



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Diseño y cálculo de dos naves metálicas para planta de
producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Tercero Herreros, Ramon

Tutor/a: Alcalá González, Julián

Cotutor/a: Navarro Ferrer, Ferrán

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos ,
Canales y Puertos

Diseño y cálculo de dos naves metálicas para planta de producción de
azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón)

Trabajo Fin de Grado

Grado de Ingeniería Civil

AUTOR/A: Tercero Herreros, Ramón

Tutor/a: Alcalá González, Julián

Cotutor/a: Navarro Ferrer, Ferrán

CURSO ACADÉMICO: 2022-2023



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



CONTENIDO

TOMO I.- MEMORIA

TOMO II.- CÁLCULO ESTRUCTURA.

TOMO III.- PLANOS

TOMO IV.- ANEJOS



INDICE COMPLETO

TOMO I.- MEMORIA

- 1.- Introducción.
 - 1.1. Objetivos.
 - 1.2. Objeto.
- 2.- Análisis de soluciones. Justificación solución adoptada.
 - 2.1. Solución en planta.
 - 2.2. Solución en sección transversal.
 - 2.3. Método empotramiento pilares.
- 3.- Consideraciones sobre las acciones.
- 4.- Consideraciones sobre el análisis global de la estructura. Imperfecciones iniciales.
- 5.- Consideraciones geotécnicas.
- 6.- Descripción detallada de planos. Planificación de los trabajos.
- 7.- Normativa y Bibliografía.
- 8.- Conclusiones y agradecimientos.

TOMO II.- CÁLCULO ESTRUCTURA

- 1.- Consideraciones iniciales.
- 2.- Memoria de cálculo.
- 3.- Planos para seguimiento listados.
- 4.- Listado geometría y cargas pórtico.
- 5.- Leyes de esfuerzos combinaciones pésimas.
- 6.- Resistencia de las secciones y comprobación a pandeo.
 - 6.1. Listado programa de cálculo.
 - 6.2. Comprobación directa.
- 7.- Estado límite de servicio. Deformaciones.



APÉNDICES DEL TOMO II:

- 1.- Cálculo matricial. Pandeo traslacional de pórticos en su plano.
- 2.- Cálculo secciones plásticas y elásticas.
- 3.- Acciones.
- 4.- Obtención de esfuerzos. Cálculos independientes realizados.
- 5.- Coeficientes de seguridad.
- 6.- Pandeo intraslacional de pilares. Método de Wood.
- 7.- Características mecánicas secciones doble T.
- 8.- Determinación clase de sección.
- 9.- Amplificación de momentos primarios por axil. Coeficiente de momento uniforme.

TOMO III.- PLANOS

- 1.- Planos generales.
- 2.- Planos de obra civil.
- 3.- Planos de taller.
 - 3.1. Pilares.
 - 3.2.- Dinteles.
 - 3.3. Potelets.
 - 3.4.- Arriostramientos.
 - 3.5.- Correas y tirantillos.
- 4.- Planos de montaje.
 - 4.1. Plantas.
 - 4.2. Alzados.
 - 4.3. Secciones.
 - 4.4.- Maniobras izado dinteles.
 - 4.5.- Detalles soldadura.

TOMO IV.- ANEJOS.

- ANEJO 1. Cálculo empotramiento pilares por prolongación del fuste.
- ANEJO 2. Cálculo geotécnico zapatas semiprofundas.
- ANEJO 3. Resolución analítica viga apoyada sobre terreno (viga elástica)
- ANEJO 4. Cálculo posicionamiento orejetas de montaje dinteles usando una grúa y con cuatro puntos de sujeción.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



TOMO I

MEMORIA



INDICE

1.- Introducción.

1.1. Objetivos.

1.2. Objeto.

1.2.1. Vida útil nominal.

1.2.2. Requisitos-Exigencias.

1.2.3. Fiabilidad estructural. Clases de consecuencia. Clases de fiabilidad.

1.2.4. Niveles de supervisión del proyecto.

1.2.5. Niveles de inspección de productos y ejecución,

1.2.6. Clases de ejecución.

1.2.7. Gestión del proceso constructivo. Nivel de trazabilidad. Nivel de control para el acero.

1.2.8. Propiedades tecnológicas de los aceros empleados. Tipo y grado. Tenacidad a la fractura.

1.2.9. Durabilidad de la estructura. Clase de exposición. Grado de durabilidad. Preparación de la superficie del acero. Grados de preparación.

1.2.10. Fabricación y montaje. Soldaduras: Requisitos de calidad. Niveles de calidad. Defectos soldadura.

2.- Análisis de soluciones. Justificación solución adoptada.

2.1. Solución en planta.

2.2. Solución en sección transversal.

2.3. Método empotramiento pilares.

3.- Consideraciones sobre las acciones.

4.- Consideraciones sobre el análisis global de la estructura. Imperfecciones iniciales.

5.- Consideraciones geotécnicas.

6.- Descripción detallada de planos. Planificación de los trabajos.

7.- Normativa y Bibliografía.

8.- Conclusiones y agradecimientos.

1.-INTRODUCCIÓN.

1.1. OBJETIVOS.

El presente TFG tiene como objetivos aplicar los conocimientos técnicos (cálculo de estructuras, resistencia de materiales, acero estructural, hormigón, geotecnia, etc) adquiridos durante la carrera, y además, intentar sacar el máximo provecho a los mismos desarrollando aspectos o conceptos no habituales, tales como los plasmados en el anejo 2 y 3 (tomo IV) y en los apéndices 1 y 2 del cálculo de la estructura (tomo II).

También tiene el objetivo de considerar otros aspectos aprendidos durante la carrera gracias a la experiencia y consejos de los diferentes profesores, que no siendo aspectos puramente técnicos, son, a mi entender, muy importantes para que la estructura que se diseñe sea lo más adecuada a las necesidades de la propiedad o promotor: funcionalidad (hemos de preguntarnos que maquinaria o equipos va a colocar la propiedad, por donde van a circular los vehículos, (nos condiciona altura de la construcción, distribución de pilares, posición cruces de fachada, etc). Lo anterior no sólo se refiere a condicionantes presentes, en este caso, la propiedad nos indica posibles actuaciones futuras que nos condiciona el diseño en planta de forma importante.

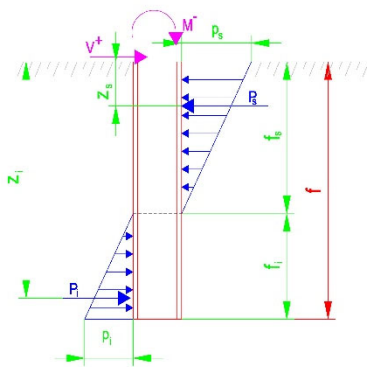
Además, en este caso, y aunque en una nave industrial no hay muchos factores donde intervenir, la propiedad requiere que se tenga en cuenta al máximo criterios estéticos para que lo que es la estructura en sí "pase" lo más desapercibida posible. Esto nos obliga no sólo a los acabados exteriores (fachadas), también se ha tenido en cuenta en la ejecución de los interiores.

Los tres párrafos anteriores son evidentemente, los criterios básicos de toda construcción: RESISTENCIA, FUNCIONALIDAD y ESTÉTICA. Por supuesto faltarían el cuarto factor (COSTE) y el quinto (PLAZO). Todos ellos están interrelacionados. A mi entender, los dos primeros son los más importantes.(si ejecutamos una obra lo más económica posible, que aguante por supuesto, si no cumple las necesidades funcionales de la propiedad, les obligará a corto-medio plazo a realizar modificaciones, que seguro, serían más caras que si se hubiera tenido en cuenta desde un principio).

Los objetivos de coste y plazo (mínimos posibles) los hemos tenido en cuenta definiendo todos los planos necesarios (taller y montaje) antes de empezar, integrando las necesidades-limitaciones de: empresa de obra civil- taller construcción y montaje estructura metálica-empresa de medios de elevación e izado.

A modo de resumen se indican los estudios o análisis desarrollados en los anejos (tomo IV) y en los apéndices del tomo II:

- Anejo 1: Cálculo empotramiento por prolongación del fuste:

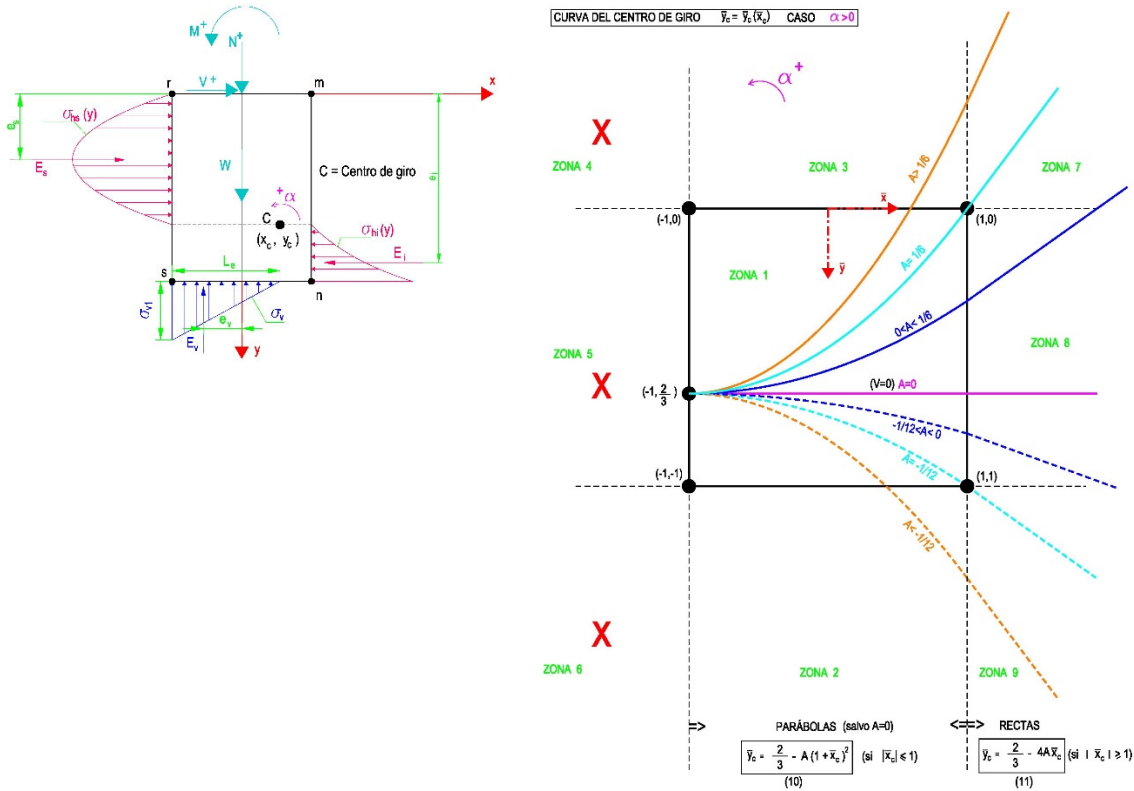


$$f_s^2 \left[3V^2 + 6bM\sigma_{cd} \right] + f_s \left[18VM + \frac{8V^3}{b\sigma_{cd}} \right] - 9M^2 = 0$$

$$P_s = \frac{1}{2} b f_s \sigma_{cd}$$

$$f = f_s \left[1 + \sqrt{1 + \frac{V}{P_s}} \right]$$

- Anejo 2: Cálculo geotécnico de zapatas semiprofundas. Caso intermedio entre cimentación superficial y profunda



$$a \bar{x}_c^3 + b \bar{x}_c^2 + c \bar{x}_c + d = 0$$

$$a = L [N+W]$$

$$b = 6M - 4HV$$

$$c = 12jM - 8jHV - 3L [N+W]$$

$$d = 6M - 4HV - j\xi L [N+W]$$

$$\eta = -\frac{K_V}{K_H} \quad \chi = \frac{V}{N+W}$$

$$\lambda = \frac{L}{H} \quad A = \frac{1}{4} \eta \chi \lambda^2$$

$$\xi = 2 + \frac{4}{3} \frac{1}{\eta \lambda^3}$$

$$\bar{y}_c(x_c) = \frac{2}{3} - j A [1 + j \bar{x}_c]^2$$

$$\alpha(\bar{x}_c) = \frac{8j [N+W]}{BK_V L^2 [1 + j \bar{x}_c]^2}$$

$$L_e(\bar{x}_c) = \frac{L}{2} [1 + j \bar{x}_c]$$

$$\sigma_{v1}(\bar{x}_c) = -\frac{1}{2} j \alpha K_V L [1 + j \bar{x}_c]$$

$$\sigma_{hs}(\bar{y}_c) = \frac{1}{4} \alpha K_H H \bar{y}_c^2$$

$$\sigma_{hi}(\bar{y}_c) = -\alpha K_H H [1 - \bar{y}_c]$$

- Anejo 3: Viga apoyada sobre terreno (viga elástica). Para cálculo de riostras y aproximación a losas

OPERADOR DE TRANSFERENCIA VIGA ELASTICA SIN DEFORMACION POR CORTANTE

$$\xi = \frac{x}{\zeta} \quad \zeta = \sqrt[4]{\frac{4EI_v}{Kb}} \quad b = \text{Ancho viga}$$

$$\mathbf{G}(\xi) = \begin{bmatrix} Ch\xi\text{Cos}\xi & -\frac{\zeta}{2}[Sh\xi\text{Cos}\xi + Ch\xi\text{Sen}\xi] & \frac{1}{Kb\zeta}[Sh\xi\text{Cos}\xi - Ch\xi\text{Sen}\xi] & \frac{-2}{Kb\zeta^2}Sh\xi\text{Sen}\xi \\ \frac{1}{\zeta}(Ch\xi\text{Sen}\xi - Sh\xi\text{Cos}\xi) & Ch\xi\text{Cos}\xi & \frac{2}{Kb\zeta^2}Sh\xi\text{Sen}\xi & \frac{2}{Kb\zeta^2}[Sh\xi\text{Cos}\xi + Ch\xi\text{Sen}\xi] \\ \frac{Kb\zeta}{2}(Sh\xi\text{Cos}\xi + Ch\xi\text{Sen}\xi) & -\frac{Kb\zeta^2}{2}Sh\xi\text{Sen}\xi & Ch\xi\text{Cos}\xi & \frac{1}{\zeta}[Sh\xi\text{Cos}\xi - Ch\xi\text{Sen}\xi] \\ \frac{Kb\zeta^2}{2}Sh\xi\text{Sen}\xi & \frac{Kb\zeta^3}{4}[Sh\xi\text{Cos}\xi - Ch\xi\text{Sen}\xi] & \frac{\zeta}{2}[Sh\xi\text{Cos}\xi + Ch\xi\text{Sen}\xi] & Ch\xi\text{Cos}\xi \end{bmatrix}$$

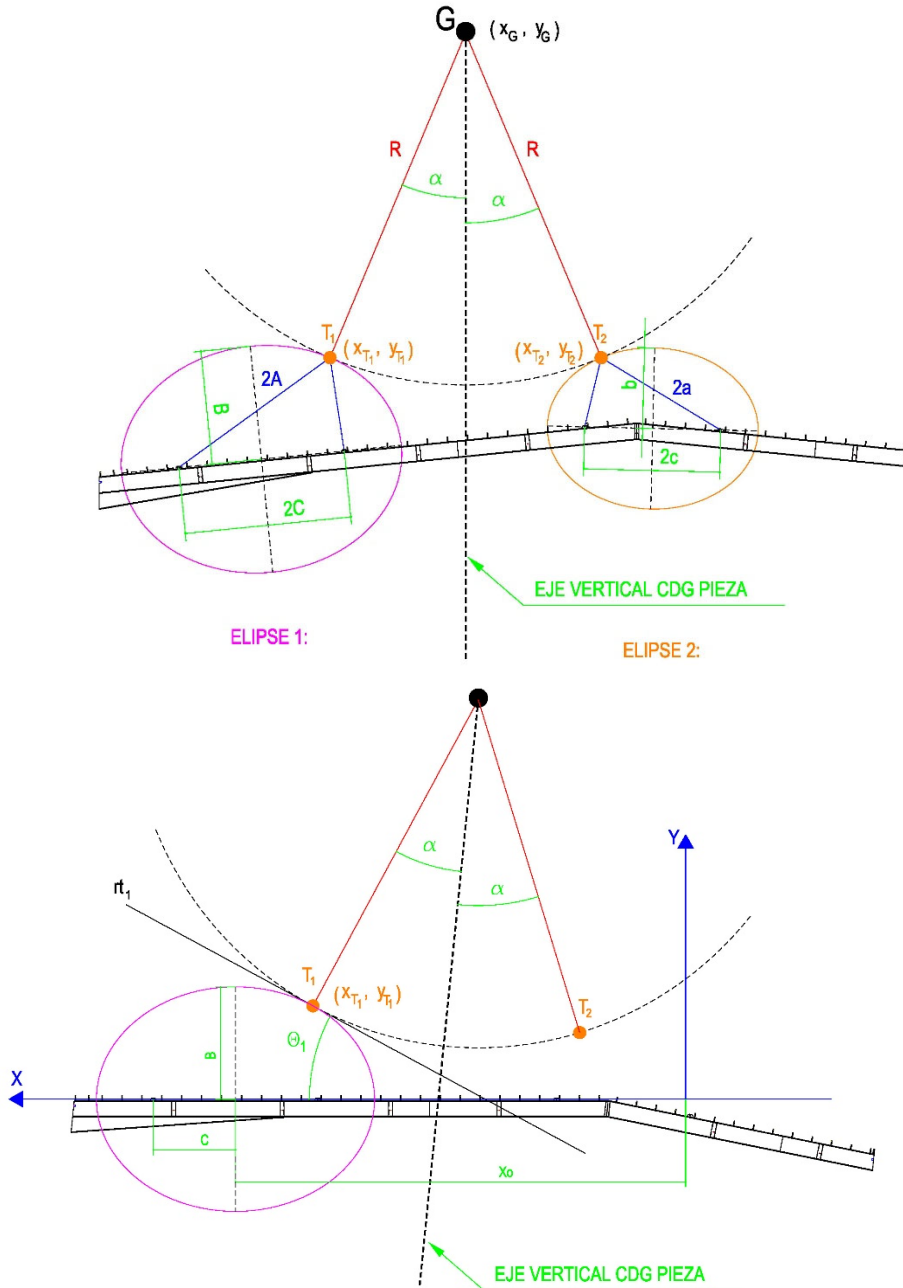
OPERADOR DE TRANSFERENCIA VIGA ELASTICA CON DEFORMACION POR CORTANTE

$$\mathbf{G}(x) = \begin{bmatrix} Chax\text{Cos}bx - B_1Shax\text{Sen}bx & B_2Chax\text{Sen}bx - B_3Shax\text{Cos}bx & B_4Shax\text{Cos}bx - B_5Chax\text{Sen}bx & B_6Shax\text{Sen}bx \\ B_7Shax\text{Cos}bx - B_8Chax\text{Sen}bx & Chax\text{Cos}bx + B_9Shax\text{Sen}bx & -B_{10}Shax\text{Sen}bx & B_{11}Chax\text{Sen}bx + B_{12}Shax\text{Cos}bx \\ B_{13}Shax\text{Cos}bx - B_{14}Chax\text{Sen}bx & B_{15}Shax\text{Sen}bx & Chax\text{Cos}bx - B_{16}Shax\text{Sen}bx & B_{17}Chax\text{Sen}bx + B_{18}Shax\text{Cos}bx \\ -B_{19}Shax\text{Sen}bx & B_{20}Chax\text{Sen}bx + B_{21}Shax\text{Cos}bx & -B_{22}Chax\text{Sen}bx - B_{23}Shax\text{Cos}bx & Chax\text{Cos}bx + B_{24}Shax\text{Sen}bx \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} G &= \frac{E}{2(1+\nu)} & R_1 &= \frac{K\bar{b}a}{GA(a^2+b^2)} - a & F &= R_2I_1 - R_1I_2 = \frac{-2K\bar{b}ab}{a^2+b^2} & B_{13} &= R_2 - \frac{R_3I_2}{I_3} & B_{20} &= \frac{R_2R_3 + I_2I_3}{F} \\ a_0 &= \frac{K\bar{b}}{2GA} & R_2 &= \frac{K\bar{b}a}{a^2+b^2} & B_1 &= \frac{R_3}{I_3} & B_7 &= R_1 - \frac{R_3I_1}{I_3} & \mathbf{B_{24}} &= \mathbf{I_2 + \frac{R_2R_3}{K}} & B_{21} &= \frac{R_2I_3 - R_3I_2}{F} \\ R &= \frac{K\bar{b}}{EI_y} - \frac{K^2\bar{b}^2}{4G^2A^2} & R_3 &= \frac{K\bar{b}(a^2-b^2)}{(a^2-b^2)^2 + 4a^2b^2} & B_2 &= \frac{R_5}{F} & B_8 &= I_1 + \frac{R_1R_3}{I_3} & B_{15} &= \frac{R_2^2 + I_2^2}{F} & B_{22} &= \frac{R_1R_3 + I_1I_3}{F} \\ b_0 &= \sqrt{\bar{R}} & I_1 &= \left[\frac{K\bar{b}b}{GA(a^2+b^2)} + b \right] & B_3 &= \frac{I_2}{F} & B_9 &= \frac{R_1R_2 + I_1I_2}{F} & B_{16} &= B_9 & B_{23} &= \frac{R_1I_3 - R_3I_1}{F} \\ a &= \sqrt{\frac{a_0 + \sqrt{a_0^2 + b_0^2}}{2}} & I_2 &= \frac{-K\bar{b}b}{a^2+b^2} & B_4 &= \frac{I_1}{F} & B_{10} &= \frac{R_1^2 + I_1^2}{F} & B_{17} &= \frac{R_2}{I_3} & & \\ b &= \frac{b_0}{2a} & I_3 &= \frac{-2K\bar{b}ab}{(a^2-b^2)^2 + 4a^2b^2} & B_5 &= \frac{R_1}{F} & B_{11} &= \frac{R_1}{I_3} & B_{14} &= \frac{I_2}{I_3} & & \\ & & & & B_6 &= \frac{1}{I_3} & B_{12} &= \frac{I_1}{I_3} & B_{19} &= \frac{R_3^2 + I_3^2}{I_3} & & \end{aligned}$$

\bar{b} = ancho de la viga

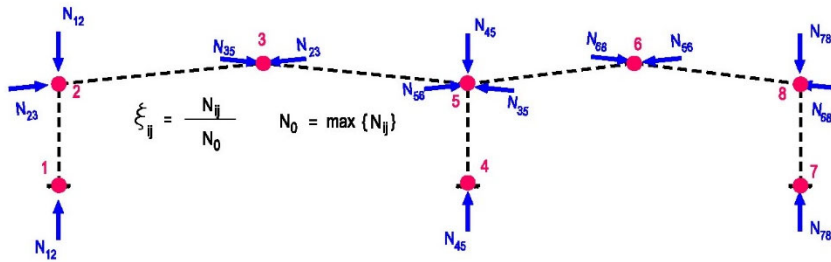
- Anejo 4: Cálculo posición orejetas en izado. Unimos a taller, montaje y grúas. Si no lo resolvemos desde un inicio, 4 piezas (orejetas) por dintel que pesan 50 kg impedirán terminar el dintel que pesa 40.000 kg (bloquea taller y plazos). Problema sencillo pero importante.



$$B = \sqrt{\frac{1}{2} \left[y_{T1}^2 + y_{T1} \sqrt{y_{T1}^2 + 4A^2 m_1^2} \right]}$$

$$X_0 = x_{T1} + y_{T1} m_1 \frac{A^2}{B^2}$$

- Apéndice 1 (Tomo II): Pandeo traslacional de pórticos en su plano. Necesario para obtener el coeficiente crítico de pandeo global y la carga crítica de los dinteles. Los dinteles se calculan como traslacionales.



MATRIZ RIGIDEZ COMPLETA

$$\bar{\mathbf{P}} = \bar{\mathbf{K}} \bar{\Delta} = \begin{bmatrix} \mathbf{K} & \mathbf{G} \\ \mathbf{G}^T & \mathbf{K} \end{bmatrix} \bar{\Delta}$$

MATRIZ RIGIDEZ REDUCIDA

$$\bar{\bar{\mathbf{P}}} = \bar{\bar{\mathbf{K}}} \bar{\bar{\Delta}} = \begin{bmatrix} \mathbf{K} & \mathbf{G} \\ \mathbf{G}^T & \mathbf{K} \end{bmatrix} \bar{\bar{\Delta}}$$

$$\bar{\mathbf{P}} = \begin{bmatrix} R_{1x} \\ R_{1y} \\ M_{R1} \\ \vdots \\ P_{2x} \\ P_{2y} \\ M_2 \\ \vdots \\ P_{3x} \\ P_{3y} \\ M_3 \\ \vdots \\ R_{4x} \\ R_{4y} \\ M_{R4} \\ \vdots \\ P_{5x} \\ P_{5y} \\ M_5 \\ \vdots \\ P_{6x} \\ P_{6y} \\ M_6 \\ \vdots \\ R_{7x} \\ R_{7y} \\ M_{R7} \\ \vdots \\ P_{8x} \\ P_{8y} \\ M_8 \end{bmatrix}_{24 \times 1}$$

$$\bar{\Delta} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ \Delta_{2x} \\ \Delta_{2y} \\ \Theta_2 \\ \vdots \\ \Delta_{3x} \\ \Delta_{3y} \\ \Theta_3 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ \Delta_{5x} \\ \Delta_{5y} \\ \Theta_5 \\ \vdots \\ \Delta_{6x} \\ \Delta_{6y} \\ \Theta_6 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ \Delta_{8x} \\ \Delta_{8y} \\ \Theta_8 \end{bmatrix}_{24 \times 1}$$

$$\bar{\bar{\mathbf{P}}} = \begin{bmatrix} P_{2x} \\ P_{2y} \\ M_2 \\ \vdots \\ P_{3x} \\ P_{3y} \\ M_3 \\ \vdots \\ P_{5x} \\ P_{5y} \\ M_5 \\ \vdots \\ P_{6x} \\ P_{6y} \\ M_6 \\ \vdots \\ P_{8x} \\ P_{8y} \\ M_8 \end{bmatrix}_{15 \times 1}$$

$$\bar{\bar{\Delta}} = \begin{bmatrix} \Delta_{2x} \\ \Delta_{2y} \\ \Theta_2 \\ \vdots \\ \Delta_{3x} \\ \Delta_{3y} \\ \Theta_3 \\ \vdots \\ \Delta_{5x} \\ \Delta_{5y} \\ \Theta_5 \\ \vdots \\ \Delta_{6x} \\ \Delta_{6y} \\ \Theta_6 \\ \vdots \\ \Delta_{8x} \\ \Delta_{8y} \\ \Theta_8 \end{bmatrix}_{15 \times 1}$$

$$\mathbf{k}_{abb}^0 = \begin{bmatrix} \varepsilon & 0 & 0 \\ 0 & \rho & -\kappa \\ 0 & -\kappa & 2\mu \end{bmatrix} \quad \mathbf{k}_{ab}^0 = \begin{bmatrix} \varepsilon & 0 & 0 \\ 0 & \rho & -\kappa \\ 0 & -\kappa & \mu \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{ba}^0 = \begin{bmatrix} \varepsilon & 0 & 0 \\ 0 & \rho & -\kappa \\ 0 & -\kappa & \mu \end{bmatrix} \quad \mathbf{k}_{bba}^0 = \begin{bmatrix} \varepsilon & 0 & 0 \\ 0 & \rho & -\kappa \\ 0 & -\kappa & 2\mu \end{bmatrix}$$

$\varepsilon = \frac{EA}{L}$
 $\rho = 12 \frac{EI}{L^3}$
 $\kappa = 6 \frac{EI}{L^2}$
 $\mu = 2 \frac{EI}{L}$

$$\mathbf{G}_{abb}^* = \frac{\xi_{ab}}{30 L_{ab}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 36 & -3L_{ab} \\ 0 & -3L_{ab} & 4L_{ab}^2 \end{bmatrix} \quad \mathbf{G}_{ab}^* = \frac{\xi_{ab}}{30 L_{ab}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 36 & -3L_{ab} \\ 0 & -3L_{ab} & -L_{ab}^2 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{G}_{ba}^* = \frac{\xi_{ab}}{30 L_{ab}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 36 & -3L_{ab} \\ 0 & -3L_{ab} & -L_{ab}^2 \end{bmatrix} \quad \mathbf{G}_{bba}^* = \frac{\xi_{ab}}{30 L_{ab}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 36 & -3L_{ab} \\ 0 & -3L_{ab} & 4L_{ab}^2 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{K}_{abb}^0 = \mathbf{T}_{ab}^T \mathbf{k}_{abb}^0 \mathbf{T}_{ab} \quad \mathbf{K}_{ab}^0 = \mathbf{T}_{ab}^T \mathbf{k}_{ab}^0 \mathbf{T}_{ba}$$

$$\mathbf{K}_{ba}^0 = \mathbf{T}_{ba}^T \mathbf{k}_{ba}^0 \mathbf{T}_{ab} \quad \mathbf{K}_{bba}^0 = \mathbf{T}_{ba}^T \mathbf{k}_{bba}^0 \mathbf{T}_{ba}$$

$$\mathbf{T}_{ab} = \begin{bmatrix} \cos \alpha_{ab} & \sin \alpha_{ab} & 0 \\ -\sin \alpha_{ab} & \cos \alpha_{ab} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{T}_{ba} = \begin{bmatrix} -\cos \alpha_{ab} & -\sin \alpha_{ab} & 0 \\ \sin \alpha_{ab} & -\cos \alpha_{ab} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\bar{\bar{\mathbf{D}}} = \left[\frac{\mathbf{G}}{\mathbf{K}} \right]^{-1} \cdot \frac{\mathbf{G}}{\mathbf{K}}$$

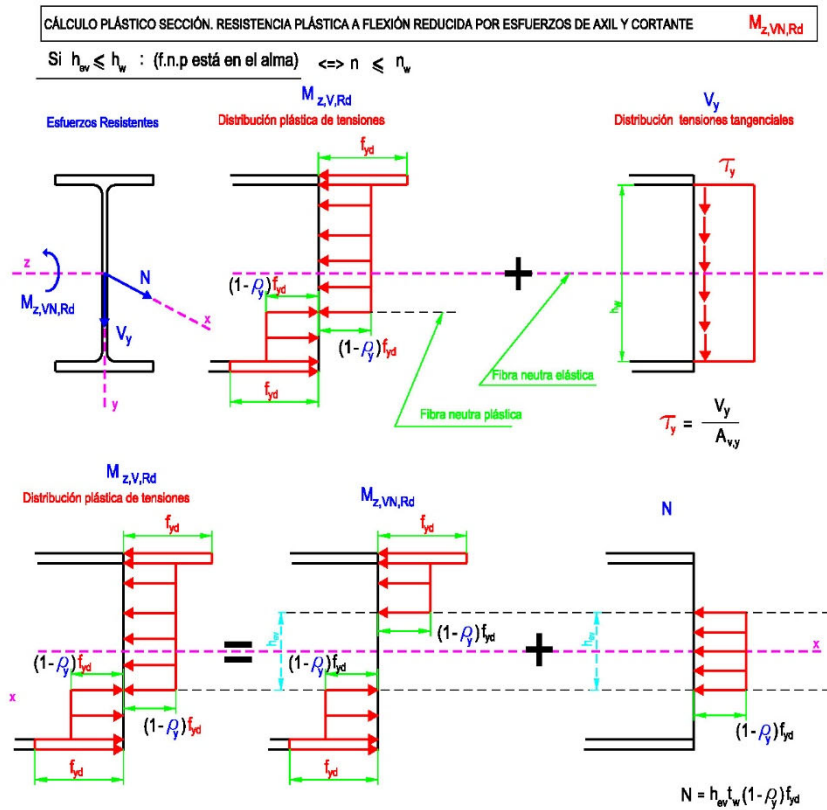
$$\bar{\bar{\mathbf{D}}} = \left[\frac{\mathbf{G}}{\mathbf{K}} \right]^{-1} \cdot \frac{\mathbf{G}}{\mathbf{K}}$$

$$\left| \frac{\mathbf{G}}{\mathbf{K}} - N_{\chi_i} \left[\frac{\mathbf{G}}{\mathbf{K}} \right] \right| = \left| \frac{\mathbf{I}}{N_{\chi_i}} - \bar{\bar{\mathbf{D}}} \right| = 0$$

Sean λ_i los autovalores de $\bar{\bar{\mathbf{D}}} \Leftrightarrow \left| \bar{\bar{\mathbf{D}}} - \lambda \mathbf{I} \right| = 0$

$$\Rightarrow N_{\chi_i} = \frac{1}{\lambda_i} \Rightarrow N_{cr} = N_{\chi_i}(\text{mínimo}) = \frac{1}{\lambda_i(\text{máximo})}$$

- Apéndice 2 (tomo II). Cálculo secciones plásticas y elásticas. Lo empleamos en el apartado 6.2. del tomo II, comprobación directa (manual) de resistencia de secciones. En el código estructural se indican los valores del momento reducido de cálculo en presencia de axil, $M_{N,Rd}$, y el momento reducido de cálculo en presencia de cortante, $M_{V,Rd}$. Sin embargo no da ninguna expresión para el valor del momento reducido de cálculo en presencia de axil más cortante, al que podemos llamar $M_{VN,Rd}$. En este apéndice se desarrolla una expresión para $M_{VN,Rd}$ para el caso de secciones en doble T, diferenciando según la fibra neutra plástica se encuentre en el alma o en las alas:



$$M_{z,VN,Rd} = W_{pl,z} f_{yd} - W_{pl,z,w} \rho_y f_{yd} - W_{pl,z,ev} (1-\rho_y) f_{yd} = \left[W_{pl,z} - \rho_y W_{pl,z,w} - (1-\rho_y) W_{pl,z,ev} \right] f_{yd}$$

$$M_{z,VN,Rd} = \left[W_{pl,z} - \rho_y \frac{1}{4} t_w h_w^2 - \frac{A^2}{4 t_w} \frac{n^2}{(1-\rho_y)} \right] f_{yd}$$

$$n = \frac{N}{N_{pl,Rd}}$$

$$v_y = \frac{V_y}{V_{pl,y,Rd}}$$

Si $v_y \leq 0,5 \Rightarrow \rho_y = 0 \Rightarrow M_{z,VN,Rd} = M_{N,z,Rd}$

Si $v_y > 0,5 \Rightarrow \rho_y = \left[2 v_y - 1 \right]^2$

Si $v_y = 1 \Rightarrow M_{z,VN,Rd} = 0$

$$n_w = \frac{h_w t_w}{A} (1-\rho_y)$$

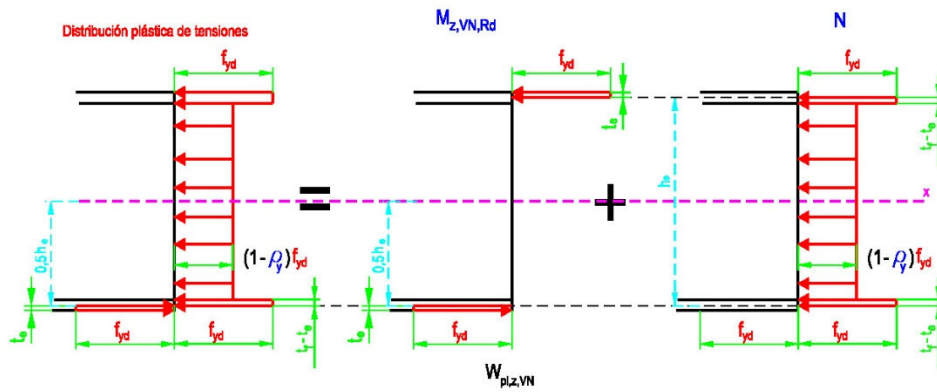
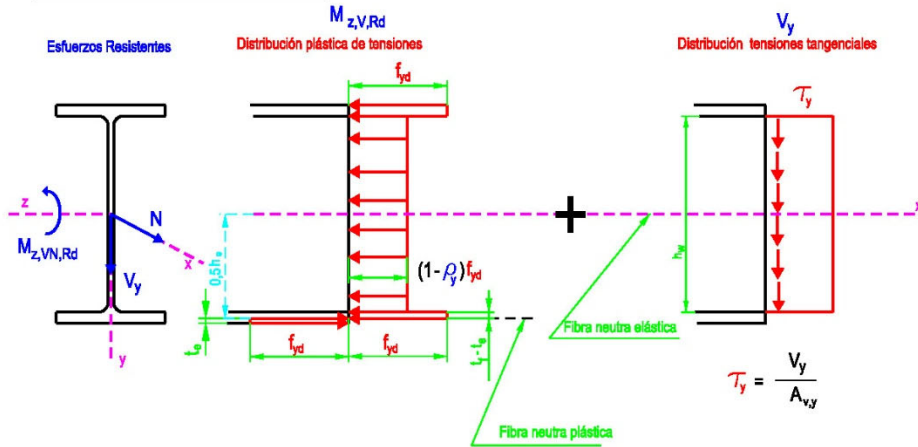
Si $n \leq n_w \Rightarrow$ f.n.p. está en el alma

$$n_0 = 0,5 \frac{h_w t_w}{A}$$

Si $n \leq n_0 \Rightarrow M_{z,VN,Rd} = M_{z,V,Rd} (n=0)$

CÁLCULO PLÁSTICO SECCIÓN. RESISTENCIA PLÁSTICA A FLEXIÓN REDUCIDA POR ESFUERZOS DE AXIL Y CORTANTE $M_{z,VN,Rd}$

Si $h_w > h_w$ (f.n.p está en el ala) $\Leftrightarrow n > n_w$



$$M_{z,VN,Rd} = W_{pl,z,VN} f_{yd}$$

$$M_{z,VN,Rd} = W_{pl,z,VN} f_{yd}$$

$$M_{z,VN,Rd} = \left[\rho_y b t_f [h - \rho_y t_f] + \frac{A}{2} [1 - n - \rho_y] \left[h - 2\rho_y t_f - \frac{A}{2b} [1 - n - \rho_y] \right] \right] f_{yd}$$

$$n = \frac{N}{N_{pl,Rd}}$$

$$v_y = \frac{V_y}{V_{pl,y,Rd}}$$

Si $v_y \leq 0,5 \Rightarrow \rho_y = 0 \Rightarrow M_{z,VN,Rd} = M_{N,z,Rd}$

Si $v_y > 0,5 \Rightarrow \rho_y = [2v_y - 1]^2$

Si $v_y = 1 \Rightarrow M_{z,VN,Rd} = 0$

$$n_w = \frac{h_w t_w}{A} (1 - \rho_y)$$

Si $n \geq n_w \Rightarrow$ f.n.p. está en el ala

$$n_0 = 0,5 \frac{h_w t_w}{A}$$

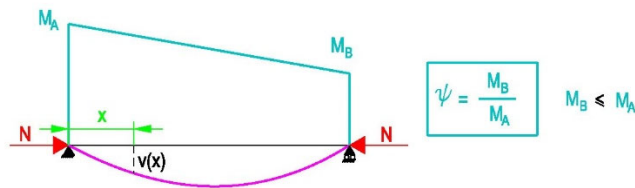
$n_w \geq n_0$ Si $n \geq n_w \Rightarrow n \geq n_0$

- Apéndice 9 (tomo II). Amplificación de los momentos primarios en presencia de axil. Coeficiente de momento uniforme equivalente. Se ha desarrollado para tener un mayor comprensión de las fórmulas que da el código estructural para el cálculo de los coeficientes de interacción, mediante el uso del concepto coeficiente de momento uniforme equivalente. Se resuelve la ecuación diferencial cuando tenemos momentos exteriores con ley lineal y cuando tenemos ley parabólica:

AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL AXIL. BARRA BIARTICULADA. LEY DE MOMENTOS LINEAL

Ley de Momentos exteriores:

$$M_0(x) = M_A \left[1 - \frac{x}{L}(1-\psi) \right]$$



$$v''(x) + \frac{N}{EI} v(x) = -\frac{M_A}{EI} \left[1 - \frac{x}{L}(1-\psi) \right] \quad \text{Ecuación diferencial de 2º orden de coef. const}$$

$$v(x) = \frac{M_A}{N} \left[\left[\frac{\psi - \cos(u)}{\text{Sen}(u)} \right] \text{Sen}(kx) + \cos(kx) + (1-\psi)x - 1 \right]$$

$$k^2 = \frac{N}{EI} \quad u = kL$$

$$M(x) = M_A \left[\left[\frac{\psi - \cos(u)}{\text{Sen}(u)} \right] \text{Sen}(kx) + \cos(kx) \right]$$

$$x_m = x / \frac{d}{dx} M(x) = 0$$

$$M_m = M(x_m)$$

$$x_m = \frac{1}{k} \text{arctg} \left[\frac{\psi - \cos(u)}{\text{Sen}(u)} \right]$$

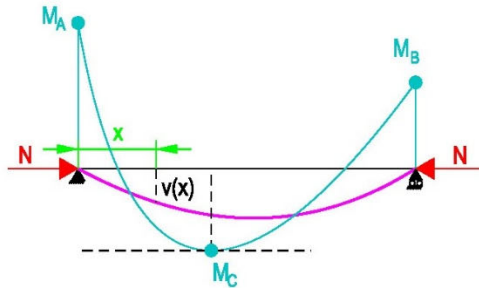
$$M_m = M_A \left[\left[\frac{\psi - \cos(u)}{\text{Sen}(u)} \right] \text{Sen}(kx_m) + \cos(kx_m) \right]$$

AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL AXIL. BARRA BIARTICULADA. LEY DE MOMENTOS PARABÓLICA

Ley de Momentos exteriores:

$$M_0(x) = ax^2 + bx + c$$

Los coeficientes de la parábola: a,b,c se obtienen en función de los momentos en los extremos: MA y MB y del momento máximo relativo en la zona central: MC



Supongamos que conocemos a,b y c. (después los calcularemos)

$$v''(x) + \frac{N}{EI} v(x) = -\frac{M_0(x)}{EI}$$

$$P = -\frac{a}{N}$$

$$Q = -\frac{b}{N}$$

$$R = \frac{1}{N} \left[\frac{2a}{k^2} - c \right]$$

$$v(x) = \left[\frac{-R - QL - PL - \frac{1}{N} \left[c - \frac{2a}{k^2} \right] \cos(u)}{\text{Sen}(u)} \right] \text{Sen}(kx) + \frac{1}{N} \left[c - \frac{2a}{k^2} \right] \cos(kx) + Px^2 + Qx + R$$

$$M(x) = \left[\frac{\left[c - \frac{2a}{k^2} \right] [1 - \cos(u)] + aL^2 + bL}{\text{Sen}(u)} \right] \text{Sen}(kx) + \left[c - \frac{2a}{k^2} \right] \cos(kx) + \frac{2a}{k^2}$$

$$k^2 = \frac{N}{EI}$$

$$u = kL$$

$$x_m = \frac{1}{k} \text{Arctg} \left[\frac{\left[c - \frac{2a}{k^2} \right] [1 - \cos(u)] + aL^2 + bL}{\text{Sen}(u) \left[c - \frac{2a}{k^2} \right]} \right]$$

$$x_m = x \quad / \quad \frac{dM(x)}{dx} = 0$$

$$M_m = M(x_m)$$

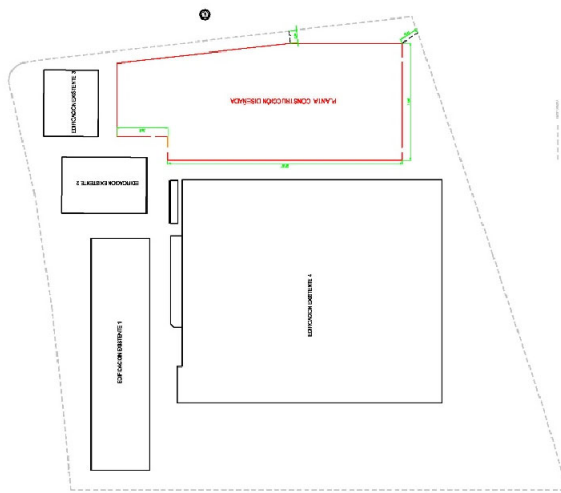
En este último caso, en el apéndice 9 se calculan los coeficientes a,b y c de la ley parabólica en función de los momentos MA, MB y MC (distinguiendo si el momento máximo es MA ó MC).

1.2. OBJETO:

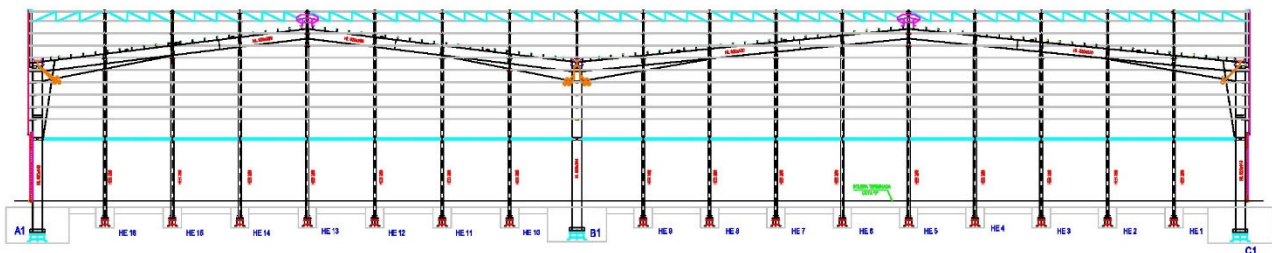
La estructura objeto del presente TFG está formada por dos cuerpos de nave de longitud 277 m y luces 50 m (pilares AB) y 62 m (pilares BC). La superficie construida es de 28.800 m². Se encuentra ubicada en el T.M. de Vila-Real (Castellón). El uso al que estará destinada es a producción de cerámica.

La nave de 62m de luz (BC) tiene un chaflán muy alargado para acoplarse al límite de la parcela.

La nave de 50 m de luz (AB), en su extremo oeste, tiene un retranqueo para acoplarse a otras edificaciones existentes.



La sección transversal son pórticos metálicos (perfiles laminados en caliente) empotrados con pendientes alrededor del 10%. Las pendientes de las dos naves no son iguales porque el criterio ha sido mantener la misma altura de cumbrera.

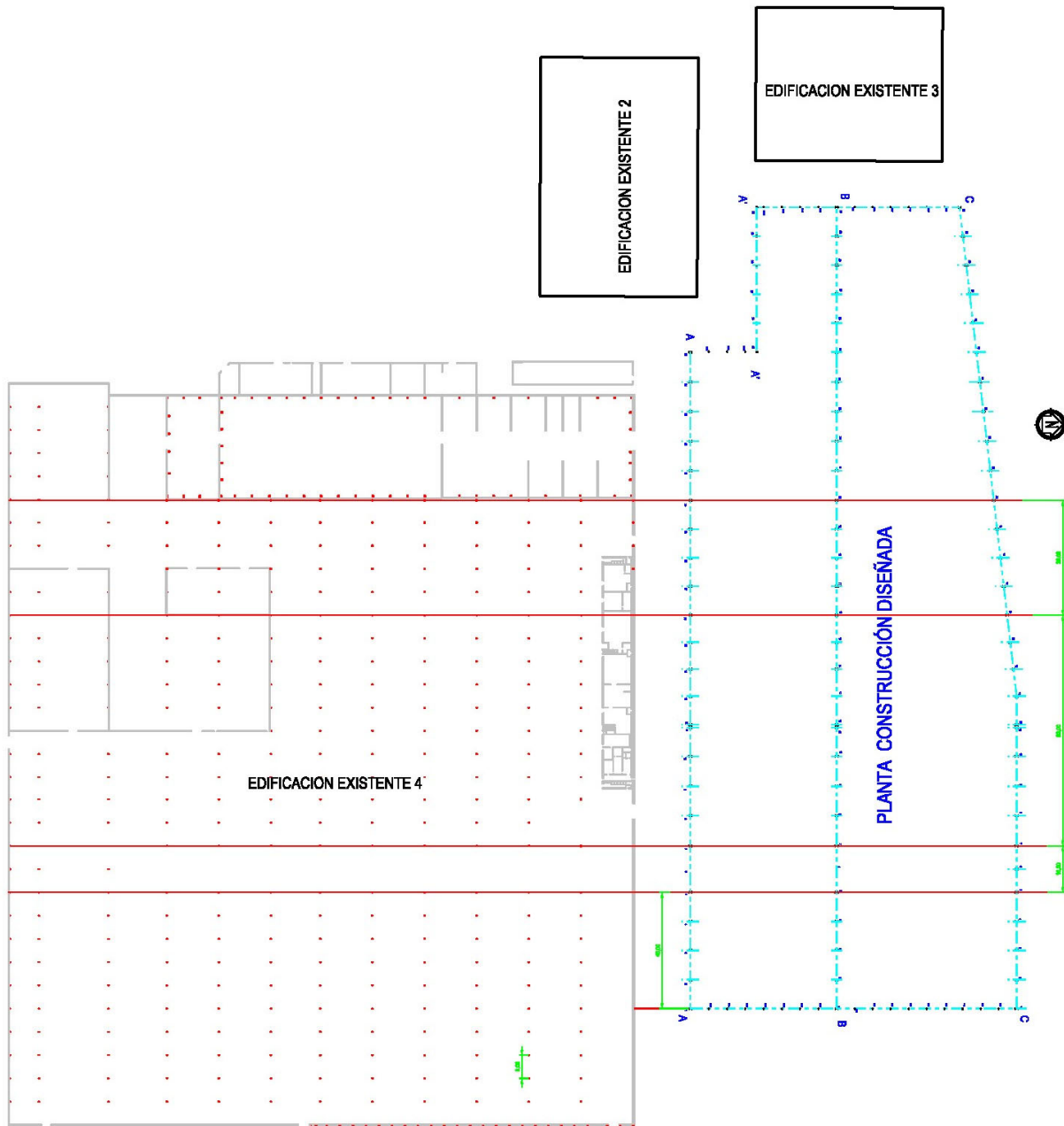


La separación “tipo” de los pórticos es de 10 m, aunque por condicionantes de tener que alinearse con otras naves existentes en una futura ampliación (ver plano PG-3), esta separación no es constante en todos los pórticos (criterio funcional). Las separaciones que se dan son:

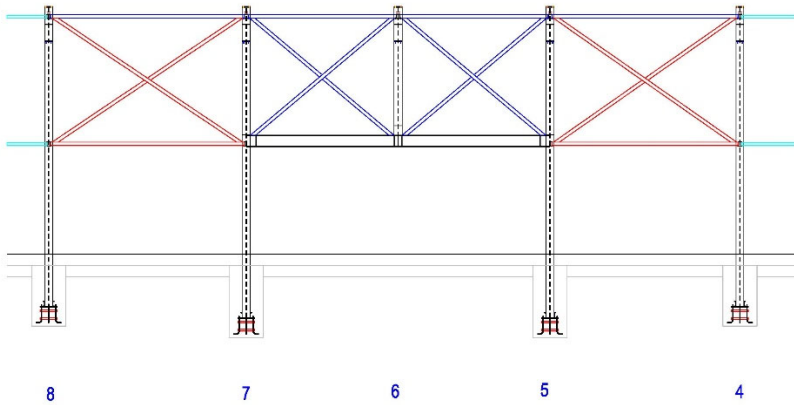
8,00 m ; 9,34 m ; 9,40 m ; 9,92 m ; 10,00 m ; 10,22 m y 10,40 m

El tener tantas separaciones complica enormemente (en tiempo empleado) el cálculo estructural (definición geometría y cargas), y ,sobre todo, los planos de taller.

Se podía haber unificado más las separaciones entre pórticos, pero se ha realizado así para que la sensación visual de la estructura sea la de una nave con separación uniforme de pórticos. (criterio estético).

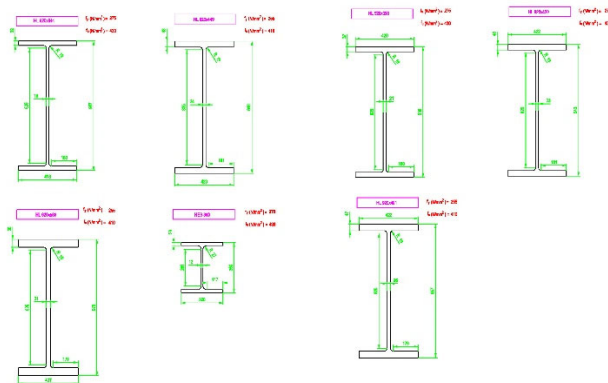


Además, el pórtico N°6 es especial en el sentido de que los pilares son colgados para poder dejar paso a la circulación de los vehículos guiados por láser (LGV) que circularán cuando se ponga en marcha la producción. Es por lo que este pórtico (6) y el anterior (5) y posterior (7) resultan especiales estructuralmente hablando. (criterio funcional).



Los perfiles laminados empleados son:

- Pilares:
 - Pórtico:
 - Extremos (A y C): HL 920x449 (tipo) y HL 920x588 (A5,A7,C5,C6 y C7).
 - Centrales (B): HL 920x344
 - Extremos A' (retranqueo): HEB 360.
 - Hastiales: HEB 280.
- Dinteles:
 - Nave 50 m (AB): HL 920x390
 - Nave 62 m (BC): HL 920x420 (tipo) y HL 920x491 (5 Y 7).



1.2.1. VIDA ÚTIL NOMINAL.

A falta de necesidades especiales de la propiedad, se establece la vida útil según tabla 2.1 del anejo 18 del Código Estructural (CEst) :

Tabla 2.1 Vida útil nominal

Categoría de vida útil	Vida útil nominal (años)	Ejemplos
1	10	Estructuras temporales ⁽¹⁾
2	10 a 25	Partes reemplazables de la estructura, por ejemplo vigas carril, aparatos de apoyo
3	15 a 30	Estructuras agrícolas y similares
4	50	Estructuras de edificación y otras estructuras comunes
5	100	Estructuras de edificios monumentales, puentes y otras estructuras de ingeniería civil
(1) Las estructuras o partes de estructuras que pueden desmontarse con vistas a ser reutilizadas no deben considerarse como temporales.		

adoptando la categoría 4 (vida útil 50 años).

1.2.2. REQUISITOS-EXIGENCIAS.

Con el fin de garantizar la seguridad de personas, animales y bienes; el bienestar de la sociedad y la protección del medio ambiente, la estructura deberá ser idónea durante toda la totalidad del periodo de vida útil.

Para que se cumpla lo anterior, la estructura debe cumplir unos requisitos y exigencias, que a modo de resumen lo podemos expresar en la siguiente tabla:

REQUISITOS	EXIGENCIAS	Condicionantes para verificar exigencia
seguridad y funcionalidad estructural	Resistencia y estabilidad	Nivel fiabilidad mínimo la clase de fiabilidad RC2 (se cumple mediante el método de los coeficientes parciales de seguridad)
	Aptitud al servicio	Nivel fiabilidad mínimo la clase de fiabilidad RC2 (se cumple mediante el método de los coeficientes parciales de seguridad)
	Robustez y redundancia	Cuando lo establezca la propiedad: para eventos extraordinarios
	Durabilidad	Proyecto debe contemplar estrategia de durabilidad, que deberá controlarse durante la ejecución y establecer condiciones a cumplir en el mantenimiento durante la fase de servicio (vida útil)
seguridad en caso de incendio	Resistencia de la estructura frente al fuego	Tiempo de resistencia al fuego de la estructura CTE DB SI Establecimientos no industriales RD 2267 Establecimientos industriales
higiene, salud y medio ambiente	Calidad medioambiental	Proyecto y ejecución minimizarán impacto ambiental y generación de residuos
	Reutilización y reciclabilidad	Cuando lo establezca la propiedad: proyecto, construcción y mantenimiento deberán enfocarse a la reutilización y reciclaje de toda o parte de la estructura cuando acabe vía útil



Por parte de la propiedad no se ha exigido medidas especiales para eventos extraordinarios (robustez) ni pautas para una posible reutilización al final de la vida útil de la estructura.

Los requisitos básicos de seguridad y funcionalidad estructural se verifican al haber tenido en cuenta las acciones determinadas por la normativa pertinente (Código técnico de la Edificación, Norma sismorresistente para la edificación NCSE-02) y el empleo del método de los coeficientes parciales de seguridad para las acciones y materiales contemplados en el código Estructural.

El requisito básico de seguridad en caso de incendio se cumple al asegurar la resistencia estructural (según Código Estructural) para el periodo de tiempo requerido por la normativa pertinente (Reglamento de Seguridad Contra incendios en Establecimientos Industriales).

1.2.3. FIABILIDAD ESTRUCTURAL. CLASES DE CONSECUENCIA. CLASES DE FIABILIDAD.

La fiabilidad de la estructura debe alcanzarse mediante un proyecto conforme al Código Estructural y mediante una ejecución adecuada y una gestión de calidad.

Se pueden adoptar distintos niveles de fiabilidad según la clasificación de la estructura (anexo B Anejo 18 CESt):

Clase de Fiabilidad	Clase de Consecuencia	Descripción	Ejemplo
RC3	CC3	Consecuencias graves de pérdidas de vidas humanas. Consecuencias económicas muy importantes sociales/medioambientales	Graderios. Edificios públicos con consecuencias del fallo graves (sala conciertos, etc)
RC2	CC2	Consecuencias medias de pérdidas de vidas humanas. Consecuencias económicas considerables sociales/medioambientales	Edificios residenciales y administrativos. Edificios públicos con consecuencia del fallo medias (edificio oficinas, etc)
RC1	CC1	Consecuencias bajas de pérdidas de vidas humanas. Consecuencias económicas pequeñas sociales/medioambientales	Edificios agrícolas en los que normalmente no entra gente

En nuestro caso, la clase de fiabilidad se corresponde con **RC2** (Edificio industrial con consecuencias medias de pérdidas de vidas humanas o consecuencias económicas considerables).

La clase de fiabilidad RC2 se corresponde con un índice de fiabilidad β , para 50 años, de 3,8 en ELU y 1,5 en ELS.



1.2.4. NIVEL DE SUPERVISIÓN DEL PROYECTO.

El nivel de supervisión del proyecto depende de la clase de fiabilidad:

Clase de Fiabilidad	Nivel de supervisión del proyecto	Características	Requisitos mínimos recomendados para la comprobación de los cálculos, planos y pliegos
RC3	DSL3	Supervisión ampliada	Comprobación por un tercero: comprobación realizada por una organización distinta de la que redactó el proyecto.
RC2	DSL2	Supervisión normal	Comprobación por un tercero: comprobación realizada por personas distintas distinta de las que redactaron el proyecto y de acuerdo con el procedimiento de la organización
RC1	DSL1	Supervisión normal	Autocontrol: Comprobación realizada por la misma persona que ha redactado el proyecto

En nuestro caso, al ser la clase de fiabilidad RC2, corresponde un nivel de supervisión del proyecto DSL2.

1.2.5. NIVEL DE INSPECCIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN.

AL igual que el nivel de supervisión del proyecto, el nivel de inspección durante la ejecución, depende de la clase de fiabilidad:

Clase de Fiabilidad	Nivel de inspección	Características	Requisitos
RC3	IL3	Supervisión ampliada	Comprobación por un tercero: comprobación realizada por una organización distinta de la que redactó el proyecto.
RC2	IL2	Supervisión normal	Comprobación por un tercero: comprobación realizada por personas distintas distinta de las que redactaron el proyecto y de acuerdo con el procedimiento de la organización
RC1	IL1	Supervisión normal	Autocontrol: Comprobación realizada por la misma persona que ha redactado el proyecto

En nuestro caso, al ser la clase de fiabilidad RC2, corresponde con un nivel de inspección IL2.

1.2.6. CLASES DE EJECUCIÓN.

La clase de ejecución se define a partir de tres criterios:

- A) Nivel de riesgo. (según consecuencias que tendría el fallo). **CC**
- B) Categoría de uso (según el riesgo ligado al servicio). **SC**
- C) Categoría de ejecución (depende de la fabricación y montaje). **PC**

Una estructura (obra) puede tener elementos de distinta clase.

Puesto que la clase de ejecución afecta de forma directa e importantes a la gestión del proceso constructivo y a los requisitos de calidad y criterios de aceptación de las soldaduras, debemos agrupar los elementos de una estructura por clases para facilitar la descripción de requisitos y valoración de su ejecución y control.

Pasemos a describir los criterios necesarios para poder definir la clase de ejecución de un elemento:

Nivel de Riesgo	Descripción Elemento cuyo fallo tiene:	Ejemplo
CC3	Consecuencias graves de pérdidas de vidas humanas. Consecuencias económicas muy importantes sociales/medioambientales	Graderios. Edificios públicos con consecuencias del fallo graves (sala conciertos, etc)
CC2	Consecuencias medias de pérdidas de vidas humanas. Consecuencias económicas considerables sociales/medioambientales	Edificios residenciales y administrativos. Edificios públicos con consecuencia del fallo medias (edificio oficinas, etc)
CC1	Consecuencias bajas de pérdidas de vidas humanas. Consecuencias económicas pequeñas sociales/medioambientales	Edificios agrícolas en los que normalmente no entra gente

Categoría de Uso	Descripción
SC2	Estructuras y componentes sometidas a acciones de fatiga (puentes, gruas y carrileras en general) Estructuras sometidas a vibraciones por el viento, paso de personas o maquinaria en rotación Estructuras que requieren ductilidad por requisitos de diseño antisísmico
SC1	Estructuras y componentes sometidos a acciones predominantemente estáticas Estructuras con uniones diseñadas para acciones sísmicas moderadas que no requieren ductilidad Carrileras y soportes con cargas de fatiga reducida.

Categoría de Ejecución	Descripción
PC2	Componentes con soldaduras de acero de grado S355 o superior. Componentes con soldaduras realizadas en obra de elementos principales. Elementos sometidos a tratamiento térmico durante su fabricación.
PC1	Componentes sin uniones soldadas, con cualquier tipo de acero. Componentes con soldaduras de acero de grado inferior a S355 realizadas en taller y que no hayan sido sometidas a tratamiento térmico

Una vez determinados el nivel de riesgo, categoría de uso y categoría de ejecución de un elemento, la CLASE DE EJECUCIÓN se determina utilizando la tabla 91.1. del Código Estructural:

CLASE DE EJECUCIÓN							
Nivel de Riesgo	==>	CC1		CC2		CC3	
Categoría de uso	==>	SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Categoría de Ejecución	PC1	1	2	2	3	3	3
	PC2	2	2	2	3	3	4

En nuestro caso, todas las componentes tienen un nivel de riesgo CC2 y una categoría de uso SC1.

Respecto a la categoría de ejecución (usaremos aceros S275) debemos distinguir:

- A) Elementos soldados en taller: PC1
- B) Elementos soldados en obra: PC2

En todos los casos resulta **clase de ejecución 2**.

1.2.7. GESTIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO. NIVEL DE TRAZABILIDAD. NIVEL DE CONTROL.

La ejecución de la estructura comprende una serie de procesos que deberán realizarse según este proyecto, o en su defecto, según lo establecido en el Código Estructural.

El constructor deberá disponer de procedimientos escritos para cada uno de los procesos de ejecución, así como un sistema de gestión de los materiales y productos que aseguren la trazabilidad. El sistema de gestión deberá disponer al menos de:

- Registro de suministradores.
- Sistema de almacenamiento de los acopios.
- Sistema de registro y seguimiento de las unidades ejecutadas, de manera que se pueda tener un determinado nivel de trazabilidad durante la ejecución de las obras. Este nivel de trazabilidad depende de la clase de ejecución (en nuestro caso 2) y según la tabla 14 del Código Estructural:

Nivel de Trazabilidad		Nivel de control Estructuras de HORMIGÓN (22.4 CE)	Clase de Ejecución Estructuras de ACERO (91.2 CE)
Designación	Definición		
Nivel A	Permite relacionar cada partida o remesa con el elemento construido	INTENSO	Clase 3 ó 4
Nivel B	Permite relacionar cada partida o remesa con el lote de ejecución	NORMAL	Clase 2

Por tanto, el constructor deberá tener un nivel de trazabilidad de nivel B.

Por otro lado, el nivel de control necesario para garantizar el nivel adecuado de seguridad se establece en la tabla 14.3.1. del Código Estructural (es función de la clase de ejecución, en nuestro caso 2, y por tanto, deberemos realizar un nivel de control normal):

Nivel de Control	Clase de Ejecución Estructuras de ACERO (91.2 CE)
INTENSO	Clase 3 ó 4
NORMAL	Clase 2

El taller de estructura metálica deberá tener implantado un sistema de control de la conformidad de la producción conforme a los requisitos UNE-EN 1090-1 y 2. Deberá estar acreditado para los aceros empleados en este proyecto (S275), para los espesores utilizados (hasta 55,9 mm), uniones soldadas y para (como mínimo) clase de ejecución 2.

El taller deberá disponer de zonas para poder realizar el ensamblado, armado previo y montaje en blanco de las piezas que fabrica.

Los elementos de acero fabricados en taller deberán tener marcado CE, y por tanto, sus tolerancias dimensionales deberán cumplir lo establecido en la norma armonizada UNE-EN 1090-1.

Los elementos fabricados en obra deberán cumplir lo recogido en el Anejo 16 del Código Estructural. Las tolerancias normales (comprometen la resistencia y estabilidad) se definen en el Anejo 16 del Código Estructural. Las tolerancias especiales (son más severas, por requisitos de ajuste, acabado, etc) se determinan según anexo B UNE-EN 1090-2.

1.2.8. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LOS ACEROS EMPLEADOS. TIPO Y GRADO. TENACIDAD A LA FRACTURA.

TIPO DE ACERO

Se utilizarán aceros no aleados laminados en caliente (aceros normalizados en norma UNE-EN 10025-2). Se pueden utilizar los siguientes aceros no aleados (tabla 83.1 CESt)

Grado	Tipo			
	S 235	S 275	S 355	S 450
JR	S 235 JR	S 275 JR	S 355 JR	-
JO	S 235 JO	S 275 JO	S 355 JO	S 450 JO
J2	S 235 J2	S 275 J2	S 355 J2	-
K2	-	-	S 355 K2	-

El tipo de acero se elige en función del nivel de tensiones que tengamos en la estructura. En nuestro caso hemos elegido S 275 (límite elástico nominal 275 N/mm²) para la estructura principal y elementos de arriostramiento y S 235 para las correas.

El grado del acero lo elegimos (lo veremos más adelante) según la temperatura mínima a la que va a estar sometida la estructura en su vida útil y en función del espesor máximo de las secciones transversales que diseñemos (espesor del ala).

Deberemos tener en cuenta también, que el límite elástico de la sección transversal depende no sólo del tipo de acero (límite elástico nominal), sino también del espesor máximo del elemento (tabla A22.3.1 Anejo 22 CESt):

Norma y tipo de acero	Espesor nominal t (mm)			
	t ≤ 40		40 < t ≤ 80	
	f _y (N/mm ²)	f _u (N/mm ²)	f _y (N/mm ²)	f _u (N/mm ²)
UNE-EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	490	335	470
S 450	440	550	410	550
UNE-EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNE-EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNE-EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	490	335	490
UNE-EN 10025-6				
S 460 Q/QL/QL1	460	570	440	550



UNE-EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
UNE-EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 460 NH/NLH	460	550		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S 460 MH/MLH	460	530		

En nuestro caso ya lo hemos tenido en cuenta en los cálculos de la estructura:

HL 920x449 Y HL920x588 (tf>40): fy=255 N/mm²

HL 920x344, HL 920x390, HL 920x420 y arriostramientos (tf<40 mm=: fy=275 N/mm²

SOLDABILIDAD.CARBONO EQUIVALENTE (CEV)

Es el parámetro fundamental de los aceros desde el punto de vista de la soldabilidad.

Se define por:

$$CEV = C + \frac{M_n}{6} + \frac{C_r + M_0 + V}{5} + \frac{N_i + C_u}{15}$$

(los contenidos de los elementos en %, y se basa en el análisis de la colada)

A menor CEV mejor soldabilidad.

En la tabla 83.1.b se indican los valores máximos de CEV para los distintos tipos de acero:

Tipo	Espesor nominal de producto t (mm)			
	≤ 30	30 < t ≤ 40	40 < t ≤ 150	150 < t ≤ 250
S 235	0,35	0,35	0,38	0,40
S 275	0,40	0,40	0,42	0,44
S 355	0,45	0,47	0,47	0,49
S 450	0,47	0,49	0,49	-

ELECCIÓN GRADO DEL ACERO. TENACIDAD A LA FRACTURA

Debemos elegir el grado del acero en función del espesor máximo de la sección transversal utilizadas), de la temperatura de referencia (en nuestro caso hemos considerado $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, siendo la mínima del ambiente de -5°C) y el nivel de tensiones en ELS. Para la elección se usa la tabla A28.2.1 del anejo 28 del CEST):

ACERO		KV		$\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$							$\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$							$\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$						
Tipo	Grado	a T ($^{\circ}\text{C}$)	J _{min}	Temperatura de referencia T _{Ed} ($^{\circ}\text{C}$)							Temperatura de referencia T _{Ed} ($^{\circ}\text{C}$)							Temperatura de referencia T _{Ed} ($^{\circ}\text{C}$)						
				10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60
	JO	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55
	JO	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110
	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	195	165	145
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	15	10	65	55	45	35	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45
	JO	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95
	ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130
S420	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85
	ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120
S460	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70
	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95
	ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115
	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130
S690	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45
	Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75
	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85
	QL1	-60	30	115	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100

En nuestro caso S275 y espesores de hasta 60 mm, utilizaremos grado JO para la estructura principal de los pórticos y JR para el resto (arriostramientos, pilares hastiales).

El espesor máximo se limita para evitar roturas frágiles en elementos traccionados soldados.

1.2.9. DURABILIDAD DE LA ESTRUCTURA. CLASE DE EXPOSICIÓN. GRADO DE DURABILIDAD. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL ACERO. GRADOS DE PREPARACIÓN.

La estrategia para conseguir la durabilidad de la estructura se basa en los siguientes principios:

1.- Selección de formas estructurales adecuadas:

Las formas de los elementos estructurales se han diseñado lo más sencillo posible.

Se ha dotado a los faldones de la pendiente necesaria en función del material de cobertura (10-12%).

Se han evitado la disposición de superficies horizontales que promuevan la acumulación de agua y polvo.

SE ha diseñado el sistema de drenaje de pluviales de forma generosa, ubicando los sumideros de las canales en el centro del vano (punto bajo de la canal) y en un número redundante.

En los pilares y dinteles reforzados con un semiperfil, además de las soldaduras estructurales (son las indicadas en los planos de soldadura), se han realizado cordones no estructurales continuos para sellar la unión.

2.- Selección de materiales en ambientes especialmente agresivos. En nuestro caso no tenemos ambientes agresivos, por lo que el acero empleado es un acero convencional (no es patinable, ni inoxidable ni galvanizado en caliente).

3.- Tomar medidas específicas frente a la corrosión. Hay tres líneas posibles de actuación:

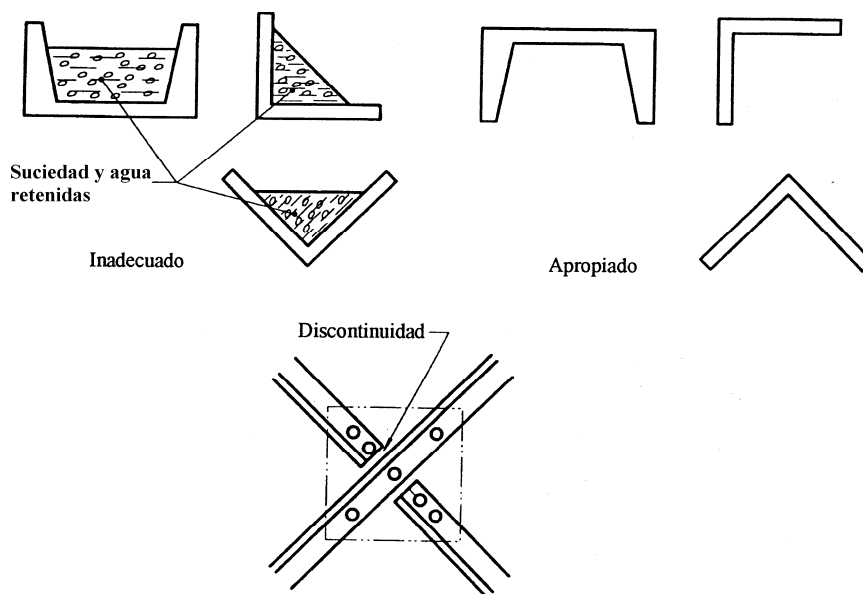
3.1. Sistemas de protección superficial.

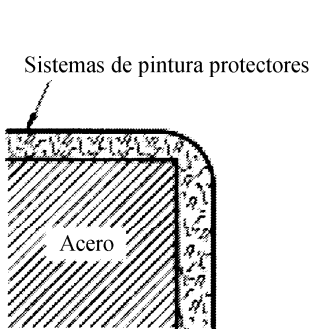
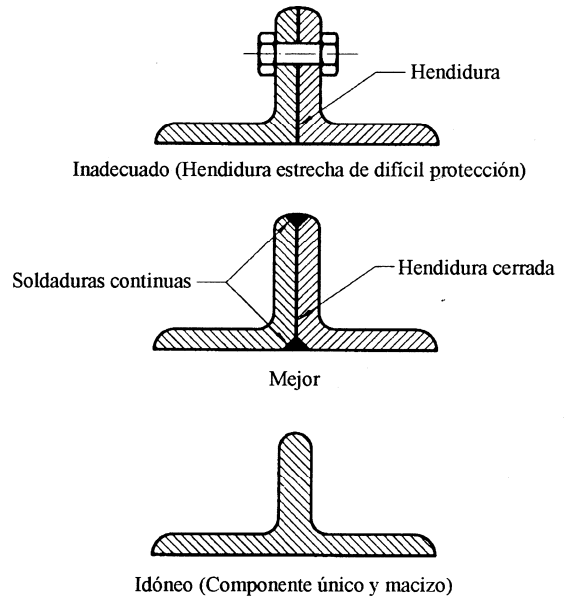
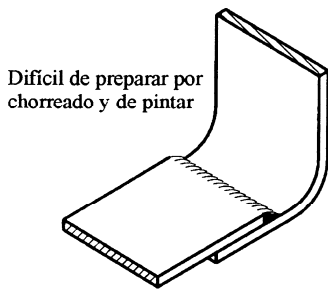
3.2. Dar un sobreespesor a la sección de acero.

3.3. Utilizar un sistema de protección catódica.

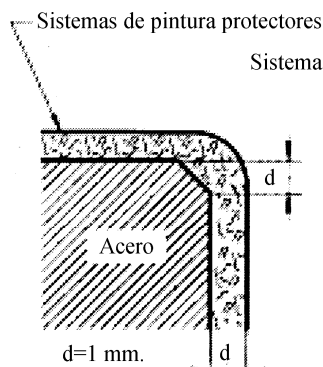
La medida que tomaremos es dotar de un sistema de protección superficial preparando previamente la superficie del acero a pintar (UNE-EN ISO 8501-1)

4.- Evitar los detalles constructivos inadecuados :

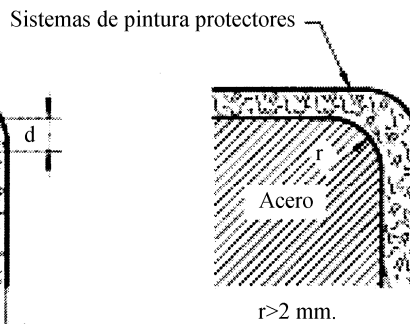




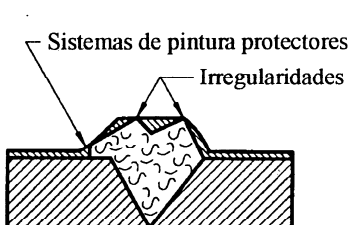
Borde agudo
Inadecuado



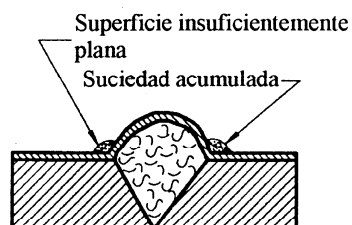
Borde biselado
Mejor



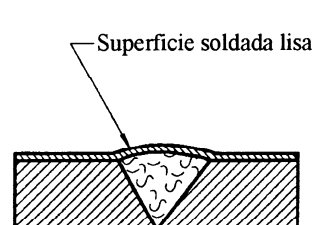
Borde redondeado
Apropiado



Inadecuado



Mejor



Apropiado

SISTEMA DE PROTECCIÓN SUPERFICIAL. CLASE DE EXPOSICIÓN. GRADO DE DURABILIDAD

Lo primero que tenemos que hacer para establecer el sistema de pintura adecuado es definir la clase de exposición a la que va a estar sometida la estructura. Esto se realiza teniendo en cuenta la tabla 80.1a y b del CEst:

ELEMENTOS AÉREOS (tabla 80.1.a CE)

Designación	Clase de exposición (corrosividad)	Pérdida de masa por unidad de superficie/ pérdida de espesor (tras el primer año de exposición)				Ejemplos de ambientes típicos en un clima templado	
		Acero de bajo contenido en carbono		Cinc		EXTERIOR	INTERIOR
		Pérdida de masa g/m ²	Pérdida de espesor μm	Pérdida de masa g/m ²	Pérdida de espesor μm		
C1	muy baja	≤ 10	$\leq 1,3$	$\leq 0,7$	$\leq 0,1$	-	Edificios con calefacción y con atmósferas limpias, por ejemplo: oficinas, tiendas, colegios, hoteles.
C2	baja	> 10 ≤ 200	$> 1,3$ ≤ 25	$> 0,7$ ≤ 5	$> 0,1$ $\leq 0,7$	Atmósferas con bajos niveles de contaminación. Áreas rurales en su mayor parte	Edificios sin calefacción donde pueden ocurrir condensaciones, por ejemplo: almacenes, polideportivos.
C3	media	> 200 ≤ 400	> 25 ≤ 50	> 5 ≤ 15	$> 0,7$ $\leq 2,1$	Atmósferas urbanas e industriales con moderada contaminación de dióxido de azufre. Áreas costeras con baja salinidad.	Naves de fabricación con elevada humedad y con algo de contaminación del aire, por ejemplo: plantas de procesamiento de alimentos, lavanderías, plantas cerveceras, plantas lácteas. Interior puentes-cajón.
C4	alta	> 400 ≤ 650	> 50 ≤ 80	> 15 ≤ 30	$> 2,1$ $\leq 4,2$	Áreas industriales y áreas costeras con moderada salinidad.	Plantas químicas, piscinas, barcos costeros y astilleros.
C5	muy alta	> 650 ≤ 1.500	> 80 ≤ 200	> 30 ≤ 60	$> 4,2$ $\leq 8,4$	Áreas industriales con elevada humedad y con atmósfera agresiva y áreas costeras con elevada salinidad. Puentes de carretera o pasarelas peatonales con más de 5 nevadas anuales o valor medio temperatura mínima invierno inferior a 0°C	Edificios o áreas con condensaciones casi permanentes, y con contaminación elevada.
CX	extrema	> 1.500 ≤ 5.500	> 200 ≤ 700	> 60 ≤ 180	$> 8,4$ ≤ 25	Áreas de ultramar con elevada salinidad y áreas industriales con humedad extrema y atmósfera agresiva y atmósferas subtropical y tropical	Áreas industriales con humedad extrema y atmósfera agresiva

ELEMENTOS ENTERRADOS O SUMERGIDOS EN AGUA (tabla 80.1.b CE)

Designación	Clase de exposición	Ejemplos
Im1	Agua dulce	Instalaciones ribereñas, plantas hidroeléctricas
Im2	Agua del mar o salobre sin protección catódica	Estructuras en contacto con el agua del mar sin protección catódica (por ejemplo áreas portuarias con estructuras como diques, compuertas o embarcaderos).
Im3	Suelo	Tanques enterrados, pilotes de acero, tuberías de acero
Im4	Agua del mar o salobre con protección catódica	Estructuras en contacto con el agua del mar con protección catódica (por ejemplo estructuras off-shore)

En nuestro caso estamos en clase de exposición C3 (corrosividad media).



Puesto que los sistemas de pintura no son inalterables, tenemos que establecer la durabilidad que queremos aplicar. Además, nos servirá para definir el programa de mantenimiento. La durabilidad debe ser consensuada con la propiedad. Se establecen los siguientes grados de durabilidad (tabla 86.2 CESt):

Designación	Grado de durabilidad	Durabilidad (años)
L	Bajo	≤ 7
M	Medio	$7 < \text{años} \leq 15$
H	Alto	$15 < \text{años} \leq 25$
VH	Muy alto	> 25

En nuestro caso, y consensuado con la propiedad, establecemos un grado de durabilidad medio (M).

Una vez definida la clase de exposición y decidido el grado de durabilidad, se escogerá un esquema de pintura que verifique ambos.

El esquema de pintura consta de una imprimación (1 ó 2 capas) y un acabado (de 1 a 4 capas).

Los tipos de pintura que podrán ser utilizados son:

- 1.- Pintura de secado al aire.
- 2.- Pinturas de curado rápido.
- 3.- Pinturas en base disolvente.
- 4.- Pinturas en base agua.
- 5.- Pinturas de curado químico.
- 6.- Pinturas epoxídicas de dos componentes.
- 7.- Pinturas de poliuretano de dos componentes.
- 8.- Pinturas de curado por humedad.

PREPARACIÓN DE LAS SUPERFICIES DEL ACERO (UNE-EN 8501-1:2008)

Antes de la aplicación del sistema de pintura deberemos preparar la superficie del acero para conseguir la adherencia adecuada.

El grado de preparación define el método y la intensidad para conseguir que la superficie del acero sea la adecuada o la fijada.

El grado de preparación dependerá del estado inicial del acero a pintar. Se establecen los siguientes estados:

- Estado A: Son las superficies de acero completamente recubierto con cascarilla de laminación (calamina) o calamina con trazas de óxido. Normalmente es el que se presenta en el acero poco tiempo después de su laminación en caliente.
- Estado B: Superficies de acero que han empezado su corrosión y de la que ha empezado a desprenderse la calamina. Normalmente es el que se presenta en el acero laminado en caliente después de haber permanecido expuesto a la intemperie, sin protección, en una atmósfera medianamente corrosiva durante 2-3 meses.



- Estado C: Superficie de acero en la que la corrosión ha hecho saltar toda la calamina, pero todavía no presenta picaduras detectables a simple vista. Normalmente es el que se presenta en el acero después de su exposición a la intemperie, sin protección, en una atmósfera medianamente corrosiva durante 1 año.
- Estado D: Superficie del acero en la que la corrosión ha hecho saltar toda la calamina y en la que se observan picaduras a simple vista. Normalmente es el que se presenta en el acero después de su exposición a la intemperie, sin protección, en una atmósfera medianamente corrosiva durante 3 años.

Los grados de preparación se definen por unas letras que definen el sistema de saneado empleado y un número que indica la intensidad del mismo:

- St: Rascado, cepillado, picado, etc con medios manuales o mecánicos.
 - St3: Rascado con rasquetas de metal duro y cepillado con cepillo de alambre. Muy cuidadoso. El rascado y cepillado deberán realizarse en una dirección y después en sentido transversal. Eliminar el polvo.
 - St2: Rascado con rasquetas de metal duro y cepillado con cepillo de alambre.
- Sa: Chorreado (granallado).
 - Sa3: Eliminación de la totalidad de la calamina y del óxido visible, etc. Limpieza por chorreado hasta metal blanco. Eliminar polvo. Primera calidad.
 - Sa2½: Eliminación hasta en un 95% de la superficie del acero de óxido visible y de toda la calamina. Limpieza por chorreado hasta metal casi blanco. Segunda calidad.
 - Sa2: Eliminación de hasta en un 66% de la superficie del acero de óxido visible y de toda la calamina. Limpieza por chorreado hasta metal grisáceo. Tercera calidad.

En nuestro caso, dado que todos los perfiles de la estructura principal se realizan sobre pedido y tardarán unas 6 semanas en llegar al taller de fabricación desde su laminación, llegarán en un estado A (completamente recubiertos de calamina). El único método para quitar la calamina es por chorreado. Por tanto, se establece un **grado de preparación de Sa½**

Además, se tendrá en cuenta las siguientes prescripciones:

- 1.- Tras la preceptiva preparación superficial del acero, no transcurrirán más de 4-6 horas.
- 2.- No se aplicarán capas de revestimiento con temperaturas superiores a 55°C ni inferiores a 5°C.
- 3.- No se aplicarán capas de revestimiento si el punto de rocío está por debajo de 3°C, recomendándose que esté por encima de 5°C.
- 4.- Las zonas que posteriormente vayan a ser soldadas (en obra) se protegerán con cinta de carroceros para evitar daños al revestimiento.
- 5.- las distintas capas que conforman el esquema de revestimiento tendrán un color suficientemente distinto con objeto de que el aplicador disponga de un nivel visual correcto, además de que el inspector pueda detectar las distintas capas que componen el esquema de pintura.
- 6.- Se seguirán al detalle las recomendaciones de cada producto, sobre todo, los tiempos de curado, antes de la aplicación de la siguiente capa.

El Código Estructural nos indica unas prescripciones a los sistemas de pintura que nos ayudan a escoger los materiales y comprobar a posteriori que estamos en el grado de durabilidad escogido. Estas prescripciones se indican en la tabla 86.3a del Código Estructural:

Clase de exposición	Grado de durabilidad	Ensayo de envejecimiento cíclico (h) UNE-EN ISO 12944-6	Ensayo de inmersión (h) UNE-EN ISO 2812-2	Ensayo de condensación de agua (h) UNE-EN ISO 6270-1	Ensayo de niebla salina neutra (h) UNE-EN ISO 9227
C2	Bajo	-	-	48	-
	Medio	-	-	48	-
	Alto	-	-	120	-
	Muy alto	-	-	240	480
C3	Bajo	-	-	48	120
	Medio	-	-	120	240
	Alto	-	-	240	480
	Muy alto	-	-	480	720
C4	Bajo	-	-	120	240
	Medio	-	-	240	480
	Alto	-	-	480	720
	Muy alto	1.680	-	720	1.440
C5	Bajo	-	-	240	480
	Medio	-	-	480	720
	Alto	1.680	-	720	1.440
	Muy alto	2.688	-	-	-
Im1	Alto	-	3.000	1.440	-
	Muy alto	-	4.000	2.160	-
Im2	Alto	-	-	3.000	1.440
	Muy alto	-	-	4.000	2.160
Im3	Alto	-	-	3.000	1.440
	Muy alto	-	-	4.000	2.160

En nuestro caso estamos en clase de exposición C3 y grado de durabilidad medio.

1.2.10.- FABRICACIÓN Y MONTAJE. SOLDADURAS: REQUISITOS DE CALIDAD. NIVELES DE CALIDAD.

Los requisitos de calidad exigibles a las estructuras soldadas se establecen en la norma UNE-EN ISO 3834. En ella se establecen criterios sobre:

- ❖ Subcontratación.
- ❖ Personal de soldeo.
- ❖ Equipos.
- ❖ Soldero: plan de producción, especificaciones del procedimiento de soldeo, cualificación del procedimiento del soldeo.
- ❖ Consumibles de soldeo.
- ❖ Tratamiento térmico postsoldero.
- ❖ Inspección y ensayos.
- ❖ No conformidades y acciones correctoras (además de lo establecido en el Código Estructural)
- ❖ Calibración y validación del equipo de medición. Inspección y ensayo
- ❖ Identificación y trazabilidad.
- ❖ Registros de calidad.



Esta norma se divide en:

UNE-EN ISO 3834-2: Requisitos de calidad completos

UNE-EN ISO 3834-3: Requisitos de calidad normales

UNE-EN ISO 3834-4: Requisitos de calidad elementales

En el artículo 94.1 del código estructural se establece que parte de la norma utilizar en función de la clase de ejecución.

Los criterios de aceptación de las soldaduras se basarán en la norma UNE-EN ISO 5817. En dicha norma, se establecen los siguientes niveles de calidad:

- ❖ Nivel D: Moderado
- ❖ Nivel C: Intermedio
- ❖ Nivel B: Elevado

Los niveles de calidad exigibles se establecen en función de clase de ejecución de la estructura.

A modo de resumen, se plasma en una tabla tanto los requisitos como los niveles de calidad exigibles:

	CLASE DE EJECUCIÓN			
	1	2	3	4
Requisitos de calidad para el soldeo (Art 94.1 CE) s/ UNE-EN ISO 3834	Requisitos elementales Parte 4	Requisitos standar Parte 3	Requisitos completos Parte 2	Requisitos completos Parte 2
Criterios de aceptación de soldaduras (Art 94.6 CE) Niveles de calidad de soldaduras s/ UNE-EN ISO 5817	Nivel D	Nivel C general Nivel D en: defectos 5.011 5.012 506 601 2.025	Nivel B	Nivel B + B ⁺ En puentes, además B ⁺⁺

Los niveles de calidad B+ y B++ no se encuentran en la norma UNE-EN ISO 5817, se encuentran en el código estructural, tablas 94.6 b y c:



REQUISITOS COMPLEMENTARIOS B⁺ (sólo para clase 4) (Tabla 94.6 b CE)

Tipo de defecto	Límite del defecto
Mordedura (5011 y 5012)	NO permitido
Exceso de sobreespesor (502)	< 2 mm
Angulo de sobreespesor (505)	< 165°
Poros interno o sopladura (2011 a 2014)	<0,1 del espesor de garganta; max. 2 mm
Inclusión sólida (300)	Ancho inferior a 0,1 del espesor de garganta; max 1 mm Largo inferior al espesor de garganta; max 10 mm
Falta de alineación (507)	< 0,05 t; max 2 mm
REchupe de raiz (515)	NO permitido

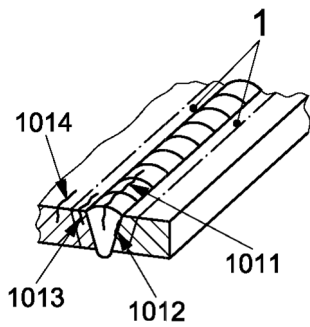
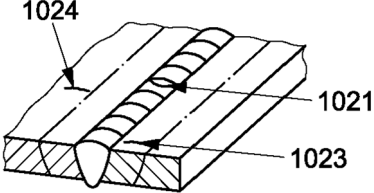
REQUISITOS COMPLEMENTARIOS B⁺⁺ (sólo para puentes clase 4) (Tabla 94.6 c CE)

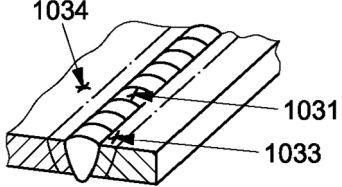
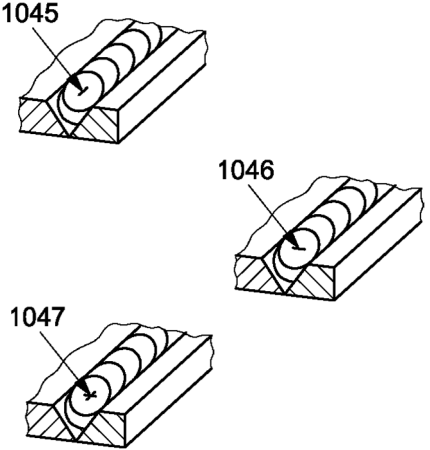
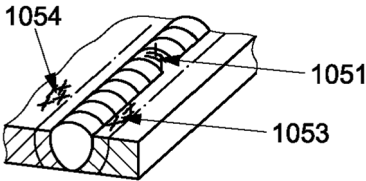
Tipo de defecto	Límite del defecto
Porosidad y sopladuras (2011,2012 y 2014)	Sólo aceptable pequeños poros aislados
Sopladuras agrupadas (2013)	Suma máxima de poros 2%
Sopladuras alargadas y sopladuras vermiculares (2015 y 2016)	Sin poros largos
Abertura de raiz incorrecta para soldaduras en ángulo (617)	Soldaduras transversales a ensayar totalmente, aceptables los pequeños rechupes de raiz solo localmente $h \leq 0,3 \text{ mm}$ $h \leq 0,1a$
Discontinuidades múltiples en una sección transversal (4.1)	Prohibidas
Inclusiones sólidas (300)	Prohibidas

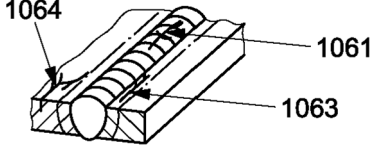
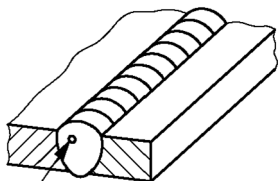
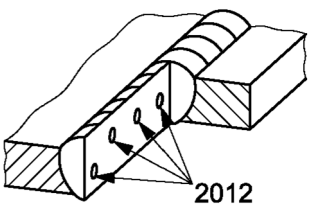
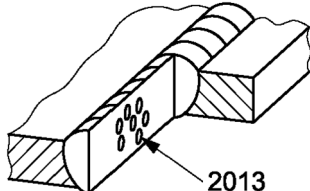
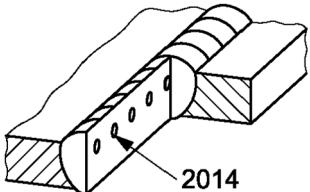
En nuestro caso, con clase de ejecución 2, deberemos aplicar los requisitos estándar (parte 3): UNE-EN ISO 3834-3, y los criterios de aceptación (niveles de calidad) serán de Nivel C en general y nivel D en los defectos 5011,5012,601 y 2025.

