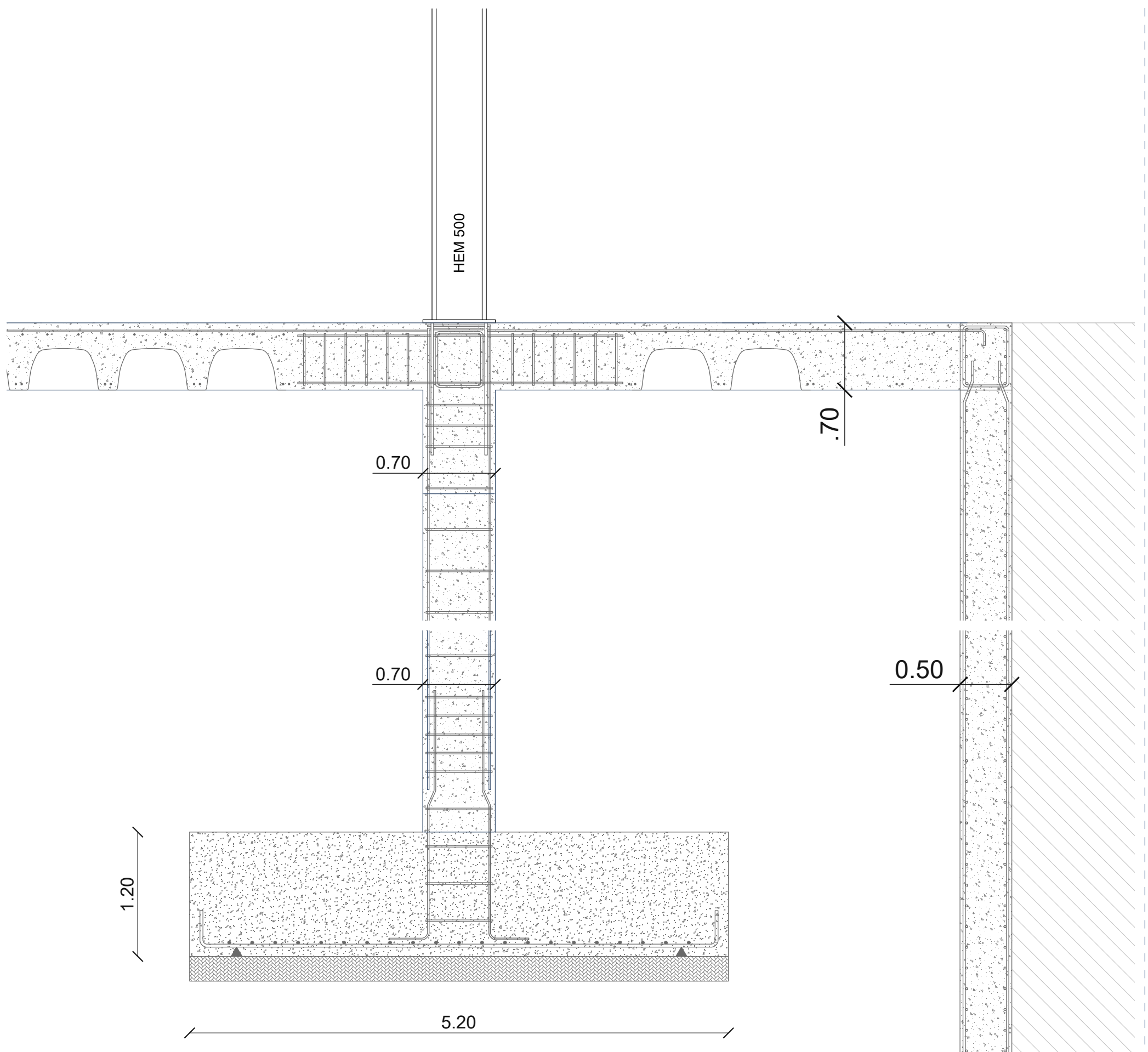
Exigencia	Tensión límite elástico	Denominación	ACERO
500 N/mm ²	B 500S	ACERO ARMAR	
275 N/mm ²	S275 JR	ACERO LAMINADO	
355 N/mm ²	S355 JR	ACERO LAMINADO	
280 N/mm ²	S280 GD	ACERO GALVANIZADO	