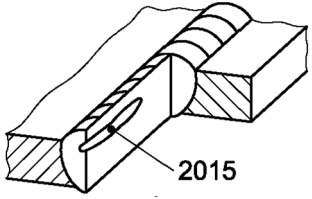
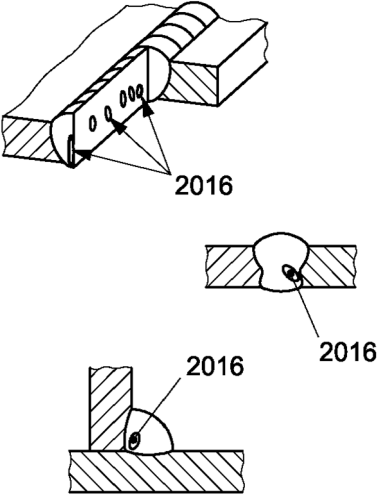
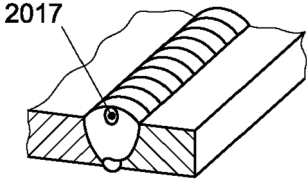
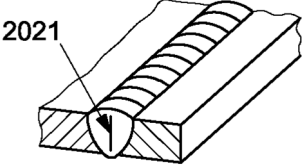
Los defectos (numeración y descripción) se definen en la norma UNE-EN ISO 6520-1.

Como vemos, es importante saber que defectos se analizan para comprobar la calidad de una soldadura. A continuación se visualizan y explican los defectos así como la numeración de los mismos:

Número de referencia	Designación y explicaciones		
1	2		
	Grupo nº 1 – Grietas		
100	<p>Grieta</p> <p>Imperfección producida por una rotura local en el estado sólido, que puede ser producida por efecto del enfriamiento o por tensiones.</p>		
1001	<p>Microgrieta</p> <p>Grieta visible solamente al microscopio.</p>		
<p>101</p> <p>Grieta longitudinal</p> <p>Grieta sensiblemente paralela al eje de la soldadura.</p> <p>Puede situarse:</p> <p>1011 - en el metal de soldadura</p> <p>1012 - en la línea de fusión</p> <p>1013 - en la zona afectada térmicamente</p> <p>1014 - en el metal base.</p>	<p>1) Zona afectada térmicamente</p> 		
<p>102</p> <p>Grieta transversal</p> <p>Grieta sensiblemente transversal al eje de la soldadura.</p> <p>Puede situarse:</p> <p>1021 - en el metal de soldadura</p> <p>1023 - en la zona afectada térmicamente</p> <p>1024 - en el metal base</p>			


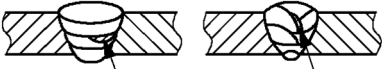

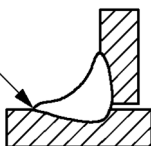
<p>103</p> <p>1031</p> <p>1033</p> <p>1034</p>	<p>Grietas radiales</p> <p>Grietas radiales cuyo origen es un punto común.</p> <p>Pueden situarse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - en el metal de soldadura - en la zona afectada térmicamente - en el metal base <p>NOTA Las grietas de este tipo de pequeño tamaño se conocen como grietas de estrella.</p>	
<p>104</p> <p>1045</p> <p>1046</p> <p>1047</p>	<p>Grieta de cráter</p> <p>Grieta en el cráter al final de una soldadura y que puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> - longitudinal - transversal - radial (grieta en estrella) 	
<p>105</p> <p>1051</p> <p>1053</p> <p>1054</p>	<p>Grupo de grietas discontinuas</p> <p>Grupo de grietas discontinuas en cualquier dirección</p> <p>Pueden situarse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - en el metal de soldadura - en la zona afectada térmicamente - en el metal base 	

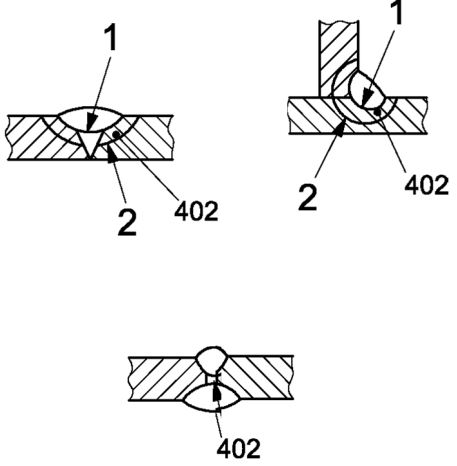
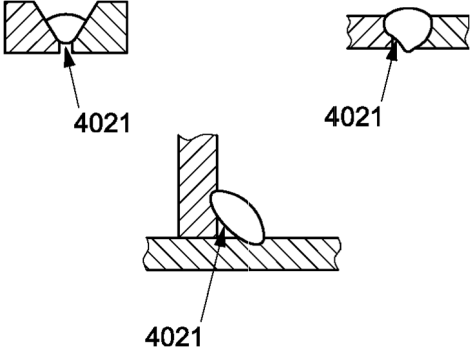
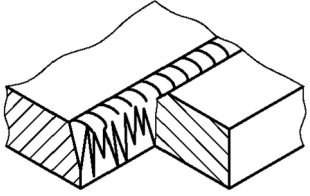
<p>106</p> <p>1061</p> <p>1063</p> <p>1064</p>	<p>Grietas ramificadas</p> <p>Grupo de grietas continuas con origen en una grieta común y que se distingue de un grupo de grietas discontinuas (105) y de las grietas radiales (103)</p> <p>Pueden situarse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - en el metal de soldadura - en la zona afectada térmicamente - en el metal base 		
<p>Grupo número 2 – Cavidades</p>			
<p>200</p>	<p>Cavidad</p>		
<p>201</p>	<p>Sopladura</p> <p>Cavidad formada por gas atrapado.</p>		
<p>2011</p>	<p>Poro</p> <p>Sopladura de forma sensiblemente esférica</p>		
<p>2012</p>	<p>Porosidad uniformemente distribuida</p> <p>Poros distribuidos regularmente en toda la extensión del metal de soldadura; se diferencia de la porosidad alineada (2014) y de la porosidad agrupada (2013).</p>		
<p>2013</p>	<p>Porosidad agrupada</p> <p>Grupo de poros distribuidos aleatoriamente.</p>		
<p>2014</p>	<p>Porosidad alineada</p> <p>Poros distribuidos paralelamente al eje de la soldadura.</p>		

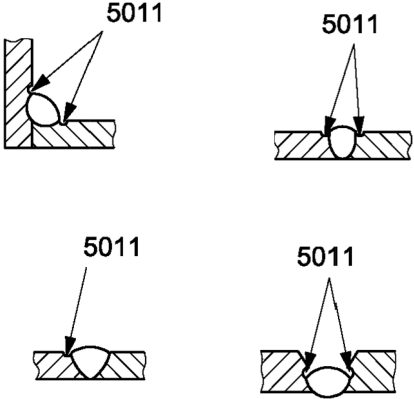
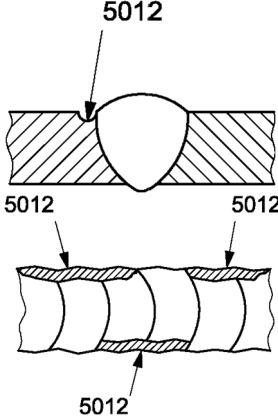
2015	<p>Sopladura alargada</p> <p>Sopladura grande no esferoidal, cuya dimensión principal es paralela al eje de la soldadura.</p>	
2016	<p>Sopladura vermicular</p> <p>Sopladura tubular producida por escape de gas.</p> <p>La forma y posición de las sopladuras vermiculares está determinada por el modo de solidificación y origen del gas. Generalmente se encuentran agrupadas y distribuidas en forma de espina de pescado. Algunas sopladuras vermiculares pueden emerger a la superficie de la soldadura.</p>	
2017	<p>Picadura</p> <p>Sopladura que emerge a la superficie de la soldadura.</p>	
2018	<p>Porosidad superficial</p> <p>Porosidad que aparece en la superficie de la soldadura; una o varias sopladuras que emergen a la superficie de la soldadura.</p>	
202	<p>Rechupe</p> <p>Cavidad debida a la contracción del metal durante la solidificación.</p>	
2021	<p>Rechupe interdendrítico</p> <p>Cavidad de forma alargada que se produce entre dendritas durante el enfriamiento y que puede contener gas atrapado. Esta imperfección es, generalmente, perpendicular a las caras de las soldaduras.</p>	

2024	<p>Rechupe de cráter</p> <p>Cavidad en el final de un cordón de soldadura, y no eliminada antes o durante la ejecución de la pasada siguiente.</p>	
2025	<p>Rechupe de cráter abierto</p> <p>Rechupe de cráter abierto que reduce la sección transversal de la soldadura.</p>	
203	<p>Microrrechupes</p> <p>Rechupes solamente visibles al microscopio.</p>	
2031	<p>Microrrechupe interdendrítico</p> <p>Microrrechupe de forma alargada que se produce entre dendritas durante el enfriamiento siguiendo las uniones de los granos.</p>	
2032	<p>Microrrechupe transgranular</p> <p>Microrrechupe de forma alargada que se forma a través de los granos durante la solidificación.</p>	
	<p>Grupo número 3 – Inclusiones sólidas</p>	
300	<p>Inclusiones sólidas</p> <p>Cuerpo sólido extraño atrapado en el metal de soldadura</p>	
301	<p>Inclusión de escoria</p> <p>Escoria atrapada en el metal de soldadura.</p> <p>Pueden ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> - alineadas - aisladas - agrupadas 	
3011 3012 3013		

302	Inclusión de fundente Fundente atrapado en el metal de soldadura. Pueden ser:	Véase 3011, 3012, 3013.
3021 3022 3023	- alineadas - aisladas - agrupadas	
303	Inclusión de óxido Óxido metálico atrapado en el metal de soldadura durante la solidificación. Pueden ser:	Véase 3011, 3012, 3013.
3031 3032 3033	- alineadas - aisladas - agrupadas	
3034	Disgregación por películas de óxido Capa rugosa de óxidos metálicos formados en algunos casos, especialmente en las aleaciones de aluminio, que puede ocurrir debido a la combinación de falta de protección frente a la contaminación atmosférica y turbulencia en el baño de fusión.	Véase 3011, 3012, 3013.
304	Inclusión metálica Partícula de metal extraño atrapada en el metal de soldadura. Puede ser de:	Véase 3011, 3012, 3013.
3041 3042 3043	- wolframio - cobre - otro metal	

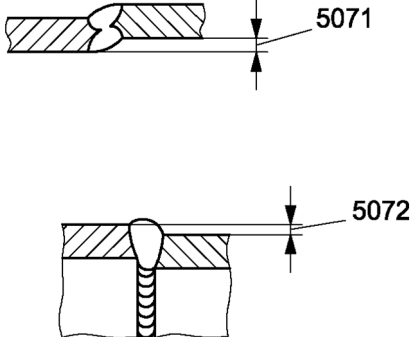
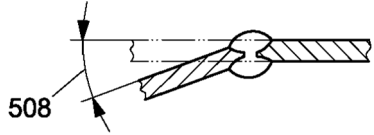
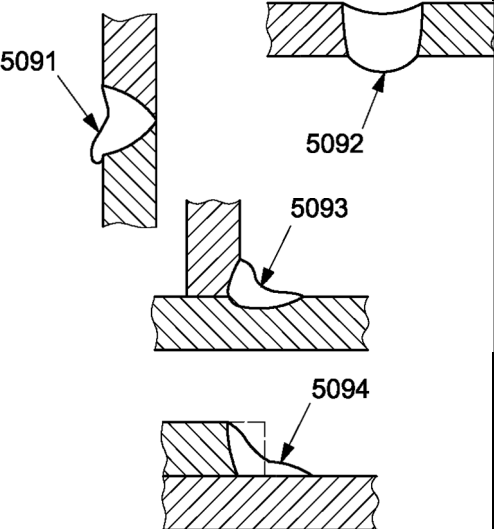
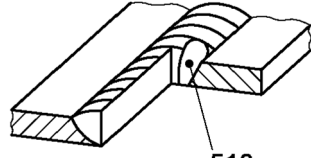
	Grupo número 4 – Falta de fusión y de penetración	
400	Falta de fusión y de penetración	
401	<p>Falta de fusión</p> <p>Falta de unión entre el metal de soldadura y el metal base o entre las capas contiguas del metal de soldadura.</p> <p>Se puede distinguir entre una de las siguientes:</p> <p>4011 – falta de fusión afectando a los bordes a unir</p> <p>4012 – falta de fusión entre pasadas^{a)}</p> <p>4013 – falta de fusión en la raíz</p> <p>4014 – micro-falta de fusión</p> <p>NOTA En inglés también se conoce como "cold laps".</p>	 <p>4011</p>  <p>4012</p>  <p>4013</p>  <p>4014</p> <p>a) En francés se usan también los términos "college noir" y "college blanc" (plegadura negra/blanca). Al contrario que el "collage blanc", el "collage noir" presenta inclusiones de óxido no fundido en la zona de fusión.</p>


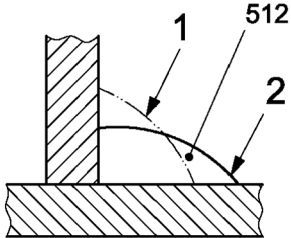
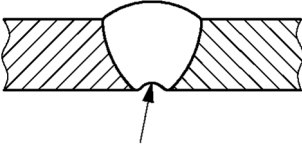
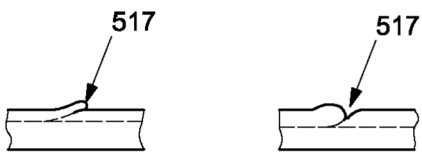
<p>402</p>	<p>Falta de penetración (penetración incompleta)</p> <p>Diferencia entre la penetración real y la penetración nominal.</p>	<p>1) penetración real 2) penetración nominal</p> 	
<p>4021</p>	<p>Falta de penetración en la raíz</p> <p>Una o ambas caras de fusión de la raíz no fundidas.</p>		
<p>403</p>	<p>Imperfección en sierra</p> <p>Penetración extremadamente irregular que ocurre en el soldeo por haz de electrones y en el soldeo por láser dando un aspecto de dientes de sierra.</p> <p>Puede incluir cavidades, grietas, rechupes, etc.</p>		

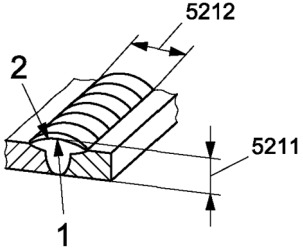
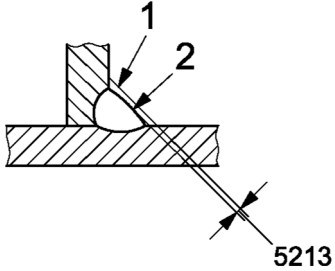
	Grupo número 5 – Imperfecciones de forma y dimensionales		
500	Forma imperfecta Forma imperfecta de las superficies externas de la soldadura o geometría de unión imperfecta.		
501	Mordedura Surco irregular en el nivel de la línea de acuerdo de la soldadura, situado en el metal base o en el metal fundido depositado previamente.		
5011	Mordedura continua Mordedura de una longitud significativa, sin interrupción.		
5012	Mordedura discontinua Mordedura de corta longitud, intermitente a lo largo de la soldadura.		

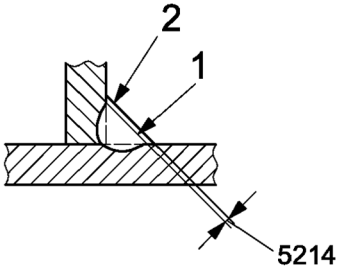
<p>5013</p>	<p>Contracción en la raíz</p> <p>Mordeduras que aparecen a cada lado de la pasada de raíz.</p>	<p>5013</p> <p>5013</p>	
<p>5014</p>	<p>Mordedura entre pasadas</p> <p>Mordedura que aparece en la dirección longitudinal de la soldadura, entre pasadas.</p>	<p>5014</p>	
<p>5015</p>	<p>Mordedura local intermitente</p> <p>Mordeduras de pequeña longitud, espaciadas irregularmente, situadas en el lado o en la superficie de las pasadas de soldadura.</p>	<p>5015</p>	
<p>502</p>	<p>Exceso de sobreespesor</p> <p>Exceso de metal de soldadura en la superficie de una soldadura a tope.</p>	<p>1) Normal 1</p> <p>502</p>	
<p>503</p>	<p>Exceso de convexidad</p> <p>Exceso de metal de soldadura en la superficie de una soldadura en ángulo.</p>	<p>1) Normal 1</p> <p>503</p>	
<p>504</p> <p>5041</p> <p>5042</p> <p>5043</p>	<p>Exceso de penetración</p> <p>Exceso de metal de soldadura en la raíz de una soldadura.</p> <p>Puede ser:</p> <p>Exceso de penetración local</p> <p>Exceso de penetración continuo</p> <p>Penetración completa excesiva</p>	<p>504</p> <p>5043</p> <p>5043</p>	

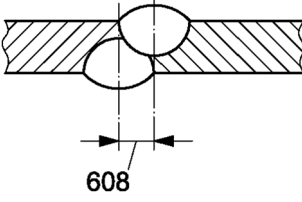
<p>505</p> <p>Acuerdo incorrecto</p> <p>Valor demasiado pequeño del ángulo (α) comprendido entre el plano de la superficie del metal base y el plano tangente a la superficie del cordón y que pasa por la línea del acuerdo de la soldadura.</p>	<p>5051</p> <p>Ángulo de acuerdo incorrecto</p> <p>Valor demasiado pequeño del ángulo (α) comprendido entre el plano de la superficie del metal base y el plano tangente a la superficie del cordón y que pasa por la línea del acuerdo de la soldadura.</p>	
<p>5052</p> <p>Radio de acuerdo incorrecto</p> <p>Valor demasiado pequeño del radio (r) en la línea del acuerdo de la soldadura.</p>	<p>506</p> <p>Solapamiento</p> <p>Exceso de metal de soldadura que rebosa sobre la superficie del metal base, sin fundirse con él.</p> <p>Puede ser:</p> <p>5061</p> <p>Solapamiento en el acuerdo</p> <p>Rebosamiento de la pasada de acabado</p> <p>5062</p> <p>Solapamiento en la raíz</p> <p>Rebosamiento de la pasada de raíz</p>	

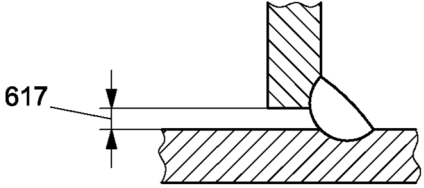
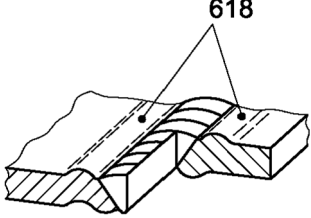
<p>507</p> <p>5071</p> <p>5072</p>	<p>Falta de alineación</p> <p>Falta de alineación entre dos piezas soldadas, que se traduce en un desnivel, aunque sus superficies están en planos paralelos.</p> <p>Pueden ser:</p> <p>Falta de alineación entre chapas</p> <p>Las piezas son chapas</p> <p>Falta de alineación entre tubos</p> <p>Las piezas son tubos</p>		
<p>508</p>	<p>Deformación angular</p> <p>Falta de alineación de dos piezas soldadas, tal que sus superficies no son paralelas o no están en el ángulo previsto.</p>		
<p>509</p> <p>5091</p> <p>5092</p> <p>5093</p> <p>5094</p>	<p>Desfondamiento</p> <p>Hundimiento del metal de soldadura debido a la gravedad.</p> <p>Dependiendo de los casos puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> - desfondamiento en posición horizontal - desfondamiento en posición plana o en techo - desfondamiento en una soldadura en ángulo - desfondamiento en una soldadura a solape 		
<p>510</p>	<p>Perforación</p> <p>Hundimiento del baño de fusión que da lugar a un agujero en la soldadura.</p>		

511	<p>Falta de espesor</p> <p>Canal longitudinal continuo o discontinuo en la superficie de la soldadura debido a una insuficiente deposición de metal de aporte.</p>		
512	<p>Exceso de asimetría de la soldadura en ángulo</p> <p>No es necesaria explicación.</p>	<p>1) forma nominal 2) forma real</p> 	
513	<p>Anchura irregular</p> <p>Excesiva variación en la anchura de la soldadura</p>		
514	<p>Superficie irregular</p> <p>Excesiva rugosidad superficial.</p>		
515	<p>Rechufe de raíz</p> <p>Falta de espesor en la raíz de una soldadura a tope, debido a una contracción del metal fundido (véase también 5013).</p>		
516	<p>Porosidad en la raíz</p> <p>Formación esponjosa en la raíz de una soldadura debido a la ebullición de metal fundido en el momento de la solidificación.</p>		
517	<p>Empalme defectuoso</p> <p>Irregularidad local de la superficie en la zona de empalme de la soldadura.</p> <p>Puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> - en la pasada de sellado - en la pasada de raíz 		

520	<p>Deformación excesiva</p> <p>Desviación dimensional debido al reheque y a la deformación de la soldadura.</p>		
521	<p>Medidas incorrectas de la soldadura</p> <p>Desviación respecto a las medidas prescritas de la soldadura.</p>		
5211	<p>Espesor excesivo de la soldadura</p> <p>Espesor de la soldadura demasiado grande.</p>	<p>1) espesor nominal</p> <p>2) espesor real</p>	
5212	<p>Anchura excesiva de la soldadura</p> <p>Anchura de la soldadura demasiado grande.</p>		
5213	<p>Espesor de garganta insuficiente</p> <p>El espesor de garganta real de la soldadura es demasiado pequeño.</p>	<p>1) espesor nominal</p> <p>2) espesor real</p> 	

5214	<p>Espesor de garganta excesivo</p> <p>El espesor de garganta real de la soldadura es demasiado grande.</p>	<p>1) espesor nominal 2) espesor real</p> 
<p>Grupo número 6 — Otras imperfecciones</p>		
600	<p>Otras imperfecciones</p> <p>Imperfecciones que no pueden incluirse en los grupos 1 a 5.</p>	
601	<p>Cebado del arco</p> <p>Alteración local de la superficie del metal base, cerca de la soldadura, a consecuencia del cebado accidental del arco fuera de los bordes de la preparación de la unión.</p>	
602	<p>Proyecciones (o salpicaduras)</p> <p>Gotas de metal fundido o metal de aporte proyectadas durante el soldeo y que se adhieren sobre el metal base o sobre el metal de soldadura ya solidificado.</p>	
6021	<p>Salpicadura de wolframio</p> <p>Partículas de wolframio proyectadas desde el electrodo al metal base o sobre el metal fundido ya solidificado.</p>	
603	<p>Superficie de desgarre</p> <p>Daño en la superficie provocado al eliminar por fractura los elementos auxiliares de montaje.</p>	

604	Marca de amolado Deterioro local debido al amolado.		
605	Marca de burilado Deterioro local debido al uso de un buril u otra herramienta.		
606	Amolado excesivo Reducción del espesor de la pieza debido a un amolado excesivo		
607	Imperfección de soldadura de punteo Imperfección debida a un punteo incorrecto, por ejemplo:		
6071	- el cordón se ha roto o no ha penetrado		
6072	- se ha soldado encima de una soldadura de punteo defectuosa		
608	Cordones opuestos desalineados Distancia entre las líneas centrales de dos cordones de una unión, realizados por lados opuestos.		
610	Color de revenido Ligera oxidación de la superficie en la zona fundida, por ejemplo en los aceros inoxidables.		
6101	Decoloración Capas de la superficie visiblemente tintadas en la soldadura y la zona afectada térmicamente provocadas por el calor y/o la falta de protección, por ejemplo en titanio.		
613	Superficie cascarillada Fuerte oxidación de la superficie en la zona fundida		
614	Residuo de fundente Insuficiente eliminación de los residuos de fundente de la superficie.		

615	Residuo de escoria Eliminación insuficiente de la escoria adherida a la superficie de la soldadura.	
617	Abertura en la raíz incorrecta en las soldaduras de ángulo Abertura excesiva o insuficiente entre las piezas a unir.	
618	Hinchamiento Imperfección debida a la quemadura de las uniones soldadas en aleaciones ligeras y que resulta de un mantenimiento prolongado en el intervalo de solidificación.	

2.- ANALISIS DE SOLUCIONES. JUSTIFICACIÓN SOLUCIÓN ADOPTADA.

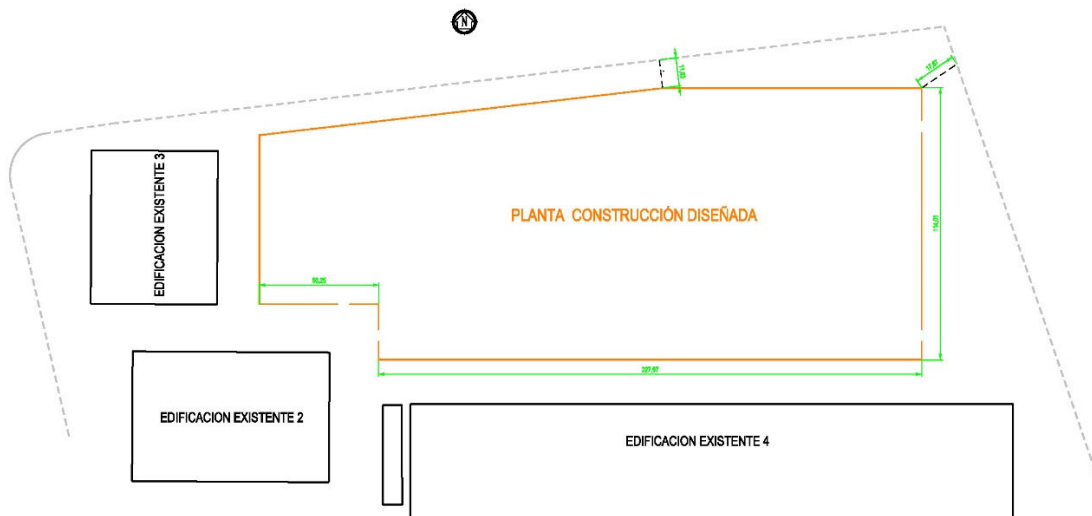
2.1. SOLUCIÓN EN PLANTA.

El contorno en planta viene condicionado por:

- Superficie construida debe estar entre 25.000 y 30.000 m²
- Longitud mínima nave = 240 m
- Debe mantener distancias a edificaciones existentes de alrededor de 20 m
- A viales públicos debe mantener una separación mínima de:
 - Por el PGOU: 3m
 - Por dotar de vial interior apto para vehículos pesados: 8 m
 - Por aspectos del Reglamento Seguridad Contra incendios: 10 m (condiciona la superficie máxima del sector de incendios, así como a la estabilidad al fuego requerida a la estructura)

Teniendo en cuenta lo anterior se plantea el siguiente contorno de la nave a construir:

- ❖ Superficie a construir: 28.800 m²
- ❖ Longitud nave: 278 m
- ❖ Separación a vial público: 12 m



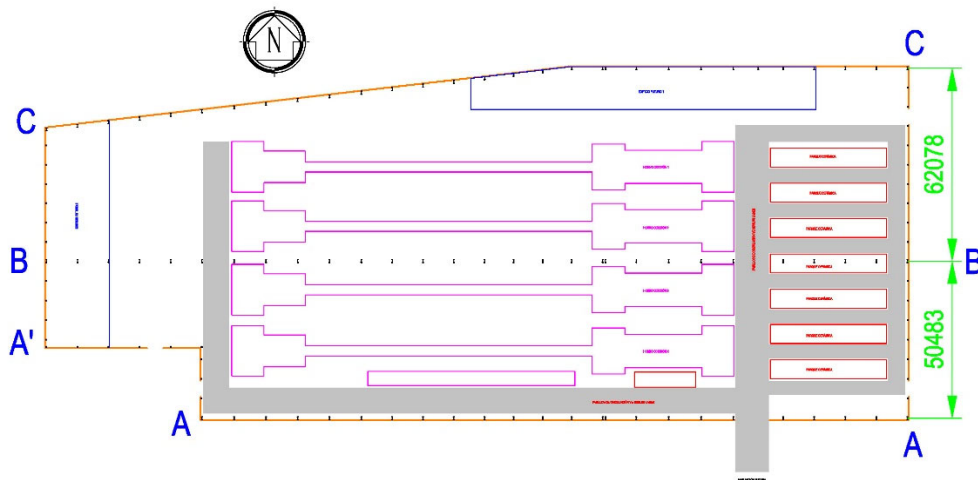
La anchura de la nave es de 114 m (lado este, el más ancho).

Al ser de 114 m la anchura, deberemos construir mínimo 2 cuerpos de nave (si el material de la estructura es acero) ó 3 cuerpos de nave si el material de la estructura es de hormigón pretensado (deltas).

Se elige como material de la estructura el acero, debido a:

- ❖ Podemos realizar sólo dos cuerpos de nave (es importante para la distribución interior de la maquinaria de producción).
- ❖ La industria cerámica tiene una tecnología y necesidades que son muy cambiantes en el tiempo (que no sabemos en que sentido, pero lo normal, es que cada vez se necesite más espacio libre). Es usual modificar, añadir instalaciones (gas, agua reciclada, agua industrial, instalaciones eléctricas, conducciones de recuperación de calor, etc) que necesitan de unos soportes anclados a la estructura principal (si es acero es fácil, si es de hormigón se complica).

Al escoger el acero como material de la estructura, iremos a dos cuerpos de nave (sólo habrá una línea de pilares intermedios). Lo normal es que los dos cuerpos de nave fueran de igual luz (114/2=57 m), pero por la posición de la maquinaria, edificaciones interiores a construir y los pasillos de circulación de los vehículos guiados por láser (son las máquinas que mueven la cerámica entre los diferentes puntos de producción o al parque de cerámica. Este último es necesario para pulmón de los diferentes procesos productivos: prensado-esmaltado, cocción, clasificación, pues no todos trabajan las mismas horas ni al mismo ritmo).

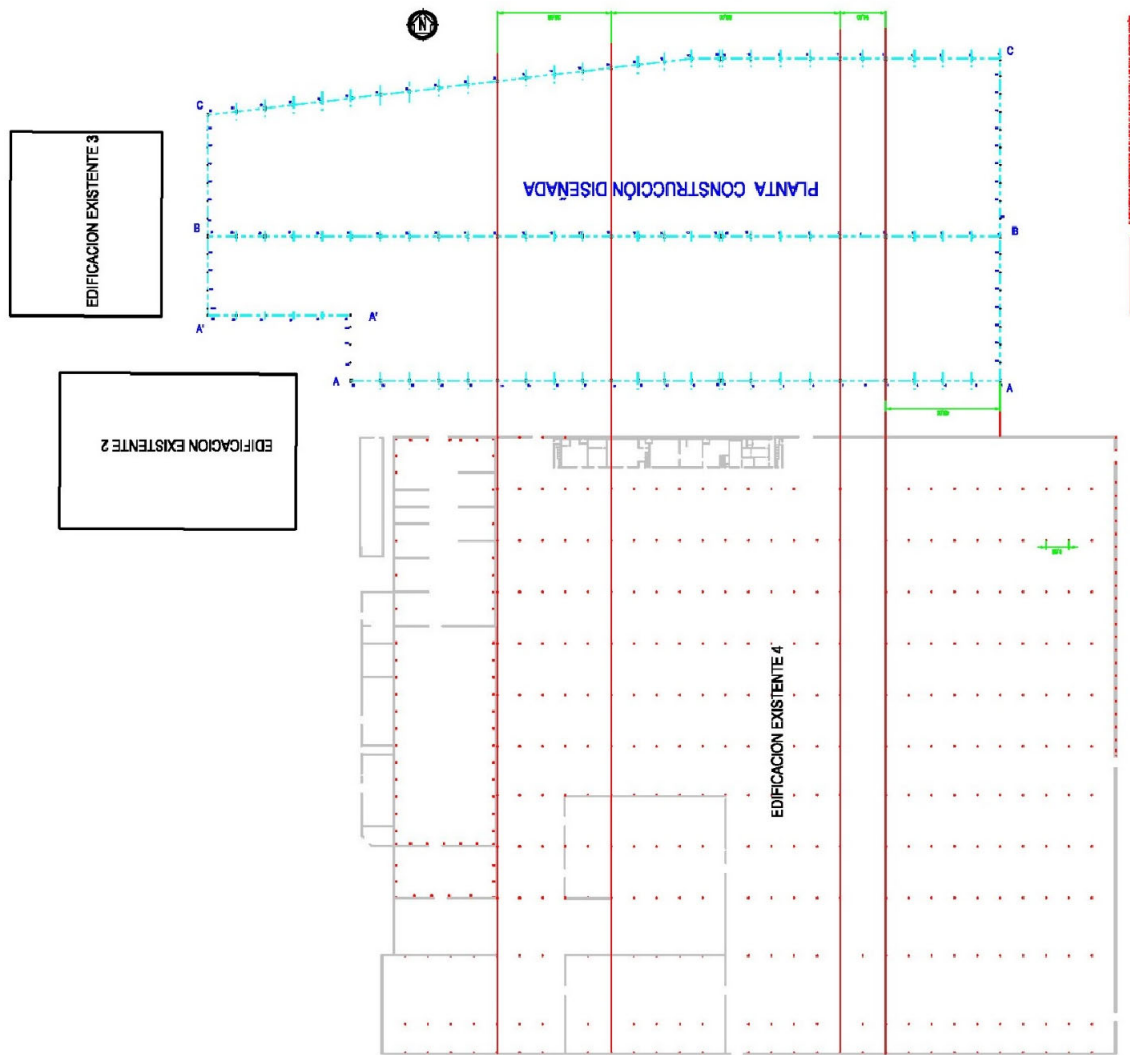


Para poder acoplarnos a la maquinaria cerámica elegimos que un cuerpo de nave tenga 62 m aprox de luz (nave BC, más hacia el norte) y el otro ,50 m aprox de luz (nave AB, más hacia el sur).

Además, para dejar libre el paso de los vehículos láser, en los vanos por donde se sitúen los pasillos, NO se colocarán las cruces de arriostamiento de fachada (línea intermedia de pilares B).

La separación tipo de pórticos se elige 10 m, pues es la medida máxima que permite : colocar correas conformadas en frío y aún resulta “sencillo” colgar instalaciones por la fachada. Buscamos también que la distribución de pilares afecte lo menos posible a la distribución de maquinaria y pasillos de circulación.

Lo normal o habitual es que todos los pórticos estuvieran separados 10 m, pero al tener que mantener unas alineaciones de pórticos con la construcción nº 4 existente (en un futuro se unirán) nos obliga a tener diferentes separaciones de pórticos. En cualquier caso se han distribuido de manera que aparentemente la separación de todos los pórticos es de 10 m:

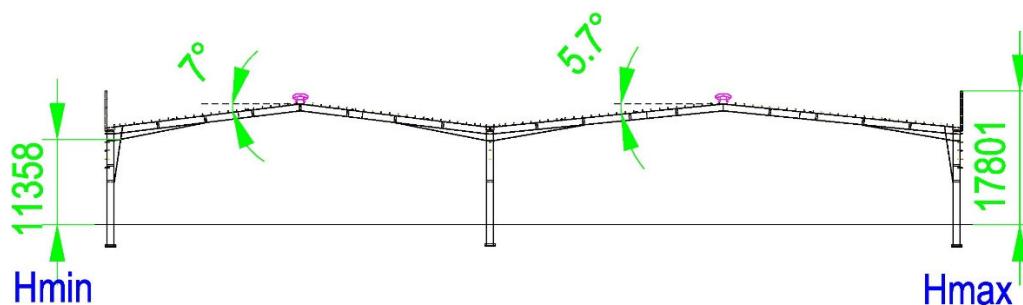


2.2. SOLUCIÓN EN SECCIÓN TRANSVERSAL.

El parámetro más importante es la altura libre mínima (H_{min}), pues es la que limita la maquinaria a montar en el interior.

En nuestro caso, la maquinaria que se va a montar en el interior son hornos de cocción, que tienen una altura de alrededor de 4 m. Por tanto, con unos 6 m de altura libre sería suficiente. Sin embargo, al final, se va a dejar una altura libre mínima de 11,36 m, debido a dos motivos:

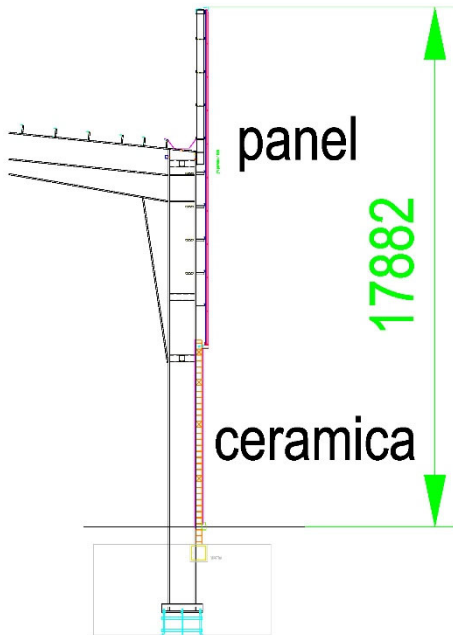
- Pensando en que algún día pudiera instalarse otro tipo de maquinaria del proceso productivo (prensas y secaderos), la altura que vamos a dejar de 11,36 m es la mínima que debemos disponer para ello (no sólo porque las prensas y secaderos tienen más altura que un horno, sobre todo, por los medios de montaje-grúas- que serían necesarios para su montaje (las prensas tipo pueden llegar a pesar 150 Tn).
- En el interior de las naves se pretende construir un edificio adosado a la fachada norte (laboratorios de control de proceso productivo, pequeños talleres de mantenimiento, vestuarios y duchas, etc), que, aunque no está decidido aún, es muy probable que se necesiten dos plantas para el mismo ($2 \times 4,5 \text{ m} = 9 \text{ m}$ de altura necesaria).
- Estéticamente, una altura de 6m frente a luces de 62 y 50 m , quedaría muy compacto la maquinaria y la estructura, dando sensación de “agobio”.



La altura máxima de la nave (altura de fachada) viene condicionada por la pendiente (y luces de la nave) de los faldones.

Para el material de cobertura elegido para el cerramiento de cubierta, chapa grecada , la pendiente mínima recomendable es del 10% ($5,7^\circ$), que es la que se ha diseñado. Puesto que las dos naves no tienen la misma luz, si damos la misma pendiente a las dos naves, las cumbreras tendrían alturas diferentes. Se ha decidido igualar la altura de cumbrera de las dos naves, dando distinta (pero parecida) pendiente a los faldones (uno tiene $5,7^\circ$ de pendiente-nave BC y el otro 7° -nave AB).

La altura de la fachada ha de estar como mínimo, a la altura del punto más alto de la cubierta, que es la ventilación estática que se va a colocar en cumbrera, para disipar de forma natural el aire caliente del interior. Además, en este caso, se ha elegido la altura de fachada para que esté modulada exactamente con los elementos de constituirán la fachada: cerámica hasta los 8 m de altura aprox y a continuación panel de lana de roca colocado horizontalmente que tiene una anchura de 1150 mm. (el panel de lana de roca no es conveniente cortarlo)



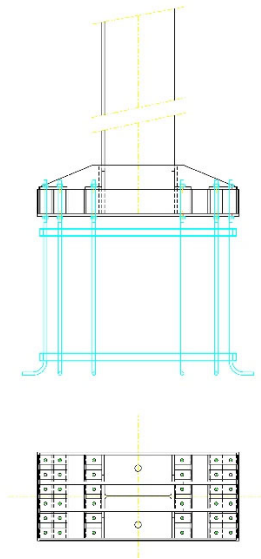
Detalle fachada: parte inferior cerámica

Parte superior panel de lana de roca

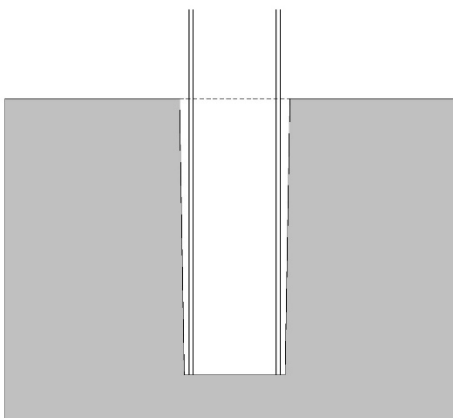
2.3. SISTEMA DE EMPOTRAMIENTO DE PILARES. ANCLAJE.

Para transmitir los esfuerzos en el empotramiento hay básicamente dos opciones:

- Realizar un anclaje competente (con bastidor).



- Empotrar el pilar por prolongación del fuste en el interior de la zapata (este método es muy habitual en pilares prefabricados de hormigón).

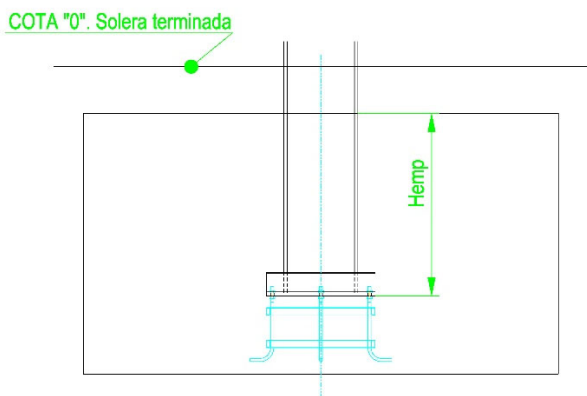


Cada método tiene sus ventajas e inconvenientes.

El primer método (anclaje competente) tiene la gran ventaja que dominamos cota y colocación en planta de los pilares. Podemos aplomar y alinearla fachada fácilmente. El mayor problema es la manipulación del mismo antes de hormigonar, que debido a las dimensiones y peso que tendría, resultaría complicado y nos arriesgaríamos a tener errores a la hora de su colocación. Si la cantidad de anclajes a colocar fuera pequeño, se diseñaría de forma que fuese fácil de colocar para los operarios de obra civil (podríamos colocar apoyos roscados para poder nivelarlos, etc). Como hay una gran cantidad de anclajes a colocar se desestima este método.

El segundo método es el sistema de empotrar más sencillo, utilizándose mucho en las naves prefabricadas de hormigón. No se necesitan elementos intermedios entre los pilares y la zapata para transmitir los esfuerzos. Tiene el gran inconveniente que, aún dominando la colocación del pilar en altura (se coloca mortero autonivelante en el fondo del fosete), en planta es casi imposible dominarlo, y más, en el caso de pilares metálicos con sección en doble T. Puesto que para es muy importante la alineación-aplomado de fachadas, se desestima este método.

La solución adoptada es un método híbrido entre los dos: se colocan anclajes lo más reducidos posible sólo para la fase de montaje del pilar y luego se hormigona la longitud necesaria de fuste para transmitir los esfuerzos (esto se justifica en el anejo 1). Esto nos permite manejar bien los anclajes al equipo de obra civil y tienen la posibilidad de alinear-aplomar las fachadas.



3.- CONSIDERACIONES SOBRE LAS ACCIONES.

Las acciones a tener en cuenta se regulan en el CTE DB SE-AE (acciones en la edificación) para el caso de :

- Acciones permanentes.
- Sobrecargas de uso.
- Viento.
- Nieve.
- Temperatura.
- Acciones accidentales : impacto e incendio.

y en la norma sismorresistente NCSE-02 para el caso de acciones accidentales: sismo.

Todas estas acciones se desarrollan con detalle en el apéndice 3 del tomo II Cálculo de la estructura.

En este apartado pasamos a enumerar los aspectos más importantes de las mismas.

3.1. ACCIONES PERMANENTES.

Debemos considerar el peso propio de la estructura (lo considera internamente el programa de cálculo Tricalc al definir las secciones de las barras) y las cargas muertas (concargas): peso de los materiales que conforman los cerramientos (incluidas las correas).

Lo único relevante es tener en cuenta que debido a que la separación de pórticos no es constante (no todos los vanos tienen 10 m de separación) se ha tenido que introducir un valor diferente (carga por ml de barra) para cada pórtico. Esto nos va a suceder con todas las acciones excepto con la temperatura.

3.2. SOBRECARGAS DE USO.

En una nave de uso industrial lo habitual es considerar una sobrecarga de uso (tabla 3.1. CTE DB SE-AE) en categoría G (cubiertas accesibles sólo para mantenimiento), que en el caso de cubiertas ligeras (como es nuestro caso) tienen un valor de 0,4 kN/m², siendo NO concomitante con el resto de acciones variables.

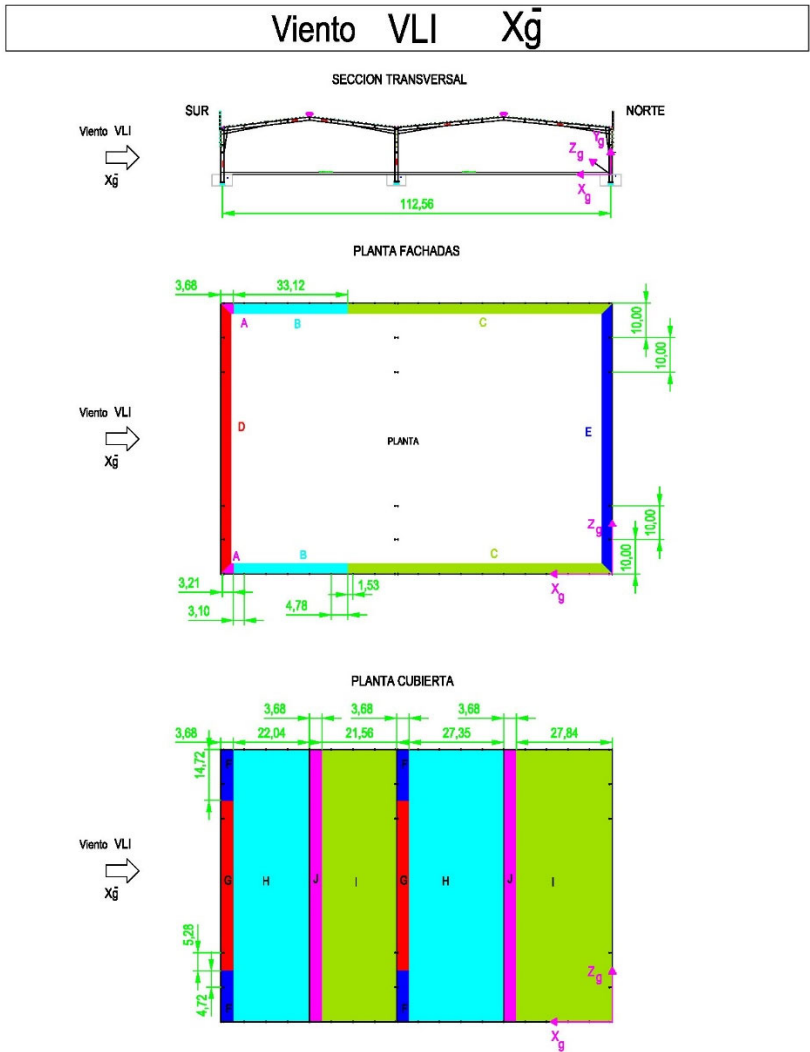
En nuestro caso, dado que, por un lado, el CTE DB HE (ahorro de energía) , cuando la superficie construida es mayor de 1.000 m² (como nos sucede) obliga a considerar la colocación de placas solares , así como la consideración de la propiedad de que van a colocar en un futuro placas solares en cubierta, hemos considerado una sobrecarga de uso debida al peso que supondrá la colocación de placas solares (0,4 kN/m²). Esta sobrecarga de uso la consideramos como si fuese categoría F-B, es decir, concomitante con el resto de acciones variables.

3.3. VIENTO.

La acción EXTERIOR del viento depende de muchos factores:

- Zona geográfica.
- Periodo de servicio.
- Grado de aspereza del entorno.
- Altura de la construcción.
- Dimensiones en planta de la construcción.
- Tipo de paramento: fachada/cubierta.
- Zona del paramento (en las zonas más próximas a las esquinas aumentan las presiones/succiones)
- Situación del paramento respecto a la dirección del viento: barlovento/sotavento.

- En las cubiertas inclinadas, los valores pueden ser de diferente signo: presión/succión para una misma dirección del viento.



Además, podemos tener también acción INTERIOR del viento, que depende de los huecos de las fachadas (no sólo deberíamos tener en cuenta los huecos presentes, sino también, la posibilidad de que sean modificados). La acción interior puede ser de presión o de succión:

Tabla 3.6 Coeficientes de presión interior

Esbeltez en el plano paralelo al viento	Área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
≤1	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5
≥4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3

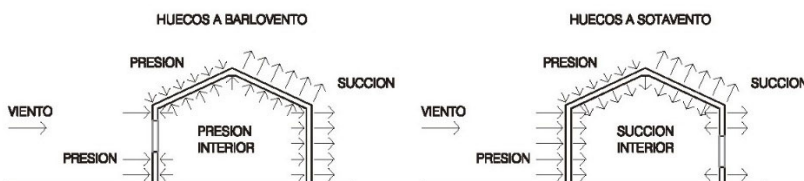


Fig. 3.1 Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana

Todo esto hace que realmente necesitemos muchas hipótesis en el programa de cálculo para considerar adecuadamente la acción del viento.

Sin embargo, en el programa de cálculo utilizado (Tricalc) ,sólo dispone de 4 hipótesis asociada al viento: 3,4,25 y 26.

Esto es lo habitual en los programas de cálculo.

Tiene la posibilidad de obtener directamente las acciones opuestas: -3, -4, -25 y -26. Esto sólo es útil si la estructura es simétrica (cosa que no ocurre en nuestro caso).

Por tanto, sólo disponemos de 4 hipótesis para considerar la acción del viento.

Aunque se detalla en el apéndice 3 del tomo II, resumimos las hipótesis que se deberían tener realmente (deberían ser 18 combinaciones).

Las hipótesis que deberíamos considerar son:

- Para un viento lateral: X_g -

Hipótesis V1: viento lateral X_g - Cubierta con succión exterior máxima. Acción interior nula.

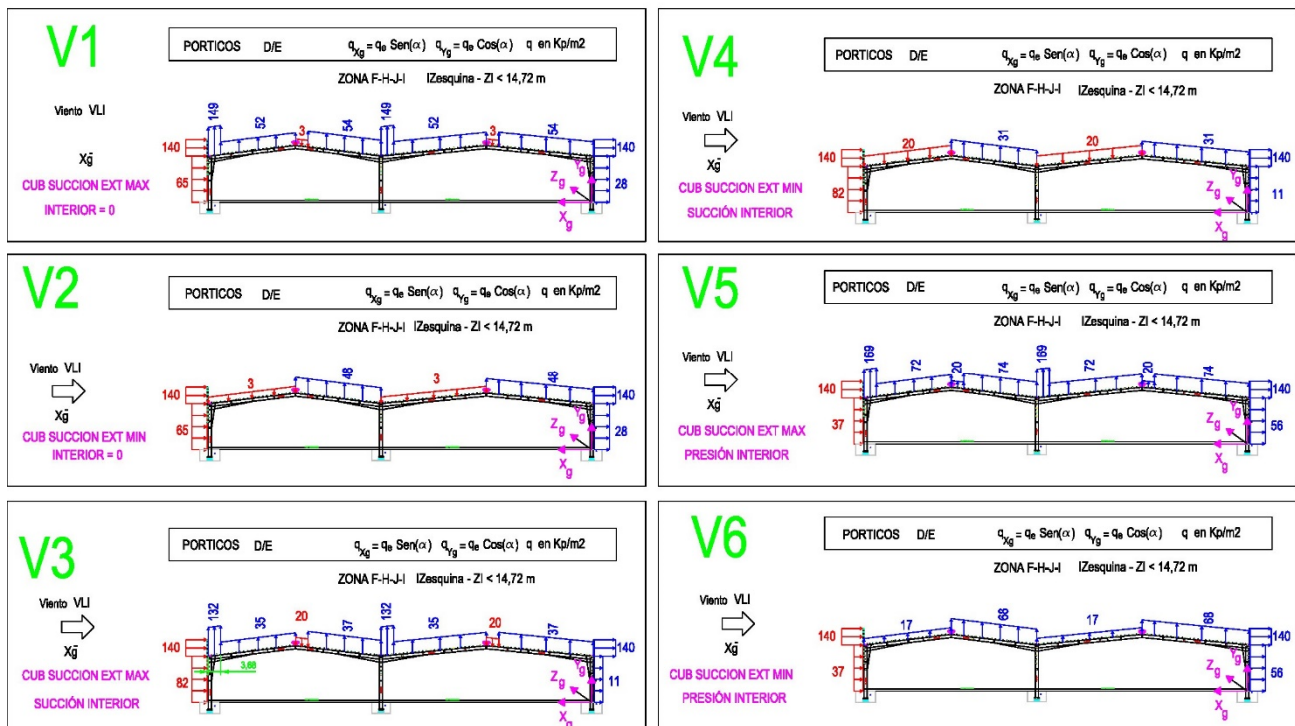
Hipótesis V2: viento lateral X_g - Cubierta con succión exterior mínima. Acción interior nula

Hipótesis V3: viento lateral X_g - Cubierta con succión exterior máxima. Succión interior.

Hipótesis V4: viento lateral X_g - Cubierta con succión exterior mínima. Succión interior.

Hipótesis V5: viento lateral X_g - Cubierta con succión exterior máxima. Presión interior.

Hipótesis V6: viento lateral X_g - Cubierta con succión exterior mínima. Presión interior.

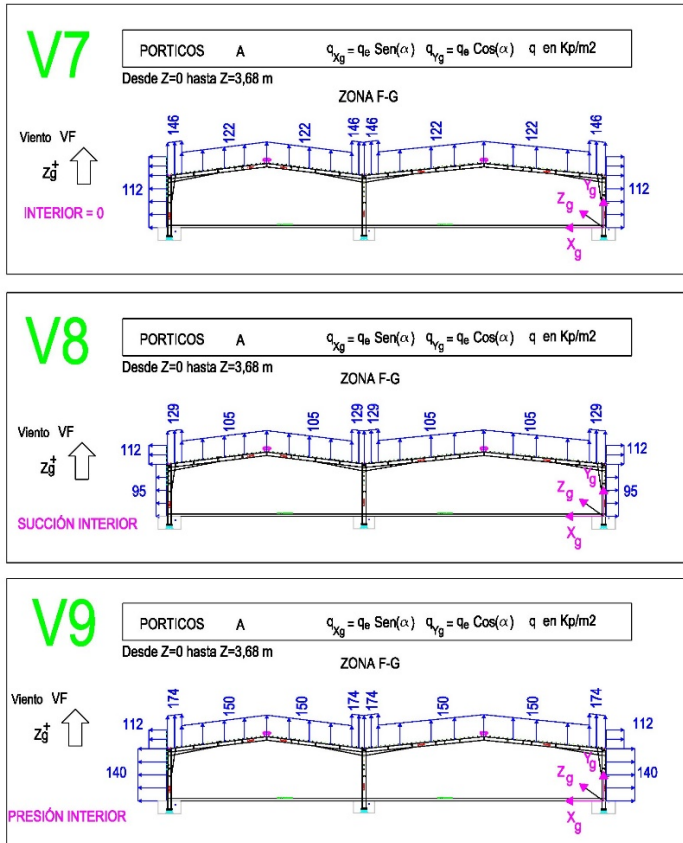


- Para un viento frontal: Zg+

Hipótesis V7: viento frontal Zg+. Acción interior nula.

Hipótesis V8: viento frontal Zg+. Succión interior.

Hipótesis V9: viento frontal Zg+. Presión interior.



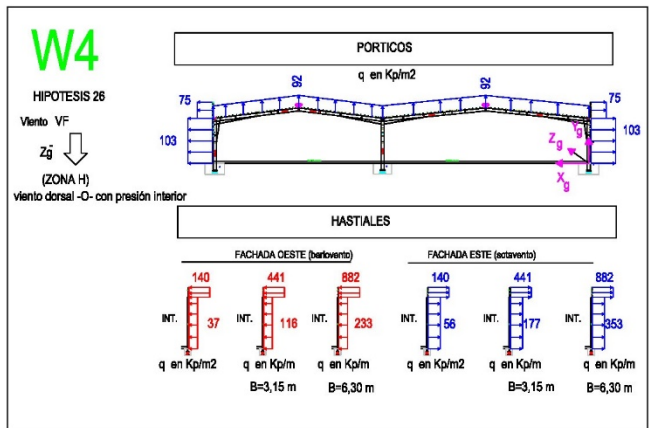
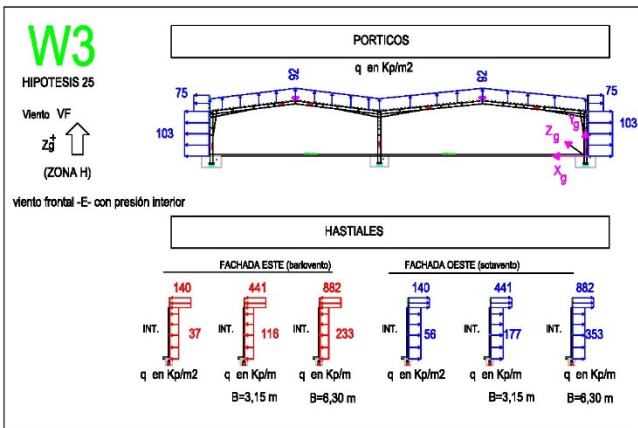
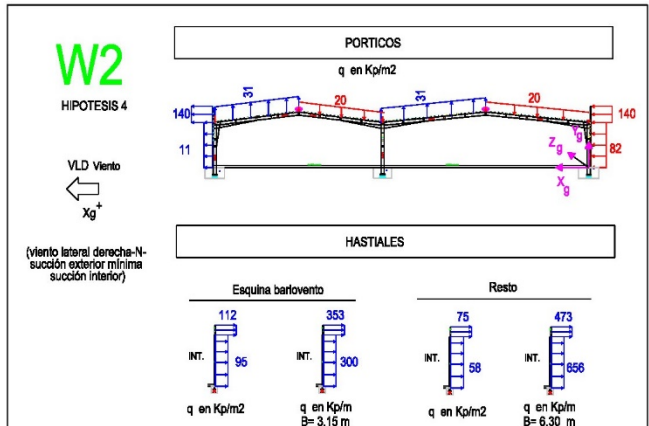
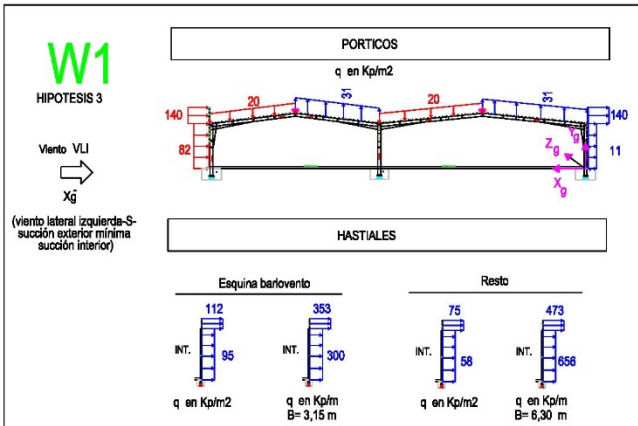
Y como la estructura no es simétrica, faltarían las dos direcciones opuestas. En total, 18 hipótesis.

Puesto que en el programa de cálculo sólo tenemos posibilidad para 4 , hay 3 opciones:

- Definir manualmente todas las hipótesis (no sólo sería para el viento, sería para todas las acciones) y todas las combinaciones posibles (ELU, ELS, REACCIONES). Esto supondría cientos de combinaciones.
- Podríamos (para poder aprovechar las combinaciones automáticas que realiza el programa), realizar $18/4 = 5$ cálculos independientes.
- Escoger de forma razonable 4 de las 18 hipótesis, las que sean las más desfavorables (también aprovecharíamos las combinaciones automáticas que realiza el programa).

Escogemos la opción C. (tenemos en cuenta, tal y como se detalla en el apéndice 4 del tomo II), que ya realizamos 8 cálculos independientes (4 para considerar la imperfección global en 2 sentidos x 2 direcciones) x 2 (para considerar que no se combine la acción nieve con incrementos de temperatura de +35 °C). Si consideráramos la opción B, serían 40 cálculos independientes.

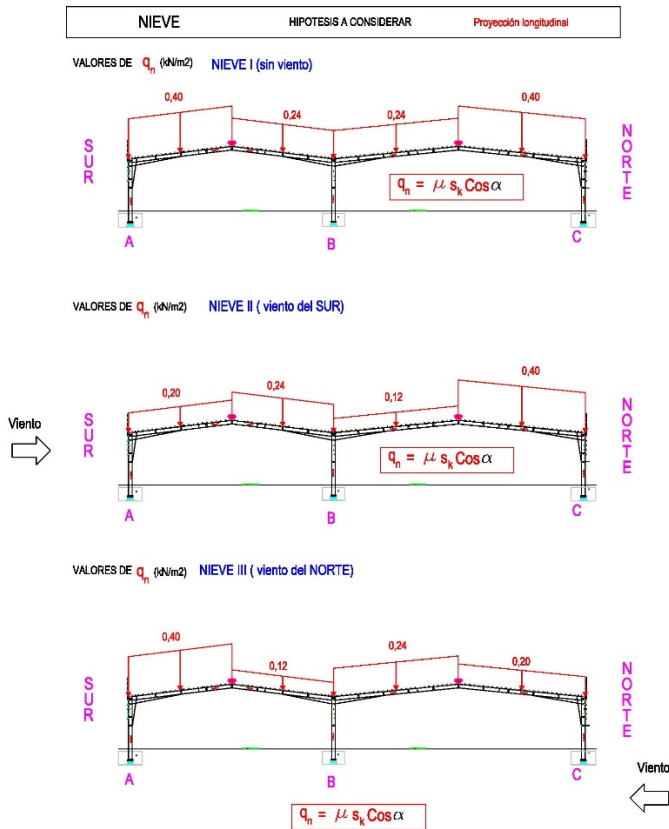
Las 4 hipótesis de viento que consideramos son:



3.4. NIEVE.

La acción de la nieve no sólo depende de la geografía (zona invernal) y de la altitud del emplazamiento. Debemos considerar la posibilidad de distribuciones asimétricas de la nieve debidas al transporte de la misma por efecto del VIENTO.

Es decir, deberíamos considerar 3 hipótesis para la nieve:



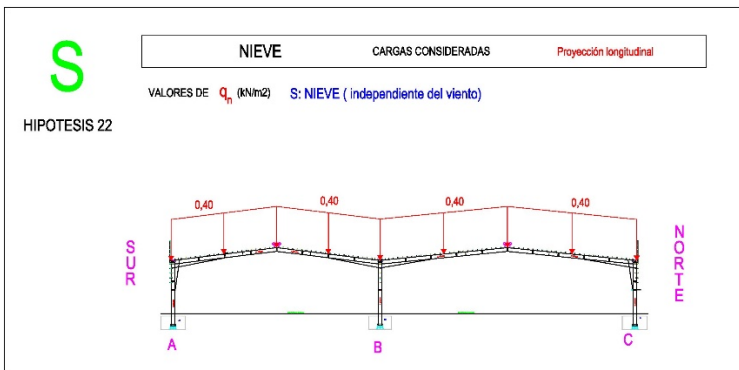
Pero nos pasa algo parecido a lo que nos pasaba con el viento. En el programa de cálculo utilizado (Tricalc), sólo dispone de 1 hipótesis asociada a la nieve: 22.

Puesto que en el programa de cálculo sólo tenemos posibilidad para 1 hipótesis, hay 3 opciones:

- Definir manualmente todas las hipótesis (nieve, viento y demás acciones) y todas las combinaciones posibles (ELU, ELS, REACCIONES). Esto supondría cientos de combinaciones.
- Podríamos (para poder aprovechar las combinaciones automáticas que realiza el programa), realizar 3 cálculos independientes.
- Escoger de forma razonable 1 de las 3 hipótesis, las que sean las más desfavorables (también aprovecharíamos las combinaciones automáticas que realiza el programa).

Escogemos la opción C. (tengamos en cuenta, tal y como se detalla en el apéndice 4 del tomo II), que ya realizamos 8 cálculos independientes (4 para considerar la imperfección global en 2 sentidos x 2 direcciones) x 2 (para considerar que no se combine la acción nieve con incrementos de temperatura de +35 °C). Si consideráramos la opción B, serían 40 (por acción viento) x 3 (acción nieve)=120 cálculos independientes.

Hemos adoptado la siguiente hipótesis (22) para la nieve:



Por último, comentar que si consideráramos las 3 hipótesis para la nieve (nieve sin viento, nieve viento lateral sur y nieve viento lateral norte), no sólo tendríamos que usar 3 hipótesis para la nieve, TAMBIÉN tendríamos que emparejarlas con la acción del viento correspondiente. Es decir:

- ❖ La acción nieve sin viento (nieve I), no podría combinarse con ningún viento o combinarse con vientos frontales (+-V7 a +-V9) que no provocan acumulación de nieve.
- ❖ La acción nieve con viento lateral sur (nieve II), sólo podría combinarse con vientos del sur (V1 a V6).
- ❖ La acción nieve con viento lateral norte (nieve III), sólo podría combinarse con vientos del norte (-V1 a -V6).

Por supuesto, esto último sólo podría considerarse si realizáramos las combinaciones de acciones por el método A (manualmente).

3.5. TEMPERATURA.

Para esta acción se ha considerado como temperatura de referencia (cuando se construye la estructura) de 10°C.

Las temperaturas ambiente extremas, para la ubicación de la estructura, son de 44°C en verano y -5 °C en invierno.

Se ha tenido en cuenta que elementos de la estructura están protegido (fachada longitudinal intermedia B), y el resto de elementos (fachadas A y C, y cubierta) como elementos de la envolvente no expuestos.

Hay que señalar, que, para los potelets, se ha considerado (elementos de envolvente no expuesto) la media que resulta de considerarlos al sur y al norte.

En el programa de cálculo (tricalc) corresponde a la hipótesis 21.

SITUACIÓN ELEMENTO	ΔT (°C)	
	VERANO	INVIERNO
PROTEGIDOS	10	10
EXPUESTOS		
Sur y oeste	64	-15
Norte y Este	36	-15
Potelets	50 ⁽¹⁾	-15 ⁽³⁾
ENVOLVENTE (no expuesto)		
Sur y oeste	37	-2,5
Norte y Este	23	-2,5
Potelets	30 ⁽²⁾	-2,5 ⁽⁴⁾

(1): $50 = \frac{64 + 36}{2}$

(3): $-15 = \frac{-15 - 15}{2}$

(2): $30 = \frac{37 + 23}{2}$

(4): $-2,5 = \frac{-2,5 - 2,5}{2}$

Consideramos, además, que la acción incremento temperaturas en verano NO puede ser concomitante con la acción nieve. Es por esto que realizamos dos cálculos independientes: T verano sin nieve y T invierno con nieve. Tenemos que realizar dos cálculos independientes porque el programa sólo permite la hipótesis 21 para temperatura.

Puesto que tenemos que realizar 4 cálculos independientes por el desplome global, que multiplicados por 2 debido a la temperatura, al final realizamos 8 cálculos independientes:

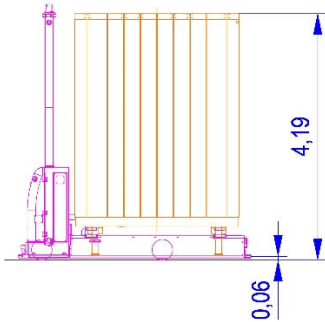
VERANO: C1V, C2V, C3V y C4V

INVIERNO: C1I, C2I, C3I y C4I

3.6. ACCIÓN ACCIDENTAL: IMPACTO.

Se ha considerado en la hipótesis 23 la acción accidental impacto.

Aunque los vehículos que van a circular (vehículos guiados por láser o LGV) tienen una masa considerable (12.200 kg con carga), el punto de aplicación es muy bajo (a 6 cm del suelo). Además, es muy difícil que impacten contra los pilares debido a que van guiados de forma automática.



3.7. ACCIÓN ACCIDENTAL: INCENDIO.

La elevación de la temperatura (en el acero) que se produce en un incendio afecta a la estructura de dos formas diferentes:

- Los materiales ven afectadas de forma importante su capacidad mecánica.
- Aparecen acciones indirectas como consecuencia de las deformaciones de los elementos.

Para cuantificar ambos efectos, debemos calcular la temperatura del acero (θ_a) que va a alcanzar el acero en la situación de incendio. La temperatura del acero en situación de incendio dependerá del tiempo desde que se inicia el incendio, calculándola para el tiempo que debe mantener la estructura la estabilidad estructural. A este tiempo lo denominamos t_R (min) ,y decimos que la estructura es resistente al fuego R- t_R . A la temperatura que alcanza el acero en $t=t_R$ la denominamos θ_{aR} .

La comprobación de la estructura para una situación de incendio, de forma simplificada, se realiza en 3 pasos:

PASO 1: Obtención de t_R

Por tanto, para considerar esta acción, la primera pregunta que debemos contestar es el tiempo requerido (minutos) que la estructura debe mantener la estabilidad estructural. Este tiempo t_R lo determinan la normativa específica, que es:

- Para establecimientos con actividad industrial (como es nuestro caso): Real Decreto 2267/2004 de 3 de Diciembre, Reglamento de Seguridad Contra incendios en Establecimientos Industriales (RSCEI)
- Para establecimientos con actividad no industrial: Código Técnico de la Edificación Documento Básico SI-Seguridad en caso de incendio.

En el apéndice 3 del tomo II se analiza con detalle la aplicación del RSCEI. Dado que nuestro establecimiento industrial tiene configuración C y está separado más de 10 m de límite de parcela, no es necesario justificar la estabilidad al fuego de la estructura => **$t_R=0$** .

PASO 2: Obtención de θ_{aR}

Una vez definido el tiempo t_R , calculamos la temperatura del acero para dicho tiempo (a esta temperatura la denominamos θ_{aR}).

Para calcular θ_{aR} debemos integrar una ecuación diferencial (incremental) definida en el apartado 4.2.5 del Anejo 23 del Código Estructural. Dicha ecuación tiene una expresión que depende si el acero tiene o no protección:

Acero sin protección:

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} \frac{A_m/V}{c_a \rho_a} \dot{h}_{net,a} \Delta t$$

Acero con material de protección:

$$\Delta\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p A_p/V [\theta_{g,t} - \theta_{a,t}]}{d_p c_a \rho_a [1 + \phi/3]} \Delta t - [e^{\phi/10} - 1] \Delta\theta_{g,t}$$

Hemos calculado θ_{aR} para los dos supuestos: que la estructura de acero esté sin revestir; y que la estructura de acero se aisle con material de protección (placas de cartón yeso de 10 mm espesor). Para el primer caso obtenemos una temperatura en el acero para $t=t_R=30$ min de 740,1°C y en el segundo 337,4 °C.

PASO 3: Verificación estructural

Tenemos dos vías alternativas:

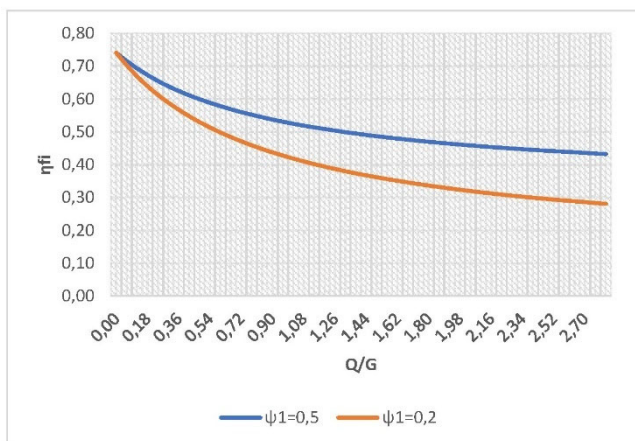
- Verificación en el dominio de la temperatura:

Para un μ_0 dado: $\theta_{aR} < \theta_{a,crit}$

$$\theta_{a,crit} = 39,19 \ln \left[\frac{1}{0,9674 \mu_0^{3,833}} - 1 \right] + 482$$

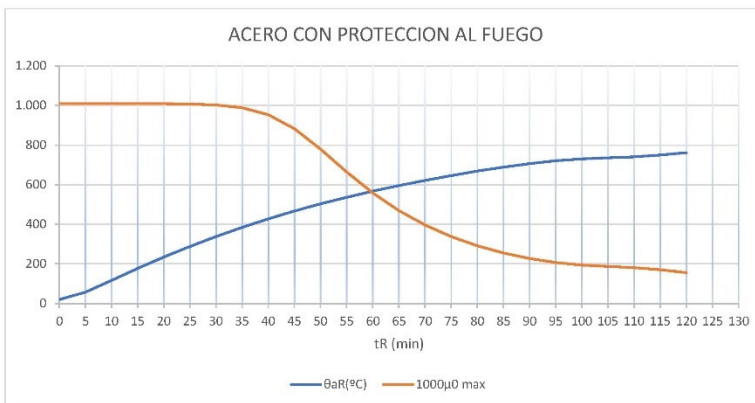
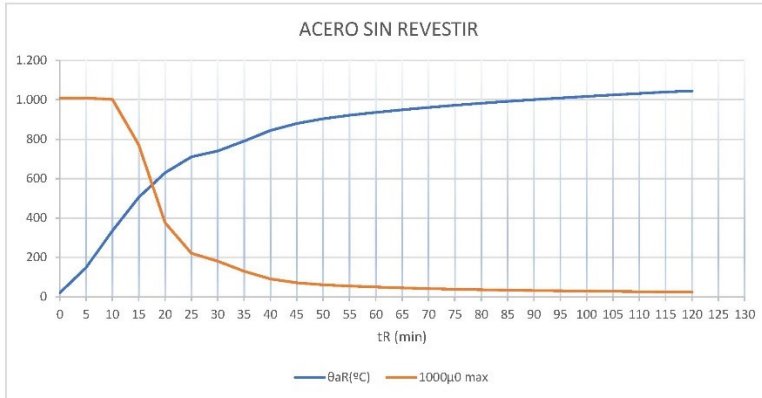
$$\mu_0 = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}} \cong \eta_{fi} \frac{\gamma_{M,fi}}{\gamma_{M0}}$$

$$\eta_{fi} = \frac{E_{fi,d}}{E_d} = \frac{G_k + \psi_{1,1} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}}$$



Como simplificación puede utilizarse $\eta_{fi}=0,65$, excepto para sobrecargas categoría E, que se tomará 0,70.

En el apéndice 3 del tomo II , se ha obtenido una gráfica muy representativa para ver los efectos de cuando se protege el acero. Se han relacionado los valores de tR (min), la temperatura del acero para tR (θ_{aR}) y el valor μ_{0max} . Se ha calculado para una estructura de acero sin revestir y para otra revestida con placas de cartón yeso de 1 cm:



➤ Verificación estándar.

Comprobamos que el valor de las acciones para la situación de incendio (incluyendo los efectos de las expansiones y deformaciones térmicas) no superan el valor de cálculo de la resistencia del acero en la situación de incendio:

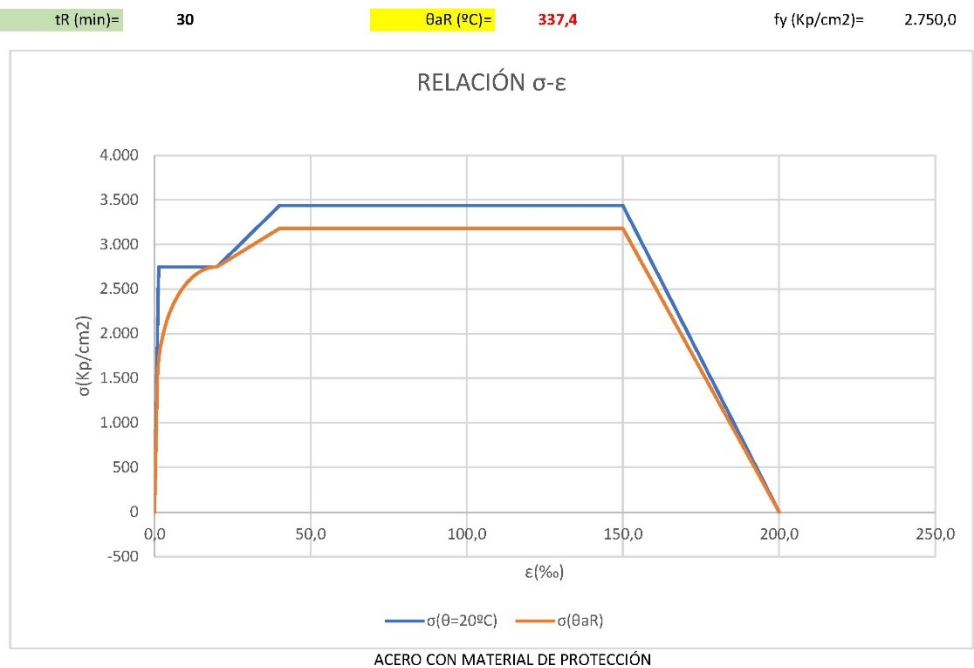
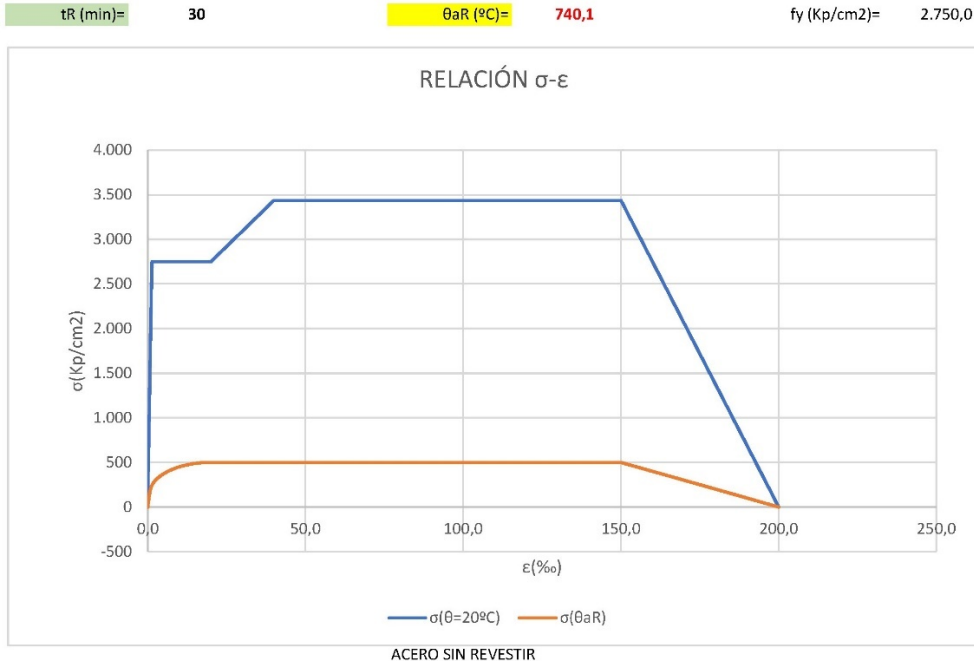
$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t}$$

De forma simplificada:

$$E_{fi,d} = \eta_{fi} E_d \quad \eta_{fi} = 0,65 - 0,70$$

La resistencia del acero depende de la temperatura que alcanza del acero durante el incendio (θ_{aR}).

Para apreciar bien el efecto de la temperatura, se ha calculado la resistencia del acero cuando no está protegido ($\theta_{aR}=740,1^{\circ}\text{C}$) y cuando colocamos placas de cartón yeso de 1 cm ($\theta_{aR}=337,4^{\circ}\text{C}$):



3.8. ACCIÓN ACCIDENTAL: SISMO.

Cuando la acción accidental es el sismo, la combinación de acciones a considerar son:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

donde para el cálculo de los efectos de las solicitaciones debidas al sismo, AEd, se considerarán las masas de las cargas permanentes y una fracción de las restantes masas (siempre que su efecto sea desfavorable):

- Sobrecarga de nieve:
 - Si la nieve permanece más de 30 días al año: 50 %
 - En caso contrario: 0% (este sería nuestro caso)
- Sobrecargas de uso:
 - En viviendas, hoteles, residencias: 50 %
 - En edificios públicos, oficinas, comercios: 60 %
 - En locales de aglomeración y espectáculos: 60 %
 - En almacenes, archivos: 100 %
 - De tabiquerías: 100 %
 - Piscinas, depósitos de agua: 100 %

En nuestro caso sería:

- Nieve: 0%
- Sobrecarga de uso (industria: lo asimilo a oficinas, comercios): 60 %

Para nuestra ubicación geográfica, del mapa de peligrosidad sísmica de la NCSE-02:

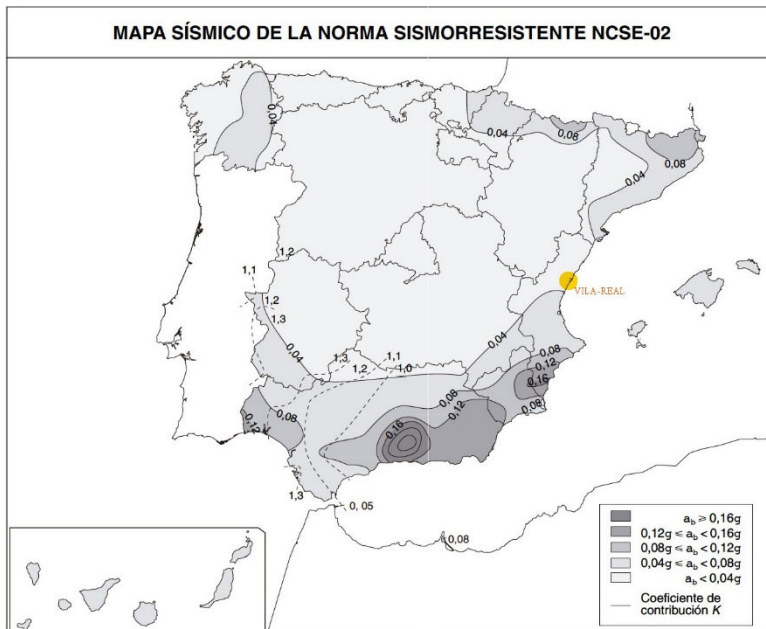


Figura 2.1 Mapa de Peligrosidad Sísmica

La aceleración básica de cálculo es menor de 0,04g, y por tanto, no es obligatoria su aplicación en nuestro caso.

4.- CONSIDERACIONES SOBRE EL ANÁLISIS GLOBAL DE LA ESTRUCTURA. IMPERFECCIONES INICIALES.

El cálculo de las solicitaciones (análisis global) siempre se puede realizar teniendo en cuenta la influencia de las deformaciones en la geometría (equilibrio en geometría deformada o cálculo en 2º orden).

En pórticos de una sola planta de edificación (como es nuestro caso), el Código Estructural permite considerar los efectos de 2º orden realizando un análisis de primer orden de la estructura (equilibrio en geometría inicial no deformada), amplificando los momentos obtenidos en primer orden por un coeficiente de mayoración:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{1}{\alpha_{crit}}}$$

siempre y cuando α_{crit} (coeficiente crítico de pandeo global) sea mayor que 3.

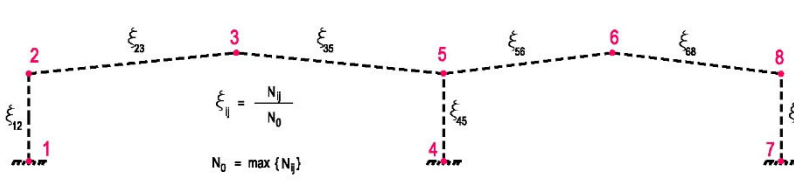
En nuestro caso se ha obtenido (ver página CE-AP1-23) un valor de $\alpha_{crit} = 22,29$. Es decir, podríamos considerar los efectos de segundo orden amplificando los momentos obtenidos en un análisis de primer orden por el factor:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{1}{22,29}} = 1,047$$

Sin embargo, con tal de obtener unos resultados más precisos, se ha realizado un análisis global en segundo orden.

En el apéndice 1 (pandeo traslacional de pórticos en su plano) se justifica la obtención del coeficiente α_{crit}

CÁLCULO COEFICIENTE β DE PANDEO TRASLACIONAL DIENTES EN EL PLANO DEL PÓRTICO
SEGÚN COMBINACIONES DE ξ_{ij}
(con programa matricial MATLAB)



$$\xi_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_0}$$

$$N_0 = \max \{N_{ij}\}$$

BARRA ij	ξ_{ij}							
	CALC C2I Comb Nº61	CALC C2I Comb Nº70	CALC C2I Comb Nº56	CALC C1V Comb Nº26				
1-2	0,69	0,64	0,65	0,69	0	0	0	1
2-3	0,68	0,60	0,62	0,68	1	1	1	1
3-5	0,68	0,60	0,62	0,68	1	1	1	1
4-5	1	1	1	1	0	0	0	1
5-6	0,45	0,43	0,44	0,60	0	0,7	0,9	1
6-8	0,45	0,43	0,44	0,60	0	0,7	0,9	1
7-8	0,54	0,53	0,54	0,64	0	0	0	1
$N_{crit\ 2-3}$ (KN)	17.493	17.365	17.393	17.231	18.358	18.016	17.781	17.181
β_{2-3}	0,9968	1,0005	0,9997	1,0044	0,9730	0,9822	0,9887	1,0058
$N_{crit\ 5-6}$ (KN)	11.576	12.445	12.343	15.204	-	12.611	16.003	17.181
β_{5-6}	1,4367	1,3857	1,3913	1,2536	-	1,3765	1,2219	1,2793
N_{crit} (KN)	25.725	28.941	28.053	25.339	18.358	18.016	17.781	17.181
N_0 (KN)	1.154	1.208	1.201	808	-	-	-	-
α_{crit}	22,29	23,96	23,36	31,36	-	-	-	-

VALORES ADOPTADOS: $N_{crit\ 2-3}$ (KN) = 17.231 $\beta_{2-3} = 1$
 $N_{crit\ 5-6}$ (KN) = 11.576 $\beta_{5-6} = 1,44$

IMPERFECCIONES INICIALES

Las imperfecciones iniciales:

- 1.- Global (desplome)
- 2.- Local (imperfecciones en arco)

siempre deben considerarse en el cálculo.

La imperfección global se tiene en cuenta en la fase de cálculo de las solicitaciones (análisis global). En el apéndice 4 (obtención de los esfuerzos, cálculos independientes realizados) en la página CE-AP4-4 se indica el valor de desplome utilizado (para cada dirección de estudio).

Respecto a la imperfección local, siempre se puede considerar en la fase de cálculo de las solicitaciones. En ciertos casos, alternativamente, la imperfección local puede ser tenida en cuenta realizando la comprobación con el método de soporte equivalente (apartado 6.3 del Código Estructural-resistencia a pandeo de los elementos), sin tener que considerar la imperfección local en la fase de cálculo de solicitaciones (análisis global). Estos casos se indican en el apartado 5.3.2. (6) del Código Estructural: Dado un elemento en el que al menos un extremo transmite momentos y su esbeltez adimensional $\bar{\lambda}$ cumple:

$$\bar{\lambda} \leq 0,5 \sqrt{\frac{Af_y}{N_{Ed}}} = \bar{\lambda}_{lim}$$

NOTA: Si la imperfección local (y por supuesto la global) se tiene en cuenta en la fase de cálculo de solicitaciones (análisis global) no es necesario realizar la comprobación a pandeo del elemento (apartado 6.3 del Código Estructural). También se puede hacer la siguiente lectura: si no contemplamos todas las imperfecciones iniciales deberá realizarse la comprobación a pandeo (teniendo en cuenta además, que si no se realiza un cálculo en 2º orden, el modo de pandeo a contemplar en el cálculo del elemento será traslacional , y si se considera, intraslacional)

Teniendo en cuenta los coeficientes de pandeo de los pilares obtenidos en el apéndice 1 (ver página CE-AP1-40) y los axiles de cálculo en el plano de la página CE-52:

➤ PILAR C (HL 920x449)

A= 571,4 cm²

$$N_{ed} = 789,73 \text{ kN} \Rightarrow \bar{\lambda}_{lim} = 0,5 \sqrt{\frac{571,4 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \cdot 0,255 \text{ kN/mm}^2}{789,73 \text{ kN}}} = 2,14 \text{ (nota: } f_y = 255 \text{ N/mm}^2 \text{ por ser } t_f > 40 \text{ mm)}$$

$\beta = 2,438$ (coeficiente de pandeo traslacional en el plano del pórtico)

L=13,11 m (longitud del pilar)

I=874.700 cm⁴ (momento de inercia según eje fuerte)

i=39,12 cm (radio de giro)

$$\lambda_E = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210.000 \text{ N/mm}^2}{255 \text{ N/mm}^2}} = 90,15 \text{ (esbeltez de Euler)}$$

$L_{crit} = \beta L = 2,438 \times 1311 \text{ cm} = 3196,22 \text{ cm}$ (longitud crítica de pandeo)

$$\lambda = \frac{L_{crit}}{i} = \frac{3196,22}{39,12} = 81,70 \text{ (esbeltez)}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{81,70}{90,15} = 0,91 \text{ (esbeltez reducida)} \leq \bar{\lambda}_{lim} = 2,14 \Rightarrow \text{Podemos aplicar 6.3 comprobación a pandeo.}$$

➤ PILAR B (HL 920x344)

$$A = 437,2 \text{ cm}^2$$

$$N_{ed} = 1.207,71 \text{ kN} \Rightarrow \overline{\lambda}_{lim} = 0,5 \sqrt{\frac{437,2 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 0,275 \text{ kN/mm}^2}{1.207,71 \text{ kN}}} = 1,578 \text{ (} f_y = 275 \text{ N/mm}^2 \text{ por ser } t_f < 40 \text{ mm)}$$

$\beta = 1,739$ (coeficiente de pandeo traslacional en el plano del pórtico)

$L = 13,11 \text{ m}$ (longitud del pilar)

$I = 645.000 \text{ cm}^4$ (momento de inercia según eje fuerte)

$i = 38,41 \text{ cm}$ (radio de giro)

$$\lambda_E = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210.000 \text{ N/mm}^2}{275 \text{ N/mm}^2}} = 86,81 \text{ (esbeltez de Euler)}$$

$$L_{crit} = \beta L = 1,739 \times 1311 \text{ cm} = 2.279,83 \text{ cm (longitud crítica de pandeo)}$$

$$\lambda = \frac{L_{crit}}{i} = \frac{2279,83}{38,41} = 59,35 \text{ (esbeltez)}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{59,35}{86,81} = 0,69 \text{ (esbeltez reducida)} \leq \overline{\lambda}_{lim} = 1,578 \Rightarrow \text{Podemos aplicar 6.3 comprobación a pandeo}$$

➤ PILAR A (HL 920x449)

$$A = 571,4 \text{ cm}^2$$

$$N_{ed} = 686,50 \text{ kN} \Rightarrow \overline{\lambda}_{lim} = 0,5 \sqrt{\frac{571,4 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 0,255 \text{ kN/mm}^2}{686,50 \text{ kN}}} = 2,30$$

$\beta = 2,756$ (coeficiente de pandeo traslacional en el plano del pórtico)

$L = 13,11 \text{ m}$ (longitud del pilar)

$I = 874.700 \text{ cm}^4$ (momento de inercia según eje fuerte)

$i = 39,12 \text{ cm}$ (radio de giro)

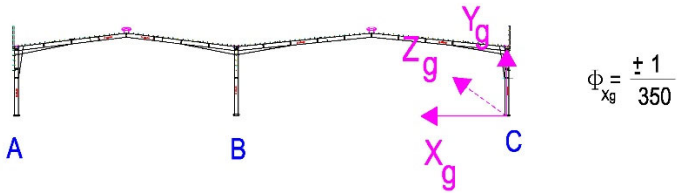
$$\lambda_E = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 90,15 \text{ (esbeltez de Euler)}$$

$$L_{crit} = \beta L = 2,756 \times 1311 \text{ cm} = 3613,12 \text{ cm (longitud crítica de pandeo)}$$

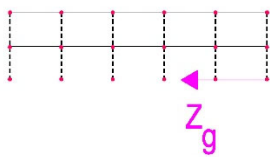
$$\lambda = \frac{L_{crit}}{i} = \frac{3613,12}{39,12} = 92,36 \text{ (esbeltez)}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{92,36}{90,15} = 1,03 \text{ (esbeltez reducida)} \leq \overline{\lambda}_{lim} = 2,30 \Rightarrow \text{Podemos aplicar 6.3 comprobación a pandeo}$$

Tal y como se desarrolla en el apéndice 4 del tomo II, las imperfecciones iniciales globales (desplome) considerados son:



$$\phi_{Xg} = \pm \frac{1}{350}$$



$$\phi_{Zg} = \pm \frac{1}{400}$$

Estos desplomes afectan a los pilares, pero no a los dinteles. Por tanto, cuando realizamos la comprobación a pandeo consideraremos en modo TRASLACIONAL para los dinteles e INTRASLACIONAL para los pilares.