Centro de Investigación Culinario
José María Calderón Busto

UD. Garrido
Tutor: Ginés Garrido

Taller de Estructuras
Tutor: Antonio Aznar López
Master Habilitante
Semestre Otoño 2025

Detalle cercha 07
Escala 1:40



HORMIGÓN	Cimentación Contención	Pilares	Forjado bidireccional	Forjado unidireccional
Denominación	HA-30/F/40/XC2	HA-30/F/20/XC1	HA-30/F/20/XC1	HA-30/F/20/XC1
Límite asiento	40 - 100 mm	90 - 160 mm	90 - 160 mm	90 - 160 mm
Tipo de árido	Calizo	Calizo	Calizo	Calizo
Control	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico

ACERO	ACERO ARMAR	ACERO LAMINADO	ACERO LAMINADO	ACERO GALVANIZADO
Denominación	B 500S	S275 JR	S355 JR	S280 GD
Tensión límite elástico	500 N/mm ²	275 N/mm ²	355 N/mm ²	280 N/mm ²
Exigencia	Marcado CE	Marcado CE	Marcado CE	Marcado CE

Detalles estructurales
Escala 1:40

Centro de Investigación Culinario
José María Calderón Busto

UD. Garrido
Tutor: Gínés Garrido

Taller de Estructuras
Tutor: Antonio Aznar López
Master Habilitante - Semestre Otoño 2025

Sostenibilidad económica

José María Calderón Busto
UD Garrido

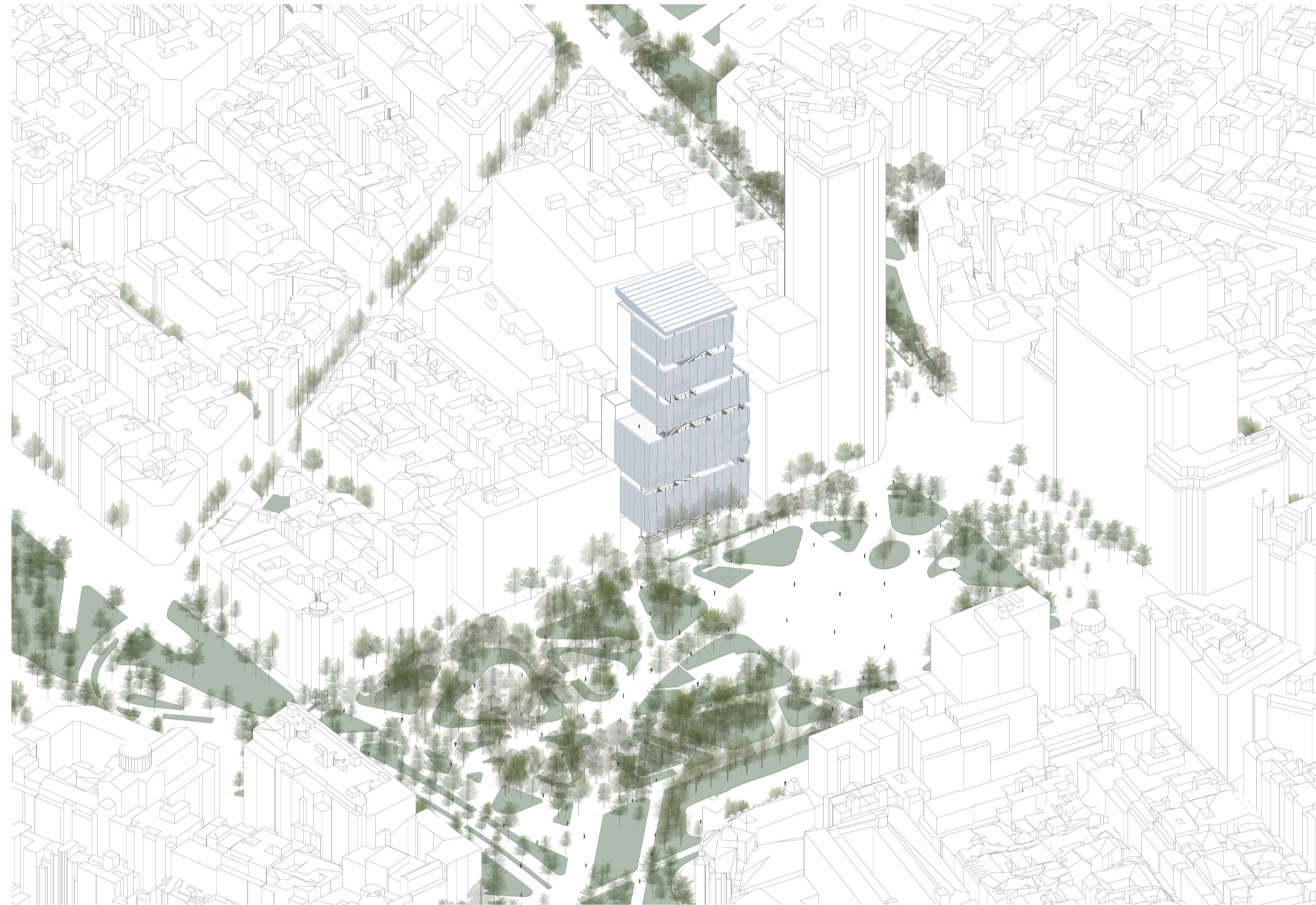
Introducción

El presente trabajo analiza la solución de envoltente propuesta para el Trabajo Fin de Máster del Centro de Investigación Culinaria (CIC), con el objetivo de evaluar su sostenibilidad económica a partir del coste de ciclo de vida (LCC) y compararla con una alternativa viable.

El CIC rompe la barrera de la cocina privada para convertirla en un acto social y urbano. En un contexto acelerado, devuelve a la gastronomía su dimensión cultural y simbólica, transformándola en una herramienta de enseñanza, investigación y encuentro.