Puesto que en el programa de cálculo sólo se puede tener en cuenta un valor para el desplome (de los 4 que hay), hemos tenido que realizar 4 cálculos independientes. Además, para tener en cuenta que la acción n iieve no fuera concomitante con la acción temperatura en verano, al final han sido 8 cálculos independientes (esto también se describe en el apéndice 4 del tomo II) :

CÁLCULO	DESPLOME	TEMPERATURA
CALC C1I	Xg+ 1/350	Invierno
CALC C2I	Xg- 1/350	Invierno
CALC C3I	Zg+ 1/400	Invierno
CALC C4I	Xg- 1/400	Invierno
CALC C1V	Xg+ 1/350	Verano
CALC C2V	Xg- 1/350	Verano
CALC C3V	Zg+ 1/400	Verano
CALC C4V	Xg- 1/400	Verano

5.- CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS.

En el anejo 2 del tomo IV se calculan las zapatas consideras como semiprofundas (teoría del bloque rígido).

DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

El terreno existente presenta una primera capa de rellenos antrópico de material seleccionado compactado en capas de 30 cm desde la cota 0 hasta una profundidad de 2,5 m en el extremo oeste y 3,20 m en el extremo este.

Este se realizó hace unos años por la propiedad.

Se realizaron 3 catas (aproximadamente en pilar C1, B15 y A25. El relleno está muy uniformemente compactado (se observan las capas de 30 cm de suelo seleccionado uniformemente repartidas). Se mantiene la verticalidad de la excavación.

Debajo del relleno empieza una capa de conglomerado homogéneo bien cementado y sin fisuras. La cota superior del estrato empieza a 2,5 m en el oeste y 3,20 m en el este.

Para este estudio preliminar de la cimentación adoptaremos los siguientes parámetros geotécnicos, necesarios para calcular la cimentación:

Terreno fondo (Tabla D25 CTE. Rocas sedimentarias sanas, conglomerados cementados):

Presión admisible: 1-4 Mpa. Adoptaremos de forma conservadora 1,5 Mpa = 15 kp/cm²

Terreno lateral (relleno suelo seleccionado)(Tabla D25 CTE Gravas y mezclas de gravas y arena, medianamente densa a densa):

Presión admisible: 0,2-0,6 Mpa. Adoptaremos de forma conservadora: 0,1 Mpa = 1 kp/cm² (a 1 m de profundidad)

MÓDULO DE ELASTICIDAD

La solución del problema es sensible a la relación entre módulos de balasto vertical y horizontal ($\eta=K_V/K_H$). Debemos contemplar valores mínimos y máximos de este parámetro.

Los coeficientes de balasto dependen del módulo de elasticidad.

En la capa del conglomerado cementado adoptaremos valores de E entre 100 y 2.000 MN/m² (Tabla D23 CTE).

En la capa de relleno de suelo seleccionado, el valor de E depende de la profundidad. Adoptaremos los siguientes valores (tabla 2.1.1 Geotecnia y cimientos III primera parte):

$$E_{min} = 2H \quad (\text{En kp/cm}^2, H \text{ en cm})$$

$$E_{max} = 5H$$

A la altura de 1 m tendremos:

$$E_0 = 200-500 \text{ kp/cm}^2 \text{ (valores mínimo-máximo). Se corresponde con un suelo medio de la tabla D23 del CTE}$$

COEFICIENTE DE BALASTO VERTICAL

Fórmula de VOGT (Geotecnia y Cimientos III cap2):

$$K_v = 1,33 \frac{E}{\sqrt[3]{LB^2}}$$

(L: longitud zapata; B: ancho zapata. L>=B)

Para el conglomerado cementado tendremos un valor mínimo de:

$$K_v = 1,33 \frac{1.000 \text{ kp/cm}^2}{\sqrt[3]{LB^2}}$$

Y un valor máximo de:

$$K_v = 1,33 \frac{20.000 \text{ kp/cm}^2}{\sqrt[3]{LB^2}}$$

Para el relleno de suelo seleccionado, tendremos a la profundidad de 1 m:

$$K_v = 1,33 \frac{200 \text{ kp/cm}^2}{\sqrt[3]{LB^2}} \text{ (valor mínimo)}$$

$$K_v = 1,33 \frac{500 \text{ kp/cm}^2}{\sqrt[3]{LB^2}} \text{ (valor máximo)}$$

COEFICIENTE DE BALASTO HORIZONTAL

Fórmula de TERZAGUI-BROMS (Geotecnia y Cimientos III cap2):

$$K_h = 0,75 \frac{E}{B}$$

(B ancho zapata)

Para el conglomerado cementado tendremos un valor mínimo de:

$$K_h = 0,75 \frac{1.000 \text{ kp/cm}^2}{B}$$

Y un valor máximo de:

$$K_h = 0,75 \frac{20.000 \text{ kp/cm}^2}{B}$$

Para el relleno de suelo seleccionado, tendremos a la profundidad de 1 m:

$$K_h = 0,75 \frac{200 \text{ kp/cm}^2}{B} \text{ (valor mínimo)}$$

$$K_h = 0,75 \frac{500 \text{ kp/cm}^2}{B} \text{ (valor máximo)}$$

COEFICIENTE η $= \frac{K_V}{K_H}$

Realmente lo que nos interesa conocer es la relación entre módulos de balasto, y analizar valores mínimo y máximo de este parámetro. Por tanto :

$$\eta_{max} = \frac{K_{Vmax}}{K_{Hmin}}$$

$$\eta_{min} = \frac{K_{Vmin}}{K_{Hmax}}$$

Para cada zapata se realizan dos cálculos, uno con el valor de η máximo y otro con el valor de η mínimo.

ESTUDIO GEOTÉCNICO

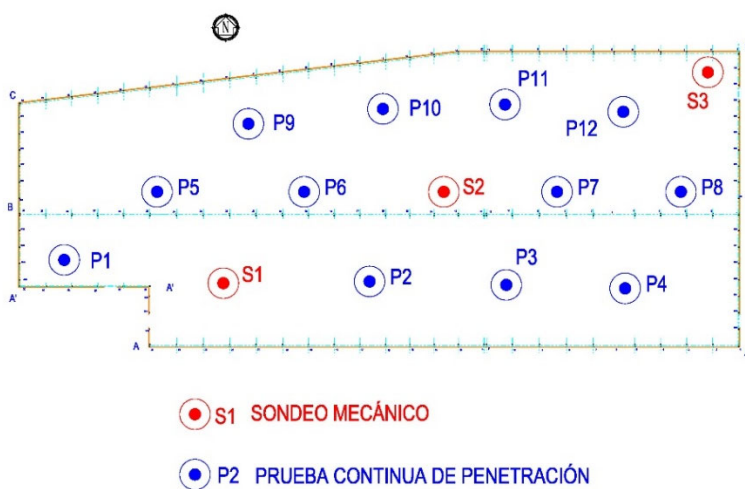
Antes de empezar las obras se realizará un estudio geotécnico para verificar estos parámetros y si hiciera falta, modificar la geometría de las zapatas.

El estudio geotécnico contemplará al menos: (consideramos tipo de construcción C-1 y grupo de terreno T-2).

- 3 sondeos mecánicos.
- 12 pruebas continuas de penetración

con una profundidad de 18 m.

Se adjunta plano de ubicación de los ensayos:



Una vez iniciada la obra se empezará excavando las zapatas de los pilares A1, B1, C1, A13,B13,C13,A'30, b30 y C30 para que nos sirvan para verificar el estudio geotécnico.

A la vista del terreno de las excavaciones, si hiciese falta, se recalcularían los parámetros geotécnicos y se adaptarían las dimensiones de las zapatas.

6.- DESCRIPCIÓN DETALLADA DE PLANOS. PLANIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS.

La realización de todos los planos de taller y montaje viene motivada por intentar disminuir al máximo los plazos de ejecución de la obra.

Esto lo podemos hacer porque la propiedad nos ha indicado que taller de estructura metálica va a fabricar la estructura (también la montará) y que empresa va a ser la encargada del transporte desde el taller (está a unos 5 km) hasta la obra, así las grúas necesarias para el izado y montaje de la estructura. Las dos empresas tienen experiencia y solvencia en este tipo de estructuras.

Antes de realizar los planos de la estructura:

1.- Se han estudiado los medios que tiene el taller (puentes grúa, sierras, sopletes semiautomáticos, equipos de soldadura, cabinas de granallado y de pintura, etc) para que las piezas que se diseñen puedan manipularlas en taller (peso de los elementos). También se ha tenido en cuenta la máxima longitud y anchura que se les puede dar a las piezas para que puedan ser transportadas desde el taller hasta la obra.

2.- Se ha planificado el montaje de forma que podamos saber como y donde se van a colocar las grúas y medios de elevación, para así saber dónde colocar en obra los dinteles (miden 62 y 50 m una vez empalmados en obra). Conociendo lo anterior se ha comenzado a elaborar los planos en orden inverso: primero: planos de acabados y de montaje; segundo: planos de los elementos que salen del taller y tercero, el despiece de todos los subelementos.

3.- Una vez definidos todos los planos, se comienza en taller por el despiece, seguido de los elementos que salen de taller.

4.- Para disminuir el plazo lo máximo posible, se decide que en taller se comience a fabricar los dinteles de la nave BC, después todos los pilares (empezando por los B y C, y por último los dinteles de la nave AB. Esto lo hacemos para llevar cuanto antes a obra dinteles y empezar a empalmar cuanto antes (habrá un equipo de soldadura empalmando dinteles independiente del equipo de montaje).

5.- El orden de ejecución de los trabajos se plantea de la siguiente manera:

A) En obra:

realizar la excavación de las zapatas de los pilares B y C y los hastiales de la nave BC. Colocar los anclajes

En taller:

Fabricar los anclajes.

fabricar los dinteles BC (se pueden llevar a obra, pero no empalmar)

Fabricar los pilares B y C y los hastiales de la nave BC.

B) En obra:

Montar los pilares B y C

Hormigonar las zapatas B y C. (hasta que no se hormigonan, no podemos empezar a empalmar dinteles)

Empezar a empalmar los dinteles BC



En taller:

Fabricar las correas de la nave BC

Fabricar los dinteles AB (se pueden llevar a obra, pero no empalmar)

Fabricar los pilares A y los pilares hastiales de la nave AB.

C) En obra:

Realizar la excavación de las zapatas de los pilares A

Montar los dinteles BC

En taller:

Fabricar las correas de la nave BC.

D) En obra:

Montar los pilares A

Montar las correas de la nave BC.

Construir la pared de la nave BC.

Empalmar los dinteles de la nave AB

En taller:

Fabricar estructura secundaria edificios interiores. (están en la nave BC)

E) En obra:

Montar los dinteles AB.

Montar cerramiento de cubierta nave BC.(equipos independientes del de la estructura)

Montar las correas de la nave AB.

Montar el cerramiento de cubierta de la nave AB

Montar la estructura secundaria edificios interiores.

Montar panel de fachada nave BC.

Construir pared nave AB.

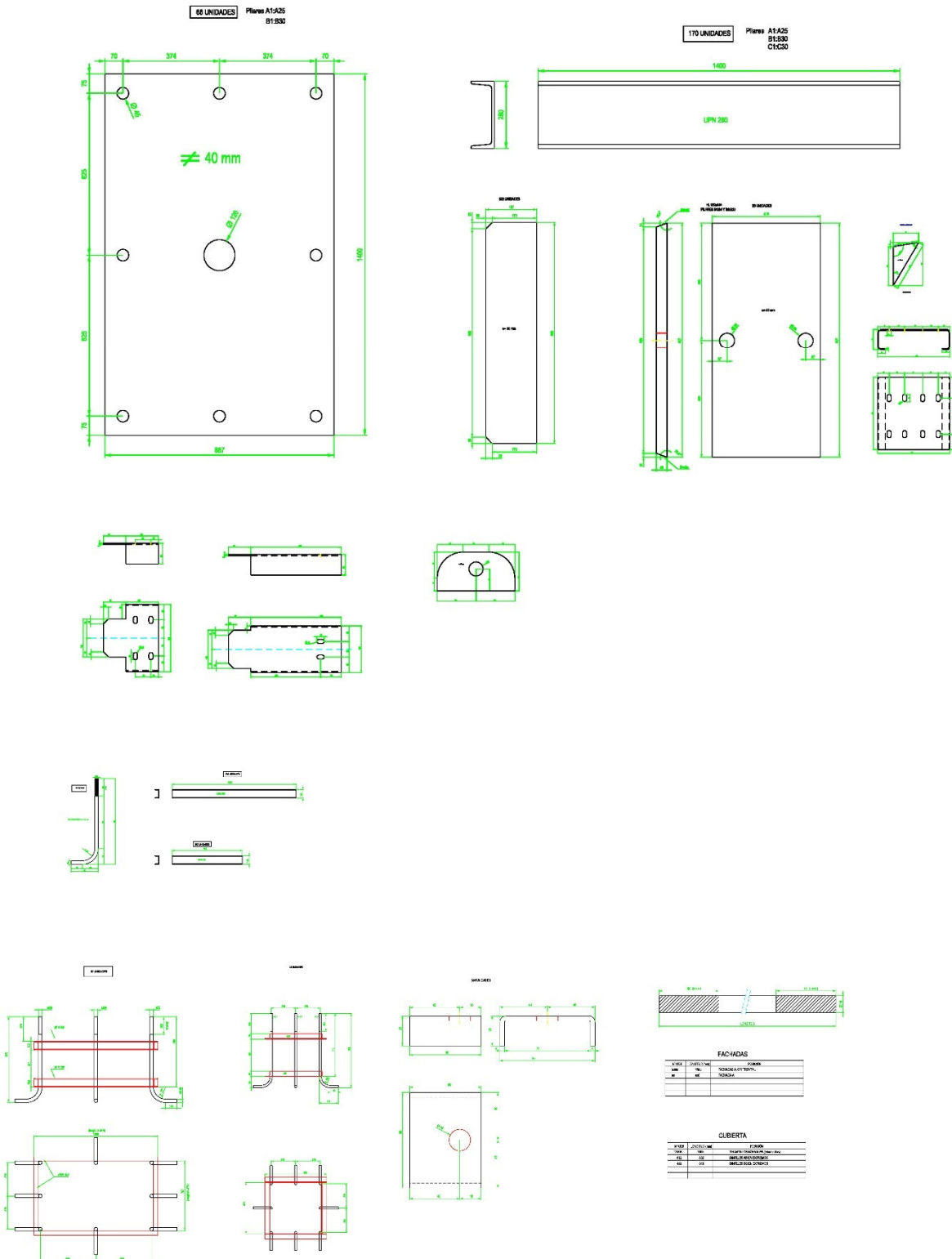
Montar panel de fachada nave AB

El suelo donde se tiene que construir la estructura está actualmente en uso (almacén de palets de cerámica en suelo). El suelo se dejaría libre el día que se pida el material especial a Luxemburgo (HL). Se considerará día 1 de la obra , el día que esté despejado el solar y pueda comenzar los trabajos de obra civil (adecuación explanada y cimentación).

Teniendo en cuenta que las vigas de la estructura principal (HL) no se fabrican en España (se fabrican en Luxemburgo) y el plazo de entrega estimado es de 6 semanas, al tener todos los planos de taller, se empezará a fabricar todo el material de despiece que no sean las vigas HL: anclajes, placas base, rigidizadores, tubos de arriostamiento, celosías de correas, pilares hastiales etc podemos acoplar bien los tiempos.

Para que nos hagamos una idea del conjunto de planos y el nivel de definición (todos los planos constituyen el tomo III) se adjuntan una pequeña cantidad de planos de despiece, piezas taller y montaje:

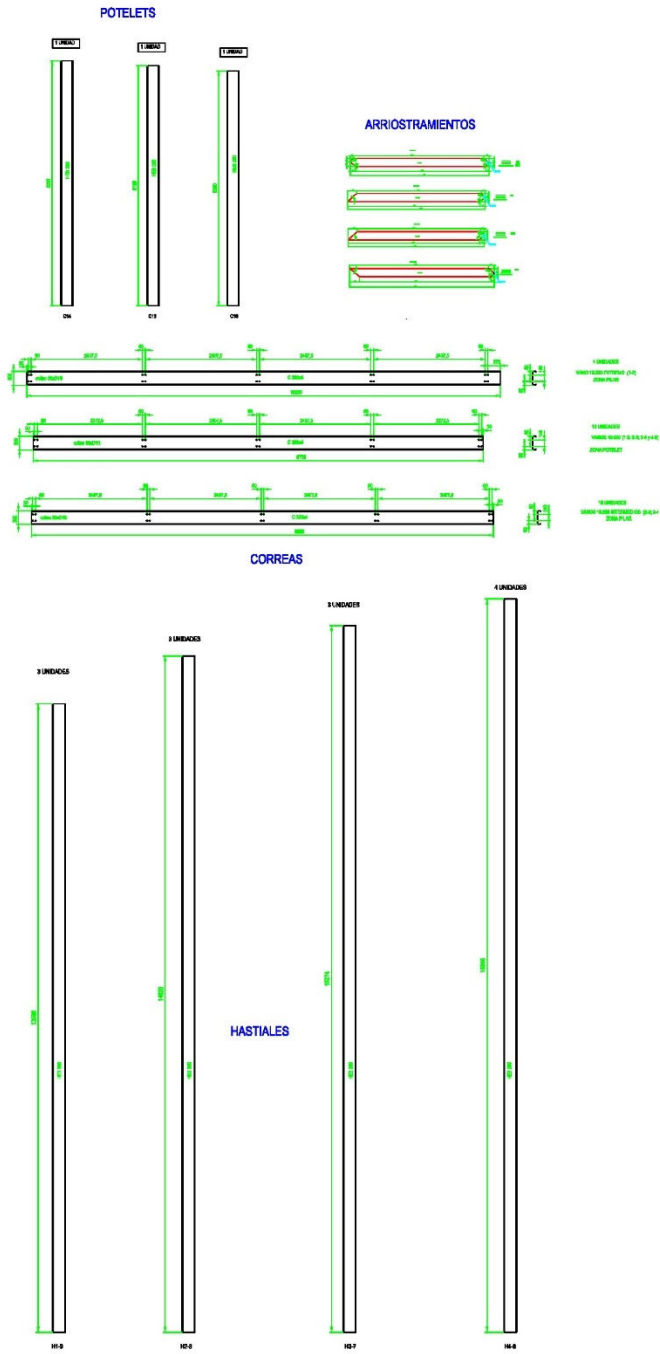
DESPIECE PEQUEÑO MATERIAL (procedencia nacional)



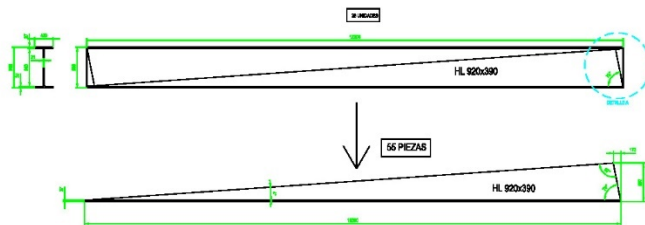
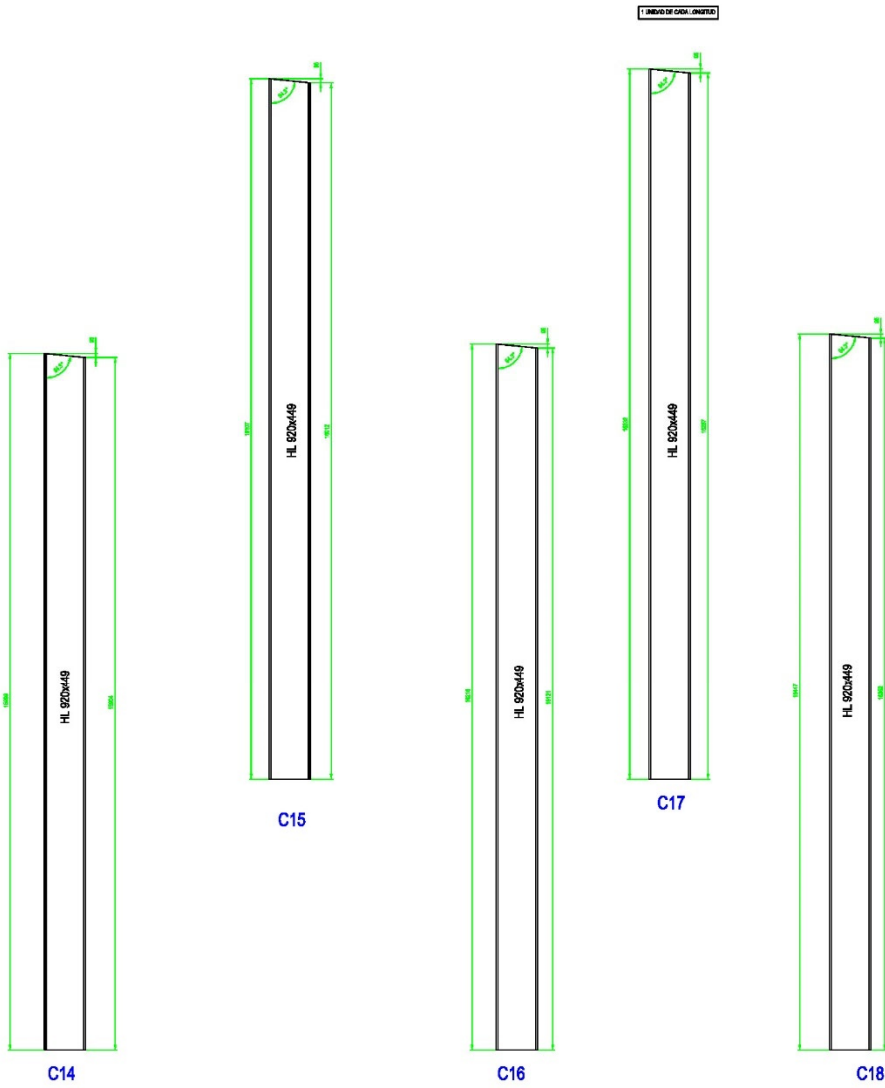
FACIADAS			
TIPO	PROFIL	CANTIDAD	UNIDAD
1	A1A25	1	UNIDAD
2	B1B30	1	UNIDAD
3	C1C30	1	UNIDAD

CUBIERTA			
TIPO	PROFIL	CANTIDAD	UNIDAD
1	A1A25	1	UNIDAD
2	B1B30	1	UNIDAD
3	C1C30	1	UNIDAD

DESPIECE ELEMENTOS VIGA (procedencia nacional)



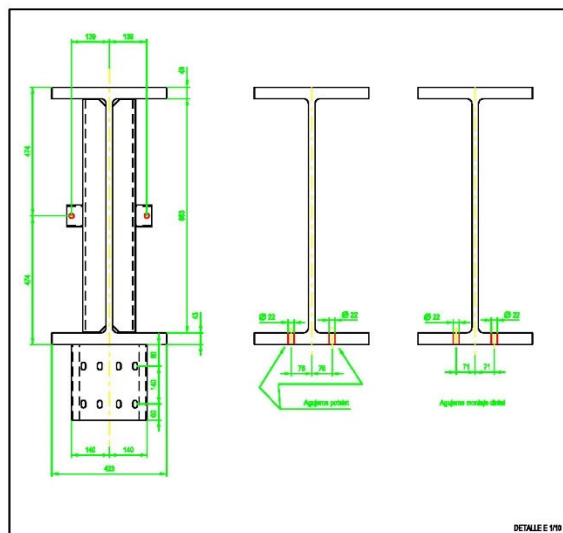
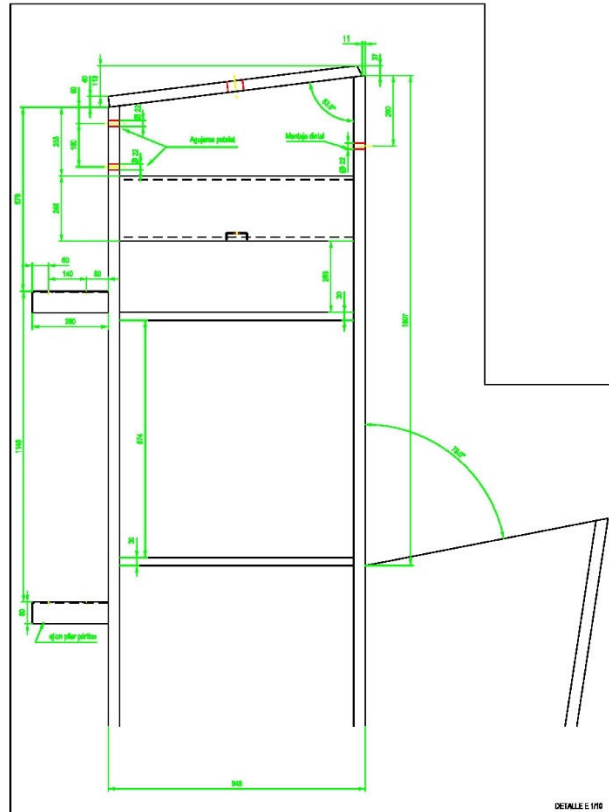
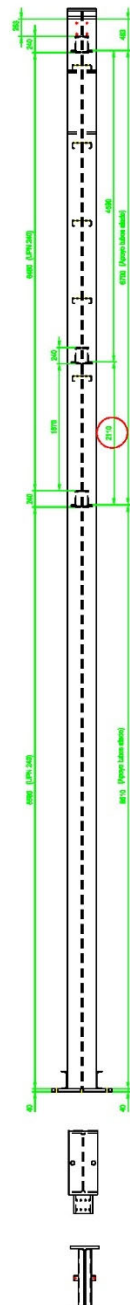
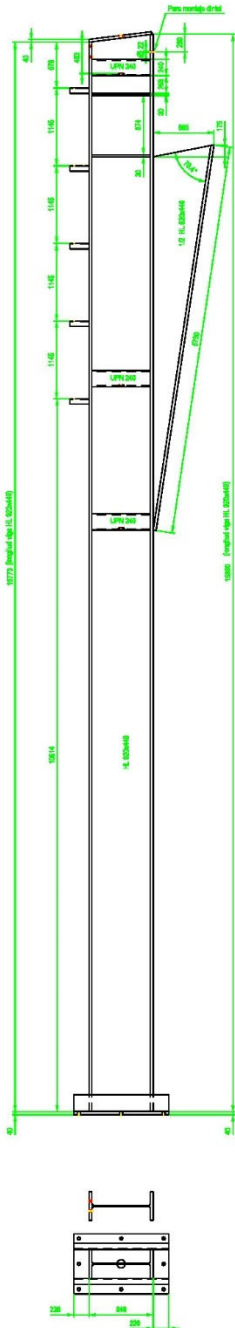
DESPIECE VIGAS PÓRTICOS (procedencia Luxemburgo)



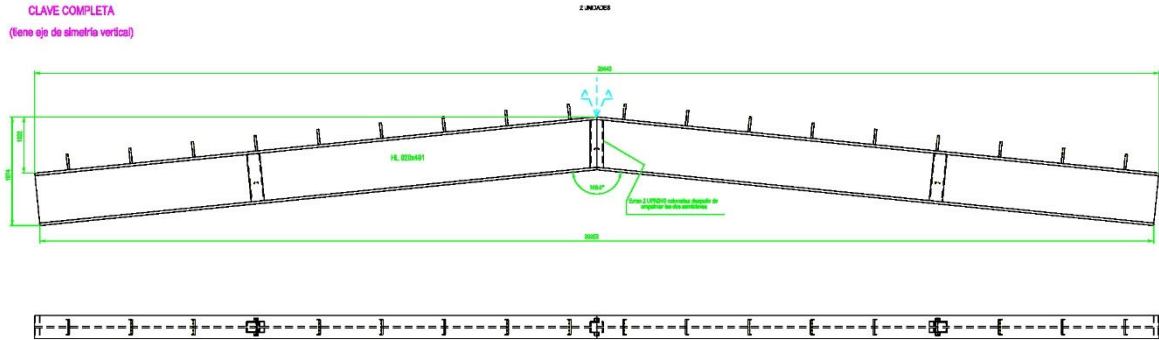
ENSAMBLAJE EN TALLER

PILARES PORTICO

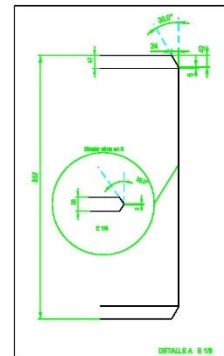
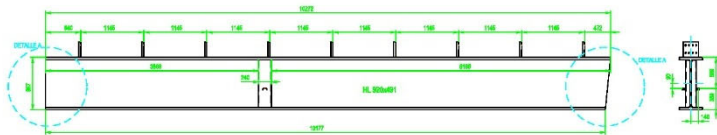
EJES UNIDORES



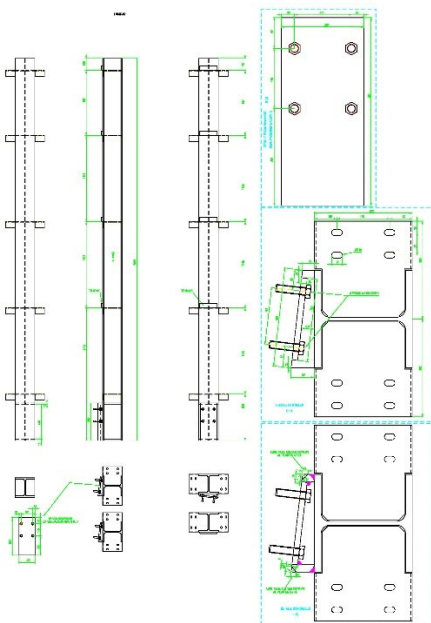
PLANOS DINTELES



DETALLE SEMICLAVES

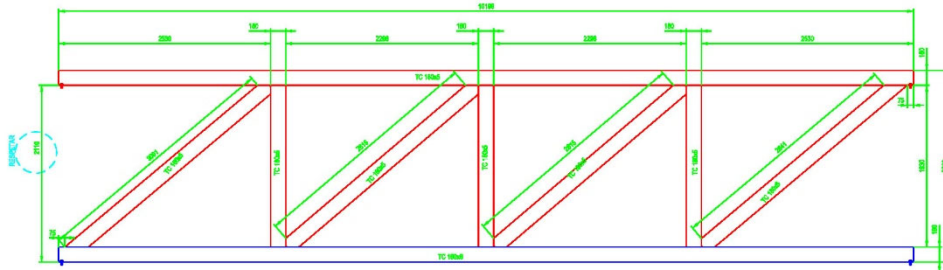


PLANOS POTELETS



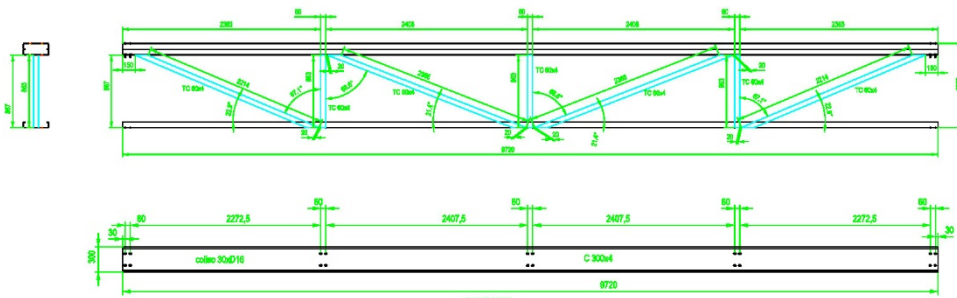
PLANOS CELOSIAS

CELOSIAS DE ARRIOSTRAMIENTOS

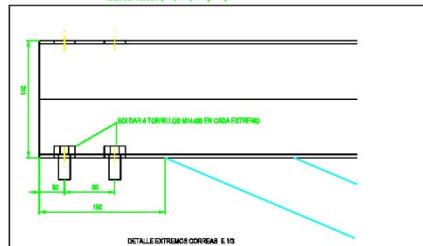


4 UNIDADES

CELOSIAS DE CORREAS

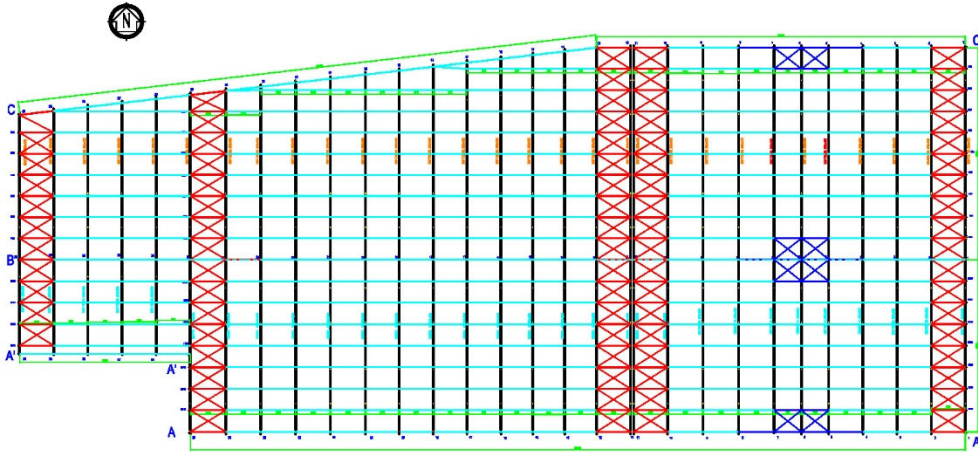


12 UNIDADES
VANOS 10.000 (1-2-3-3-4 y 4-5)

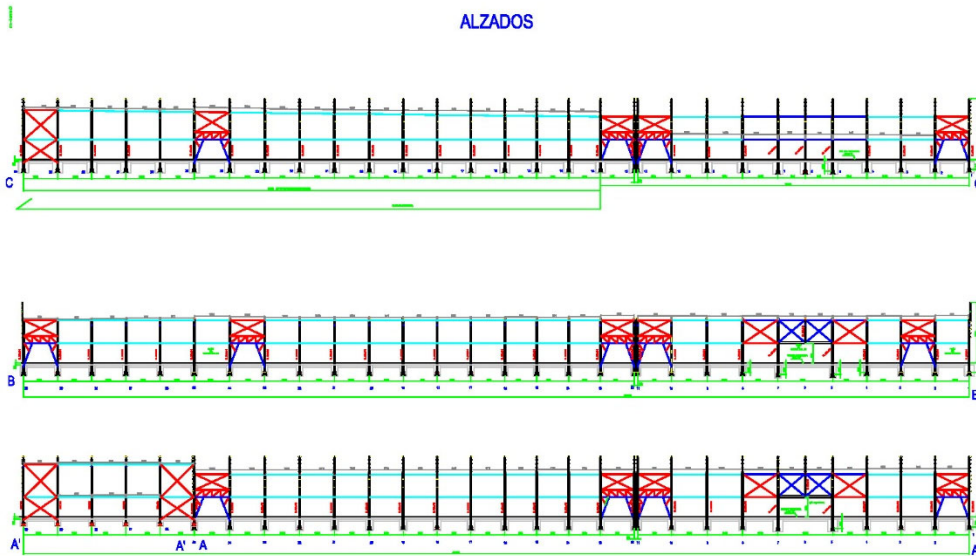


PLANOS DE MONTAJE

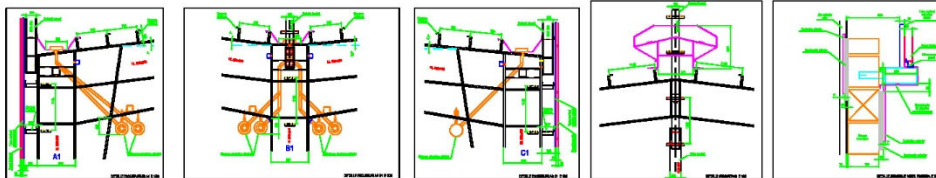
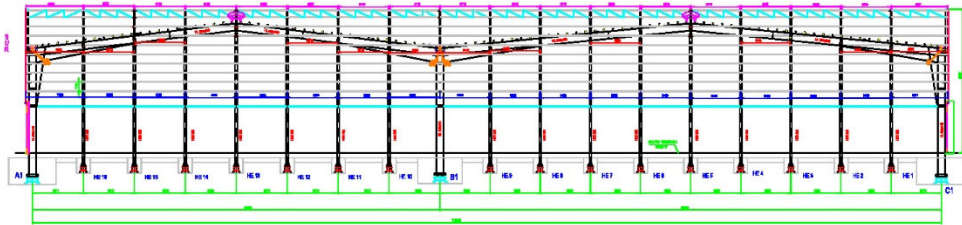
PLANTA CUBIERTA



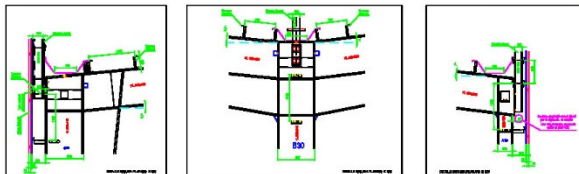
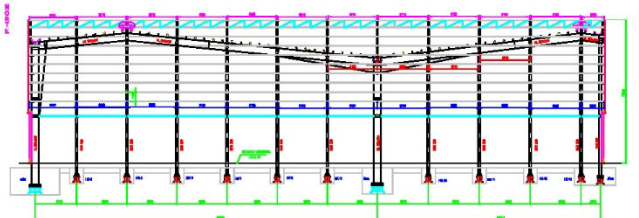
ALZADOS

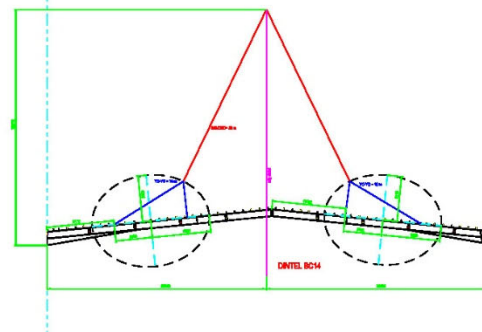
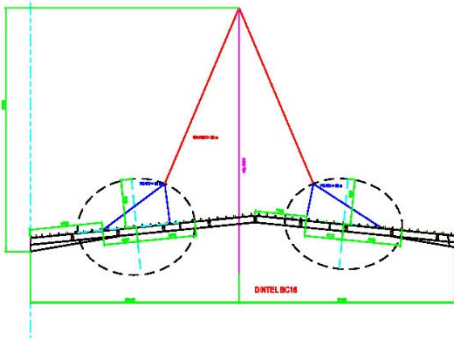
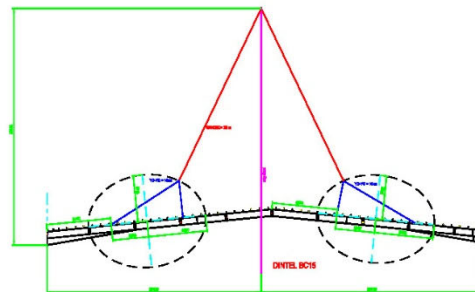
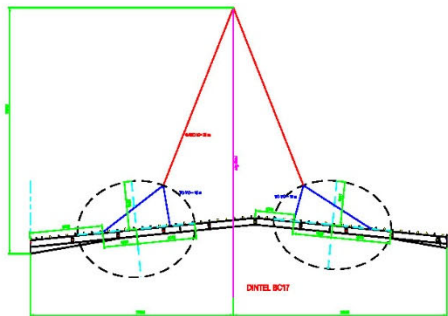
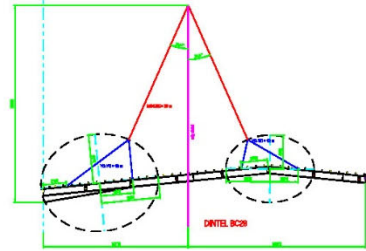
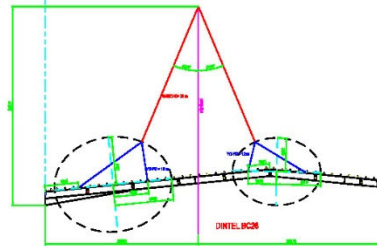
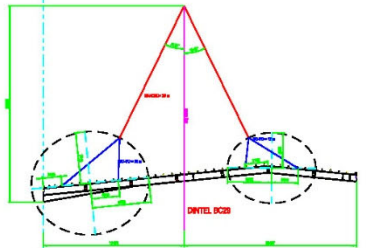
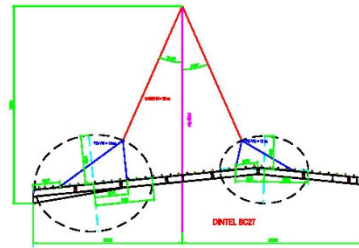
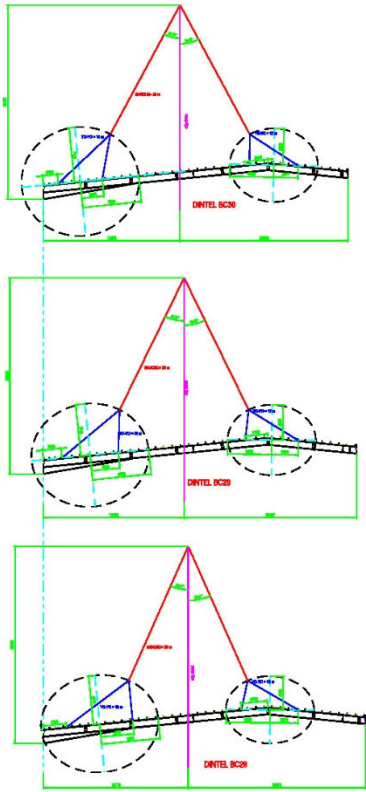


FACHADA ESTE



FACHADA OESTE





7.- NORMATIVA Y BIBLIOGRAFIA.

Para la comprobación de la estructura se ha empleado la siguiente normativa:

- 1.- Código Técnico de la Edificación (para la determinación de las acciones, no sismo). CTE DB SE AE
- 2.- Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación. NCSE-02 (acción sismo)
- 3.- Código Estructural (para la comprobación de resistencia de secciones y barras. Análisis acero en situación de incendio)
- 4.- RD 2267: Reglamento seguridad contra incendios en establecimientos industriales. (determinación del tiempo necesario de resistencia al fuego de la estructura)
- 5.- Comprobaciones geotécnicas: CTE DB C

El desarrollo teórico de los anejos del tomo IV y apéndices del tomo II (cálculo estructura) no hubiese sido posible sin la siguiente bibliografía :

- 1.- Para el desarrollo del anejo 3 del tomo IV: “Resolución analítica de la viga elástica”
ANÁLISIS DE VIGAS, ARCOS, PLACAS Y LAMINAS. UNA PRESENTACIÓN UNIFICADA
D. Salvador Monleón Cremades. UPV
- 2.- Para el desarrollo del anejo 2 del tomo IV: “ Cálculo geotécnico de zapatas semiprofundas”
GEOTECNIA Y CIMIENTOS III. PRIMERA PARTE
D. J.A. Jiménez Salas / D. Manuel Llorens Alcon y otros
- 3.- Para el desarrollo del apéndice 1 del tomo II : “Cálculo matricial. Pandeo traslacional de pórticos en su plano”.
CÁLCULO MATRICIAL DE ESTRUCTURAS EN 1º Y 2º ORDEN. TEORIA Y PROBLEMAS
D. Ramón Argüelles Alvarez/ D. Ramón Argüelles Bustillo/ D. Francisco Arriaga Martitegui
D. Jose Maria Argüelles Bustillo/ D. Miguel Esteban Herrero

8.- CONCLUSIONES Y AGRADECIMIENTOS.

Al principio de la memoria hemos indicado los siguientes objetivos para este Trabajo de Fin de Grado:

- 1.- Aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera
- 2.- Desarrollar aspectos/conceptos no habituales.
- 3.- Funcionalidad de la estructura.
- 4.- Estética de la estructura.
- 5.- Minimizar coste y plazo de la estructura

El primero de ellos se desarrolla fundamentalmente en el tomo II, cálculo de la estructura.

El segundo, se plasma sobre todo, en los anejos 2 “Cálculo geotécnico de zapatas semiprofundas”, el anejo 3 “Resolución analítica de vigas apoyadas sobre el terreno”.

Los objetivos 3,4 y 5 se están implícitos en los planos (tomo III). Para ellos, ha sido fundamental la comunicación con el promotor para que nos transmitiera sus necesidades presentes y futuras. Y como no, la integración de experiencia, ideas, medios y posibilidades de las empresas de obra civil, taller de estructura metálica y de medios de montaje.

Por último, agradecer a todos mis profesores la paciencia y buen hacer en estos años.

Y un agradecimiento especial a mi tutor, D. Julián Alcalá González y cotutor D. Ferrán Navarro Ferrer, por los sabios consejos y dedicación.

TOMO II

CÁLCULO

ESTRUCTURA

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "			
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González		
	<u>TITULO PLANO:</u>	TOMO II	FORMATO: A4	<u>PLANO N°:</u>
		CÁLCULO ESTRUCTURA	ESCALA: <input type="text"/>	CE-1

TOMO II

INDICE

1.- CONSIDERACIONES INICIALES	CE-4
2.- MEMORIA DE CÁLCULO.	CE-12
3.- PLANOS PARA SEGUIMIENTO LISTADOS	CE-33
Planta cota 0 (ejes generales; coordenadas Xg, Zg)	
Pórtico genérico (ejes generales; coordenadas Yg)	
Pórtico 9 (numeración barras y nudos)	
4.- LISTADO GEOMETRIA Y CARGAS DE PÓRTICO 9.	CE-38
Barras	
Nudos	
Cargas	
5.- LEYES DE ESFUERZOS COMBINACIONES PÉSIMAS (Pórtico 9)	CE-50
Combinación N°56 C2I (Flector máximo en pilares)	
Combinación N°61 C2I (Axil máximo en pilares y dinteles)	
Combinación N°70 C2I (Flector máximo en dinteles)	
Combinación N°26 C1V (Flector máximo en arranque pilares)	
6.- RESISTENCIA DE LAS SECCIONES Y COMPROBACIÓN PANDEO. (Pórtico 9).....	CE-56
6.1. Listado programa (CALC C2I)	CE-57
6.2. Comprobación directa	CE-159
7.- ESTADO LÍMITE DE SERVICIO. DEFORMACIONES. (Pórtico 9)	CE-231

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

TOMO II

FORMATO : A4

PLANO N° :

CÁLCULO ESTRUCTURA

ESCALA:

CE-2

TOMO II

CÁLCULO ESTRUCTURA

APÉNDICES

- APÉNDICE 1 Cálculo matricial. Pandeo traslacional de pórticos en su plano.
- APÉNDICE 2 Cálculo secciones plásticas (clases 1 y 2) y elásticas (clases 1,2 y 3)
- APÉNDICE 3 Acciones.
- APÉNDICE 4 Obtención de esfuerzos. Cálculos independientes realizados.
- APÉNDICE 5 Coeficientes de seguridad.
- APÉNDICE 6 Pandeo intraslacional de pilares. Método de Wood.
- APÉNDICE 7 Cálculo características mecánicas secciones doble T
- APÉNDICE 8 Determinación clase de sección.
- APÉNDICE 9 Amplificación de los momentos primarios por el α_{11} . Coeficiente de momento uniforme.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> TOMO II CÁLCULO ESTRUCTURA	FORMATO: A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N°:</u> CE-3

TOMO II

CÁLCULO ESTRUCTURA

1.- CONSIDERACIONES INICIALES.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> TOMO II	FORMATO: A4	<u>PLANO Nº:</u>
	CÁLCULO ESTRUCTURA	ESCALA: <input type="text"/>	CE-4



DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura a calcular está formada por dos cuerpos de nave de longitud 277 m y luces 50 m (pilares AB) y 62 m (pilares BC).

La nave de 62m de luz (BC) tiene un chaflán muy alargado para acoplarse al límite de la parcela.

La nave de 50 m de luz (AB), en su extremo oeste, tiene un retranqueo para acoplarse a otras edificaciones existentes.

La sección transversal son pórticos metálicos (perfiles laminados en caliente) empotrados con pendientes alrededor del 6%. La pendiente de las dos nave no son iguales porque el criterio ha sido mantener la misma altura de cumbrera.

La separación "tipo" de los pórticos es de 10 m, aunque por condicionantes de tener que alinearse con otras naves existentes en una futura ampliación, esta separación no es constante en todos los pórticos. Las separaciones que se dan son:

8,00 m ; 9,34 m ; 9,40 m ; 9,92 m; 10,00 m; 10,22 m y 10,40 m

El tener tantas separaciones complica enormemente (en tiempo empleado) el cálculo estructural (definición geometría y cargas), y sobre todo, los planos de taller.

Se podía haber unificado más las separaciones entre pórticos, pero se ha realizado así para que la sensación visual de la estructura sea la de una nave con separación uniforme de pórticos. (criterio estético).

Además, el pórtico Nº6 es especial en el sentido de que los pilares son colgados para poder dejar paso a la circulación de los vehículos guiados por láser (LGV) que circularán cuando se ponga en marcha la producción. Es por lo que este pórtico (6) y el anterior (5) y posterior (7) resultan especiales estructuralmente hablando.

Los perfiles laminados empleados son:

- Pilares:
 - Pórtico:
 - Extremos (A y C): HL 920x449 (tipo) y HL 920x588 (A5,A7,C5,C6 y C7).
 - Centrales (B): HL 920x344
 - Extremos A' (retranqueo): HEB 360.
 - Hastiales: HEB 280.
- Dinteles:
 - Nave 50 m (AB): HL 920x390
 - Nave 62 m (BC): HL 920x420 (tipo) y HL 920x491 (5 Y 7).



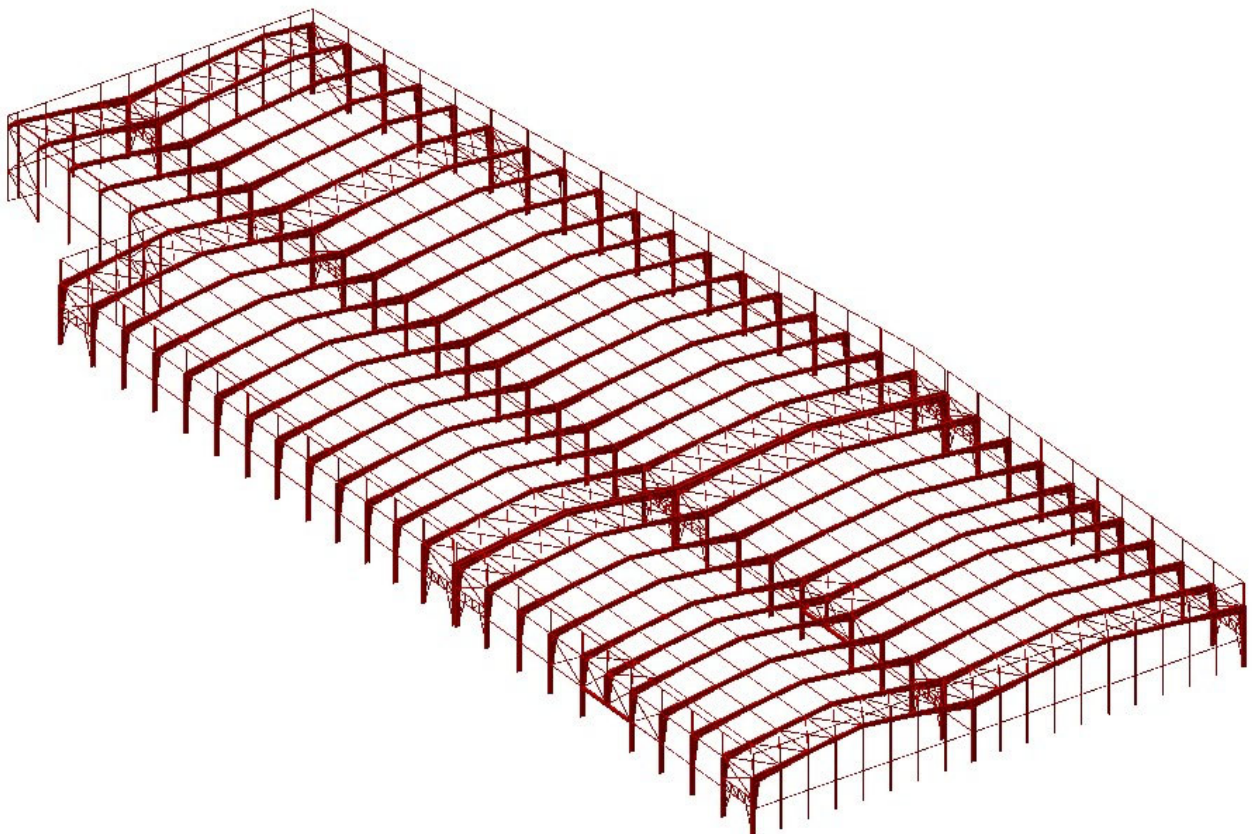
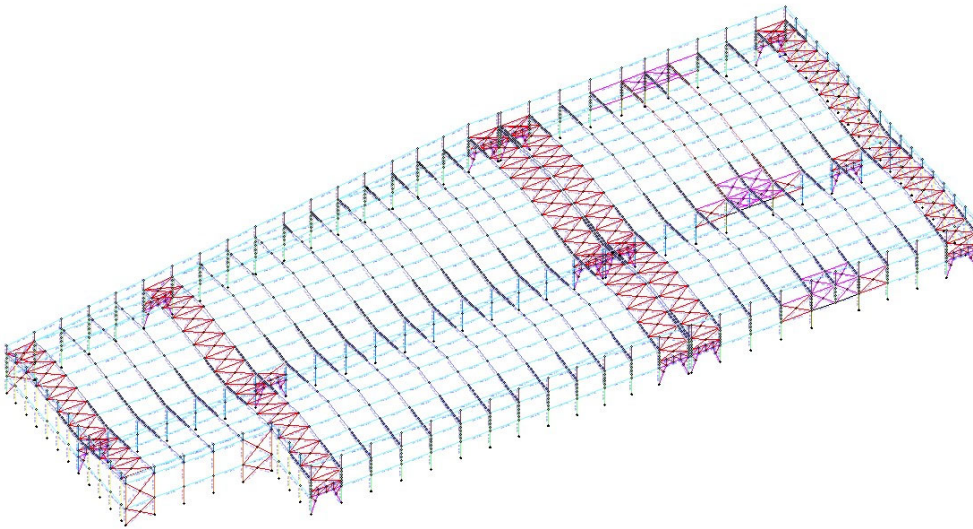
PROGRAMA DE CÁLCULO UTILIZADO

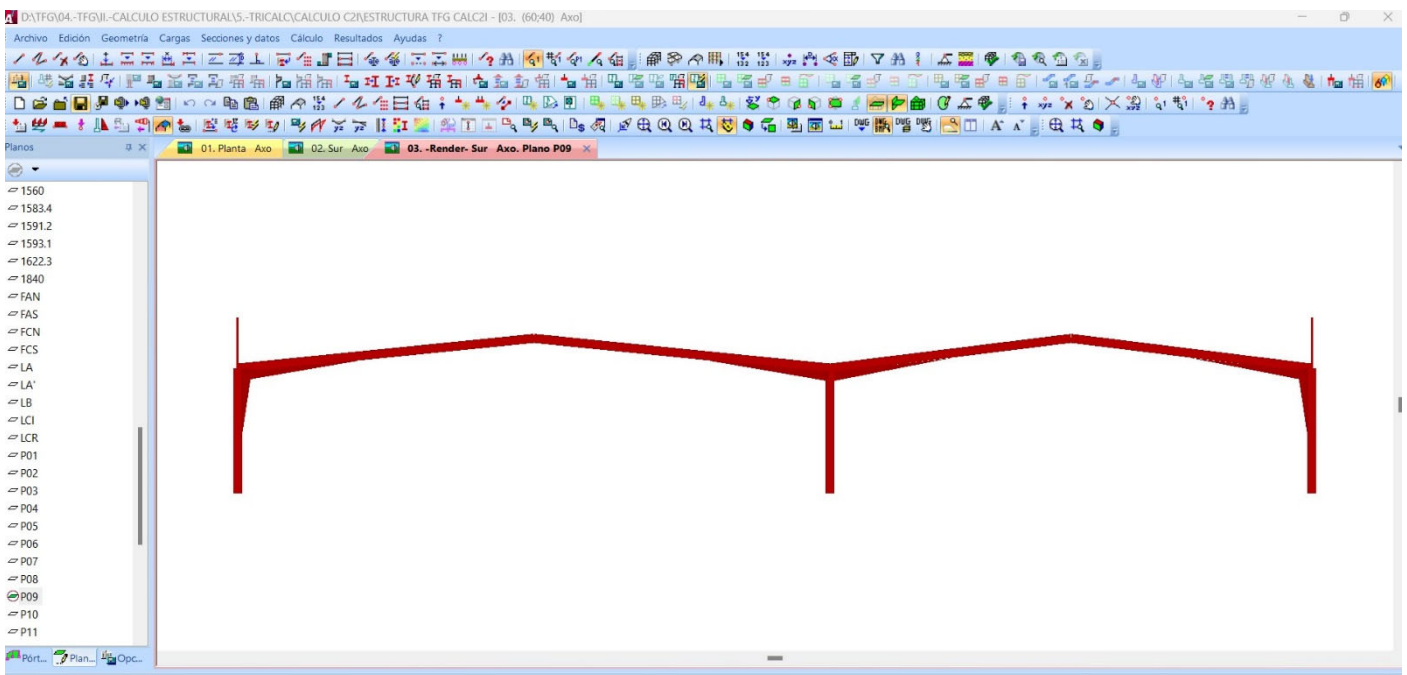
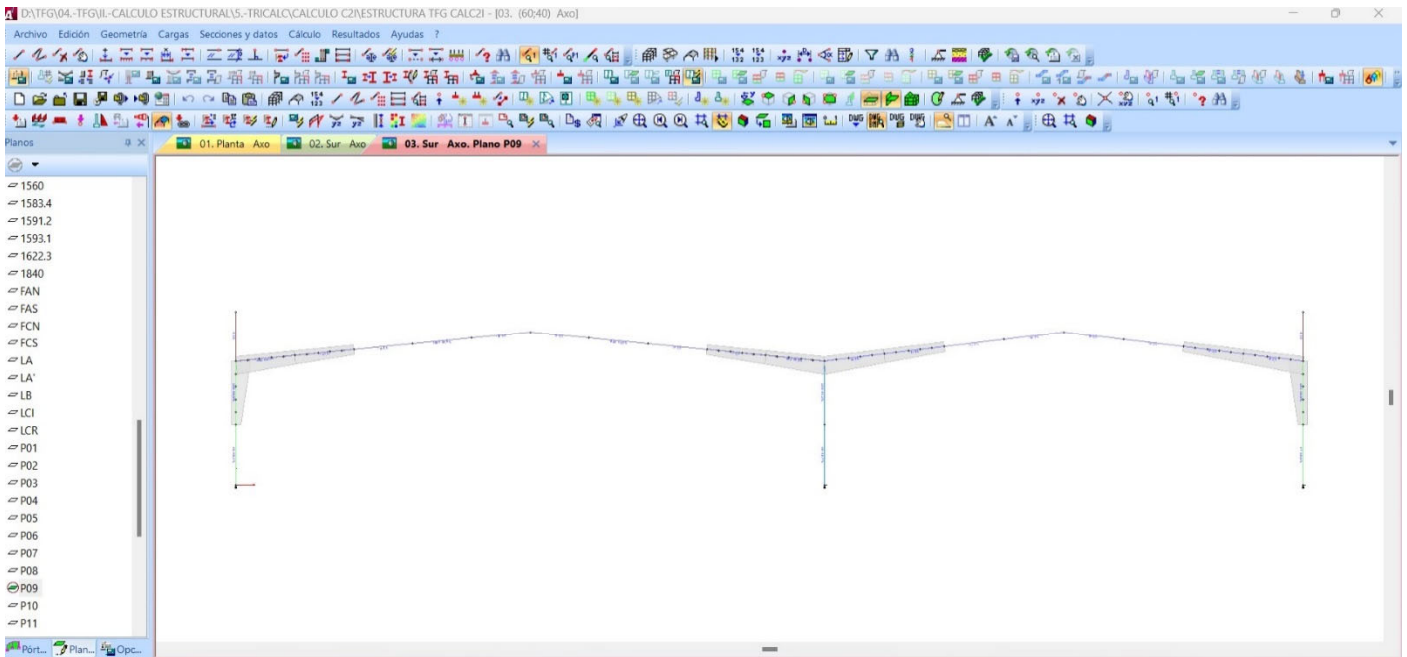
Para el cálculo de la estructura se ha empleado el programa comercial TRICALC, de la casa Arktec.

La versión utilizada es la 12.0.

En la memoria de cálculo se describe el funcionamiento del programa.

La estructura calculada se ha definido geoméricamente mediante 2.163 nudos y 3.621 barras :





Debido al gran número de nudos y barras no se realizarán listados generales . Únicamente se hará el listado del pórtico más desfavorable (el pórtico 9).



ORGANIZACIÓN DEL TOMO II CÁLCULO ESTRUCTURA.

El orden natural para la comprensión del tomo II, cálculo de la estructura ,sería el siguiente:

- En el apartado 2, memoria de cálculo, se describe de una forma general el programa de cálculo utilizado.
- En el apartado 3, planos, se contempla los planos mínimos necesarios para poder realizar un seguimiento a los listados de geometría, cargas y la resistencia de secciones. Se indican los ejes generales utilizados.
- En el apéndice 3, acciones, se realiza el análisis de las acciones a considerar según la normativa correspondiente, así como los valores adoptados en el cálculo.
- En el apéndice 1 se analiza el pandeo traslacional del pórtico en su plano (métodos matriciales), obteniendo el coeficiente crítico de pandeo global . Este coeficiente es necesario para determinar la necesidad de realizar un cálculo en 2º orden o si podemos realizar un cálculo en primer orden amplificando los momentos por un factor de mayoración (función del coeficiente crítico de pandeo). Además, se obtienen los coeficientes β de pandeo de los dinteles (pandeo traslacional) en su plano.
- En el apéndice 4, obtención de esfuerzos, se justifica los diferentes cálculos independientes realizados (no se pueden calcular de forma simultánea en un único cálculo). Se define también las imperfecciones iniciales globales (desplome) consideradas. Se indica la forma de proceder frente a las comprobaciones a pandeo: al no considerar las imperfecciones iniciales locales en arco, se realiza un cálculo en 2º orden (más desplome) con comprobación a pandeo (apartado 6.3. del Código Estructural). Aquí se listan las combinaciones consideradas en cada cálculo independiente.
- En el apéndice 6 se calculan los coeficientes β de pandeo traslacional para los pilares por el método de Wood.
- Una vez realizados los diferentes cálculos, se comprueba que el pórtico más desfavorable es el Nº9.
- En el apartado 4, se incluye un listado SÓLO del pórtico 9 : Barras, nudos y cargas introducidas.
- En el apartado 5, se han dibujado las leyes de esfuerzos (para el pórtico 9) de las combinaciones más desfavorables (axiles y flectores según eje fuerte máximos).
- En el apartado 6.1 se lista los resultados de esfuerzos y comprobación a nivel sección y pandeo de las barras del pórtico 9 (para el cálculo C21). En el apartado 6.2. se comprueba para el pórtico 9 de forma directa teniendo en cuenta todos los cálculos empleados (leyes de esfuerzos en el apartado 5), tanto a nivel resistencia de secciones como comprobación de barras (pandeo).
- En el apartado 7 se analiza el estado límite de servicio (deformaciones).

NOTA: Las cimentaciones se calculan en los anexos 1 y 2 (empotramiento pilares por prolongación del fuste y calculo de cimentaciones semiprofundas).



MÉTODO DE ANÁLISIS DE LAS SOLICITACIONES (ANÁLISIS GLOBAL) EMPLEADO.

El cálculo de las solicitaciones (análisis global) siempre se puede realizar teniendo en cuenta la influencia de las deformaciones en la geometría (equilibrio en geometría deformada o cálculo en 2º orden).

En pórticos de una sola planta de edificación (como es nuestro caso), el Código Estructural permite considerar los efectos de 2º orden realizando un análisis de primer orden de la estructura (equilibrio en geometría inicial no deformada), amplificando los momentos obtenidos en primer orden por un coeficiente de mayoración:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{1}{\alpha_{crit}}}$$

siempre y cuando α_{crit} (coeficiente crítico de pandeo global) sea mayor que 3.

En nuestro caso se ha obtenido (ver página CE-AP1-23) un valor de $\alpha_{crit} = 22,29$. Es decir, podríamos considerar los efectos de segundo orden amplificando los momentos obtenidos en un análisis de primer orden por el factor:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{1}{22,29}} = 1,047$$

Sin embargo, con tal de obtener unos resultados más precisos, se ha realizado un análisis global en segundo orden.

En el apéndice 1 (pandeo traslacional de pórticos en su plano) se justifica la obtención del coeficiente α_{crit}



IMPERFECCIONES INICIALES

Las imperfecciones iniciales:

- 1.- Global (desplome)
- 2.- Local (imperfecciones en arco)

siempre deben considerarse en el cálculo.

La imperfección global se tiene en cuenta en la fase de cálculo de las solicitaciones (análisis global). En el apéndice 4 (obtención de los esfuerzos, cálculos independientes realizados) en la página CE-AP4-4 se indica el valor de desplome utilizado (para cada dirección de estudio).

Respecto a la imperfección local, siempre se puede considerar en la fase de cálculo de las solicitaciones. En ciertos casos, alternativamente, la imperfección local puede ser tenida en cuenta realizando la comprobación con el método de soporte equivalente (apartado 6.3 del Código Estructural-resistencia a pandeo de los elementos), sin tener que considerar la imperfección local en la fase de cálculo de solicitaciones (análisis global). Estos casos se indican en el apartado 5.3.2. (6) del Código Estructural: Dado un elemento en el que al menos un extremo transmite momentos y su esbeltez adimensional $\bar{\lambda}$ cumple:

$$\bar{\lambda} \leq 0,5 \sqrt{\frac{Af_y}{N_{Ed}}} = \bar{\lambda}_{lim}$$

NOTA: Si la imperfección local (y por supuesto la global) se tiene en cuenta en la fase de cálculo de solicitaciones (análisis global) no es necesario realizar la comprobación a pandeo del elemento (apartado 6.3 del Código Estructural).

Teniendo en cuenta los coeficientes de pandeo de los pilares obtenidos en el apéndice 1 (ver página CE-AP1-40) y los axiles de cálculo en el plano de la página CE-52:

➤ PILAR C (HL 920x449)

A= 571,4 cm²

$$N_{ed} = 81,42 \text{ T} \Rightarrow \bar{\lambda}_{lim} = 0,5 \sqrt{\frac{571,4 \times 2600}{81420}} = 2,13$$

$\beta = 2,438$ (coeficiente de pandeo traslacional en el plano del pórtico)

L=13,11 m (longitud del pilar)

I=874.700 cm⁴ (momento de inercia según eje fuerte)

i=39,12 cm (radio de giro)

$$\lambda_E = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{2100000}{2600}} = 89,81 \text{ (esbeltez de Euler)}$$

$L_{crit} = \beta L = 2,438 \times 1311 \text{ cm} = 3196,22 \text{ cm}$ (longitud crítica de pandeo)

$$\lambda = \frac{L_{crit}}{i} = \frac{3196,22}{39,12} = 81,70 \text{ (esbeltez)}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{81,70}{89,81} = 0,91 \text{ (esbeltez reducida)} \leq \bar{\lambda}_{lim} = 2,13 \Rightarrow \text{Podemos aplicar 6.3 comprobación a pandeo.}$$



➤ PILAR B (HL 920x344)

$$A = 437,2 \text{ cm}^2$$

$$Ned = 123,11 \text{ T} \Rightarrow \overline{\lambda}_{lum} = 0,5 \sqrt{\frac{437,2 \times 2804}{123110}} = 1,578$$

$\beta = 1,739$ (coeficiente de pandeo traslacional en el plano del pórtico)

$L = 13,11 \text{ m}$ (longitud del pilar)

$I = 645.000 \text{ cm}^4$ (momento de inercia según eje fuerte)

$i = 38,41 \text{ cm}$ (radio de giro)

$$\lambda_E = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{2100000}{2804}} = 85,97 \text{ (esbeltez de Euler)}$$

$$L_{crit} = \beta L = 1,739 \times 1311 \text{ cm} = 2.279,83 \text{ cm (longitud crítica de pandeo)}$$

$$\lambda = \frac{L_{crit}}{i} = \frac{2279,83}{38,41} = 59,35 \text{ (esbeltez)}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{59,35}{85,97} = 0,69 \text{ (esbeltez reducida)} \leq \overline{\lambda}_{lum} = 1,578 \Rightarrow \text{Podemos aplicar 6.3 comprobación a pandeo}$$

➤ PILAR A (HL 920x449)

$$A = 571,4 \text{ cm}^2$$

$$Ned = 65,98 \text{ T} \Rightarrow \overline{\lambda}_{lum} = 0,5 \sqrt{\frac{571,4 \times 2600}{6598}} = 7,50$$

$\beta = 2,756$ (coeficiente de pandeo traslacional en el plano del pórtico)

$L = 13,11 \text{ m}$ (longitud del pilar)

$I = 874.700 \text{ cm}^4$ (momento de inercia según eje fuerte)

$i = 39,12 \text{ cm}$ (radio de giro)

$$\lambda_E = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{2100000}{2600}} = 89,81 \text{ (esbeltez de Euler)}$$

$$L_{crit} = \beta L = 2,756 \times 1311 \text{ cm} = 3613,12 \text{ cm (longitud crítica de pandeo)}$$

$$\lambda = \frac{L_{crit}}{i} = \frac{3613,12}{39,12} = 92,36 \text{ (esbeltez)}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{92,36}{89,81} = 1,03 \text{ (esbeltez reducida)} \leq \overline{\lambda}_{lum} = 7,50 \Rightarrow \text{Podemos aplicar 6.3 comprobación a pandeo}$$

TOMO II

CÁLCULO ESTRUCTURA

2.- MEMORIA DE CÁLCULO.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> TOMO II	FORMATO: A4	<u>PLANO Nº:</u>
	CÁLCULO ESTRUCTURA	ESCALA: <input type="text"/>	CE-12



NORMATIVA UTILIZADA

- Acciones: CTE DB SE y CTE DB SE-AE
- Sismo: NCSE-02
- Hormigón Armado y en Masa: Código estructural
- Acero estructural: Código estructural
- Cimentaciones: CTE DB SE-C
- Resistencia al fuego: CTE DB SI, Código estructural, RD 2267 (RPCIEI)

INTRODUCCIÓN

El cálculo de la estructura ha sido realizado mediante el programa TRICALC de Cálculo Espacial de Estructuras Tridimensionales, versión 12.0, de la empresa ARKTEC, S.A., con domicilio en la calle Cronos, 63 – Edificio Cronos, E28037 de Madrid (ESPAÑA).

GEOMETRÍA

Sistemas de coordenadas

Se utilizan tres tipos de sistemas de coordenadas:

- **SISTEMA GENERAL:** Es el sistema de coordenadas utilizado para situar elementos en el espacio. Está constituido por el origen de coordenadas O_g y los ejes X_g , Y_g y Z_g , formando un triedro. Los ejes X_g y Z_g definen el plano horizontal del espacio, y los planos formados por $X_g Y_g$ y $Y_g Z_g$ son los verticales.
- **SISTEMA LOCAL:** Es el sistema de coordenadas propio de cada una de las barras de la estructura y depende de su situación y orientación en el espacio. Cada barra tiene un eje de coordenadas local para cada uno de sus nudos i y j , a los que se denominará $[O_i, X_i, Y_i, Z_i]$ y $[O_j, X_j, Y_j, Z_j]$, respectivamente. Los ejes locales se definen de la siguiente manera:
 - Ejes Locales en el NUDO i :

El origen de coordenadas O_i está situado en el nudo i .

El eje X_i se define como el vector de dirección j_i .

El eje Y_i se selecciona perpendicular a los ejes X_i y Z_g , de forma que el producto vectorial de Z_g con X_i coincida con Y_i .

El eje Z_i se determina por la condición de ortogonalidad que debe cumplir el triedro formado por X_i , Y_i y Z_i .

- Ejes Locales en el NUDO j :

El origen de coordenadas O_j está situado en el nudo j .

El eje X_j se define como el vector de dirección j_j .

El eje Y_j se selecciona perpendicular a los ejes X_j y Z_g , de forma que el producto vectorial de Z_g con X_j coincida con Y_j .

El eje Z_j se determina por la condición de ortogonalidad que debe cumplir el triedro formado por X_j , Y_j y Z_j .

- **SISTEMA PRINCIPAL:** Es el sistema de coordenadas que coincide con el sistema de ejes principales de inercia de la sección transversal de una barra. Se obtiene mediante una rotación de valor un ángulo β , entre los ejes Y local e Y principal de su nudo de menor numeración, medido desde el eje Y local en dirección a Z local.

El sistema de coordenadas general $[O_g, X_g, Y_g, Z_g]$ se utiliza para definir las siguientes magnitudes:

- Coordenadas de los nudos.
- Condiciones de sustentación de los nudos en contacto con la cimentación (apoyos, empotramientos, resortes y asientos).
- Cargas continuas, discontinuas, triangulares y puntuales aplicadas en las barras.
- Fuerzas y momentos en los nudos.
- Desplazamientos en los nudos y reacciones de aquellos en contacto con el terreno, obtenidos después del cálculo.

El sistema de coordenadas principal $[O_p, X_p, Y_p, Z_p]$ se utiliza para definir las siguientes magnitudes:

- Cargas de temperaturas, con gradiente térmico a lo largo del eje Y_p o Z_p de la sección.
- Cargas del tipo momentos flectores y torsores en barras.
- Resultados de sollicitaciones de una barra.
- Gráficas de las sollicitaciones principales.

Definición de la geometría

La estructura se ha definido como una malla tridimensional compuesta por barras y nudos. Se considera barra al elemento que une dos nudos. Las barras son de directriz recta, de sección constante entre sus nudos, y de longitud igual a la distancia entre el origen de los ejes locales de sus nudos extremos.

Las **uniones de las barras** en los nudos pueden ser de diferentes tipos:



- **UNIONES RIGIDAS**, en las que las barras transmiten giros y desplazamientos a los nudos.
- **UNIONES ARTICULADAS**, en las que las barras transmiten desplazamientos a los nudos pero no giros.
- **UNIONES ELASTICAS**, en las que se define un porcentaje a los tres giros, en ejes principales de barra.

Las **condiciones de sustentación** impuestas a los nudos de la estructura en contacto con la cimentación, condiciones de sustentación, permiten limitar el giro y/o desplazamiento en los ejes generales. Según las distintas combinaciones de los seis posibles grados de libertad por nudo, se pueden definir diferentes casos:

- **NUDOS LIBRES**: desplazamientos y giros permitidos en los tres ejes de coordenadas.(-----).
- **NUDOS ARTICULADOS**: sin desplazamientos, con giros permitidos en los tres ejes.(XYZ---).
- **NUDOS EMPOTRADOS**: desplazamientos y giros impedidos. Empotramiento perfecto.(XYZXYZ).
- **APOYOS VERTICALES**: desplazamientos permitidos respecto a los ejes Xg y Zg, y giros permitidos en los tres ejes.(-Y----).
- **APOYOS HORIZONTALES** en X: desplazamientos permitidos respecto a los ejes Yg y Zg, y giros permitidos en los tres ejes.(X----).
- **APOYOS HORIZONTALES** en Z: desplazamientos permitidos respecto a los ejes Xg e Yg, y giros permitidos en los tres ejes(--Z--).
- **RESORTES o APOYOS ELASTICOS**: desplazamientos respecto a los ejes Xg/Yg/Zg definidos por las constantes de rigidez Kdx/Kdy/Kdz, giros respecto a dichos ejes definidos por las constantes de rigidez Kgx/Kgy/Kgz. Es posible definir en un nudo condiciones de sustentación y resortes, en diferentes ejes.

Se han previsto **ASIENTOS** en nudos, teniéndose en cuenta para el cálculo de solicitaciones los esfuerzos producidos por el desplazamiento de dichos nudos.

Los códigos expresados al final de cada tipo de apoyo, se recogen en diferentes listados del programa.

Ejes de cálculo

Se permite considerar como ejes de cálculo o las barras que el usuario defina (las líneas que unen dos nudos) o el eje físico (geométrico) de las secciones de las barras (ver LISTADO DE OPCIONES).

En el primer caso, si se considera necesario, se podrán introducir de forma manual en el cálculo los efectos que puedan producir la diferencia de situación entre los ejes de cálculo y los ejes físicos de las secciones transversales de las barras, mediante la introducción de acciones adicionales, fuerzas y momentos, o mediante la modelización de los nudos como elementos con dimensión.

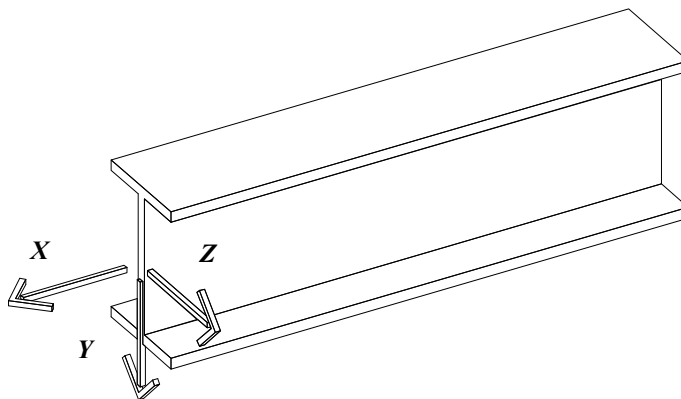
En el caso de considerar como ejes de cálculo los ejes geométricos de las piezas, se pueden utilizar como luz de las barras diferentes criterios, entre los que se encuentra el adoptado por la EHE-08, la distancia entre apoyos.

Barras y tirantes

Existe la posibilidad de trabajar con tirantes, de forma que el programa considere que las barras definidas como tales, sólo absorben esfuerzos de tracción no aportando ninguna rigidez cuando se someten a compresión. El cálculo de los tirantes debe hacerse en el cálculo en 2º orden, ya que sólo posteriormente a un cálculo en 1º orden es posible detectar las combinaciones en las que los tirantes están trabajando a compresión, y entonces eliminarlos de la matriz de rigidez de la estructura, y volver a calcular la estructura. La libertad de geometría para definir las barras-tirante dentro de la estructura es total: pueden unirse nudos a distinta cota, fachadas de naves, nudos en la misma planta,... sin necesidad de formar recuadros rectangulares arriostrados.

Criterio de signos de los listados de solicitaciones

Los listados de 'Solicitaciones' y 'Por Secciones', que se obtienen mayorados, se realizan según los ejes principales del nudo inicial de las barras (Xp, Yp, Zp). El criterio de signos utilizado es el siguiente:



Ejes Principales en el nudo inicial de una barra



- Axiles Fx. Un valor negativo indicará compresión, mientras que uno positivo, tracción.
- Cortantes Vy. Un valor positivo indicará que la tensión de cortadura de una rebanada, en la cara que se ve desde el nudo inicial, tiene el mismo sentido que el eje Yp.
- Cortantes Vz. Un valor positivo indicará que la tensión de cortadura de una rebanada, en la cara que se ve desde el nudo inicial, tiene el mismo sentido que el eje Zp.
- Momentos Flectores My (plano de flexión perpendicular a Yp). En el caso de vigas y diagonales cuyo plano de flexión no sea horizontal (es decir, su eje Zp no es horizontal), se utiliza el criterio habitual: los momentos situados por encima de la barra (la fibra traccionada es la superior) son negativos, mientras que los situados por debajo (la fibra traccionada es la inferior) son positivos.
En el caso de vigas y diagonales cuyo plano de flexión sea horizontal (su eje Zp es horizontal), y en el caso de pilares, se utiliza el siguiente criterio: los momentos situados hacia el eje Zp positivo son positivos, mientras que los situados hacia el eje Zp negativo son negativos.
- Momentos Flectores Mz (plano de flexión perpendicular a Zp). En el caso de vigas y diagonales cuyo plano de flexión no sea horizontal (es decir, su eje Yp no es horizontal), se utiliza el criterio habitual: los momentos situados por encima de la barra (la fibra traccionada es la superior) son negativos, mientras que los situados por debajo (la fibra traccionada es la inferior) son positivos.
En el caso de vigas y diagonales cuyo plano de flexión sea horizontal (su eje Yp es horizontal), y en el caso de pilares, se utiliza el siguiente criterio: los momentos situados hacia el eje Yp positivo son positivos, mientras que los situados hacia el eje Yp negativo son negativos.
- Momentos Torsores Mx. El momento torsor será positivo si, vista la sección desde el eje Xp de la barra (desde su nudo inicial), ésta tiende a girar en el sentido de las agujas del reloj.

CARGAS

Hipótesis de cargas

- Hipótesis de cargas contempladas:
- HIPOTESIS 0: CARGAS PERMANENTES.
- HIPOTESIS 1 y 2, 7 y 8, 9 y 10: SOBRECARGAS ALTERNATIVAS.
- HIPOTESIS 3, 4, 25 y 26: VIENTO.
Se considera la acción del viento sobre el edificio según cuatro direcciones horizontales perpendiculares. Dentro de cada dirección se puede tener en cuenta que el viento actúa en los dos sentidos posibles, es decir, en hipótesis 3 y -3, 4 y -4, 25 y -25, y 26 y -26.
- HIPOTESIS 5, 6 y 24: SISMO.
Se considera la acción del sismo sobre el edificio según dos direcciones horizontales perpendiculares, una en hipótesis 5 definida por un vector de dirección $[x,0,z]$ dada y otra en hipótesis 6 definida por el vector de dirección perpendicular al anterior. Dentro de cada dirección se tiene en cuenta que el sismo actúa en los dos sentidos posibles, es decir, en hipótesis 5 y -5, y en hipótesis 6 y -6. Si se selecciona norma NCSE, las direcciones de actuación del sismo son las de los ejes generales; opcionalmente se puede considerar la actuación del sismo vertical en hipótesis 24 y -24 definida por el vector $[0,Yg,0]$.
- HIPOTESIS 11 a 20: CARGAS MOVILES.
- HIPOTESIS 21: TEMPERATURA.
- HIPOTESIS 22: NIEVE.
- HIPOTESIS 23: CARGA ACCIDENTAL.

Para verificar los coeficientes de mayoración de cargas y de simultaneidad, aplicados en cada hipótesis de carga: ver LISTADO DE OPCIONES.

Reglas de combinación entre hipótesis

- HIPOTESIS 0: CARGAS PERMANENTES
Todas las combinaciones realizadas consideran las cargas introducidas en hipótesis 0.
- HIPOTESIS 1 y 2, 7 y 8, 9 y 10: SOBRECARGAS ALTERNATIVAS
Se combinan las cargas introducidas en hipótesis 1 y 2, 7 y 8, 9 y 10 de forma separada y de forma conjunta. Dado su carácter alternativo, nunca se realizan combinaciones de cargas introducidas en hip. 1 y 2 con cargas introducidas en hip. 7 y 8, o cargas introducidas en hip. 7 y 8 con cargas en hip. 9 y 10.
- HIPOTESIS 3, 4, 25 y 26: VIENTO
Nunca se considera la actuación simultánea de las cargas introducidas en estas hipótesis.
- HIPOTESIS 5, 6 Y 24: SISMO
Nunca se considera la actuación de forma conjunta de las cargas introducidas en hip. 5 y 6 (salvo si se activa la opción "considerar la regla del 30%"), ni de éstas con la hip.24, sismo vertical.

**■ HIPOTESIS 11 a 20: CARGAS MOVILES**

No se realiza ninguna combinación en la que aparezca la acción simultánea de las cargas introducidas en estas hipótesis.

■ HIPOTESIS 21: TEMPERATURA

Las cargas de esta hipótesis se combinan con las introducidas en hipótesis 23. No se combinan con las que se introduzcan en hipótesis de viento y sismo.

■ HIPOTESIS 22: NIEVE

Las cargas de esta hipótesis no se combinan con las introducidas en hipótesis 23. Tampoco se combinan con las que se introduzcan en hipótesis de viento y sismo.

■ HIPOTESIS 23: CARGA ACCIDENTAL

Las cargas de esta hipótesis no se combinan con las introducidas en hipótesis 21 y 22. Tampoco se combinan con las que se introduzcan en hipótesis de viento y sismo.

Los coeficientes de combinación de hipótesis aplicados vienen definidos en el LISTADO DE OPCIONES. También es posible obtener el listado de las combinaciones realizadas en una estructura, material y estado límite concretos.

Las combinaciones de hipótesis efectuadas de forma automática por el programa, se desglosan en el apartado correspondiente a cada normativa y material.

Opciones

Se han utilizado las opciones de cargas recogidas en el listado de OPCIONES que acompaña a la estructura, en particular las relativas a:

- Consideración o no automática del peso propio de las barras de la estructura.
- Consideración de las cargas introducidas en la hipótesis 3, 4, 25 y 26 (Viento ACTIVO), y en las hipótesis 5, 6 y 24 (Sismo ACTIVO).
- Sentido positivo y negativo(\pm) considerado en las hipótesis 3, 4, 25, 26, 5, 6 y 24.

Acción del sismo según la Norma NCSE-02

El cálculo de las cargas sísmicas se realiza mediante un análisis modal espectral de la estructura, método propuesto como preferente por la norma NCSE-02 (Art. "3.6.2. Análisis mediante espectros de respuesta").

El programa introduce en la estructura, sobre cada plano horizontal donde haya un forjado unidireccional, reticular o de losa y para cada modo de vibración, dos cargas puntuales (según las dos direcciones de los ejes horizontales generales X y Z) aplicadas a una distancia (excentricidad definida por la norma) del centro de masas del plano, y dos momentos como resultado de situar dichas cargas en el nudo de mayor numeración del plano para que coincidan con un nudo de la estructura.

En el caso de forjados unidireccionales las cargas son del tipo 'Puntual en Nudo' y 'Momento en Nudo'. En el caso de forjados reticulares y de losa las cargas son del tipo 'Puntual en Plano' y 'Momento en Plano'. Sobre cada uno de los nudos donde no haya forjado horizontal se introducen las dos cargas puntuales horizontales según los ejes X y Z. Si existe sismo vertical, se añade una tercera carga puntual en la dirección del eje Y.

Si se han definido forjados horizontales, en el cálculo de las cargas sísmicas por el método dinámico se considera como hipótesis la indeformabilidad de los forjados horizontales en su plano. Se define como "grupo" el conjunto de nudos de una estructura incluidos dentro del perímetro de un forjado unidireccional, reticular o de losa horizontales. Todos los nudos incluidos en un mismo "grupo" tiene relacionados sus grados de libertad correspondientes a los desplazamientos en los ejes Xg y Zg, y al giro en eje Yg.

Análisis Modal Espectral

Este método, considerado de tipo 'dinámico', consta, fundamentalmente, de los siguientes pasos:

- Obtención, para cada dirección de sismo a considerar por separado o globalmente, de los valores y vectores propios del sistema de ecuaciones

$$[[K] - \omega^2 [M]] \cdot \{\Phi\} = 0$$

donde

K:	Matriz de rigidez en la dirección o direcciones consideradas
ω :	Frecuencia angular de excitación (raíz cuadrada del valor propio)
M:	Matriz de masa de la estructura
Φ :	Vector propio

- Obtención, para cada modo de vibración y cada dirección, de la aceleración impuesta a cada punto de la estructura, utilizando para ello una función de "respuesta espectral".
- Obtención, para cada modo de vibración y cada dirección, de las cargas estáticas equivalentes impuestas a cada punto de la estructura (recuérdese que fuerza es igual a masa por aceleración), y en función de ellas, todos los esfuerzos.
- Combinación, para cada dirección, de los desplazamientos, giros y esfuerzos obtenidos en los diferentes modos de vibración para obtener los desplazamientos, giros y sollicitaciones ponderados de cada dirección de sismo.



Direcciones de sismo consideradas

Tricalc considera, como direcciones de actuación del sismo, las de los ejes generales (X+, X-, Z+, Z-, Y+ y Y-). Dichas direcciones corresponden a las hipótesis del programa 5, 6 y 24, respectivamente. Ya que no es predecible la dirección en la que se sitúa el epicentro de un terremoto respecto al edificio, basta considerar dos direcciones horizontales de sismo independientes y ortogonales entre sí.

A los efectos de considerar la acción del sismo de una dirección en la otra, es posible utilizar un coeficiente de mayoración de las acciones sísmicas incrementado en el factor 1,12, o utilizar la regla del 30% (ver el LISTADO DE OPCIONES).

La consideración del sismo vertical (Y+, Y-) es opcional (vea el LISTADO DE OPCIONES).

Modelización y grados de libertad

Para la correcta evaluación de la acción sísmica, es necesario que la estructura se encuentre predimensionada y con todas las cargas introducidas.

A los efectos de evaluación de cargas sísmicas, la estructura se modeliza como un conjunto de barras con las masas concentradas en los nudos. Esta modelización es aceptable para la mayoría de las situaciones, aunque en algunos casos (sismo vertical de una gran viga cargada uniformemente, por ejemplo) no es correcto trasladar las cargas a los nudos. Se consideran sólo los nudos situados sobre la rasante cuyo movimiento en la dirección de estudio no esté coaccionado mediante un apoyo. Es decir, se considera que toda la estructura bajo la rasante se mueve solidariamente con el terreno durante el sismo.

La modelización de la estructura se puede realizar separadamente para cada dirección de estudio o bien globalmente. (ver el LISTADO DE OPCIONES).

Es opcional (ver el LISTADO DE OPCIONES) la consideración del giro alrededor de un eje vertical como grado de libertad. En este caso, se considera que los nudos situados en un forjado horizontal indeformable rotan alrededor del centro de rigideces de dicho forjado, mientras que el resto lo hacen sobre sí mismos.

También es opcional (ver LISTADO DE OPCIONES) considerar el giro alrededor de los ejes X y Z generales (opción 'SIN CONDENSACIÓN') o no (opción 'CON CONDENSACIÓN').

Si se habilita la consideración de forjados horizontales indeformables en su plano, (lo que equivale a considerar los forjados horizontales infinitamente rígidos en su plano) los forjados tendrán un único grado de libertad en las direcciones horizontales del sismo y en el giro alrededor del eje Yg.

El terreno se considera un sólido rígido, lo cual, en general, está del lado de la seguridad. Para que esta simplificación sea correcta, se deben evitar estructuras cuya dimensión en planta supere la de la longitud de las ondas sísmicas, del orden de 100 metros.

Matriz de masa considerada: masa traslacional y masa rotacional

Tricalc calcula la matriz de masa, matriz diagonal en la que las masas de cada nodo, grado de libertad, se sitúan en la diagonal.