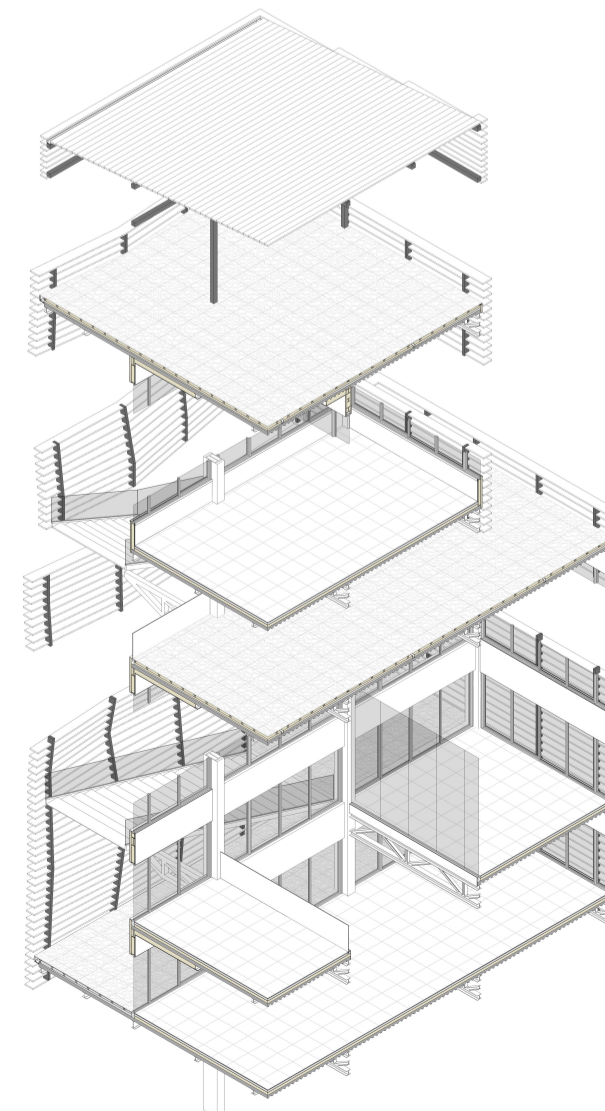
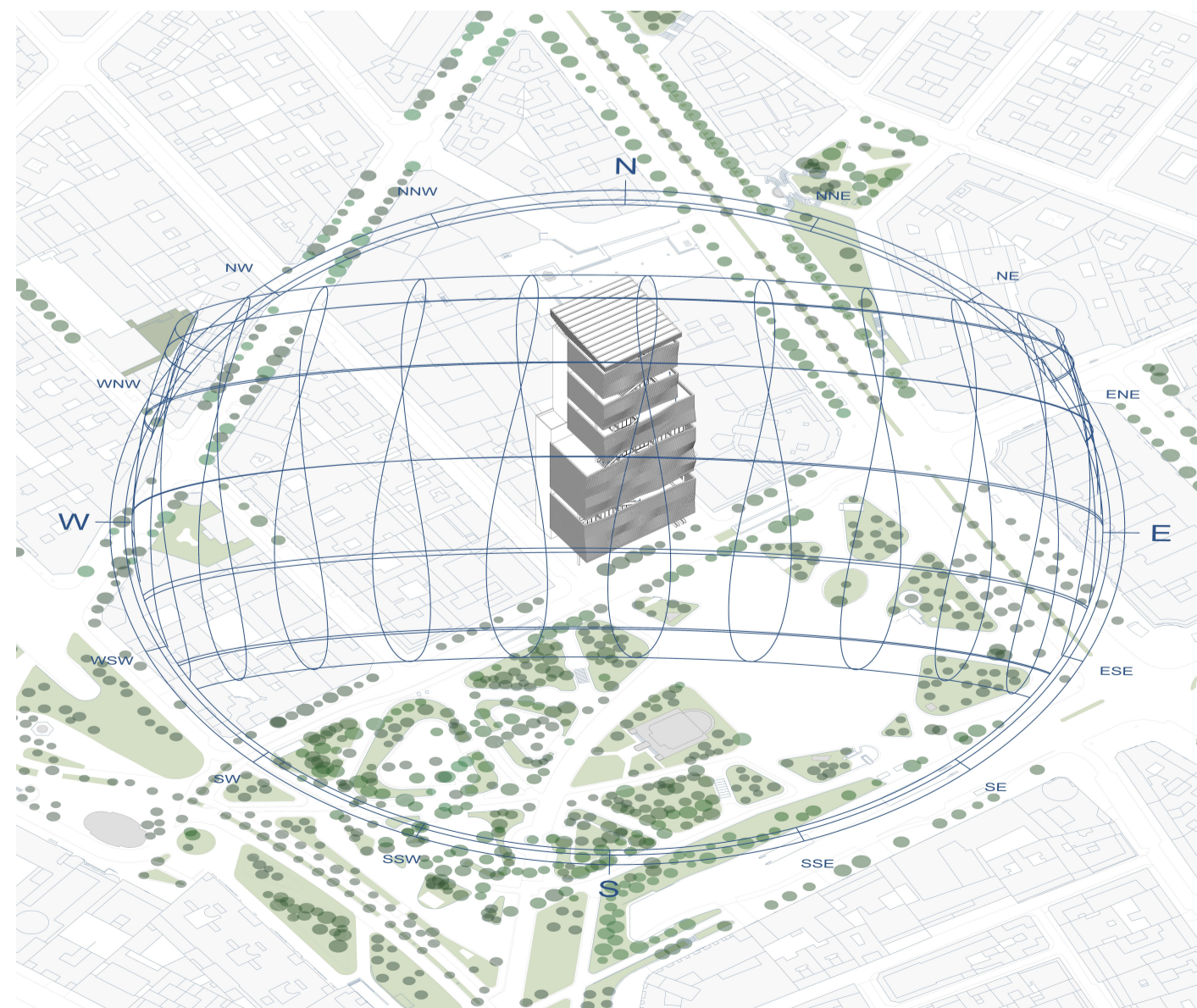
Ubicado en la renovada Plaza de España, el CIC se concibe como una “pieza conectora” más que como un objeto aislado. Su organización espacial se articula mediante un recorrido vertical y tres franjas programáticas que enlazan espacios urbanos fragmentados. La franja escénica, formada por terrazas y graderíos, hace visible la actividad culinaria hacia el exterior y la integra en la vida pública de la ciudad.

El Centro de Investigación Culinaria se define como un nodo urbano, cultural y ecológico. Utiliza la memoria culinaria como motor para promover salud y sostenibilidad, convirtiendo la gastronomía en un acto de encuentro y en un vehículo de reconexión entre ciudad, comunidad y futuro. Sobre este marco se apoya el análisis de la envoltente del edificio, entendida no solo como límite físico, sino como pieza estratégica en el comportamiento ambiental y económico del proyecto.