Los grados de libertad traslacionales (2 desplazamientos horizontales más, opcionalmente, un desplazamiento vertical) están asociados a masas traslacionales. Para el cálculo de dichas masas traslacionales, se considera la componente vertical de las cargas equivalentes aplicadas en los nudos. Tienen por tanto unidades de masa.

Es opcional (ver LISTADO DE OPCIONES) la consideración de un grado de libertad rotacional (rotación alrededor del eje vertical). Este grado de libertad está asociado a masas rotacionales. Para el cálculo de dichas masas rotacionales, se considera la componente vertical de las cargas equivalentes aplicadas en los nudos multiplicada por la distancia al cuadrado entre el punto de aplicación de la carga y la posición del eje de rotación considerado. Tienen por tanto unidades de masa por distancia al cuadrado.

En todo caso, ambos tipos de masa son multiplicados por los siguientes coeficientes:

$$0 + \alpha \cdot [\text{máx.}(1+2, 7+8, 9+10) + (11+12+\dots+20)/\text{NMov}] + \beta \cdot 21$$

donde

'0'	es la hipótesis de carga permanente.
'1+2', '7+8' y '9+10'	son las parejas de cargas alternativas (sobrecargas de uso y tabiquería).
'11' a '20'	son las hipótesis de cargas móviles (puentes grúa, por ejemplo).
'21'	es la hipótesis de carga de nieve.
' α '	es un factor, entre 0,3 y 0,6 (NCSE-94) ó 0,5 y 0,6 (NCSE-02), función del uso del edificio.
' β '	es 1,0 ó 0,3 (NCSE-94), 0,5 ó 0,0 (NCSE-02) en función del tiempo de permanencia de la nieve (nº de días / año).
'NMov'	es el número de cargas móviles activas.

Obtención de los valores y vectores propios

El programa calcula, para cada dirección de forma separada o conjuntamente para todos los grados de libertad considerados, los valores y vectores propios resultantes del sistema de ecuaciones:

$$([K] - \omega^2 [M]) \cdot \{\Phi\} = 0$$



Los valores propios, los valores de ω para los que el sistema tiene una solución no trivial, representan las frecuencias angulares de vibración propias de la estructura, en la dirección considerada (frecuencias naturales). En una estructura existen tantos modos de vibración como grados de libertad. Si bien la norma NCSE obliga a considerar tres modos de vibración en cada dirección cuando el estudio se realiza de forma separada en cada dirección, y cuatro globales cuando el estudio se realiza de modo global, Tricalc almacena y utiliza los 30 primeros modos de vibración, correspondientes a los 30 primeros períodos de vibración, ordenados de mayor a menor. De esos hasta 30 modos, se puede indicar cuántos se desea utilizar para la obtención de esfuerzos. Los períodos de vibración vienen dados por la expresión

$$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega}$$

Obtención de la masa participante de cada modo

El tanto por ciento de masa participante, Mpd , en el modo de vibración 'k' y la dirección 'd', viene dado por la expresión:

$$\%Mpd = \frac{\left(\sum_{i=1}^n M_{d,i} \cdot \Phi_{d,k,i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n M_i \cdot \Phi_{k,i}^2} \cdot \frac{100}{\sum_{i=1}^n M_{d,i}}$$

$$\sum_{i=1}^n M_i \cdot \Phi_{k,i}^2 = \sum_{i=1}^n M_{x,i} \cdot \Phi_{x,k,i}^2 + \sum_{i=1}^n M_{y,i} \cdot \Phi_{y,k,i}^2 + \sum_{i=1}^n M_{z,i} \cdot \Phi_{z,k,i}^2 + \sum_{i=1}^n M_{yy,i} \cdot \Phi_{yy,k,i}^2 = 1.0$$

siendo

n:	Número de grados de libertad.
$M_{x,i}$:	Masa traslacional en la dirección 'x' del grado de libertad 'i'.
$M_{yy,i}$:	Masa rotacional sobre el eje vertical 'y' del grado de libertad 'i'.
$\Phi_{x,k,i}$:	Componente del vector propio correspondiente a la traslación 'x', modo de vibración 'k' y grado de libertad 'i'.
$\Phi_{yy,k,i}$:	Componente del vector propio correspondiente a la rotación 'y', modo de vibración 'k' y grado de libertad 'i'.

Obtención de la aceleración característica

La aceleración lineal característica de un determinado período de vibración se calcula mediante una expresión función del período propio de vibración, de la zona sísmica, del tipo de terreno y de la amortiguación y ductilidad consideradas. Para ello se suelen utilizar gráficos de respuesta espectral normalizados para una aceleración del terreno de $1g$ ($9,806 \text{ m/s}^2$), en los que en eje X se sitúa el período de vibración natural del edificio, y en eje Y se obtiene la aceleración característica.

En la Norma NCSE los espectros de respuesta están normalizados para una aceleración del terreno de 1 m/s^2 .

Aceleración rotacional

Tricalc permite considerar, de forma opcional (ver LISTADO DE OPCIONES), acciones sísmicas rotacionales: es decir, que el terreno, además de desplazarse horizontal y verticalmente, puede rotar durante un sismo. Para ello, es necesario disponer de las aceleraciones angulares producidas por un sismo, por ejemplo mediante gráficas de respuesta espectral en los que en abscisas se entre por períodos o frecuencias naturales y en ordenadas se obtengan aceleraciones angulares (rad / s^2). Dado que dichos espectros no están actualmente disponibles (están fuera del alcance de la actual ciencia sismológica), Tricalc permite introducir un factor que multiplicado por la aceleración lineal producida en cada modo de vibración, obtiene la aceleración angular correspondiente.

Zonas sísmicas

La norma NCSE determina la situación de un edificio por dos valores: la aceleración sísmica básica y el coeficiente de contribución.

La aceleración sísmica básica es la aceleración horizontal sufrida por el terreno en un terremoto con un período de retorno de 500 años. Sus valores, en España, se sitúan entre 0 y $0,25 \cdot g$, siendo 'g' la aceleración de la gravedad.

La aceleración sísmica de cálculo es la aceleración con la que se debe calcular la estructura. En NCSE- viene dada por un factor, entre $1,0$ y $1,3$, que multiplica la aceleración sísmica básica en función de la importancia de la edificación. Dicha importancia se determina mediante el período de vida estimado, 50 años para edificios de normal importancia y 100 años para edificios de especial importancia. En NCSE-02 viene también afectado por un coeficiente S de amplificación del suelo.

El coeficiente de contribución, K, tiene en cuenta la distinta contribución a la peligrosidad sísmica en cada punto de España de la sismicidad de la Península y de la proximidad a la falla Azores - Gibraltar. Sus valores se sitúan entre $1,0$, para todo el territorio nacional salvo Andalucía occidental y sudoeste de Extremadura, y $1,5$.



Combinación de los diferentes modos de vibración

Dado que el edificio vibra a la vez en todos sus modos, es necesario sumar los efectos combinados de todos ellos. Es lo que se denomina 'superposición modal espectral'.

Tricalc utiliza la 'Combinación Cuadrática Completa', tal como indica la norma NCSE-94 (En NCSE-02 se indica el método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados modificado, que el programa no utiliza). Para cada nudo o barra, el efecto ponderado 'S', que puede ser el desplazamiento, la velocidad, la aceleración o un esfuerzo, viene dado por la expresión:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r |S_i| \cdot |S_j| \cdot \pi_{ij}}$$

$$\pi_{ij} \equiv \pi_{ji} = \frac{8 \cdot v^2 \cdot (1+f) \cdot f^{3/2}}{(1-f^2)^2 + 4 \cdot v^2 \cdot f \cdot (1+f)^2}; f = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$

siendo:

- r: número de modos de vibración.
- v: coeficiente de amortiguación, en tantos por 1.
- ω : frecuencia angular, de modo que f sea menor o igual a la unidad.

Tricalc permite además indicar cuántos modos de vibración se desean considerar en esta combinación.

Consideración de los efectos combinados de las direcciones de estudio

Dado que no se conoce 'a priori' la dirección del sismo más desfavorable, no basta con estudiar de forma independiente los efectos de la acción sísmica en dos direcciones ortogonales. La norma española NCSE sólo indica que, en el caso de calcular los modos de vibración de forma separada para cada dirección, se debe sumar al pésimo esfuerzo debido a una dirección el 30% del pésimo esfuerzo de la dirección ortogonal. Es la denominada, en la bibliografía clásica, 'regla del 30%', que puede utilizarse de forma opcional en el programa. La bibliografía actual, considera más preciso multiplicar los efectos de cada dirección horizontal por un factor de 1,12. Para considerar este factor con el programa, basta introducir, como coeficientes de mayoración de las hipótesis horizontales de sismo ('5' y '6'), un valor de 1,12 en lugar de 1,0 como se suele definir (ver el LISTADO DE OPCIONES).

Centro de masas y centro de rigideces

La aplicación de las fuerzas sísmicas obtenidas en el centro de masas de cada grupo o forjado, provoca una torsión en cada forjado, si no coinciden los centros de masa y de rigidez del grupo. En todo caso, siempre se debe considerar (aunque en el programa es opcional) una excentricidad accidental, de valor según la normativa aplicada.

La norma NCSE considera además, una excentricidad adicional de un 1/20 de la máxima dimensión del plano, medido ortogonalmente a la dirección de sismo considerada.

Si se ha habilitado la consideración de la masa rotacional, y se ha definido una determinada aceleración rotacional (angular), se producen también unas rotaciones adicionales debidas a ellas.

Cálculo de esfuerzos

Una vez obtenidas las fuerzas estáticas equivalentes a la acción sísmica, en las hipótesis '5' (dirección X+, X-), '6' (dirección Z+, Z-) y '24' (eje vertical Y+, Y-) y en cada modo de vibración, se puede proceder al cálculo de esfuerzos en la forma habitual.

El programa obtiene así los desplazamientos, giros y esfuerzos de cada modo de vibración y dirección, combinándose posteriormente, en cada hipótesis de sismo, mediante la 'combinación cuadrática completa'. Por ejemplo: para obtener el momento flector Mz de la hipótesis '5' en una determinada sección, se obtienen los momentos Mz producidos por los modos de vibración de dicha hipótesis y se combinan aplicando la 'combinación cuadrática completa'.

SECCIONES

Definición de las características geométricas y mecánicas de los perfiles

Canto H

Es el valor de la dimensión del perfil en el sentido paralelo a su eje Y principal, en mm.

Ancho B

Es el valor de la dimensión del perfil en el sentido paralelo a su eje Z principal, en mm.



Área Ax

Es el valor del área de la sección transversal de un perfil de acero, en cm². En una sección rectangular viene dada por la expresión:

$$A_x = B \cdot H$$

Área Ay

Es el área a considerar en el cálculo de las tensiones tangenciales paralelas al eje Y principal de la sección transversal de un perfil de acero, en cm². Su valor se calcula con la expresión:

$$A_y = \frac{I_z \cdot e}{S_z}$$

siendo:

- I_z*: Inercia según el eje z.
e: Espesor del perfil en el punto en el que se producirá la máxima tensión tangencial debida al cortante *F_y*.
S_z: Momento estático de una sección correspondiente entre la fibra, paralela al eje Z principal, exterior y el punto donde se producirá la máxima tensión tangencial debida al cortante respecto al eje paralelo al eje Z principal que pase por el centro de gravedad de la sección.

El valor de *A_y* corresponde aproximadamente al área del alma en los perfiles en forma de I. En una sección rectangular viene dado por la expresión:

$$A_y = \frac{2}{3} \cdot B \cdot H$$

Área Az

Es el área a considerar en el cálculo de las tensiones tangenciales paralelas al eje Z principal de la sección transversal de un perfil de acero, en cm². Su valor se calcula con la expresión:

$$A_z = \frac{I_y \cdot e}{S_y}$$

siendo:

- I_y*: Inercia según el eje y.
e: Espesor del perfil en el punto en el que se producirá la máxima tensión tangencial debida al cortante *F_z*.
S_y: Momento estático de una sección correspondiente entre la fibra exterior y el punto donde se producirá la máxima tensión tangencial.

El valor de *A_z* corresponde aproximadamente al área de las alas en los perfiles en forma de I. En una sección rectangular tiene el mismo valor que *A_y*.

Momento de Inercia I_x

Momento de Inercia a torsión, en cm⁴. El momento de inercia a torsión de una sección rectangular viene dado por la expresión:

$$I_x = \left[\frac{1}{3} - 0,21 \cdot \frac{B}{H} \cdot \left(1 - \frac{B^4}{12 \cdot H^4} \right) \right] \cdot H \cdot B^3$$

siendo $H \geq B$.

En las secciones en T se tiene en cuenta lo indicado en la tabla A3-1 de la norma EA-95 (Cap.3), que refleja que la Inercia a torsión de una pieza formada por dos rectángulos (de inercias a torsión *I_{x1}* e *I_{x2}*) en forma de T viene dada por la expresión

$$I_x = 1,1 \cdot (I_{x1} + I_{x2})$$

Momento de Inercia I_y

Momento de Inercia se la sección respecto de un eje paralelo al eje Y principal que pase por su centro de gravedad, en cm⁴. Su valor para una sección rectangular v, tiene dado por la expresión:

$$I_y = \frac{H \cdot B^3}{12}$$



Momento de Inercia I_z

Momento de inercia de la sección respecto de un eje paralelo al eje Z principal que pase por su centro de gravedad, en cm^4 . Su valor para una sección rectangular viene dado por la expresión:

$$I_z = \frac{B \cdot H^3}{12}$$

Módulo Resistente W_t

Módulo resistente a la torsión en cm^3 de una sección de acero. Es la relación existente entre el momento torsor y la tensión tangencial máxima producida por él. Para una sección abierta formada por varios rectángulos viene dado por la expresión (Tabla A3-1 de la norma EA-95 (Cap.3)):

$$W_t = \frac{I_x}{e_i}$$

donde

- Ix: Inercia a torsión de la sección.
ei: Espesor del rectángulo de mayor espesor.

Módulo Resistente Elástico $W_{Y,el}$

Es el módulo resistente a la flexión según un plano ortogonal al eje Y principal de una sección de acero, en cm^3 , que se calcula a partir del momento de inercia I_y . En secciones simétricas con respecto a un plano paralelo al eje Y principal de la barra, viene dado por la expresión:

$$W_{Y,el} = \frac{I_y}{B/2}$$

Su valor para una sección rectangular viene dado por la expresión:

$$W_{Y,el} = H \cdot \frac{B^2}{6}$$

Módulo Resistente Elástico $W_{Z,el}$

Es el módulo resistente a la flexión según un plano ortogonal al eje Z principal de una sección de acero, en cm^3 , que se calcula a partir del momento de inercia I_z . En secciones simétricas con respecto a un plano paralelo al eje Z principal de la barra, viene dado por la expresión:

$$W_{Z,el} = \frac{I_z}{H/2}$$

Su valor para una sección rectangular viene dado por la expresión:

$$W_{Z,el} = B \cdot \frac{H^2}{6}$$

Módulo Resistente Plástico $W_{Y,pl}$

Es el módulo resistente a la flexión plástica según un plano ortogonal al eje Y principal de una sección de acero, en cm^3 , que se calcula suponiendo todas las fibras de la sección trabajando al límite elástico.

Su valor para una sección rectangular viene dado por la expresión:

$$W_{Y,pl} = H \cdot \frac{B^2}{4}$$

Módulo Resistente Plástico $W_{Z,pl}$

Es el módulo resistente a la flexión según un plano ortogonal al eje Z principal de una sección de acero, en cm^3 , que se calcula suponiendo todas las fibras de la sección trabajando al límite elástico.

Su valor para una sección rectangular viene dado por la expresión:

$$W_{Z,pl} = B \cdot \frac{H^2}{4}$$



Peso P

Es el peso propio de la barra en Kg/m (ó kN/m).

Secciones de inercia variable: cartelas

El programa permite la introducción de secciones de inercia variable (cartelas) de acero o madera (pero no de hormigón). Las cartelas sólo podrán definirse sobre barras a las que previamente se haya asignado un perfil con las siguientes características: Debe ser de forma en 'I' y de material 'Acero' o 'Madera', o de forma rectangular y de material 'Madera'. Las cartelas pueden definirse exclusivamente en el plano Y principal, es decir, en el plano del alma.

Es posible definir cuatro tipos de secciones de inercia variable:

- **Corte oblicuo del perfil.** Consiste en cortar oblicuamente el alma del perfil y soldar la sección dando la vuelta a uno de los medios perfiles. Equivale a alargar o acortar el alma del perfil. Para que el perfil sea válido, el canto total del perfil acartelado debe ser al menos 3 veces el espesor del ala.
- **Cartabones.** Consiste en soldar de una a tres piezas triangulares o trapezoidales perpendicularmente a una de las alas de un perfil base y de un mismo espesor. Para que el perfil sea válido, el canto del perfil acartelado debe ser al menos el del perfil base, y la suma de espesores de los cartabones no debe superar el ancho del perfil base.
- **Semiperfil.** Consiste en soldar a un perfil base un perfil en forma de 'T' extraído de un perfil idéntico al base. Para que el perfil sea válido, el canto del perfil acartelado debe ser al menos el del perfil base.
- **Palastros.** Consiste en soldar a un perfil base un perfil en forma de 'T' formado por dos chapas de un determinado espesor. Para que el perfil sea válido, el canto del perfil acartelado debe ser al menos el del perfil base.

Para realizar el cálculo de esfuerzos (o el cálculo de modos de vibración dinámicos), Tricalc divide las barras de sección variable en un número determinado de barras de sección uniforme. A la barra de sección variable completa se la denominará en este manual 'Cartela Primaria', mientras que a cada una de las barras de sección constante en las que se divide la cartela primaria se las denominará 'Cartelas Secundarias'. De forma similar, a los nudos que se crean para definir estas cartelas secundarias se les denominará 'Nudos Secundarios'.

CÁLCULO DE SOLICITACIONES

El cálculo de las solicitaciones en las barras se ha realizado mediante el método matricial espacial de la rigidez, suponiendo una relación lineal entre esfuerzos y deformaciones en las barras y considerando los seis grados de libertad posibles de cada nudo. Los muros resistentes se han calculado mediante el método de los elementos finitos. A título indicativo, se muestra a continuación la matriz de rigidez de una barra, donde se pueden observar las características de los perfiles que han sido utilizadas para el cálculo de esfuerzos.

$$\begin{array}{cccccc}
 \frac{E \cdot A_x}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \frac{12 \cdot E \cdot I_z}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{-6 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \\
 0 & 0 & \frac{12 \cdot E \cdot I_y}{L^3} & 0 & \frac{6 \cdot E \cdot I_y}{L^2} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & \frac{G \cdot I_x}{L} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & \frac{6 \cdot E \cdot I_y}{L^2} & 0 & \frac{4 \cdot E \cdot I_y}{L} & 0 \\
 0 & \frac{-6 \cdot E \cdot I_z}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4 \cdot E \cdot I_z}{L}
 \end{array}$$

Donde E es el módulo de deformación longitudinal y G es el módulo de deformación transversal calculado en función del coeficiente de Poisson y de E . Sus valores se toman de la base de perfiles correspondiente a cada barra.

Es posible reducir el acortamiento por axil de los pilares mediante la introducción de un factor multiplicador del término ' $E \cdot A_x / L$ ' de la matriz anterior, como se recoge en el LISTADO DE DATOS DE CÁLCULO.

Es posible considerar la opción de indeformabilidad de forjados horizontales en su plano, como se recoge en el LISTADO DE DATOS DE CÁLCULO. Al seleccionar esta opción todos los nudos situados dentro del perímetro de cada forjado horizontal, unidireccional o reticular, quedan englobados en 'grupos' (uno por cada forjado), a los que individualmente se asignan 3 grados de libertad: El desplazamiento vertical $-D_y$ y los giros según los ejes horizontales $-G_x$ y G_z . Los otros tres grados de libertad (D_x, D_z y G_y) se suponen compatibilizados entre todos los nudos del "grupo": Los nudos que no pertenezcan a un forjado horizontal, ya sea por estar independientes o por estar en planos inclinados, se les asignan 6 grados de libertad.



Es posible considerar el tamaño del pilar en los forjados reticulares y losas, como se recoge en el LISTADO DE DATOS DE CÁLCULO. Al seleccionar esta opción, se considera que la parte de forjado o losa situada sobre el pilar (considerando para ello la exacta dimensión del pilar y su posición o crecimiento) es infinitamente rígida. Todos los nudos situados en el interior del perímetro del pilar comparten, por tanto, los 6 grados de libertad (D_x , D_y , D_z , G_x , G_y , G_z). Esto hace que en el interior de esta porción de forjado, no existan esfuerzos, y por tanto, los nervios y zunchos que acometen al pilar se arman con los esfuerzos existentes en la cara del pilar.

En base a este método se ha planteado y resuelto el sistema de ecuaciones o matriz de rigidez de la estructura, determinando los desplazamientos de los nudos por la actuación del conjunto de las cargas, para posteriormente obtener los esfuerzos en los nudos en función de los desplazamientos obtenidos.

En el caso de que la estructura se calcule bajo los efectos de las acciones sísmicas definidas por la Norma NCSE se realiza un cálculo de la estructura mediante el método del "Análisis Modal Espectral", recomendado por la misma. De esta forma pueden obtenerse los modos y períodos de vibración propios de la estructura, datos que pueden ser utilizados para la combinación de la estructura con cargas armónicas y la posibilidad de 'entrada en resonancia' de la misma.

Principios fundamentales del cálculo de esfuerzos

El programa realiza el cálculo de esfuerzos utilizando como método de cálculo el método matricial de la rigidez para los elementos tipo barra y el método de los elementos finitos para los muros resistentes. En el método matricial, se calculan los desplazamientos y giros de todos los nudos de la estructura, (cada nudo tiene seis grados de libertad: los desplazamientos y giros sobre tres ejes generales del espacio, a menos que se opte por la opción de indeformabilidad de los forjados horizontales en su plano o la consideración del tamaño del pilar en forjados reticulares y losas), y en función de ellos se obtienen los esfuerzos (axiles, cortantes, momento torsor y flectores) de cada sección.

Para la validez de este método, las estructuras a calcular deben cumplir, o se debe suponer el cumplimiento de los siguientes supuestos:

Teoría de las pequeñas deformaciones: 1º y 2º orden

Se supone que la geometría de una estructura no cambia apreciablemente bajo la aplicación de las cargas. Este principio es en general válido, salvo en casos en los que la deformación es excesiva (puentes colgantes, arcos esbeltos, ...). Si se realiza un cálculo en 1º orden, implica además, que se desprecian los esfuerzos producidos por los desplazamientos de las cargas originados al desplazarse la estructura. Si se realiza un cálculo en 2º orden, se consideran los esfuerzos originados por las cargas al desplazarse la estructura, siempre dentro de la teoría de las pequeñas deformaciones que implica que las longitudes de los elementos se mantienen constantes.

Este mismo principio establece que se desprecian los cambios de longitud entre los extremos de una barra debidos a la curvatura de la misma o a desplazamientos producidos en una dirección ortogonal a su directriz, tanto en un cálculo en 1º orden como en 2º orden.

Hay otros métodos tales como la teoría de las grandes deflexiones que sí recogen estos casos, que no son contemplados en Tricalc.

En el cálculo en 2º orden se permiten seleccionar las combinaciones a considerar, por el criterio de máximo desplazamiento y por el criterio de máximo axil, o también es posible la realización del cálculo en 2º orden para todas las combinaciones.

Linealidad

Este principio supone que la relación tensión - deformación, y por tanto, la relación carga - deflexión, es constante, tanto en 1º orden como en 2º orden. Esto es generalmente válido en los materiales elásticos, pero debe garantizarse que el material no llega al punto de fluencia en ninguna de sus secciones.

Superposición

Este principio establece que la secuencia de aplicación de las cargas no altera los resultados finales. Como consecuencia de este principio, es válido el uso de las "fuerzas equivalentes en los nudos" calculadas a partir de las cargas existentes en las barras; esto es, para el cálculo de los desplazamientos y giros de los nudos se sustituyen las cargas existentes en las barras por sus cargas equivalentes aplicadas en los nudos.

Equilibrio

La condición de equilibrio estático establece que la suma de todas las fuerzas externas que actúan sobre la estructura, más las reacciones, será igual a cero. Asimismo, deben estar en equilibrio todos los nudos y todas las barras de la estructura, para lo que la suma de fuerzas y momentos internos y externos en todos los nudos y nodos de la estructura debe ser igual a cero.

Compatibilidad

Este principio supone que la deformación y consecuentemente el desplazamiento, de cualquier punto de la estructura es continuo y tiene un solo valor.

Condiciones de contorno

Para poder calcular una estructura, deben imponerse una serie de condiciones de contorno. El programa permite definir en cualquier nudo restricciones absolutas (apoyos y empotramientos) o relativas (resortes) al desplazamiento y al giro en los tres ejes generales de la estructura, así como desplazamientos impuestos (asientos).



Unicidad de las soluciones

Para un conjunto dado de cargas externas, tanto la forma deformada de la estructura y las fuerzas internas así como las reacciones tienen un valor único.

Desplome e imperfecciones iniciales

Existe la posibilidad de considerar los efectos de las imperfecciones iniciales globales debidas a las desviaciones geométricas de fabricación y de construcción de la estructura. Tanto en el Código Estructural en su artículo **5.3.2. del Anejo 22 Imperfecciones geométricas** como el **Eurocódigo 3** en su artículo **5.3.2 Imperfections for global analysis of frames**, citan la necesidad de tener en cuenta estas imperfecciones. Estos valores son los siguientes:

- $L/200$ si hay dos soportes y una altura.
- $L/400$ si hay 4 o más soportes y 3 o más alturas.
- $L/300$ para situaciones intermedias.

Además se definen unos valores de deformación (e_0) para las imperfecciones locales debidas a los esfuerzos de compresión sobre los pilares. Estos valores vienen dados por la tabla 5.8 de la norma CTE.

COMBINACIÓN DE ACCIONES

Normativas

Las combinaciones de acciones para los elementos de hormigón armado y acero estructural se realizan según lo indicado en el Código Estructural en el apartado 6.4.3. del Anejo 18. Para el resto de materiales se realizan de acuerdo con el CTE.

Combinaciones de acciones según Código Estructural

En el programa no existen cargas permanentes de valor no constante (G^*), y las sobrecargas (Q) se agrupan en las siguientes familias:

- Familia 1
Sobrecargas alternativas. Corresponden a las hipótesis 1, 2, 7, 8, 9 y 10
- Familia 2
Cargas móviles. Corresponden a las hipótesis 11 a 20, inclusive.
- Familia 3
Cargas de viento. Corresponden a las hipótesis 3, 4, 25 y 26 (y a las de signo contrario si se habilita la opción "Sentido ±")
Carga de nieve. Corresponde a la hipótesis 22.
Carga de temperatura. Corresponde a la hipótesis 21.

Coefficientes de mayoración

Se utilizan los coeficientes definidos en el CTE

E.L.U. Situaciones persistentes o transitorias

Carga permanente + sobrecargas de la familia 1 (Hipótesis 0, 1, 2, 7, 8, 9 y 10)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 2 (Hipótesis 0 y de 11 a 20)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 3 (Hipótesis 0, 3, 4, 21, 22, 25 y 26)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 2 (Hipótesis 0, 1, 2, 7, 8, 9, 10 y de 11 a 20)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F1} \cdot Q_{k,F1} + \gamma_{Q,F2} \cdot \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F2} \cdot Q_{k,F2} + \gamma_{Q,F1} \cdot \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 3 (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 25 y 26)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F1} \cdot Q_{k,F1} + \gamma_{Q,F3} \cdot \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F3} \cdot Q_{k,F3} + \gamma_{Q,F1} \cdot \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1}$$



Carga permanente + sobrecargas de las familias 2 y 3 (Hipótesis 0, 3, 4, 21, 22, 25 y 26, y de 11 a 20)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F2} \cdot Q_{k,F2} + \gamma_{Q,F3} \cdot \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F3} \cdot Q_{k,F3} + \gamma_{Q,F2} \cdot \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1, 2 y 3 (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 25 y 26, y de 11 a 20)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F1} \cdot Q_{k,F1} + \gamma_{Q,F2} \cdot \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2} + \gamma_{Q,F3} \cdot \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F2} \cdot Q_{k,F2} + \gamma_{Q,F1} \cdot \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1} + \gamma_{Q,F3} \cdot \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F3} \cdot Q_{k,F3} + \gamma_{Q,F1} \cdot \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1} + \gamma_{Q,F2} \cdot \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

E.L.U. Situaciones accidentales (extraordinarias en CTE)

Carga permanente + sobrecargas de la familia 1 + carga accidental (Hipótesis 0, 1, 2, 7, 8, 9, 10 y 23)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_1 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 2 + carga accidental (Hipótesis 0, de 11 a 20 y 23)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_1 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 3 + carga accidental (Hipótesis 0, 3, 4, 21, 22, 23, 25 y 26)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_1 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 2 + carga accidental (Hipótesis 0, 1, 2, 7, 8, 9, 10, 23 y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 3 + carga accidental (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 23, 25 y 26)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F3} \cdot Q_{k,F3} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 2 y 3 + carga accidental (Hipótesis 0, 3, 4, 21, 22, 23, 25 y 26, y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F2} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F3} \cdot Q_{k,F3} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1, 2 y 3 + carga accidental (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 23, 25 y 26, y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F3} \cdot Q_{k,F3} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

E.L.U. Situaciones sísmicas

Carga permanente + sobrecargas de la familia 1 + sismo (Hipótesis 0, 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 24)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_2 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 2 + carga sísmica (Hipótesis 0, 5, 6, 24 y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_2 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 3 + carga sísmica (Hipótesis 0, 3, 4, 5, 6, 21, 22, 24, 25 y 26)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_2 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 2 + cargas sísmicas (Hipótesis 0, 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 24 y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 3 + carga sísmica (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 24, 25 y 26)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$



Carga permanente + sobrecargas de las familias 2 y 3 + cargas sísmicas (Hipótesis 0, 3, 4, 5, 6, 21, 22, 24, 25 y 26, y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1, 2 y 3 + cargas sísmicas (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 24, 25 y 26, y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

E.I.S. Estados Límite de Servicio

Carga permanente + sobrecargas de la familia 1 (Hipótesis 0, 1, 2, 7, 8, 9 y 10)

Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_k$$

Combinaciones frecuentes:

$$G_k + \Psi_1 \cdot Q_k$$

Combinaciones cuasi permanentes (casi permanentes en CTE):

$$G_k + \Psi_2 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 2 (Hipótesis 0 y de 11 a 20)

Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_k$$

Combinaciones frecuentes:

$$G_k + \Psi_1 \cdot Q_k$$

Combinaciones cuasi permanentes:

$$G_k + \Psi_2 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 3 (Hipótesis 0, 3, 4, 21, 22, 25 y 26)

Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_k$$

Combinaciones frecuentes:

$$G_k + \Psi_1 \cdot Q_k$$

Combinaciones cuasi permanentes:

$$G_k + \Psi_2 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 2 (Hipótesis 0, 1, 2, 7, 8, 9, 10 y de 11 a 20)

Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_{k,F1} + \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

$$G_k + Q_{k,F2} + \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

Combinaciones frecuentes:

$$G_k + \Psi_{1,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

$$G_k + \Psi_{1,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 3 (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 25 y 26)

Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_{k,F1} + \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + Q_{k,F3} + \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1}$$



Combinaciones frecuentes:

$$G_k + \Psi_{1,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + \Psi_{1,F3} \cdot Q_{k,F3} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

Combinaciones cuasi permanentes:

$$G_k + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 2 y 3 (Hipótesis 0, 3, 4, 21, 22, 25 y 26, y de 11 a 20)

Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_{k,F2} + \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + Q_{k,F3} + \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

Combinaciones frecuentes:

$$G_k + \Psi_{1,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + \Psi_{1,F3} \cdot Q_{k,F3} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

Combinaciones cuasi permanentes:

$$G_k + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1, 2 y 3 (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 25 y 26, y de 11 a 20)

Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_{k,F1} + \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + Q_{k,F2} + \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + Q_{k,F3} + \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

Combinaciones frecuentes:

$$G_k + \Psi_{1,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + \Psi_{1,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + \Psi_{1,F3} \cdot Q_{k,F3} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

Combinaciones cuasi permanentes:

$$G_k + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

COMPROBACIÓN DE SECCIONES DE ACERO

Criterios de comprobación

Se han seguido los criterios indicados en el Código Estructural, Anejo 22, para realizar la comprobación de la estructura, en base al método de los estados límites.

Tipos de secciones

Se definen las siguientes clases de secciones:

Clase	Tipo	Descripción
1	Plástica	Permiten la formación de la rótula plástica con la capacidad de rotación suficiente para la redistribución de momentos.
2	Compacta	Permiten el desarrollo del momento plástico con una capacidad de rotación limitada.
3	Semicompacta o Elástica	En la fibra más comprimida se puede alcanzar el límite elástico del acero pero la abolladura impide el desarrollo del momento plástico
4	Esbelta	Los elementos total o parcialmente comprimidos de las secciones esbeltas se abollan antes de alcanzar el límite elástico en la fibra más comprimida.

Tenga en cuenta que una misma barra, puede ser de diferente clase en cada sección (en cada punto) y para cada combinación de solicitaciones.



En función de la clase de las secciones, el tipo de cálculo es:

Clase de Sección	Método para la determinación de las solicitaciones	Método para la determinación de la resistencia de las secciones
1 Plástica	Elástico	Plástico
2 Compacta	Elástico	Plástico
3 Semicompacta	Elástico	Elástico
4 Esbelta	Elástico	Elástico con resistencia reducida

La asignación de la clase de sección en cada caso, se realiza de acuerdo con lo indicado en el Anejo 22 del Código Estructural. En el caso de secciones de clase 4, el cálculo de sus parámetros resistentes reducidos (sección eficaz) se realiza asimilando la sección a un conjunto de rectángulos eficaces, de acuerdo con lo establecido en el Código Estructural.

Estado limite último de equilibrio

Se comprueba que en todos los nudos deben igualarse las cargas aplicadas con los esfuerzos de las barras. No se realiza la comprobación general de vuelco de la estructura.

Estabilidad lateral global y pandeo

El programa puede realizar un cálculo en 1º orden o en 2º orden. Las imperfecciones iniciales pueden ser tenidas en cuenta de forma automática, aunque también el usuario puede introducir las acciones equivalentes en las barras que sean necesarias.

La consideración de los efectos del pandeo se realiza de la siguiente forma:

- Si la estructura es intraslacional (distorsión de pilares $r \leq 0,1$), basta realizar un análisis elástico y lineal en primer orden y de segundo orden, y considerar el pandeo de los pilares como intraslacionales.
- Si la estructura es traslacional (distorsión de pilares $r > 0,1$), puede realizarse un análisis elástico y lineal considerando el pandeo como estructura traslacional, o bien:
- Realizar un análisis elástico y lineal de 1º orden considerando el pandeo como estructura intraslacional pero habiendo multiplicado todas las acciones horizontales sobre el edificio por el coeficiente de amplificación $1 / (1 - r)$.
- Realizar un análisis elástico y lineal de 2º orden considerando el pandeo como estructura intraslacional sin coeficiente de amplificación.

Se define para cada tipo de barra (vigas, pilares o diagonales) o cada barra individual y en cada uno de sus ejes principales independientemente, si se desea realizar la comprobación de pandeo, se desea considerar la estructura traslacional, intraslacional o se desea fijar manualmente su factor de longitud de pandeo β (factor que al multiplicarlo por la longitud de la barra se obtiene la longitud de pandeo), tal como se recoge en el LISTADO DE OPCIONES.

Si se deshabilita la comprobación de pandeo en un determinado plano de pandeo de una barra, no se realiza la comprobación especificada anteriormente en dicho plano. El factor reductor de pandeo de una barra, χ_r , será el menor de los factores de pandeo correspondientes a los dos planos principales de la barra.

Si se fija el factor de longitud de pandeo ' β ' de una barra, se considerará que para esa barra la estructura es traslacional cuando β sea mayor o igual que 1,0, e intraslacional en caso contrario.

La formulación para el cálculo de los coeficientes de pandeo es la recogida en Código Estructural, y es la siguiente:

El cálculo del factor de pandeo β en cada uno de los planos principales de las barras, en función de los factores de empotramiento η_1 (en la base del pilar) y η_2 (en su cabeza) es (cuando no es fijado por el usuario).

- Estructuras traslacionales:

$$\beta = \frac{L_k}{L} = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1 - 0,8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0,60 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}}$$

- Estructuras intraslacionales:

$$\beta = \frac{L_k}{L} = \frac{1 + 0,145 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,265 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{2 - 0,364 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,247 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}$$

donde ' β ' es el factor de pandeo, L_k la longitud de pandeo y L la longitud del pilar, o distancia entre sus dos nudos extremos.



Para secciones constantes y axil constante, la esbeltez reducida es

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I$$

El factor reductor de pandeo de una barra, χ , se calcula de acuerdo con 6.3. Anejo 22 del Código Estructural.

Estado límite último de rotura

La comprobación a rotura de las barras, sometidas a la acción de las cargas mayoradas, se desarrolla de la siguiente forma:

Descomposición de la barra en secciones y cálculo en cada uno de ellas de los valores de momentos flectores, cortantes, axil de compresión y axil de tracción.

- Cálculo de la tensión combinada en las siguientes secciones:

Sección de máxima compresión

Sección de máxima tracción

Sección de máximo momento flector según el eje Yp

Sección de máximo momento flector según el eje Zp

Sección de mayor tensión tangencial combinada

Sección de mayor tensión combinada, que puede coincidir con alguna de las anteriores, aunque no necesariamente.

- Obtención de las seis combinaciones de solicitaciones más desfavorables para otras tantas secciones de la barra.

Resistencia de las secciones

La capacidad resistente de las secciones depende de su clase. Para secciones de clase 1 y 2 la distribución de tensiones se escogerá atendiendo a criterios plásticos (en flexión se alcanza el límite elástico en todas las fibras de la sección). Para las secciones de clase 3 la distribución seguirá un criterio elástico (en flexión se alcanza el límite elástico sólo en las fibras extremas de la sección) y para secciones de clase 4 este mismo criterio se establecerá sobre la sección eficaz.

En todos los casos, se considera $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$, salvo que se indique lo contrario.

- Resistencia de las secciones a tracción. Se cumplirá:

$$N_{t,Ed} \leq N_{t,Rd}$$

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

- Resistencia de las secciones a corte. En ausencia de torsión, se considera la resistencia plástica:

$$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

siendo A_v el área resistente a cortante, que el programa toma de la base de datos de perfiles.

- Resistencia de las secciones a compresión sin pandeo. Se cumplirá

$$N_{c,Ed} \leq N_{c,Rd}$$

La resistencia de la sección, será, para secciones clase 1, 2 o 3:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

Para secciones clase 4:

$$N_{c,Rd} = N_{u,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

- Resistencia de las secciones a flexión. Se cumplirá

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$$

La resistencia plástica de la sección bruta, para secciones de clase 1 o 2, será

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd}$$

La resistencia elástica de la sección bruta, para secciones de clase 3, será

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = W_{el} \cdot f_{yd}$$

La resistencia elástica de la sección eficaz, para secciones de clase 4 será

$$M_{c,Rd} = M_{0,Rd} = W_{ef} \cdot f_{yd}$$



■ Resistencia de las secciones a torsión

Deberán considerarse las tensiones tangenciales debidas al torsor uniforme, $\tau_{t,Ed}$, así como las tensiones normales $\sigma_{w,Ed}$ y tangenciales $\tau_{w,Ed}$ debidas al bimomento y al esfuerzo torsor de torsión de alabeo.

En ausencia de cortante, se considera:

$$T_{Ed} \leq T_{c,Rd}$$

$$T_{c,Rd} = W_T \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

siendo W_T el módulo resistente a torsión, que el programa toma de la base de datos de perfiles.

Interacción de esfuerzos en secciones

■ **Flexión compuesta sin cortante ni pandeo.** Puede usarse, (de forma conservadora en clases 1 y 2)

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1 \quad (\text{secciones de clase 1 y 2})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rdz}} \leq 1 \quad (\text{secciones de clase 3})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{u,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{0,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{0,Rdz}} \leq 1 \quad (\text{secciones de clase 4})$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

■ **Flexión y cortante.** Si $V_{Ed} > 0,5 \cdot V_{c,Rd}$, se comprobará que:

$$M_{Ed} \leq M_{V,Rd}$$

$$M_{V,Rd} = \left(W_{pl} - \frac{\rho \cdot A_V^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot f_{yd} \not\geq M_{0,Rd} \quad \text{para secciones I o H con flexión y cortante en el plano del alma}$$

$$M_{V,Rd} = W_{pl} \cdot (1 - \rho) \cdot f_{yd} \not\geq M_{0,Rd} \quad \text{para el resto de casos}$$

$$\rho = \left(2 \cdot \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$$

■ **Flexión, axil y cortante sin pandeo.** Si $V_{Ed} < 0,5 \cdot V_{c,Rd}$, basta considerar el caso 'Flexión compuesta sin cortante ni pandeo'. En caso contrario, se utilizará también dicho caso, pero el área de cortante se multiplicará por $(1 - \rho)$, tomando ρ del caso anterior.

■ **Cortante y torsión.** En la resistencia a cortante se empleará la resistencia plástica a cortante reducida por la existencia de tensiones tangenciales de torsión uniforme:

$$V_{c,Rd} \leq V_{pl,T,Rd}$$

En secciones huecas cerradas:

$$V_{pl,T,Rd} = \left(1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{f_{yd} / \sqrt{3}} \right) \cdot V_{pl,Rd}$$

Resistencia de las barras

■ Compresión y pandeo. Se cumplirá que

$$N_{c,Rd} \leq N_{pl,Rd}$$

$$N_{c,Rd} \leq N_{b,Rd}$$

La resistencia a pandeo por flexión en compresión centrada puede calcularse con:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$



■ Compresión y flexión con pandeo

Las expresiones aquí reproducidas corresponden al criterio de ejes del Código Estructural, cuya correspondencia con los ejes principales de *Tricalc* es:

Eje	DB	Tricalc
Longitudinal de la barra	X	Xp
Paralelo a las alas	Y	Zp
Paralelo al alma	Z	Yp

Se comprobará:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \right) \gamma_{M1} \leq 1$$

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \right) \gamma_{M1} \leq 1$$

Ver el apartado 6.3.3. Anejo 22 del Código Estructural para más información.

Estado límite de servicio de deformación

De acuerdo con el CTE DB SE y del Código Estructural, se comprueba la máxima deformación vertical (flecha) de vigas y diagonales referente a:

- Flecha producida por las sobrecargas con las combinaciones características.
- Flecha producida por toda la carga con las combinaciones casi permanentes.

Estado límite último de abolladura del alma

Se realiza la comprobación de abolladura del alma por cortante de acuerdo con el anejo 25 del Código Estructural, considerando la pieza de alma llena. El programa indica, caso de ser necesario, la distancia y espesor de los rigidizadores transversales a disponer para así cumplir esta comprobación.

Estado límite último de pandeo lateral de vigas

Esta comprobación es opcional en *Tricalc* y sólo se realiza en vigas y diagonales.

Se comprobará que $M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$. En el caso de barras traccionadas y flectadas, el momento M_{Ed} podrá sustituirse por $M_{ef,Ed}$ para esta comprobación de acuerdo con la expresión:

$$M_{ef,Ed} = W \cdot [M_{Ed}/W - N_{t,Ed}/A]$$

El momento resistente de pandeo lateral será:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_z \cdot f_y / \gamma_{M1}$$

siendo W_z el módulo resistente de la sección, según su clase y χ_{LT} el factor reductor por pandeo lateral. El programa calcula e indica el coeficiente de seguridad a pandeo lateral ($M_{Ed} / M_{b,Rd}$).

Caso particular de las secciones de inercia variable: cartelas

Estado límite de rotura

Para el estado límite de rotura, se parte de las solicitaciones existentes en cada sección, que fueron calculadas suponiendo que cada cartela secundaria es de sección constante de valor la de la sección en su punto medio. A partir de dichos esfuerzos, se realizan las comprobaciones indicadas anteriormente utilizando las características geométricas del perfil real en cada sección de estudio (es decir, considerándola como una sección de inercia variable).

Estado límite de pandeo

Para el cálculo de la longitud de pandeo, la esbeltez λ y el coeficiente reductor de pandeo χ , se considera la cartela primaria como una barra única con una sección equivalente de acuerdo con el artículo '6.3.2.3 Barras de sección variable' de la norma CTE DB SE-A. En la función de retocado de resultados de pandeo se utilizarán también estos criterios para el cálculo de la longitud, factor de pandeo β , esbeltez λ y coeficiente reductor de pandeo χ .

Estado límite de deformación

Para el cálculo del estado límite de deformación, se estudia cada cartela secundaria por separado y considerándola de sección constante.



RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA

El CTE DB SI es el Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio del Código Técnico de la Edificación para uso NO industrial. En este documento se determina la resistencia al fuego que ha de tener la estructura (para uso no industrial)

Si el uso es industrial, es el RD 2267, Reglamento de Seguridad Contra incendios en Establecimientos Industriales el que determina la resistencia al fuego necesaria para la estructura.

Generalidades

Un incendio en un edificio afecta a su estructura de dos formas diferentes:

- Se modifica de forma importante la capacidad mecánica de los elementos estructurales.
- Aparecen acciones indirectas que dan lugar a tensiones que se suman a las debidas a otras acciones.

En el programa, de acuerdo con el anejo 23 del Código Estructural, se utilizan únicamente métodos simplificados que sólo recogen el estudio de la resistencia al fuego de los elementos estructurales individuales ante la curva normalizada tiempo / temperatura.

Con los métodos simplificados indicados en esta memoria no es necesario tener en cuenta las acciones indirectas derivadas del incendio. Es decir, con el método simplificado propuesto en el anejo 23, el incendio no supone una modificación de los esfuerzos de diseño sino una reducción de la capacidad resistente, siendo suficiente comprobar que dicha pérdida permite al elemento resistir el tiempo necesario sin que se colapse.

Determinación de los efectos de las acciones durante el incendio

De acuerdo con el artículo 2.4.2. del anejo 23 del Código Estructural, se puede estimar el efecto de las acciones de cálculo en situación de incendio a partir del efecto de las acciones de cálculo a temperatura normal, como:

$$E_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot E_d$$

Siendo

E_d	es el efecto de las acciones a temperatura normal de acuerdo con las situaciones persistentes o transitorias ;
$E_{fi,d}$	es el efecto de las acciones en situación de incendio;
η_{fi}	factor de reducción o nivel de carga en situación de incendio.

En *Tricalc*, η_{fi} se define en las opciones de comprobación a fuego (ver el Informe de COMPROBACIÓN A FUEGO). Como simplificación, en el Código Estructural se indica que puede usarse el valor $\eta_{fi} = 0,65$, excepto para áreas de almacenamiento, donde se recomienda un valor de 0,7.

Determinación de la resistencia al fuego

Los valores de los coeficientes de minoración del material en situación de incendio deben tomarse como

$$\gamma_{M,fi} = 1$$

En la utilización de algunas tablas de especificaciones de hormigón y acero se considera el coeficiente de sobredimensionado μ_0 , definido como:

$$\mu_0 = E_{fi,d} / R_{fi,d,0}$$

Siendo

$R_{fi,d,0}$	resistencia del elemento estructural en situación de incendio en el instante inicial $t=0$, a temperatura normal.
--------------	--

Cálculo de la temperatura del acero

El cálculo se realiza de forma incremental. Se supone que tanto el acero como el ambiente se encuentran al principio a 20°C. Pasado un determinado incremento de tiempo (que en *Tricalc* es de 5 s) se calcula con la curva normalizada tiempo-temperatura la temperatura del gas que rodea al elemento. Con el ambiente a esa temperatura y el acero a 20°C se calcula el flujo de calor, alcanzándose otra temperatura en el acero al cabo de ese incremento de tiempo. A partir de aquí se considera otro incremento para el que habrá una temperatura de gas. Con esta última temperatura y la temperatura del acero del paso anterior, se recalcula el flujo de calor y con ello una nueva temperatura en el acero. Y así sucesivamente hasta llegar al tiempo de resistencia a fuego deseado (si es R60, por ejemplo, 60 minutos). La curva normalizada tiempo-temperatura se define en el artículo B.2 del CTE DB SI, expresión (B.1):

$$\theta_g = 20 + 345 \cdot \log_{10} (8 \cdot t + 1)$$

Siendo

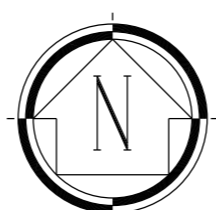
θ_g	temperatura del gas, en °C;
t	tiempo desde el inicio del incendio, en minutos.

TOMO II

CÁLCULO ESTRUCTURA

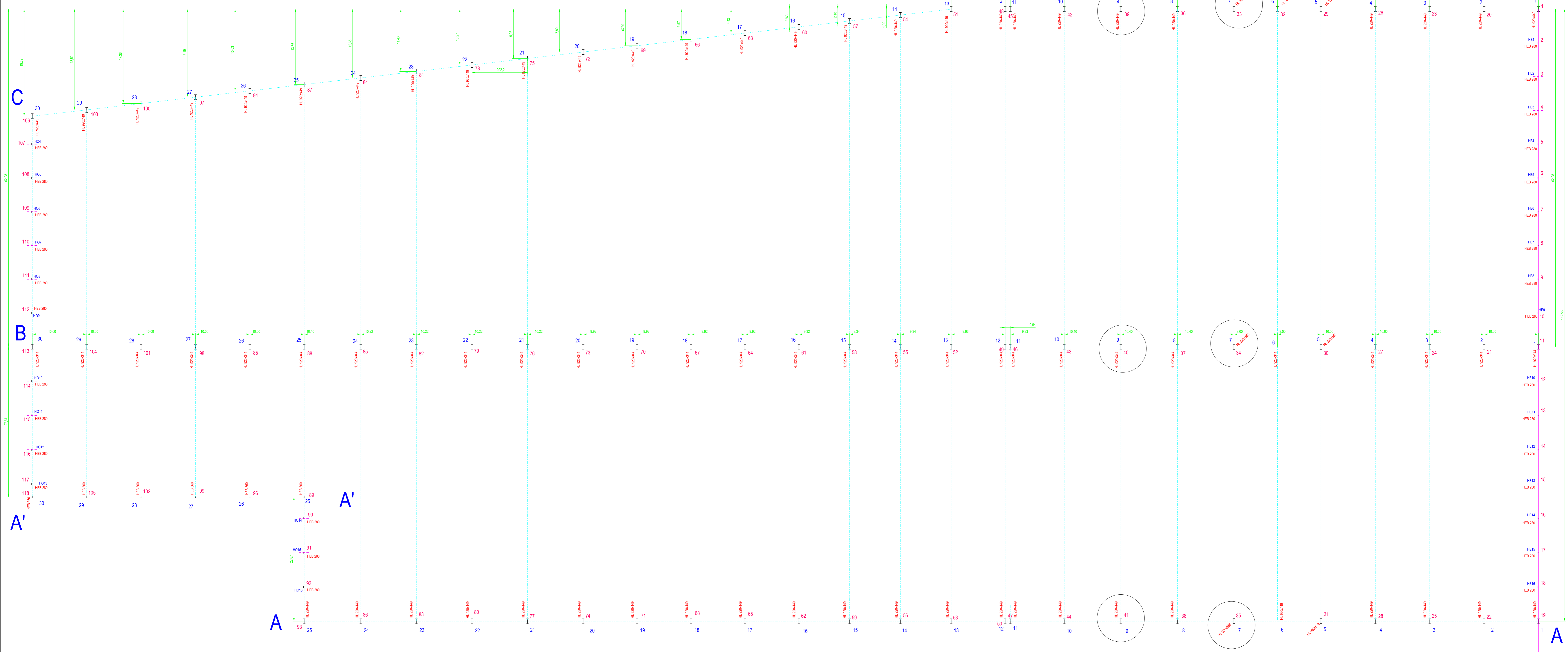
3.- PLANOS PARA SEGUIMIENTO LISTADOS.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "			
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González		
	<u>TITULO PLANO:</u>	TOMO II	FORMATO : A4	<u>PLANO Nº :</u>
		CÁLCULO ESTRUCTURA	ESCALA: <input type="text"/>	CE-33



Zg

C



C

B

A'

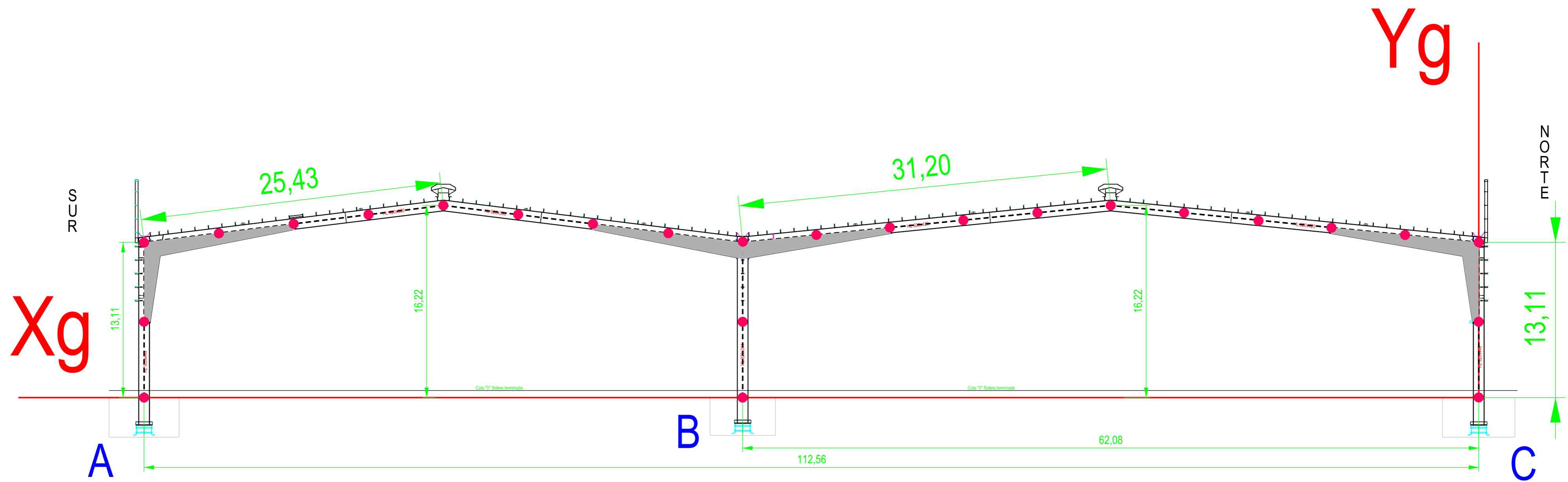
A

A'

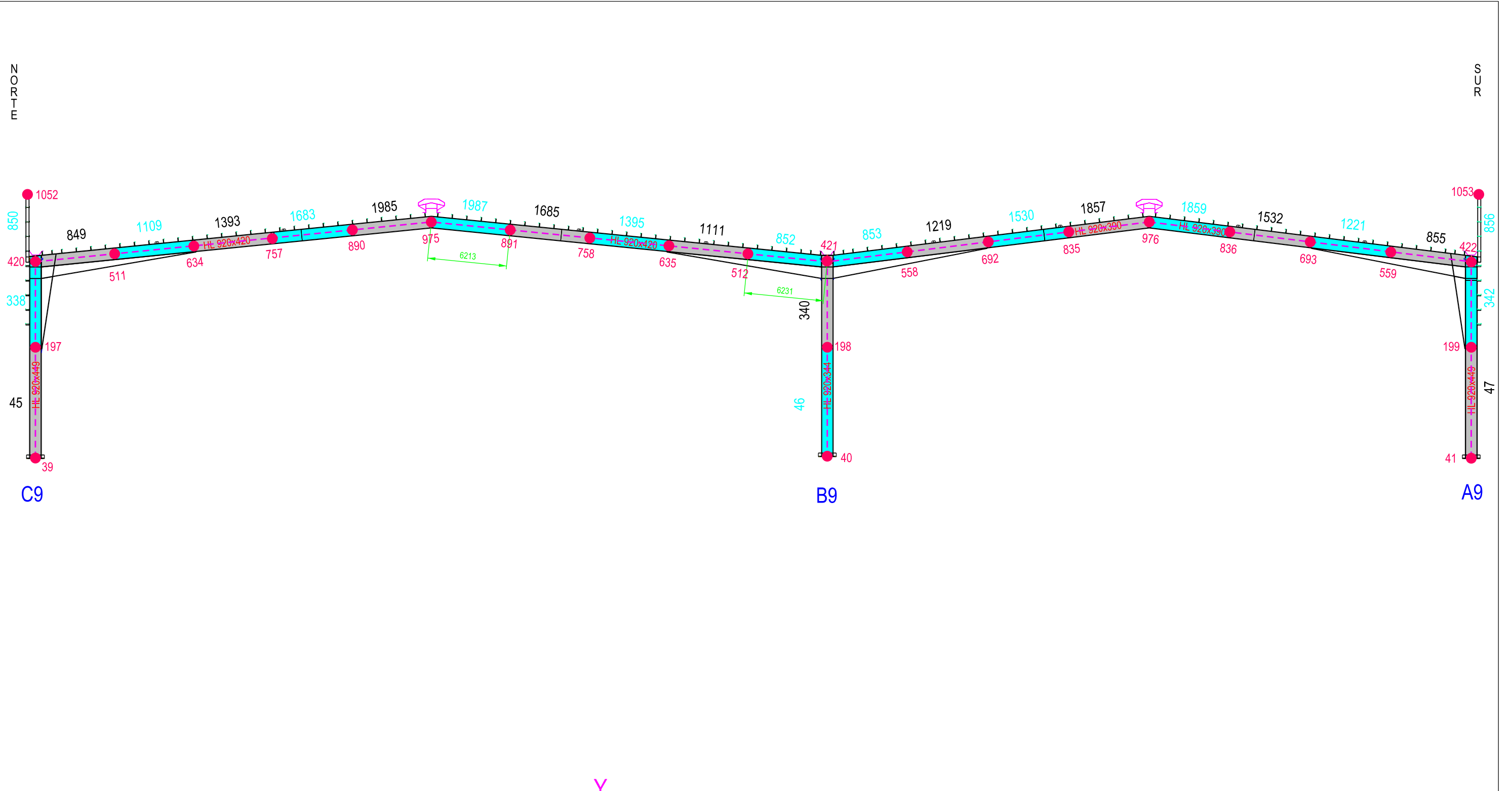
A

Xg

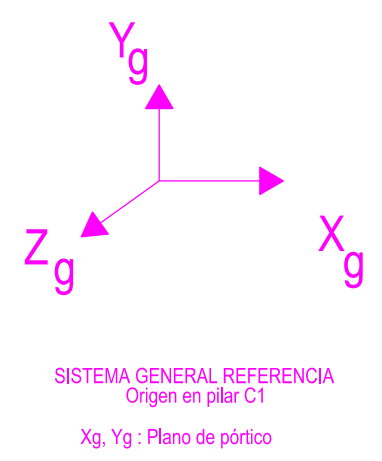
LEYENDA:		ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23		TRABAJO FINAL DE GRADO * Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azúcares en el T.M. de Vila-REAL (Castellón) *	
A23	NÚMERO PILAR PLANOS TALLER	Xg	EJE GENERAL X TRICALC	AUTOR:	Ramón Tercero Herreros
107	NÚMERO NUDO TRICALC	Zg	EJE GENERAL Z TRICALC	TUTOR:	D. Julián Alcalá González
				TÍTULO PLANO:	TOMO 9 CÁLCULO ESTRUCTURAL PLANTA COTA "0". Ejes Generales Xg, Zg
				FORMATO:	A0
				ESCALA:	1:200
				PLANO Nº:	CEM



LEYENDA:		ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
C	ALINEACIONES PILARES PLANOS TALLER		" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
---	EJES BARRAS TRICALC		AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
●	NUDOS TRICALC	TITULO PLANO: TOMO II CÁLCULO ESTRUCTURA		FORMATO: A2	
		SECCION TRANSVERSAL: NUDOS Y EJES, EJES GENERALES Xg, Yg		ESCALA: 1/250	
				PLANO Nº: CE-35	

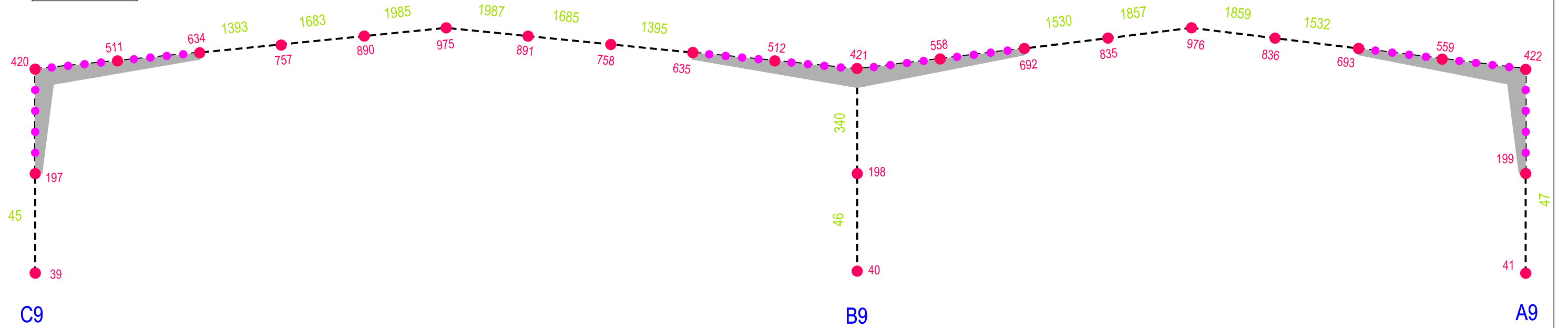


- 198 NUMERACION NUDOS TRICALC
- 67 NUMERACIÓN BARRAS TRICALC
- 49 NUMERACIÓN BARRAS TRICALC
- C9 DESIGNACIÓN PIEZA PLANOS TALLER



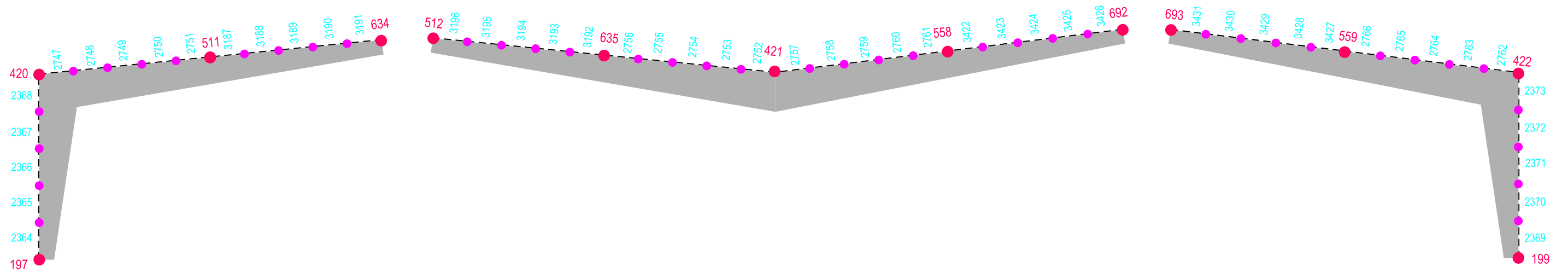
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: TOMO II CÁLCULO ESTRUCTURA		FORMATO: A3	PLANO Nº:
NUMERACIÓN NUDOS Y BARRAS PÓRTICO 9		ESCALA: 1/300	CE-36

PORTICO GENERAL



DETALLE NUMERACION BARRAS EN REFUERZOS

E 1/150



- 198 NUMERACION NUDOS TRICALC
- NUDOS REFUERZOS TRICALC
- 67 NUMERACIÓN BARRAS TRICALC
- 49 NUMERACIÓN BARRAS TRICALC (REFUERZOS)

C9 DESIGNACIÓN PIEZA PLANOS TALLER

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: TOMO II CÁLCULO ESTRUCTURA

FORMATO: A3

PLANO Nº:

NUMERACIÓN NUDOS Y BARRAS PÓRTICO 9. ZONA REFUERZOS

ESCALA: 1/300

CE-37

TOMO II

CÁLCULO ESTRUCTURA

4.- LISTADOS GEOMETRIA Y CARGAS PÓRTICO 9

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "			
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González		
	<u>TITULO PLANO:</u>	TOMO II	FORMATO : A4	<u>PLANO N° :</u>
		CÁLCULO ESTRUCTURA	ESCALA: <input type="text"/>	CE-38



LISTADO DE GEOMETRIA : GEOMETRIA PORTICO 9 BARRAS

PROYECTO:TFG

ESTRUCTURA:	CALC2I	DESP	XG-	(ESTRUCTURA	TFG	CALC2I)			
BARRA	NI	NF	L (cm)	CRECIMIENTO	TIPO UNIÓN	SERIE NOMBRE	Hmm	Bmm	beta
45	39	197	639,9	1 A EJE	R-R	_HL 920x449	948	423	180,00
46	40	198	639,9	1 A EJE	R-R	_HL 920x345	927	418	180,00
47	41	199	639,9	1 A EJE	R-R	_HL 920x449	948	423	180,00
338	197	420	671,0	1 A EJE	Cartela R-R	_HL 920x449	948	423	180,00
340	198	421	671,0	1 A EJE	R-R	_HL 920x345	927	418	180,00
342	199	422	671,0	1 A EJE	Cartela R-R	_HL 920x449	948	423	180,00
849	420	511	623,9	1 A EJE	Cartela R-R	_HL 920x420	943	422	0,00
850	420	1052	529,1	1 A EJE	R-R	_HE 260B	260	260	0,00
852	421	512	623,9	1 A EJE	Cartela R-R	_HL 920x420	943	422	0,00
853	421	558	635,8	1 A EJE	Cartela R-R	_HL 920x390	936	420	359,98
855	422	559	635,8	1 A EJE	Cartela R-R	_HL 920x390	936	420	0,00
856	422	1053	529,1	1 A EJE	R-R	_HE 260B	260	260	0,00
1109	511	634	623,9	1 A EJE	Cartela R-R	_HL 920x420	943	422	359,98
1111	512	635	623,9	1 A EJE	Cartela R-R	_HL 920x420	943	422	-179,98
1219	558	692	635,8	1 A EJE	Cartela R-R	_HL 920x390	936	420	359,98
1221	559	693	635,8	1 A EJE	Cartela R-R	_HL 920x390	936	420	-179,98
1393	634	757	623,9	1 A EJE	R-R	_HL 920x420	943	422	0,00
1395	635	758	623,9	1 A EJE	R-R	_HL 920x420	943	422	180,00
1530	692	835	635,8	1 A EJE	R-R	_HL 920x390	936	420	359,98
1532	693	836	635,8	1 A EJE	R-R	_HL 920x390	936	420	-179,98
1683	757	890	623,9	1 A EJE	R-R	_HL 920x420	943	422	359,98
1685	758	891	623,9	1 A EJE	R-R	_HL 920x420	943	422	-179,98
1857	835	976	635,8	1 A EJE	R-R	_HL 920x390	936	420	180,00
1859	836	976	635,8	1 A EJE	R-R	_HL 920x390	936	420	180,00
1985	890	975	623,9	1 A EJE	R-R	_HL 920x420	943	422	180,00
1987	891	975	623,9	1 A EJE	R-R	_HL 920x420	943	422	180,00
2364	197	1168	134,2	1 A EJE	R-R	_HL 920x449	1091	422	180,00
2365	1168	1169	134,2	1 A EJE	R-R	_HL 920x449	1292	422	180,00
2366	1169	1170	134,2	1 A EJE	R-R	_HL 920x449	1494	422	180,00
2367	1170	1171	134,2	1 A EJE	R-R	_HL 920x449	1695	422	180,00
2368	420	1171	134,2	1 A EJE	R-R	_HL 920x449	1896	422	-180,00
2369	199	1172	134,2	1 A EJE	R-R	_HL 920x449	1091	422	180,00
2370	1172	1173	134,2	1 A EJE	R-R	_HL 920x449	1292	422	180,00
2371	1173	1174	134,2	1 A EJE	R-R	_HL 920x449	1494	422	180,00
2372	1174	1175	134,2	1 A EJE	R-R	_HL 920x449	1695	422	180,00
2373	422	1175	134,2	1 A EJE	R-R	_HL 920x449	1896	422	-180,00
2747	420	1464	124,8	1 A EJE	R-R	_HL 920x420	1810	422	0,00
2748	1464	1465	124,8	1 A EJE	R-R	_HL 920x420	1723	422	0,00
2749	1465	1466	124,8	1 A EJE	R-R	_HL 920x420	1636	422	0,00
2750	1466	1467	124,8	1 A EJE	R-R	_HL 920x420	1548	422	0,00
2751	511	1467	124,8	1 A EJE	R-R	_HL 920x420	1461	422	-0,00
2752	421	1468	124,8	1 A EJE	R-R	_HL 920x420	1810	422	0,00
2753	1468	1469	124,8	1 A EJE	R-R	_HL 920x420	1723	422	0,00
2754	1469	1470	124,8	1 A EJE	R-R	_HL 920x420	1636	422	0,00
2755	1470	1471	124,8	1 A EJE	R-R	_HL 920x420	1548	422	0,00
2756	512	1471	124,8	1 A EJE	R-R	_HL 920x420	1461	422	-0,00
2757	421	1472	127,2	1 A EJE	R-R	_HL 920x390	1819	420	359,98
2758	1472	1473	127,2	1 A EJE	R-R	_HL 920x390	1730	420	359,98
2759	1473	1474	127,2	1 A EJE	R-R	_HL 920x390	1641	420	359,98
2760	1474	1475	127,2	1 A EJE	R-R	_HL 920x390	1551	420	359,98
2761	558	1475	127,2	1 A EJE	R-R	_HL 920x390	1462	420	-359,98
2762	422	1476	127,2	1 A EJE	R-R	_HL 920x390	1819	420	0,00
2763	1476	1477	127,2	1 A EJE	R-R	_HL 920x390	1730	420	0,00



GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23

TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

2764	1477	1478	127,2	1	A	EJE	R-R	_HL 920x390	1641	420	0,00
2765	1478	1479	127,2	1	A	EJE	R-R	_HL 920x390	1551	420	0,00
2766	559	1479	127,2	1	A	EJE	R-R	_HL 920x390	1462	420	-0,00
3187	511	1816	124,8	1	A	EJE	R-R	_HL 920x420	1374	422	359,98
3188	1816	1817	124,8	1	A	EJE	R-R	_HL 920x420	1287	422	359,98
3189	1817	1818	124,8	1	A	EJE	R-R	_HL 920x420	1200	422	359,98
3190	1818	1819	124,8	1	A	EJE	R-R	_HL 920x420	1113	422	359,98
3191	634	1819	124,8	1	A	EJE	R-R	_HL 920x420	1026	422	-359,98
3192	512	1820	124,8	1	A	EJE	R-R	_HL 920x420	1374	422	-179,98
3193	1820	1821	124,8	1	A	EJE	R-R	_HL 920x420	1287	422	-179,98
3194	1821	1822	124,8	1	A	EJE	R-R	_HL 920x420	1200	422	-179,98
3195	1822	1823	124,8	1	A	EJE	R-R	_HL 920x420	1113	422	-179,98
3196	635	1823	124,8	1	A	EJE	R-R	_HL 920x420	1026	422	179,98
3422	558	2004	127,2	1	A	EJE	R-R	_HL 920x390	1373	420	359,98
3423	2004	2005	127,2	1	A	EJE	R-R	_HL 920x390	1284	420	359,98
3424	2005	2006	127,2	1	A	EJE	R-R	_HL 920x390	1195	420	359,98
3425	2006	2007	127,2	1	A	EJE	R-R	_HL 920x390	1105	420	359,98
3426	692	2007	127,2	1	A	EJE	R-R	_HL 920x390	1016	420	-359,98
3427	559	2008	127,2	1	A	EJE	R-R	_HL 920x390	1373	420	-179,98
3428	2008	2009	127,2	1	A	EJE	R-R	_HL 920x390	1284	420	-179,98
3429	2009	2010	127,2	1	A	EJE	R-R	_HL 920x390	1195	420	-179,98
3430	2010	2011	127,2	1	A	EJE	R-R	_HL 920x390	1105	420	-179,98
3431	693	2011	127,2	1	A	EJE	R-R	_HL 920x390	1016	420	179,98



LISTADO DE GEOMETRIA NUDOS PORTICO 9

PROYECTO : TFG
ESTRUCTURA: CALC2I DESP XG- (ESTRUCTURA TFG CALC2I)

NUDOS

NUDO	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)	TIPO
39	0,00	0,00	7680,00	xyzxyz
40	6208,00	0,00	7680,00	xyzxyz
41	11256,00	0,00	7680,00	xyzxyz
197	0,00	639,90	7680,00	_____
198	6208,00	639,90	7680,00	_____
199	11256,00	639,90	7680,00	_____
420	0,00	1310,90	7680,00	_____
421	6208,00	1310,90	7680,00	_____
422	11256,00	1310,90	7680,00	_____
511	620,80	1373,20	7680,00	_____
512	5587,20	1373,20	7680,00	_____
558	6839,00	1388,80	7680,00	_____
559	10625,00	1388,80	7680,00	_____
634	1241,60	1435,50	7680,00	_____
635	4966,40	1435,50	7680,00	_____
692	7470,00	1466,60	7680,00	_____
693	9994,00	1466,60	7680,00	_____
757	1862,40	1497,70	7680,00	_____
758	4345,60	1497,70	7680,00	_____
835	8101,00	1544,50	7680,00	_____
836	9363,00	1544,50	7680,00	_____
890	2483,20	1560,00	7680,00	_____
891	3724,80	1560,00	7680,00	_____
975	3104,00	1622,30	7680,00	_____
976	8732,00	1622,30	7680,00	_____
1052	0,00	1840,00	7680,00	_____
1053	11256,00	1840,00	7680,00	_____
1168	0,00	774,10	7680,00	_____
1169	0,00	908,30	7680,00	_____
1170	0,00	1042,50	7680,00	_____
1171	0,00	1176,70	7680,00	_____
1172	11256,00	774,10	7680,00	_____
1173	11256,00	908,30	7680,00	_____
1174	11256,00	1042,50	7680,00	_____
1175	11256,00	1176,70	7680,00	_____
1464	124,16	1323,36	7680,00	_____
1465	248,32	1335,82	7680,00	_____
1466	372,48	1348,28	7680,00	_____
1467	496,64	1360,74	7680,00	_____
1468	6083,84	1323,36	7680,00	_____
1469	5959,68	1335,82	7680,00	_____
1470	5835,52	1348,28	7680,00	_____
1471	5711,36	1360,74	7680,00	_____
1472	6334,20	1326,48	7680,00	_____
1473	6460,40	1342,06	7680,00	_____
1474	6586,60	1357,64	7680,00	_____
1475	6712,80	1373,22	7680,00	_____
1476	11129,80	1326,48	7680,00	_____
1477	11003,60	1342,06	7680,00	_____
1478	10877,40	1357,64	7680,00	_____
1479	10751,20	1373,22	7680,00	_____
1816	744,96	1385,66	7680,00	_____
1817	869,12	1398,12	7680,00	_____
1818	993,28	1410,58	7680,00	_____
1819	1117,44	1423,04	7680,00	_____



1820	5463,04	1385,66	7680,00	_____
1821	5338,88	1398,12	7680,00	_____
1822	5214,72	1410,58	7680,00	_____
1823	5090,56	1423,04	7680,00	_____
2004	6965,20	1404,36	7680,00	_____
2005	7091,40	1419,92	7680,00	_____
2006	7217,60	1435,48	7680,00	_____
2007	7343,80	1451,04	7680,00	_____
2008	10498,80	1404,36	7680,00	_____
2009	10372,60	1419,92	7680,00	_____
2010	10246,40	1435,48	7680,00	_____
2011	10120,20	1451,04	7680,00	_____



LISTADO DE CARGAS PORTICO 9

PROYECTO : TFG
ESTRUCTURA: CALC2I DESP XG- (ESTRUCTURA TFG CALC2I)

BARRA	CARGA	a (cm)	l (cm)	Dirección	HIP	Id
45	QC (kg/m)	449		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
45	QC (kg/m)	115		(-1,00,+0,00,+0,00)	3	W1
45	QC (kg/m)	853		(+1,00,+0,00,+0,00)	4	W2
45	QC (kg/m)	1072		(-1,00,+0,00,+0,00)	25	W3
45	QC (kg/m)	1072		(-1,00,+0,00,+0,00)	26	W4
45	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21	T
46	QC (kg/m)	345		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
46	TEMP (øC)	10-	10	YPrincipal	21	T
47	QC (kg/m)	449		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
47	QC (kg/m)	853		(-1,00,+0,00,+0,00)	3	W1
47	QC (kg/m)	115		(+1,00,+0,00,+0,00)	4	W2
47	QC (kg/m)	1072		(+1,00,+0,00,+0,00)	25	W3
47	QC (kg/m)	1072		(+1,00,+0,00,+0,00)	26	W4
47	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21	T
338	QC (kg/m)	449		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
338	QC (kg/m)	265		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
338	QC (kg/m)	115		(-1,00,+0,00,+0,00)	3	W1
338	QC (kg/m)	853		(+1,00,+0,00,+0,00)	4	W2
338	QC (kg/m)	1072		(-1,00,+0,00,+0,00)	25	W3
338	QC (kg/m)	1072		(-1,00,+0,00,+0,00)	26	W4
338	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21	T
340	QC (kg/m)	345		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
340	TEMP (øC)	10-	10	YPrincipal	21	T
342	QC (kg/m)	449		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
342	QC (kg/m)	265		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
342	QC (kg/m)	853		(-1,00,+0,00,+0,00)	3	W1
342	QC (kg/m)	115		(+1,00,+0,00,+0,00)	4	W2
342	QC (kg/m)	1072		(+1,00,+0,00,+0,00)	25	W3
342	QC (kg/m)	1072		(+1,00,+0,00,+0,00)	26	W4
342	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21	T
849	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
849	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
849	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22	S
849	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3	W1
849	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4	W2
849	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25	W3
849	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26	W4
849	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1	Q1
849	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21	T
850	QC (kg/m)	93		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
850	QC (kg/m)	265		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
850	QC (kg/m)	1456		(-1,00,+0,00,+0,00)	3	W1
850	QC (kg/m)	1456		(+1,00,+0,00,+0,00)	4	W2
850	QC (kg/m)	780		(-1,00,+0,00,+0,00)	25	W3
850	QC (kg/m)	780		(-1,00,+0,00,+0,00)	26	W4
850	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21	T
852	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
852	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
852	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22	S
852	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3	W1
852	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4	W2
852	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25	W3
852	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26	W4
852	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1	Q1
852	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21	T



853	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
853	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
853	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
853	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
853	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
853	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
853	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
853	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
853	TEMP (°C)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
855	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
855	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
855	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
855	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
855	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
855	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
855	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
855	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
855	TEMP (°C)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
856	QC (kg/m)	93		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
856	QC (kg/m)	265		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
856	QC (kg/m)	1456		(-1,00,+0,00,+0,00)	3 W1
856	QC (kg/m)	1456		(+1,00,+0,00,+0,00)	4 W2
856	QC (kg/m)	780		(+1,00,+0,00,+0,00)	25 W3
856	QC (kg/m)	780		(+1,00,+0,00,+0,00)	26 W4
856	TEMP (°C)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1109	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1109	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1109	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1109	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1109	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1109	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1109	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1109	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1109	TEMP (°C)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1111	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1111	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1111	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1111	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
1111	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
1111	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1111	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1111	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1111	TEMP (°C)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1219	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1219	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1219	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1219	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1219	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1219	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1219	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1219	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1219	TEMP (°C)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1221	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1221	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1221	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1221	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
1221	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
1221	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1221	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1221	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1221	TEMP (°C)	-5-	-5	YPrincipal	21 T



1393	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1393	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1393	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1393	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1393	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1393	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1393	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1393	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1393	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1395	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1395	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1395	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1395	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
1395	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
1395	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1395	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1395	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1395	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1530	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1530	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1530	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1530	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1530	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1530	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1530	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1530	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1530	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1532	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1532	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1532	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1532	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
1532	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
1532	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1532	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1532	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1532	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1683	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1683	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1683	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1683	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1683	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1683	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1683	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1683	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1683	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1685	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1685	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1685	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1685	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
1685	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
1685	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1685	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1685	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1685	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1857	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1857	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1857	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1857	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1857	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1857	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1857	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1857	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1857	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21 T



GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23

TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

1859	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
1859	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
1859	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22	S
1859	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3	W1
1859	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4	W2
1859	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25	W3
1859	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26	W4
1859	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1	Q1
1859	TEMP (°C)	-5-	-5	YPrincipal	21	T
1985	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
1985	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
1985	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22	S
1985	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3	W1
1985	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4	W2
1985	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25	W3
1985	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26	W4
1985	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1	Q1
1985	TEMP (°C)	-5-	-5	YPrincipal	21	T
1987	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
1987	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
1987	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22	S
1987	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3	W1
1987	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4	W2
1987	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25	W3
1987	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26	W4
1987	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1	Q1
1987	TEMP (°C)	-5-	-5	YPrincipal	21	T



LISTADO DE REACCIONES PORTICO 9

PROYECTO : TFG
 ESTRUCTURA: CALC2I DESP XG- (ESTRUCTURA TFG CALC2I)

Reacciones. Ejes generales, Acero, E.L.U., sin mayorar

NN	Pilar	Tipo	HIP	Id	Mx (mT)	My	Mz	Fx (T)	Fy	Fz
39	45	xyzxyz 0	G		-0,03	+0,00	-101,87	+23,59	+34,38	+0,00
39	45	xyzxyz 1	Q1		-0,14	-0,00	-63,59	+14,56	+12,97	-0,03
39	45	xyzxyz 3	W1		+3,72	-0,00	-59,47	+3,90	-5,57	+0,80
39	45	xyzxyz 4	W2		+3,76	+0,00	+94,95	-14,40	+2,06	+0,81
39	45	xyzxyz 21	T		+1,17	-0,00	+11,44	-1,45	-0,17	+0,29
39	45	xyzxyz 22	S		-0,16	-0,00	-63,79	+14,60	+13,00	-0,03
39	45	xyzxyz 25	W3		-2,81	+0,00	+118,62	-24,09	-29,98	-0,61
39	45	xyzxyz 26	W4		+3,94	+0,00	+117,90	-23,92	-29,87	+0,84
39	45	xyzxyz +	A		+4,61	+0,00	+23,61	+50,72	+57,69	+1,02
39	45	xyzxyz -	A		-3,01	-0,00	-245,85	-1,37	+0,00	-0,64
39	45	xyzxyz Mx+	13A		+4,61	+0,00	+22,89	-1,20	+4,40	+1,02
39	45	xyzxyz Mx-	65A		-3,01	+0,00	-59,66	+16,99	+19,98	-0,64
39	45	xyzxyz My+	2A		+3,74	+0,00	-6,92	+9,19	+36,44	+0,81
39	45	xyzxyz My-	73A		+4,22	-0,00	-230,87	+44,11	+44,28	+0,94
39	45	xyzxyz Mz+	11A		-2,14	+0,00	+23,61	-1,37	+4,30	-0,43
39	45	xyzxyz Mz-	58A		+1,95	-0,00	-245,85	+50,72	+53,12	+0,43
39	45	xyzxyz Fx+	58A		+1,95	-0,00	-245,85	+50,72	+53,12	+0,43
39	45	xyzxyz Fx-	11A		-2,14	+0,00	+23,61	-1,37	+4,30	-0,43
39	45	xyzxyz Fy+	61A		+1,98	+0,00	-153,20	+39,74	+57,69	+0,44
39	45	xyzxyz Fz+	13A		+4,61	+0,00	+22,89	-1,20	+4,40	+1,02
39	45	xyzxyz Fz-	65A		-3,01	+0,00	-59,66	+16,99	+19,98	-0,64
39	45	xyzxyz +	B		+4,63	+0,00	+23,52	+51,08	+57,71	+1,02
39	45	xyzxyz -	B		-3,03	-0,00	-248,32	-1,35	+0,00	-0,63
39	45	xyzxyz Mx+	13B		+4,63	+0,00	+22,69	-1,15	+4,42	+1,02
39	45	xyzxyz Mx-	65B		-3,03	+0,00	-59,65	+16,98	+19,98	-0,63
39	45	xyzxyz My+	2B		+3,77	+0,00	-7,05	+9,32	+36,45	+0,80
39	45	xyzxyz My-	73B		+4,26	-0,00	-232,83	+44,33	+44,29	+0,92
39	45	xyzxyz Mz+	11B		-2,15	+0,00	+23,52	-1,35	+4,29	-0,43
39	45	xyzxyz Mz-	58B		+1,97	-0,00	-248,32	+51,08	+53,13	+0,42
39	45	xyzxyz Fx+	58B		+1,97	-0,00	-248,32	+51,08	+53,13	+0,42
39	45	xyzxyz Fx-	11B		-2,15	+0,00	+23,52	-1,35	+4,29	-0,43
39	45	xyzxyz Fy+	61B		+2,00	+0,00	-154,88	+40,19	+57,71	+0,43
39	45	xyzxyz Fz+	13B		+4,63	+0,00	+22,69	-1,15	+4,42	+1,02
39	45	xyzxyz Fz-	65B		-3,03	+0,00	-59,65	+16,98	+19,98	-0,63
39	45	xyzxyz +	C		+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00
39	45	xyzxyz -	C		+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00	+0,00
39	45	xyzxyz +	D		+4,63	+0,00	+23,52	+51,08	+57,71	+1,02
39	45	xyzxyz -	D		-3,03	-0,00	-248,32	-1,35	+0,00	-0,63
39	45	xyzxyz Mx+	13D		+4,63	+0,00	+22,69	-1,15	+4,42	+1,02
39	45	xyzxyz Mx-	65D		-3,03	+0,00	-59,65	+16,98	+19,98	-0,63
39	45	xyzxyz My+	2D		+3,77	+0,00	-7,05	+9,32	+36,45	+0,80
39	45	xyzxyz My-	73D		+4,26	-0,00	-232,83	+44,33	+44,29	+0,92
39	45	xyzxyz Mz+	11D		-2,15	+0,00	+23,52	-1,35	+4,29	-0,43
39	45	xyzxyz Mz-	58D		+1,97	-0,00	-248,32	+51,08	+53,13	+0,42
39	45	xyzxyz Fx+	58D		+1,97	-0,00	-248,32	+51,08	+53,13	+0,42
39	45	xyzxyz Fx-	11D		-2,15	+0,00	+23,52	-1,35	+4,29	-0,43
39	45	xyzxyz Fy+	61D		+2,00	+0,00	-154,88	+40,19	+57,71	+0,43
39	45	xyzxyz Fz+	13D		+4,63	+0,00	+22,69	-1,15	+4,42	+1,02
39	45	xyzxyz Fz-	65D		-3,03	+0,00	-59,65	+16,98	+19,98	-0,63
40	46	xyzxyz 0	G		-1,38	+0,00	+40,45	-7,21	+45,80	-0,33
40	46	xyzxyz 1	Q1		-0,58	+0,00	+23,78	-4,23	+23,72	-0,14
40	46	xyzxyz 3	W1		+6,64	-0,00	-65,36	+7,72	-1,33	+1,60
40	46	xyzxyz 4	W2		+6,67	+0,00	+59,35	-6,67	-5,28	+1,61
40	46	xyzxyz 21	T		-0,41	+0,00	-0,72	+0,43	+0,46	-0,12
40	46	xyzxyz 22	S		-0,56	+0,00	+23,89	-4,25	+23,79	-0,14
40	46	xyzxyz 23	IMP		-0,00	-0,00	-0,00	+0,00	-0,00	-0,00
40	46	xyzxyz 25	W3		-4,41	-0,00	-55,28	+9,86	-54,79	-1,06
40	46	xyzxyz 26	W4		+7,55	-0,00	-54,58	+9,74	-54,65	+1,82
40	46	xyzxyz +	A		+6,17	+0,00	+128,40	+2,91	+86,66	+1,49
40	46	xyzxyz -	A		-6,72	-0,00	-25,34	-18,97	-8,98	-1,63
40	46	xyzxyz Mx+	4A		+6,17	-0,00	-14,13	+2,52	-8,84	+1,49
40	46	xyzxyz Mx-	79A		-6,72	+0,00	+13,33	-2,18	+19,79	-1,63
40	46	xyzxyz My+	76A		+4,36	+0,00	+127,97	-18,72	+69,30	+1,03
40	46	xyzxyz My-	1A		+5,27	-0,00	-24,90	+0,51	+44,47	+1,27
40	46	xyzxyz Mz+	62A		+4,61	+0,00	+128,40	-18,97	+69,02	+1,11



41	47	xyzxyz Mx+	73D	+4,61	+0,00	+34,35	-11,45	+41,98	+1,14
41	47	xyzxyz Mx-	3D	-2,47	-0,00	-9,12	-2,20	+5,53	-0,63
41	47	xyzxyz My+	62D	+3,81	+0,01	+213,18	-35,26	+38,50	+0,95
41	47	xyzxyz My-	11D	-1,76	-0,00	-15,69	-1,59	+5,36	-0,46
41	47	xyzxyz Mz+	62D	+3,81	+0,01	+213,18	-35,26	+38,50	+0,95
41	47	xyzxyz Mz-	7D	+4,47	-0,00	-27,34	+0,80	+29,59	+1,10
41	47	xyzxyz Fx+	7D	+4,47	-0,00	-27,34	+0,80	+29,59	+1,10
41	47	xyzxyz Fx-	61D	+2,59	+0,01	+211,36	-37,63	+44,97	+0,65
41	47	xyzxyz Fy+	58D	+2,64	+0,01	+107,74	-23,69	+47,16	+0,65
41	47	xyzxyz Fz+	73D	+4,61	+0,00	+34,35	-11,45	+41,98	+1,14
41	47	xyzxyz Fz-	3D	-2,47	-0,00	-9,12	-2,20	+5,53	-0,63

TOMO II

CÁLCULO ESTRUCTURA

5.- LEYES DE ESFUERZOS COMBINACIONES PÉSIMAS.
(Pórtico 9)

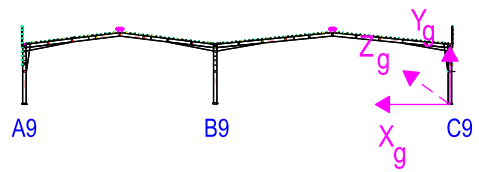
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> TOMO II	FORMATO: A4	<u>PLANO N°:</u>
	CÁLCULO ESTRUCTURA	ESCALA: <input type="text"/>	CE-50

ARRANQUE PILAR C9: PILAR 45 *** COMBINACIONES MÁS DESFAVORABLES ***

COMPRESIÓN MÁXIMA

Cálculo Estructura C2I (Invierno. Desplome global X_g^-)

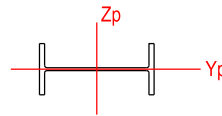
Combinación 61 (2): $1,35 G + 1,50 S + 1,05 Q1 + 0,90 W2$



FLEXIÓN z MÁXIMA

Cálculo Estructura C1V (Verano. Desplome global X_g^+)

Combinación 26 (2): $1,35 G + 1,50 T + 1,05 Q1 + 0,90 W1$

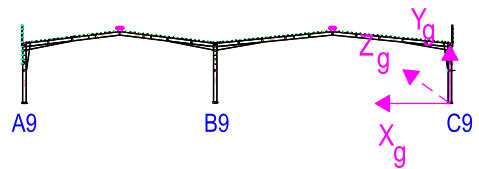


CABEZA PILAR C9 : PILAR 2368 *** COMBINACIONES MÁS DESFAVORABLES ***

COMPRESIÓN MÁXIMA

Cálculo Estructura C2I (Invierno. Desplome global X_g^-)

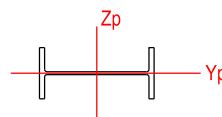
Combinación 61 (2): $1,35 G + 1,50 S + 1,05 Q1 + 0,90 W2$



FLEXIÓN z MÁXIMA

Cálculo Estructura C2I (Invierno. Desplome global X_g^-)

Combinación 56 (2): $1,35 G + 1,50 S + 1,05 Q1$



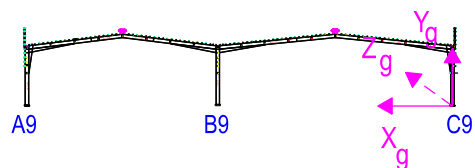
NOTA: El flector máximo del pilar se da en cabeza

EXTREMO DINTEL BC: VIGA 852 *** COMBINACIONES MÁS DESFAVORABLES ***

COMPRESIÓN MÁXIMA

Cálculo Estructura C2I (Invierno. Desplome global X_g^-)

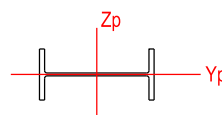
Combinación 61 (2): $1,35 G + 1,50 S + 1,05 Q1 + 0,90 W2$



FLEXIÓN z MÁXIMA

Cálculo Estructura C2I (Invierno. Desplome global X_g^-)

Combinación 70 (2): $1,35 G + 1,50 S + 1,05 Q1 + 1,50 T$



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO: TOMO II CÁLCULO ESTRUCTURA
PORTICO 9 COMBINACIONES PÉSIMAS

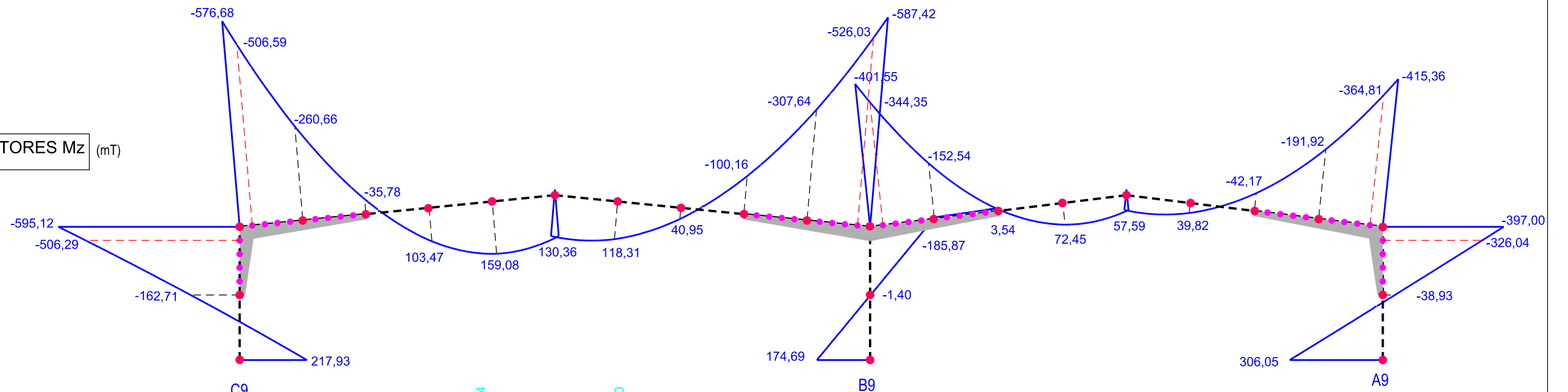
FORMATO: A4

ESCALA: 1/500

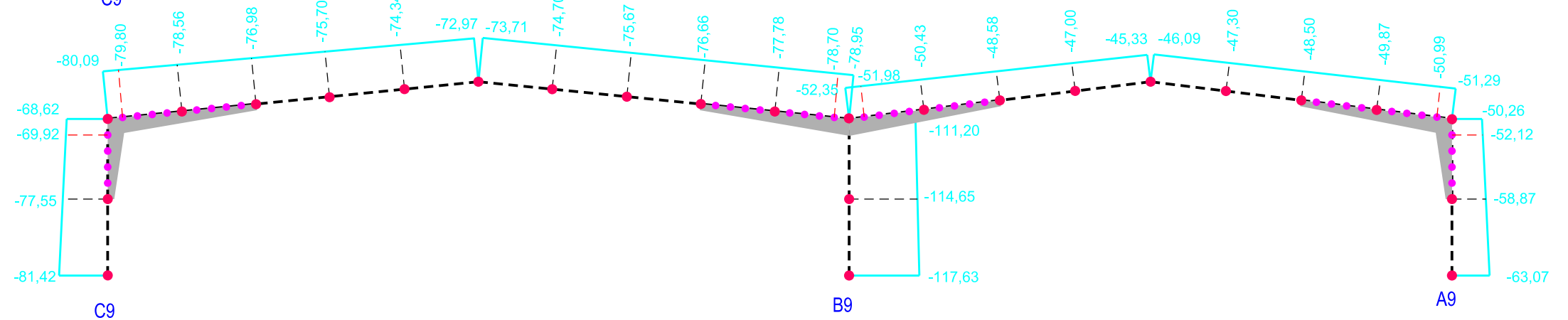
PLANO Nº:

CE-51

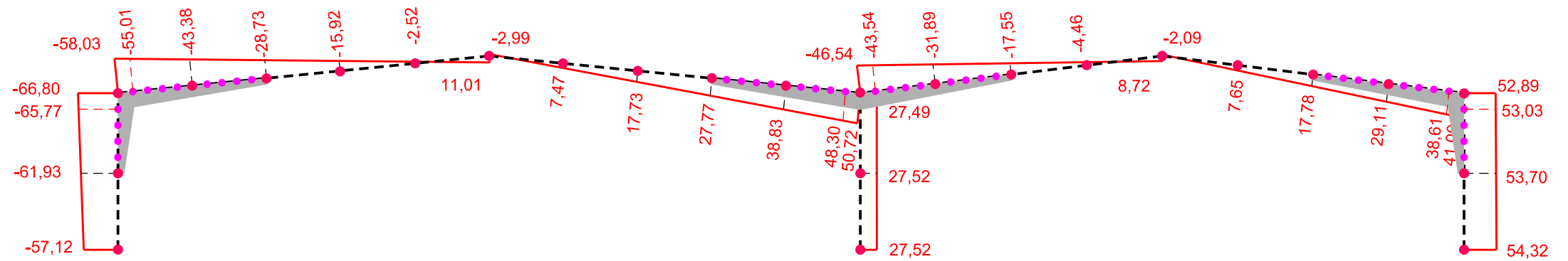
LEY DE MOMENTOS FLECTORES M_z (mT)



LEY DE AXILES (T)



LEY DE CORTANTES V_y (T)



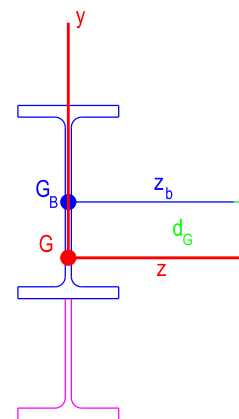
NOTA: Las gráficas de esfuerzos son las proporcionadas por el programa.

En las secciones reforzadas, habrá que tener en cuenta el descentramiento del cdg de la sección reforzada (G) respecto al cdg del perfil base (GB), ya que este último es el origen de cálculo de esfuerzos.

$$M_{z,Ed} = M_z + d_G N$$

G_B : cdg perfil base (sin refuerzo)
(es el utilizado en el cálculo de esfuerzos por el programa)

G : cdg perfil compuesto (con refuerzo)



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: TOMO II CÁLCULO ESTRUCTURA

FORMATO: A3

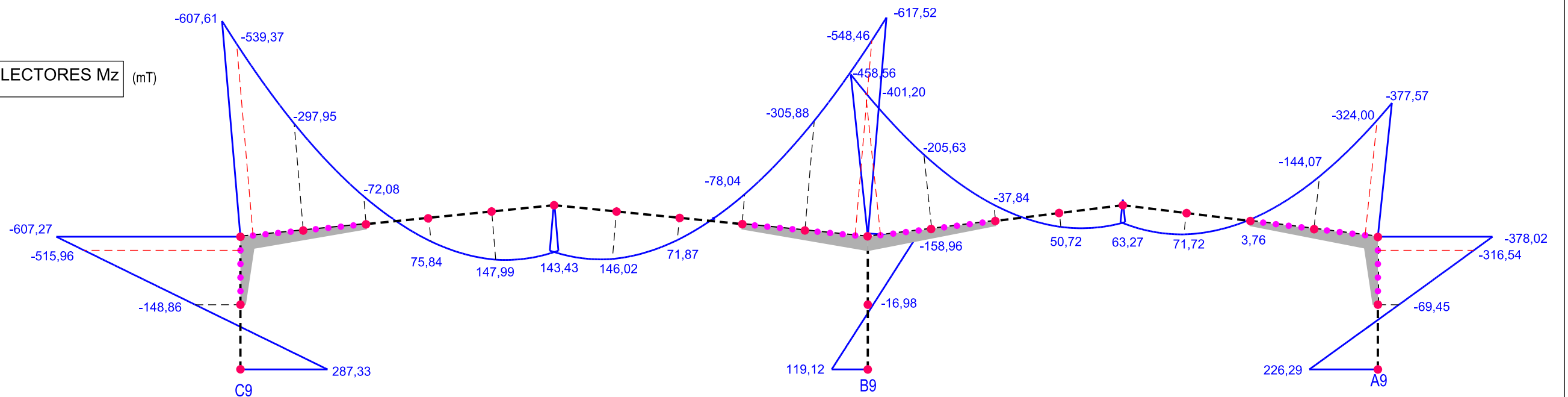
PLANO Nº:

COMBINACIONES PESIMAS PORTICO 9
CALC C2I COMBINACION 61 (compresión máxima en pilares y dinteles)

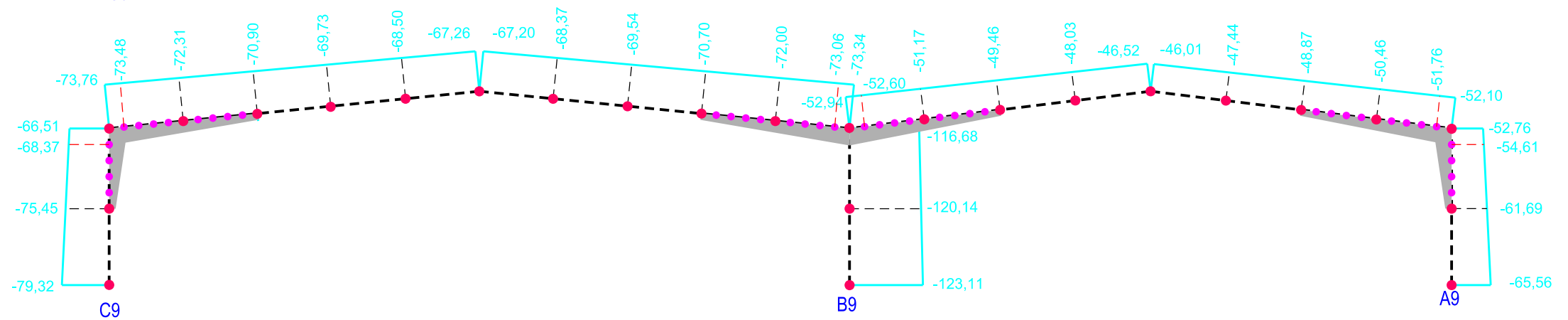
ESCALA: 1/450

CE-52

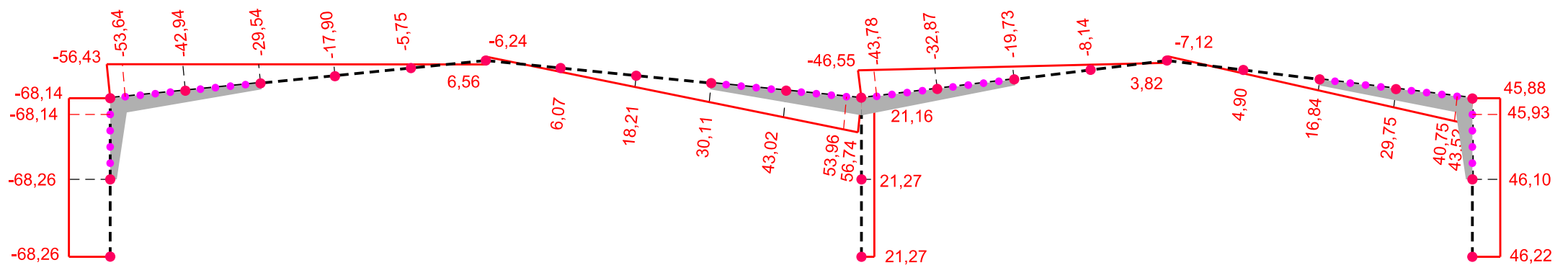
LEY DE MOMENTOS FLECTORES Mz (mT)



LEY DE AXILES (T)



LEY DE CORTANTES Vy (T)



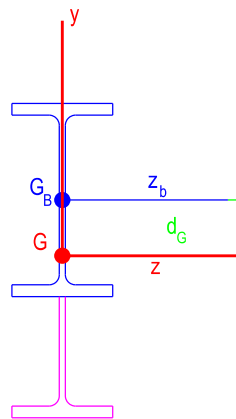
NOTA: Las gráficas de esfuerzos son las proporcionadas por el programa.

En las secciones reforzadas, habrá que tener en cuenta el descentramiento del cdg de la sección reforzada (G) respecto al cdg del perfil base (GB), ya que este último es el origen de cálculo de esfuerzos.

$$M_{z,Ed} = M_z + d_G N$$

G_B : cdg perfil base (sin refuerzo)
(es el utilizado en el cálculo de esfuerzos por el programa)

G : cdg perfil compuesto (con refuerzo)



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

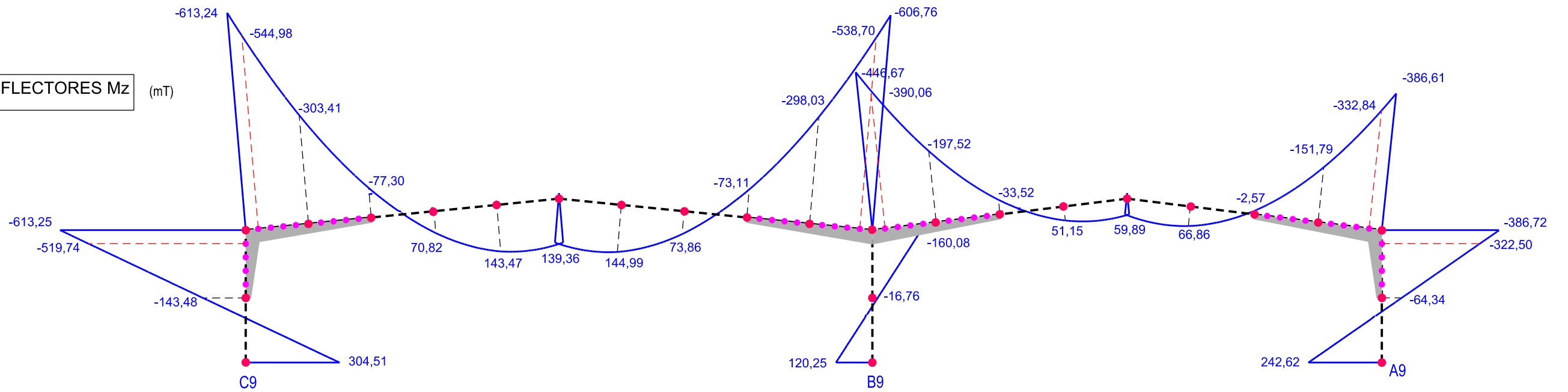
TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: TOMO II CÁLCULO ESTRUCTURA
COMBINACIONES PESIMAS PORTICO 9
CALC C2I COMBINACION 70 (flexión z máxima en dinteles)

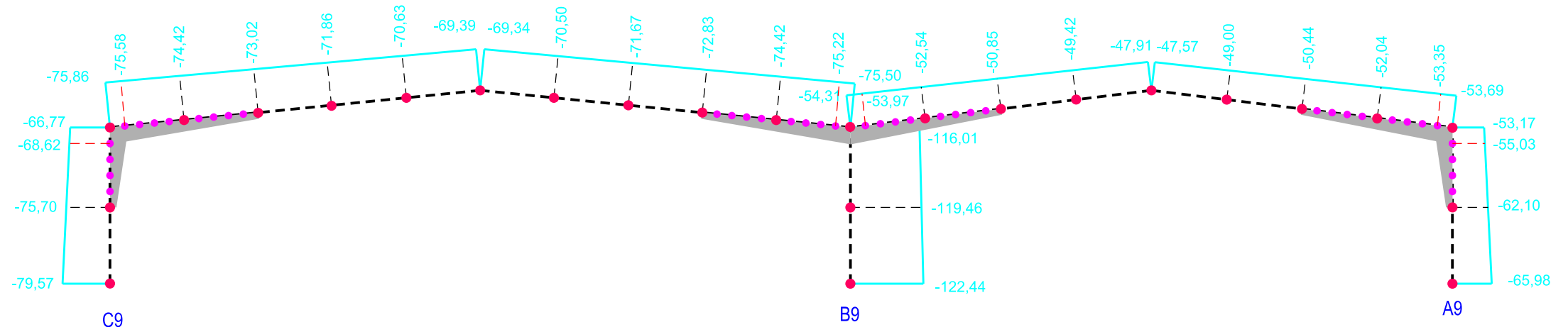
FORMATO: A3
ESCALA: 1/450

PLANO Nº: CE-53

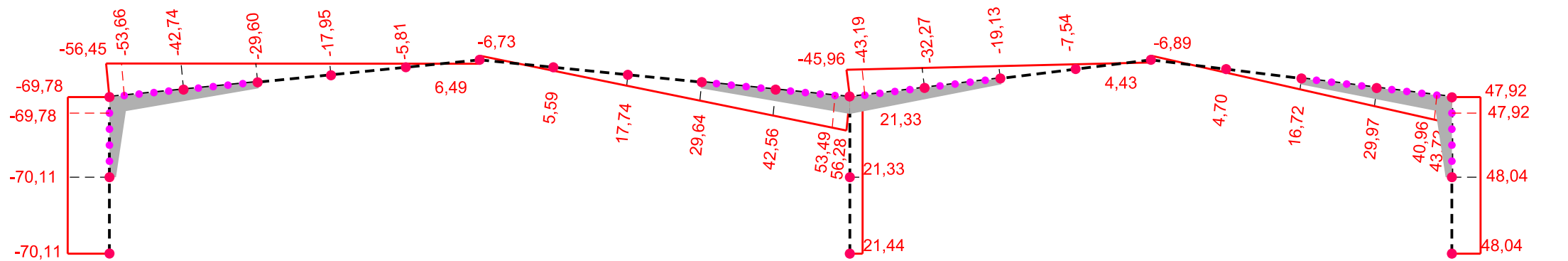
LEY DE MOMENTOS FLECTORES Mz (mT)



LEY DE AXILES (T)



LEY DE CORTANTES Vy (T)



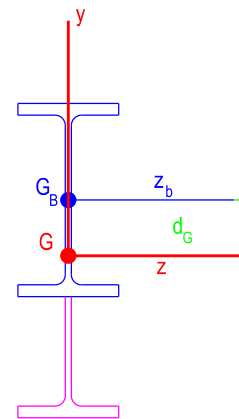
NOTA: Las gráficas de esfuerzos son las proporcionadas por el programa.

En las secciones reforzadas, habrá que tener en cuenta el descentramiento del cdg de la sección reforzada (G) respecto al cdg del perfil base (GB), ya que este último es el origen de cálculo de esfuerzos.

$$M_{z,Ed} = M_z + d_G N$$

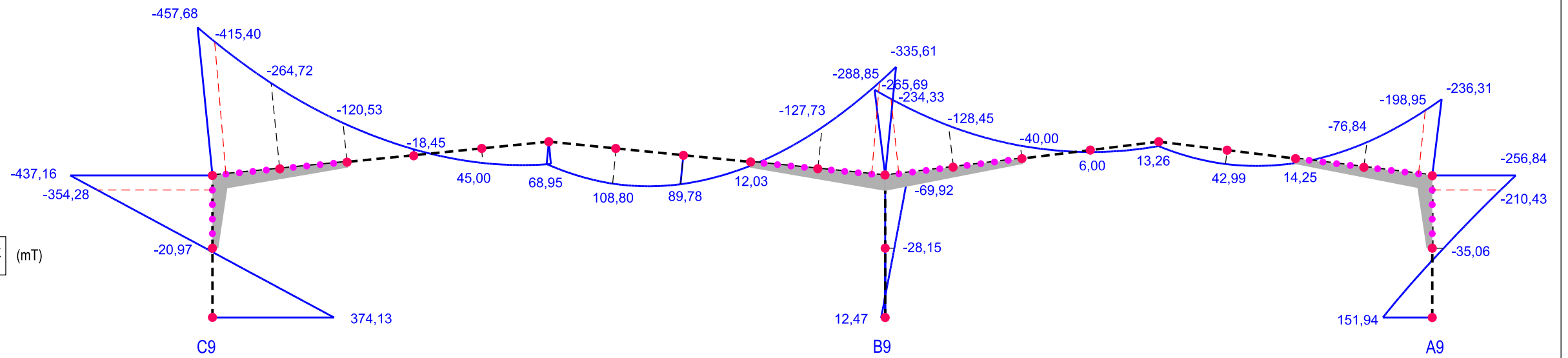
G_B : cdg perfil base (sin refuerzo)
(es el utilizado en el cálculo de esfuerzos por el programa)

G : cdg perfil compuesto (con refuerzo)

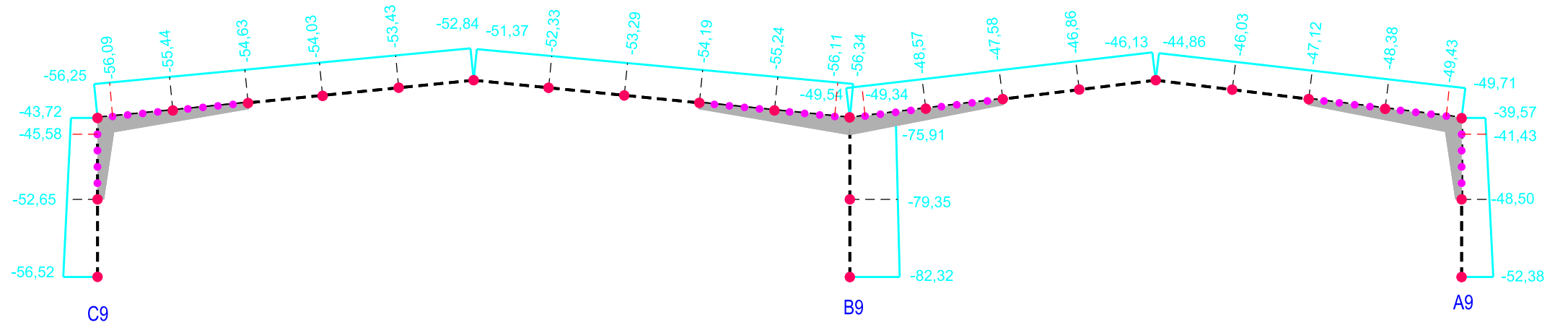


ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: TOMO II CÁLCULO ESTRUCTURA COMBINACIONES PESIMAS PORTICO 9 CALC C2I COMBINACION 56 (flexión z máxima en pilares)	FORMATO: A3 ESCALA: 1/450	PLANO Nº: CE-54	

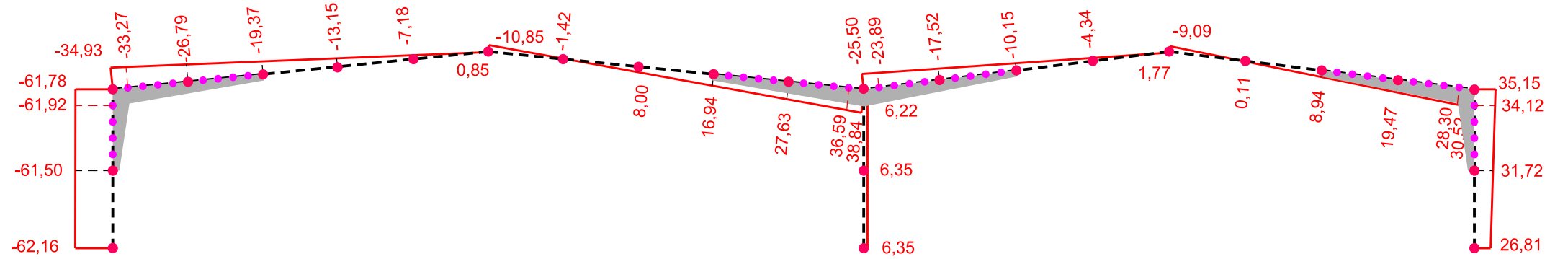
LEY DE MOMENTOS FLECTORES Mz (mT)



LEY DE AXILES (T)



LEY DE CORTANTES Vy (T)



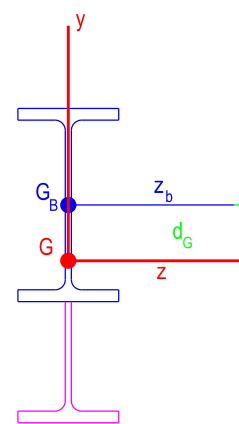
NOTA: Las gráficas de esfuerzos son las proporcionadas por el programa.

En las secciones reforzadas, habrá que tener en cuenta el descentramiento del cdg de la sección reforzada (G) respecto al cdg del perfil base (GB), ya que este último es el origen de cálculo de esfuerzos.

$$M_{z,Ed} = M_z + d_G N$$

G_B : cdg perfil base (sin refuerzo)
(es el utilizado en el cálculo de esfuerzos por el programa)

G : cdg perfil compuesto (con refuerzo)



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: TOMO II CÁLCULO ESTRUCTURA
COMBINACIONES PESIMAS PORTICO 9

FORMATO: A3

PLANO Nº:

CALC C1V COMBINACION 26 (flexión z máxima en arranque pilares)

ESCALA: 1/450

CE-55

TOMO II

CÁLCULO ESTRUCTURA

6.- RESISTENCIA DE LAS SECCIONES Y COMPROBACIÓN A PANDEO.
(Pórtico 9)

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> TOMO II	FORMATO: A4	<u>PLANO N°:</u>
	CÁLCULO ESTRUCTURA	ESCALA: <input type="text"/>	CE-56

TOMO II

CÁLCULO ESTRUCTURA

6.- RESISTENCIA DE LAS SECCIONES Y COMPROBACIÓN A PANDEO. (Pórtico 9)

6.1.- LISTADO PROGRAMA (Cálculo C2I)

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> TOMO II	FORMATO: A4	<u>PLANO Nº:</u>
	CÁLCULO ESTRUCTURA	ESCALA: <input type="text"/>	CE-57



LISTADO DE COMPROBACIONES

PROYECTO : TFG
ESTRUCTURA: CALC2I DESP XG- (ESTRUCTURA TFG CALC2I)

PILAR 45 (_HL-920x449) 1/lb:639,9cm/639,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2° orden : X: 0,88 Lambda(0,13; 0,51) β(0,700;0,698)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): β: 1,00 Lcr,LT: 640cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): β: 1,00 Lcr,LT: 640cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	61(2)	0	-81,42	-0,00	-3,02	(-3,02)	-217,93	(-217,93)	-57,12	-0,67-->	42,0%
1	Tr	94(2)	639	19,91	-0,00	-0,98	(3,19)	-43,11	(105,70)	28,43	0,65-->	8,4%
2	Mx	2(2)	0	-49,52	-0,01	-5,68	(-5,68)	4,72	(97,95)	-10,47	-1,23-->	16,7%
3	My	13(2)	0	-1,48	-0,00	-6,94	(-6,94)	49,03	(49,03)	5,02	-1,53-->	9,5%
4	Mz	58(2)	0	-74,54	0,00	-2,97	(-2,97)	-358,59	(-358,59)	-73,52	-0,66-->	69,1%
5	V	58(2)	0	-74,54	0,00	-2,97	(-2,97)	-358,59	(-358,59)	-73,52	-0,66-->	69,1%
6	Sm	58(2)	0	-74,54	0,00	-2,97	(-2,97)	-358,59	(-358,59)	-73,52	-0,66-->	69,1%

APROVECHAMIENTO 0,69 (69,1%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	2	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90
Nc,Rd	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90
Fx / N,Rd	5,8%	1,4%	3,5%	0,1%	5,3%	5,3%	5,3%
Vc,Rd,y	338,25	338,25	338,25	338,25	338,25	338,25	338,25
Vy / Vc,Rd,y	16,9%	8,4%	3,1%	1,5%	21,7%	21,7%	21,7%
Vc,Rd,z	516,44	516,44	516,44	516,44	516,44	516,44	516,44
Vz / Vc,Rd,z	0,1%	0,1%	0,2%	0,3%	0,1%	0,1%	0,1%
Mc,Rd,y	97,78	97,78	97,78	97,78	97,78	97,78	97,78
My / Mc,Rd,y	3,1%	1,0%	5,8%	7,1%	3,0%	3,0%	3,0%
Mc,Rd,z	518,76	518,76	518,76	518,76	518,76	518,76	518,76
Mz / Mc,Rd,z	42,0%	8,3%	0,9%	9,5%	69,1%	69,1%	69,1%
T,Rd	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80
Mx / T,Rd	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	20,7%	1,7%	5,8%	8,0%	50,8%	50,8%	50,8%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vp1,T,Rd,y	338,20	338,23	338,14	338,19	338,20	338,20	338,20
T + Vy	16,9%	8,4%	3,1%	1,5%	21,7%	21,7%	21,7%
Vp1,T,Rd,z	516,37	516,41	516,28	516,35	516,37	516,37	516,37
T + Vz	0,1%	0,1%	0,2%	0,3%	0,1%	0,1%	0,1%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1414,90	---	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90
Fx / Nb,Rd	5,8%	---	3,5%	0,1%	5,3%	5,3%	5,3%
lambda,red,y	0,510	---	0,510	0,510	0,510	0,510	0,510
lambda,red,z	0,127	---	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127
Ji,y	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	5722,09	---	5722,09	5722,09	5722,09	5722,09	5722,09
Ncr,z	92169,97	---	92169,97	92169,97	92169,97	92169,97	92169,97



PANDEO LATERAL

Mb,Rd	518,76	518,76	518,76	518,76	518,76	518,76	518,76
Mz / Mb,Rd	42,0%	8,3%	0,9%	9,5%	69,1%	69,1%	69,1%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,619	0,619	0,619	0,619	0,619	0,619	0,619
Mcr	1423,25	1423,25	1423,25	1423,25	1423,25	1423,25	1423,25

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	23,3%	---	16,7%	6,4%	39,0%	39,0%	39,0%
EAE 35.3 (2)	17,2%	---	13,1%	5,9%	26,4%	26,4%	26,4%
k,yy	0,447	---	0,453	0,438	0,446	0,446	0,446
k,zz	0,398	---	0,618	0,471	0,476	0,476	0,476
k,yz	0,239	---	0,371	0,282	0,286	0,286	0,286
k,zy	0,268	---	0,272	0,263	0,268	0,268	0,268
cm,y	0,437	---	0,446	0,438	0,437	0,437	0,437
cm,z	0,400	---	0,619	0,471	0,478	0,478	0,478
cm,LT	0,400	---	0,619	0,471	0,478	0,478	0,478
N,Ed	81,42	---	49,52	1,48	74,54	74,54	74,54
M,Ed,y	-3,02	---	-5,68	-6,94	-2,97	-2,97	-2,97
M,Ed,z	-217,93	---	4,72	49,03	-358,59	-358,59	-358,59

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,69

PILAR 46 (_HL-920x345) 1/lb:639,9cm/639,9cm
Acero estructural S275
Límite elástico : 2804 Kg/cm2
Tensión de rotura : 4385 Kg/cm2
Cálculo de 2º orden : X: 0,86 Lambda(0,13; 0,54) B(0,700;0,696)
Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 640cm
Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 640cm
ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:4 (n=6)

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	70(2)	0	-123,11	-0,00	4,10(	4,10)	119,12(	119,12)	21,27	1,03-->	28,4%
1	Tr	86(2)	639	47,31	0,00	-4,08(	7,64)	6,94(	-49,51)	-8,83	1,83-->	5,3%
2	Mx	76(2)	0	-97,00	-0,01	-6,90(	-6,90)	190,67(	190,67)	28,00	-1,63-->	45,5%
3	My	87(2)	0	45,28	0,00	-10,11(	-10,11)	-48,18(	-48,18)	-8,59	-2,44-->	14,5%
4	Mz	62(2)	0	-96,59	-0,01	-7,28(	-7,28)	191,34(	191,34)	28,10	-1,75-->	45,6%
5	V	62(2)	0	-96,59	-0,01	-7,28(	-7,28)	191,34(	191,34)	28,10	-1,75-->	45,6%
6	Sm	62(2)	639	-93,61	-0,01	3,89(	-7,28)	11,77(	191,34)	28,10	-1,75-->	46,7%

APROVECHAMIENTO 0,47 (46,7%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	0	1	1	1	1	4
Ax,eff (cm2)	---	---	---	---	---	---	419,50
Ay,eff	---	---	---	---	---	---	159,53
Az,eff	---	---	---	---	---	---	178,35
Wx,eff (cm3)	---	---	---	---	---	---	344,33
Wy,eff	---	---	---	---	---	---	1863,72
Wz,eff	---	---	---	---	---	---	13920,00
Ix,eff (cm4)	---	---	---	---	---	---	1101,84
Iy,eff	---	---	---	---	---	---	38951,80
Iz,eff	---	---	---	---	---	---	645000,00
eN,y (cm)	---	---	---	---	---	---	0,22
eN,z	---	---	---	---	---	---	-0,00

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1167,58	1167,58	1167,58	1167,58	1167,58	1167,58	1167,58
Nc,Rd	1167,58	1167,58	1167,58	1167,58	1167,58	1167,58	1120,32
Fx / N,Rd	10,5%	4,1%	8,3%	3,9%	8,3%	8,3%	8,4%
Vc,Rd,y	289,87	289,87	289,87	289,87	289,87	289,87	289,87
Vy / Vc,Rd,y	7,3%	3,0%	9,7%	3,0%	9,7%	9,7%	9,7%



GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23

TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Vc, Rd, z	412,48	412,48	412,48	412,48	412,48	412,48	412,48
Vz / Vc, Rd, z	0,3%	0,4%	0,4%	0,6%	0,4%	0,4%	0,4%
Mc, Rd, y	76,91	76,91	76,91	76,91	76,91	76,91	49,77
My / Mc, Rd, y	5,3%	5,3%	9,0%	13,2%	9,5%	9,5%	7,8%
Mc, Rd, z	419,28	419,28	419,28	419,28	419,28	419,28	371,75
Mz / Mc, Rd, z	28,4%	1,7%	45,5%	11,5%	45,6%	45,6%	3,2%
T, Rd	5,58	5,58	5,58	5,58	5,58	5,58	5,58
Mx / T, Rd	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	13,4%	5,3%	29,6%	14,5%	30,3%	30,3%	19,3%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	289,79	289,83	289,73	289,82	289,74	289,74	289,74
T + Vy	7,3%	3,0%	9,7%	3,0%	9,7%	9,7%	9,7%
Vpl, T, Rd, z	412,37	412,42	412,29	412,40	412,29	412,29	412,29
T + Vz	0,3%	0,4%	0,4%	0,6%	0,4%	0,4%	0,4%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	1167,58	---	1167,58	---	1167,58	1167,58	1120,32
Fx / Nb, Rd	10,5%	---	8,3%	---	8,3%	8,3%	8,4%
lambda, red, y	0,543	---	0,543	---	0,543	0,543	0,532
lambda, red, z	0,134	---	0,134	---	0,134	0,134	0,132
Ji, y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	4154,20	---	4154,20	---	4154,20	4154,20	4154,20
Ncr, z	67969,64	---	67969,64	---	67969,64	67969,64	67969,64

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	419,28	419,28	398,67	419,28	398,67	398,67	371,75
Mz / Mb, Rd	28,4%	1,7%	47,8%	11,5%	48,0%	48,0%	3,1%
Ji, LT	1,000	1,000	0,951	1,000	0,951	0,951	1,000
lambda, red, LT	0,673	0,673	0,673	0,673	0,673	0,673	0,699
Mcr	971,25	971,25	971,25	971,25	971,25	971,25	798,26

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	27,2%	---	40,3%	---	40,4%	40,4%	46,7%
EAE 35.3 (2)	22,0%	---	29,9%	---	30,1%	30,1%	40,2%
k, yy	0,421	---	0,416	---	0,416	0,416	0,411
k, zz	0,540	---	0,621	---	0,621	0,621	0,629
k, yz	0,324	---	0,373	---	0,373	0,373	0,503
k, zy	0,252	---	0,250	---	0,250	0,250	0,411
cm, y	0,400	---	0,400	---	0,400	0,400	0,400
cm, z	0,544	---	0,625	---	0,625	0,625	0,625
cm, LT	0,544	---	0,625	---	0,625	0,625	0,625
N, Ed	123,11	---	97,00	---	96,59	96,59	93,61
M, Ed, y	4,10	---	-6,90	---	-7,28	-7,28	3,89
M, Ed, z	119,12	---	190,67	---	191,34	191,34	11,77

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,48

PILAR 47 (_HL-920x449) 1/lb:639,9cm/639,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm2

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm2

Cálculo de 2º orden : X: 0,88 Lambda(0,13; 0,51) B(0,700;0,698)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 640cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 640cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

COMBINACIONES PRINCIPALES

n TIPO COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%	
0 Co	58(2)	0	-66,32	-0,01	-3,91(	-3,91)	149,73(	149,73)	33,25	-0,99-->	28,9%
1 Tr	94(2)	639	14,80	0,01	-1,94(	2,95)	10,66(	-79,65)	-19,27	0,76-->	5,7%
2 Mx	62(2)	0	-53,36	-0,02	-5,68(	-5,68)	308,70(	308,70)	50,73	-1,44-->	59,5%
3 My	73(2)	0	-58,56	-0,00	-6,88(	-6,88)	39,29(	-80,37)	14,60	-1,73-->	12,1%
4 Mz	62(2)	0	-53,36	-0,02	-5,68(	-5,68)	308,70(	308,70)	50,73	-1,44-->	59,5%
5 V	61(2)	0	-63,07	-0,02	-3,83(	-3,83)	306,05(	306,05)	54,32	-0,98-->	59,0%
6 Sm	62(2)	0	-53,36	-0,02	-5,68(	-5,68)	308,70(	308,70)	50,73	-1,44-->	59,5%



APROVECHAMIENTO 0,60 (59,5%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n 0 1 2 3 4 5 6

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90
Nc,Rd	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90
Fx / N,Rd	4,7%	1,0%	3,8%	4,1%	3,8%	4,5%	3,8%
Vc,Rd,y	338,25	338,25	338,25	338,25	338,25	338,25	338,25
Vy / Vc,Rd,y	9,8%	5,7%	15,0%	4,3%	15,0%	16,1%	15,0%
Vc,Rd,z	516,44	516,44	516,44	516,44	516,44	516,44	516,44
Vz / Vc,Rd,z	0,2%	0,1%	0,3%	0,3%	0,3%	0,2%	0,3%
Mc,Rd,y	97,78	97,78	97,78	97,78	97,78	97,78	97,78
My / Mc,Rd,y	4,0%	2,0%	5,8%	7,0%	5,8%	3,9%	5,8%
Mc,Rd,z	518,76	518,76	518,76	518,76	518,76	518,76	518,76
Mz / Mc,Rd,z	28,9%	2,1%	59,5%	7,6%	59,5%	59,0%	59,5%
T,Rd	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80
Mx / T,Rd	0,1%	0,1%	0,2%	0,0%	0,2%	0,2%	0,2%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	12,3%	2,0%	41,2%	7,6%	41,2%	38,7%	41,2%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	338,14	338,15	338,01	338,22	338,01	338,02	338,01
T + Vy	9,8%	5,7%	15,0%	4,3%	15,0%	16,1%	15,0%
Vpl,T,Rd,z	516,27	516,29	516,08	516,39	516,08	516,08	516,08
T + Vz	0,2%	0,1%	0,3%	0,3%	0,3%	0,2%	0,3%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1414,90	---	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90	1414,90
Fx / Nb,Rd	4,7%	---	3,8%	4,1%	3,8%	4,5%	3,8%
lambda, red,y	0,510	---	0,510	0,510	0,510	0,510	0,510
lambda, red,z	0,127	---	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127
Ji,y	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	5722,09	---	5722,09	5722,09	5722,09	5722,09	5722,09
Ncr,z	92169,97	---	92169,97	92169,97	92169,97	92169,97	92169,97

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	518,76	518,76	515,28	518,76	515,28	518,76	515,28
Mz / Mb,Rd	28,9%	2,1%	59,9%	7,6%	59,9%	59,0%	59,9%
Ji,LT	1,000	1,000	0,993	1,000	0,993	1,000	0,993
lambda, red,LT	0,619	0,619	0,619	0,619	0,619	0,619	0,619
Mcr	1423,25	1423,25	1423,25	1423,25	1423,25	1423,25	1423,25

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	17,2%	---	40,1%	12,1%	40,1%	37,7%	40,1%
EAE 35.3 (2)	13,2%	---	27,1%	10,7%	27,1%	25,4%	27,1%
k,yy	0,408	---	0,406	0,407	0,406	0,407	0,406
k,zz	0,399	---	0,583	0,403	0,583	0,547	0,583
k,yz	0,239	---	0,350	0,242	0,350	0,328	0,350
k,zy	0,245	---	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244
cm,y	0,400	---	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
cm,z	0,400	---	0,585	0,404	0,585	0,549	0,585
cm,LT	0,400	---	0,585	0,404	0,585	0,549	0,585
N,Ed	66,32	---	53,36	58,56	53,36	63,07	53,36
M,Ed,y	-3,91	---	-5,68	-6,88	-5,68	-3,83	-5,68
M,Ed,z	149,73	---	308,70	39,29	308,70	306,05	308,70

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,60



PILAR 338 (HL-920x449) 1/lb:671,0cm/671,0cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,11; 0,74) β(0,818;0,962)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): β: 1,00 Lcr,LT: 671cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): β: 1,00 Lcr,LT: 671cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	61(2)	0	-77,23	0,00	1,12(	1,12)	163,27(	163,27)	-61,93	0,24-->	32,1%
1	Tr	94(2)	671	25,21	-0,01	0,63(	0,63)	269,84(	269,84)	39,14	0,22-->	19,1%
2	Mx	92(2)	0	-27,97	0,02	2,50(	2,50)	73,49(	73,49)	-4,47	0,42-->	16,5%
3	My	13(2)	0	2,71	0,01	2,57(	2,57)	-16,00(	-16,00)	15,25	0,45-->	5,1%
4	Mz	56(2)	671	-66,77	-0,01	-0,39(	-0,39)	-613,25(	-613,25)	-69,78	-0,05-->	59,9%
5	V	58(2)	537	-63,59	-0,00	-0,20(	-0,20)	-498,98(	-498,98)	-72,05	-0,25-->	48,8%
6	Sm	56(2)	671	-66,77	-0,01	-0,39(	-0,39)	-613,25(	-613,25)	-69,78	-0,05-->	59,9%

APROVECHAMIENTO 0,60 (59,9%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	2	1	1	3	2	3

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1862,33	2460,18	1862,33	1862,33	2460,18	2340,78	2460,18
Nc,Rd	1862,33	2460,18	1862,33	1862,33	2460,18	2340,78	2460,18
Fx / N,Rd	4,1%	1,0%	1,5%	0,1%	2,7%	2,7%	2,7%
Vc,Rd,y	297,91	572,28	297,91	297,91	572,28	525,37	572,28
Vy / Vc,Rd,y	20,8%	6,8%	1,5%	5,1%	12,2%	13,7%	12,2%
Vc,Rd,z	665,04	665,99	665,04	665,04	665,99	665,80	665,99
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	110,33	110,33	110,33	110,33	94,85	110,33	94,85
My / Mc,Rd,y	1,0%	0,6%	2,3%	2,3%	0,4%	0,2%	0,4%
Mc,Rd,z	514,20	1415,23	514,20	514,20	1190,61	1218,38	1190,61
Mz / Mc,Rd,z	31,8%	19,1%	14,3%	3,1%	51,5%	41,0%	51,5%
T,Rd	13,27	15,26	13,27	13,27	15,26	14,85	15,26
Mx / T,Rd	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	11,1%	4,2%	4,3%	2,4%	54,6%	17,0%	54,6%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	297,87	572,16	297,74	297,78	572,15	525,30	572,15
T + Vy	20,8%	6,8%	1,5%	5,1%	12,2%	13,7%	12,2%
Vpl,T,Rd,z	664,96	665,84	664,68	664,76	665,83	665,72	665,83
T + Vz	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1862,33	---	1862,33	---	2460,18	2340,78	2460,18
Fx / Nb,Rd	4,1%	---	1,5%	---	2,7%	2,7%	2,7%
lambda, red,y	0,743	---	0,743	---	0,743	0,743	0,743
lambda, red,z	0,114	---	0,114	---	0,114	0,114	0,114
Ji,y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	3542,26	---	3542,26	---	4679,41	4452,32	4679,41
Ncr,z	149489,47	---	149489,47	---	197479,20	187895,55	197479,20

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	514,20	1415,23	514,20	514,20	1015,55	1012,31	1015,55
-------	--------	---------	--------	--------	---------	---------	---------



Mz / Mb,Rd	31,8%	19,1%	14,3%	3,1%	60,4%	49,3%	60,4%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	0,853	0,831	0,853
lambda, red,LT	0,576	0,750	0,576	0,576	0,688	0,726	0,688
Mcr	1627,05	2640,82	1627,05	1627,05	2640,82	2430,08	2640,82

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	32,1%	---	16,5%	---	59,9%	48,8%	59,9%
EAE 35.3 (2)	21,5%	---	11,9%	---	48,5%	30,4%	48,5%
k,yy	0,917	---	0,922	---	0,940	0,768	0,940
k,zz	0,861	---	0,963	---	0,941	0,933	0,941
k,yz	0,517	---	0,578	---	0,753	0,560	0,753
k,zy	0,550	---	0,553	---	0,940	0,461	0,940
cm,y	0,885	---	0,909	---	0,929	0,750	0,929
cm,z	0,864	---	0,965	---	0,939	0,935	0,939
cm,LT	0,864	---	0,965	---	0,939	0,935	0,939
N,Ed	77,23	---	27,97	---	66,77	63,59	66,77
M,Ed,y	1,12	---	2,50	---	-0,39	-0,20	-0,39
M,Ed,z	163,27	---	73,49	---	-613,25	-498,98	-613,25

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,60

PILAR 340 (_HL-920x345) l/lb:671,0cm/671,0cm

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm2

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm2

Cálculo de 2º orden : X: 0,77 Lambda(0,14; 0,72) B(0,720;0,884)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 671cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 671cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(Myl)	Mz(mT)	(Mzl)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	70(2)	0	-119,81	0,01	-2,39(	-2,39)	-16,98(	-158,96)	21,16	-0,35-->	41,4%
1	Tr	86(2)	671	49,35	-0,00	0,17(	-3,79)	66,33(	66,33)	-8,84	-0,59-->	15,8%
2	Mx	61(2)	0	-114,33	0,01	1,32(	1,32)	-1,40(	-185,87)	27,49	0,21-->	42,4%
3	My	79(2)	0	-19,50	0,00	-5,15(	-5,15)	-1,98(	-18,67)	2,49	-0,79-->	12,6%
4	Mz	61(2)	671	-111,20	0,01	-0,10(	1,32)	-185,87(	-185,87)	27,49	0,21-->	44,3%
5	V	62(2)	0	-93,30	0,01	3,61(	3,61)	11,52(	-177,25)	28,13	0,57-->	40,3%
6	Sm	61(2)	671	-111,20	0,01	-0,10(	1,32)	-185,87(	-185,87)	27,49	0,21-->	44,3%

APROVECHAMIENTO 0,44 (44,3%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	4	1	4	4	1	4	1
Ax,eff (cm2)	420,57	---	410,43	417,80	---	419,35	---
Ay,eff	159,54	---	159,71	159,52	---	159,52	---
Az,eff	178,35	---	178,35	178,35	---	178,35	---
Wx,eff (cm3)	344,74	---	340,81	343,66	---	344,27	---
Wy,eff	1863,72	---	1863,72	1863,72	---	1863,72	---
Wz,eff	13920,00	---	13920,00	13920,00	---	13920,00	---
Ix,eff (cm4)	1103,17	---	1090,58	1099,73	---	1101,66	---
Iy,eff	38951,80	---	38951,80	38951,80	---	38951,80	---
Iz,eff	645000,00	---	645000,00	645000,00	---	645000,00	---
eN,y (cm)	-0,23	---	-0,04	-0,21	---	0,22	---
eN,z	-0,00	---	-0,00	-0,00	---	-0,00	---

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1167,58	1167,58	1167,58	1167,58	1167,58	1167,58	1167,58
Nc,Rd	1123,18	1167,58	1096,10	1115,77	1167,58	1119,92	1167,58
Fx / N,Rd	10,7%	4,2%	10,4%	1,7%	9,5%	8,3%	9,5%
Vc,Rd,y	289,87	289,87	289,87	289,87	289,87	289,87	289,87
Vy / Vc,Rd,y	7,3%	3,0%	9,5%	0,9%	9,5%	9,7%	9,5%
Vc,Rd,z	412,48	412,48	412,48	412,48	412,48	412,48	412,48
Vz / Vc,Rd,z	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%
Mc,Rd,y	49,77	76,91	49,77	49,77	76,91	49,77	76,91
My / Mc,Rd,y	4,8%	0,2%	2,6%	10,4%	0,1%	7,3%	0,1%



Mc, Rd, z	371,75	419,28	371,75	371,75	419,28	371,75	419,28
Mz / Mc, Rd, z	4,6%	15,8%	0,4%	0,5%	44,3%	3,1%	44,3%
T, Rd	5,58	5,58	5,58	5,58	5,58	5,58	5,58
Mx / T, Rd	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	20,0%	2,7%	13,4%	12,6%	19,8%	18,6%	19,8%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	289,75	289,86	289,74	289,81	289,74	289,75	289,74
T + Vy	7,3%	3,0%	9,5%	0,9%	9,5%	9,7%	9,5%
Vpl, T, Rd, z	412,31	412,47	412,29	412,40	412,29	412,31	412,29
T + Vz	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	874,42	---	858,69	1115,77	899,68	1119,92	899,68
Fx / Nb, Rd	13,7%	---	13,3%	1,7%	12,4%	8,3%	12,4%
lambda, red, y	0,709	---	0,701	0,707	0,723	0,708	0,723
lambda, red, z	0,142	---	0,140	0,142	0,145	0,142	0,145
Ji, y	0,779	---	0,783	1,000	0,771	1,000	0,771
Ji, z	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	2345,15	---	2345,15	2345,15	2345,15	2345,15	2345,15
Ncr, z	58373,68	---	58373,68	58373,68	58373,68	58373,68	58373,68

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	371,75	419,28	371,75	371,75	393,16	371,75	393,16
Mz / Mb, Rd	4,5%	15,8%	0,4%	0,5%	47,3%	3,0%	47,3%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	0,938	1,000	0,938
lambda, red, LT	0,728	0,702	0,722	0,727	0,702	0,728	0,702
Mcr	735,52	892,22	747,87	738,83	892,22	736,97	892,22

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	41,4%	---	42,4%	11,1%	38,5%	40,3%	38,5%
EAE 35.3 (2)	38,9%	---	39,2%	10,5%	30,4%	34,7%	30,4%
k, yy	0,635	---	0,594	0,593	0,615	0,597	0,615
k, zz	0,649	---	0,608	0,643	0,600	0,578	0,600
k, yz	0,519	---	0,487	0,515	0,360	0,462	0,360
k, zy	0,635	---	0,594	0,593	0,369	0,597	0,369
cm, y	0,607	---	0,569	0,589	0,569	0,577	0,569
cm, z	0,643	---	0,603	0,642	0,603	0,574	0,603
cm, LT	0,643	---	0,603	0,642	0,603	0,574	0,603
N, Ed	119,81	---	114,33	19,50	111,20	93,30	111,20
M, Ed, y	-2,39	---	1,32	-5,15	-0,10	3,61	-0,10
M, Ed, z	-16,98	---	-1,40	-1,98	-185,87	11,52	-185,87

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,47

PILAR 342 (_HL-920x449) l/lb: 671,0cm/671,0cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,12; 0,74) B(0,824;0,960)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 671cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 671cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	58(2)	0	-62,13	0,00	2,34(	2,34)	-78,75(	-78,75)	38,13	0,41-->	17,4%
1	Tr	94(2)	671	20,09	0,00	0,68(	0,68)	-176,96(	-176,96)	-30,18	0,38-->	12,5%
2	Mx	96(2)	0	14,96	-0,02	3,33(	3,33)	10,97(	10,97)	-19,27	0,59-->	6,5%
3	My	76(2)	0	-48,92	0,01	4,02(	4,02)	-15,20(	-15,20)	48,51	0,68-->	16,3%
4	Mz	61(2)	671	-50,26	0,01	-0,48(	-0,48)	397,00(	397,00)	52,89	-0,43-->	35,9%
5	V	61(2)	537	-52,12	0,01	0,09(	0,09)	326,04(	326,04)	53,03	-0,43-->	27,1%
6	Sm	61(2)	671	-50,26	0,01	-0,48(	-0,48)	397,00(	397,00)	52,89	-0,43-->	35,9%

APROVECHAMIENTO 0,36 (35,9%)



ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n 0 1 2 3 4 5 6

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase 1 1 1 1 1 1 1 1
Alma clase 1 2 1 2 3 2 3

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd 1862,33 2460,18 1862,33 1862,33 2460,18 2340,78 2460,18
Nc,Rd 1862,33 2460,18 1862,33 1862,33 2460,18 2340,78 2460,18
Fx / N,Rd 3,3% 0,8% 0,8% 2,6% 2,0% 2,2% 2,0%
Vc,Rd,y 297,91 572,28 297,91 297,91 572,28 525,37 572,28
Vy / Vc,Rd,y 12,8% 5,3% 6,5% 16,3% 9,2% 10,1% 9,2%
Vc,Rd,z 665,04 665,99 665,04 665,04 665,99 665,80 665,99
Vz / Vc,Rd,z 0,1% 0,1% 0,1% 0,1% 0,1% 0,1% 0,1%
Mc,Rd,y 110,33 110,33 110,33 110,33 94,85 110,33 94,85
My / Mc,Rd,y 2,1% 0,6% 3,0% 3,6% 0,5% 0,1% 0,5%
Mc,Rd,z 514,20 1415,23 514,20 514,20 1190,61 1218,38 1190,61
Mz / Mc,Rd,z 15,3% 12,5% 2,1% 3,0% 33,3% 26,8% 33,3%
T,Rd 13,27 15,26 13,27 13,27 15,26 14,85 15,26
Mx / T,Rd 0,0% 0,0% 0,2% 0,0% 0,1% 0,1% 0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00
My / Mv,Rd,y 0,0% 0,0% 0,0% 0,0% 0,0% 0,0% 0,0%
Mv,Rd,z 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00
Mz / Mv,Rd,z 0,0% 0,0% 0,0% 0,0% 0,0% 0,0% 0,0%
N + M 4,5% 2,2% 3,1% 3,7% 35,9% 7,2% 35,9%
N + M + V 0,0% 0,0% 0,0% 0,0% 0,0% 0,0% 0,0%
Vpl,T,Rd,y 297,88 572,22 297,73 297,85 572,09 525,19 572,09
T + Vy 12,8% 5,3% 6,5% 16,3% 9,2% 10,1% 9,2%
Vpl,T,Rd,z 664,97 665,92 664,63 664,91 665,77 665,58 665,77
T + Vz 0,1% 0,1% 0,1% 0,1% 0,1% 0,1% 0,1%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd 1862,33 --- --- 1862,33 2460,18 2340,78 2460,18
Fx / Nb,Rd 3,3% --- --- 2,6% 2,0% 2,2% 2,0%
lambda, red,y 0,741 --- --- 0,741 0,741 0,741 0,741
lambda, red,z 0,115 --- --- 0,115 0,115 0,115 0,115
Ji,y 1,000 --- --- 1,000 1,000 1,000 1,000
Ji,z 1,000 --- --- 1,000 1,000 1,000 1,000
Ncr,y 3557,28 --- --- 3557,28 4699,25 4471,20 4699,25
Ncr,z 147105,13 --- --- 147105,13 194329,41 184898,63 194329,41

PANDEO LATERAL

Mb,Rd 514,20 1415,23 514,20 514,20 1190,61 1218,38 1190,61
Mz / Mb,Rd 15,3% 12,5% 2,1% 3,0% 33,3% 26,8% 33,3%
Ji,LT 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000
lambda, red,LT 0,576 0,750 0,576 0,576 0,688 0,726 0,688
Mcr 1627,05 2640,82 1627,05 1627,05 2640,82 2430,08 2640,82

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1) 17,4% --- --- 6,7% 33,3% 27,1% 33,3%
EAE 35.3 (2) 13,0% --- --- 7,2% 27,1% 17,2% 27,1%
k,yy 0,933 --- --- 0,931 0,527 0,532 0,527
k,zz 0,839 --- --- 0,674 0,930 0,927 0,930
k,yz 0,503 --- --- 0,405 0,744 0,556 0,744
k,zy 0,560 --- --- 0,558 0,527 0,319 0,527
cm,y 0,907 --- --- 0,910 0,522 0,522 0,522
cm,z 0,841 --- --- 0,676 0,929 0,929 0,929
cm,LT 0,841 --- --- 0,676 0,929 0,929 0,929
N,Ed 62,13 --- --- 48,92 50,26 52,12 50,26
M,Ed,y 2,34 --- --- 4,02 -0,48 0,09 -0,48
M,Ed,z -78,75 --- --- -15,20 397,00 326,04 397,00

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,33



DIAG. 849 (HL-920x420

Acero estructural OTROS
Límite elástico : 2600 Kg/cm²
Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²
Cálculo de 2° orden : X: 0,78 Lambda(0,10; 0,70) β(0,850;0,956)
Pandeo lateral (Yp+/Zp+): β: 1,00 Lcr,LT: 624cm
Pandeo lateral (Yp-/Zp-): β: 1,00 Lcr,LT: 624cm
ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:3 (n=6)
F. por confort V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +1,783
F. por integridad V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +1,560
F. por apariencia V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	61(2)	0	-80,09	-0,02	0,03	(0,03)	-576,68	(-576,68)	-58,03	0,06-->	64,9%
1	Tr	94(2)	0	48,10	-0,04	-0,04	(-0,04)	253,17	(253,17)	22,38	0,09-->	21,2%
2	Mx	65(2)	374	4,67	-0,05	-0,67	(-0,67)	-60,07	(-60,07)	-7,49	0,15-->	6,2%
3	My	78(2)	624	-31,67	-0,04	-1,09	(-1,09)	169,51	(169,51)	-24,95	-0,16-->	21,7%
4	Mz	58(2)	0	-70,46	-0,01	-0,07	(-0,07)	-613,90	(-613,90)	-51,78	0,04-->	69,2%
5	V	61(2)	0	-80,09	-0,02	0,03	(0,03)	-576,68	(-576,68)	-58,03	0,06-->	64,9%
6	Sm	58(2)	0	-70,46	-0,01	-0,07	(-0,07)	-613,90	(-613,90)	-51,78	0,04-->	69,2%

APROVECHAMIENTO 0,69 (69,2%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	3	2	1	1	3	3	3

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2224,80	2224,80	2079,05	1981,88	2224,80	2224,80	2224,80
Nc,Rd	2224,80	2224,80	2079,05	1981,88	2224,80	2224,80	2224,80
Fx / N,Rd	3,6%	2,2%	0,2%	1,6%	3,2%	3,6%	3,2%
Vc,Rd,y	509,02	509,02	429,55	378,27	509,02	509,02	509,02
Vy / Vc,Rd,y	11,4%	4,4%	1,7%	6,6%	10,2%	11,4%	10,2%
Vc,Rd,z	620,54	620,54	620,34	620,20	620,54	620,54	620,54
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	88,18	102,62	102,62	102,62	88,18	88,18	88,18
My / Mc,Rd,y	0,0%	0,0%	0,7%	1,1%	0,1%	0,0%	0,1%
Mc,Rd,z	1020,69	1194,72	961,99	814,68	1020,69	1020,69	1020,69
Mz / Mc,Rd,z	56,5%	21,2%	6,2%	20,8%	60,1%	56,5%	60,1%
T,Rd	13,14	13,14	12,67	12,37	13,14	13,14	13,14
Mx / T,Rd	0,2%	0,3%	0,4%	0,4%	0,1%	0,2%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	60,1%	4,5%	1,0%	5,4%	63,4%	60,1%	63,4%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	508,66	508,46	428,84	377,73	508,89	508,66	508,89
T + Vy	11,4%	4,4%	1,7%	6,6%	10,2%	11,4%	10,2%
Vpl,T,Rd,z	620,11	619,86	619,31	619,31	620,38	620,11	620,38
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2224,80	---	---	1981,88	2224,80	2224,80	2224,80
Fx / Nb,Rd	3,6%	---	---	1,6%	3,2%	3,6%	3,2%
lambda,red,y	0,704	---	---	0,704	0,704	0,704	0,704
lambda,red,z	0,101	---	---	0,101	0,101	0,101	0,101
Ji,y	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	4717,18	---	---	4202,13	4717,18	4717,18	4717,18
Ncr,z	227309,19	---	---	202490,44	227309,19	227309,19	227309,19



PANDEO LATERAL

Mb,Rd	897,25	1194,72	961,99	814,68	894,68	897,25	894,68
Mz / Mb,Rd	64,3%	21,2%	6,2%	20,8%	68,6%	64,3%	68,6%
Ji,LT	0,879	1,000	1,000	1,000	0,877	0,879	0,877
lambda, red,LT	0,638	0,691	0,667	0,645	0,638	0,638	0,638
Mcr	2628,91	2628,91	2273,54	2055,05	2628,91	2628,91	2628,91

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	64,9%	---	---	21,7%	69,2%	64,9%	69,2%
EAE 35.3 (2)	52,6%	---	---	14,3%	56,0%	52,6%	56,0%
k,yy	0,406	---	---	0,941	0,856	0,406	0,856
k,zz	0,953	---	---	0,935	0,961	0,953	0,961
k,yz	0,763	---	---	0,561	0,769	0,763	0,769
k,zy	0,406	---	---	0,564	0,856	0,406	0,856
cm,y	0,400	---	---	0,929	0,844	0,400	0,844
cm,z	0,951	---	---	0,937	0,959	0,951	0,959
cm,LT	0,951	---	---	0,937	0,959	0,951	0,959
N,Ed	80,09	---	---	31,67	70,46	80,09	70,46
M,Ed,y	0,03	---	---	-1,09	-0,07	0,03	-0,07
M,Ed,z	-576,68	---	---	169,51	-613,90	-576,68	-613,90

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,69
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 142cm esp=22mm

PILAR 850 (HE-260B) 1/lb:529,1cm/529,1cm
Acero estructural S275
Límite elástico : 2804 Kg/cm2
Tensión de rotura : 4385 Kg/cm2
Cálculo de 2º orden : X: 0,64 Lambda(0,44; 0,84) B(0,815;0,911)
Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 529cm
Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 529cm
ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	73(2)	0	-2,89	0,00	0,76(	0,76)	30,99(	30,99)	11,64	0,21-->	90,4%
2	Mx	92(2)	0	-1,71	-0,00	0,53(	0,53)	-30,46(	-30,46)	-11,54	0,16-->	88,9%
3	My	86(2)	0	-1,69	0,00	-0,83(	-0,83)	16,47(	16,47)	6,21	-0,23-->	48,1%
4	Mz	7(2)	0	-2,88	0,00	0,61(	0,61)	31,00(	31,00)	11,64	0,18-->	90,5%
5	V	73(2)	0	-2,89	0,00	0,76(	0,76)	30,99(	30,99)	11,64	0,21-->	90,4%
6	Sm	7(2)	0	-2,88	0,00	0,61(	0,61)	31,00(	31,00)	11,64	0,18-->	90,5%

APROVECHAMIENTO 0,90 (90,5%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	---	1	1	1	1	1
Alma clase	1	---	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	316,20	---	316,20	316,20	316,20	316,20	316,20
Nc,Rd	316,20	---	316,20	316,20	316,20	316,20	316,20
Fx / N,Rd	0,9%	---	0,5%	0,5%	0,9%	0,9%	0,9%
Vc,Rd,y	57,96	---	57,96	57,96	57,96	57,96	57,96
Vy / Vc,Rd,y	20,1%	---	19,9%	10,7%	20,1%	20,1%	20,1%
Vc,Rd,z	140,31	---	140,31	140,31	140,31	140,31	140,31
Vz / Vc,Rd,z	0,2%	---	0,1%	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%
Mc,Rd,y	16,08	---	16,08	16,08	16,08	16,08	16,08
My / Mc,Rd,y	4,7%	---	3,3%	5,1%	3,8%	4,7%	3,8%
Mc,Rd,z	34,26	---	34,26	34,26	34,26	34,26	34,26
Mz / Mc,Rd,z	90,4%	---	88,9%	48,1%	90,5%	90,4%	90,5%
T,Rd	1,09	---	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
Mx / T,Rd	0,1%	---	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS



Mv, Rd, y	0,00	---	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	---	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	---	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	---	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	86,5%	---	82,3%	28,2%	85,7%	86,5%	85,7%
N + M + V	0,0%	---	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	57,94	---	57,93	57,96	57,95	57,94	57,95
T + Vy	20,1%	---	19,9%	10,7%	20,1%	20,1%	20,1%
Vpl, T, Rd, z	140,27	---	140,24	140,31	140,29	140,27	140,29
T + Vz	0,2%	---	0,1%	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	316,20	---	316,20	316,20	316,20	316,20	316,20
Fx / Nb, Rd	0,9%	---	0,5%	0,5%	0,9%	0,9%	0,9%
lambda, red, y	0,843	---	0,843	0,843	0,843	0,843	0,843
lambda, red, z	0,443	---	0,443	0,443	0,443	0,443	0,443
Ji, y	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	467,48	---	467,48	467,48	467,48	467,48	467,48
Ncr, z	1695,24	---	1695,24	1695,24	1695,24	1695,24	1695,24

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	34,23	---	34,23	34,23	34,23	34,23	34,23
Mz / Mb, Rd	90,5%	---	89,0%	48,1%	90,6%	90,5%	90,6%
Ji, LT	0,999	---	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999
lambda, red, LT	0,682	---	0,682	0,682	0,682	0,682	0,682
Mcr	77,38	---	77,38	77,38	77,38	77,38	77,38

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	56,5%	---	54,8%	30,7%	56,3%	56,5%	56,3%
EAE 35.3 (2)	35,5%	---	33,9%	20,0%	35,1%	35,5%	35,1%
k, yy	0,406	---	0,402	0,415	0,404	0,406	0,404
k, zz	0,601	---	0,601	0,601	0,601	0,601	0,601
k, yz	0,361	---	0,360	0,360	0,361	0,361	0,361
k, zy	0,244	---	0,241	0,249	0,242	0,244	0,242
cm, y	0,402	---	0,400	0,413	0,400	0,402	0,400
cm, z	0,600	---	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
cm, LT	0,600	---	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
N, Ed	2,89	---	1,71	1,69	2,88	2,89	2,88
M, Ed, y	0,76	---	0,53	-0,83	0,61	0,76	0,61
M, Ed, z	30,99	---	-30,46	16,47	31,00	30,99	31,00

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,91

DIAG. 852 (HL-920x420) 1/lb:623,9cm/623,9cm

Aceros estructurales OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,77 Lambda(0,12; 0,72) B(0,965;0,985)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:3 (n=6)

F. por confort V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	61(2)	0	-78,95	0,04	0,13(	0,13)	587,42(	587,42)	50,72	0,03-->	66,7%
1	Tr	94(2)	0	47,95	0,00	-0,41(	-0,41)	-239,55(	-239,55)	-21,93	0,03-->	20,1%
2	Mx	58(2)	0	-70,86	0,04	0,19(	0,19)	588,42(	588,42)	58,67	0,04-->	65,9%
3	My	96(2)	0	47,68	0,00	1,40(	1,40)	-236,90(	-236,90)	-21,75	0,16-->	19,8%
4	Mz	70(2)	0	-73,34	0,03	0,23(	0,23)	617,52(	617,52)	56,74	0,16-->	69,5%
5	V	72(2)	0	-68,71	0,03	0,85(	0,85)	599,18(	599,18)	59,14	0,20-->	67,7%
6	Sm	70(2)	0	-73,34	0,03	0,23(	0,23)	617,52(	617,52)	56,74	0,16-->	69,5%

APROVECHAMIENTO 0,69 (69,5%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)



n	0	1	2	3	4	5	6
TÉRMINOS DE SECCIÓN							
Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	3	2	3	2	3	3	3
ESFUERZOS SIMPLES							
Nt,Rd	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80
Nc,Rd	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80
Fx / N,Rd	3,5%	2,2%	3,2%	2,1%	3,3%	3,1%	3,3%
Vc,Rd,y	509,02	509,02	509,02	509,02	509,02	509,02	509,02
Vy / Vc,Rd,y	10,0%	4,3%	11,5%	4,3%	11,1%	11,6%	11,1%
Vc,Rd,z	620,54	620,54	620,54	620,54	620,54	620,54	620,54
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	88,18	102,62	88,18	102,62	88,18	88,18	88,18
My / Mc,Rd,y	0,2%	0,4%	0,2%	1,4%	0,3%	1,0%	0,3%
Mc,Rd,z	1020,69	1194,72	1020,69	1194,72	1020,69	1020,69	1020,69
Mz / Mc,Rd,z	57,6%	20,1%	57,6%	19,8%	60,5%	58,7%	60,5%
T,Rd	13,14	13,14	13,14	13,14	13,14	13,14	13,14
Mx / T,Rd	0,3%	0,0%	0,3%	0,0%	0,2%	0,2%	0,2%
ESFUERZOS COMBINADOS							
Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	61,3%	4,4%	61,1%	5,3%	64,1%	62,8%	64,1%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	508,42	508,96	508,37	509,00	508,54	508,53	508,54
T + Vy	10,0%	4,3%	11,5%	4,3%	11,2%	11,6%	11,2%
Vpl,T,Rd,z	619,81	620,47	619,75	620,52	619,95	619,94	619,95
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
INESTABILIDAD - PANDEO							
Nb,Rd	2224,80	---	2224,80	---	2224,80	2224,80	2224,80
Fx / Nb,Rd	3,5%	---	3,2%	---	3,3%	3,1%	3,3%
lambda, red,y	0,725	---	0,725	---	0,725	0,725	0,725
lambda, red,z	0,115	---	0,115	---	0,115	0,115	0,115
Ji,y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	4448,93	---	4448,93	---	4448,93	4448,93	4448,93
Ncr,z	176313,78	---	176313,78	---	176313,78	176313,78	176313,78
PANDEO LATERAL							
Mb,Rd	895,00	1194,72	897,11	1194,72	895,88	896,95	895,88
Mz / Mb,Rd	65,6%	20,1%	65,6%	19,8%	68,9%	66,8%	68,9%
Ji,LT	0,877	1,000	0,879	1,000	0,878	0,879	0,878
lambda, red,LT	0,638	0,691	0,638	0,691	0,638	0,638	0,638
Mcr	2628,92	2628,92	2628,92	2628,92	2628,92	2628,92	2628,92
COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO							
EAE 35.3 (1)	66,7%	---	65,9%	---	69,5%	67,7%	69,5%
EAE 35.3 (2)	54,1%	---	53,4%	---	56,3%	55,0%	56,3%
k,yy	0,909	---	0,898	---	0,675	0,899	0,675
k,zz	0,961	---	0,954	---	0,958	0,954	0,958
k,yz	0,768	---	0,763	---	0,766	0,763	0,766
k,zy	0,909	---	0,898	---	0,675	0,899	0,675
cm,y	0,895	---	0,886	---	0,665	0,887	0,665
cm,z	0,958	---	0,952	---	0,956	0,952	0,956
cm,LT	0,958	---	0,952	---	0,956	0,952	0,956
N,Ed	78,95	---	70,86	---	73,34	68,71	73,34
M,Ed,y	0,13	---	0,19	---	0,23	0,85	0,23
M,Ed,z	587,42	---	588,42	---	617,52	599,18	617,52

Cumple Pandeo Lateral-Torsional $Mzd/Mb,Rd = 0,69$
 Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
 Necesarios rigidizadores de alma a 142cm esp=22mm



DIAG. 853 (HL-920x390

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,74 Lambda(0,12; 0,78) β(0,965;0,982)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): β: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): β: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:3 (n=6)

F. por confort V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	58(2)	0	-56,11	-0,02	0,02	(0,02)	-461,97	(-461,97)	-42,62	-0,04	--> 53,2%
1	Tr	94(2)	0	38,68	-0,01	-0,35	(-0,35)	172,64	(172,64)	17,87	0,02	--> 14,3%
2	Mx	4(2)	0	27,77	-0,03	0,85	(0,85)	96,00	(96,00)	9,25	0,09	--> 8,0%
3	My	96(2)	0	38,67	-0,02	1,38	(1,38)	171,78	(171,78)	17,82	0,21	--> 14,2%
4	Mz	72(2)	0	-54,73	-0,01	0,68	(0,68)	-473,85	(-473,85)	-43,21	0,10	--> 55,2%
5	V	75(2)	0	-50,98	-0,01	0,75	(0,75)	-413,46	(-413,46)	-47,13	0,12	--> 47,8%
6	Sm	72(2)	0	-54,73	-0,01	0,68	(0,68)	-473,85	(-473,85)	-43,21	0,10	--> 55,2%

APROVECHAMIENTO 0,55 (55,2%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	3	2	2	2	3	3	3

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2237,66	2237,66	2237,66	2237,66	2237,66	2237,66	2237,66
Nc,Rd	2237,66	2237,66	2237,66	2237,66	2237,66	2237,66	2237,66
Fx / N,Rd	2,5%	1,7%	1,2%	1,7%	2,4%	2,3%	2,4%
Vc,Rd,y	520,05	520,05	520,05	520,05	520,05	520,05	520,05
Vy / Vc,Rd,y	8,2%	3,4%	1,8%	3,4%	8,3%	9,1%	8,3%
Vc,Rd,z	610,88	610,88	610,88	610,88	610,88	610,88	610,88
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	86,40	100,56	100,56	100,56	86,40	86,40	86,40
My / Mc,Rd,y	0,0%	0,3%	0,8%	1,4%	0,8%	0,9%	0,8%
Mc,Rd,z	1026,63	1206,24	1206,24	1206,24	1026,63	1026,63	1026,63
Mz / Mc,Rd,z	45,0%	14,3%	8,0%	14,2%	46,2%	40,3%	46,2%
T,Rd	12,23	12,23	12,23	12,23	12,23	12,23	12,23
Mx / T,Rd	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	47,5%	2,4%	1,5%	3,4%	49,4%	43,4%	49,4%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	519,74	519,89	519,56	519,78	519,87	519,83	519,87
T + Vy	8,2%	3,4%	1,8%	3,4%	8,3%	9,1%	8,3%
Vpl,T,Rd,z	610,53	610,70	610,32	610,58	610,68	610,63	610,68
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2237,66	---	---	---	2237,66	2237,66	2237,66
Fx / Nb,Rd	2,5%	---	---	---	2,4%	2,3%	2,4%
lambda,red,y	0,776	---	---	---	0,776	0,776	0,776
lambda,red,z	0,122	---	---	---	0,122	0,122	0,122
Ji,y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	3905,34	---	---	---	3905,34	3905,34	3905,34
Ncr,z	158715,52	---	---	---	158715,52	158715,52	158715,52

PANDEO LATERAL



Mb, Rd	871,46	1206,24	1206,24	1206,24	871,30	874,93	871,30
Mz / Mb, Rd	53,0%	14,3%	8,0%	14,2%	54,4%	47,3%	54,4%
Ji, LT	0,849	1,000	1,000	1,000	0,849	0,852	0,849
lambda, red, LT	0,687	0,744	0,744	0,744	0,687	0,687	0,687
Mcr	2286,20	2286,20	2286,20	2286,20	2286,20	2286,20	2286,20

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	53,2%	---	---	---	55,2%	47,8%	55,2%
EAE 35.3 (2)	43,1%	---	---	---	44,8%	38,8%	44,8%
k, yy	0,717	---	---	---	0,933	0,930	0,933
k, zz	0,956	---	---	---	0,957	0,946	0,957
k, yz	0,765	---	---	---	0,765	0,756	0,765
k, zy	0,717	---	---	---	0,933	0,930	0,933
cm, y	0,709	---	---	---	0,923	0,920	0,923
cm, z	0,954	---	---	---	0,955	0,944	0,955
cm, LT	0,954	---	---	---	0,955	0,944	0,955
N, Ed	56,11	---	---	---	54,73	50,98	54,73
M, Ed, y	0,02	---	---	---	0,68	0,75	0,68
M, Ed, z	-461,97	---	---	---	-473,85	-413,46	-473,85

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,54

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

Necesarios rigidizadores de alma a 143cm esp=21mm

DIAG. 855 (_HL-920x390) 1/lb:635,8cm/635,8cm

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm²Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,11; 0,75) B(0,843;0,944)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:3 (n=6)

F. por confort V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	58(2)	0	-55,98	0,03	0,05(	0,05)	332,99(	332,99)	43,87	0,02-->	35,0%
1	Tr	94(2)	0	38,53	0,02	-0,04(	-0,04)	-160,70(	-160,70)	-17,40	0,06-->	13,3%
2	Mx	59(2)	636	-47,30	0,03	0,25(	0,25)	-42,04(	-42,04)	23,66	0,02-->	8,7%
3	My	79(2)	636	8,47	0,03	-0,70(	-0,70)	-20,36(	-20,36)	4,73	-0,10-->	2,5%
4	Mz	61(2)	0	-51,29	0,02	-0,04(	-0,04)	415,36(	415,36)	41,00	0,01-->	47,7%
5	V	58(2)	0	-55,98	0,03	0,05(	0,05)	332,99(	332,99)	43,87	0,02-->	35,0%
6	Sm	61(2)	0	-51,29	0,02	-0,04(	-0,04)	415,36(	415,36)	41,00	0,01-->	47,7%

APROVECHAMIENTO 0,48 (47,7%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	3	2	3	1	3	3	3

ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	2237,66	2237,66	1983,95	1983,95	2237,66	2237,66	2237,66
Nc, Rd	2237,66	2237,66	1983,95	1983,95	2237,66	2237,66	2237,66
Fx / N, Rd	2,5%	1,7%	2,4%	0,4%	2,3%	2,5%	2,3%
Vc, Rd, y	520,05	520,05	386,50	386,50	520,05	520,05	520,05
Vy / Vc, Rd, y	8,4%	3,3%	6,1%	1,2%	7,9%	8,4%	7,9%
Vc, Rd, z	610,88	610,88	610,56	610,56	610,88	610,88	610,88
Vz / Vc, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc, Rd, y	86,40	100,56	86,35	100,56	86,40	86,40	86,40
My / Mc, Rd, y	0,1%	0,0%	0,3%	0,7%	0,0%	0,1%	0,0%
Mc, Rd, z	1026,63	1206,24	698,13	815,24	1026,63	1026,63	1026,63
Mz / Mc, Rd, z	32,4%	13,3%	6,0%	2,5%	40,5%	32,4%	40,5%
T, Rd	12,23	12,23	11,44	11,44	12,23	12,23	12,23
Mx / T, Rd	0,3%	0,1%	0,3%	0,2%	0,2%	0,3%	0,2%



ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	35,0%	1,8%	8,7%	0,8%	42,8%	35,0%	42,8%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vp1, T, Rd, y	519,52	519,77	386,05	386,13	519,68	519,52	519,68
T + Vy	8,4%	3,3%	6,1%	1,2%	7,9%	8,4%	7,9%
Vp1, T, Rd, z	610,27	610,56	609,84	609,98	610,46	610,27	610,46
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	2237,66	---	1983,95	---	2237,66	2237,66	2237,66
Fx / Nb, Rd	2,5%	---	2,4%	---	2,3%	2,5%	2,3%
lambda, red, y	0,746	---	0,746	---	0,746	0,746	0,746
lambda, red, z	0,106	---	0,106	---	0,106	0,106	0,106
Ji, y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	4221,94	---	3743,27	---	4221,94	4221,94	4221,94
Ncr, z	207936,50	---	184361,09	---	207936,50	207936,50	207936,50

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	1026,63	1206,24	698,13	815,24	872,50	1026,63	872,50
Mz / Mb, Rd	32,4%	13,3%	6,0%	2,5%	47,6%	32,4%	47,6%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	0,850	1,000	0,850
lambda, red, LT	0,687	0,744	0,643	0,695	0,687	0,687	0,687
Mcr	2286,20	2286,20	1774,18	1774,18	2286,20	2286,20	2286,20

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	32,9%	---	7,7%	---	47,7%	32,9%	47,7%
EAE 35.3 (2)	26,9%	---	6,7%	---	38,6%	26,9%	38,6%
k, yy	0,840	---	0,977	---	0,937	0,840	0,937
k, zz	0,937	---	0,829	---	0,953	0,937	0,953
k, yz	0,749	---	0,663	---	0,762	0,749	0,762
k, zy	0,840	---	0,977	---	0,937	0,840	0,937
cm, y	0,831	---	0,967	---	0,927	0,831	0,927
cm, z	0,935	---	0,828	---	0,951	0,935	0,951
cm, LT	0,935	---	0,828	---	0,951	0,935	0,951
N, Ed	55,98	---	47,30	---	51,29	55,98	51,29
M, Ed, y	0,05	---	0,25	---	-0,04	0,05	-0,04
M, Ed, z	332,99	---	-42,04	---	415,36	332,99	415,36

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,48
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 143cm esp=21mm

PILAR 856 (HE-260B) 1/lb:529,1cm/529,1cm

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm2

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm2

Cálculo de 2º orden : X: 0,64 Lambda(0,45; 0,84) B(0,822;0,909)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 529cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 529cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	75(2)	0	-2,88	-0,00	0,53(0,53)	-18,02(-18,02)	-6,87	0,14-->	52,6%	
2	Mx	1(2)	0	-2,87	0,00	0,47(0,47)	30,77(30,77)	11,60	0,12-->	89,8%	
3	My	86(2)	0	-1,70	0,00	-0,74(-0,74)	-16,46(-16,46)	-6,21	-0,19-->	48,1%	
4	Mz	73(2)	0	-2,88	0,00	0,61(0,61)	31,01(31,01)	11,64	0,16-->	90,5%	
5	V	73(2)	0	-2,88	0,00	0,61(0,61)	31,01(31,01)	11,64	0,16-->	90,5%	
6	Sm	73(2)	0	-2,88	0,00	0,61(0,61)	31,01(31,01)	11,64	0,16-->	90,5%	

APROVECHAMIENTO 0,91 (90,5%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---



TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	---	1	1	1	1	1
Alma clase	1	---	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	316,20	---	316,20	316,20	316,20	316,20	316,20
Nc, Rd	316,20	---	316,20	316,20	316,20	316,20	316,20
Fx / N, Rd	0,9%	---	0,9%	0,5%	0,9%	0,9%	0,9%
Vc, Rd, y	57,96	---	57,96	57,96	57,96	57,96	57,96
Vy / Vc, Rd, y	11,9%	---	20,0%	10,7%	20,1%	20,1%	20,1%
Vc, Rd, z	140,31	---	140,31	140,31	140,31	140,31	140,31
Vz / Vc, Rd, z	0,1%	---	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Mc, Rd, y	16,08	---	16,08	16,08	16,08	16,08	16,08
My / Mc, Rd, y	3,3%	---	3,0%	4,6%	3,8%	3,8%	3,8%
Mc, Rd, z	34,26	---	34,26	34,26	34,26	34,26	34,26
Mz / Mc, Rd, z	52,6%	---	89,8%	48,1%	90,5%	90,5%	90,5%
T, Rd	1,09	---	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
Mx / T, Rd	0,0%	---	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	---	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	---	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	---	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	---	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	31,0%	---	83,6%	27,7%	85,7%	85,7%	85,7%
N + M + V	0,0%	---	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	57,96	---	57,93	57,96	57,93	57,93	57,93
T + Vy	11,9%	---	20,0%	10,7%	20,1%	20,1%	20,1%
Vpl, T, Rd, z	140,31	---	140,23	140,31	140,24	140,24	140,24
T + Vz	0,1%	---	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	316,20	---	316,20	316,20	316,20	316,20	316,20
Fx / Nb, Rd	0,9%	---	0,9%	0,5%	0,9%	0,9%	0,9%
lambda, red, y	0,841	---	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841
lambda, red, z	0,446	---	0,446	0,446	0,446	0,446	0,446
Ji, y	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	469,48	---	469,48	469,48	469,48	469,48	469,48
Ncr, z	1668,20	---	1668,20	1668,20	1668,20	1668,20	1668,20

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	34,23	---	34,23	34,23	34,23	34,23	34,23
Mz / Mb, Rd	52,6%	---	89,9%	48,1%	90,6%	90,6%	90,6%
Ji, LT	0,999	---	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999
lambda, red, LT	0,682	---	0,682	0,682	0,682	0,682	0,682
Mcr	77,38	---	77,38	77,38	77,38	77,38	77,38

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	33,5%	---	55,7%	30,7%	56,4%	56,4%	56,4%
EAE 35.3 (2)	21,4%	---	34,7%	20,0%	35,3%	35,3%	35,3%
k, yy	0,454	---	0,449	0,453	0,450	0,450	0,450
k, zz	0,601	---	0,601	0,601	0,601	0,601	0,601
k, yz	0,361	---	0,361	0,360	0,361	0,361	0,361
k, zy	0,272	---	0,269	0,272	0,270	0,270	0,270
cm, y	0,449	---	0,444	0,450	0,446	0,446	0,446
cm, z	0,600	---	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
cm, LT	0,600	---	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
N, Ed	2,88	---	2,87	1,70	2,88	2,88	2,88
M, Ed, y	0,53	---	0,47	-0,74	0,61	0,61	0,61
M, Ed, z	-18,02	---	30,77	-16,46	31,01	31,01	31,01

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,91

DIAG. 1109 (_HL-920x420) 1/lb:623,9cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,79 Lambda(0,15; 0,69) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm



Pandeo lateral (Yp-/Zp-): β : 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	61 (2)	0	-78,51	-0,02	-0,43 (-0,43)	-260,66 (-260,66)	-43,14	-0,06-->	33,6%	
1	Tr	94 (2)	0	47,64	-0,01	-0,65 (-0,65)	128,15 (128,15)	17,79	-0,13-->	15,7%	
2	Mx	56 (2)	250	-73,87	-0,02	-0,63 (-0,63)	-203,32 (-203,32)	-37,53	-0,20-->	31,7%	
3	My	78 (2)	0	-31,64	-0,02	-1,29 (-1,29)	-169,51 (-169,51)	-24,67	-0,23-->	21,6%	
4	Mz	58 (2)	0	-69,21	-0,01	-0,48 (-0,48)	-327,52 (-327,52)	-39,89	-0,07-->	41,5%	
5	V	56 (2)	125	-74,15	-0,02	-0,88 (-0,88)	-251,75 (-251,75)	-40,13	-0,20-->	35,5%	
6	Sm	58 (2)	0	-69,21	-0,01	-0,48 (-0,48)	-327,52 (-327,52)	-39,89	-0,07-->	41,5%	

APROVECHAMIENTO 0,42 (41,5%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase		1	1	1	1	1	1
Alma clase		1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1981,88	1981,88	1884,94	1981,88	1981,88	1933,41	1981,88
Nc,Rd	1981,88	1981,88	1884,94	1981,88	1981,88	1933,41	1981,88
Fx / N,Rd	4,0%	2,4%	3,9%	1,6%	3,5%	3,8%	3,5%
Vc,Rd,y	378,27	378,27	332,23	378,27	378,27	354,48	378,27
Vy / Vc,Rd,y	11,4%	4,7%	11,3%	6,5%	10,5%	11,3%	10,5%
Vc,Rd,z	620,20	620,20	620,06	620,20	620,20	620,13	620,20
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc,Rd,y	0,4%	0,6%	0,6%	1,3%	0,5%	0,9%	0,5%
Mc,Rd,z	814,68	814,68	674,36	814,68	814,68	743,66	814,68
Mz / Mc,Rd,z	32,0%	15,7%	30,2%	20,8%	40,2%	33,9%	40,2%
T,Rd	12,37	12,37	12,06	12,37	12,37	12,21	12,37
Mx / T,Rd	0,1%	0,0%	0,2%	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	10,7%	3,1%	9,7%	5,6%	16,6%	12,3%	16,6%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	378,08	378,21	332,01	378,03	378,17	354,24	378,17
T + Vy	11,4%	4,7%	11,3%	6,5%	10,5%	11,3%	10,5%
Vpl,T,Rd,z	619,88	620,09	619,64	619,81	620,03	619,71	620,03
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1981,88	---	1884,94	1981,88	1981,88	1933,41	1981,88
Fx / Nb,Rd	4,0%	---	3,9%	1,6%	3,5%	3,8%	3,5%
lambda,red,y	0,688	---	0,688	0,688	0,688	0,688	0,688
lambda,red,z	0,152	---	0,152	0,152	0,152	0,152	0,152
Ji,y	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	4400,00	---	4184,78	4400,00	4400,00	4292,39	4400,00
Ncr,z	89557,21	---	85176,55	89557,21	89557,21	87366,88	89557,21

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	814,68	814,68	674,36	814,68	814,68	743,66	814,68
Mz / Mb,Rd	32,0%	15,7%	30,2%	20,8%	40,2%	33,9%	40,2%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda,red,LT	0,645	0,645	0,616	0,645	0,645	0,632	0,645
Mcr	2055,05	2055,05	1865,12	2055,05	2055,05	1956,15	2055,05



COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	33,6%	---	31,7%	21,6%	41,5%	35,5%	41,5%
EAE 35.3 (2)	22,0%	---	20,9%	14,4%	26,6%	23,3%	26,6%
k, yY	0,960	---	0,869	0,922	0,952	0,915	0,952
k, zZ	0,919	---	0,910	0,929	0,940	0,922	0,940
k, yZ	0,551	---	0,546	0,558	0,564	0,553	0,564
k, zY	0,576	---	0,522	0,553	0,571	0,549	0,571
cm, y	0,931	---	0,844	0,911	0,926	0,889	0,926
cm, z	0,921	---	0,912	0,930	0,941	0,924	0,941
cm, LT	0,921	---	0,912	0,930	0,941	0,924	0,941
N, Ed	78,51	---	73,87	31,64	69,21	74,15	69,21
M, Ed, y	-0,43	---	-0,63	-1,29	-0,48	-0,88	-0,48
M, Ed, z	-260,66	---	-203,32	-169,51	-327,52	-251,75	-327,52

Cumple Pandeo Lateral-Torsional $Mzd/Mb, Rd = 0,40$
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 134cm esp=22mm

DIAG. 1111 (_HL-920x420) l/lb:623,9cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,79 Lambda(0,15; 0,69) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	61(2)	0	-77,77	0,02	0,24(	0,24)	-307,64(	-307,64)	-38,83	0,04-->	39,5%
1	Tr	94(2)	0	47,51	0,00	0,65(	0,65)	117,27(	117,27)	17,35	0,14-->	14,4%
2	Mx	56(2)	250	-73,61	0,03	0,31(	0,31)	-198,41(	-198,41)	-37,34	0,14-->	30,8%
3	My	78(2)	0	-31,45	0,02	1,08(	1,08)	-180,61(	-180,61)	-25,11	0,22-->	22,8%
4	Mz	75(2)	0	-75,62	0,02	0,52(	0,52)	-315,50(	-315,50)	-39,31	0,07-->	40,4%
5	V	72(2)	0	-67,22	0,02	0,44(	0,44)	-276,32(	-276,32)	-44,21	0,05-->	34,9%
6	Sm	75(2)	0	-75,62	0,02	0,52(	0,52)	-315,50(	-315,50)	-39,31	0,07-->	40,4%

APROVECHAMIENTO 0,40 (40,4%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1981,88	1981,88	1884,94	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88
Nc,Rd	1981,88	1981,88	1884,94	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88
Fx / N,Rd	3,9%	2,4%	3,9%	1,6%	3,8%	3,4%	3,8%
Vc,Rd,y	378,27	378,27	332,23	378,27	378,27	378,27	378,27
Vy / Vc,Rd,y	10,3%	4,6%	11,2%	6,6%	10,4%	11,7%	10,4%
Vc,Rd,z	620,20	620,20	620,06	620,20	620,20	620,20	620,20
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc,Rd,y	0,2%	0,6%	0,3%	1,1%	0,5%	0,4%	0,5%
Mc,Rd,z	814,68	814,68	674,36	814,68	814,68	814,68	814,68
Mz / Mc,Rd,z	37,8%	14,4%	29,4%	22,2%	38,7%	33,9%	38,7%
T,Rd	12,37	12,37	12,06	12,37	12,37	12,37	12,37
Mx / T,Rd	0,2%	0,0%	0,2%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%