DESCRIPCIÓN ENVOLVENTE

Cerramiento ligero de entramado metálico con aislamiento interior de lana mineral y SATE exterior de lana de roca y enfoscado continuo. Sobre él se dispone una segunda piel de lamas horizontales de aluminio extruido, soportadas por una subestructura metálica anclada a las cerchas del edificio. Los huecos se resuelven con carpinterías de PVC de doble corredera y doble acristalamiento laminado, integradas en el entramado y manteniendo la continuidad del aislamiento.



Propuesta 1: Envoltente ligera + lamas aluminio

Para el cálculo del Valor Actual Neto, se asume una vida útil del edificio de 50 años. Para la composición de las distintas capas de la fachada, así como para la descripción de los gastos de uso y mantenimiento, se consultan las fuentes de precios CYPE.

1. Costes y Beneficios del ciclo de vida

FASE INICIAL

Producción e instalación

Partida	Descripción	Precio unitario (€/m ²)
1	Muro ligero LSF + doble placa de yeso laminado + aislamiento interior	70
2	Sistema SATE exterior (lana de roca + morteros + enfoscado)	90
3	Subestructura metálica: ménsulas de anclaje y montantes RHS acero S355	35
4	Lamas horizontales de aluminio extruido + montantes auxiliares de aluminio y clips de fijación	110
5	Mano de obra específica de montaje de subestructura y lamas (andamios, replanteo, fijaciones)	20
TOTAL FASE INICIAL		325

FASE INTERMEDIA

Mantenimiento, eficiencia energética

Partida	Descripción	Coste anual (€/m ² -año)
Limpieza	Lavado periódico de lamas y revisión visual del enfoscado exterior	2
Mantenimiento	Reparaciones menores de SATE (fisuras, encuentros) y reapriete de fijaciones de subestructura	3
Ahorro energético	Reducción de cargas de refrigeración por protección solar de las lamas	-4
TOTAL (1 año)		1

FASE FINAL

Desmantelamiento, reciclaje, residuo

Partida	Descripción	Coste (€/m ²)
Desmontaje celosía	Retirada de lamas de aluminio y subestructura	15
Desmontaje cerramiento	Retirada de sistema SATE y muro ligero LSF	15
Gestión de residuos	Carga, transporte y vertedero de residuos no reciclables	15
Reciclaje metales	Ingresos por recuperación de aluminio y acero	-5
TOTAL FASE FINAL		40

2. Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

Concepto	Valor	Unidad
Coste inicial	-325	€/m ²
Vida útil	50	años
Coste anual G-B (mantenimiento - ahorro)	-1	€/m ² -año
Coste de desmantelaje (año 50)	-40	€/m ²
Tasa de descuento	4	%
VAN	-352,1	€/m²

El análisis económico de la envoltente ligera con SATE + lamas horizontales arroja un VAN negativo de aproximadamente -352 €/m², lo que significa que la inversión no se recupera únicamente con los ahorros y costes directos de construcción, mantenimiento y desmantelamiento a 50 años. Aun así, el coste inicial se mantiene en un rango razonable para una fachada de altas prestaciones, y las lamas contribuyen a reducir parcialmente los costes energéticos en uso.

Este resultado se toma como referencia para compararlo con una segunda propuesta de fachada y verificar que la solución adoptada es la opción más eficiente en términos de coste de ciclo de vida.

Propuesta 2: Envoltente ligera + lamas fibra de vidrio GFRP

Para el cálculo del Valor Actual Neto, se asume una vida útil del edificio de 50 años. Para la composición de las distintas capas de la fachada, así como para la descripción de los gastos de uso y mantenimiento, se consultan las fuentes de precios CYPE.

1. Costes y Beneficios del ciclo de vida

FASE INICIAL

Producción e instalación

Partida	Descripción	Precio unitario (€/m ²)
1	Muro ligero LSF + doble placa de yeso laminado + aislamiento interior	70
2	Sistema SATE exterior (lana de roca + morteros + enfoscado)	90
3	Subestructura metálica: ménsulas de anclaje y montantes RHS acero S355	35
4	Lamas horizontales de fibra de vidrio (GFRP) + montantes auxiliares de aluminio y clips de fijación	150
5	Mano de obra específica de montaje de subestructura y lamas (andamios, replanteo, fijaciones)	25
TOTAL FASE INICIAL		370