N + M	14,5%	2,7%	9,0%	6,0%	15,5%	11,9%	15,5%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	378,04	378,27	331,95	378,03	378,06	378,07	378,06
T + Vy	10,3%	4,6%	11,2%	6,6%	10,4%	11,7%	10,4%
Vpl, T, Rd, z	619,81	620,20	619,53	619,81	619,86	619,88	619,86
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	1981,88	---	1884,94	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88
Fx / Nb, Rd	3,9%	---	3,9%	1,6%	3,8%	3,4%	3,8%
lambda, red, y	0,688	---	0,688	0,688	0,688	0,688	0,688
lambda, red, z	0,152	---	0,152	0,152	0,152	0,152	0,152
Ji, y	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	4400,00	---	4184,78	4400,00	4400,00	4400,00	4400,00
Ncr, z	89557,12	---	85176,47	89557,12	89557,12	89557,12	89557,12

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	814,68	814,68	674,36	814,68	814,68	814,68	814,68
Mz / Mb, Rd	37,8%	14,4%	29,4%	22,2%	38,7%	33,9%	38,7%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red, LT	0,645	0,645	0,616	0,645	0,645	0,645	0,645
Mcr	2055,05	2055,05	1865,34	2055,05	2055,05	2055,05	2055,05

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	39,5%	---	30,8%	22,8%	40,4%	34,9%	40,4%
EAE 35.3 (2)	25,4%	---	20,2%	15,0%	26,1%	22,6%	26,1%
k, yy	0,956	---	0,803	0,911	0,959	0,964	0,959
k, zz	0,937	---	0,908	0,933	0,938	0,922	0,938
k, yz	0,562	---	0,545	0,560	0,563	0,553	0,563
k, zy	0,574	---	0,482	0,546	0,575	0,579	0,575
cm, y	0,928	---	0,779	0,900	0,931	0,940	0,931
cm, z	0,939	---	0,910	0,933	0,940	0,923	0,940
cm, LT	0,939	---	0,910	0,933	0,940	0,923	0,940
N, Ed	77,77	---	73,61	31,45	75,62	67,22	75,62
M, Ed, y	0,24	---	0,31	1,08	0,52	0,44	0,52
M, Ed, z	-307,64	---	-198,41	-180,61	-315,50	-276,32	-315,50

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,39

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

Necesarios rigidizadores de alma a 134cm esp=22mm

DIAG. 1219 (_HL-920x390) 1/lb:635,8cm/635,8cm

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm²Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,16; 0,74) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	58(2)	0	-54,58	-0,00	0,29(	0,29)	-228,14(	-228,14)	-30,80	0,06-->	29,0%
1	Tr	94(2)	0	38,08	-0,00	-0,53(	-0,53)	74,77(	74,77)	13,03	-0,13-->	9,2%
2	Mx	3(2)	636	27,20	-0,01	0,31(	0,31)	-5,82(	-5,82)	4,61	0,11-->	1,6%
3	My	94(2)	0	38,08	-0,00	-0,53(	-0,53)	74,77(	74,77)	13,03	-0,13-->	9,2%
4	Mz	72(2)	0	-53,21	0,00	0,02(	0,02)	-236,24(	-236,24)	-31,40	0,02-->	29,8%
5	V	70(2)	0	-51,17	-0,00	-0,15(	-0,15)	-205,63(	-205,63)	-32,87	-0,03-->	25,9%
6	Sm	72(2)	0	-53,21	0,00	0,02(	0,02)	-236,24(	-236,24)	-31,40	0,02-->	29,8%

APROVECHAMIENTO 0,30 (29,8%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN



Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	0	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	1983,95	1983,95	1723,87	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95
Nc, Rd	1983,95	1983,95	1723,87	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95
Fx / N, Rd	2,8%	1,9%	1,6%	1,9%	2,7%	2,6%	2,7%
Vc, Rd, y	386,50	386,50	281,90	386,50	386,50	386,50	386,50
Vy / Vc, Rd, y	8,0%	3,4%	1,6%	3,4%	8,1%	8,5%	8,1%
Vc, Rd, z	610,56	610,56	607,85	610,56	610,56	610,56	610,56
Vz / Vc, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc, Rd, y	100,56	100,56	99,86	100,56	100,56	100,56	100,56
My / Mc, Rd, y	0,3%	0,5%	0,3%	0,5%	0,0%	0,1%	0,0%
Mc, Rd, z	815,24	815,24	466,18	815,24	815,24	815,24	815,24
Mz / Mc, Rd, z	28,0%	9,2%	1,2%	9,2%	29,0%	25,2%	29,0%
T, Rd	11,44	11,44	9,73	11,44	11,44	11,44	11,44
Mx / T, Rd	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	8,1%	1,4%	0,3%	1,4%	8,4%	6,5%	8,4%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	386,49	386,44	281,82	386,44	386,50	386,50	386,50
T + Vy	8,0%	3,4%	1,6%	3,4%	8,1%	8,5%	8,1%
Vpl, T, Rd, z	610,54	610,46	607,68	610,46	610,56	610,56	610,56
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	1983,95	---	---	---	1983,95	1983,95	1983,95
Fx / Nb, Rd	2,8%	---	---	---	2,7%	2,6%	2,7%
lambda, red, y	0,737	---	---	---	0,737	0,737	0,737
lambda, red, z	0,162	---	---	---	0,162	0,162	0,162
Ji, y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	3840,01	---	---	---	3840,01	3840,01	3840,01
Ncr, z	79160,82	---	---	---	79160,82	79160,82	79160,82

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	815,24	815,24	466,18	815,24	815,24	815,24	815,24
Mz / Mb, Rd	28,0%	9,2%	1,2%	9,2%	29,0%	25,2%	29,0%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red, LT	0,695	0,695	0,595	0,695	0,695	0,695	0,695
Mcr	1774,24	1774,24	1380,57	1774,24	1774,24	1774,24	1774,24

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	29,0%	---	---	---	29,8%	25,9%	29,8%
EAE 35.3 (2)	18,7%	---	---	---	18,9%	16,7%	18,9%
k, yy	0,914	---	---	---	0,466	0,924	0,466
k, zz	0,933	---	---	---	0,934	0,921	0,934
k, yz	0,560	---	---	---	0,560	0,553	0,560
k, zy	0,549	---	---	---	0,280	0,554	0,280
cm, y	0,893	---	---	---	0,455	0,903	0,455
cm, z	0,934	---	---	---	0,935	0,922	0,935
cm, LT	0,934	---	---	---	0,935	0,922	0,935
N, Ed	54,58	---	---	---	53,21	51,17	53,21
M, Ed, y	0,29	---	---	---	0,02	-0,15	0,02
M, Ed, z	-228,14	---	---	---	-236,24	-205,63	-236,24

Cumple Pandeo Lateral-Torsional $Mzd/Mb, Rd = 0,29$
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 125cm esp=21mm

DIAG. 1221 (_HL-920x390) 1/lb:635,8cm/635,8cm
Acero estructural S275
Límite elástico : 2804 Kg/cm²
Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²
Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,16; 0,74) B(1,000;0,993)
Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm



Pandeo lateral (Yp-/Zp-): β : 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;+0,000) / (+0,000;+0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(Myl)	Mz (mT)	(Mzl)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	58(2)	0	-54,15	0,00	0,04(0,04)	-101,02(-101,02)		-28,92	-0,00-->	13,4%
1	Tr	94(2)	0	37,96	0,01	0,49(0,49)	65,77(65,77)		12,56	0,11-->	8,1%
2	Mx	38(2)	636	15,83	0,01	-0,31(-0,31)	1,64(1,64)		0,18	-0,16-->	0,9%
3	My	79(2)	0	8,50	0,01	0,80(0,80)	-20,36(-20,36)		-4,44	0,18-->	2,5%
4	Mz	62(2)	0	-40,02	-0,00	-0,16(-0,16)	-193,06(-193,06)		-23,73	-0,05-->	24,3%
5	V	56(2)	0	-52,01	0,00	0,57(0,57)	-151,79(-151,79)		-29,97	0,12-->	19,7%
6	Sm	61(2)	0	-49,85	0,00	0,18(0,18)	-191,92(-191,92)		-29,11	0,03-->	24,4%

APROVECHAMIENTO 0,24 (24,4%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase		1	1	0	1	1	1	1
Alma clase		2	1	0	1	1	2	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1983,95	1983,95	1723,87	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95
Nc,Rd	1983,95	1983,95	1723,87	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95
Fx / N,Rd	2,7%	1,9%	0,9%	0,4%	2,0%	2,6%	2,5%
Vc,Rd,y	386,50	386,50	281,90	386,50	386,50	386,50	386,50
Vy / Vc,Rd,y	7,5%	3,2%	0,1%	1,1%	6,1%	7,8%	7,5%
Vc,Rd,z	610,56	610,56	607,85	610,56	610,56	610,56	610,56
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	100,56	100,56	99,86	100,56	100,56	100,56	100,56
My / Mc,Rd,y	0,0%	0,5%	0,3%	0,8%	0,2%	0,6%	0,2%
Mc,Rd,z	815,24	815,24	466,18	815,24	815,24	815,24	815,24
Mz / Mc,Rd,z	12,4%	8,1%	0,4%	2,5%	23,7%	18,6%	23,5%
T,Rd	11,44	11,44	9,73	11,44	11,44	11,44	11,44
Mx / T,Rd	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	1,6%	1,1%	0,3%	0,9%	5,8%	4,0%	5,7%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	386,44	386,42	281,80	386,40	386,48	386,45	386,50
T + Vy	7,5%	3,2%	0,1%	1,1%	6,1%	7,8%	7,5%
Vpl,T,Rd,z	610,46	610,43	607,64	610,39	610,53	610,47	610,55
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1983,95	---	---	---	1983,95	1983,95	1983,95
Fx / Nb,Rd	2,7%	---	---	---	2,0%	2,6%	2,5%
lambda, red,y	0,737	---	---	---	0,737	0,737	0,737
lambda, red,z	0,162	---	---	---	0,162	0,162	0,162
Ji,y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	3839,83	---	---	---	3839,83	3839,83	3839,83
Ncr,z	79160,82	---	---	---	79160,82	79160,82	79160,82

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	815,24	815,24	466,18	815,24	815,24	815,24	815,24
Mz / Mb,Rd	12,4%	8,1%	0,4%	2,5%	23,7%	18,6%	23,5%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,695	0,695	0,595	0,695	0,695	0,695	0,695
Mcr	1774,24	1774,24	1380,57	1774,24	1774,24	1774,24	1774,24



COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	13,4%	---	---	---	24,3%	19,7%	24,4%
EAE 35.3 (2)	9,2%	---	---	---	15,5%	13,2%	15,7%
k, yy	0,989	---	---	---	0,864	0,916	0,941
k, zz	0,861	---	---	---	0,939	0,903	0,925
k, yz	0,517	---	---	---	0,563	0,542	0,555
k, zy	0,593	---	---	---	0,518	0,550	0,564
cm, y	0,966	---	---	---	0,849	0,895	0,921
cm, z	0,862	---	---	---	0,940	0,904	0,926
cm, LT	0,862	---	---	---	0,940	0,904	0,926
N, Ed	54,15	---	---	---	40,02	52,01	49,85
M, Ed, y	0,04	---	---	---	-0,16	0,57	0,18
M, Ed, z	-101,02	---	---	---	-193,06	-151,79	-191,92

Cumple Pandeo Lateral-Torsional $M_{zd}/M_b, R_d = 0,24$
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 125cm esp=21mm

DIAG. 1393 (_HL-920x420) 1/lb:623,9cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,78 Lambda(0,18; 0,71) B(1,000;0,992)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,122;-0,114) / (+0,004;-0,009) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,123;-0,113) / (+0,004;-0,009) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,016;-0,006) / (+0,002;+0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	61(2)	0	-76,98	-0,01	-0,04	(-0,04)	-35,78	(103,49)	-28,73	-0,01-->	15,7%
1	Tr	94(2)	0	47,14	0,00	0,03	(0,19)	32,91	(32,91)	12,84	-0,03-->	6,8%
2	Mx	96(2)	0	46,86	0,02	-0,10	(-0,41)	32,21	(32,21)	12,68	0,05-->	6,7%
3	My	96(2)	623	46,27	0,02	-0,41	(-0,41)	-28,47	(32,21)	6,80	0,05-->	5,9%
4	Mz	59(2)	0	-52,99	-0,00	-0,13	(-0,13)	-123,94	(-123,94)	-23,07	-0,01-->	25,6%
5	V	56(2)	0	-73,02	-0,02	-0,02	(0,27)	-77,30	(-77,30)	-29,60	-0,05-->	16,0%
6	Sm	59(2)	0	-52,99	-0,00	-0,13	(-0,13)	-123,94	(-123,94)	-23,07	-0,01-->	25,6%

APROVECHAMIENTO 0,26 (25,6%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	2	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53
Nc, Rd	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53
Fx / N, Rd	5,8%	3,6%	3,5%	3,5%	4,0%	5,5%	4,0%
Vc, Rd, y	316,66	316,66	316,66	316,66	316,66	316,66	316,66
Vy / Vc, Rd, y	9,1%	4,1%	4,0%	2,1%	7,3%	9,3%	7,3%
Vc, Rd, z	481,44	481,44	481,44	481,44	481,44	481,44	481,44
Vz / Vc, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc, Rd, y	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80
My / Mc, Rd, y	0,0%	0,0%	0,1%	0,5%	0,1%	0,0%	0,1%
Mc, Rd, z	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60
Mz / Mc, Rd, z	7,4%	6,8%	6,7%	5,9%	25,6%	16,0%	25,6%
T, Rd	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71
Mx / T, Rd	0,1%	0,0%	0,3%	0,3%	0,0%	0,2%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%



N + M	0,6%	0,5%	0,6%	0,8%	6,7%	2,6%	6,7%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	316,50	316,62	316,30	316,30	316,66	316,38	316,66
T + Vy	9,1%	4,1%	4,0%	2,1%	7,3%	9,4%	7,3%
Vpl, T, Rd, z	481,20	481,37	480,89	480,89	481,44	481,01	481,44
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	1322,53	---	---	---	1322,53	1322,53	1322,53
Fx / Nb, Rd	5,8%	---	---	---	4,0%	5,5%	4,0%
lambda, red, y	0,709	---	---	---	0,709	0,709	0,709
lambda, red, z	0,177	---	---	---	0,177	0,177	0,177
Ji, y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	2762,25	---	---	---	2762,25	2762,25	2762,25
Ncr, z	44161,73	---	---	---	44161,73	44161,73	44161,73

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60
Mz / Mb, Rd	7,4%	6,8%	6,7%	5,9%	25,6%	16,0%	25,6%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red, LT	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612
Mcr	1357,22	1357,22	1357,22	1357,22	1357,22	1357,22	1357,22

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	15,7%	---	---	---	19,5%	12,0%	19,5%
EAE 35.3 (2)	11,8%	---	---	---	13,4%	9,5%	13,4%
k, yy	0,419	---	---	---	0,876	0,597	0,876
k, zz	0,461	---	---	---	0,603	0,399	0,603
k, yz	0,277	---	---	---	0,362	0,240	0,362
k, zy	0,251	---	---	---	0,526	0,358	0,526
cm, y	0,400	---	---	---	0,848	0,571	0,848
cm, z	0,461	---	---	---	0,603	0,400	0,603
cm, LT	0,461	---	---	---	0,603	0,400	0,603
N, Ed	76,98	---	---	---	52,99	73,02	52,99
M, Ed, y	-0,04	---	---	---	-0,13	-0,02	-0,13
M, Ed, z	-35,78	---	---	---	-123,94	-77,30	-123,94

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,26

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 1395 (_HL-920x420) 1/lb: 623,9cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,78 Lambda(0,18; 0,71) B(1,000;0,992)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,101;-0,097) / (+0,013;-0,006) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,103;-0,096) / (+0,013;-0,006) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,018;-0,004) / (+0,000;-0,003) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	61(2)	0	-76,66	0,01	0,08(0,08)	-100,16(-100,16)	-27,57	0,02-->	20,7%	
1	Tr	94(2)	0	47,04	-0,00	-0,17(-0,18)	24,77(-34,21)	12,40	0,00-->	5,1%	
2	Mx	96(2)	0	46,77	-0,02	0,34(0,42)	24,35(-33,72)	12,25	-0,01-->	5,0%	
3	My	96(2)	623	46,18	-0,02	0,42(0,42)	-33,66(-33,72)	6,37	-0,01-->	7,0%	
4	Mz	59(2)	623	-51,89	-0,00	0,18(0,18)	110,07(110,19)	-12,72	-0,00-->	22,8%	
5	V	70(2)	0	-70,70	0,02	-0,08(-0,25)	-78,04(-78,04)	-29,86	0,03-->	16,1%	
6	Sm	59(2)	623	-51,89	-0,00	0,18(0,18)	110,07(110,19)	-12,72	-0,00-->	22,8%	

APROVECHAMIENTO 0,23 (22,8%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN



Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53
Nc,Rd	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53
Fx / N,Rd	5,8%	3,6%	3,5%	3,5%	3,9%	5,3%	3,9%
Vc,Rd,y	316,66	316,66	316,66	316,66	316,66	316,66	316,66
Vy / Vc,Rd,y	8,7%	3,9%	3,9%	2,0%	4,0%	9,4%	4,0%
Vc,Rd,z	481,44	481,44	481,44	481,44	481,44	481,44	481,44
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80
My / Mc,Rd,y	0,1%	0,2%	0,4%	0,5%	0,2%	0,1%	0,2%
Mc,Rd,z	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60
Mz / Mc,Rd,z	20,7%	5,1%	5,0%	7,0%	22,8%	16,1%	22,8%
T,Rd	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71
Mx / T,Rd	0,1%	0,0%	0,3%	0,3%	0,0%	0,2%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	4,4%	0,4%	0,6%	0,9%	5,4%	2,7%	5,4%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	316,49	316,61	316,31	316,31	316,65	316,40	316,65
T + Vy	8,7%	3,9%	3,9%	2,0%	4,0%	9,4%	4,0%
Vpl,T,Rd,z	481,19	481,36	480,90	480,90	481,42	481,04	481,42
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1322,53	---	---	---	1322,53	1322,53	1322,53
Fx / Nb,Rd	5,8%	---	---	---	3,9%	5,3%	3,9%
lambda, red,y	0,709	---	---	---	0,709	0,709	0,709
lambda, red,z	0,177	---	---	---	0,177	0,177	0,177
Ji,y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	2762,25	---	---	---	2762,25	2762,25	2762,25
Ncr,z	44161,77	---	---	---	44161,77	44161,77	44161,77

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60
Mz / Mb,Rd	20,7%	5,1%	5,0%	7,0%	22,8%	16,1%	22,8%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612
Mcr	1357,23	1357,23	1357,23	1357,23	1357,23	1357,23	1357,23

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	14,8%	---	---	---	17,2%	11,9%	17,2%
EAE 35.3 (2)	11,3%	---	---	---	12,0%	9,4%	12,0%
k,yy	0,419	---	---	---	0,987	0,766	0,987
k,zz	0,436	---	---	---	0,580	0,400	0,580
k,yz	0,262	---	---	---	0,348	0,240	0,348
k,zy	0,251	---	---	---	0,592	0,459	0,592
cm,y	0,400	---	---	---	0,956	0,734	0,956
cm,z	0,436	---	---	---	0,580	0,400	0,580
cm,LT	0,436	---	---	---	0,580	0,400	0,580
N,Ed	76,66	---	---	---	51,89	70,70	51,89
M,Ed,y	0,08	---	---	---	0,18	-0,08	0,18
M,Ed,z	-100,16	---	---	---	110,07	-78,04	110,07

Cumple Pandeo Lateral-Torsional $Mzd/Mb,Rd = 0,23$

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 1530 (_HL-920x390) 1/lb:635,8cm/635,8cm
Acero estructural S275
Límite elástico : 2804 Kg/cm²
Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²
Cálculo de 2° orden : X: 0,75 Lambda(0,19; 0,76) $\beta(1,000;0,991)$
Pandeo lateral (Yp+/Zp+): $\beta: 1,00$ Lcr,LT: 636cm
Pandeo lateral (Yp-/Zp-): $\beta: 1,00$ Lcr,LT: 636cm
ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)



F. por confort V/H(+0,118;-0,110) / (+0,006;-0,011) < +1,817
F. por integridad V/H(+0,120;-0,108) / (+0,006;-0,011) < +1,590
F. por apariencia V/H(+0,023;+0,000) / (+0,001;+0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	58(2)	0	-53,14	0,00	-0,10	(-0,10)	-67,53	(-67,53)	-19,57	-0,01	--> 14,1%
1	Tr	94(2)	0	37,43	0,00	0,23	(0,23)	8,83	(-21,34)	7,82	0,03	--> 2,8%
2	Mx	9(2)	0	-18,35	0,01	-0,22	(-0,22)	43,74	(57,60)	-5,48	-0,01	--> 12,5%
3	My	96(2)	0	37,40	0,00	-0,32	(-0,32)	8,52	(-21,44)	7,78	-0,01	--> 2,8%
4	Mz	73(2)	0	-45,65	0,00	-0,25	(-0,25)	-86,81	(-86,81)	-16,99	-0,02	--> 18,1%
5	V	72(2)	0	-51,75	0,00	-0,11	(-0,11)	-71,83	(-71,83)	-20,18	-0,01	--> 15,0%
6	Sm	73(2)	0	-45,65	0,00	-0,25	(-0,25)	-86,81	(-86,81)	-16,99	-0,02	--> 18,1%

APROVECHAMIENTO 0,18 (18,1%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	0	1	0	1	1	1
Alma clase	1	0	1	0	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07
Nc,Rd	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07
Fx / N,Rd	4,0%	2,8%	1,4%	2,8%	3,5%	3,9%	3,5%
Vc,Rd,y	321,63	321,63	321,63	321,63	321,63	321,63	321,63
Vy / Vc,Rd,y	6,1%	2,4%	1,7%	2,4%	5,3%	6,3%	5,3%
Vc,Rd,z	474,03	474,03	474,03	474,03	474,03	474,03	474,03
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	88,96	88,96	88,96	88,96	88,96	88,96	88,96
My / Mc,Rd,y	0,1%	0,3%	0,2%	0,4%	0,3%	0,1%	0,3%
Mc,Rd,z	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57
Mz / Mc,Rd,z	14,1%	1,8%	9,1%	1,8%	18,1%	15,0%	18,1%
T,Rd	7,12	7,12	7,12	7,12	7,12	7,12	7,12
Mx / T,Rd	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	2,1%	0,3%	1,1%	0,4%	3,6%	2,4%	3,6%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	321,61	321,62	321,52	321,55	321,60	321,61	321,60
T + Vy	6,1%	2,4%	1,7%	2,4%	5,3%	6,3%	5,3%
Vpl,T,Rd,z	474,00	474,01	473,86	473,91	473,98	473,99	473,98
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1320,07	---	1320,07	---	1320,07	1320,07	1320,07
Fx / Nb,Rd	4,0%	---	1,4%	---	3,5%	3,9%	3,5%
lambda, red,y	0,758	---	0,758	---	0,758	0,758	0,758
lambda, red,z	0,189	---	0,189	---	0,189	0,189	0,189
Ji,y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	2410,71	---	2410,71	---	2410,71	2410,71	2410,71
Ncr,z	38783,19	---	38783,19	---	38783,19	38783,19	38783,19

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57
Mz / Mb,Rd	14,1%	1,8%	9,1%	1,8%	18,1%	15,0%	18,1%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,656	0,656	0,656	0,656	0,656	0,656	0,656
Mcr	1167,24	1167,24	1167,24	1167,24	1167,24	1167,24	1167,24

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO



EAE 35.3 (1)	10,4%	---	12,5%	---	14,5%	10,9%	14,5%
EAE 35.3 (2)	7,9%	---	8,2%	---	10,2%	8,2%	10,2%
k,yy	0,819	---	0,937	---	0,855	0,821	0,855
k,zz	0,447	---	0,908	---	0,599	0,459	0,599
k,yz	0,268	---	0,545	---	0,359	0,275	0,359
k,zy	0,492	---	0,562	---	0,513	0,492	0,513
cm,y	0,790	---	0,925	---	0,829	0,792	0,829
cm,z	0,447	---	0,909	---	0,599	0,459	0,599
cm,LT	0,447	---	0,909	---	0,599	0,459	0,599
N,Ed	53,14	---	18,35	---	45,65	51,75	45,65
M,Ed,y	-0,10	---	-0,22	---	-0,25	-0,11	-0,25
M,Ed,z	-67,53	---	43,74	---	-86,81	-71,83	-86,81

Cumple Pandeo Lateral-Torsional $Mzd/Mb, R_d = 0,18$
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 1532 (_HL-920x390) 1/lb:635,8cm/635,8cm

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,75 Lambda (0,19; 0,76) B(1,000;0,991)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): β : 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): β : 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,148;-0,119) / (+0,011;-0,005) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,153;-0,115) / (+0,011;-0,005) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,052;+0,000) / (+0,000;-0,002) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	58(2)	0	-52,42	-0,00	0,02(	0,05)	37,62(	88,56)	-14,40	-0,00-->	18,2%
1	Tr	94(2)	0	37,34	-0,00	-0,15(	-0,15)	2,80(	-24,38)	7,35	-0,02-->	2,8%
2	Mx	7(2)	0	-25,31	-0,01	0,13(	0,30)	70,26(	74,65)	-3,08	-0,03-->	17,5%
3	My	96(2)	635	36,54	-0,00	0,36(	0,36)	-24,37(	-24,38)	1,19	-0,02-->	5,1%
4	Mz	73(2)	540	-43,49	-0,01	0,20(	0,21)	95,54(	95,54)	-0,02	-0,02-->	23,4%
5	V	61(2)	0	-48,50	-0,00	0,05(	0,05)	-42,17(	-42,17)	-17,78	0,02-->	8,8%
6	Sm	73(2)	450	-43,70	-0,01	0,18(	0,21)	94,78(	95,54)	-1,67	-0,02-->	23,4%

APROVECHAMIENTO 0,23 (23,4%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	0	1	1	1	1	1
Alma clase	1	0	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07
Nc,Rd	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07
Fx / N,Rd	4,0%	2,8%	1,9%	2,8%	3,3%	3,7%	3,3%
Vc,Rd,y	321,63	321,63	321,63	321,63	321,63	321,63	321,63
Vy / Vc,Rd,y	4,5%	2,3%	1,0%	0,4%	0,0%	5,5%	0,5%
Vc,Rd,z	474,03	474,03	474,03	474,03	474,03	474,03	474,03
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	88,96	88,96	88,96	88,96	88,96	88,96	88,96
My / Mc,Rd,y	0,0%	0,2%	0,1%	0,4%	0,2%	0,1%	0,2%
Mc,Rd,z	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57
Mz / Mc,Rd,z	7,9%	0,6%	14,7%	5,1%	20,0%	8,8%	19,8%
T,Rd	7,12	7,12	7,12	7,12	7,12	7,12	7,12
Mx / T,Rd	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	0,6%	0,2%	2,3%	0,7%	4,2%	0,8%	4,1%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vp1,T,Rd,y	321,56	321,63	321,53	321,56	321,53	321,56	321,53



T + Vy	4,5%	2,3%	1,0%	0,4%	0,0%	5,5%	0,5%
Vpl, T, Rd, z	473,92	474,03	473,87	473,92	473,88	473,93	473,88
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	1320,07	---	1320,07	---	1320,07	1320,07	1320,07
Fx / Nb, Rd	4,0%	---	1,9%	---	3,3%	3,7%	3,3%
lambda, red, y	0,758	---	0,758	---	0,758	0,758	0,758
lambda, red, z	0,189	---	0,189	---	0,189	0,189	0,189
Ji, y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	2410,71	---	2410,71	---	2410,71	2410,71	2410,71
Ncr, z	38783,19	---	38783,19	---	38783,19	38783,19	38783,19

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57
Mz / Mb, Rd	7,9%	0,6%	14,7%	5,1%	20,0%	8,8%	19,8%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red, LT	0,656	0,656	0,656	0,656	0,656	0,656	0,656
Mcr	1167,24	1167,24	1167,24	1167,24	1167,24	1167,24	1167,24

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	18,2%	---	17,5%	---	23,4%	7,2%	23,4%
EAE 35.3 (2)	12,6%	---	11,4%	---	15,5%	5,8%	15,5%
k, yy	0,796	---	0,790	---	0,840	0,413	0,840
k, zz	0,770	---	0,987	---	0,999	0,400	1,000
k, yz	0,462	---	0,592	---	0,600	0,240	0,600
k, zy	0,478	---	0,474	---	0,504	0,248	0,504
cm, y	0,768	---	0,776	---	0,815	0,400	0,815
cm, z	0,770	---	0,987	---	1,000	0,400	1,000
cm, LT	0,770	---	0,987	---	1,000	0,400	1,000
N, Ed	52,42	---	25,31	---	43,49	48,50	43,70
M, Ed, y	0,02	---	0,13	---	0,20	0,05	0,18
M, Ed, z	37,62	---	70,26	---	95,54	-42,17	94,78

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,20

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 1683 (_HL-920x420) 1/lb:623,9cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,78 Lambda(0,18; 0,71) B(1,000;0,991)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,167;-0,148) / (+0,003;-0,008) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,178;-0,137) / (+0,003;-0,008) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,126;+0,000) / (+0,002;+0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	61(2)	0	-75,62	-0,01	0,05(	0,08)	103,47(	159,09)	-15,33	-0,01-->	34,0%
1	Tr	94(2)	0	46,55	0,01	0,10(	0,10)	-28,77(	-54,77)	7,12	0,03-->	5,9%
2	Mx	96(2)	0	46,28	0,02	-0,26(	-0,26)	-28,51(	-53,86)	7,01	-0,01-->	5,9%
3	My	96(2)	0	46,28	0,02	-0,26(	-0,26)	-28,51(	-53,86)	7,01	-0,01-->	5,9%
4	Mz	75(2)	623	-72,21	-0,01	0,08(	0,08)	163,54(	163,57)	-2,46	-0,00-->	34,7%
5	V	58(2)	0	-66,98	-0,01	-0,00(	0,17)	34,36(	118,37)	-18,39	-0,03-->	22,6%
6	Sm	76(2)	570	-64,30	0,00	-0,02(	-0,04)	148,46(	148,48)	-0,29	-0,00-->	35,6%

APROVECHAMIENTO 0,36 (35,6%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1



ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53
Nc, Rd	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53
Fx / N, Rd	5,7%	3,5%	3,5%	3,5%	5,5%	5,1%	4,9%
Vc, Rd, y	316,66	316,66	316,66	316,66	316,66	316,66	316,66
Vy / Vc, Rd, y	4,8%	2,2%	2,2%	2,2%	0,8%	5,8%	0,1%
Vc, Rd, z	481,44	481,44	481,44	481,44	481,44	481,44	481,44
Vz / Vc, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc, Rd, y	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80
My / Mc, Rd, y	0,1%	0,1%	0,3%	0,3%	0,1%	0,0%	0,0%
Mc, Rd, z	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60
Mz / Mc, Rd, z	21,4%	5,9%	5,9%	5,9%	33,8%	7,1%	30,7%
T, Rd	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71
Mx / T, Rd	0,1%	0,1%	0,3%	0,3%	0,1%	0,1%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	4,6%	0,5%	0,6%	0,6%	11,5%	0,5%	9,4%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vp1, T, Rd, y	316,55	316,55	316,33	316,33	316,56	316,50	316,64
T + Vy	4,8%	2,2%	2,2%	2,2%	0,8%	5,8%	0,1%
Vp1, T, Rd, z	481,27	481,27	480,94	480,94	481,28	481,20	481,40
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	1322,53	---	---	---	1322,53	1322,53	1322,53
Fx / Nb, Rd	5,7%	---	---	---	5,5%	5,1%	4,9%
lambda, red, y	0,708	---	---	---	0,708	0,708	0,708
lambda, red, z	0,177	---	---	---	0,177	0,177	0,177
Ji, y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	2767,06	---	---	---	2767,06	2767,06	2767,06
Ncr, z	44161,36	---	---	---	44161,36	44161,36	44161,36

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60
Mz / Mb, Rd	21,4%	5,9%	5,9%	5,9%	33,8%	7,1%	30,7%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red, LT	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612
Mcr	1357,19	1357,19	1357,19	1357,19	1357,19	1357,19	1357,19

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	34,0%	---	---	---	34,7%	22,6%	35,6%
EAE 35.3 (2)	22,8%	---	---	---	23,1%	15,7%	23,3%
k, yy	0,913	---	---	---	0,853	0,614	0,842
k, zz	0,859	---	---	---	0,864	0,715	0,999
k, yz	0,515	---	---	---	0,518	0,429	0,599
k, zy	0,548	---	---	---	0,512	0,369	0,505
cm, y	0,873	---	---	---	0,816	0,590	0,809
cm, z	0,860	---	---	---	0,865	0,716	1,000
cm, LT	0,860	---	---	---	0,865	0,716	1,000
N, Ed	75,62	---	---	---	72,21	66,98	64,30
M, Ed, y	0,05	---	---	---	0,08	-0,00	-0,02
M, Ed, z	103,47	---	---	---	163,54	34,36	148,46

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,34
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 1685 (_HL-920x420) 1/lb:623,9cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm2

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm2

Cálculo de 2º orden : X: 0,78 Lambda(0,18; 0,71) B(1,000;0,991)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,160;-0,151) / (+0,009;-0,003) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,170;-0,141) / (+0,008;-0,003) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,128;+0,000) / (+0,000;-0,002) < +2,080



COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	61 (2)	0	-75,68	0,01	0,01 (	-0,14)	41,10 (	118,32)	-17,30	0,03-->	23,8%
1	Tr	94 (2)	0	46,49	-0,01	-0,13 (	0,14)	-34,19 (	-57,49)	6,68	-0,04-->	7,1%
2	Mx	13 (2)	0	33,09	-0,02	0,28 (	0,28)	-20,27 (	-31,12)	3,65	0,02-->	4,2%
3	My	87 (2)	0	44,92	-0,02	0,32 (	0,32)	-32,60 (	-57,15)	6,88	0,02-->	6,7%
4	Mz	72 (2)	623	-63,25	0,00	-0,13 (	-0,13)	163,27 (	163,30)	-3,60	0,01-->	33,8%
5	V	70 (2)	0	-69,54	0,01	-0,18 (	-0,18)	71,87 (	146,03)	-17,72	-0,00-->	29,4%
6	Sm	72 (2)	623	-63,25	0,00	-0,13 (	-0,13)	163,27 (	163,30)	-3,60	0,01-->	33,8%

APROVECHAMIENTO 0,34 (33,8%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53
Nc,Rd	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53
Fx / N,Rd	5,7%	3,5%	2,5%	3,4%	4,8%	5,3%	4,8%
Vc,Rd,y	316,66	316,66	316,66	316,66	316,66	316,66	316,66
Vy / Vc,Rd,y	5,5%	2,1%	1,2%	2,2%	1,1%	5,6%	1,1%
Vc,Rd,z	481,44	481,44	481,44	481,44	481,44	481,44	481,44
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80
My / Mc,Rd,y	0,0%	0,1%	0,3%	0,3%	0,1%	0,2%	0,1%
Mc,Rd,z	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60
Mz / Mc,Rd,z	8,5%	7,1%	4,2%	6,7%	33,8%	14,9%	33,8%
T,Rd	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71
Mx / T,Rd	0,1%	0,1%	0,2%	0,2%	0,0%	0,1%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	0,7%	0,6%	0,5%	0,8%	11,5%	2,4%	11,5%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	316,57	316,55	316,37	316,39	316,61	316,52	316,61
T + Vy	5,5%	2,1%	1,2%	2,2%	1,1%	5,6%	1,1%
Vpl,T,Rd,z	481,30	481,28	481,00	481,02	481,36	481,22	481,36
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1322,53	---	---	---	1322,53	1322,53	1322,53
Fx / Nb,Rd	5,7%	---	---	---	4,8%	5,3%	4,8%
lambda,red,y	0,708	---	---	---	0,708	0,708	0,708
lambda,red,z	0,177	---	---	---	0,177	0,177	0,177
Ji,y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	2767,06	---	---	---	2767,06	2767,06	2767,06
Ncr,z	44161,34	---	---	---	44161,34	44161,34	44161,34

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60
Mz / Mb,Rd	8,5%	7,1%	4,2%	6,7%	33,8%	14,9%	33,8%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda,red,LT	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612
Mcr	1357,19	1357,19	1357,19	1357,19	1357,19	1357,19	1357,19

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	23,8%	---	---	---	33,4%	29,4%	33,4%
EAE 35.3 (2)	16,6%	---	---	---	22,0%	19,9%	22,0%
k,yy	0,588	---	---	---	0,816	0,967	0,816



k, z z	0,738	---	---	---	0,846	0,796	0,846
k, y z	0,443	---	---	---	0,508	0,478	0,508
k, z y	0,353	---	---	---	0,490	0,580	0,490
cm, y	0,562	---	---	---	0,786	0,927	0,786
cm, z	0,739	---	---	---	0,847	0,797	0,847
cm, LT	0,739	---	---	---	0,847	0,797	0,847
N, Ed	75,68	---	---	---	63,25	69,54	63,25
M, Ed, y	0,01	---	---	---	-0,13	-0,18	-0,13
M, Ed, z	41,10	---	---	---	163,27	71,87	163,27

Cumple Pandeo Lateral-Torsional $Mzd/Mb, Rd= 0,34$
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 1857 (_HL-920x390) 1/lb:635,8cm/635,8cm

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,75 Lambda(0,19; 0,76) B(1,000;0,990)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,101;-0,082) / (+0,011;-0,009) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,107;-0,075) / (+0,011;-0,009) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,077;+0,000) / (+0,000;-0,003) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	58(2)	0	-51,87	-0,00	0,04(	0,11)	-25,91(	-55,29)	9,50	-0,01-->	13,1%
1	Tr	94(2)	0	36,67	0,02	0,01(	-0,58)	21,34(	23,13)	-1,86	0,09-->	4,5%
2	Mx	3(2)	0	26,74	0,02	0,01(	-0,67)	12,02(	12,82)	-1,02	0,11-->	2,5%
3	My	3(2)	635	26,23	0,02	-0,66(	-0,67)	5,37(	12,82)	3,12	0,11-->	2,0%
4	Mz	62(2)	30	-37,25	-0,00	0,04(	0,46)	-78,05(	-78,06)	0,22	-0,07-->	19,3%
5	V	62(2)	635	-35,89	-0,00	0,46(	0,46)	-45,97(	-78,06)	-10,82	-0,07-->	16,6%
6	Sm	75(2)	30	-45,44	-0,00	-0,04(	0,37)	-73,25(	-77,32)	4,05	-0,07-->	19,7%

APROVECHAMIENTO 0,20 (19,7%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

	1	1	1	1	1	1	1
Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	2	1	1	0	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07
Nc, Rd	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07
Fx / N, Rd	3,9%	2,8%	2,0%	2,0%	2,8%	2,7%	3,4%
Vc, Rd, y	321,63	321,63	321,63	321,63	321,63	321,63	321,63
Vy / Vc, Rd, y	3,0%	0,6%	0,3%	1,0%	0,1%	3,4%	1,3%
Vc, Rd, z	474,03	474,03	474,03	474,03	474,03	474,03	474,03
Vz / Vc, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc, Rd, y	88,96	88,96	88,96	88,96	88,96	88,96	88,96
My / Mc, Rd, y	0,1%	0,0%	0,0%	0,7%	0,0%	0,5%	0,0%
Mc, Rd, z	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57
Mz / Mc, Rd, z	5,4%	4,5%	2,5%	1,1%	16,3%	9,6%	15,3%
T, Rd	7,12	7,12	7,12	7,12	7,12	7,12	7,12
Mx / T, Rd	0,0%	0,2%	0,3%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	0,3%	0,2%	0,1%	0,8%	2,7%	1,4%	2,4%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	321,61	321,34	321,29	321,29	321,59	321,59	321,60
T + Vy	3,0%	0,6%	0,3%	1,0%	0,1%	3,4%	1,3%
Vpl, T, Rd, z	474,00	473,61	473,52	473,52	473,96	473,96	473,98
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%



INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1320,07	---	---	---	1320,07	1320,07	1320,07
Fx / Nb,Rd	3,9%	---	---	---	2,8%	2,7%	3,4%
lambda, red, y	0,757	---	---	---	0,757	0,757	0,757
lambda, red, z	0,189	---	---	---	0,189	0,189	0,189
Ji, y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	2415,99	---	---	---	2415,99	2415,99	2415,99
Ncr, z	38785,67	---	---	---	38785,67	38785,67	38785,67

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57
Mz / Mb,Rd	5,4%	4,5%	2,5%	1,1%	16,3%	9,6%	15,3%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,656	0,656	0,656	0,656	0,656	0,656	0,656
Mcr	1167,28	1167,28	1167,28	1167,28	1167,28	1167,28	1167,28

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	13,1%	---	---	---	19,3%	16,6%	19,7%
EAE 35.3 (2)	9,5%	---	---	---	12,9%	11,2%	13,4%
k, yy	0,790	---	---	---	0,633	0,633	0,549
k, zz	0,787	---	---	---	1,000	0,836	0,999
k, yz	0,472	---	---	---	0,600	0,501	0,599
k, zy	0,474	---	---	---	0,380	0,380	0,330
cm, y	0,762	---	---	---	0,617	0,617	0,532
cm, z	0,787	---	---	---	1,000	0,836	0,999
cm,LT	0,787	---	---	---	1,000	0,836	0,999
N,Ed	51,87	---	---	---	37,25	35,89	45,44
M,Ed, y	0,04	---	---	---	0,04	0,46	-0,04
M,Ed, z	-25,91	---	---	---	-78,05	-45,97	-73,25

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,16

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 1859 (_HL-920x390) 1/lb:635,8cm/635,8cm

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,75 Lambda(0,19; 0,76) B(1,000;0,990)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,113;-0,093) / (+0,011;-0,009) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,120;-0,086) / (+0,011;-0,010) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,087;+0,000) / (+0,000;-0,003) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(Myl)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	58(2)	0	-50,84	-0,01	0,03(	0,13)	88,56(	88,89)	-1,16	-0,02-->	19,7%
1	Tr	94(2)	0	36,63	-0,01	0,02(	-0,60)	-24,38(	-25,37)	1,39	0,10-->	5,1%
2	Mx	3(2)	0	26,66	-0,02	0,02(	-0,68)	-15,27(	-15,47)	0,51	0,11-->	3,2%
3	My	3(2)	635	26,15	-0,02	-0,68(	-0,68)	-5,37(	-15,47)	-3,63	0,11-->	2,0%
4	Mz	73(2)	0	-43,26	-0,01	0,11(	0,21)	94,73(	94,73)	2,17	-0,01-->	19,8%
5	V	73(2)	635	-41,83	-0,01	0,21(	0,21)	44,14(	94,73)	13,76	-0,01-->	18,8%
6	Sm	72(2)	30	-49,20	-0,01	0,05(	0,16)	93,59(	93,62)	-0,32	-0,02-->	23,4%

APROVECHAMIENTO 0,23 (23,4%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	0	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07
-------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------



GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23

TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Nc, Rd	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07	1320,07
Fx / N, Rd	3,9%	2,8%	2,0%	2,0%	3,3%	3,2%	3,7%
Vc, Rd, y	321,63	321,63	321,63	321,63	321,63	321,63	321,63
Vy / Vc, Rd, y	0,4%	0,4%	0,2%	1,1%	0,7%	4,3%	0,1%
Vc, Rd, z	474,03	474,03	474,03	474,03	474,03	474,03	474,03
Vz / Vc, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc, Rd, y	88,96	88,96	88,96	88,96	88,96	88,96	88,96
My / Mc, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	0,1%	0,2%	0,1%
Mc, Rd, z	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57
Mz / Mc, Rd, z	18,5%	5,1%	3,2%	1,1%	19,8%	9,2%	19,6%
T, Rd	7,12	7,12	7,12	7,12	7,12	7,12	7,12
Mx / T, Rd	0,1%	0,2%	0,3%	0,3%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	3,5%	0,3%	0,1%	0,8%	4,0%	1,1%	3,9%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	321,52	321,36	321,28	321,28	321,50	321,50	321,53
T + Vy	0,4%	0,4%	0,2%	1,1%	0,7%	4,3%	0,1%
Vpl, T, Rd, z	473,86	473,63	473,51	473,51	473,83	473,83	473,88
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	1320,07	---	---	---	1320,07	1320,07	1320,07
Fx / Nb, Rd	3,9%	---	---	---	3,3%	3,2%	3,7%
lambda, red, y	0,757	---	---	---	0,757	0,757	0,757
lambda, red, z	0,189	---	---	---	0,189	0,189	0,189
Ji, y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	2415,99	---	---	---	2415,99	2415,99	2415,99
Ncr, z	38785,67	---	---	---	38785,67	38785,67	38785,67

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57	478,57
Mz / Mb, Rd	18,5%	5,1%	3,2%	1,1%	19,8%	9,2%	19,6%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red, LT	0,656	0,656	0,656	0,656	0,656	0,656	0,656
Mcr	1167,28	1167,28	1167,28	1167,28	1167,28	1167,28	1167,28

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	19,7%	---	---	---	19,0%	18,8%	23,4%
EAE 35.3 (2)	13,4%	---	---	---	12,8%	12,7%	15,6%
k, yy	0,719	---	---	---	0,847	0,847	0,728
k, zz	0,850	---	---	---	0,786	0,786	0,999
k, yz	0,510	---	---	---	0,472	0,472	0,600
k, zy	0,431	---	---	---	0,508	0,508	0,437
cm, y	0,694	---	---	---	0,823	0,823	0,704
cm, z	0,850	---	---	---	0,786	0,786	1,000
cm, LT	0,850	---	---	---	0,786	0,786	1,000
N, Ed	50,84	---	---	---	43,26	41,83	49,20
M, Ed, y	0,03	---	---	---	0,11	0,21	0,05
M, Ed, z	88,56	---	---	---	94,73	44,14	93,59

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,20

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 1985 (_HL-920x420) 1/lb:623,9cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm2

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm2

Cálculo de 2º orden : X: 0,78 Lambda(0,18; 0,71) B(1,000;0,991)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,163;-0,179) / (+0,028;-0,013) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,177;-0,165) / (+0,027;-0,014) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,161;+0,000) / (+0,000;-0,016) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n TIPO COMB. X(cm) Fx(T) Mx(mT) My(mT) (Myl) Mz(mT) (Mz1) Vy(T) Vz(T) %



0 Co	61 (2)	0	-74,26	0,02	-0,03 (	-0,65)	-159,08 (	-159,86)	1,79	0,10-->	36,5%
1 Tr	94 (2)	0	45,97	0,02	0,15 (	-1,03)	54,77 (	55,87)	-1,44	0,19-->	11,3%
2 Mx	65 (2)	0	5,31	0,04	0,14 (	-1,80)	-21,22 (	-27,87)	1,47	0,31-->	4,4%
3 My	65 (2)	623	5,39	0,04	-1,79 (	-1,80)	-27,86 (	-27,87)	0,66	0,31-->	5,8%
4 Mz	75 (2)	90	-71,95	0,02	-0,12 (	-0,61)	-164,28 (	-164,29)	-0,12	0,09-->	39,6%
5 V	76 (2)	623	-62,95	0,01	0,01 (	-0,03)	-103,63 (	-148,34)	-13,00	-0,01-->	31,7%
6 Sm	75 (2)	30	-72,07	0,02	-0,06 (	-0,61)	-163,98 (	-164,29)	1,12	0,09-->	39,6%

APROVECHAMIENTO 0,40 (39,6%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n 0 1 2 3 4 5 6

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53
Nc,Rd	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53
Fx / N,Rd	5,6%	3,5%	0,4%	0,4%	5,4%	4,8%	5,4%
Vc,Rd,y	316,66	316,66	316,66	316,66	316,66	316,66	316,66
Vy / Vc,Rd,y	0,6%	0,5%	0,5%	0,2%	0,0%	4,1%	0,4%
Vc,Rd,z	481,44	481,44	481,44	481,44	481,44	481,44	481,44
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80
My / Mc,Rd,y	0,0%	0,2%	0,2%	2,0%	0,1%	0,0%	0,1%
Mc,Rd,z	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60
Mz / Mc,Rd,z	32,9%	11,3%	4,4%	5,8%	34,0%	21,4%	33,9%
T,Rd	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71
Mx / T,Rd	0,2%	0,3%	0,5%	0,5%	0,2%	0,1%	0,2%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	10,9%	1,5%	0,4%	2,3%	11,7%	4,6%	11,6%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	316,40	316,28	316,06	316,06	316,41	316,53	316,41
T + Vy	0,6%	0,5%	0,5%	0,2%	0,0%	4,1%	0,4%
Vpl,T,Rd,z	481,04	480,86	480,53	480,53	481,06	481,24	481,06
T + Vz	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1322,53	---	---	---	1322,53	1322,53	1322,53
Fx / Nb,Rd	5,6%	---	---	---	5,4%	4,8%	5,4%
lambda, red,y	0,708	---	---	---	0,708	0,708	0,708
lambda, red,z	0,177	---	---	---	0,177	0,177	0,177
Ji,y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	2767,36	---	---	---	2767,36	2767,36	2767,36
Ncr,z	44161,32	---	---	---	44161,32	44161,32	44161,32

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60
Mz / Mb,Rd	32,9%	11,3%	4,4%	5,8%	34,0%	21,4%	33,9%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612
Mcr	1357,19	1357,19	1357,19	1357,19	1357,19	1357,19	1357,19

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	36,5%	---	---	---	39,6%	31,7%	39,6%
EAE 35.3 (2)	24,5%	---	---	---	26,2%	20,9%	26,2%
k,yy	0,650	---	---	---	0,649	0,464	0,649
k,zz	0,927	---	---	---	0,999	0,878	0,999
k,yz	0,556	---	---	---	0,599	0,527	0,599
k,zy	0,390	---	---	---	0,389	0,278	0,390



cm, y	0,622	---	---	---	0,622	0,446	0,622
cm, z	0,928	---	---	---	1,000	0,879	1,000
cm, LT	0,928	---	---	---	1,000	0,879	1,000
N, Ed	74,26	---	---	---	71,95	62,95	72,07
M, Ed, y	-0,03	---	---	---	-0,12	0,01	-0,06
M, Ed, z	-159,08	---	---	---	-164,28	-103,63	-163,98

Cumple Pandeo Lateral-Torsional $Mzd/Mb, Rd = 0,34$
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 1987 (_HL-920x420) l/lb:623,9cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2° orden : X: 0,78 Lambda(0,18; 0,71) B(1,000;0,991)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,170;-0,180) / (+0,028;-0,013) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,183;-0,166) / (+0,027;-0,014) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,161;+0,000) / (+0,000;-0,016) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(Myl)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	61(2)	0	-74,70	-0,02	-0,02	(-0,70)	118,31	(133,13)	-6,84	0,11-->	32,4%
1	Tr	94(2)	0	45,94	-0,02	0,15	(-1,00)	-57,48	(-58,02)	1,01	0,18-->	11,9%
2	Mx	65(2)	0	5,31	-0,04	0,12	(-1,76)	21,09	(27,87)	-1,49	0,30-->	4,4%
3	My	65(2)	623	5,39	-0,04	-1,76	(-1,76)	27,86	(27,87)	-0,68	0,30-->	5,8%
4	Mz	72(2)	150	-62,93	-0,02	-0,19	(-0,44)	165,34	(165,35)	0,18	0,05-->	39,1%
5	V	59(2)	623	-49,52	-0,00	0,24	(0,24)	113,08	(149,80)	11,72	-0,06-->	31,7%
6	Sm	72(2)	30	-63,18	-0,02	-0,12	(-0,44)	164,08	(165,35)	-2,29	0,05-->	39,1%

APROVECHAMIENTO 0,39 (39,1%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53
Nc, Rd	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53	1322,53
Fx / N, Rd	5,6%	3,5%	0,4%	0,4%	4,8%	3,7%	4,8%
Vc, Rd, y	316,66	316,66	316,66	316,66	316,66	316,66	316,66
Vy / Vc, Rd, y	2,2%	0,3%	0,5%	0,2%	0,1%	3,7%	0,7%
Vc, Rd, z	481,44	481,44	481,44	481,44	481,44	481,44	481,44
Vz / Vc, Rd, z	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc, Rd, y	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80	90,80
My / Mc, Rd, y	0,0%	0,2%	0,1%	1,9%	0,2%	0,3%	0,1%
Mc, Rd, z	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60
Mz / Mc, Rd, z	24,5%	11,9%	4,4%	5,8%	34,2%	23,4%	33,9%
T, Rd	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71
Mx / T, Rd	0,2%	0,3%	0,5%	0,5%	0,2%	0,1%	0,2%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	6,0%	1,6%	0,3%	2,3%	11,9%	5,7%	11,6%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
VpL, T, Rd, y	316,38	316,28	315,99	315,99	316,39	316,59	316,39
T + Vy	2,2%	0,3%	0,5%	0,2%	0,1%	3,7%	0,7%
VpL, T, Rd, z	481,02	480,86	480,42	480,42	481,03	481,33	481,03
T + Vz	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO



Nb,Rd	1322,53	---	---	---	1322,53	1322,53	1322,53
Fx / Nb,Rd	5,6%	---	---	---	4,8%	3,7%	4,8%
lambda, red, y	0,708	---	---	---	0,708	0,708	0,708
lambda, red, z	0,177	---	---	---	0,177	0,177	0,177
Ji, y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	2767,36	---	---	---	2767,36	2767,36	2767,36
Ncr, z	44161,32	---	---	---	44161,32	44161,32	44161,32

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60	483,60
Mz / Mb,Rd	24,5%	11,9%	4,4%	5,8%	34,2%	23,4%	33,9%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612	0,612
Mcr	1357,19	1357,19	1357,19	1357,19	1357,19	1357,19	1357,19

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	32,4%	---	---	---	39,1%	31,7%	39,1%
EAE 35.3 (2)	22,0%	---	---	---	25,6%	20,6%	25,6%
k,yy	0,637	---	---	---	0,726	0,412	0,726
k,zz	0,962	---	---	---	0,998	0,901	0,999
k,yz	0,577	---	---	---	0,599	0,541	0,599
k,zy	0,382	---	---	---	0,436	0,247	0,436
cm, y	0,609	---	---	---	0,699	0,400	0,699
cm, z	0,963	---	---	---	0,999	0,902	1,000
cm,LT	0,963	---	---	---	0,999	0,902	1,000
N,Ed	74,70	---	---	---	62,93	49,52	63,18
M,Ed, y	-0,02	---	---	---	-0,19	0,24	-0,12
M,Ed, z	118,31	---	---	---	165,34	113,08	164,08

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,34

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

PILAR 2364 (HL-920x449) 1/lb:134,2cm/671,0cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,11; 0,74) B(0,818;0,962)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 671cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 671cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	61(2)	0	-77,23	0,00	1,12(	1,12)	163,27(	163,27)	-61,93	0,24-->	32,1%
1	Tr	94(2)	134	21,05	-0,01	-0,55(	-0,55)	-82,82(	-82,82)	30,52	-0,22-->	12,3%
2	Mx	92(2)	0	-27,97	0,02	2,50(	2,50)	73,49(	73,49)	-4,47	0,42-->	16,5%
3	My	13(2)	0	2,71	0,01	2,57(	2,57)	-16,00(	-16,00)	15,25	0,45-->	5,1%
4	Mz	75(2)	134	-75,40	0,00	1,56(	1,56)	249,97(	249,97)	-61,22	0,38-->	37,0%
5	V	58(2)	0	-70,35	-0,00	1,11(	1,11)	109,73(	109,73)	-72,86	0,24-->	24,5%
6	Sm	75(2)	134	-75,40	0,00	1,56(	1,56)	249,97(	249,97)	-61,22	0,38-->	37,0%

APROVECHAMIENTO 0,37 (37,0%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1862,33	1981,72	1862,33	1862,33	1981,72	1862,33	1981,72
Nc,Rd	1862,33	1981,72	1862,33	1862,33	1981,72	1862,33	1981,72
Fx / N,Rd	4,1%	1,1%	1,5%	0,1%	3,8%	3,8%	3,8%
Vc,Rd, y	297,91	340,50	297,91	297,91	340,50	297,91	340,50
Vy / Vc,Rd, y	20,8%	9,0%	1,5%	5,1%	18,0%	24,5%	18,0%
Vc,Rd, z	665,04	665,23	665,04	665,04	665,23	665,04	665,23
Vz / Vc,Rd, z	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%



Mc, Rd, y	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33
My / Mc, Rd, y	1,0%	0,5%	2,3%	2,3%	1,4%	1,0%	1,4%
Mc, Rd, z	514,20	675,14	514,20	514,20	675,14	514,20	675,14
Mz / Mc, Rd, z	31,8%	12,3%	14,3%	3,1%	37,0%	21,3%	37,0%
T, Rd	13,27	13,64	13,27	13,27	13,64	13,27	13,64
Mx / T, Rd	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	11,1%	2,0%	4,3%	2,4%	15,1%	5,6%	15,1%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	297,87	340,41	297,74	297,78	340,46	297,86	340,46
T + Vy	20,8%	9,0%	1,5%	5,1%	18,0%	24,5%	18,0%
Vpl, T, Rd, z	664,96	665,06	664,68	664,76	665,15	664,94	665,15
T + Vz	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	1862,33	---	1862,33	---	1981,72	1862,33	1981,72
Fx / Nb, Rd	4,1%	---	1,5%	---	3,8%	3,8%	3,8%
lambda, red, y	0,743	---	0,743	---	0,743	0,743	0,743
lambda, red, z	0,114	---	0,114	---	0,114	0,114	0,114
Ji, y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	3542,26	---	3542,26	---	3769,35	3542,26	3769,35
Ncr, z	149489,47	---	149489,47	---	159073,11	149489,47	159073,11

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	514,20	675,14	514,20	514,20	675,14	514,20	675,14
Mz / Mb, Rd	31,8%	12,3%	14,3%	3,1%	37,0%	21,3%	37,0%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red, LT	0,576	0,633	0,576	0,576	0,633	0,576	0,633
Mcr	1627,05	1767,56	1627,05	1627,05	1767,56	1627,05	1767,56

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	32,1%	---	16,5%	---	36,7%	21,6%	36,7%
EAE 35.3 (2)	21,5%	---	11,9%	---	24,4%	15,1%	24,4%
k, yy	0,917	---	0,922	---	0,931	0,915	0,931
k, zz	0,861	---	0,963	---	0,867	0,809	0,867
k, yz	0,517	---	0,578	---	0,520	0,485	0,520
k, zy	0,550	---	0,553	---	0,559	0,549	0,559
cm, y	0,885	---	0,909	---	0,901	0,885	0,901
cm, z	0,864	---	0,965	---	0,870	0,812	0,870
cm, LT	0,864	---	0,965	---	0,870	0,812	0,870
N, Ed	77,23	---	27,97	---	75,40	70,35	75,40
M, Ed, y	1,12	---	2,50	---	1,56	1,11	1,56
M, Ed, z	163,27	---	73,49	---	249,97	109,73	249,97

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,37

PILAR 2365 (HL-920x449) 1/lb:134,2cm/671,0cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,11; 0,74) B(0,818;0,962)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 671cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 671cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	61(2)	0	-75,65	0,00	0,80(	0,80)	247,07(	247,07)	-62,88	0,25-->	36,9%
1	Tr	94(2)	134	22,03	-0,01	-0,26(	-0,26)	-125,22(	-125,22)	32,67	-0,22-->	14,8%
2	Mx	92(2)	0	-27,03	0,02	1,94(	1,94)	80,64(	80,64)	-6,19	0,43-->	13,7%
3	My	13(2)	0	4,29	0,01	1,97(	1,97)	-37,91(	-37,91)	17,40	0,45-->	5,6%
4	Mz	75(2)	134	-73,74	0,00	1,03(	1,03)	332,74(	332,74)	-62,20	0,39-->	44,4%
5	V	58(2)	0	-68,76	-0,00	0,79(	0,79)	207,42(	207,42)	-72,66	0,24-->	30,7%
6	Sm	75(2)	134	-73,74	0,00	1,03(	1,03)	332,74(	332,74)	-62,20	0,39-->	44,4%

APROVECHAMIENTO 0,44 (44,4%)



ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
TÉRMINOS DE SECCIÓN							
Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1981,90	2101,29	1981,90	1981,90	2101,29	1981,90	2101,29
Nc,Rd	1981,90	2101,29	1981,90	1981,90	2101,29	1981,90	2101,29
Fx / N,Rd	3,8%	1,0%	1,4%	0,2%	3,5%	3,5%	3,5%
Vc,Rd,y	340,57	395,20	340,57	340,57	395,20	340,57	395,20
Vy / Vc,Rd,y	18,5%	8,3%	1,8%	5,1%	15,7%	21,3%	15,7%
Vc,Rd,z	665,23	665,42	665,23	665,23	665,42	665,23	665,42
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%
Mc,Rd,y	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33
My / Mc,Rd,y	0,7%	0,2%	1,8%	1,8%	0,9%	0,7%	0,9%
Mc,Rd,z	675,39	846,64	675,39	675,39	846,64	675,39	846,64
Mz / Mc,Rd,z	36,6%	14,8%	11,9%	5,6%	39,3%	30,7%	39,3%
T,Rd	13,64	14,05	13,64	13,64	14,05	13,64	14,05
Mx / T,Rd	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	14,1%	2,4%	3,2%	2,1%	16,4%	10,1%	16,4%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	340,54	395,11	340,39	340,43	395,16	340,52	395,16
T + Vy	18,5%	8,3%	1,8%	5,1%	15,7%	21,3%	15,7%
Vpl,T,Rd,z	665,16	665,26	664,88	664,96	665,34	665,14	665,34
T + Vz	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1981,90	---	1981,90	---	2101,29	1981,90	2101,29
Fx / Nb,Rd	3,8%	---	1,4%	---	3,5%	3,5%	3,5%
lambda, red,y	0,743	---	0,743	---	0,743	0,743	0,743
lambda, red,z	0,114	---	0,114	---	0,114	0,114	0,114
Ji,y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	3769,69	---	3769,69	---	3996,78	3769,69	3996,78
Ncr,z	159087,42	---	159087,42	---	168671,06	159087,42	168671,06

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	675,39	846,64	675,39	675,39	739,49	675,39	739,49
Mz / Mb,Rd	36,6%	14,8%	11,9%	5,6%	45,0%	30,7%	45,0%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	0,873	1,000	0,873
lambda, red,LT	0,633	0,674	0,633	0,633	0,674	0,633	0,674
Mcr	1767,68	1955,05	1767,68	1767,68	1955,05	1767,68	1955,05

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	36,9%	---	13,7%	---	44,4%	30,5%	44,4%
EAE 35.3 (2)	24,1%	---	9,8%	---	28,6%	20,1%	28,6%
k,yy	0,863	---	0,892	---	0,892	0,861	0,892
k,zz	0,895	---	0,957	---	0,898	0,870	0,898
k,yz	0,537	---	0,574	---	0,539	0,522	0,539
k,zy	0,518	---	0,535	---	0,535	0,516	0,535
cm,y	0,835	---	0,882	---	0,865	0,835	0,865
cm,z	0,898	---	0,958	---	0,901	0,872	0,901
cm,LT	0,898	---	0,958	---	0,901	0,872	0,901
N,Ed	75,65	---	27,03	---	73,74	68,76	73,74
M,Ed,y	0,80	---	1,94	---	1,03	0,79	1,03
M,Ed,z	247,07	---	80,64	---	332,74	207,42	332,74

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,45



PILAR 2366 (HL-920x449) 1/lb:134,2cm/671,0cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²
Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²
Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,11; 0,74) β(0,818;0,962)
Pandeo lateral (Yp+/Zp+): β: 1,00 Lcr,LT: 671cm
Pandeo lateral (Yp-/Zp-): β: 1,00 Lcr,LT: 671cm
ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	61(2)	0	-73,99	0,00	0,47(	0,47)	332,15(	332,15)	-63,84	0,25-->	45,0%
1	Tr	94(2)	134	23,05	-0,01	0,04(	0,04)	-170,51(	-170,51)	34,83	-0,22-->	16,6%
2	Mx	92(2)	0	-26,05	0,02	1,36(	1,36)	90,10(	90,10)	-7,92	0,43-->	12,0%
3	My	13(2)	0	5,95	0,01	1,37(	1,37)	-62,71(	-62,71)	19,54	0,45-->	7,4%
4	Mz	56(2)	134	-70,42	-0,01	-0,25(	-0,25)	425,74(	425,74)	-69,91	0,05-->	47,5%
5	V	58(2)	0	-67,11	-0,00	0,46(	0,46)	304,83(	304,83)	-72,45	0,25-->	36,0%
6	Sm	56(2)	134	-70,42	-0,01	-0,25(	-0,25)	425,74(	425,74)	-69,91	0,05-->	47,5%

APROVECHAMIENTO 0,48 (47,5%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2101,47	2220,86	2101,47	2101,47	2220,86	2101,47	2220,86
Nc,Rd	2101,47	2220,86	2101,47	2101,47	2220,86	2101,47	2220,86
Fx / N,Rd	3,5%	1,0%	1,2%	0,3%	3,2%	3,2%	3,2%
Vc,Rd,y	395,29	457,72	395,29	395,29	457,72	395,29	457,72
Vy / Vc,Rd,y	16,1%	7,6%	2,0%	4,9%	15,3%	18,3%	15,3%
Vc,Rd,z	665,42	665,61	665,42	665,42	665,61	665,42	665,61
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33
My / Mc,Rd,y	0,4%	0,0%	1,2%	1,2%	0,2%	0,4%	0,2%
Mc,Rd,z	846,91	1027,73	846,91	846,91	1027,73	846,91	1027,73
Mz / Mc,Rd,z	39,2%	16,6%	10,6%	7,4%	41,4%	36,0%	41,4%
T,Rd	14,05	14,45	14,05	14,05	14,45	14,05	14,45
Mx / T,Rd	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	15,8%	2,8%	2,4%	1,8%	17,4%	13,4%	17,4%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	395,25	457,61	395,08	395,13	457,61	395,24	457,61
T + Vy	16,2%	7,6%	2,0%	4,9%	15,3%	18,3%	15,3%
Vpl,T,Rd,z	665,35	665,45	665,08	665,16	665,44	665,33	665,44
T + Vz	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2101,47	---	2101,47	---	2220,86	2101,47	2220,86
Fx / Nb,Rd	3,5%	---	1,2%	---	3,2%	3,2%	3,2%
lambda, red,y	0,743	---	0,743	---	0,743	0,743	0,743
lambda, red,z	0,114	---	0,114	---	0,114	0,114	0,114
Ji,y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	3997,12	---	3997,12	---	4224,21	3997,12	4224,21
Ncr,z	168685,38	---	168685,38	---	178269,02	168685,38	178269,02

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	735,23	1027,73	846,91	846,91	875,33	846,91	875,33
Mz / Mb,Rd	45,2%	16,6%	10,6%	7,4%	48,6%	36,0%	48,6%
Ji,LT	0,868	1,000	1,000	1,000	0,852	1,000	0,852



lambda, red, LT	0,674	0,704	0,674	0,674	0,704	0,674	0,704
Mcr	1955,43	2178,66	1955,43	1955,43	2178,66	1955,43	2178,66

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	45,0%	---	12,0%	---	47,5%	35,8%	47,5%
EAE 35.3 (2)	28,6%	---	8,4%	---	29,9%	23,0%	29,9%
k, yy	0,736	---	0,839	---	0,906	0,736	0,906
k, zz	0,915	---	0,953	---	0,910	0,901	0,910
k, yz	0,549	---	0,572	---	0,546	0,541	0,546
k, zy	0,442	---	0,504	---	0,544	0,442	0,544
cm, y	0,714	---	0,830	---	0,882	0,716	0,882
cm, z	0,918	---	0,954	---	0,912	0,903	0,912
cm, LT	0,918	---	0,954	---	0,912	0,903	0,912
N, Ed	73,99	---	26,05	---	70,42	67,11	70,42
M, Ed, y	0,47	---	1,36	---	-0,25	0,46	-0,25
M, Ed, z	332,15	---	90,10	---	425,74	304,83	425,74

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,49

PILAR 2367 (HL-920x449) l/lb:134,2cm/671,0cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda (0,11; 0,74) B(0,818;0,962)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): β: 1,00 Lcr,LT: 671cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): β: 1,00 Lcr,LT: 671cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:2 (n=6)

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	61(2)	0	-72,27	0,00	0,13(	0,13)	418,51(	418,51)	-64,80	0,25-->	48,0%
1	Tr	94(2)	134	24,11	-0,01	0,33(	0,33)	-218,69(	-218,69)	36,98	-0,22-->	18,0%
2	Mx	92(2)	0	-25,03	0,02	0,78(	0,78)	101,87(	101,87)	-9,64	0,43-->	10,8%
3	My	96(2)	0	22,84	0,02	0,79(	0,79)	-168,63(	-168,63)	34,51	0,43-->	16,4%
4	Mz	56(2)	134	-68,63	-0,01	-0,32(	-0,32)	519,46(	519,46)	-69,84	0,05-->	50,5%
5	V	58(2)	0	-65,39	-0,00	0,13(	0,13)	401,97(	401,97)	-72,25	0,25-->	45,4%
6	Sm	56(2)	134	-68,63	-0,01	-0,32(	-0,32)	519,46(	519,46)	-69,84	0,05-->	50,5%

APROVECHAMIENTO 0,50 (50,5%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	2	2

ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	2221,04	2340,43	2221,04	2221,04	2340,43	2221,04	2340,43
Nc, Rd	2221,04	2340,43	2221,04	2221,04	2340,43	2221,04	2340,43
Fx / N, Rd	3,3%	1,0%	1,1%	1,0%	2,9%	2,9%	2,9%
Vc, Rd, y	457,81	525,16	457,81	457,81	525,16	457,81	525,16
Vy / Vc, Rd, y	14,2%	7,0%	2,1%	7,5%	13,3%	15,8%	13,3%
Vc, Rd, z	665,61	665,80	665,61	665,61	665,80	665,61	665,80
Vz / Vc, Rd, z	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc, Rd, y	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33
My / Mc, Rd, y	0,1%	0,3%	0,7%	0,7%	0,3%	0,1%	0,3%
Mc, Rd, z	1028,00	1217,80	1028,00	1028,00	1217,80	1028,00	1217,80
Mz / Mc, Rd, z	40,7%	18,0%	9,9%	16,4%	42,7%	39,1%	42,7%
T, Rd	14,45	14,85	14,45	14,45	14,85	14,45	14,85
Mx / T, Rd	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	16,7%	3,5%	1,7%	3,4%	18,5%	15,4%	18,5%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%



Vpl, T, Rd, y	457,77	525,04	457,59	457,62	525,04	457,76	525,04
T + Vy	14,2%	7,0%	2,1%	7,5%	13,3%	15,8%	13,3%
VpL, T, Rd, z	665,54	665,65	665,28	665,33	665,64	665,52	665,64
T + Vz	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	2221,04	---	2221,04	---	2340,43	2221,04	2340,43
Fx / Nb, Rd	3,3%	---	1,1%	---	2,9%	2,9%	2,9%
lambda, red, y	0,743	---	0,743	---	0,743	0,743	0,743
lambda, red, z	0,114	---	0,114	---	0,114	0,114	0,114
Ji, y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	4224,55	---	4224,55	---	4451,64	4224,55	4451,64
Ncr, z	178283,30	---	178283,30	---	187866,94	178283,30	187866,94

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	869,50	1217,80	1028,00	1028,00	1014,65	872,21	1014,65
Mz / Mb, Rd	48,1%	18,0%	9,9%	16,4%	51,2%	46,1%	51,2%
Ji, LT	0,846	1,000	1,000	1,000	0,833	0,848	0,833
lambda, red, LT	0,704	0,725	0,704	0,704	0,725	0,704	0,725
Mcr	2179,09	2429,42	2179,09	2179,09	2429,42	2179,09	2429,42

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	48,0%	---	10,8%	---	50,5%	45,4%	50,5%
EAE 35.3 (2)	30,1%	---	7,3%	---	31,6%	28,4%	31,6%
k, yy	0,412	---	0,710	---	0,934	0,410	0,934
k, zz	0,928	---	0,951	---	0,926	0,920	0,926
k, yz	0,557	---	0,570	---	0,555	0,552	0,555
k, zy	0,247	---	0,426	---	0,561	0,246	0,561
cm, y	0,400	---	0,703	---	0,911	0,400	0,911
cm, z	0,931	---	0,951	---	0,928	0,922	0,928
cm, LT	0,931	---	0,951	---	0,928	0,922	0,928
N, Ed	72,27	---	25,03	---	68,63	65,39	68,63
M, Ed, y	0,13	---	0,78	---	-0,32	0,13	-0,32
M, Ed, z	418,51	---	101,87	---	519,46	401,97	519,46

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,51

PILAR 2368 (HL-920x449) 1/lb:134,2cm/671,0cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,11; 0,74) B(0,818;0,962)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 671cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 671cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:3 (n=6)

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(Myl)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	61(2)	134	-70,47	0,00	-0,21(	-0,21)	-506,29(	-506,29)	-65,77	-0,25-->	50,1%
1	Tr	94(2)	0	25,21	-0,01	0,63(	0,63)	269,84(	269,84)	39,14	0,22-->	19,1%
2	Mx	92(2)	0	-22,87	0,02	-0,38(	-0,38)	-132,38(	-132,38)	-13,09	-0,43-->	12,5%
3	My	86(2)	0	25,05	-0,01	0,65(	0,65)	266,16(	266,16)	38,15	0,31-->	18,8%
4	Mz	56(2)	0	-66,77	-0,01	-0,39(	-0,39)	-613,25(	-613,25)	-69,78	-0,05-->	59,9%
5	V	58(2)	134	-63,59	-0,00	-0,20(	-0,20)	-498,98(	-498,98)	-72,05	-0,25-->	48,8%
6	Sm	56(2)	0	-66,77	-0,01	-0,39(	-0,39)	-613,25(	-613,25)	-69,78	-0,05-->	59,9%

APROVECHAMIENTO 0,60 (59,9%)



ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n 0 1 2 3 4 5 6

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase 1 1 1 1 1 1 1
Alma clase 2 2 3 2 3 2 3

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2340,78	2460,18	2460,18	2460,18	2460,18	2340,78	2460,18
Nc,Rd	2340,78	2460,18	2460,18	2460,18	2460,18	2340,78	2460,18
Fx / N,Rd	3,0%	1,0%	0,9%	1,0%	2,7%	2,7%	2,7%
Vc,Rd,y	525,37	572,28	572,28	572,28	572,28	525,37	572,28
Vy / Vc,Rd,y	12,5%	6,8%	2,3%	6,7%	12,2%	13,7%	12,2%
Vc,Rd,z	665,80	665,99	665,99	665,99	665,99	665,80	665,99
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	110,33	110,33	94,85	110,33	94,85	110,33	94,85
My / Mc,Rd,y	0,2%	0,6%	0,4%	0,6%	0,4%	0,2%	0,4%
Mc,Rd,z	1218,38	1415,23	1190,61	1415,23	1190,61	1218,38	1190,61
Mz / Mc,Rd,z	41,6%	19,1%	11,1%	18,8%	51,5%	41,0%	51,5%
T,Rd	14,85	15,26	15,26	15,26	15,26	14,85	15,26
Mx / T,Rd	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	17,5%	4,2%	12,5%	4,1%	54,6%	17,0%	54,6%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	525,32	572,16	572,01	572,15	572,15	525,30	572,15
T + Vy	12,5%	6,8%	2,3%	6,7%	12,2%	13,7%	12,2%
Vpl,T,Rd,z	665,73	665,84	665,67	665,84	665,83	665,72	665,83
T + Vz	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2340,78	---	2460,18	---	2460,18	2340,78	2460,18
Fx / Nb,Rd	3,0%	---	0,9%	---	2,7%	2,7%	2,7%
lambda, red,y	0,743	---	0,743	---	0,743	0,743	0,743
lambda, red,z	0,114	---	0,114	---	0,114	0,114	0,114
Ji,y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	4452,32	---	4679,41	---	4679,41	4452,32	4679,41
Ncr,z	187895,55	---	197479,20	---	197479,20	187895,55	197479,20

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	1010,36	1415,23	1190,61	1415,23	1015,55	1012,31	1015,55
Mz / Mb,Rd	50,1%	19,1%	11,1%	18,8%	60,4%	49,3%	60,4%
Ji,LT	0,829	1,000	1,000	1,000	0,853	0,831	0,853
lambda, red,LT	0,726	0,750	0,688	0,750	0,688	0,726	0,688
Mcr	2430,08	2640,82	2640,82	2640,82	2640,82	2430,08	2640,82

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	50,1%	---	11,7%	---	59,9%	48,8%	59,9%
EAE 35.3 (2)	31,4%	---	9,6%	---	48,5%	30,4%	48,5%
k,yy	0,772	---	0,402	---	0,940	0,768	0,940
k,zz	0,938	---	0,951	---	0,941	0,933	0,941
k,yz	0,563	---	0,761	---	0,753	0,560	0,753
k,zy	0,463	---	0,402	---	0,940	0,461	0,940
cm,y	0,752	---	0,400	---	0,929	0,750	0,929
cm,z	0,940	---	0,950	---	0,939	0,935	0,939
cm,LT	0,940	---	0,950	---	0,939	0,935	0,939
N,Ed	70,47	---	22,87	---	66,77	63,59	66,77
M,Ed,y	-0,21	---	-0,38	---	-0,39	-0,20	-0,39
M,Ed,z	-506,29	---	-132,38	---	-613,25	-498,98	-613,25

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,60



PILAR 2369 (HL-920x449) 1/1b:134,2cm/671,0cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²
Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²
Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,12; 0,74) β(0,824;0,960)
Pandeo lateral (Yp+/Zp+): β: 1,00 Lcr,LT: 671cm
Pandeo lateral (Yp-/Zp-): β: 1,00 Lcr,LT: 671cm
ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	58(2)	0	-62,13	0,00	2,34(	2,34)	-78,75(	-78,75)	38,13	0,41-->	17,4%
1	Tr	94(2)	134	15,93	0,00	-1,37(	-1,37)	38,18(	38,18)	-21,49	-0,38-->	6,3%
2	Mx	96(2)	0	14,96	-0,02	3,33(	3,33)	10,97(	10,97)	-19,27	0,59-->	6,5%
3	My	76(2)	0	-48,92	0,01	4,02(	4,02)	-15,20(	-15,20)	48,51	0,68-->	16,3%
4	Mz	72(2)	134	-60,14	0,00	2,58(	2,58)	-132,60(	-132,60)	37,22	0,56-->	21,0%
5	V	61(2)	0	-58,87	0,01	2,35(	2,35)	-39,41(	-39,41)	53,70	0,41-->	18,0%
6	Sm	72(2)	134	-60,14	0,00	2,58(	2,58)	-132,60(	-132,60)	37,22	0,56-->	21,0%

APROVECHAMIENTO 0,21 (21,0%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	2	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1862,33	1981,72	1862,33	1862,33	1981,72	1862,33	1981,72
Nc,Rd	1862,33	1981,72	1862,33	1862,33	1981,72	1862,33	1981,72
Fx / N,Rd	3,3%	0,8%	0,8%	2,6%	3,0%	3,2%	3,0%
Vc,Rd,y	297,91	340,50	297,91	297,91	340,50	297,91	340,50
Vy / Vc,Rd,y	12,8%	6,3%	6,5%	16,3%	10,9%	18,0%	10,9%
Vc,Rd,z	665,04	665,23	665,04	665,04	665,23	665,04	665,23
Vz / Vc,Rd,z	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Mc,Rd,y	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33
My / Mc,Rd,y	2,1%	1,2%	3,0%	3,6%	2,3%	2,1%	2,3%
Mc,Rd,z	514,20	675,14	514,20	514,20	675,14	514,20	675,14
Mz / Mc,Rd,z	15,3%	5,7%	2,1%	3,0%	19,6%	7,7%	19,6%
T,Rd	13,27	13,64	13,27	13,27	13,64	13,27	13,64
Mx / T,Rd	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	4,5%	1,6%	3,1%	3,7%	6,2%	2,7%	6,2%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	297,88	340,46	297,73	297,85	340,47	297,79	340,47
T + Vy	12,8%	6,3%	6,5%	16,3%	10,9%	18,0%	10,9%
Vpl,T,Rd,z	664,97	665,15	664,63	664,91	665,18	664,79	665,18
T + Vz	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1862,33	---	---	1862,33	1981,72	1862,33	1981,72
Fx / Nb,Rd	3,3%	---	---	2,6%	3,0%	3,2%	3,0%
lambda,red,y	0,741	---	---	0,741	0,741	0,741	0,741
lambda,red,z	0,115	---	---	0,115	0,115	0,115	0,115
Ji,y	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	3557,28	---	---	3557,28	3785,34	3557,28	3785,34
Ncr,z	147105,13	---	---	147105,13	156535,89	147105,13	156535,89

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	514,20	675,14	514,20	514,20	675,14	514,20	675,14
Mz / Mb,Rd	15,3%	5,7%	2,1%	3,0%	19,6%	7,7%	19,6%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000



lambda, red, LT	0,576	0,633	0,576	0,576	0,633	0,576	0,633
Mcr	1627,05	1767,56	1627,05	1627,05	1767,56	1627,05	1767,56

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	17,4%	---	---	6,7%	21,0%	10,0%	21,0%
EAE 35.3 (2)	13,0%	---	---	7,2%	15,2%	8,5%	15,2%
k, yy	0,933	---	---	0,931	0,935	0,932	0,935
k, zz	0,839	---	---	0,674	0,849	0,740	0,849
k, yz	0,503	---	---	0,405	0,510	0,444	0,510
k, zy	0,560	---	---	0,558	0,561	0,559	0,561
cm, y	0,907	---	---	0,910	0,910	0,906	0,910
cm, z	0,841	---	---	0,676	0,852	0,742	0,852
cm, LT	0,841	---	---	0,676	0,852	0,742	0,852
N, Ed	62,13	---	---	48,92	60,13	58,87	60,13
M, Ed, y	2,34	---	---	4,02	2,58	2,35	2,58
M, Ed, z	-78,75	---	---	-15,20	-132,60	-39,41	-132,60

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,20

PILAR 2370 (HL-920x449) l/lb:134,2cm/671,0cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda (0,12; 0,74) B(0,824;0,960)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): β: 1,00 Lcr,LT: 671cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): β: 1,00 Lcr,LT: 671cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	58(2)	0	-60,54	0,00	1,80(	1,80)	-130,61(	-130,61)	39,13	0,42-->	21,0%
1	Tr	94(2)	134	16,91	0,00	-0,85(	-0,85)	68,49(	68,49)	-23,66	-0,38-->	8,1%
2	Mx	96(2)	0	15,90	-0,02	2,54(	2,54)	38,28(	38,28)	-21,44	0,59-->	6,3%
3	My	73(2)	0	-52,78	-0,01	3,11(	3,11)	-111,93(	-111,93)	24,35	0,69-->	19,2%
4	Mz	56(2)	134	-58,55	0,02	0,28(	0,28)	-193,57(	-193,57)	48,01	0,12-->	22,9%
5	V	61(2)	0	-57,29	0,01	1,80(	1,80)	-111,38(	-111,38)	53,53	0,42-->	17,6%
6	Sm	70(2)	134	-58,13	0,02	0,86(	0,86)	-193,01(	-193,01)	46,04	0,28-->	23,0%

APROVECHAMIENTO 0,23 (23,0%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	1981,90	2101,29	1981,90	1981,90	2101,29	1981,90	2101,29
Nc, Rd	1981,90	2101,29	1981,90	1981,90	2101,29	1981,90	2101,29
Fx / N, Rd	3,1%	0,8%	0,8%	2,7%	2,8%	2,9%	2,8%
Vc, Rd, y	340,57	395,20	340,57	340,57	395,20	340,57	395,20
Vy / Vc, Rd, y	11,5%	6,0%	6,3%	7,1%	12,1%	15,7%	11,7%
Vc, Rd, z	665,23	665,42	665,23	665,23	665,42	665,23	665,42
Vz / Vc, Rd, z	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%
Mc, Rd, y	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33
My / Mc, Rd, y	1,6%	0,8%	2,3%	2,8%	0,3%	1,6%	0,8%
Mc, Rd, z	675,39	846,64	675,39	675,39	846,64	675,39	846,64
Mz / Mc, Rd, z	19,3%	8,1%	5,7%	16,6%	22,9%	16,5%	22,8%
T, Rd	13,64	14,05	13,64	13,64	14,05	13,64	14,05
Mx / T, Rd	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	5,4%	1,4%	2,6%	5,6%	5,5%	4,3%	6,0%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%



VpL, T, Rd, y	340,54	395,15	340,37	340,48	395,01	340,45	395,02
T + Vy	11,5%	6,0%	6,3%	7,2%	12,2%	15,7%	11,7%
VpL, T, Rd, z	665,16	665,34	664,84	665,05	665,09	664,98	665,11
T + Vz	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	1981,90	---	---	1981,90	2101,29	1981,90	2101,29
Fx / Nb, Rd	3,1%	---	---	2,7%	2,8%	2,9%	2,8%
lambda, red, y	0,741	---	---	0,741	0,741	0,741	0,741
lambda, red, z	0,115	---	---	0,115	0,115	0,115	0,115
Ji, y	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	3785,68	---	---	3785,68	4013,73	3785,68	4013,73
Ncr, z	156549,98	---	---	156549,98	165980,75	156549,98	165980,75

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	675,39	846,64	675,39	675,39	846,64	675,39	846,64
Mz / Mb, Rd	19,3%	8,1%	5,7%	16,6%	22,9%	16,5%	22,8%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red, LT	0,633	0,674	0,633	0,633	0,674	0,633	0,674
Mcr	1767,68	1955,05	1767,68	1767,68	1955,05	1767,68	1955,05

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	21,0%	---	---	19,2%	22,7%	17,6%	23,0%
EAE 35.3 (2)	14,8%	---	---	14,2%	14,9%	12,7%	15,4%
k, yy	0,899	---	---	0,902	0,873	0,898	0,901
k, zz	0,882	---	---	0,905	0,865	0,841	0,870
k, yz	0,529	---	---	0,543	0,519	0,505	0,522
k, zy	0,539	---	---	0,541	0,524	0,539	0,540
cm, y	0,876	---	---	0,881	0,852	0,875	0,879
cm, z	0,884	---	---	0,907	0,867	0,843	0,872
cm, LT	0,884	---	---	0,907	0,867	0,843	0,872
N, Ed	60,54	---	---	52,78	58,55	57,29	58,13
M, Ed, y	1,80	---	---	3,11	0,28	1,80	0,86
M, Ed, z	-130,61	---	---	-111,93	-193,57	-111,38	-193,01

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,23

PILAR 2371 (HL-920x449) 1/lb:134,2cm/671,0cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,12; 0,74) B(0,824;0,960)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 671cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 671cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(Myl)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	58(2)	0	-58,89	0,00	1,24(	1,24)	-183,81(	-183,81)	40,13	0,42-->	23,0%
1	Tr	94(2)	134	17,93	0,00	-0,34(	-0,34)	101,71(	101,71)	-25,83	-0,38-->	9,9%
2	Mx	96(2)	0	16,88	-0,02	1,75(	1,75)	68,50(	68,50)	-23,61	0,58-->	8,1%
3	My	73(2)	0	-51,13	-0,01	2,19(	2,19)	-145,75(	-145,75)	26,04	0,70-->	19,3%
4	Mz	56(2)	134	-56,82	0,02	0,11(	0,11)	-257,96(	-257,96)	47,98	0,13-->	25,2%
5	V	61(2)	0	-55,64	0,01	1,23(	1,23)	-183,12(	-183,12)	53,36	0,42-->	22,4%
6	Sm	56(2)	134	-56,82	0,02	0,11(	0,11)	-257,96(	-257,96)	47,98	0,13-->	25,2%

APROVECHAMIENTO 0,25 (25,2%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	2101,47	2220,86	2101,47	2101,47	2220,86	2101,47	2220,86
--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------



GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23

TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Nc,Rd	2101,47	2220,86	2101,47	2101,47	2220,86	2101,47	2220,86
Fx / N,Rd	2,8%	0,8%	0,8%	2,4%	2,6%	2,6%	2,6%
Vc,Rd,y	395,29	457,72	395,29	395,29	457,72	395,29	457,72
Vy / Vc,Rd,y	10,2%	5,6%	6,0%	6,6%	10,5%	13,5%	10,5%
Vc,Rd,z	665,42	665,61	665,42	665,42	665,61	665,42	665,61
Vz / Vc,Rd,z	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%
Mc,Rd,y	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33
My / Mc,Rd,y	1,1%	0,3%	1,6%	2,0%	0,1%	1,1%	0,1%
Mc,Rd,z	846,91	1027,73	846,91	846,91	1027,73	846,91	1027,73
Mz / Mc,Rd,z	21,7%	9,9%	8,1%	17,2%	25,1%	21,6%	25,1%
T,Rd	14,05	14,45	14,05	14,05	14,45	14,05	14,45
Mx / T,Rd	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	5,8%	1,3%	2,2%	4,9%	6,4%	5,8%	6,4%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	395,25	457,67	395,06	395,19	457,50	395,15	457,50
T + Vy	10,2%	5,6%	6,0%	6,6%	10,5%	13,5%	10,5%
Vpl,T,Rd,z	665,35	665,53	665,04	665,25	665,29	665,18	665,29
T + Vz	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2101,47	---	---	2101,47	2220,86	2101,47	2220,86
Fx / Nb,Rd	2,8%	---	---	2,4%	2,6%	2,6%	2,6%
lambda,red,y	0,741	---	---	0,741	0,741	0,741	0,741
lambda,red,z	0,115	---	---	0,115	0,115	0,115	0,115
Ji,y	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	4014,07	---	---	4014,07	4242,13	4014,07	4242,13
Ncr,z	165994,84	---	---	165994,84	175425,61	165994,84	175425,61

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	846,91	1027,73	846,91	846,91	1027,73	846,91	1027,73
Mz / Mb,Rd	21,7%	9,9%	8,1%	17,2%	25,1%	21,6%	25,1%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda,red,LT	0,674	0,704	0,674	0,674	0,704	0,674	0,704
Mcr	1955,43	2178,66	1955,43	1955,43	2178,66	1955,43	2178,66

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	23,0%	---	---	19,3%	25,2%	22,4%	25,2%
EAE 35.3 (2)	15,5%	---	---	13,6%	16,2%	15,1%	16,2%
k,yy	0,837	---	---	0,847	0,778	0,835	0,778
k,zz	0,906	---	---	0,919	0,898	0,886	0,898
k,yz	0,544	---	---	0,551	0,539	0,531	0,539
k,zy	0,502	---	---	0,508	0,467	0,501	0,467
cm,y	0,817	---	---	0,829	0,761	0,816	0,761
cm,z	0,909	---	---	0,921	0,900	0,888	0,900
cm,LT	0,909	---	---	0,921	0,900	0,888	0,900
N,Ed	58,89	---	---	51,13	56,82	55,64	56,82
M,Ed,y	1,24	---	---	2,19	0,11	1,23	0,11
M,Ed,z	-183,81	---	---	-145,75	-257,96	-183,12	-257,96

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,25

PILAR 2372 (HL-920x449) 1/lb:134,2cm/671,0cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,12; 0,74) B(0,824;0,960)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 671cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 671cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:2 (n=6)

COMBINACIONES PRINCIPALES

n TIPO COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(Myl)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0 Co	58(2)	0	-57,17	0,00	0,67(	0,67)	-238,37(	-238,37)	41,14	0,43--> 24,2%
1 Tr	94(2)	134	18,99	0,00	0,17(	0,17)	137,84(	137,84)	-28,01	-0,38--> 11,3%
2 Mx	96(2)	0	17,90	-0,02	0,97(	0,97)	101,64(	101,64)	-25,79	0,58--> 9,9%