FASE INTERMEDIA

Mantenimiento, eficiencia energética

Partida	Descripción	Coste anual (€/m ² -año)
Limpieza	Lavado periódico de lamas y revisión visual del enfoscado exterior	1,8
Mantenimiento	Reparaciones menores de SATE (fisuras, encuentros) y reapriete de fijaciones de subestructura	2
Ahorro energético	Reducción de cargas de refrigeración por protección solar de las lamas	-3
TOTAL (1 año)		0,8

FASE FINAL

Desmantelamiento, reciclaje, residuo

Partida	Descripción	Coste (€/m ²)
Desmontaje celosía	Retirada de lamas de GFRP y subestructura	20
Desmontaje cerramiento	Retirada de sistema SATE y muro ligero LSF	15
Gestión de residuos	Carga, transporte y vertedero de residuos no reciclables	15
Reciclaje metales	Ingresos por recuperación de aluminio y acero	-5
TOTAL FASE FINAL		45

2. Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)

Concepto	Valor	Unidad
Coste inicial	-370	€/m ²
Vida útil	50	años
Coste anual G-B (mantenimiento - ahorro)	-0,8	€/m ² -año
Coste de desmantelaje (año 50)	-45	€/m ²
Tasa de descuento	4	%
VAN	-393,5	€/m²

La propuesta 2 presenta un coste inicial sensiblemente superior al de la solución con lamas de aluminio, situándose en torno a 370 €/m² frente a los 325 €/m² de la Propuesta 1. Aunque el menor mantenimiento asociado al GFRP permite reducir ligeramente el coste anual de funcionamiento, el cálculo del coste de ciclo de vida a 50 años (VAN ≈ -393,5 €/m²) muestra que esta alternativa sigue resultando significativamente más cara. En resumen, se trata de una solución técnicamente robusta y de alto valor añadido, pero económicamente menos eficiente para el proyecto.

CONCLUSIONES

Al comparar ambas opciones, la envoltente con SATE y lamas de aluminio alcanza un coste de ciclo de vida de unos -352 €/m², mientras que la versión con lamas de fibra de vidrio se sitúa en torno a -393,5 €/m², lo que supone un incremento del orden del 12 % sin una mejora proporcional en el comportamiento energético o funcional del edificio. Dado que ambas soluciones ofrecen prestaciones similares en términos de aislamiento, control solar e imagen arquitectónica, la elección de la Propuesta 1 se justifica como la opción más equilibrada: mantiene la calidad ambiental y formal buscada en el CIC, pero con un menor impacto económico a lo largo de la vida útil del proyecto.

PREPARACIÓN Y GESTIÓN DEL PROYECTO

EJECUCIÓN OBRA

CONTROL DE LA OBRA

FINAL DE LA OBRA

1.1. Contrataciones

1.1.1. Contratación proyectista

1.1.2. Contratación de la Dirección Facultativa (DO + DEO)

1.1.3. Contratar constructor

1.1.4. Solicitar coordinador de seguridad y salud

1.2. Elaboración y desarrollo del proyecto

Agente: El proyectista y su equipo

1.2.1. Anteproyecto

Corresponde al desarrollo del concurso arquitectónico:

- Publicación del concurso
- Análisis previo del lugar y del programa.
- Desarrollo del anteproyecto:
 - Alzados
 - Plantas
 - Secciones
- Publicación de resultados del concurso

1.2.2. Proyecto Básico

1.2.2.1. Memoria

Descriptiva

- Agente
- Información previa
- Descripción del proyecto
- Presentación del edificio

Constructiva

Sustentación del edificio

Cumplimiento del CTE

Seguridad en caso de incendio

1.2.2.2. Planos

- Plano situación
- Plano de emplazamiento
- Plano de urbanización
- Plantas generales
- Planta de cubierta
- Alzados
- Secciones
- Protección incendios

1.2.2.3. Presupuesto detallado

1.2.3. Proyecto de ejecución

1.2.3.1. Memoria

Descriptiva

- Agente
- Información previa
- Descripción del proyecto
- Presentación del edificio

Constructiva

- Sustentación del edificio
- Sistema estructural
- Sistema envolvente
- Sistema de compartimentación
- Sistema de acabados
- Sistema de acondicionamiento e instalaciones
- Equipamientos

Cumplimiento del CTE

- Seguridad en caso de incendio
- Seguridad estructural
- Accesibilidad
- Salubridad
- Protección contra el ruido
- Ahorro de energía

Anejos

- Estudio geotécnico
- Cálculo de estructura
- Protección contra incendios
- Instalaciones del edificio
- Certificación energética
- Estudio de impacto ambiental
- Plan de control y calidad
- Estudio de seguridad y Salud / Estudio Básico
- Gestión de residuos

1.2.3.2. Planos

- Plano situación
- Plano de emplazamiento
- Plano de urbanización
- Plantas generales
- Planta de cubierta
- Alzados
- Secciones
- Protección incendios
- Plano de estructuras
- Planos de definición constructiva
- Memorias gráficas de carpinterías y cerrajerías

1.2.3.3. Pliego de condiciones

- Cláusulas administrativas
- Condiciones facultativas
- Condiciones legales y económicas

- Condiciones técnicas particulares
- Condiciones materiales
- Condiciones de ejecución de unidades de obra
- Condiciones de verificación y control del edificio

1.2.3.4. Mediciones

1.2.3.5. Presupuesto detallado

1.2.3.6. Manual de uso y mantenimiento

1.3. Tramites y licencias

1.3.1. Solicitar Licencia de obra

Entrega del PB a la Gerencia de Urbanismo

1.3.2. Obtener Licencia de obra

Entrega del proyecto de ejecución a la Gerencia de Urbanismo

1.3.3. Obtener Visado del Proyecto de Ejecución

Por parte del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM)

1.3.4. Obtener Licencia de Instalaciones

Gruas, vallado, cajón de obras, etc.

1.3.5. Obtener Licencia acometidas

Provisionales o definitivas

1.3.6. Obtener Licencia de derribo

1.3.7. Solicitar permisos a las compañías suministradoras de los servicios

Agua, electricidad, etc.

1.3.8. Contrato del seguro de responsabilidad decenal

1.3.9. Elaboración del Plan de Seguridad y Salud

1.3.10. Apertura del Centro de Trabajo

1.3.11. Acta de Replanteo

La firman: Promotor, DO, DEO, Constructor y CSyS
Dan comienzo los trabajos de la obra.

2.1. Preparación del terreno

2.1.1. Demolición edificio existente

2.1.2. Desbroce y limpieza del terreno

2.1.3. Movimientos de tierras

2.1.4. Excavación para cimentación

2.2. Replanteo

2.3. Estructura

2.3.1. Contención

2.3.2. Cimentación

2.3.3. Estructura vertical

Bajo rasante, estructura HA
Sobre rasante, estructura metálica

2.3.4. Estructura horizontal

Forjado sanitario
Forjado bidireccional
Forjado unidireccional mixto

2.3.5. Comunicaciones verticales

2.4. Envolvente

Cubierta transitable por plots
Fachada carpintería fija
Fachada ventilada
Envolvente de lamas horizontales

2.5. Particiones

2.6. Carpinterías

2.7. Instalaciones

Climatización y Ventilación
Fontanería (AF, ACS, Saneamiento)
Electricidad
Telecomunicaciones
Detección y extinción de incendios
Ascensores

2.8. Acabados

2.8.1. Pavimentos

2.8.2. Paredes

2.8.3. Techos

2.9. Maquinaria

2.10. Mobiliario

2.11. Urbanismo y Paisajismo

Urbanización
Mobiliario urbano
Vegetación

3.1. Cumplimiento libro de Órdenes

DO y DEO

3.2. Certificaciones parciales

DO y DEO

3.3. Cumplimientos libro de Incendias

Si fuera necesario

3.3. Cumplimientos libro de Incendias

Si fuera necesario

3.4. Comprobación de instalaciones

DEO

3.5. Control de recepción de productos de obra

3.6. Control de calidad de la ejecución de obra

4.1. Control de calidad de la obra terminada

- Comprobaciones
- Pruebas de servicio
- Documentación de obra ejecutada

4.2. Limpieza de la obra

4.3. Liquidación final de obra

- Elaboración: DEO
- Firma: DF y constructor

4.4. Certificado final de obra

DF

4.4.1. Certificado final de obras

4.4.2. Libro de Órdenes

4.4.3. Imágenes del estado final

4.4.4. Descripción de las modificaciones

4.4.5. Controles realizados durante la obra

4.5. Documentación de obra ejecutada AS-Built

- DF
- Elaboración
- Firma
- Entrega

4.6. Entrega de las especificaciones de mantenimiento

4.7. Entrega del libro del edificio

4.8. Acta de recepción de la obra

- DF
- Elaboración
- Firma
- Entrega

Planificación en función del EDT

José María Calderón Busto
UD Garrido

ID	Tarea	Fecha inicio	acción (d)	Fecha fin
1	1. PREPARACIÓN Y GESTIÓN DEL PROYECTO	01/02/2026	334	01/01/2027
2	1.1 Contrataciones	01/02/2026	90	02/05/2026
3	1.1.1 Contratación proyectista	01/02/2026	40	13/03/2026
4	1.1.2 Contratación Dirección Facultativa	03/03/2026	30	02/04/2026
5	1.1.3 Contratar constructor	02/04/2026	30	02/05/2026
6	1.1.4 Solicitar coordinador SyS	17/04/2026	30	17/05/2026
7	1.2 Elaboración y desarrollo del proyecto	02/03/2026	210	28/09/2026
8	1.2.1 Anteproyecto	02/03/2026	60	01/05/2026
9	1.2.2 Proyecto básico	17/04/2026	90	16/07/2026
10	1.2.3 Proyecto de ejecución	01/07/2026	120	29/10/2026
11	1.3 Trámites y licencias	01/07/2026	180	28/12/2026
12	2. EJECUCIÓN DE LA OBRA	01/01/2027	730	31/12/2028
13	2.1 Preparación del terreno	01/01/2027	90	01/04/2027
14	2.1.1 Demolición edificio existente	01/01/2027	45	15/02/2027
15	2.1.2 Desbroce y limpieza del terreno	31/01/2027	20	20/02/2027
16	2.1.3 Movimientos de tierras	20/02/2027	30	22/03/2027
17	2.1.4 Excavación para cimentación	22/03/2027	30	21/04/2027
18	2.2 Replanteo	21/04/2027	30	21/05/2027
19	2.3 Estructura	27/03/2027	300	21/01/2028
20	2.3.1 Contención	27/03/2027	90	25/06/2027
21	2.3.2 Cimentación	26/04/2027	90	25/07/2027
22	2.3.3 Estructura vertical	26/05/2027	120	23/09/2027
23	2.3.4 Estructura horizontal	25/06/2027	120	23/10/2027
24	2.3.5 Comunicaciones verticales	24/08/2027	90	22/11/2027
25	2.4 Envoltente	01/10/2027	210	29/04/2028
26	2.5 Particiones	01/02/2028	150	01/07/2028
27	2.6 Carpinterías	01/03/2028	150	29/07/2028
28	2.7 Instalaciones	01/01/2028	270	28/09/2028
29	2.8 Acabados	01/06/2028	120	29/09/2028
30	2.8.1 Pavimentos	01/06/2028	60	31/07/2028
31	2.8.2 Paredes	01/07/2028	60	30/08/2028
32	2.8.3 Techos	31/07/2028	60	29/09/2028
33	2.9 Maquinaria	01/08/2028	60	30/09/2028
34	2.10 Mobiliario	01/09/2028	60	31/10/2028
35	2.11 Urbanismo y paisajismo	01/07/2028	123	01/11/2028
36	3. CONTROL DE LA OBRA	01/01/2027	760	30/01/2029
37	3.1 Cumplimiento libro de Órdenes	01/01/2027	730	31/12/2028
38	3.2 Certificaciones parciales	03/03/2027	700	31/01/2029
39	3.3 Cumplimiento libro de incidencias	03/03/2027	700	31/01/2029
40	3.4 Comprobación de instalaciones	01/02/2028	365	31/01/2029
41	3.5 Control de recepción de productos	01/01/2028	300	27/10/2028
42	3.6 Control de calidad ejecución de obra	01/01/2028	365	31/12/2028
43	4. FINALIZACIÓN DE LA OBRA	01/11/2028	92	01/02/2029
44	4.1 Liquidación final de obra	01/11/2028	45	16/12/2028
45	4.2 Certificado final de obra	15/12/2028	30	14/01/2029
46	4.3 Documentación obra ejecutada As-Built	15/11/2028	76	30/01/2029
47	4.4 Entrega especificaciones de mantenimiento	15/01/2029	10	25/01/2029
48	4.5 Entrega libro del edificio	20/01/2029	10	30/01/2029
49	4.6 Acta de recepción de la obra	30/01/2029	2	01/02/2029