3 My	73 (2)	0	-49,40	-0,01	1,25 (	1,25)	-181,85 (	-181,85)	27,73	0,70-->	19,1%
4 Mz	61 (2)	134	-52,12	0,01	0,09 (	0,09)	-325,83 (	-325,83)	53,05	0,43-->	26,8%
5 V	61 (2)	0	-53,91	0,01	0,67 (	0,67)	-254,64 (	-254,64)	53,19	0,43-->	25,2%
6 Sm	61 (2)	134	-52,12	0,01	0,09 (	0,09)	-325,83 (	-325,83)	53,05	0,43-->	26,8%

APROVECHAMIENTO 0,27 (26,8%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n 0 1 2 3 4 5 6

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	2	1	2

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2221,04	2340,43	2221,04	2221,04	2340,43	2221,04	2340,43
Nc,Rd	2221,04	2340,43	2221,04	2221,04	2340,43	2221,04	2340,43
Fx / N,Rd	2,6%	0,8%	0,8%	2,2%	2,2%	2,4%	2,2%
Vc,Rd,y	457,81	525,16	457,81	457,81	525,16	457,81	525,16
Vy / Vc,Rd,y	9,0%	5,3%	5,6%	6,1%	10,1%	11,6%	10,1%
Vc,Rd,z	665,61	665,80	665,61	665,61	665,80	665,61	665,80
Vz / Vc,Rd,z	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Mc,Rd,y	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33	110,33
My / Mc,Rd,y	0,6%	0,2%	0,9%	1,1%	0,1%	0,6%	0,1%
Mc,Rd,z	1028,00	1217,80	1028,00	1028,00	1217,80	1028,00	1217,80
Mz / Mc,Rd,z	23,2%	11,3%	9,9%	17,7%	26,8%	24,8%	26,8%
T,Rd	14,45	14,85	14,45	14,45	14,85	14,45	14,85
Mx / T,Rd	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	6,0%	1,4%	1,9%	4,3%	7,2%	6,7%	7,2%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	457,77	525,10	457,56	457,70	524,99	457,66	524,99
T + Vy	9,0%	5,3%	5,6%	6,1%	10,1%	11,6%	10,1%
Vpl,T,Rd,z	665,55	665,73	665,24	665,44	665,58	665,38	665,58
T + Vz	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2221,04	---	---	2221,04	2340,43	2221,04	2340,43
Fx / Nb,Rd	2,6%	---	---	2,2%	2,2%	2,4%	2,2%
lambda, red,y	0,741	---	---	0,741	0,741	0,741	0,741
lambda, red,z	0,115	---	---	0,115	0,115	0,115	0,115
Ji,y	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	4242,46	---	---	4242,46	4470,52	4242,46	4470,52
Ncr,z	175439,69	---	---	175439,69	184870,48	175439,69	184870,48

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	1028,00	1217,80	1028,00	1028,00	1217,80	1028,00	1217,80
Mz / Mb,Rd	23,2%	11,3%	9,9%	17,7%	26,8%	24,8%	26,8%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,704	0,725	0,704	0,704	0,725	0,704	0,725
Mcr	2179,09	2429,42	2179,09	2179,09	2429,42	2179,09	2429,42

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	24,2%	---	---	19,1%	26,6%	25,2%	26,6%
EAE 35.3 (2)	15,8%	---	---	12,9%	16,9%	16,4%	16,9%
k,yy	0,674	---	---	0,713	0,670	0,671	0,670
k,zz	0,922	---	---	0,929	0,911	0,911	0,911
k,yz	0,553	---	---	0,557	0,547	0,546	0,547
k,zy	0,404	---	---	0,428	0,402	0,403	0,402
cm,y	0,659	---	---	0,699	0,657	0,657	0,657
cm,z	0,924	---	---	0,930	0,913	0,913	0,913
cm,LT	0,924	---	---	0,930	0,913	0,913	0,913
N,Ed	57,17	---	---	49,40	52,12	53,91	52,12



M, Ed, y	0,67	---	---	1,25	0,09	0,67	0,09
M, Ed, z	-238,37	---	---	-181,85	-325,83	-254,64	-325,83

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,27

PILAR 2373 (HL-920x449) 1/lb:134,2cm/671,0cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,12; 0,74) B(0,824;0,960)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 671cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 671cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:3 (n=6)

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(Myl)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	58(2)	134	-55,37	0,00	0,10	(0,10)	294,35	(294,35)	42,15	-0,43-->	24,9%
1	Tr	94(2)	0	20,09	0,00	0,68	(0,68)	-176,96	(-176,96)	-30,18	0,38-->	12,5%
2	Mx	96(2)	0	20,06	-0,02	-0,60	(-0,60)	-176,66	(-176,66)	-30,12	-0,58-->	12,5%
3	My	82(2)	0	-9,46	-0,01	-0,73	(-0,73)	42,30	(42,30)	-3,04	-0,66-->	4,7%
4	Mz	61(2)	0	-50,26	0,01	-0,48	(-0,48)	397,00	(397,00)	52,89	-0,43-->	35,9%
5	V	61(2)	134	-52,12	0,01	0,09	(0,09)	326,04	(326,04)	53,03	-0,43-->	27,1%
6	Sm	61(2)	0	-50,26	0,01	-0,48	(-0,48)	397,00	(397,00)	52,89	-0,43-->	35,9%

APROVECHAMIENTO 0,36 (35,9%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	2	2	2	3	3	2	3

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2340,78	2460,18	2460,18	2460,18	2460,18	2340,78	2460,18
Nc,Rd	2340,78	2460,18	2460,18	2460,18	2460,18	2340,78	2460,18
Fx / N,Rd	2,4%	0,8%	0,8%	0,4%	2,0%	2,2%	2,0%
Vc,Rd,y	525,37	572,28	572,28	572,28	572,28	525,37	572,28
Vy / Vc,Rd,y	8,0%	5,3%	5,3%	0,5%	9,2%	10,1%	9,2%
Vc,Rd,z	665,80	665,99	665,99	665,99	665,99	665,80	665,99
Vz / Vc,Rd,z	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Mc,Rd,y	110,33	110,33	110,33	94,85	94,85	110,33	94,85
My / Mc,Rd,y	0,1%	0,6%	0,5%	0,8%	0,5%	0,1%	0,5%
Mc,Rd,z	1218,38	1415,23	1415,23	1190,61	1190,61	1218,38	1190,61
Mz / Mc,Rd,z	24,2%	12,5%	12,5%	3,6%	33,3%	26,8%	33,3%
T,Rd	14,85	15,26	15,26	15,26	15,26	14,85	15,26
Mx / T,Rd	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	5,9%	2,2%	2,1%	4,7%	35,9%	7,2%	35,9%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	525,32	572,22	571,98	572,12	572,09	525,19	572,09
T + Vy	8,0%	5,3%	5,3%	0,5%	9,2%	10,1%	9,2%
Vpl,T,Rd,z	665,74	665,92	665,64	665,80	665,77	665,58	665,77
T + Vz	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2340,78	---	---	2460,18	2460,18	2340,78	2460,18
Fx / Nb,Rd	2,4%	---	---	0,4%	2,0%	2,2%	2,0%
lambda,red,y	0,741	---	---	0,741	0,741	0,741	0,741
lambda,red,z	0,115	---	---	0,115	0,115	0,115	0,115
Ji,y	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	4471,20	---	---	4699,25	4699,25	4471,20	4699,25
Ncr,z	184898,63	---	---	194329,41	194329,41	184898,63	194329,41



PANDEO LATERAL

Mb,Rd	1218,38	1415,23	1415,23	1190,61	1190,61	1218,38	1190,61
Mz / Mb,Rd	24,2%	12,5%	12,5%	3,6%	33,3%	26,8%	33,3%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,726	0,750	0,750	0,688	0,688	0,726	0,688
Mcr	2430,08	2640,82	2640,82	2640,82	2640,82	2430,08	2640,82

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	24,9%	---	---	4,3%	33,3%	27,1%	33,3%
EAE 35.3 (2)	15,9%	---	---	3,6%	27,1%	17,2%	27,1%
k,yy	0,530	---	---	0,520	0,527	0,532	0,527
k,zz	0,933	---	---	0,977	0,930	0,927	0,930
k,yz	0,560	---	---	0,781	0,744	0,556	0,744
k,zy	0,318	---	---	0,520	0,527	0,319	0,527
cm,y	0,519	---	---	0,519	0,522	0,522	0,522
cm,z	0,935	---	---	0,977	0,929	0,929	0,929
cm,LT	0,935	---	---	0,977	0,929	0,929	0,929
N,Ed	55,37	---	---	9,46	50,26	52,12	50,26
M,Ed,y	0,10	---	---	-0,73	-0,48	0,09	-0,48
M,Ed,z	294,35	---	---	42,30	397,00	326,04	397,00

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,33

DIAG. 2747 (_HL-920x420) 1/lb:124,8cm/623,9cm

Aceero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm2

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm2

Cálculo de 2º orden : X: 0,78 Lambda(0,10; 0,70) B(0,850;0,956)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:3 (n=6)

F. por confort V/H(+0,007;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,006;-0,006) / (+0,000;-0,000) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,006) / (+0,000;-0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	61(2)	0	-80,09	-0,02	0,03(	0,03)	-576,68(	-576,68)	-58,03	0,06-->	64,9%
1	Tr	94(2)	0	48,10	-0,04	-0,04(	-0,04)	253,17(	253,17)	22,38	0,09-->	21,2%
2	Mx	65(2)	0	4,49	-0,05	-0,09(	-0,09)	-91,43(	-91,43)	-9,30	0,15-->	7,7%
3	My	78(2)	124	-32,36	-0,04	-0,29(	-0,29)	-310,63(	-310,63)	-31,56	0,16-->	28,1%
4	Mz	58(2)	0	-70,46	-0,01	-0,07(	-0,07)	-613,90(	-613,90)	-51,78	0,04-->	69,2%
5	V	61(2)	0	-80,09	-0,02	0,03(	0,03)	-576,68(	-576,68)	-58,03	0,06-->	64,9%
6	Sm	58(2)	0	-70,46	-0,01	-0,07(	-0,07)	-613,90(	-613,90)	-51,78	0,04-->	69,2%

APROVECHAMIENTO 0,69 (69,2%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	3	2	2	2	3	3	3

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2224,80	2224,80	2224,80	2176,52	2224,80	2224,80	2224,80
Nc,Rd	2224,80	2224,80	2224,80	2176,52	2224,80	2224,80	2224,80
Fx / N,Rd	3,6%	2,2%	0,2%	1,5%	3,2%	3,6%	3,2%
Vc,Rd,y	509,02	509,02	509,02	484,43	509,02	509,02	509,02
Vy / Vc,Rd,y	11,4%	4,4%	1,8%	6,5%	10,2%	11,4%	10,2%
Vc,Rd,z	620,54	620,54	620,54	620,47	620,54	620,54	620,54
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	88,18	102,62	102,62	102,62	88,18	88,18	88,18
My / Mc,Rd,y	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%	0,1%	0,0%	0,1%
Mc,Rd,z	1020,69	1194,72	1194,72	1116,11	1020,69	1020,69	1020,69
Mz / Mc,Rd,z	56,5%	21,2%	7,7%	27,8%	60,1%	56,5%	60,1%
T,Rd	13,14	13,14	13,14	12,98	13,14	13,14	13,14
Mx / T,Rd	0,2%	0,3%	0,4%	0,3%	0,1%	0,2%	0,1%



ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	60,1%	4,5%	0,7%	8,0%	63,4%	60,1%	63,4%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	508,66	508,46	508,21	483,77	508,89	508,66	508,89
T + Vy	11,4%	4,4%	1,8%	6,5%	10,2%	11,4%	10,2%
Vpl, T, Rd, z	620,11	619,86	619,55	619,63	620,38	620,11	620,38
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	2224,80	---	---	2176,52	2224,80	2224,80	2224,80
Fx / Nb, Rd	3,6%	---	---	1,5%	3,2%	3,6%	3,2%
lambda, red, y	0,704	---	---	0,704	0,704	0,704	0,704
lambda, red, z	0,101	---	---	0,101	0,101	0,101	0,101
Ji, y	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	4717,18	---	---	4614,82	4717,18	4717,18	4717,18
Ncr, z	227309,19	---	---	222376,59	227309,19	227309,19	227309,19

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	897,25	1194,72	1194,72	1116,11	894,68	897,25	894,68
Mz / Mb, Rd	64,3%	21,2%	7,7%	27,8%	68,6%	64,3%	68,6%
Ji, LT	0,879	1,000	1,000	1,000	0,877	0,879	0,877
lambda, red, LT	0,638	0,691	0,691	0,683	0,638	0,638	0,638
Mcr	2628,91	2628,91	2628,91	2514,20	2628,91	2628,91	2628,91

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	64,9%	---	---	28,1%	69,2%	64,9%	69,2%
EAE 35.3 (2)	52,6%	---	---	17,6%	56,0%	52,6%	56,0%
k, yy	0,406	---	---	0,731	0,856	0,406	0,856
k, zz	0,953	---	---	0,953	0,961	0,953	0,961
k, yz	0,763	---	---	0,572	0,769	0,763	0,769
k, zy	0,406	---	---	0,439	0,856	0,406	0,856
cm, y	0,400	---	---	0,723	0,844	0,400	0,844
cm, z	0,951	---	---	0,954	0,959	0,951	0,959
cm, LT	0,951	---	---	0,954	0,959	0,951	0,959
N, Ed	80,09	---	---	32,36	70,46	80,09	70,46
M, Ed, y	0,03	---	---	-0,29	-0,07	0,03	-0,07
M, Ed, z	-576,68	---	---	-310,63	-613,90	-576,68	-613,90

Cumple Pandeo Lateral-Torsional $Mzd/Mb, Rd = 0,69$
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 177cm esp=22mm

DIAG. 2748 (HL-920x420) 1/lb:124,8cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,78 Lambda(0,10; 0,70) B(0,850;0,956)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:2 (n=6)

F. por confort V/H(+0,007;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,006;-0,006) / (+0,000;-0,000) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,006) / (+0,000;-0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	61(2)	0	-79,78	-0,02	-0,05(-0,05)	-506,16(-506,16)		-55,06	0,06-->	53,9%
1	Tr	94(2)	0	48,01	-0,04	-0,15(-0,15)	225,81(225,81)		21,46	0,09-->	20,2%
2	Mx	65(2)	0	4,55	-0,05	-0,28(-0,28)	-80,22(-80,22)		-8,67	0,15-->	7,2%
3	My	78(2)	124	-32,18	-0,04	-0,49(-0,49)	-272,29(-272,29)		-29,87	0,16-->	26,7%
4	Mz	58(2)	0	-70,21	-0,01	-0,12(-0,12)	-550,80(-550,80)		-49,41	0,04-->	58,6%
5	V	61(2)	124	-79,48	-0,02	-0,13(-0,13)	-439,74(-439,74)		-52,07	0,06-->	50,4%
6	Sm	58(2)	0	-70,21	-0,01	-0,12(-0,12)	-550,80(-550,80)		-49,41	0,04-->	58,6%

APROVECHAMIENTO 0,59 (58,6%)



ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n 0 1 2 3 4 5 6

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	2	1	2	2	2	2	2

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2176,21	2176,21	2176,21	2127,94	2176,21	2127,94	2176,21
Nc,Rd	2176,21	2176,21	2176,21	2127,94	2176,21	2127,94	2176,21
Fx / N,Rd	3,7%	2,2%	0,2%	1,5%	3,2%	3,7%	3,2%
Vc,Rd,y	484,26	484,26	484,26	456,73	484,26	456,73	484,26
Vy / Vc,Rd,y	11,4%	4,4%	1,8%	6,5%	10,2%	11,4%	10,2%
Vc,Rd,z	620,47	620,47	620,47	620,41	620,47	620,41	620,47
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc,Rd,y	0,0%	0,2%	0,3%	0,5%	0,1%	0,1%	0,1%
Mc,Rd,z	1115,62	1115,62	1115,62	1038,51	1115,62	1038,51	1115,62
Mz / Mc,Rd,z	45,4%	20,2%	7,2%	26,2%	49,4%	42,3%	49,4%
T,Rd	12,98	12,98	12,98	12,83	12,98	12,83	12,98
Mx / T,Rd	0,2%	0,3%	0,4%	0,3%	0,1%	0,2%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	20,6%	4,2%	0,8%	7,4%	24,5%	18,1%	24,5%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	483,91	483,72	483,47	456,10	484,13	456,40	484,13
T + Vy	11,4%	4,4%	1,8%	6,5%	10,2%	11,4%	10,2%
Vpl,T,Rd,z	620,03	619,79	619,47	619,55	620,31	619,96	620,31
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2176,21	---	---	2127,94	2176,21	2127,94	2176,21
Fx / Nb,Rd	3,7%	---	---	1,5%	3,2%	3,7%	3,2%
lambda, red,y	0,704	---	---	0,704	0,704	0,704	0,704
lambda, red,z	0,101	---	---	0,101	0,101	0,101	0,101
Ji,y	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	4614,17	---	---	4511,81	4614,17	4511,81	4614,17
Ncr,z	222345,44	---	---	217412,84	222345,44	217412,84	222345,44

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	952,23	1115,62	1115,62	1038,51	948,97	891,16	948,97
Mz / Mb,Rd	53,2%	20,2%	7,2%	26,2%	58,0%	49,3%	58,0%
Ji,LT	0,854	1,000	1,000	1,000	0,851	0,858	0,851
lambda, red,LT	0,683	0,683	0,683	0,675	0,683	0,675	0,683
Mcr	2513,56	2513,56	2513,56	2391,84	2513,56	2391,84	2513,56

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	53,9%	---	---	26,7%	58,6%	50,4%	58,6%
EAE 35.3 (2)	33,8%	---	---	16,9%	36,5%	31,8%	36,5%
k,yy	0,775	---	---	0,847	0,913	0,776	0,913
k,zz	0,944	---	---	0,949	0,954	0,944	0,954
k,yz	0,566	---	---	0,570	0,572	0,566	0,572
k,zy	0,465	---	---	0,508	0,548	0,465	0,548
cm,y	0,753	---	---	0,837	0,890	0,753	0,890
cm,z	0,948	---	---	0,951	0,957	0,948	0,957
cm,LT	0,948	---	---	0,951	0,957	0,948	0,957
N,Ed	79,78	---	---	32,18	70,21	79,48	70,21
M,Ed,y	-0,05	---	---	-0,49	-0,12	-0,13	-0,12
M,Ed,z	-506,16	---	---	-272,29	-550,80	-439,74	-550,80

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,58

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

Necesarios rigidizadores de alma a 169cm esp=22mm



DIAG. 2749 (HL-920x420) 1/lb:124,8cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,78 Lambda(0,10; 0,70) β(0,850;0,956)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): β: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): β: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:2 (n=6)

F. por confort V/H(+0,006;-0,005) / (+0,001;-0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,006;-0,006) / (+0,001;-0,000) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,006) / (+0,000;-0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	61(2)	0	-79,47	-0,02	-0,13(-0,13)	-439,33(-439,33)	-52,12	0,06-->	50,0%	
1	Tr	94(2)	0	47,91	-0,04	-0,27(-0,27)	199,61(199,61)	20,52	0,09-->	19,2%	
2	Mx	65(2)	0	4,61	-0,05	-0,48(-0,48)	-69,77(-69,77)	-8,06	0,15-->	6,7%	
3	My	78(2)	124	-32,01	-0,04	-0,69(-0,69)	-236,05(-236,05)	-28,21	0,16-->	25,1%	
4	Mz	58(2)	0	-69,96	-0,01	-0,17(-0,17)	-490,64(-490,64)	-47,07	0,04-->	55,9%	
5	V	61(2)	124	-79,17	-0,02	-0,21(-0,21)	-376,54(-376,54)	-49,16	0,06-->	46,4%	
6	Sm	58(2)	0	-69,96	-0,01	-0,17(-0,17)	-490,64(-490,64)	-47,07	0,04-->	55,9%	

APROVECHAMIENTO 0,56 (55,9%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	2	1	1	1	2	2	2

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2127,63	2127,63	2127,63	2079,35	2127,63	2079,35	2127,63
Nc,Rd	2127,63	2127,63	2127,63	2079,35	2127,63	2079,35	2127,63
Fx / N,Rd	3,7%	2,3%	0,2%	1,5%	3,3%	3,8%	3,3%
Vc,Rd,y	456,56	456,56	456,56	429,72	456,56	429,72	456,56
Vy / Vc,Rd,y	11,4%	4,5%	1,8%	6,6%	10,3%	11,4%	10,3%
Vc,Rd,z	620,41	620,41	620,41	620,34	620,41	620,34	620,41
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc,Rd,y	0,1%	0,3%	0,5%	0,7%	0,2%	0,2%	0,2%
Mc,Rd,z	1038,03	1038,03	1038,03	962,46	1038,03	962,46	1038,03
Mz / Mc,Rd,z	42,3%	19,2%	6,7%	24,5%	47,3%	39,1%	47,3%
T,Rd	12,83	12,83	12,83	12,68	12,83	12,68	12,83
Mx / T,Rd	0,2%	0,3%	0,4%	0,3%	0,1%	0,2%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	18,0%	4,0%	0,9%	6,7%	22,5%	15,5%	22,5%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	456,23	456,05	455,81	429,12	456,44	429,40	456,44
T + Vy	11,4%	4,5%	1,8%	6,6%	10,3%	11,4%	10,3%
Vpl,T,Rd,z	619,96	619,71	619,39	619,47	620,24	619,89	620,24
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2127,63	---	---	2079,35	2127,63	2079,35	2127,63
Fx / Nb,Rd	3,7%	---	---	1,5%	3,3%	3,8%	3,3%
lambda,red,y	0,704	---	---	0,704	0,704	0,704	0,704
lambda,red,z	0,101	---	---	0,101	0,101	0,101	0,101
Ji,y	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	4511,16	---	---	4408,80	4511,16	4408,80	4511,16
Ncr,z	217381,69	---	---	212449,11	217381,69	212449,11	217381,69

PANDEO LATERAL



Mb,Rd	892,35	1038,03	1038,03	962,46	888,75	832,40	888,75
Mz / Mb,Rd	49,2%	19,2%	6,7%	24,5%	55,2%	45,2%	55,2%
Ji,LT	0,860	1,000	1,000	1,000	0,856	0,865	0,856
lambda, red,LT	0,675	0,675	0,675	0,667	0,675	0,667	0,675
Mcr	2391,22	2391,22	2391,22	2274,42	2391,22	2274,42	2391,22

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	50,0%	---	---	25,1%	55,9%	46,4%	55,9%
EAE 35.3 (2)	31,6%	---	---	16,1%	34,9%	29,5%	34,9%
k,yy	0,874	---	---	0,896	0,940	0,875	0,940
k,zz	0,939	---	---	0,946	0,951	0,939	0,951
k,yz	0,564	---	---	0,567	0,570	0,564	0,570
k,zy	0,525	---	---	0,538	0,564	0,525	0,564
cm,y	0,849	---	---	0,885	0,915	0,849	0,915
cm,z	0,943	---	---	0,947	0,954	0,943	0,954
cm,LT	0,943	---	---	0,947	0,954	0,943	0,954
N,Ed	79,47	---	---	32,01	69,96	79,17	69,96
M,Ed,y	-0,13	---	---	-0,69	-0,17	-0,21	-0,17
M,Ed,z	-439,33	---	---	-236,05	-490,64	-376,54	-490,64

Cumple Pandeo Lateral-Torsional $Mzd/Mb,Rd = 0,55$

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

Necesarios rigidizadores de alma a 160cm esp=22mm

DIAG. 2750 (_HL-920x420) 1/lb:124,8cm/623,9cm

Aceero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2° orden : X: 0,78 Lambda(0,10; 0,70) B(0,850;0,956)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,006;-0,005) / (+0,001;-0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,006;-0,006) / (+0,001;-0,000) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(Myl)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	61(2)	0	-79,16	-0,02	-0,21(	-0,21)	-376,16(	-376,16)	-49,20	0,06-->	46,0%
1	Tr	94(2)	0	47,82	-0,04	-0,38(	-0,38)	174,59(	174,59)	19,57	0,09-->	18,1%
2	Mx	65(2)	0	4,67	-0,05	-0,67(	-0,67)	-60,07(	-60,07)	-7,49	0,15-->	6,2%
3	My	78(2)	124	-31,84	-0,04	-0,89(	-0,89)	-201,86(	-201,86)	-26,57	0,16-->	23,4%
4	Mz	58(2)	0	-69,71	-0,01	-0,21(	-0,21)	-433,40(	-433,40)	-44,75	0,03-->	52,9%
5	V	61(2)	120	-78,88	-0,02	-0,28(	-0,28)	-318,82(	-318,82)	-46,36	0,06-->	37,5%
6	Sm	58(2)	0	-69,71	-0,01	-0,21(	-0,21)	-433,40(	-433,40)	-44,75	0,03-->	52,9%

APROVECHAMIENTO 0,53 (52,9%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

	1	1	1	1	1	1	1	1
Alas clase								
Alma clase	2	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2079,05	2079,05	2079,05	2030,77	2079,05	2032,33	2079,05
Nc,Rd	2079,05	2079,05	2079,05	2030,77	2079,05	2032,33	2079,05
Fx / N,Rd	3,8%	2,3%	0,2%	1,6%	3,4%	3,9%	3,4%
Vc,Rd,y	429,55	429,55	429,55	403,55	429,55	404,37	429,55
Vy / Vc,Rd,y	11,5%	4,6%	1,7%	6,6%	10,4%	11,5%	10,4%
Vc,Rd,z	620,34	620,34	620,34	620,27	620,34	620,27	620,34
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc,Rd,y	0,2%	0,4%	0,7%	0,9%	0,2%	0,3%	0,2%
Mc,Rd,z	961,99	961,99	961,99	887,98	961,99	890,35	961,99
Mz / Mc,Rd,z	39,1%	18,1%	6,2%	22,7%	45,1%	35,8%	45,1%
T,Rd	12,67	12,67	12,67	12,52	12,67	12,53	12,67
Mx / T,Rd	0,2%	0,3%	0,4%	0,4%	0,1%	0,2%	0,1%



ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	15,5%	3,7%	1,0%	6,0%	20,5%	13,1%	20,5%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	429,24	429,06	428,84	402,98	429,43	404,07	429,43
T + Vy	11,5%	4,6%	1,7%	6,6%	10,4%	11,5%	10,4%
Vpl, T, Rd, z	619,89	619,63	619,31	619,39	620,17	619,81	620,17
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	2079,05	---	---	2030,77	2079,05	2032,33	2079,05
Fx / Nb, Rd	3,8%	---	---	1,6%	3,4%	3,9%	3,4%
lambda, red, y	0,704	---	---	0,704	0,704	0,704	0,704
lambda, red, z	0,101	---	---	0,101	0,101	0,101	0,101
Ji, y	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	4408,15	---	---	4305,79	4408,15	4309,09	4408,15
Ncr, z	212417,92	---	---	207485,36	212417,92	207644,47	212417,92

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	833,79	961,99	961,99	887,98	829,75	890,35	829,75
Mz / Mb, Rd	45,1%	18,1%	6,2%	22,7%	52,2%	35,8%	52,2%
Ji, LT	0,867	1,000	1,000	1,000	0,863	1,000	0,863
lambda, red, LT	0,667	0,667	0,667	0,657	0,667	0,657	0,667
Mcr	2273,54	2273,54	2273,54	2162,06	2273,54	2165,52	2273,54

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	46,0%	---	---	23,4%	52,9%	37,5%	52,9%
EAE 35.3 (2)	29,3%	---	---	15,2%	33,2%	24,2%	33,2%
k, yy	0,919	---	---	0,923	0,957	0,920	0,957
k, zz	0,934	---	---	0,941	0,947	0,933	0,947
k, yz	0,560	---	---	0,565	0,568	0,560	0,568
k, zy	0,552	---	---	0,554	0,574	0,552	0,574
cm, y	0,892	---	---	0,912	0,932	0,892	0,932
cm, z	0,937	---	---	0,942	0,950	0,937	0,950
cm, LT	0,937	---	---	0,942	0,950	0,937	0,950
N, Ed	79,16	---	---	31,84	69,71	78,88	69,71
M, Ed, y	-0,21	---	---	-0,89	-0,21	-0,28	-0,21
M, Ed, z	-376,16	---	---	-201,86	-433,40	-318,82	-433,40

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,52
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 151cm esp=22mm

DIAG. 2751 (HL-920x420) 1/lb:124,8cm/623,9cm

Aceros estructurales OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,78 Lambda(0,10; 0,70) B(0,850;0,956)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,006;-0,005) / (+0,001;-0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,006;-0,006) / (+0,001;-0,000) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	61(2)	124	-78,85	-0,02	-0,28(	-0,28)	316,24(	316,24)	-46,29	-0,06-->	37,1%
1	Tr	94(2)	124	47,72	-0,04	-0,49(	-0,49)	-150,61(	-150,61)	18,60	-0,09-->	17,0%
2	Mx	65(2)	0	4,78	-0,05	-1,06(	-1,06)	42,75(	42,75)	-6,40	-0,16-->	5,2%
3	My	78(2)	0	-31,67	-0,04	-1,09(	-1,09)	169,51(	169,51)	-24,95	-0,16-->	21,7%
4	Mz	58(2)	124	-69,47	-0,01	-0,25(	-0,25)	378,70(	378,70)	-42,44	-0,03-->	49,8%
5	V	61(2)	96	-78,79	-0,02	-0,30(	-0,30)	303,37(	303,37)	-45,63	-0,06-->	36,3%
6	Sm	58(2)	124	-69,47	-0,01	-0,25(	-0,25)	378,70(	378,70)	-42,44	-0,03-->	49,8%

APROVECHAMIENTO 0,50 (49,8%)



ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n 0 1 2 3 4 5 6

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2030,16	2030,16	1981,88	1981,88	2030,16	2019,26	2030,16
Nc,Rd	2030,16	2030,16	1981,88	1981,88	2030,16	2019,26	2030,16
Fx / N,Rd	3,9%	2,4%	0,2%	1,6%	3,4%	3,9%	3,4%
Vc,Rd,y	403,23	403,23	378,27	378,27	403,23	397,49	403,23
Vy / Vc,Rd,y	11,5%	4,6%	1,7%	6,6%	10,5%	11,5%	10,5%
Vc,Rd,z	620,27	620,27	620,20	620,20	620,27	620,25	620,27
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc,Rd,y	0,3%	0,5%	1,0%	1,1%	0,2%	0,3%	0,2%
Mc,Rd,z	887,06	887,06	814,68	814,68	887,06	870,57	887,06
Mz / Mc,Rd,z	35,7%	17,0%	5,2%	20,8%	42,7%	34,8%	42,7%
T,Rd	12,52	12,52	12,37	12,37	12,52	12,48	12,52
Mx / T,Rd	0,2%	0,3%	0,4%	0,4%	0,1%	0,2%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	13,0%	3,4%	1,3%	5,4%	18,5%	12,4%	18,5%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	402,93	402,76	377,63	377,73	403,12	397,20	403,12
T + Vy	11,5%	4,6%	1,7%	6,6%	10,5%	11,5%	10,5%
Vpl,T,Rd,z	619,81	619,56	619,15	619,31	620,10	619,80	620,10
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2030,16	---	---	1981,88	2030,16	2019,26	2030,16
Fx / Nb,Rd	3,9%	---	---	1,6%	3,4%	3,9%	3,4%
lambda, red,y	0,704	---	---	0,704	0,704	0,704	0,704
lambda, red,z	0,101	---	---	0,101	0,101	0,101	0,101
Ji,y	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	4304,50	---	---	4202,13	4304,50	4281,38	4304,50
Ncr,z	207423,02	---	---	202490,44	207423,02	206309,20	207423,02

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	887,06	887,06	814,68	814,68	771,69	870,57	771,69
Mz / Mb,Rd	35,7%	17,0%	5,2%	20,8%	49,1%	34,8%	49,1%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	0,870	1,000	0,870
lambda, red,LT	0,657	0,657	0,645	0,645	0,657	0,654	0,657
Mcr	2160,66	2160,66	2055,05	2055,05	2160,66	2136,14	2160,66

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	37,1%	---	---	21,7%	49,8%	36,3%	49,8%
EAE 35.3 (2)	24,0%	---	---	14,3%	31,4%	23,5%	31,4%
k,yy	0,946	---	---	0,941	0,970	0,946	0,970
k,zz	0,926	---	---	0,935	0,943	0,926	0,943
k,yz	0,556	---	---	0,561	0,566	0,556	0,566
k,zy	0,568	---	---	0,564	0,582	0,568	0,582
cm,y	0,917	---	---	0,929	0,944	0,917	0,944
cm,z	0,930	---	---	0,937	0,946	0,930	0,946
cm,LT	0,930	---	---	0,937	0,946	0,930	0,946
N,Ed	78,85	---	---	31,67	69,47	78,79	69,47
M,Ed,y	-0,28	---	---	-1,09	-0,25	-0,30	-0,25
M,Ed,z	316,24	---	---	169,51	378,70	303,37	378,70

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,49

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

Necesarios rigidizadores de alma a 142cm esp=22mm



DIAG. 2752 (HL-920x420) 1/lb:124,8cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2° orden : X: 0,77 Lambda(0,12; 0,72) β(0,965;0,985)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): β: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): β: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:3 (n=6)

F. por confort V/H(+0,006;-0,005) / (+0,001;-0,001) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,006;-0,006) / (+0,001;-0,001) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,006) / (+0,000;-0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	61(2)	0	-78,95	0,04	0,13	(0,13)	587,42	(587,42)	50,72	0,03-->	66,7%
1	Tr	94(2)	0	47,95	0,00	-0,41	(-0,41)	-239,55	(-239,55)	-21,93	0,03-->	20,1%
2	Mx	58(2)	0	-70,86	0,04	0,19	(0,19)	588,42	(588,42)	58,67	0,04-->	65,9%
3	My	96(2)	0	47,68	0,00	1,40	(1,40)	-236,90	(-236,90)	-21,75	0,16-->	19,8%
4	Mz	70(2)	0	-73,34	0,03	0,23	(0,23)	617,52	(617,52)	56,74	0,16-->	69,5%
5	V	72(2)	0	-68,71	0,03	0,85	(0,85)	599,18	(599,18)	59,14	0,20-->	67,7%
6	Sm	70(2)	0	-73,34	0,03	0,23	(0,23)	617,52	(617,52)	56,74	0,16-->	69,5%

APROVECHAMIENTO 0,69 (69,5%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n 0 1 2 3 4 5 6

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase 1 1 1 1 1 1 1
Alma clase 3 2 3 2 3 3 3

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80
Nc,Rd	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80
Fx / N,Rd	3,5%	2,2%	3,2%	2,1%	3,3%	3,1%	3,3%	3,3%
Vc,Rd,y	509,02	509,02	509,02	509,02	509,02	509,02	509,02	509,02
Vy / Vc,Rd,y	10,0%	4,3%	11,5%	4,3%	11,1%	11,6%	11,1%	11,1%
Vc,Rd,z	620,54	620,54	620,54	620,54	620,54	620,54	620,54	620,54
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	88,18	102,62	88,18	102,62	88,18	88,18	88,18	88,18
My / Mc,Rd,y	0,2%	0,4%	0,2%	1,4%	0,3%	1,0%	0,3%	0,3%
Mc,Rd,z	1020,69	1194,72	1020,69	1194,72	1020,69	1020,69	1020,69	1020,69
Mz / Mc,Rd,z	57,6%	20,1%	57,6%	19,8%	60,5%	58,7%	60,5%	60,5%
T,Rd	13,14	13,14	13,14	13,14	13,14	13,14	13,14	13,14
Mx / T,Rd	0,3%	0,0%	0,3%	0,0%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	61,3%	4,4%	61,1%	5,3%	64,1%	62,8%	64,1%	64,1%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	508,42	508,96	508,37	509,00	508,54	508,53	508,54	508,54
T + Vy	10,0%	4,3%	11,5%	4,3%	11,2%	11,6%	11,2%	11,2%
Vpl,T,Rd,z	619,81	620,47	619,75	620,52	619,95	619,94	619,95	619,95
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2224,80	---	2224,80	---	2224,80	2224,80	2224,80	2224,80
Fx / Nb,Rd	3,5%	---	3,2%	---	3,3%	3,1%	3,3%	3,3%
lambda,red,y	0,725	---	0,725	---	0,725	0,725	0,725	0,725
lambda,red,z	0,115	---	0,115	---	0,115	0,115	0,115	0,115
Ji,y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	4448,93	---	4448,93	---	4448,93	4448,93	4448,93	4448,93
Ncr,z	176313,78	---	176313,78	---	176313,78	176313,78	176313,78	176313,78

PANDEO LATERAL



Mb,Rd	895,00	1194,72	897,11	1194,72	895,88	896,95	895,88
Mz / Mb,Rd	65,6%	20,1%	65,6%	19,8%	68,9%	66,8%	68,9%
Ji,LT	0,877	1,000	0,879	1,000	0,878	0,879	0,878
lambda, red,LT	0,638	0,691	0,638	0,691	0,638	0,638	0,638
Mcr	2628,92	2628,92	2628,92	2628,92	2628,92	2628,92	2628,92

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	66,7%	---	65,9%	---	69,5%	67,7%	69,5%
EAE 35.3 (2)	54,1%	---	53,4%	---	56,3%	55,0%	56,3%
k,yy	0,909	---	0,898	---	0,675	0,899	0,675
k,zz	0,961	---	0,954	---	0,958	0,954	0,958
k,yz	0,768	---	0,763	---	0,766	0,763	0,766
k,zy	0,909	---	0,898	---	0,675	0,899	0,675
cm,y	0,895	---	0,886	---	0,665	0,887	0,665
cm,z	0,958	---	0,952	---	0,956	0,952	0,956
cm,LT	0,958	---	0,952	---	0,956	0,952	0,956
N,Ed	78,95	---	70,86	---	73,34	68,71	73,34
M,Ed,y	0,13	---	0,19	---	0,23	0,85	0,23
M,Ed,z	587,42	---	588,42	---	617,52	599,18	617,52

Cumple Pandeo Lateral-Torsional $Mzd/Mb,Rd= 0,69$
 Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
 Necesarios rigidizadores de alma a 177cm esp=22mm

DIAG. 2753 (HL-920x420) 1/lb:124,8cm/623,9cm

Aceero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2° orden : X: 0,77 Lambda(0,12; 0,72) B(0,965;0,985)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): $\beta: 1,00$ Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): $\beta: 1,00$ Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:2 (n=6)

F. por confort V/H(+0,006;-0,005) / (+0,001;-0,001) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,006;-0,006) / (+0,001;-0,001) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,006) / (+0,000;-0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n TIPO COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0 Co	61(2)	0	-78,71	0,04	0,10(0,10)	525,65(525,65)	48,35	0,03-->	56,4%	
1 Tr	94(2)	0	47,86	0,00	-0,45(-0,45)	-212,74(-212,74)	-21,01	0,04-->	19,1%	
2 Mx	58(2)	0	-70,56	0,04	0,14(0,14)	517,10(517,10)	55,70	0,04-->	54,7%	
3 My	96(2)	0	47,59	0,00	1,20(1,20)	-210,32(-210,32)	-20,83	0,16-->	18,9%	
4 Mz	70(2)	0	-73,07	0,03	0,04(0,04)	548,46(548,46)	54,01	0,16-->	58,2%	
5 V	72(2)	124	-68,11	0,03	0,37(0,37)	459,48(459,48)	53,18	0,20-->	52,2%	
6 Sm	70(2)	0	-73,07	0,03	0,04(0,04)	548,46(548,46)	54,01	0,16-->	58,2%	

APROVECHAMIENTO 0,58 (58,2%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	2	1	2	1	2	2	2	2

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2176,21	2176,21	2176,21	2176,21	2176,21	2127,94	2176,21
Nc,Rd	2176,21	2176,21	2176,21	2176,21	2176,21	2127,94	2176,21
Fx / N,Rd	3,6%	2,2%	3,2%	2,2%	3,4%	3,2%	3,4%
Vc,Rd,y	484,26	484,26	484,26	484,26	484,26	456,73	484,26
Vy / Vc,Rd,y	10,0%	4,3%	11,5%	4,3%	11,2%	11,6%	11,2%
Vc,Rd,z	620,47	620,47	620,47	620,47	620,47	620,41	620,47
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc,Rd,y	0,1%	0,4%	0,1%	1,2%	0,0%	0,4%	0,0%
Mc,Rd,z	1115,62	1115,62	1115,62	1115,62	1115,62	1038,51	1115,62
Mz / Mc,Rd,z	47,1%	19,1%	46,4%	18,9%	49,2%	44,2%	49,2%
T,Rd	12,98	12,98	12,98	12,98	12,98	12,83	12,98
Mx / T,Rd	0,3%	0,0%	0,3%	0,0%	0,2%	0,2%	0,2%



ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	22,3%	4,1%	21,6%	4,7%	24,2%	19,9%	24,2%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	483,68	484,20	483,63	484,24	483,79	456,28	483,79
T + Vy	10,0%	4,3%	11,5%	4,3%	11,2%	11,7%	11,2%
Vpl, T, Rd, z	619,73	620,40	619,67	620,45	619,88	619,79	619,88
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	2176,21	---	2176,21	---	2176,21	2127,94	2176,21
Fx / Nb, Rd	3,6%	---	3,2%	---	3,4%	3,2%	3,4%
lambda, red, y	0,725	---	0,725	---	0,725	0,725	0,725
lambda, red, z	0,115	---	0,115	---	0,115	0,115	0,115
Ji, y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	4351,78	---	4351,78	---	4351,78	4255,23	4351,78
Ncr, z	172463,61	---	172463,61	---	172463,61	168637,63	172463,61

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	949,36	1115,62	952,05	1115,62	950,48	890,80	950,48
Mz / Mb, Rd	55,4%	19,1%	54,3%	18,9%	57,7%	51,6%	57,7%
Ji, LT	0,851	1,000	0,853	1,000	0,852	0,858	0,852
lambda, red, LT	0,683	0,683	0,683	0,683	0,683	0,675	0,683
Mcr	2513,56	2513,56	2513,56	2513,56	2513,56	2391,84	2513,56

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	56,4%	---	54,7%	---	58,2%	52,2%	58,2%
EAE 35.3 (2)	35,3%	---	34,2%	---	36,3%	32,8%	36,3%
k, yy	0,880	---	0,861	---	0,522	0,862	0,522
k, zz	0,953	---	0,945	---	0,950	0,946	0,950
k, yz	0,572	---	0,567	---	0,570	0,568	0,570
k, zy	0,528	---	0,516	---	0,313	0,517	0,313
cm, y	0,854	---	0,838	---	0,508	0,839	0,508
cm, z	0,956	---	0,948	---	0,952	0,949	0,952
cm, LT	0,956	---	0,948	---	0,952	0,949	0,952
N, Ed	78,71	---	70,56	---	73,07	68,11	73,07
M, Ed, y	0,10	---	0,14	---	0,04	0,37	0,04
M, Ed, z	525,65	---	517,10	---	548,46	459,48	548,46

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,58
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 169cm esp=22mm

DIAG. 2754 (HL-920x420) 1/lb:124,8cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,77 Lambda(0,12; 0,72) B(0,965;0,985)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:2 (n=6)

F. por confort V/H(+0,006;-0,005) / (+0,001;-0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,006;-0,006) / (+0,001;-0,001) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,006) / (+0,000;-0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	61(2)	0	-78,47	0,04	0,06(0,06)	466,82(466,82)	46,01	0,03-->	53,6%	
1	Tr	94(2)	0	47,77	0,00	-0,50(-0,50)	-187,09(-187,09)	-20,08	0,04-->	18,0%	
2	Mx	58(2)	0	-70,27	0,04	0,08(0,08)	449,47(449,47)	52,75	0,04-->	50,7%	
3	My	96(2)	0	47,50	0,00	1,01(1,01)	-184,90(-184,90)	-19,90	0,15-->	17,8%	
4	Mz	70(2)	0	-72,80	0,03	-0,16(-0,16)	482,79(482,79)	51,30	0,16-->	54,8%	
5	V	72(2)	124	-67,82	0,03	0,12(0,12)	394,91(394,91)	50,25	0,20-->	48,0%	
6	Sm	70(2)	0	-72,80	0,03	-0,16(-0,16)	482,79(482,79)	51,30	0,16-->	54,8%	

APROVECHAMIENTO 0,55 (54,8%)



ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	2	1	2	1	2	1	2

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2127,63	2127,63	2127,63	2127,63	2127,63	2079,35	2127,63
Nc,Rd	2127,63	2127,63	2127,63	2127,63	2127,63	2079,35	2127,63
Fx / N,Rd	3,7%	2,2%	3,3%	2,2%	3,4%	3,3%	3,4%
Vc,Rd,y	456,56	456,56	456,56	456,56	456,56	429,72	456,56
Vy / Vc,Rd,y	10,1%	4,4%	11,6%	4,4%	11,2%	11,7%	11,2%
Vc,Rd,z	620,41	620,41	620,41	620,41	620,41	620,34	620,41
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc,Rd,y	0,1%	0,5%	0,1%	1,0%	0,2%	0,1%	0,2%
Mc,Rd,z	1038,03	1038,03	1038,03	1038,03	1038,03	962,46	1038,03
Mz / Mc,Rd,z	45,0%	18,0%	43,3%	17,8%	46,5%	41,0%	46,5%
T,Rd	12,83	12,83	12,83	12,83	12,83	12,68	12,83
Mx / T,Rd	0,3%	0,0%	0,3%	0,0%	0,2%	0,3%	0,2%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	20,3%	3,7%	18,8%	4,2%	21,8%	16,9%	21,8%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	456,01	456,51	455,96	456,54	456,11	429,28	456,11
T + Vy	10,1%	4,4%	11,6%	4,4%	11,2%	11,7%	11,2%
Vpl,T,Rd,z	619,65	620,33	619,59	620,38	619,80	619,71	619,80
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2127,63	---	2127,63	---	2127,63	2079,35	2127,63
Fx / Nb,Rd	3,7%	---	3,3%	---	3,4%	3,3%	3,4%
lambda, red,y	0,725	---	0,725	---	0,725	0,725	0,725
lambda, red,z	0,115	---	0,115	---	0,115	0,115	0,115
Ji,y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	4254,63	---	4254,63	---	4254,63	4158,08	4254,63
Ncr,z	168613,45	---	168613,45	---	168613,45	164787,47	168613,45

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	889,16	1038,03	892,15	1038,03	890,39	832,01	890,39
Mz / Mb,Rd	52,5%	18,0%	50,4%	17,8%	54,2%	47,5%	54,2%
Ji,LT	0,857	1,000	0,859	1,000	0,858	0,864	0,858
lambda, red,LT	0,675	0,675	0,675	0,675	0,675	0,667	0,675
Mcr	2391,22	2391,22	2391,22	2391,22	2391,22	2274,43	2391,22

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	53,6%	---	50,7%	---	54,8%	48,0%	54,8%
EAE 35.3 (2)	33,6%	---	31,8%	---	34,3%	30,2%	34,3%
k,yy	0,789	---	0,743	---	0,803	0,747	0,803
k,zz	0,949	---	0,941	---	0,946	0,941	0,946
k,yz	0,570	---	0,564	---	0,568	0,565	0,568
k,zy	0,474	---	0,446	---	0,482	0,448	0,482
cm,y	0,765	---	0,722	---	0,781	0,727	0,781
cm,z	0,952	---	0,943	---	0,949	0,944	0,949
cm,LT	0,952	---	0,943	---	0,949	0,944	0,949
N,Ed	78,47	---	70,27	---	72,80	67,82	72,80
M,Ed,y	0,06	---	0,08	---	-0,16	0,12	-0,16
M,Ed,z	466,82	---	449,47	---	482,79	394,91	482,79

Cumple Pandeo Lateral-Torsional $Mzd/Mb,Rd = 0,54$
 Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
 Necesarios rigidizadores de alma a 160cm esp=22mm



DIAG. 2755 (HL-920x420) 1/lb:124,8cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2° orden : X: 0,77 Lambda(0,12; 0,72) β(0,965;0,985)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): β: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): β: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:2 (n=6)

F. por confort V/H(+0,006;-0,005) / (+0,001;-0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,006;-0,006) / (+0,001;-0,000) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	61(2)	0	-78,24	0,04	0,03	(0,03)	410,89	(410,89)	43,69	0,03-->	50,6%
1	Tr	94(2)	0	47,68	0,00	-0,54	(-0,54)	-162,62	(-162,62)	-19,13	0,04-->	16,9%
2	Mx	58(2)	0	-69,98	0,04	0,02	(0,02)	385,51	(385,51)	49,83	0,05-->	46,6%
3	My	65(2)	0	4,69	0,03	-0,83	(-0,83)	60,55	(60,55)	7,50	-0,05-->	6,3%
4	Mz	70(2)	0	-72,53	0,03	-0,36	(-0,36)	420,50	(420,50)	48,61	0,16-->	51,3%
5	V	72(2)	124	-67,54	0,03	-0,14	(-0,14)	333,98	(333,98)	47,35	0,20-->	38,6%
6	Sm	75(2)	0	-76,09	0,03	0,11	(0,11)	419,92	(419,92)	44,16	0,19-->	51,6%

APROVECHAMIENTO 0,52 (51,6%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	2	1	2	1	1	1	2

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2079,05	2079,05	2079,05	2079,05	2079,05	2030,77	2079,05
Nc,Rd	2079,05	2079,05	2079,05	2079,05	2079,05	2030,77	2079,05
Fx / N,Rd	3,8%	2,3%	3,4%	0,2%	3,5%	3,3%	3,7%
Vc,Rd,y	429,55	429,55	429,55	429,55	429,55	403,55	429,55
Vy / Vc,Rd,y	10,2%	4,5%	11,6%	1,7%	11,3%	11,7%	10,3%
Vc,Rd,z	620,34	620,34	620,34	620,34	620,34	620,27	620,34
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc,Rd,y	0,0%	0,5%	0,0%	0,8%	0,3%	0,1%	0,1%
Mc,Rd,z	961,99	961,99	961,99	961,99	961,99	887,98	961,99
Mz / Mc,Rd,z	42,7%	16,9%	40,1%	6,3%	43,7%	37,6%	43,7%
T,Rd	12,67	12,67	12,67	12,67	12,67	12,52	12,67
Mx / T,Rd	0,3%	0,0%	0,3%	0,2%	0,2%	0,3%	0,2%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	18,3%	3,4%	16,1%	1,2%	19,5%	14,3%	19,2%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	429,02	429,50	428,98	429,15	429,12	403,14	429,16
T + Vy	10,2%	4,5%	11,6%	1,7%	11,3%	11,7%	10,3%
Vpl,T,Rd,z	619,58	620,26	619,52	619,76	619,73	619,64	619,77
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2079,05	---	2079,05	---	2079,05	2030,77	2079,05
Fx / Nb,Rd	3,8%	---	3,4%	---	3,5%	3,3%	3,7%
lambda,red,y	0,725	---	0,725	---	0,725	0,725	0,725
lambda,red,z	0,115	---	0,115	---	0,115	0,115	0,115
Ji,y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	4157,47	---	4157,47	---	4157,47	4060,93	4157,47
Ncr,z	164763,28	---	164763,28	---	164763,28	160937,30	164763,28

PANDEO LATERAL



Mb,Rd	830,21	961,99	833,57	961,99	831,57	887,98	830,04
Mz / Mb,Rd	49,5%	16,9%	46,2%	6,3%	50,6%	37,6%	50,6%
Ji,LT	0,863	1,000	0,867	1,000	0,864	1,000	0,863
lambda, red,LT	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,657	0,667
Mcr	2273,54	2273,54	2273,54	2273,54	2273,54	2162,06	2273,54

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	50,6%	---	46,6%	---	51,3%	38,6%	51,6%
EAE 35.3 (2)	31,9%	---	29,3%	---	32,4%	24,5%	32,4%
k,yy	0,438	---	0,411	---	0,885	0,411	0,412
k,zz	0,946	---	0,935	---	0,941	0,936	0,946
k,yz	0,567	---	0,561	---	0,565	0,562	0,568
k,zy	0,263	---	0,247	---	0,531	0,247	0,247
cm,y	0,425	---	0,400	---	0,860	0,400	0,400
cm,z	0,949	---	0,938	---	0,944	0,939	0,949
cm,LT	0,949	---	0,938	---	0,944	0,939	0,949
N,Ed	78,24	---	69,98	---	72,53	67,54	76,09
M,Ed,y	0,03	---	0,02	---	-0,36	-0,14	0,11
M,Ed,z	410,89	---	385,51	---	420,50	333,98	419,92

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,51
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 151cm esp=22mm

DIAG. 2756 (HL-920x420) l/lb:124,8cm/623,9cm

Aceero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,77 Lambda(0,12; 0,72) B(0,965;0,985)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,006;-0,005) / (+0,001;-0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,005;-0,006) / (+0,001;-0,000) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n TIPO COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(Myl)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%	
0 Co	61(2)	124	-78,01	0,04	-0,01(	-0,01)	-357,52(	-357,52)	41,38	-0,03-->	47,4%
1 Tr	94(2)	124	47,58	0,00	-0,59(	-0,59)	139,19(	139,19)	-18,16	-0,04-->	15,7%
2 Mx	58(2)	0	-69,40	0,04	-0,09(	-0,09)	-268,45(	-268,45)	43,99	-0,04-->	34,1%
3 My	78(2)	0	-31,47	0,03	-0,92(	-0,92)	-180,61(	-180,61)	25,38	-0,12-->	22,9%
4 Mz	75(2)	124	-75,86	0,03	-0,12(	-0,12)	-365,96(	-365,96)	41,86	-0,18-->	48,4%
5 V	72(2)	36	-67,33	0,03	-0,31(	-0,31)	-292,47(	-292,47)	45,30	-0,20-->	36,0%
6 Sm	75(2)	124	-75,86	0,03	-0,12(	-0,12)	-365,96(	-365,96)	41,86	-0,18-->	48,4%

APROVECHAMIENTO 0,48 (48,4%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2030,16	2030,16	1981,88	1981,88	2030,16	1995,90	2030,16
Nc,Rd	2030,16	2030,16	1981,88	1981,88	2030,16	1995,90	2030,16
Fx / N,Rd	3,8%	2,3%	3,5%	1,6%	3,7%	3,4%	3,7%
Vc,Rd,y	403,23	403,23	378,27	378,27	403,23	385,40	403,23
Vy / Vc,Rd,y	10,3%	4,5%	11,6%	6,7%	10,4%	11,8%	10,4%
Vc,Rd,z	620,27	620,27	620,20	620,20	620,27	620,22	620,27
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc,Rd,y	0,0%	0,6%	0,1%	0,9%	0,1%	0,3%	0,1%
Mc,Rd,z	887,06	887,06	814,68	814,68	887,06	835,52	887,06
Mz / Mc,Rd,z	40,3%	15,7%	33,0%	22,2%	41,3%	35,0%	41,3%
T,Rd	12,52	12,52	12,37	12,37	12,52	12,41	12,52
Mx / T,Rd	0,3%	0,0%	0,3%	0,2%	0,2%	0,3%	0,2%



ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	16,3%	3,0%	10,9%	5,8%	17,1%	12,6%	17,1%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	402,73	403,18	377,76	377,96	402,86	385,00	402,86
T + Vy	10,3%	4,5%	11,6%	6,7%	10,4%	11,8%	10,4%
Vpl, T, Rd, z	619,50	620,19	619,36	619,70	619,70	619,58	619,70
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	2030,16	---	1981,88	1981,88	2030,16	1995,90	2030,16
Fx / Nb, Rd	3,8%	---	3,5%	1,6%	3,7%	3,4%	3,7%
lambda, red, y	0,725	---	0,725	0,725	0,725	0,725	0,725
lambda, red, z	0,115	---	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
Ji, y	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	4059,71	---	3963,17	3963,17	4059,71	3991,20	4059,71
Ncr, z	160888,94	---	157062,95	157062,95	160888,94	158173,73	160888,94

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	772,19	887,06	814,68	814,68	772,00	835,52	772,00
Mz / Mb, Rd	46,3%	15,7%	33,0%	22,2%	47,4%	35,0%	47,4%
Ji, LT	0,871	1,000	1,000	1,000	0,870	1,000	0,870
lambda, red, LT	0,657	0,657	0,645	0,645	0,657	0,649	0,657
Mcr	2160,66	2160,66	2055,06	2055,06	2160,66	2085,03	2160,66

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	47,4%	---	34,1%	22,9%	48,4%	36,0%	48,4%
EAE 35.3 (2)	30,0%	---	21,9%	14,9%	30,6%	23,1%	30,6%
k, yy	0,719	---	0,769	0,947	0,759	0,765	0,759
k, zz	0,941	---	0,928	0,938	0,942	0,929	0,942
k, yz	0,565	---	0,557	0,563	0,565	0,557	0,565
k, zy	0,432	---	0,462	0,568	0,456	0,459	0,456
cm, y	0,697	---	0,747	0,935	0,736	0,743	0,736
cm, z	0,944	---	0,931	0,939	0,945	0,932	0,945
cm, LT	0,944	---	0,931	0,939	0,945	0,932	0,945
N, Ed	78,01	---	69,40	31,47	75,86	67,33	75,86
M, Ed, y	-0,01	---	-0,09	-0,92	-0,12	-0,31	-0,12
M, Ed, z	-357,52	---	-268,45	-180,61	-365,96	-292,47	-365,96

Cumple Pandeo Lateral-Torsional $Mzd/Mb, Rd = 0,47$
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 142cm esp=22mm

DIAG. 2757 (HL-920x390) 1/lb:127,2cm/635,8cm

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,74 Lambda(0,12; 0,78) B(0,965;0,982)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:3 (n=6)

F. por confort V/H(+0,005;-0,005) / (+0,001;-0,001) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,005;-0,005) / (+0,001;-0,001) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n TIPO COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0 Co	58(2)	0	-56,11	-0,02	0,02(	0,02)	-461,97(	-461,97)	-42,62	-0,04--> 53,2%
1 Tr	94(2)	0	38,68	-0,01	-0,35(	-0,35)	172,64(	172,64)	17,87	0,02--> 14,3%
2 Mx	4(2)	0	27,77	-0,03	0,85(	0,85)	96,00(	96,00)	9,25	0,09--> 8,0%
3 My	96(2)	0	38,67	-0,02	1,38(	1,38)	171,78(	171,78)	17,82	0,21--> 14,2%
4 Mz	72(2)	0	-54,73	-0,01	0,68(	0,68)	-473,85(	-473,85)	-43,21	0,10--> 55,2%
5 V	75(2)	0	-50,98	-0,01	0,75(	0,75)	-413,46(	-413,46)	-47,13	0,12--> 47,8%
6 Sm	72(2)	0	-54,73	-0,01	0,68(	0,68)	-473,85(	-473,85)	-43,21	0,10--> 55,2%

APROVECHAMIENTO 0,55 (55,2%)



ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n 0 1 2 3 4 5 6

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	3	2	2	2	3	3	3

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2237,66	2237,66	2237,66	2237,66	2237,66	2237,66	2237,66
Nc,Rd	2237,66	2237,66	2237,66	2237,66	2237,66	2237,66	2237,66
Fx / N,Rd	2,5%	1,7%	1,2%	1,7%	2,4%	2,3%	2,4%
Vc,Rd,y	520,05	520,05	520,05	520,05	520,05	520,05	520,05
Vy / Vc,Rd,y	8,2%	3,4%	1,8%	3,4%	8,3%	9,1%	8,3%
Vc,Rd,z	610,88	610,88	610,88	610,88	610,88	610,88	610,88
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	86,40	100,56	100,56	100,56	86,40	86,40	86,40
My / Mc,Rd,y	0,0%	0,3%	0,8%	1,4%	0,8%	0,9%	0,8%
Mc,Rd,z	1026,63	1206,24	1206,24	1206,24	1026,63	1026,63	1026,63
Mz / Mc,Rd,z	45,0%	14,3%	8,0%	14,2%	46,2%	40,3%	46,2%
T,Rd	12,23	12,23	12,23	12,23	12,23	12,23	12,23
Mx / T,Rd	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	47,5%	2,4%	1,5%	3,4%	49,4%	43,4%	49,4%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	519,74	519,89	519,56	519,78	519,87	519,83	519,87
T + Vy	8,2%	3,4%	1,8%	3,4%	8,3%	9,1%	8,3%
Vpl,T,Rd,z	610,53	610,70	610,32	610,58	610,68	610,63	610,68
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2237,66	---	---	---	2237,66	2237,66	2237,66
Fx / Nb,Rd	2,5%	---	---	---	2,4%	2,3%	2,4%
lambda, red,y	0,776	---	---	---	0,776	0,776	0,776
lambda, red,z	0,122	---	---	---	0,122	0,122	0,122
Ji,y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	3905,34	---	---	---	3905,34	3905,34	3905,34
Ncr,z	158715,52	---	---	---	158715,52	158715,52	158715,52

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	871,46	1206,24	1206,24	1206,24	871,30	874,93	871,30
Mz / Mb,Rd	53,0%	14,3%	8,0%	14,2%	54,4%	47,3%	54,4%
Ji,LT	0,849	1,000	1,000	1,000	0,849	0,852	0,849
lambda, red,LT	0,687	0,744	0,744	0,744	0,687	0,687	0,687
Mcr	2286,20	2286,20	2286,20	2286,20	2286,20	2286,20	2286,20

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	53,2%	---	---	---	55,2%	47,8%	55,2%
EAE 35.3 (2)	43,1%	---	---	---	44,8%	38,8%	44,8%
k,yy	0,717	---	---	---	0,933	0,930	0,933
k,zz	0,956	---	---	---	0,957	0,946	0,957
k,yz	0,765	---	---	---	0,765	0,756	0,765
k,zy	0,717	---	---	---	0,933	0,930	0,933
cm,y	0,709	---	---	---	0,923	0,920	0,923
cm,z	0,954	---	---	---	0,955	0,944	0,955
cm,LT	0,954	---	---	---	0,955	0,944	0,955
N,Ed	56,11	---	---	---	54,73	50,98	54,73
M,Ed,y	0,02	---	---	---	0,68	0,75	0,68
M,Ed,z	-461,97	---	---	---	-473,85	-413,46	-473,85

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,54
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 179cm esp=21mm



DIAG. 2758 (HL-920x390) 1/lb:127,2cm/635,8cm

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²

Cálculo de 2° orden : X: 0,74 Lambda(0,12; 0,78) β(0,965;0,982)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): β: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): β: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:3 (n=6)

F. por confort V/H(+0,005;-0,005) / (+0,001;-0,001) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,005;-0,005) / (+0,001;-0,001) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	58(2)	0	-55,80	-0,02	0,08	(0,08)	-409,31	(-409,31)	-40,26	-0,04-->	50,1%
1	Tr	94(2)	0	38,56	-0,01	-0,38	(-0,38)	150,53	(150,53)	16,89	0,02-->	13,4%
2	Mx	4(2)	0	27,72	-0,03	0,73	(0,73)	84,48	(84,48)	8,86	0,09-->	7,5%
3	My	96(2)	0	38,55	-0,02	1,11	(1,11)	149,73	(149,73)	16,85	0,21-->	13,3%
4	Mz	72(2)	0	-54,43	-0,01	0,55	(0,55)	-420,43	(-420,43)	-40,85	0,11-->	51,9%
5	V	75(2)	0	-50,60	-0,01	0,60	(0,60)	-355,44	(-355,44)	-44,16	0,12-->	43,4%
6	Sm	72(2)	0	-54,43	-0,01	0,55	(0,55)	-420,43	(-420,43)	-40,85	0,11-->	51,9%

APROVECHAMIENTO 0,52 (51,9%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	3	2	2	2	3	3	3

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2186,92	2186,92	2186,92	2186,92	2186,92	2186,92	2186,92
Nc,Rd	2186,92	2186,92	2186,92	2186,92	2186,92	2186,92	2186,92
Fx / N,Rd	2,6%	1,8%	1,3%	1,8%	2,5%	2,3%	2,5%
Vc,Rd,y	497,26	497,26	497,26	497,26	497,26	497,26	497,26
Vy / Vc,Rd,y	8,1%	3,4%	1,8%	3,4%	8,2%	8,9%	8,2%
Vc,Rd,z	610,82	610,82	610,82	610,82	610,82	610,82	610,82
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	86,39	100,56	100,56	100,56	86,39	86,39	86,39
My / Mc,Rd,y	0,1%	0,4%	0,7%	1,1%	0,6%	0,7%	0,6%
Mc,Rd,z	961,74	1124,77	1124,77	1124,77	961,74	961,74	961,74
Mz / Mc,Rd,z	42,6%	13,4%	7,5%	13,3%	43,7%	37,0%	43,7%
T,Rd	12,07	12,07	12,07	12,07	12,07	12,07	12,07
Mx / T,Rd	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	45,2%	2,2%	1,3%	2,9%	46,8%	40,0%	46,8%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	496,97	497,11	496,80	497,01	497,09	497,06	497,09
T + Vy	8,1%	3,4%	1,8%	3,4%	8,2%	8,9%	8,2%
Vpl,T,Rd,z	610,46	610,63	610,25	610,51	610,61	610,57	610,61
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2186,92	---	---	---	2186,92	2186,92	2186,92
Fx / Nb,Rd	2,6%	---	---	---	2,5%	2,3%	2,5%
lambda,red,y	0,776	---	---	---	0,776	0,776	0,776
lambda,red,z	0,122	---	---	---	0,122	0,122	0,122
Ji,y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	3816,79	---	---	---	3816,79	3816,79	3816,79
Ncr,z	155116,55	---	---	---	155116,55	155116,55	155116,55

PANDEO LATERAL



Mb,Rd	821,75	1124,77	1124,77	1124,77	821,58	825,61	821,58
Mz / Mb,Rd	49,8%	13,4%	7,5%	13,3%	51,2%	43,1%	51,2%
Ji,LT	0,854	1,000	1,000	1,000	0,854	0,858	0,854
lambda, red,LT	0,679	0,734	0,734	0,734	0,679	0,679	0,679
Mcr	2189,71	2189,71	2189,71	2189,71	2189,71	2189,71	2189,71

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	50,1%	---	---	---	51,9%	43,4%	51,9%
EAE 35.3 (2)	40,6%	---	---	---	42,1%	35,3%	42,1%
k,yy	0,844	---	---	---	0,912	0,907	0,912
k,zz	0,953	---	---	---	0,954	0,941	0,954
k,yz	0,763	---	---	---	0,763	0,752	0,763
k,zy	0,844	---	---	---	0,912	0,907	0,912
cm,y	0,834	---	---	---	0,901	0,897	0,901
cm,z	0,952	---	---	---	0,952	0,939	0,952
cm,LT	0,952	---	---	---	0,952	0,939	0,952
N,Ed	55,80	---	---	---	54,43	50,60	54,43
M,Ed,y	0,08	---	---	---	0,55	0,60	0,55
M,Ed,z	-409,31	---	---	---	-420,43	-355,44	-420,43

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,51
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 170cm esp=21mm

DIAG. 2759 (_HL-920x390) l/lb:127,2cm/635,8cm

Aceero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,74 Lambda(0,12; 0,78) B(0,965;0,982)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:3 (n=6)

F. por confort V/H(+0,005;-0,005) / (+0,001;-0,000) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,005;-0,005) / (+0,001;-0,000) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(Myl)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	58(2)	0	-55,50	-0,02	0,13(	0,13)	-359,62(	-359,62)	-37,93	-0,04-->	47,3%
1	Tr	94(2)	0	38,44	-0,01	-0,41(	-0,41)	129,67(	129,67)	15,90	0,02-->	12,4%
2	Mx	4(2)	0	27,67	-0,03	0,62(	0,62)	73,47(	73,47)	8,46	0,09-->	7,0%
3	My	96(2)	0	38,42	-0,02	0,85(	0,85)	128,93(	128,93)	15,86	0,20-->	12,3%
4	Mz	72(2)	0	-54,13	-0,01	0,41(	0,41)	-369,99(	-369,99)	-38,52	0,11-->	48,8%
5	V	75(2)	0	-50,23	-0,01	0,45(	0,45)	-301,18(	-301,18)	-41,21	0,12-->	36,7%
6	Sm	72(2)	0	-54,13	-0,01	0,41(	0,41)	-369,99(	-369,99)	-38,52	0,11-->	48,8%

APROVECHAMIENTO 0,49 (48,8%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

	1	1	1	1	1	1	1
Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	3	1	1	1	3	3	3

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2136,18	2136,18	2136,18	2136,18	2136,18	2136,18	2136,18
Nc,Rd	2136,18	2136,18	2136,18	2136,18	2136,18	2136,18	2136,18
Fx / N,Rd	2,6%	1,8%	1,3%	1,8%	2,5%	2,4%	2,5%
Vc,Rd,y	468,35	468,35	468,35	468,35	468,35	468,35	468,35
Vy / Vc,Rd,y	8,1%	3,4%	1,8%	3,4%	8,2%	8,8%	8,2%
Vc,Rd,z	610,75	610,75	610,75	610,75	610,75	610,75	610,75
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	86,38	100,56	100,56	100,56	86,38	86,38	86,38
My / Mc,Rd,y	0,1%	0,4%	0,6%	0,8%	0,5%	0,5%	0,5%
Mc,Rd,z	890,64	1044,89	1044,89	1044,89	890,64	890,64	890,64
Mz / Mc,Rd,z	40,4%	12,4%	7,0%	12,3%	41,5%	33,8%	41,5%
T,Rd	11,91	11,91	11,91	11,91	11,91	11,91	11,91
Mx / T,Rd	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%



ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	43,1%	1,9%	1,1%	2,4%	44,6%	36,7%	44,6%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	468,07	468,20	467,90	468,10	468,18	468,15	468,18
T + Vy	8,1%	3,4%	1,8%	3,4%	8,2%	8,8%	8,2%
Vpl, T, Rd, z	610,39	610,57	610,18	610,44	610,54	610,50	610,54
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	2136,18	---	---	---	2136,18	2136,18	2136,18
Fx / Nb, Rd	2,6%	---	---	---	2,5%	2,4%	2,5%
lambda, red, y	0,776	---	---	---	0,776	0,776	0,776
lambda, red, z	0,122	---	---	---	0,122	0,122	0,122
Ji, y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	3728,23	---	---	---	3728,23	3728,23	3728,23
Ncr, z	151517,58	---	---	---	151517,58	151517,58	151517,58

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	766,56	1044,89	1044,89	1044,89	766,38	890,64	766,38
Mz / Mb, Rd	46,9%	12,4%	7,0%	12,3%	48,3%	33,8%	48,3%
Ji, LT	0,861	1,000	1,000	1,000	0,860	1,000	0,860
lambda, red, LT	0,671	0,726	0,726	0,726	0,671	0,671	0,671
Mcr	2079,06	2079,06	2079,06	2079,06	2079,06	2079,06	2079,06

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	47,3%	---	---	---	48,8%	34,4%	48,8%
EAE 35.3 (2)	38,4%	---	---	---	39,7%	28,1%	39,7%
k, yy	0,896	---	---	---	0,875	0,868	0,875
k, zz	0,950	---	---	---	0,950	0,935	0,950
k, yz	0,760	---	---	---	0,760	0,748	0,760
k, zy	0,896	---	---	---	0,875	0,868	0,875
cm, y	0,886	---	---	---	0,865	0,859	0,865
cm, z	0,948	---	---	---	0,949	0,933	0,949
cm, LT	0,948	---	---	---	0,949	0,933	0,949
N, Ed	55,50	---	---	---	54,13	50,23	54,13
M, Ed, y	0,13	---	---	---	0,41	0,45	0,41
M, Ed, z	-359,62	---	---	---	-369,99	-301,18	-369,99

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,48
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 161cm esp=21mm

DIAG. 2760 (HL-920x390) 1/lb:127,2cm/635,8cm

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,74 Lambda(0,12; 0,78) B(0,965;0,982)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:2 (n=6)

F. por confort V/H(+0,005;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,004;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	58(2)	0	-55,21	-0,02	0,18(0,18)	-312,89(-312,89)	-35,62	-0,04-->		33,2%
1	Tr	94(2)	0	38,32	-0,01	-0,43(-0,43)	110,08(110,08)	14,90	0,02-->		11,4%
2	Mx	4(2)	0	27,61	-0,03	0,50(0,50)	62,99(62,99)	8,02	0,09-->		6,5%
3	My	96(2)	0	38,30	-0,02	0,60(0,60)	109,40(109,40)	14,86	0,20-->		11,3%
4	Mz	72(2)	0	-53,83	-0,01	0,27(0,27)	-322,50(-322,50)	-36,21	0,11-->		40,5%
5	V	75(2)	0	-49,85	-0,01	0,29(0,29)	-250,66(-250,66)	-38,29	0,13-->		26,5%
6	Sm	72(2)	0	-53,83	-0,01	0,27(0,27)	-322,50(-322,50)	-36,21	0,11-->		40,5%

APROVECHAMIENTO 0,40 (40,5%)



ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n 0 1 2 3 4 5 6

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	2	1	1	1	2	2	2

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2085,44	2085,44	2085,44	2085,44	2085,44	2085,44	2085,44
Nc,Rd	2085,44	2085,44	2085,44	2085,44	2085,44	2085,44	2085,44
Fx / N,Rd	2,6%	1,8%	1,3%	1,8%	2,6%	2,4%	2,6%
Vc,Rd,y	440,12	440,12	440,12	440,12	440,12	440,12	440,12
Vy / Vc,Rd,y	8,1%	3,4%	1,8%	3,4%	8,2%	8,7%	8,2%
Vc,Rd,z	610,69	610,69	610,69	610,69	610,69	610,69	610,69
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56
My / Mc,Rd,y	0,2%	0,4%	0,5%	0,6%	0,3%	0,3%	0,3%
Mc,Rd,z	966,65	966,65	966,65	966,65	966,65	966,65	966,65
Mz / Mc,Rd,z	32,4%	11,4%	6,5%	11,3%	33,4%	25,9%	33,4%
T,Rd	11,75	11,75	11,75	11,75	11,75	11,75	11,75
Mx / T,Rd	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	10,7%	1,7%	0,9%	1,9%	11,4%	7,0%	11,4%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	439,86	439,98	439,70	439,89	439,97	439,94	439,97
T + Vy	8,1%	3,4%	1,8%	3,4%	8,2%	8,7%	8,2%
Vpl,T,Rd,z	610,32	610,50	610,10	610,37	610,48	610,43	610,48
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2085,44	---	---	---	2085,44	2085,44	2085,44
Fx / Nb,Rd	2,6%	---	---	---	2,6%	2,4%	2,6%
lambda, red,y	0,776	---	---	---	0,776	0,776	0,776
lambda, red,z	0,122	---	---	---	0,122	0,122	0,122
Ji,y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	3639,68	---	---	---	3639,68	3639,68	3639,68
Ncr,z	147918,63	---	---	---	147918,63	147918,63	147918,63

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	966,65	966,65	966,65	966,65	805,21	966,65	805,21
Mz / Mb,Rd	32,4%	11,4%	6,5%	11,3%	40,1%	25,9%	40,1%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	0,833	1,000	0,833
lambda, red,LT	0,717	0,717	0,717	0,717	0,717	0,717	0,717
Mcr	1972,47	1972,47	1972,47	1972,47	1972,47	1972,47	1972,47

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	33,2%	---	---	---	40,5%	26,5%	40,5%
EAE 35.3 (2)	21,1%	---	---	---	25,5%	17,0%	25,5%
k,yy	0,937	---	---	---	0,812	0,795	0,812
k,zz	0,942	---	---	---	0,943	0,924	0,943
k,yz	0,565	---	---	---	0,566	0,554	0,566
k,zy	0,562	---	---	---	0,487	0,477	0,487
cm,y	0,914	---	---	---	0,793	0,777	0,793
cm,z	0,944	---	---	---	0,945	0,925	0,945
cm,LT	0,944	---	---	---	0,945	0,925	0,945
N,Ed	55,21	---	---	---	53,83	49,85	53,83
M,Ed,y	0,18	---	---	---	0,27	0,29	0,27
M,Ed,z	-312,89	---	---	---	-322,50	-250,66	-322,50

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,40

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

Necesarios rigidizadores de alma a 152cm esp=21mm



DIAG. 2761 (HL-920x390) 1/lb:127,2cm/635,8cm

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²

Cálculo de 2° orden : X: 0,74 Lambda(0,12; 0,78) β(0,965;0,982)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): β: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): β: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:2 (n=6)

F. por confort V/H(+0,004;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,004;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	58(2)	127	-54,91	-0,02	0,23(	0,23)	269,02(	269,02)	-33,33	0,04-->	31,2%
1	Tr	94(2)	127	38,19	-0,01	-0,47(	-0,47)	-91,75(	-91,75)	13,88	-0,03-->	10,3%
2	Mx	4(2)	0	27,50	-0,03	0,28(	0,28)	-43,78(	-43,78)	7,08	-0,09-->	5,4%
3	My	94(2)	0	38,06	-0,01	-0,50(	-0,50)	-74,77(	-74,77)	12,86	-0,03-->	9,2%
4	Mz	72(2)	127	-53,54	-0,01	0,13(	0,13)	277,87(	277,87)	-33,93	-0,11-->	32,0%
5	V	70(2)	127	-51,56	-0,01	-0,15(	-0,15)	249,38(	249,38)	-35,77	-0,06-->	28,6%
6	Sm	72(2)	127	-53,54	-0,01	0,13(	0,13)	277,87(	277,87)	-33,93	-0,11-->	32,0%

APROVECHAMIENTO 0,32 (32,0%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	2	1	1	1	2	2	2

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2034,63	2034,63	1983,95	1983,95	2034,63	2034,63	2034,63
Nc,Rd	2034,63	2034,63	1983,95	1983,95	2034,63	2034,63	2034,63
Fx / N,Rd	2,7%	1,9%	1,4%	1,9%	2,6%	2,5%	2,6%
Vc,Rd,y	412,74	412,74	386,50	386,50	412,74	412,74	412,74
Vy / Vc,Rd,y	8,1%	3,4%	1,8%	3,3%	8,2%	8,7%	8,2%
Vc,Rd,z	610,63	610,63	610,56	610,56	610,63	610,63	610,63
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56
My / Mc,Rd,y	0,2%	0,5%	0,3%	0,5%	0,1%	0,1%	0,1%
Mc,Rd,z	889,99	889,99	815,24	815,24	889,99	889,99	889,99
Mz / Mc,Rd,z	30,2%	10,3%	5,4%	9,2%	31,2%	28,0%	31,2%
T,Rd	11,60	11,60	11,44	11,44	11,60	11,60	11,60
Mx / T,Rd	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	9,4%	1,5%	0,6%	1,3%	9,9%	8,0%	9,9%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	412,49	412,61	386,12	386,38	412,59	412,62	412,59
T + Vy	8,1%	3,4%	1,8%	3,3%	8,2%	8,7%	8,2%
Vpl,T,Rd,z	610,25	610,43	609,96	610,36	610,41	610,45	610,41
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2034,63	---	---	---	2034,63	2034,63	2034,63
Fx / Nb,Rd	2,7%	---	---	---	2,6%	2,5%	2,6%
lambda,red,y	0,776	---	---	---	0,776	0,776	0,776
lambda,red,z	0,122	---	---	---	0,122	0,122	0,122
Ji,y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	3551,01	---	---	---	3551,01	3551,01	3551,01
Ncr,z	144315,19	---	---	---	144315,19	144315,19	144315,19

PANDEO LATERAL



Mb,Rd	889,99	889,99	815,24	815,24	889,99	889,99	889,99
Mz / Mb,Rd	30,2%	10,3%	5,4%	9,2%	31,2%	28,0%	31,2%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,707	0,707	0,695	0,695	0,707	0,707	0,707
Mcr	1870,44	1870,44	1774,18	1774,18	1870,44	1870,44	1870,44

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	31,2%	---	---	---	32,0%	28,6%	32,0%
EAE 35.3 (2)	19,9%	---	---	---	20,3%	18,3%	20,3%
k,yy	0,956	---	---	---	0,578	0,885	0,578
k,zz	0,937	---	---	---	0,938	0,928	0,938
k,yz	0,562	---	---	---	0,563	0,557	0,563
k,zy	0,574	---	---	---	0,347	0,531	0,347
cm,y	0,932	---	---	---	0,564	0,864	0,564
cm,z	0,939	---	---	---	0,940	0,930	0,940
cm,LT	0,939	---	---	---	0,940	0,930	0,940
N,Ed	54,91	---	---	---	53,54	51,56	53,54
M,Ed,y	0,23	---	---	---	0,13	-0,15	0,13
M,Ed,z	269,02	---	---	---	277,87	249,38	277,87

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,31
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 143cm esp=21mm

DIAG. 2762 (_HL-920x390) 1/lb:127,2cm/635,8cm

Aceero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm2

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm2

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,11; 0,75) B(0,843;0,944)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:3 (n=6)

F. por confort V/H(+0,005;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,004;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	58(2)	0	-55,98	0,03	0,05(	0,05)	332,99(	332,99)	43,87	0,02-->	35,0%
1	Tr	94(2)	0	38,53	0,02	-0,04(	-0,04)	-160,70(	-160,70)	-17,40	0,06-->	13,3%
2	Mx	59(2)	0	-48,94	0,03	0,14(	0,14)	235,25(	235,25)	37,21	-0,02-->	25,3%
3	My	84(2)	127	-18,31	0,02	0,24(	0,24)	0,32(	0,32)	11,25	-0,05-->	2,3%
4	Mz	61(2)	0	-51,29	0,02	-0,04(	-0,04)	415,36(	415,36)	41,00	0,01-->	47,7%
5	V	58(2)	0	-55,98	0,03	0,05(	0,05)	332,99(	332,99)	43,87	0,02-->	35,0%
6	Sm	61(2)	0	-51,29	0,02	-0,04(	-0,04)	415,36(	415,36)	41,00	0,01-->	47,7%

APROVECHAMIENTO 0,48 (47,7%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	3	2	3	4	3	3	3
Ax,eff (cm2)	---	---	---	613,20	---	---	---
Ay,eff	---	---	---	322,53	---	---	---
Az,eff	---	---	---	204,96	---	---	---
Wx,eff (cm3)	---	---	---	501,42	---	---	---
Wy,eff	---	---	---	2152,08	---	---	---
Wz,eff	---	---	---	36015,68	---	---	---
Ix,eff (cm4)	---	---	---	1835,18	---	---	---
Iy,eff	---	---	---	45193,68	---	---	---
Iz,eff	---	---	---	3209952,50	---	---	---
eN,y (cm)	---	---	---	0,48	---	---	---
eN,z	---	---	---	-0,00	---	---	---

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2237,66	2237,66	2237,66	2186,98	2237,66	2237,66	2237,66
Nc,Rd	2237,66	2237,66	2237,66	1637,61	2237,66	2237,66	2237,66



Fx / N,Rd	2,5%	1,7%	2,2%	1,1%	2,3%	2,5%	2,3%
Vc,Rd,y	520,05	520,05	520,05	497,30	520,05	520,05	520,05
Vy / Vc,Rd,y	8,4%	3,3%	7,2%	2,3%	7,9%	8,4%	7,9%
Vc,Rd,z	610,88	610,88	610,88	610,82	610,88	610,88	610,88
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	86,40	100,56	86,40	57,47	86,40	86,40	86,40
My / Mc,Rd,y	0,1%	0,0%	0,2%	0,4%	0,0%	0,1%	0,0%
Mc,Rd,z	1026,63	1206,24	1026,63	961,83	1026,63	1026,63	1026,63
Mz / Mc,Rd,z	32,4%	13,3%	22,9%	0,0%	40,5%	32,4%	40,5%
T,Rd	12,23	12,23	12,23	12,07	12,23	12,23	12,23
Mx / T,Rd	0,3%	0,1%	0,3%	0,2%	0,2%	0,3%	0,2%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	35,0%	1,8%	25,3%	1,6%	42,8%	35,0%	42,8%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vp1,T,Rd,y	519,52	519,77	519,47	496,93	519,68	519,52	519,68
T + Vy	8,4%	3,3%	7,2%	2,3%	7,9%	8,4%	7,9%
Vp1,T,Rd,z	610,27	610,56	610,21	610,37	610,46	610,27	610,46
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2237,66	---	2237,66	1637,61	2237,66	2237,66	2237,66
Fx / Nb,Rd	2,5%	---	2,2%	1,1%	2,3%	2,5%	2,3%
lambda, red,y	0,746	---	0,746	0,646	0,746	0,746	0,746
lambda, red,z	0,106	---	0,106	0,092	0,106	0,106	0,106
Ji,y	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	4221,94	---	4221,94	4126,33	4221,94	4221,94	4221,94
Ncr,z	207936,50	---	207936,50	203227,27	207936,50	207936,50	207936,50

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	1026,63	1206,24	1026,63	961,83	872,50	1026,63	872,50
Mz / Mb,Rd	32,4%	13,3%	22,9%	0,0%	47,6%	32,4%	47,6%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	0,850	1,000	0,850
lambda, red,LT	0,687	0,744	0,687	0,779	0,687	0,687	0,687
Mcr	2286,20	2286,20	2286,20	1662,49	2286,20	2286,20	2286,20

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	32,9%	---	23,5%	1,5%	47,7%	32,9%	47,7%
EAE 35.3 (2)	26,9%	---	19,3%	1,5%	38,6%	26,9%	38,6%
k,yy	0,840	---	0,949	0,895	0,937	0,840	0,937
k,zz	0,937	---	0,924	0,609	0,953	0,937	0,953
k,yz	0,749	---	0,739	0,487	0,762	0,749	0,762
k,zy	0,840	---	0,949	0,895	0,937	0,840	0,937
cm,y	0,831	---	0,939	0,891	0,927	0,831	0,927
cm,z	0,935	---	0,923	0,608	0,951	0,935	0,951
cm,LT	0,935	---	0,923	0,608	0,951	0,935	0,951
N,Ed	55,98	---	48,94	18,31	51,29	55,98	51,29
M,Ed,y	0,05	---	0,14	0,24	-0,04	0,05	-0,04
M,Ed,z	332,99	---	235,25	0,32	415,36	332,99	415,36

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,48

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

Necesarios rigidizadores de alma a 179cm esp=21mm

DIAG. 2763 (HL-920x390) 1/lb:127,2cm/635,8cm

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm2

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm2

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,11; 0,75) B(0,843;0,944)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:3 (n=6)

F. por confort V/H(+0,004;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,004;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n TIPO COMB. X(cm) Fx(T) Mx(mT) My(mT) (My1) Mz(mT) (Mz1) Vy(T) Vz(T) %



0 Co	58(2)	0	-55,62	0,03	0,03(	0,03)	279,11(	279,11)	40,90	0,02-->	31,6%
1 Tr	94(2)	0	38,41	0,02	-0,12(	-0,12)	-139,18(	-139,18)	-16,43	0,06-->	12,4%
2 Mx	59(2)	0	-48,61	0,03	0,16(	0,16)	189,69(	189,69)	34,46	-0,02-->	22,1%
3 My	87(2)	127	37,26	0,01	0,33(	0,33)	-113,43(	-113,43)	-15,29	-0,08-->	10,9%
4 Mz	61(2)	0	-51,00	0,02	-0,05(	-0,05)	364,75(	364,75)	38,64	0,01-->	44,5%
5 V	58(2)	0	-55,62	0,03	0,03(	0,03)	279,11(	279,11)	40,90	0,02-->	31,6%
6 Sm	61(2)	0	-51,00	0,02	-0,05(	-0,05)	364,75(	364,75)	38,64	0,01-->	44,5%

APROVECHAMIENTO 0,44 (44,5%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	3	2	3	1	3	3	3

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2186,92	2186,92	2186,92	2136,24	2186,92	2186,92	2186,92
Nc,Rd	2186,92	2186,92	2186,92	2136,24	2186,92	2186,92	2186,92
Fx / N,Rd	2,5%	1,8%	2,2%	1,7%	2,3%	2,5%	2,3%
Vc,Rd,y	497,26	497,26	497,26	468,38	497,26	497,26	497,26
Vy / Vc,Rd,y	8,2%	3,3%	6,9%	3,3%	7,8%	8,2%	7,8%
Vc,Rd,z	610,82	610,82	610,82	610,75	610,82	610,82	610,82
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	86,39	100,56	86,39	100,56	86,39	86,39	86,39
My / Mc,Rd,y	0,0%	0,1%	0,2%	0,3%	0,1%	0,0%	0,1%
Mc,Rd,z	961,74	1124,77	961,74	1044,99	961,74	961,74	961,74
Mz / Mc,Rd,z	29,0%	12,4%	19,7%	10,9%	37,9%	29,0%	37,9%
T,Rd	12,07	12,07	12,07	11,91	12,07	12,07	12,07
Mx / T,Rd	0,3%	0,1%	0,3%	0,1%	0,2%	0,3%	0,2%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	31,6%	1,6%	22,1%	1,5%	40,3%	31,6%	40,3%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	496,76	497,00	496,71	468,17	496,91	496,76	496,91
T + Vy	8,2%	3,3%	6,9%	3,3%	7,8%	8,2%	7,8%
Vpl,T,Rd,z	610,19	610,49	610,14	610,48	610,39	610,19	610,39
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2186,92	---	2186,92	---	2186,92	2186,92	2186,92
Fx / Nb,Rd	2,5%	---	2,2%	---	2,3%	2,5%	2,3%
lambda, red,y	0,746	---	0,746	---	0,746	0,746	0,746
lambda, red,z	0,106	---	0,106	---	0,106	0,106	0,106
Ji,y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	4126,21	---	4126,21	---	4126,21	4126,21	4126,21
Ncr,z	203221,39	---	203221,39	---	203221,39	203221,39	203221,39

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	961,74	1124,77	961,74	1044,99	822,89	961,74	822,89
Mz / Mb,Rd	29,0%	12,4%	19,7%	10,9%	44,3%	29,0%	44,3%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	0,856	1,000	0,856
lambda, red,LT	0,679	0,734	0,679	0,726	0,679	0,679	0,679
Mcr	2189,71	2189,71	2189,71	2079,22	2189,71	2189,71	2189,71

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	29,6%	---	20,4%	---	44,5%	29,6%	44,5%
EAE 35.3 (2)	24,2%	---	16,8%	---	36,0%	24,2%	36,0%
k,yy	0,712	---	0,958	---	0,950	0,712	0,950
k,zz	0,930	---	0,913	---	0,949	0,930	0,949
k,yz	0,744	---	0,730	---	0,759	0,744	0,759
k,zy	0,712	---	0,958	---	0,950	0,712	0,950



cm, y	0,704	---	0,949	---	0,940	0,704	0,940
cm, z	0,928	---	0,911	---	0,948	0,928	0,948
cm, LT	0,928	---	0,911	---	0,948	0,928	0,948
N, Ed	55,62	---	48,61	---	51,00	55,62	51,00
M, Ed, y	0,03	---	0,16	---	-0,05	0,03	-0,05
M, Ed, z	279,11	---	189,69	---	364,75	279,11	364,75

Cumple Pandeo Lateral-Torsional $Mzd/Mb, Rd = 0,44$
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 170cm esp=21mm

DIAG. 2764 (HL-920x390) 1/lb:127,2cm/635,8cm

Acero estructural S275
Límite elástico : 2804 Kg/cm²
Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²
Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,11; 0,75) B(0,843;0,944)
Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm
Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm
ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:3 (n=6)
F. por confort V/H(+0,004;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,817
F. por integridad V/H(+0,004;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,590
F. por apariencia V/H(+0,000;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	58(2)	0	-55,26	0,03	0,01(	0,01)	229,00(	229,00)	37,94	0,02-->	28,3%
1	Tr	94(2)	0	38,30	0,02	-0,20(	-0,20)	-118,91(	-118,91)	-15,44	0,06-->	11,4%
2	Mx	59(2)	0	-48,28	0,03	0,19(	0,19)	147,62(	147,62)	31,72	-0,02-->	19,1%
3	My	79(2)	127	8,35	0,03	-0,44(	-0,44)	33,58(	33,58)	5,68	0,10-->	3,5%
4	Mz	61(2)	0	-50,71	0,02	-0,06(	-0,06)	317,13(	317,13)	36,29	0,01-->	38,0%
5	V	56(2)	0	-53,02	0,03	-0,22(	-0,22)	282,41(	282,41)	38,27	0,06-->	34,4%
6	Sm	61(2)	0	-50,71	0,02	-0,06(	-0,06)	317,13(	317,13)	36,29	0,01-->	38,0%

APROVECHAMIENTO 0,38 (38,0%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	3	1	3	1	3	3	3

ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	2136,18	2136,18	2136,18	2085,50	2136,18	2136,18	2136,18
Nc, Rd	2136,18	2136,18	2136,18	2085,50	2136,18	2136,18	2136,18
Fx / N, Rd	2,6%	1,8%	2,3%	0,4%	2,4%	2,5%	2,4%
Vc, Rd, y	468,35	468,35	468,35	440,16	468,35	468,35	468,35
Vy / Vc, Rd, y	8,1%	3,3%	6,8%	1,3%	7,7%	8,2%	7,7%
Vc, Rd, z	610,75	610,75	610,75	610,69	610,75	610,75	610,75
Vz / Vc, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc, Rd, y	86,38	100,56	86,38	100,56	86,38	86,38	86,38
My / Mc, Rd, y	0,0%	0,2%	0,2%	0,4%	0,1%	0,3%	0,1%
Mc, Rd, z	890,64	1044,89	890,64	966,75	890,64	890,64	890,64
Mz / Mc, Rd, z	25,7%	11,4%	16,6%	3,5%	35,6%	31,7%	35,6%
T, Rd	11,91	11,91	11,91	11,75	11,91	11,91	11,91
Mx / T, Rd	0,3%	0,1%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	28,3%	1,5%	19,1%	0,6%	38,0%	34,4%	38,0%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	467,86	468,09	467,82	439,75	468,01	467,93	468,01
T + Vy	8,1%	3,3%	6,8%	1,3%	7,8%	8,2%	7,8%
Vpl, T, Rd, z	610,12	610,43	610,06	610,12	610,32	610,21	610,32
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO



Nb,Rd	2136,18	---	2136,18	---	2136,18	2136,18	2136,18
Fx / Nb,Rd	2,6%	---	2,3%	---	2,4%	2,5%	2,4%
lambda, red, y	0,746	---	0,746	---	0,746	0,746	0,746
lambda, red, z	0,106	---	0,106	---	0,106	0,106	0,106
Ji, y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	4030,47	---	4030,47	---	4030,47	4030,47	4030,47
Ncr, z	198506,30	---	198506,30	---	198506,30	198506,30	198506,30

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	890,64	1044,89	890,64	966,75	890,64	890,64	890,64
Mz / Mb,Rd	25,7%	11,4%	16,6%	3,5%	35,6%	31,7%	35,6%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,671	0,726	0,671	0,717	0,671	0,671	0,671
Mcr	2079,06	2079,06	2079,06	1972,62	2079,06	2079,06	2079,06

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	26,3%	---	17,3%	---	36,1%	32,4%	36,1%
EAE 35.3 (2)	21,5%	---	14,4%	---	29,4%	26,4%	29,4%
k,yy	0,405	---	0,966	---	0,960	0,903	0,960
k,zz	0,921	---	0,897	---	0,945	0,935	0,945
k,yz	0,737	---	0,717	---	0,756	0,748	0,756
k,zy	0,405	---	0,966	---	0,960	0,903	0,960
cm, y	0,400	---	0,956	---	0,950	0,893	0,950
cm, z	0,919	---	0,896	---	0,944	0,934	0,944
cm,LT	0,919	---	0,896	---	0,944	0,934	0,944
N,Ed	55,26	---	48,28	---	50,71	53,02	50,71
M,Ed, y	0,01	---	0,19	---	-0,06	-0,22	-0,06
M,Ed, z	229,00	---	147,62	---	317,13	282,41	317,13

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,36

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

Necesarios rigidizadores de alma a 161cm esp=21mm

DIAG. 2765 (HL-920x390) 1/lb:127,2cm/635,8cm

Aceros estructurales S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,11; 0,75) B(0,843;0,944)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:2 (n=6)

F. por confort V/H(+0,004;-0,004) / (+0,001;-0,000) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,004;-0,004) / (+0,001;-0,000) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,003) / (+0,000;-0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	58(2)	0	-54,90	0,03	-0,02(	-0,02)	182,64(	182,64)	35,01	0,02-->	24,8%
1	Tr	94(2)	0	38,18	0,02	-0,28(	-0,28)	-99,91(	-99,91)	-14,44	0,07-->	10,3%
2	Mx	59(2)	0	-47,95	0,03	0,21(	0,21)	109,01(	109,01)	29,02	-0,02-->	15,8%
3	My	79(2)	127	8,41	0,03	-0,57(	-0,57)	26,67(	26,67)	5,19	0,10-->	3,0%
4	Mz	61(2)	0	-50,43	0,02	-0,07(	-0,07)	272,47(	272,47)	33,98	0,01-->	28,9%
5	V	56(2)	0	-52,70	0,03	-0,30(	-0,30)	235,47(	235,47)	35,58	0,06-->	25,2%
6	Sm	61(2)	0	-50,43	0,02	-0,07(	-0,07)	272,47(	272,47)	33,98	0,01-->	28,9%

APROVECHAMIENTO 0,29 (28,9%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

	1	1	1	1	1	1	1
Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	3	1	3	1	2	2	2

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2085,44	2085,44	2085,44	2034,76	2085,44	2085,44	2085,44
Nc,Rd	2085,44	2085,44	2085,44	2034,76	2085,44	2085,44	2085,44



GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23
TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Fx / N,Rd	2,6%	1,8%	2,3%	0,4%	2,4%	2,5%	2,4%
Vc,Rd,y	440,12	440,12	440,12	412,81	440,12	440,12	440,12
Vy / Vc,Rd,y	8,0%	3,3%	6,6%	1,3%	7,7%	8,1%	7,7%
Vc,Rd,z	610,69	610,69	610,69	610,63	610,69	610,69	610,69
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	86,37	100,56	86,37	100,56	100,56	100,56	100,56
My / Mc,Rd,y	0,0%	0,3%	0,2%	0,6%	0,1%	0,3%	0,1%
Mc,Rd,z	822,84	966,65	822,84	890,18	966,65	966,65	966,65
Mz / Mc,Rd,z	22,2%	10,3%	13,2%	3,0%	28,2%	24,4%	28,2%
T,Rd	11,75	11,75	11,75	11,60	11,75	11,75	11,75
Mx / T,Rd	0,3%	0,1%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	24,8%	1,3%	15,8%	0,7%	8,0%	6,2%	8,0%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vp1,T,Rd,y	439,66	439,88	439,62	412,42	439,80	439,73	439,80
T + Vy	8,0%	3,3%	6,6%	1,3%	7,7%	8,1%	7,7%
Vp1,T,Rd,z	610,05	610,36	609,99	610,05	610,25	610,14	610,25
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2085,44	---	2085,44	---	2085,44	2085,44	2085,44
Fx / Nb,Rd	2,6%	---	2,3%	---	2,4%	2,5%	2,4%
lambda,red,y	0,746	---	0,746	---	0,746	0,746	0,746
lambda,red,z	0,106	---	0,106	---	0,106	0,106	0,106
Ji,y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	3934,74	---	3934,74	---	3934,74	3934,74	3934,74
Ncr,z	193791,27	---	193791,27	---	193791,27	193791,27	193791,27

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	822,84	966,65	822,84	890,18	966,65	966,65	966,65
Mz / Mb,Rd	22,2%	10,3%	13,2%	3,0%	28,2%	24,4%	28,2%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda,red,LT	0,662	0,717	0,662	0,707	0,717	0,717	0,717
Mcr	1972,47	1972,47	1972,47	1870,75	1972,47	1972,47	1972,47

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	22,8%	---	14,1%	---	28,9%	25,2%	28,9%
EAE 35.3 (2)	18,8%	---	11,8%	---	18,3%	16,3%	18,3%
k,yy	0,767	---	0,972	---	0,978	0,938	0,978
k,zz	0,908	---	0,872	---	0,937	0,924	0,937
k,yz	0,727	---	0,698	---	0,562	0,554	0,562
k,zy	0,767	---	0,972	---	0,587	0,563	0,587
cm,y	0,758	---	0,962	---	0,958	0,917	0,958
cm,z	0,907	---	0,871	---	0,939	0,926	0,939
cm,LT	0,907	---	0,871	---	0,939	0,926	0,939
N,Ed	54,90	---	47,95	---	50,43	52,70	50,43
M,Ed,y	-0,02	---	0,21	---	-0,07	-0,30	-0,07
M,Ed,z	182,64	---	109,01	---	272,47	235,47	272,47

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,28
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 152cm esp=21mm

DIAG. 2766 (HL-920x390) 1/lb:127,2cm/635,8cm

Aceros estructurales S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,11; 0,75) B(0,843;0,944)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:2 (n=6)

F. por confort V/H(+0,004;-0,004) / (+0,001;-0,000) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,003;-0,004) / (+0,001;-0,000) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,003) / (+0,000;-0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n TIPO COMB. X(cm) Fx(T) Mx(mT) My(mT) (My1) Mz(mT) (Mz1) Vy(T) Vz(T) %



0 Co	58(2)	127	-54,55	0,03	-0,04(	-0,04)	-139,93(	-139,93)	32,09	-0,02-->	16,6%
1 Tr	94(2)	127	38,05	0,02	-0,36(	-0,36)	82,17(	82,17)	-13,42	-0,07-->	9,2%
2 Mx	59(2)	0	-47,30	0,03	0,25(	0,25)	-42,04(	-42,04)	23,66	0,02-->	8,7%
3 My	79(2)	0	8,47	0,03	-0,70(	-0,70)	-20,36(	-20,36)	4,73	-0,10-->	2,5%
4 Mz	61(2)	127	-50,15	0,02	-0,07(	-0,07)	-230,70(	-230,70)	31,68	-0,01-->	26,6%
5 V	56(2)	127	-52,37	0,03	-0,38(	-0,38)	-191,89(	-191,89)	32,91	-0,06-->	22,5%
6 Sm	61(2)	127	-50,15	0,02	-0,07(	-0,07)	-230,70(	-230,70)	31,68	-0,01-->	26,6%

APROVECHAMIENTO 0,27 (26,6%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
TÉRMINOS DE SECCIÓN							
Alas clase		1	1	1	1	1	1
Alma clase		2	1	3	1	2	2

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	2034,63	2034,63	1983,95	1983,95	2034,63	2034,63	2034,63
Nc,Rd	2034,63	2034,63	1983,95	1983,95	2034,63	2034,63	2034,63
Fx / N,Rd	2,7%	1,9%	2,4%	0,4%	2,5%	2,6%	2,5%
Vc,Rd,y	412,74	412,74	386,50	386,50	412,74	412,74	412,74
Vy / Vc,Rd,y	7,8%	3,3%	6,1%	1,2%	7,7%	8,0%	7,7%
Vc,Rd,z	610,63	610,63	610,56	610,56	610,63	610,63	610,63
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	100,56	100,56	86,35	100,56	100,56	100,56	100,56
My / Mc,Rd,y	0,0%	0,4%	0,3%	0,7%	0,1%	0,4%	0,1%
Mc,Rd,z	889,99	889,99	698,13	815,24	889,99	889,99	889,99
Mz / Mc,Rd,z	15,7%	9,2%	6,0%	2,5%	25,9%	21,6%	25,9%
T,Rd	11,60	11,60	11,44	11,44	11,60	11,60	11,60
Mx / T,Rd	0,3%	0,1%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	2,5%	1,2%	8,7%	0,8%	6,8%	5,0%	6,8%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	412,30	412,51	386,05	386,13	412,44	412,36	412,44
T + Vy	7,8%	3,3%	6,1%	1,2%	7,7%	8,0%	7,7%
Vpl,T,Rd,z	609,98	610,29	609,84	609,98	610,18	610,07	610,18
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	2034,63	---	1983,95	---	2034,63	2034,63	2034,63
Fx / Nb,Rd	2,7%	---	2,4%	---	2,5%	2,6%	2,5%
lambda, red,y	0,746	---	0,746	---	0,746	0,746	0,746
lambda, red,z	0,106	---	0,106	---	0,106	0,106	0,106
Ji,y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	3838,88	---	3743,27	---	3838,88	3838,88	3838,88
Ncr,z	189070,30	---	184361,09	---	189070,30	189070,30	189070,30

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	889,99	889,99	698,13	815,24	889,99	889,99	889,99
Mz / Mb,Rd	15,7%	9,2%	6,0%	2,5%	25,9%	21,6%	25,9%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,707	0,707	0,643	0,695	0,707	0,707	0,707
Mcr	1870,44	1870,44	1774,18	1774,18	1870,44	1870,44	1870,44

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	16,6%	---	7,7%	---	26,6%	22,5%	26,6%
EAE 35.3 (2)	11,1%	---	6,7%	---	17,0%	14,8%	17,0%
k,yy	0,871	---	0,977	---	0,985	0,954	0,985
k,zz	0,887	---	0,829	---	0,931	0,914	0,931
k,yz	0,532	---	0,663	---	0,558	0,549	0,558
k,zy	0,523	---	0,977	---	0,591	0,573	0,591



cm, y	0,851	---	0,967	---	0,964	0,933	0,964
cm, z	0,889	---	0,828	---	0,933	0,916	0,933
cm, LT	0,889	---	0,828	---	0,933	0,916	0,933
N, Ed	54,55	---	47,30	---	50,15	52,37	50,15
M, Ed, y	-0,04	---	0,25	---	-0,07	-0,38	-0,07
M, Ed, z	-139,93	---	-42,04	---	-230,70	-191,89	-230,70

Cumple Pandeo Lateral-Torsional $Mzd/Mb, Rd = 0,26$

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

Necesarios rigidizadores de alma a 143cm esp=21mm

DIAG. 3187 (HL-920x420) 1/lb:124,8cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,79 Lambda(0,15; 0,69) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,006;-0,005) / (+0,001;-0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,005;-0,006) / (+0,001;-0,001) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,005) / (+0,000;-0,001) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	61(2)	0	-78,51	-0,02	-0,43	(-0,43)	-260,66	(-260,66)	-43,14	-0,06	--> 33,6%
1	Tr	94(2)	0	47,64	-0,01	-0,65	(-0,65)	128,15	(128,15)	17,79	-0,13	--> 15,7%
2	Mx	56(2)	0	-74,42	-0,02	-1,12	(-1,12)	-303,41	(-303,41)	-42,74	-0,19	--> 39,0%
3	My	78(2)	0	-31,64	-0,02	-1,29	(-1,29)	-169,51	(-169,51)	-24,67	-0,23	--> 21,6%
4	Mz	58(2)	0	-69,21	-0,01	-0,48	(-0,48)	-327,52	(-327,52)	-39,89	-0,07	--> 41,5%
5	V	61(2)	0	-78,51	-0,02	-0,43	(-0,43)	-260,66	(-260,66)	-43,14	-0,06	--> 33,6%
6	Sm	58(2)	0	-69,21	-0,01	-0,48	(-0,48)	-327,52	(-327,52)	-39,89	-0,07	--> 41,5%

APROVECHAMIENTO 0,42 (41,5%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

	1	1	1	1	1	1	1
Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88
Nc, Rd	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88
Fx / N, Rd	4,0%	2,4%	3,8%	1,6%	3,5%	4,0%	3,5%
Vc, Rd, y	378,27	378,27	378,27	378,27	378,27	378,27	378,27
Vy / Vc, Rd, y	11,4%	4,7%	11,3%	6,5%	10,5%	11,4%	10,5%
Vc, Rd, z	620,20	620,20	620,20	620,20	620,20	620,20	620,20
Vz / Vc, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc, Rd, y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc, Rd, y	0,4%	0,6%	1,1%	1,3%	0,5%	0,4%	0,5%
Mc, Rd, z	814,68	814,68	814,68	814,68	814,68	814,68	814,68
Mz / Mc, Rd, z	32,0%	15,7%	37,2%	20,8%	40,2%	32,0%	40,2%
T, Rd	12,37	12,37	12,37	12,37	12,37	12,37	12,37
Mx / T, Rd	0,1%	0,0%	0,2%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	10,7%	3,1%	15,0%	5,6%	16,6%	10,7%	16,6%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	378,08	378,21	378,02	378,03	378,17	378,08	378,17
T + Vy	11,4%	4,7%	11,3%	6,5%	10,5%	11,4%	10,5%
Vpl, T, Rd, z	619,88	620,09	619,79	619,81	620,03	619,88	620,03
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO



Nb,Rd	1981,88	---	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88
Fx / Nb,Rd	4,0%	---	3,8%	1,6%	3,5%	4,0%	3,5%
lambda, red, y	0,688	---	0,688	0,688	0,688	0,688	0,688
lambda, red, z	0,152	---	0,152	0,152	0,152	0,152	0,152
Ji, y	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	4400,00	---	4400,00	4400,00	4400,00	4400,00	4400,00
Ncr, z	89557,21	---	89557,21	89557,21	89557,21	89557,21	89557,21

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	814,68	814,68	814,68	814,68	814,68	814,68	814,68
Mz / Mb,Rd	32,0%	15,7%	37,2%	20,8%	40,2%	32,0%	40,2%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,645	0,645	0,645	0,645	0,645	0,645	0,645
Mcr	2055,05	2055,05	2055,05	2055,05	2055,05	2055,05	2055,05

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	33,6%	---	39,0%	21,6%	41,5%	33,6%	41,5%
EAE 35.3 (2)	22,0%	---	25,6%	14,4%	26,6%	22,0%	26,6%
k,yy	0,960	---	0,941	0,922	0,952	0,960	0,952
k,zz	0,919	---	0,931	0,929	0,940	0,919	0,940
k,yz	0,551	---	0,558	0,558	0,564	0,551	0,564
k,zy	0,576	---	0,565	0,553	0,571	0,576	0,571
cm, y	0,931	---	0,915	0,911	0,926	0,931	0,926
cm, z	0,921	---	0,932	0,930	0,941	0,921	0,941
cm,LT	0,921	---	0,932	0,930	0,941	0,921	0,941
N,Ed	78,51	---	74,42	31,64	69,21	78,51	69,21
M,Ed, y	-0,43	---	-1,12	-1,29	-0,48	-0,43	-0,48
M,Ed, z	-260,66	---	-303,41	-169,51	-327,52	-260,66	-327,52

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,40
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 134cm esp=22mm

DIAG. 3188 (HL-920x420) 1/lb:124,8cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm2

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm2

Cálculo de 2º orden : X: 0,79 Lambda(0,15; 0,69) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,005;-0,005) / (+0,001;-0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,005;-0,006) / (+0,001;-0,000) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	61(2)	0	-78,21	-0,02	-0,36	(-0,36)	-208,63	(-208,63)	-40,29	-0,06	--> 29,7%
1	Tr	94(2)	0	47,54	-0,01	-0,49	(-0,49)	106,57	(106,57)	16,79	-0,13	--> 14,3%
2	Mx	56(2)	0	-74,15	-0,02	-0,88	(-0,88)	-251,75	(-251,75)	-40,13	-0,20	--> 35,5%
3	My	78(2)	0	-31,47	-0,02	-1,00	(-1,00)	-139,72	(-139,72)	-23,08	-0,23	--> 19,4%
4	Mz	58(2)	0	-68,97	-0,01	-0,39	(-0,39)	-279,19	(-279,19)	-37,64	-0,07	--> 38,8%
5	V	56(2)	0	-74,15	-0,02	-0,88	(-0,88)	-251,75	(-251,75)	-40,13	-0,20	--> 35,5%
6	Sm	58(2)	0	-68,97	-0,01	-0,39	(-0,39)	-279,19	(-279,19)	-37,64	-0,07	--> 38,8%

APROVECHAMIENTO 0,39 (38,8%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41
Nc,Rd	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41



GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23
TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Fx / N,Rd	4,0%	2,5%	3,8%	1,6%	3,6%	3,8%	3,6%
Vc,Rd,y	354,48	354,48	354,48	354,48	354,48	354,48	354,48
Vy / Vc,Rd,y	11,4%	4,7%	11,3%	6,5%	10,6%	11,3%	10,6%
Vc,Rd,z	620,13	620,13	620,13	620,13	620,13	620,13	620,13
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc,Rd,y	0,3%	0,5%	0,9%	1,0%	0,4%	0,9%	0,4%
Mc,Rd,z	743,66	743,66	743,66	743,66	743,66	743,66	743,66
Mz / Mc,Rd,z	28,1%	14,3%	33,9%	18,8%	37,5%	33,9%	37,5%
T,Rd	12,21	12,21	12,21	12,21	12,21	12,21	12,21
Mx / T,Rd	0,1%	0,0%	0,2%	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	8,2%	2,5%	12,3%	4,5%	14,5%	12,3%	14,5%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vp1,T,Rd,y	354,30	354,42	354,24	354,26	354,38	354,24	354,38
T + Vy	11,4%	4,7%	11,3%	6,5%	10,6%	11,3%	10,6%
Vp1,T,Rd,z	619,81	620,02	619,71	619,74	619,96	619,71	619,96
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1933,41	---	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41
Fx / Nb,Rd	4,0%	---	3,8%	1,6%	3,6%	3,8%	3,6%
lambda,red,y	0,688	---	0,688	0,688	0,688	0,688	0,688
lambda,red,z	0,152	---	0,152	0,152	0,152	0,152	0,152
Ji,y	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	4292,39	---	4292,39	4292,39	4292,39	4292,39	4292,39
Ncr,z	87366,88	---	87366,88	87366,88	87366,88	87366,88	87366,88

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	743,66	743,66	743,66	743,66	743,66	743,66	743,66
Mz / Mb,Rd	28,1%	14,3%	33,9%	18,8%	37,5%	33,9%	37,5%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda,red,LT	0,632	0,632	0,632	0,632	0,632	0,632	0,632
Mcr	1956,15	1956,15	1956,15	1956,15	1956,15	1956,15	1956,15

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	29,7%	---	35,5%	19,4%	38,8%	35,5%	38,8%
EAE 35.3 (2)	19,6%	---	23,3%	12,9%	25,0%	23,3%	25,0%
k,yy	0,944	---	0,915	0,895	0,933	0,915	0,933
k,zz	0,906	---	0,922	0,920	0,934	0,922	0,934
k,yz	0,544	---	0,553	0,552	0,560	0,553	0,560
k,zy	0,566	---	0,549	0,537	0,560	0,549	0,560
cm,y	0,915	---	0,889	0,884	0,908	0,889	0,908
cm,z	0,908	---	0,924	0,921	0,935	0,924	0,935
cm,LT	0,908	---	0,924	0,921	0,935	0,924	0,935
N,Ed	78,21	---	74,15	31,47	68,97	74,15	68,97
M,Ed,y	-0,36	---	-0,88	-1,00	-0,39	-0,88	-0,39
M,Ed,z	-208,63	---	-251,75	-139,72	-279,19	-251,75	-279,19

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,38
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 3189 (HL-920x420) 1/lb:124,8cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm2

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm2

Cálculo de 2º orden : X: 0,79 Lambda(0,15; 0,69) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,005;-0,005) / (+0,001;-0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,005;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n TIPO COMB. X(cm) Fx(T) Mx(mT) My(mT) (My1) Mz(mT) (Mz1) Vy(T) Vz(T) %



0 Co	61 (2)	0	-77,92	-0,02	-0,28 (	-0,28)	-160,16 (	-160,16)	-37,45	-0,06-->	25,3%
1 Tr	94 (2)	0	47,44	-0,01	-0,33 (	-0,33)	86,23 (	86,23)	15,79	-0,13-->	12,8%
2 Mx	56 (2)	0	-73,87	-0,02	-0,63 (	-0,63)	-203,32 (	-203,32)	-37,53	-0,20-->	31,7%
3 My	78 (2)	0	-31,31	-0,02	-0,71 (	-0,71)	-111,90 (	-111,90)	-21,52	-0,24-->	17,1%
4 Mz	58 (2)	0	-68,74	-0,01	-0,30 (	-0,30)	-233,64 (	-233,64)	-35,41	-0,07-->	35,9%
5 V	56 (2)	0	-73,87	-0,02	-0,63 (	-0,63)	-203,32 (	-203,32)	-37,53	-0,20-->	31,7%
6 Sm	58 (2)	0	-68,74	-0,01	-0,30 (	-0,30)	-233,64 (	-233,64)	-35,41	-0,07-->	35,9%

APROVECHAMIENTO 0,36 (35,9%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94
Nc,Rd	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94
Fx / N,Rd	4,1%	2,5%	3,9%	1,7%	3,6%	3,9%	3,6%
Vc,Rd,y	332,23	332,23	332,23	332,23	332,23	332,23	332,23
Vy / Vc,Rd,y	11,3%	4,8%	11,3%	6,5%	10,7%	11,3%	10,7%
Vc,Rd,z	620,06	620,06	620,06	620,06	620,06	620,06	620,06
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc,Rd,y	0,3%	0,3%	0,6%	0,7%	0,3%	0,6%	0,3%
Mc,Rd,z	674,36	674,36	674,36	674,36	674,36	674,36	674,36
Mz / Mc,Rd,z	23,7%	12,8%	30,2%	16,6%	34,6%	30,2%	34,6%
T,Rd	12,06	12,06	12,06	12,06	12,06	12,06	12,06
Mx / T,Rd	0,1%	0,0%	0,2%	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	5,9%	2,0%	9,7%	3,4%	12,3%	9,7%	12,3%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	332,06	332,18	332,01	332,02	332,14	332,01	332,14
T + Vy	11,3%	4,8%	11,3%	6,5%	10,7%	11,3%	10,7%
Vpl,T,Rd,z	619,74	619,95	619,64	619,66	619,89	619,64	619,89
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1884,94	---	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94
Fx / Nb,Rd	4,1%	---	3,9%	1,7%	3,6%	3,9%	3,6%
lambda,red,y	0,688	---	0,688	0,688	0,688	0,688	0,688
lambda,red,z	0,152	---	0,152	0,152	0,152	0,152	0,152
Ji,y	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	4184,78	---	4184,78	4184,78	4184,78	4184,78	4184,78
Ncr,z	85176,55	---	85176,55	85176,55	85176,55	85176,55	85176,55

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	674,36	674,36	674,36	674,36	674,36	674,36	674,36
Mz / Mb,Rd	23,7%	12,8%	30,2%	16,6%	34,6%	30,2%	34,6%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda,red,LT	0,616	0,616	0,616	0,616	0,616	0,616	0,616
Mcr	1865,12	1865,12	1865,12	1865,12	1865,12	1865,12	1865,12

COMPRESIÓN Y FLECCIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	25,3%	---	31,7%	17,1%	35,9%	31,7%	35,9%
EAE 35.3 (2)	17,0%	---	20,9%	11,3%	23,2%	20,9%	23,2%
k,yy	0,919	---	0,869	0,846	0,904	0,869	0,904
k,zz	0,887	---	0,910	0,907	0,926	0,910	0,926
k,yz	0,532	---	0,546	0,544	0,555	0,546	0,555
k,zy	0,552	---	0,522	0,508	0,542	0,522	0,542
cm,y	0,891	---	0,844	0,836	0,879	0,844	0,879



cm, z	0,888	---	0,912	0,908	0,927	0,912	0,927
cm, LT	0,888	---	0,912	0,908	0,927	0,912	0,927
N, Ed	77,92	---	73,87	31,31	68,74	73,87	68,74
M, Ed, y	-0,28	---	-0,63	-0,71	-0,30	-0,63	-0,30
M, Ed, z	-160,16	---	-203,32	-111,90	-233,64	-203,32	-233,64

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,35
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 3190 (HL-920x420) 1/lb:124,8cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,79 Lambda(0,15; 0,69) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,004;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,004;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,003) / (+0,000;-0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(Myl)	Mz (mT)	(Mzl)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	61(2)	0	-77,62	-0,02	-0,20	(-0,20)	-115,20	(-115,20)	-34,63	-0,06	--> 20,6%
1	Tr	94(2)	0	47,33	-0,01	-0,17	(-0,17)	67,16	(67,16)	14,76	-0,13	--> 11,1%
2	Mx	56(2)	0	-73,60	-0,02	-0,38	(-0,38)	-158,12	(-158,12)	-34,96	-0,20	--> 27,4%
3	My	78(2)	0	-31,15	-0,02	-0,42	(-0,42)	-86,01	(-86,01)	-19,98	-0,24	--> 14,5%
4	Mz	58(2)	0	-68,50	-0,01	-0,21	(-0,21)	-190,86	(-190,86)	-33,21	-0,07	--> 32,6%
5	V	56(2)	0	-73,60	-0,02	-0,38	(-0,38)	-158,12	(-158,12)	-34,96	-0,20	--> 27,4%
6	Sm	58(2)	0	-68,50	-0,01	-0,21	(-0,21)	-190,86	(-190,86)	-33,21	-0,07	--> 32,6%

APROVECHAMIENTO 0,33 (32,6%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

	1	1	1	1	1	1	1
Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47
Nc, Rd	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47
Fx / N, Rd	4,2%	2,6%	4,0%	1,7%	3,7%	4,0%	3,7%
Vc, Rd, y	311,84	311,84	311,84	311,84	311,84	311,84	311,84
Vy / Vc, Rd, y	11,1%	4,7%	11,2%	6,4%	10,6%	11,2%	10,6%
Vc, Rd, z	620,00	620,00	620,00	620,00	620,00	620,00	620,00
Vz / Vc, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc, Rd, y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc, Rd, y	0,2%	0,2%	0,4%	0,4%	0,2%	0,4%	0,2%
Mc, Rd, z	606,83	606,83	606,83	606,83	606,83	606,83	606,83
Mz / Mc, Rd, z	19,0%	11,1%	26,1%	14,2%	31,5%	26,1%	31,5%
T, Rd	11,90	11,90	11,90	11,90	11,90	11,90	11,90
Mx / T, Rd	0,1%	0,0%	0,2%	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	3,8%	1,4%	7,2%	2,4%	10,1%	7,2%	10,1%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	311,68	311,79	311,63	311,64	311,75	311,63	311,75
T + Vy	11,1%	4,7%	11,2%	6,4%	10,7%	11,2%	10,7%
Vpl, T, Rd, z	619,67	619,89	619,57	619,59	619,82	619,57	619,82
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	1836,47	---	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47
--------	---------	-----	---------	---------	---------	---------	---------



Fx / Nb,Rd	4,2%	---	4,0%	1,7%	3,7%	4,0%	3,7%
lambda, red, y	0,688	---	0,688	0,688	0,688	0,688	0,688
lambda, red, z	0,152	---	0,152	0,152	0,152	0,152	0,152
Ji, y	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	4077,17	---	4077,17	4077,17	4077,17	4077,17	4077,17
Ncr, z	82986,24	---	82986,24	82986,24	82986,24	82986,24	82986,24

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	606,83	606,83	606,83	606,83	606,83	606,83	606,83
Mz / Mb,Rd	19,0%	11,1%	26,1%	14,2%	31,5%	26,1%	31,5%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,598	0,598	0,598	0,598	0,598	0,598	0,598
Mcr	1782,96	1782,96	1782,96	1782,96	1782,96	1782,96	1782,96

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	20,6%	---	27,4%	14,5%	32,6%	27,4%	32,6%
EAE 35.3 (2)	14,1%	---	18,2%	9,5%	21,2%	18,2%	21,2%
k, yY	0,877	---	0,764	0,728	0,850	0,764	0,850
k, zZ	0,855	---	0,893	0,888	0,915	0,893	0,915
k, yZ	0,513	---	0,536	0,533	0,549	0,536	0,549
k, zY	0,526	---	0,458	0,437	0,510	0,458	0,510
cm, y	0,849	---	0,741	0,719	0,826	0,741	0,826
cm, z	0,857	---	0,894	0,889	0,917	0,894	0,917
cm,LT	0,857	---	0,894	0,889	0,917	0,894	0,917
N,Ed	77,62	---	73,60	31,15	68,50	73,60	68,50
M,Ed, y	-0,20	---	-0,38	-0,42	-0,21	-0,38	-0,21
M,Ed, z	-115,20	---	-158,12	-86,01	-190,86	-158,12	-190,86

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,31
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 3191 (HL-920x420) l/lb:124,8cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,79 Lambda(0,15; 0,69) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,004;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,003;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,003) / (+0,000;-0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(Myl)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	61(2)	124	-77,33	-0,02	-0,13	(-0,13)	73,50	(73,50)	-31,81	0,06	--> 15,2%
1	Tr	94(2)	124	47,23	-0,01	-0,01	(-0,01)	-49,27	(-49,27)	13,72	0,13	--> 9,1%
2	Mx	56(2)	0	-73,08	-0,02	0,12	(0,12)	77,28	(77,28)	-29,84	0,20	--> 18,2%
3	My	96(2)	0	46,83	0,02	-0,29	(-0,29)	-32,19	(-32,19)	12,52	-0,24	--> 6,7%
4	Mz	59(2)	124	-53,18	0,00	-0,10	(-0,10)	153,76	(153,76)	-24,83	-0,04	--> 29,2%
5	V	56(2)	124	-73,33	-0,02	-0,13	(-0,13)	115,86	(115,86)	-32,39	0,20	--> 22,7%
6	Sm	59(2)	124	-53,18	0,00	-0,10	(-0,10)	153,76	(153,76)	-24,83	-0,04	--> 29,2%

APROVECHAMIENTO 0,29 (29,2%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1787,69	1787,69	1739,53	1739,53	1787,69	1787,69	1787,69
Nc,Rd	1787,69	1787,69	1739,53	1739,53	1787,69	1787,69	1787,69
Fx / N,Rd	4,3%	2,6%	4,2%	2,7%	3,0%	4,1%	3,0%
Vc,Rd, y	293,58	293,58	278,20	278,20	293,58	293,58	293,58
Vy / Vc,Rd, y	10,8%	4,7%	10,7%	4,5%	8,5%	11,0%	8,5%



Vc, Rd, z	619,93	619,93	619,86	619,86	619,93	619,93	619,93
Vz / Vc, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc, Rd, y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc, Rd, y	0,1%	0,0%	0,1%	0,3%	0,1%	0,1%	0,1%
Mc, Rd, z	540,72	540,72	477,33	477,33	540,72	540,72	540,72
Mz / Mc, Rd, z	13,6%	9,1%	16,2%	6,7%	28,4%	21,4%	28,4%
T, Rd	11,75	11,75	11,62	11,62	11,75	11,75	11,75
Mx / T, Rd	0,1%	0,0%	0,2%	0,1%	0,0%	0,2%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	2,0%	0,8%	2,7%	0,7%	8,2%	4,7%	8,2%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	293,42	293,52	278,00	278,03	293,56	293,37	293,56
T + Vy	10,8%	4,7%	10,7%	4,5%	8,5%	11,0%	8,5%
Vpl, T, Rd, z	619,59	619,82	619,42	619,49	619,89	619,49	619,89
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	1787,69	---	1739,53	---	1787,69	1787,69	1787,69
Fx / Nb, Rd	4,3%	---	4,2%	---	3,0%	4,1%	3,0%
lambda, red, y	0,688	---	0,688	---	0,688	0,688	0,688
lambda, red, z	0,152	---	0,152	---	0,152	0,152	0,152
Ji, y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	3968,88	---	3861,94	---	3968,88	3968,88	3968,88
Ncr, z	80782,15	---	78605,59	---	80782,15	80782,15	80782,15

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	540,72	540,72	477,33	477,33	540,72	540,72	540,72
Mz / Mb, Rd	13,6%	9,1%	16,2%	6,7%	28,4%	21,4%	28,4%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red, LT	0,576	0,576	0,551	0,551	0,576	0,576	0,576
Mcr	1710,43	1710,43	1650,38	1650,38	1710,43	1710,43	1710,43

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	15,2%	---	18,2%	---	29,2%	22,7%	29,2%
EAE 35.3 (2)	10,9%	---	12,7%	---	18,8%	15,3%	18,8%
k, yy	0,782	---	0,413	---	0,893	0,413	0,893
k, zz	0,793	---	0,865	---	0,921	0,865	0,921
k, yz	0,476	---	0,519	---	0,553	0,519	0,553
k, zy	0,469	---	0,248	---	0,536	0,248	0,536
cm, y	0,756	---	0,400	---	0,873	0,400	0,873
cm, z	0,795	---	0,867	---	0,922	0,867	0,922
cm, LT	0,795	---	0,867	---	0,922	0,867	0,922
N, Ed	77,33	---	73,08	---	53,18	73,33	53,18
M, Ed, y	-0,13	---	0,12	---	-0,10	-0,13	-0,10
M, Ed, z	73,50	---	77,28	---	153,76	115,86	153,76

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,28

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 3192 (HL-920x420) 1/lb:124,8cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm2

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm2

Cálculo de 2º orden : X: 0,79 Lambda(0,15; 0,69) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,006;-0,005) / (+0,000;-0,001) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,005;-0,005) / (+0,001;-0,001) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,005) / (+0,000;+0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n TIPO COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%	
0 Co	61(2)	0	-77,77	0,02	0,24(	0,24)	-307,64(	-307,64)	-38,83	0,04-->	39,5%
1 Tr	94(2)	0	47,51	0,00	0,65(	0,65)	117,27(	117,27)	17,35	0,14-->	14,4%
2 Mx	56(2)	0	-74,13	0,03	0,65(	0,65)	-298,03(	-298,03)	-42,56	0,14-->	38,1%



3 My	78 (2)	0	-31,45	0,02	1,08 (	1,08)	-180,61 (	-180,61)	-25,11	0,22-->	22,8%
4 Mz	75 (2)	0	-75,62	0,02	0,52 (	0,52)	-315,50 (	-315,50)	-39,31	0,07-->	40,4%
5 V	72 (2)	0	-67,22	0,02	0,44 (	0,44)	-276,32 (	-276,32)	-44,21	0,05-->	34,9%
6 Sm	75 (2)	0	-75,62	0,02	0,52 (	0,52)	-315,50 (	-315,50)	-39,31	0,07-->	40,4%

APROVECHAMIENTO 0,40 (40,4%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88
Nc, Rd	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88
Fx / N, Rd	3,9%	2,4%	3,7%	1,6%	3,8%	3,4%	3,8%
Vc, Rd, y	378,27	378,27	378,27	378,27	378,27	378,27	378,27
Vy / Vc, Rd, y	10,3%	4,6%	11,3%	6,6%	10,4%	11,7%	10,4%
Vc, Rd, z	620,20	620,20	620,20	620,20	620,20	620,20	620,20
Vz / Vc, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc, Rd, y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc, Rd, y	0,2%	0,6%	0,6%	1,1%	0,5%	0,4%	0,5%
Mc, Rd, z	814,68	814,68	814,68	814,68	814,68	814,68	814,68
Mz / Mc, Rd, z	37,8%	14,4%	36,6%	22,2%	38,7%	33,9%	38,7%
T, Rd	12,37	12,37	12,37	12,37	12,37	12,37	12,37
Mx / T, Rd	0,2%	0,0%	0,2%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	14,5%	2,7%	14,0%	6,0%	15,5%	11,9%	15,5%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	378,04	378,27	377,95	378,03	378,06	378,07	378,06
T + Vy	10,3%	4,6%	11,3%	6,6%	10,4%	11,7%	10,4%
Vpl, T, Rd, z	619,81	620,20	619,68	619,81	619,86	619,88	619,86
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	1981,88	---	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88	1981,88
Fx / Nb, Rd	3,9%	---	3,7%	1,6%	3,8%	3,4%	3,8%
lambda, red, y	0,688	---	0,688	0,688	0,688	0,688	0,688
lambda, red, z	0,152	---	0,152	0,152	0,152	0,152	0,152
Ji, y	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	4400,00	---	4400,00	4400,00	4400,00	4400,00	4400,00
Ncr, z	89557,12	---	89557,12	89557,12	89557,12	89557,12	89557,12

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	814,68	814,68	814,68	814,68	814,68	814,68	814,68
Mz / Mb, Rd	37,8%	14,4%	36,6%	22,2%	38,7%	33,9%	38,7%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red, LT	0,645	0,645	0,645	0,645	0,645	0,645	0,645
Mcr	2055,05	2055,05	2055,05	2055,05	2055,05	2055,05	2055,05

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	39,5%	---	38,1%	22,8%	40,4%	34,9%	40,4%
EAE 35.3 (2)	25,4%	---	24,7%	15,0%	26,1%	22,6%	26,1%
k, yy	0,956	---	0,923	0,911	0,959	0,964	0,959
k, zz	0,937	---	0,930	0,933	0,938	0,922	0,938
k, yz	0,562	---	0,558	0,560	0,563	0,553	0,563
k, zy	0,574	---	0,554	0,546	0,575	0,579	0,575
cm, y	0,928	---	0,897	0,900	0,931	0,940	0,931
cm, z	0,939	---	0,931	0,933	0,940	0,923	0,940
cm, LT	0,939	---	0,931	0,933	0,940	0,923	0,940
N, Ed	77,77	---	74,13	31,45	75,62	67,22	75,62



M, Ed, y	0,24	---	0,65	1,08	0,52	0,44	0,52
M, Ed, z	-307,64	---	-298,03	-180,61	-315,50	-276,32	-315,50

Cumple Pandeo Lateral-Torsional $Mzd/Mb, Rd = 0,39$
 Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
 Necesarios rigidizadores de alma a 134cm esp=22mm

DIAG. 3193 (HL-920x420) 1/lb:124,8cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2° orden : X: 0,79 Lambda(0,15; 0,69) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,005;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,005;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,004) / (+0,000;+0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	61(2)	0	-77,54	0,02	0,20(	0,20)	-260,62(	-260,62)	-36,59	0,04-->	36,7%
1	Tr	94(2)	0	47,42	0,00	0,47(	0,47)	96,24(	96,24)	16,35	0,14-->	12,9%
2	Mx	56(2)	0	-73,87	0,03	0,48(	0,48)	-246,60(	-246,60)	-39,94	0,14-->	34,6%
3	My	78(2)	0	-31,30	0,02	0,81(	0,81)	-150,28(	-150,28)	-23,53	0,22-->	20,7%
4	Mz	75(2)	0	-75,40	0,02	0,43(	0,43)	-267,89(	-267,89)	-37,06	0,07-->	37,7%
5	V	72(2)	0	-66,94	0,02	0,37(	0,37)	-222,96(	-222,96)	-41,35	0,06-->	30,9%
6	Sm	75(2)	0	-75,40	0,02	0,43(	0,43)	-267,89(	-267,89)	-37,06	0,07-->	37,7%

APROVECHAMIENTO 0,38 (37,7%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41
Nc, Rd	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41
Fx / N, Rd	4,0%	2,5%	3,8%	1,6%	3,9%	3,5%	3,9%
Vc, Rd, y	354,48	354,48	354,48	354,48	354,48	354,48	354,48
Vy / Vc, Rd, y	10,3%	4,6%	11,3%	6,6%	10,5%	11,7%	10,5%
Vc, Rd, z	620,13	620,13	620,13	620,13	620,13	620,13	620,13
Vz / Vc, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc, Rd, y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc, Rd, y	0,2%	0,5%	0,5%	0,8%	0,4%	0,4%	0,4%
Mc, Rd, z	743,66	743,66	743,66	743,66	743,66	743,66	743,66
Mz / Mc, Rd, z	35,0%	12,9%	33,2%	20,2%	36,0%	30,0%	36,0%
T, Rd	12,21	12,21	12,21	12,21	12,21	12,21	12,21
Mx / T, Rd	0,2%	0,0%	0,2%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	12,5%	2,1%	11,5%	4,9%	13,4%	9,4%	13,4%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	354,26	354,48	354,18	354,26	354,29	354,30	354,29
T + Vy	10,3%	4,6%	11,3%	6,6%	10,5%	11,7%	10,5%
Vpl, T, Rd, z	619,74	620,13	619,61	619,74	619,79	619,80	619,79
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	1933,41	---	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41	1933,41
Fx / Nb, Rd	4,0%	---	3,8%	1,6%	3,9%	3,5%	3,9%
lambda, red, y	0,688	---	0,688	0,688	0,688	0,688	0,688



lambda, red, z	0,152	---	0,152	0,152	0,152	0,152	0,152
Ji, y	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	4292,39	---	4292,39	4292,39	4292,39	4292,39	4292,39
Ncr, z	87366,80	---	87366,80	87366,80	87366,80	87366,80	87366,80

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	743,66	743,66	743,66	743,66	743,66	743,66	743,66
Mz / Mb, Rd	35,0%	12,9%	33,2%	20,2%	36,0%	30,0%	36,0%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red, LT	0,632	0,632	0,632	0,632	0,632	0,632	0,632
Mcr	1956,38	1956,38	1956,38	1956,38	1956,38	1956,38	1956,38

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	36,7%	---	34,6%	20,7%	37,7%	30,9%	37,7%
EAE 35.3 (2)	23,8%	---	22,6%	13,5%	24,4%	20,2%	24,4%
k, yy	0,939	---	0,884	0,876	0,942	0,952	0,942
k, zz	0,931	---	0,921	0,924	0,932	0,910	0,932
k, yz	0,558	---	0,552	0,555	0,559	0,546	0,559
k, zy	0,564	---	0,530	0,526	0,565	0,571	0,565
cm, y	0,911	---	0,859	0,865	0,915	0,927	0,915
cm, z	0,933	---	0,922	0,925	0,933	0,911	0,933
cm, LT	0,933	---	0,922	0,925	0,933	0,911	0,933
N, Ed	77,54	---	73,87	31,30	75,40	66,94	75,40
M, Ed, y	0,20	---	0,48	0,81	0,43	0,37	0,43
M, Ed, z	-260,62	---	-246,60	-150,28	-267,89	-222,96	-267,89

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,36

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 3194 (_HL-920x420) l/lb:124,8cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,79 Lambda(0,15; 0,69) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,005;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,004;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,004) / (+0,000;+0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	61(2)	0	-77,32	0,02	0,15(	0,15)	-216,39(	-216,39)	-34,36	0,04-->	33,8%
1	Tr	94(2)	0	47,32	0,00	0,29(	0,29)	76,45(	76,45)	15,35	0,14-->	11,3%
2	Mx	56(2)	0	-73,61	0,03	0,31(	0,31)	-198,41(	-198,41)	-37,34	0,14-->	30,8%
3	My	78(2)	0	-31,14	0,02	0,53(	0,53)	-121,90(	-121,90)	-21,96	0,22-->	18,4%
4	Mz	75(2)	0	-75,18	0,02	0,33(	0,33)	-223,07(	-223,07)	-34,83	0,07-->	34,7%
5	V	72(2)	0	-66,66	0,02	0,31(	0,31)	-173,16(	-173,16)	-38,51	0,06-->	26,6%
6	Sm	75(2)	0	-75,18	0,02	0,33(	0,33)	-223,07(	-223,07)	-34,83	0,07-->	34,7%

APROVECHAMIENTO 0,35 (34,7%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94
Nc, Rd	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94
Fx / N, Rd	4,1%	2,5%	3,9%	1,7%	4,0%	3,5%	4,0%
Vc, Rd, y	332,23	332,23	332,23	332,23	332,23	332,23	332,23
Vy / Vc, Rd, y	10,3%	4,6%	11,2%	6,6%	10,5%	11,6%	10,5%
Vc, Rd, z	620,06	620,06	620,06	620,06	620,06	620,06	620,06
Vz / Vc, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%



GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23
TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Mc, Rd, y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc, Rd, y	0,1%	0,3%	0,3%	0,5%	0,3%	0,3%	0,3%
Mc, Rd, z	674,36	674,36	674,36	674,36	674,36	674,36	674,36
Mz / Mc, Rd, z	32,1%	11,3%	29,4%	18,1%	33,1%	25,7%	33,1%
T, Rd	12,06	12,06	12,06	12,06	12,06	12,06	12,06
Mx / T, Rd	0,2%	0,0%	0,2%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	10,4%	1,6%	9,0%	3,8%	11,3%	6,9%	11,3%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	332,02	332,23	331,95	332,02	332,05	332,06	332,05
T + Vy	10,3%	4,6%	11,2%	6,6%	10,5%	11,6%	10,5%
Vpl, T, Rd, z	619,67	620,06	619,53	619,66	619,71	619,73	619,71
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	1884,94	---	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94	1884,94
Fx / Nb, Rd	4,1%	---	3,9%	1,7%	4,0%	3,5%	4,0%
lambda, red, y	0,688	---	0,688	0,688	0,688	0,688	0,688
lambda, red, z	0,152	---	0,152	0,152	0,152	0,152	0,152
Ji, y	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	4184,78	---	4184,78	4184,78	4184,78	4184,78	4184,78
Ncr, z	85176,47	---	85176,47	85176,47	85176,47	85176,47	85176,47

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	674,36	674,36	674,36	674,36	674,36	674,36	674,36
Mz / Mb, Rd	32,1%	11,3%	29,4%	18,1%	33,1%	25,7%	33,1%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red, LT	0,616	0,616	0,616	0,616	0,616	0,616	0,616
Mcr	1865,34	1865,34	1865,34	1865,34	1865,34	1865,34	1865,34

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	33,8%	---	30,8%	18,4%	34,7%	26,6%	34,7%
EAE 35.3 (2)	22,0%	---	20,2%	12,0%	22,6%	17,6%	22,6%
k, yy	0,913	---	0,803	0,805	0,917	0,935	0,917
k, zz	0,922	---	0,908	0,913	0,923	0,892	0,923
k, yz	0,553	---	0,545	0,548	0,554	0,535	0,554
k, zy	0,548	---	0,482	0,483	0,550	0,561	0,550
cm, y	0,885	---	0,779	0,795	0,890	0,910	0,890
cm, z	0,924	---	0,910	0,914	0,925	0,894	0,925
cm, LT	0,924	---	0,910	0,914	0,925	0,894	0,925
N, Ed	77,32	---	73,61	31,14	75,18	66,66	75,18
M, Ed, y	0,15	---	0,31	0,53	0,33	0,31	0,33
M, Ed, z	-216,39	---	-198,41	-121,90	-223,07	-173,16	-223,07

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,33
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 3195 (HL-920x420) 1/lb:124,8cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,79 Lambda (0,15; 0,69) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,004;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,004;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,560

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,003) / (+0,000;+0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	61(2)	0	-77,10	0,02	0,11(0,11)	-174,92(-174,92)		-32,16	0,04-->	30,5%
1	Tr	94(2)	0	47,22	0,00	0,12(0,12)	57,94(57,94)		14,33	0,14-->	9,5%
2	Mx	56(2)	0	-73,36	0,03	0,14(0,14)	-153,45(-153,45)		-34,77	0,14-->	26,5%
3	My	70(2)	0	-71,21	0,02	0,27(0,27)	-159,54(-159,54)		-35,23	0,18-->	27,5%
4	Mz	75(2)	0	-74,96	0,02	0,24(0,24)	-181,01(-181,01)		-32,63	0,08-->	31,4%



5 V	72 (2)	0	-66,38	0,02	0,24 (	0,24)	-126,88 (	-126,88)	-35,69	0,06-->	21,8%
6 Sm	75 (2)	0	-74,96	0,02	0,24 (	0,24)	-181,01 (	-181,01)	-32,63	0,08-->	31,4%

APROVECHAMIENTO 0,31 (31,4%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
TÉRMINOS DE SECCIÓN							
Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47
Nc,Rd	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47
Fx / N,Rd	4,2%	2,6%	4,0%	3,9%	4,1%	3,6%	4,1%
Vc,Rd,y	311,84	311,84	311,84	311,84	311,84	311,84	311,84
Vy / Vc,Rd,y	10,3%	4,6%	11,1%	11,3%	10,5%	11,4%	10,5%
Vc,Rd,z	620,00	620,00	620,00	620,00	620,00	620,00	620,00
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc,Rd,y	0,1%	0,1%	0,1%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%
Mc,Rd,z	606,83	606,83	606,83	606,83	606,83	606,83	606,83
Mz / Mc,Rd,z	28,8%	9,5%	25,3%	26,3%	29,8%	20,9%	29,8%
T,Rd	11,90	11,90	11,90	11,90	11,90	11,90	11,90
Mx / T,Rd	0,2%	0,0%	0,2%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	8,4%	1,0%	6,5%	7,2%	9,1%	4,6%	9,1%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	311,64	311,84	311,57	311,60	311,66	311,67	311,66
T + Vy	10,3%	4,6%	11,2%	11,3%	10,5%	11,5%	10,5%
Vpl,T,Rd,z	619,59	619,99	619,46	619,51	619,64	619,66	619,64
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1836,47	---	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47	1836,47
Fx / Nb,Rd	4,2%	---	4,0%	3,9%	4,1%	3,6%	4,1%
lambda, red,y	0,688	---	0,688	0,688	0,688	0,688	0,688
lambda, red,z	0,152	---	0,152	0,152	0,152	0,152	0,152
Ji,y	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	4077,16	---	4077,16	4077,16	4077,16	4077,16	4077,16
Ncr,z	82986,15	---	82986,15	82986,15	82986,15	82986,15	82986,15

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	606,83	606,83	606,83	606,83	606,83	606,83	606,83
Mz / Mb,Rd	28,8%	9,5%	25,3%	26,3%	29,8%	20,9%	29,8%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,598	0,598	0,598	0,598	0,598	0,598	0,598
Mcr	1782,96	1782,96	1782,96	1782,96	1782,96	1782,96	1782,96

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	30,5%	---	26,5%	27,5%	31,4%	21,8%	31,4%
EAE 35.3 (2)	20,0%	---	17,6%	18,1%	20,6%	14,7%	20,6%
k,yy	0,866	---	0,520	0,696	0,873	0,908	0,873
k,zz	0,910	---	0,890	0,893	0,912	0,864	0,912
k,yz	0,546	---	0,534	0,536	0,547	0,519	0,547
k,zy	0,520	---	0,312	0,417	0,524	0,545	0,524
cm,y	0,839	---	0,505	0,675	0,846	0,883	0,846
cm,z	0,912	---	0,892	0,894	0,914	0,866	0,914
cm,LT	0,912	---	0,892	0,894	0,914	0,866	0,914
N,Ed	77,10	---	73,36	71,21	74,96	66,38	74,96
M,Ed,y	0,11	---	0,14	0,27	0,24	0,24	0,24
M,Ed,z	-174,92	---	-153,45	-159,54	-181,01	-126,88	-181,01



Cumple Pandeo Lateral-Torsional $Mzd/Mb, Rd = 0,30$
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 3196 (HL-920x420) 1/lb:124,8cm/623,9cm

Acero estructural OTROS

Límite elástico : 2600 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4180 Kg/cm²

Cálculo de 2° orden : X: 0,79 Lambda(0,15; 0,69) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 624cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,003;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,783

F. por integridad V/H(+0,003;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,560

F. por apariencia V/H(-0,000;-0,003) / (+0,000;-0,000) < +2,080

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	61(2)	124	-76,88	0,02	0,06(	0,06)	135,95(	135,95)	-29,96	-0,04-->	26,8%
1	Tr	94(2)	124	47,12	0,00	-0,06(	-0,06)	-40,60(	-40,60)	13,29	-0,14-->	7,5%
2	Mx	56(2)	0	-72,85	0,03	-0,21(	-0,21)	73,10(	73,10)	-29,64	-0,14-->	17,5%
3	My	96(2)	0	46,75	-0,02	0,50(	0,50)	-24,33(	-24,33)	12,08	0,18-->	5,1%
4	Mz	75(2)	124	-74,74	0,02	0,15(	0,15)	141,45(	141,45)	-30,43	-0,08-->	27,7%
5	V	70(2)	124	-70,96	0,02	0,05(	0,05)	116,94(	116,94)	-32,66	-0,18-->	22,7%
6	Sm	75(2)	124	-74,74	0,02	0,15(	0,15)	141,45(	141,45)	-30,43	-0,08-->	27,7%

APROVECHAMIENTO 0,28 (27,7%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1787,69	1787,69	1739,53	1739,53	1787,69	1787,69	1787,69
Nc,Rd	1787,69	1787,69	1739,53	1739,53	1787,69	1787,69	1787,69
Fx / N,Rd	4,3%	2,6%	4,2%	2,7%	4,2%	4,0%	4,2%
Vc,Rd,y	293,58	293,58	278,20	278,20	293,58	293,58	293,58
Vy / Vc,Rd,y	10,2%	4,5%	10,7%	4,3%	10,4%	11,1%	10,4%
Vc,Rd,z	619,93	619,93	619,86	619,86	619,93	619,93	619,93
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62	102,62
My / Mc,Rd,y	0,1%	0,1%	0,2%	0,5%	0,1%	0,0%	0,1%
Mc,Rd,z	540,72	540,72	477,33	477,33	540,72	540,72	540,72
Mz / Mc,Rd,z	25,1%	7,5%	15,3%	5,1%	26,2%	21,6%	26,2%
T,Rd	11,75	11,75	11,62	11,62	11,75	11,75	11,75
Mx / T,Rd	0,2%	0,0%	0,2%	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	6,4%	0,6%	2,5%	0,7%	7,0%	4,7%	7,0%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
VpL,T,Rd,y	293,38	293,58	277,95	278,03	293,41	293,34	293,41
T + Vy	10,2%	4,5%	10,7%	4,3%	10,4%	11,1%	10,4%
VpL,T,Rd,z	619,52	619,92	619,31	619,49	619,57	619,43	619,57
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1787,69	---	1739,53	---	1787,69	1787,69	1787,69
Fx / Nb,Rd	4,3%	---	4,2%	---	4,2%	4,0%	4,2%
lambda,red,y	0,688	---	0,688	---	0,688	0,688	0,688
lambda,red,z	0,152	---	0,152	---	0,152	0,152	0,152
Ji,y	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	1,000	---	1,000	1,000	1,000



Ncr, y	3968,88	---	3861,94	---	3968,88	3968,88	3968,88
Ncr, z	80782,08	---	78605,51	---	80782,08	80782,08	80782,08

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	540,72	540,72	477,33	477,33	540,72	540,72	540,72
Mz / Mb, Rd	25,1%	7,5%	15,3%	5,1%	26,2%	21,6%	26,2%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red, LT	0,576	0,576	0,551	0,551	0,576	0,576	0,576
Mcr	1710,43	1710,43	1650,38	1650,38	1710,43	1710,43	1710,43

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	26,8%	---	17,5%	---	27,7%	22,7%	27,7%
EAE 35.3 (2)	17,8%	---	12,2%	---	18,3%	15,2%	18,3%
k, yy	0,755	---	0,690	---	0,772	0,502	0,772
k, zz	0,893	---	0,861	---	0,895	0,865	0,895
k, yz	0,536	---	0,516	---	0,537	0,519	0,537
k, zy	0,453	---	0,414	---	0,463	0,301	0,463
cm, y	0,730	---	0,669	---	0,748	0,487	0,748
cm, z	0,895	---	0,862	---	0,897	0,867	0,897
cm, LT	0,895	---	0,862	---	0,897	0,867	0,897
N, Ed	76,88	---	72,85	---	74,74	70,96	74,74
M, Ed, y	0,06	---	-0,21	---	0,15	0,05	0,15
M, Ed, z	135,95	---	73,10	---	141,45	116,94	141,45

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,26

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 3422 (HL-920x390) 1/lb:127,2cm/635,8cm

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm2

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm2

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,16; 0,74) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,004;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,004;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,004) / (+0,000;+0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	58(2)	0	-54,58	-0,00	0,29(	0,29)	-228,14(	-228,14)	-30,80	0,06-->	29,0%
1	Tr	94(2)	0	38,08	-0,00	-0,53(	-0,53)	74,77(	74,77)	13,03	-0,13-->	9,2%
2	Mx	3(2)	0	27,55	-0,01	-0,36(	-0,36)	44,34(	44,34)	7,41	-0,11-->	5,4%
3	My	94(2)	0	38,08	-0,00	-0,53(	-0,53)	74,77(	74,77)	13,03	-0,13-->	9,2%
4	Mz	72(2)	0	-53,21	0,00	0,02(	0,02)	-236,24(	-236,24)	-31,40	0,02-->	29,8%
5	V	70(2)	0	-51,17	-0,00	-0,15(	-0,15)	-205,63(	-205,63)	-32,87	-0,03-->	25,9%
6	Sm	72(2)	0	-53,21	0,00	0,02(	0,02)	-236,24(	-236,24)	-31,40	0,02-->	29,8%

APROVECHAMIENTO 0,30 (29,8%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95
Nc, Rd	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95
Fx / N, Rd	2,8%	1,9%	1,4%	1,9%	2,7%	2,6%	2,7%
Vc, Rd, y	386,50	386,50	386,50	386,50	386,50	386,50	386,50
Vy / Vc, Rd, y	8,0%	3,4%	1,9%	3,4%	8,1%	8,5%	8,1%
Vc, Rd, z	610,56	610,56	610,56	610,56	610,56	610,56	610,56
Vz / Vc, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc, Rd, y	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56
My / Mc, Rd, y	0,3%	0,5%	0,4%	0,5%	0,0%	0,1%	0,0%
Mc, Rd, z	815,24	815,24	815,24	815,24	815,24	815,24	815,24



Mz / Mc,Rd, z	28,0%	9,2%	5,4%	9,2%	29,0%	25,2%	29,0%
T, Rd	11,44	11,44	11,44	11,44	11,44	11,44	11,44
Mx / T, Rd	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	8,1%	1,4%	0,7%	1,4%	8,4%	6,5%	8,4%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
VpL, T, Rd, y	386,49	386,44	386,41	386,44	386,50	386,50	386,50
T + Vy	8,0%	3,4%	1,9%	3,4%	8,1%	8,5%	8,1%
VpL, T, Rd, z	610,54	610,46	610,41	610,46	610,56	610,56	610,56
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1983,95	---	---	---	1983,95	1983,95	1983,95
Fx / Nb,Rd	2,8%	---	---	---	2,7%	2,6%	2,7%
lambda, red, y	0,737	---	---	---	0,737	0,737	0,737
lambda, red, z	0,162	---	---	---	0,162	0,162	0,162
Ji, y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	3840,01	---	---	---	3840,01	3840,01	3840,01
Ncr, z	79160,82	---	---	---	79160,82	79160,82	79160,82

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	815,24	815,24	815,24	815,24	815,24	815,24	815,24
Mz / Mb,Rd	28,0%	9,2%	5,4%	9,2%	29,0%	25,2%	29,0%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red, LT	0,695	0,695	0,695	0,695	0,695	0,695	0,695
Mcr	1774,24	1774,24	1774,24	1774,24	1774,24	1774,24	1774,24

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	29,0%	---	---	---	29,8%	25,9%	29,8%
EAE 35.3 (2)	18,7%	---	---	---	18,9%	16,7%	18,9%
k, yy	0,914	---	---	---	0,466	0,924	0,466
k, zz	0,933	---	---	---	0,934	0,921	0,934
k, yz	0,560	---	---	---	0,560	0,553	0,560
k, zy	0,549	---	---	---	0,280	0,554	0,280
cm, y	0,893	---	---	---	0,455	0,903	0,455
cm, z	0,934	---	---	---	0,935	0,922	0,935
cm, LT	0,934	---	---	---	0,935	0,922	0,935
N, Ed	54,58	---	---	---	53,21	51,17	53,21
M, Ed, y	0,29	---	---	---	0,02	-0,15	0,02
M, Ed, z	-228,14	---	---	---	-236,24	-205,63	-236,24

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,29
 Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
 Necesarios rigidizadores de alma a 134cm esp=21mm

DIAG. 3423 (HL-920x390) 1/lb:127,2cm/635,8cm

Acerero estructural S275
 Límite elástico : 2804 Kg/cm2
 Tensión de rotura : 4385 Kg/cm2
 Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,16; 0,74) B(1,000;0,993)
 Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm
 Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm
 ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)
 F. por confort V/H(+0,004;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,817
 F. por integridad V/H(+0,003;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,590
 F. por apariencia V/H(+0,000;-0,003) / (+0,000;+0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n TIPO COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0 Co	58(2)	0	-54,30	-0,00	0,21(0,21)	-190,42(-190,42)		-28,56	0,06-->	26,7%
1 Tr	94(2)	0	37,95	-0,00	-0,37(-0,37)	58,86(58,86)		11,98	-0,13-->	7,9%
2 Mx	3(2)	0	27,48	-0,01	-0,23(-0,23)	35,24(35,24)		6,90	-0,11-->	4,7%
3 My	94(2)	0	37,95	-0,00	-0,37(-0,37)	58,86(58,86)		11,98	-0,13-->	7,9%
4 Mz	72(2)	0	-52,92	0,00	-0,01(-0,01)	-197,76(-197,76)		-29,16	0,02-->	27,4%
5 V	70(2)	0	-50,83	-0,00	-0,11(-0,11)	-165,52(-165,52)		-30,26	-0,03-->	23,0%
6 Sm	72(2)	0	-52,92	0,00	-0,01(-0,01)	-197,76(-197,76)		-29,16	0,02-->	27,4%



APROVECHAMIENTO 0,27 (27,4%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
TÉRMINOS DE SECCIÓN							
Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	1933,21	1933,21	1933,21	1933,21	1933,21	1933,21	1933,21
Nc, Rd	1933,21	1933,21	1933,21	1933,21	1933,21	1933,21	1933,21
Fx / N, Rd	2,8%	2,0%	1,4%	2,0%	2,7%	2,6%	2,7%
Vc, Rd, y	361,56	361,56	361,56	361,56	361,56	361,56	361,56
Vy / Vc, Rd, y	7,9%	3,3%	1,9%	3,3%	8,1%	8,4%	8,1%
Vc, Rd, z	610,50	610,50	610,50	610,50	610,50	610,50	610,50
Vz / Vc, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc, Rd, y	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56
My / Mc, Rd, y	0,2%	0,4%	0,2%	0,4%	0,0%	0,1%	0,0%
Mc, Rd, z	742,17	742,17	742,17	742,17	742,17	742,17	742,17
Mz / Mc, Rd, z	25,7%	7,9%	4,7%	7,9%	26,6%	22,3%	26,6%
T, Rd	11,28	11,28	11,28	11,28	11,28	11,28	11,28
Mx / T, Rd	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	6,8%	1,0%	0,5%	1,0%	7,1%	5,1%	7,1%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	361,55	361,50	361,47	361,50	361,56	361,56	361,56
T + Vy	7,9%	3,3%	1,9%	3,3%	8,1%	8,4%	8,1%
Vpl, T, Rd, z	610,47	610,39	610,35	610,39	610,50	610,50	610,50
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	1933,21	---	---	---	1933,21	1933,21	1933,21
Fx / Nb, Rd	2,8%	---	---	---	2,7%	2,6%	2,7%
lambda, red, y	0,737	---	---	---	0,737	0,737	0,737
lambda, red, z	0,162	---	---	---	0,162	0,162	0,162
Ji, y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	3741,80	---	---	---	3741,80	3741,80	3741,80
Ncr, z	77136,27	---	---	---	77136,27	77136,27	77136,27

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	742,17	742,17	742,17	742,17	742,17	742,17	742,17
Mz / Mb, Rd	25,7%	7,9%	4,7%	7,9%	26,6%	22,3%	26,6%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red, LT	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680
Mcr	1684,30	1684,30	1684,30	1684,30	1684,30	1684,30	1684,30

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	26,7%	---	---	---	27,4%	23,0%	27,4%
EAE 35.3 (2)	17,2%	---	---	---	17,6%	14,9%	17,6%
k, yy	0,870	---	---	---	0,699	0,894	0,699
k, zz	0,926	---	---	---	0,927	0,910	0,927
k, yz	0,555	---	---	---	0,556	0,546	0,556
k, zy	0,522	---	---	---	0,419	0,537	0,419
cm, y	0,850	---	---	---	0,682	0,874	0,682
cm, z	0,927	---	---	---	0,928	0,911	0,928
cm, LT	0,927	---	---	---	0,928	0,911	0,928
N, Ed	54,30	---	---	---	52,92	50,83	52,92
M, Ed, y	0,21	---	---	---	-0,01	-0,11	-0,01
M, Ed, z	-190,42	---	---	---	-197,76	-165,52	-197,76

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,27



Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 125cm esp=21mm

DIAG. 3424 (HL-920x390) 1/lb:127,2cm/635,8cm

Acero estructural S275
Límite elástico : 2804 Kg/cm²
Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²
Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,16; 0,74) B(1,000;0,993)
Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm
Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm
ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)
F. por confort V/H(+0,003;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,817
F. por integridad V/H(+0,003;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,590
F. por apariencia V/H(+0,000;-0,003) / (+0,000;+0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	58(2)	0	-54,01	-0,00	0,13(	0,13)	-155,53(	-155,53)	-26,35	0,06-->	24,2%
1	Tr	94(2)	0	37,81	-0,00	-0,21(	-0,21)	44,30(	44,30)	10,92	-0,13-->	6,6%
2	Mx	3(2)	0	27,42	-0,01	-0,09(	-0,09)	26,81(	26,81)	6,36	-0,11-->	4,0%
3	My	93(2)	0	18,05	-0,00	-0,22(	-0,22)	9,87(	9,87)	3,30	-0,10-->	1,5%
4	Mz	72(2)	0	-52,63	0,00	-0,04(	-0,04)	-162,11(	-162,11)	-26,95	0,02-->	25,0%
5	V	70(2)	0	-50,50	-0,00	-0,08(	-0,08)	-128,71(	-128,71)	-27,67	-0,03-->	19,9%
6	Sm	72(2)	0	-52,63	0,00	-0,04(	-0,04)	-162,11(	-162,11)	-26,95	0,02-->	25,0%

APROVECHAMIENTO 0,25 (25,0%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1882,47	1882,47	1882,47	1882,47	1882,47	1882,47	1882,47
Nc,Rd	1882,47	1882,47	1882,47	1882,47	1882,47	1882,47	1882,47
Fx / N,Rd	2,9%	2,0%	1,5%	1,0%	2,8%	2,7%	2,8%
Vc,Rd,y	338,25	338,25	338,25	338,25	338,25	338,25	338,25
Vy / Vc,Rd,y	7,8%	3,2%	1,9%	1,0%	8,0%	8,2%	8,0%
Vc,Rd,z	610,43	610,43	610,43	610,43	610,43	610,43	610,43
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56
My / Mc,Rd,y	0,1%	0,2%	0,1%	0,2%	0,0%	0,1%	0,0%
Mc,Rd,z	670,93	670,93	670,93	670,93	670,93	670,93	670,93
Mz / Mc,Rd,z	23,2%	6,6%	4,0%	1,5%	24,2%	19,2%	24,2%
T,Rd	11,12	11,12	11,12	11,12	11,12	11,12	11,12
Mx / T,Rd	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	5,5%	0,6%	0,3%	0,2%	5,9%	3,8%	5,9%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	338,23	338,19	338,16	338,21	338,25	338,25	338,25
T + Vy	7,8%	3,2%	1,9%	1,0%	8,0%	8,2%	8,0%
Vpl,T,Rd,z	610,41	610,32	610,28	610,37	610,43	610,43	610,43
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1882,47	---	---	---	1882,47	1882,47	1882,47
Fx / Nb,Rd	2,9%	---	---	---	2,8%	2,7%	2,8%
lambda,red,y	0,737	---	---	---	0,737	0,737	0,737
lambda,red,z	0,162	---	---	---	0,162	0,162	0,162
Ji,y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	3643,59	---	---	---	3643,59	3643,59	3643,59



Ncr, z 75111,71 --- --- --- 75111,71 75111,71 75111,71

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	670,93	670,93	670,93	670,93	670,93	670,93	670,93
Mz / Mb,Rd	23,2%	6,6%	4,0%	1,5%	24,2%	19,2%	24,2%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,663	0,663	0,663	0,663	0,663	0,663	0,663
Mcr	1601,30	1601,30	1601,30	1601,30	1601,30	1601,30	1601,30

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	24,2%	---	---	---	25,0%	19,9%	25,0%
EAE 35.3 (2)	15,7%	---	---	---	16,1%	13,0%	16,1%
k,yy	0,773	---	---	---	0,841	0,839	0,841
k,zz	0,917	---	---	---	0,918	0,895	0,918
k,yz	0,550	---	---	---	0,551	0,537	0,551
k,zy	0,464	---	---	---	0,505	0,504	0,505
cm,y	0,754	---	---	---	0,821	0,820	0,821
cm,z	0,918	---	---	---	0,919	0,896	0,919
cm,LT	0,918	---	---	---	0,919	0,896	0,919
N,Ed	54,01	---	---	---	52,63	50,50	52,63
M,Ed,y	0,13	---	---	---	-0,04	-0,08	-0,04
M,Ed,z	-155,53	---	---	---	-162,11	-128,71	-162,11

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,24
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 3425 (HL-920x390) 1/lb:127,2cm/635,8cm

Aceero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm2

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm2

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,16; 0,74) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,003;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,003;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,002) / (+0,000;+0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	58(2)	0	-53,73	-0,00	0,05(	0,05)	-123,44(	-123,44)	-24,16	0,06-->	21,5%
1	Tr	94(2)	0	37,68	-0,00	-0,05(	-0,05)	31,10(	31,10)	9,85	-0,13-->	5,2%
2	Mx	3(2)	0	27,35	-0,01	0,04(	0,04)	19,08(	19,08)	5,80	-0,11-->	3,2%
3	My	92(2)	127	-9,12	0,00	-0,23(	-0,23)	45,65(	45,65)	-3,45	0,10-->	8,8%
4	Mz	73(2)	0	-46,08	-0,00	-0,05(	-0,05)	-134,46(	-134,46)	-20,27	0,07-->	23,2%
5	V	70(2)	0	-50,17	-0,00	-0,04(	-0,04)	-95,18(	-95,18)	-25,10	-0,03-->	16,6%
6	Sm	73(2)	0	-46,08	-0,00	-0,05(	-0,05)	-134,46(	-134,46)	-20,27	0,07-->	23,2%

APROVECHAMIENTO 0,23 (23,2%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	1	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1831,73	1831,73	1831,73	1781,06	1831,73	1831,73	1831,73
Nc,Rd	1831,73	1831,73	1831,73	1781,06	1831,73	1831,73	1831,73
Fx / N,Rd	2,9%	2,1%	1,5%	0,5%	2,5%	2,7%	2,5%
Vc,Rd,y	316,91	316,91	316,91	297,98	316,91	316,91	316,91
Vy / Vc,Rd,y	7,6%	3,1%	1,8%	1,2%	6,4%	7,9%	6,4%
Vc,Rd,z	610,37	610,37	610,37	610,30	610,37	610,37	610,37
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56
My / Mc,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,1%	0,0%	0,1%
Mc,Rd,z	601,58	601,58	601,58	534,27	601,58	601,58	601,58
Mz / Mc,Rd,z	20,5%	5,2%	3,2%	8,5%	22,4%	15,8%	22,4%



T, Rd	10,97	10,97	10,97	10,81	10,97	10,97	10,97
Mx / T, Rd	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	4,3%	0,3%	0,1%	1,0%	5,0%	2,5%	5,0%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	316,89	316,85	316,83	297,95	316,90	316,91	316,90
T + Vy	7,6%	3,1%	1,8%	1,2%	6,4%	7,9%	6,4%
Vpl, T, Rd, z	610,34	610,26	610,21	610,26	610,35	610,37	610,35
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	1831,73	---	---	1781,06	1831,73	1831,73	1831,73
Fx / Nb, Rd	2,9%	---	---	0,5%	2,5%	2,7%	2,5%
lambda, red, y	0,737	---	---	0,737	0,737	0,737	0,737
lambda, red, z	0,162	---	---	0,162	0,162	0,162	0,162
Ji, y	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	3545,38	---	---	3447,29	3545,38	3545,38	3545,38
Ncr, z	73087,15	---	---	71065,07	73087,15	73087,15	73087,15

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	601,58	601,58	601,58	534,27	601,58	601,58	601,58
Mz / Mb, Rd	20,5%	5,2%	3,2%	8,5%	22,4%	15,8%	22,4%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red, LT	0,643	0,643	0,643	0,620	0,643	0,643	0,643
Mcr	1526,44	1526,44	1526,44	1460,89	1526,44	1526,44	1526,44

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	21,5%	---	---	8,8%	23,2%	16,6%	23,2%
EAE 35.3 (2)	14,1%	---	---	5,6%	15,0%	11,0%	15,0%
k, yy	0,410	---	---	0,786	0,764	0,697	0,764
k, zz	0,904	---	---	0,955	0,925	0,872	0,925
k, yz	0,542	---	---	0,573	0,555	0,523	0,555
k, zy	0,246	---	---	0,472	0,458	0,418	0,458
cm, y	0,400	---	---	0,782	0,747	0,681	0,747
cm, z	0,905	---	---	0,955	0,926	0,873	0,926
cm, LT	0,905	---	---	0,955	0,926	0,873	0,926
N, Ed	53,73	---	---	9,12	46,08	50,17	46,08
M, Ed, y	0,05	---	---	-0,23	-0,05	-0,04	-0,05
M, Ed, z	-123,44	---	---	45,65	-134,46	-95,18	-134,46

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,22

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 3426 (HL-920x390) 1/lb:127,2cm/635,8cm

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm2

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm2

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,16; 0,74) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,004;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,003;-0,005) / (+0,000;-0,000) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,002) / (+0,000;+0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	58(2)	127	-53,46	-0,00	-0,03(	-0,03)	94,08(	94,08)	-21,99	-0,06-->	18,6%
1	Tr	94(2)	127	37,54	-0,00	0,11(	0,11)	-19,25(	-19,25)	8,76	0,13-->	3,6%
2	Mx	3(2)	0	27,20	-0,01	0,31(	0,31)	-5,82(	-5,82)	4,61	0,11-->	1,6%
3	My	92(2)	0	-8,98	0,00	-0,36(	-0,36)	-49,33(	-49,33)	-2,34	-0,10-->	11,0%
4	Mz	73(2)	127	-45,88	-0,00	-0,15(	-0,15)	109,64(	109,64)	-18,74	-0,07-->	21,5%
5	V	72(2)	127	-52,07	0,00	-0,10(	-0,10)	99,14(	99,14)	-22,59	-0,03-->	19,5%
6	Sm	73(2)	127	-45,88	-0,00	-0,15(	-0,15)	109,64(	109,64)	-18,74	-0,07-->	21,5%

APROVECHAMIENTO 0,21 (21,5%)



ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
TÉRMINOS DE SECCIÓN							
Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	1	1	0	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1780,93	1780,93	1723,87	1723,87	1780,93	1780,93	1780,93
Nc,Rd	1780,93	1780,93	1723,87	1723,87	1780,93	1780,93	1780,93
Fx / N,Rd	3,0%	2,1%	1,6%	0,5%	2,6%	2,9%	2,6%
Vc,Rd,y	297,94	297,94	281,90	281,90	297,94	297,94	297,94
Vy / Vc,Rd,y	7,4%	2,9%	1,6%	0,8%	6,3%	7,6%	6,3%
Vc,Rd,z	610,30	610,30	607,85	607,85	610,30	610,30	610,30
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	100,56	100,56	99,86	99,86	100,56	100,56	100,56
My / Mc,Rd,y	0,0%	0,1%	0,3%	0,4%	0,1%	0,1%	0,1%
Mc,Rd,z	534,11	534,11	466,18	466,18	534,11	534,11	534,11
Mz / Mc,Rd,z	17,6%	3,6%	1,2%	10,6%	20,5%	18,6%	20,5%
T,Rd	10,81	10,81	9,73	9,73	10,81	10,81	10,81
Mx / T,Rd	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	3,1%	0,2%	0,3%	1,5%	4,4%	3,5%	4,4%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	297,92	297,88	281,82	281,88	297,93	297,93	297,93
T + Vy	7,4%	2,9%	1,6%	0,8%	6,3%	7,6%	6,3%
Vpl,T,Rd,z	610,28	610,19	607,68	607,80	610,28	610,30	610,28
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1780,93	---	---	1723,87	1780,93	1780,93	1780,93
Fx / Nb,Rd	3,0%	---	---	0,5%	2,6%	2,9%	2,6%
lambda, red,y	0,737	---	---	0,737	0,737	0,737	0,737
lambda, red,z	0,162	---	---	0,162	0,162	0,162	0,162
Ji,y	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	3447,05	---	---	3336,60	3447,05	3447,05	3447,05
Ncr,z	71060,12	---	---	68783,16	71060,12	71060,12	71060,12

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	534,11	534,11	466,18	466,18	534,11	534,11	534,11
Mz / Mb,Rd	17,6%	3,6%	1,2%	10,6%	20,5%	18,6%	20,5%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,620	0,620	0,595	0,595	0,620	0,620	0,620
Mcr	1460,70	1460,70	1380,57	1380,57	1460,70	1460,70	1460,70

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	18,6%	---	---	11,0%	21,5%	19,5%	21,5%
EAE 35.3 (2)	12,4%	---	---	7,0%	14,0%	12,9%	14,0%
k,yy	0,730	---	---	0,863	0,864	0,927	0,864
k,zz	0,886	---	---	0,970	0,916	0,889	0,916
k,yz	0,532	---	---	0,582	0,549	0,533	0,549
k,zy	0,438	---	---	0,518	0,519	0,556	0,519
cm,y	0,711	---	---	0,859	0,845	0,904	0,845
cm,z	0,887	---	---	0,970	0,917	0,890	0,917
cm,LT	0,887	---	---	0,970	0,917	0,890	0,917
N,Ed	53,46	---	---	8,98	45,88	52,07	45,88
M,Ed,y	-0,03	---	---	-0,36	-0,15	-0,10	-0,15
M,Ed,z	94,08	---	---	-49,33	109,64	99,14	109,64

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,21
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma



DIAG. 3427 (HL-920x390) 1/lb:127,2cm/635,8cm

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,16; 0,74) β(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): β: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): β: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,003;-0,004) / (+0,000;-0,001) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,003;-0,004) / (+0,000;-0,001) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,003) / (+0,000;+0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	58(2)	0	-54,15	0,00	0,04(	0,04)	-101,02(	-101,02)	-28,92	-0,00-->	13,4%
1	Tr	94(2)	0	37,96	0,01	0,49(	0,49)	65,77(	65,77)	12,56	0,11-->	8,1%
2	Mx	38(2)	0	15,83	0,01	0,71(	0,71)	-0,06(	-0,06)	0,22	0,16-->	0,8%
3	My	79(2)	0	8,50	0,01	0,80(	0,80)	-20,36(	-20,36)	-4,44	0,18-->	2,5%
4	Mz	62(2)	0	-40,02	-0,00	-0,16(	-0,16)	-193,06(	-193,06)	-23,73	-0,05-->	24,3%
5	V	56(2)	0	-52,01	0,00	0,57(	0,57)	-151,79(	-151,79)	-29,97	0,12-->	19,7%
6	Sm	61(2)	0	-49,85	0,00	0,18(	0,18)	-191,92(	-191,92)	-29,11	0,03-->	24,4%

APROVECHAMIENTO 0,24 (24,4%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	1	1	1	1	1
Alma clase	2	1	0	1	1	2	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95
Nc,Rd	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95	1983,95
Fx / N,Rd	2,7%	1,9%	0,8%	0,4%	2,0%	2,6%	2,5%
Vc,Rd,y	386,50	386,50	386,50	386,50	386,50	386,50	386,50
Vy / Vc,Rd,y	7,5%	3,2%	0,1%	1,1%	6,1%	7,8%	7,5%
Vc,Rd,z	610,56	610,56	610,56	610,56	610,56	610,56	610,56
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56
My / Mc,Rd,y	0,0%	0,5%	0,7%	0,8%	0,2%	0,6%	0,2%
Mc,Rd,z	815,24	815,24	815,24	815,24	815,24	815,24	815,24
Mz / Mc,Rd,z	12,4%	8,1%	0,0%	2,5%	23,7%	18,6%	23,5%
T,Rd	11,44	11,44	11,44	11,44	11,44	11,44	11,44
Mx / T,Rd	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	1,6%	1,1%	0,7%	0,9%	5,8%	4,0%	5,7%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	386,44	386,42	386,39	386,40	386,48	386,45	386,50
T + Vy	7,5%	3,2%	0,1%	1,1%	6,1%	7,8%	7,5%
Vpl,T,Rd,z	610,46	610,43	610,38	610,39	610,53	610,47	610,55
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1983,95	---	---	---	1983,95	1983,95	1983,95
Fx / Nb,Rd	2,7%	---	---	---	2,0%	2,6%	2,5%
lambda,red,y	0,737	---	---	---	0,737	0,737	0,737
lambda,red,z	0,162	---	---	---	0,162	0,162	0,162
Ji,y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	3839,83	---	---	---	3839,83	3839,83	3839,83
Ncr,z	79160,82	---	---	---	79160,82	79160,82	79160,82

PANDEO LATERAL



Mb,Rd	815,24	815,24	815,24	815,24	815,24	815,24	815,24
Mz / Mb,Rd	12,4%	8,1%	0,0%	2,5%	23,7%	18,6%	23,5%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,695	0,695	0,695	0,695	0,695	0,695	0,695
Mcr	1774,24	1774,24	1774,24	1774,24	1774,24	1774,24	1774,24

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	13,4%	---	---	---	24,3%	19,7%	24,4%
EAE 35.3 (2)	9,2%	---	---	---	15,5%	13,2%	15,7%
k,yy	0,989	---	---	---	0,864	0,916	0,941
k,zz	0,861	---	---	---	0,939	0,903	0,925
k,yz	0,517	---	---	---	0,563	0,542	0,555
k,zy	0,593	---	---	---	0,518	0,550	0,564
cm,y	0,966	---	---	---	0,849	0,895	0,921
cm,z	0,862	---	---	---	0,940	0,904	0,926
cm,LT	0,862	---	---	---	0,940	0,904	0,926
N,Ed	54,15	---	---	---	40,02	52,01	49,85
M,Ed,y	0,04	---	---	---	-0,16	0,57	0,18
M,Ed,z	-101,02	---	---	---	-193,06	-151,79	-191,92

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,24

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

Necesarios rigidizadores de alma a 134cm esp=21mm

DIAG. 3428 (HL-920x390) l/lb:127,2cm/635,8cm

Aceero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm2

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm2

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,16; 0,74) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,003;-0,004) / (+0,000;-0,001) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,003;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,002) / (+0,000;+0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n TIPO COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(Myl)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0 Co	58(2)	0	-53,81	0,00	0,04(0,04)	-66,08(-66,08)	-26,05	-0,00-->	10,0%	
1 Tr	94(2)	0	37,83	0,01	0,34(0,34)	50,47(50,47)	11,51	0,11-->	6,8%	
2 Mx	38(2)	0	15,84	0,01	0,50(0,50)	-0,36(-0,36)	0,26	0,16-->	0,8%	
3 My	79(2)	0	8,56	0,01	0,58(0,58)	-14,99(-14,99)	-4,00	0,18-->	2,0%	
4 Mz	62(2)	0	-39,82	-0,00	-0,10(-0,10)	-163,92(-163,92)	-22,12	-0,05-->	22,7%	
5 V	56(2)	0	-51,70	0,00	0,42(0,42)	-115,36(-115,36)	-27,35	0,12-->	16,6%	
6 Sm	62(2)	0	-39,82	-0,00	-0,10(-0,10)	-163,92(-163,92)	-22,12	-0,05-->	22,7%	

APROVECHAMIENTO 0,23 (22,7%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	0	1	1	1	1
Alma clase	2	1	0	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1933,21	1933,21	1933,21	1933,21	1933,21	1933,21	1933,21
Nc,Rd	1933,21	1933,21	1933,21	1933,21	1933,21	1933,21	1933,21
Fx / N,Rd	2,8%	2,0%	0,8%	0,4%	2,1%	2,7%	2,1%
Vc,Rd,y	361,56	361,56	361,56	361,56	361,56	361,56	361,56
Vy / Vc,Rd,y	7,2%	3,2%	0,1%	1,1%	6,1%	7,6%	6,1%
Vc,Rd,z	610,50	610,50	610,50	610,50	610,50	610,50	610,50
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56
My / Mc,Rd,y	0,0%	0,3%	0,5%	0,6%	0,1%	0,4%	0,1%
Mc,Rd,z	742,17	742,17	742,17	742,17	742,17	742,17	742,17
Mz / Mc,Rd,z	8,9%	6,8%	0,0%	2,0%	15,5%	22,1%	22,1%
T,Rd	11,28	11,28	11,28	11,28	11,28	11,28	11,28
Mx / T,Rd	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%



ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	0,8%	0,8%	0,5%	0,6%	5,0%	2,8%	5,0%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	361,50	361,49	361,46	361,46	361,54	361,51	361,54
T + Vy	7,2%	3,2%	0,1%	1,1%	6,1%	7,6%	6,1%
Vpl,T,Rd,z	610,39	610,37	610,32	610,32	610,46	610,40	610,46
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1933,21	---	---	---	1933,21	1933,21	1933,21
Fx / Nb,Rd	2,8%	---	---	---	2,1%	2,7%	2,1%
lambda, red,y	0,737	---	---	---	0,737	0,737	0,737
lambda, red,z	0,162	---	---	---	0,162	0,162	0,162
Ji,y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	3741,63	---	---	---	3741,63	3741,63	3741,63
Ncr,z	77136,27	---	---	---	77136,27	77136,27	77136,27

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	742,17	742,17	742,17	742,17	742,17	742,17	742,17
Mz / Mb,Rd	8,9%	6,8%	0,0%	2,0%	22,1%	15,5%	22,1%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680	0,680
Mcr	1684,30	1684,30	1684,30	1684,30	1684,30	1684,30	1684,30

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	10,0%	---	---	---	22,7%	16,6%	22,7%
EAE 35.3 (2)	7,2%	---	---	---	14,5%	11,3%	14,5%
k,yy	0,985	---	---	---	0,766	0,877	0,766
k,zz	0,810	---	---	---	0,933	0,884	0,933
k,yz	0,486	---	---	---	0,560	0,531	0,560
k,zy	0,591	---	---	---	0,460	0,526	0,460
cm,y	0,962	---	---	---	0,752	0,857	0,752
cm,z	0,811	---	---	---	0,934	0,885	0,934
cm,LT	0,811	---	---	---	0,934	0,885	0,934
N,Ed	53,81	---	---	---	39,82	51,70	39,82
M,Ed,y	0,04	---	---	---	-0,10	0,42	-0,10
M,Ed,z	-66,08	---	---	---	-163,92	-115,36	-163,92

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,22
Cumple Pandeo local (abolladura) del alma
Necesarios rigidizadores de alma a 125cm esp=21mm

DIAG. 3429 (HL-920x390) 1/lb:127,2cm/635,8cm

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm²

Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,16; 0,74) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,004;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,003;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,002) / (+0,000;+0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n TIPO COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0 Co	58(2)	0	-53,46	0,00	0,05(0,05)	-34,77(-34,77)	-23,20	-0,00-->	8,8%	
1 Tr	94(2)	0	37,70	0,01	0,20(0,20)	36,50(36,50)	10,45	0,11-->	5,4%	
2 Mx	38(2)	0	15,84	0,01	0,30(0,30)	-0,71(-0,71)	0,28	0,16-->	0,8%	
3 My	78(2)	0	-19,27	0,01	0,36(0,36)	-42,54(-42,54)	-14,29	0,17-->	6,5%	
4 Mz	62(2)	0	-39,63	-0,00	-0,04(-0,04)	-136,81(-136,81)	-20,54	-0,05-->	21,0%	
5 V	56(2)	0	-51,38	0,00	0,27(0,27)	-82,25(-82,25)	-24,75	0,12-->	13,3%	
6 Sm	62(2)	0	-39,63	-0,00	-0,04(-0,04)	-136,81(-136,81)	-20,54	-0,05-->	21,0%	

APROVECHAMIENTO 0,21 (21,0%)



ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n 0 1 2 3 4 5 6

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	0	1	1	1	1
Alma clase	3	1	0	1	1	1	1

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1882,47	1882,47	1882,47	1882,47	1882,47	1882,47	1882,47
Nc,Rd	1882,47	1882,47	1882,47	1882,47	1882,47	1882,47	1882,47
Fx / N,Rd	2,8%	2,0%	0,8%	1,0%	2,1%	2,7%	2,1%
Vc,Rd,y	338,25	338,25	338,25	338,25	338,25	338,25	338,25
Vy / Vc,Rd,y	6,9%	3,1%	0,1%	4,2%	6,1%	7,3%	6,1%
Vc,Rd,z	610,43	610,43	610,43	610,43	610,43	610,43	610,43
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	86,33	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56
My / Mc,Rd,y	0,1%	0,2%	0,3%	0,4%	0,0%	0,3%	0,0%
Mc,Rd,z	590,01	670,93	670,93	670,93	670,93	670,93	670,93
Mz / Mc,Rd,z	5,9%	5,4%	0,1%	6,3%	20,4%	12,3%	20,4%
T,Rd	11,12	11,12	11,12	11,12	11,12	11,12	11,12
Mx / T,Rd	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	8,8%	0,5%	0,3%	0,8%	4,2%	1,8%	4,2%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl,T,Rd,y	338,19	338,17	338,15	338,17	338,23	338,20	338,23
T + Vy	6,9%	3,1%	0,1%	4,2%	6,1%	7,3%	6,1%
Vpl,T,Rd,z	610,33	610,30	610,25	610,30	610,39	610,34	610,39
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb,Rd	1882,47	---	---	1882,47	1882,47	1882,47	1882,47
Fx / Nb,Rd	2,8%	---	---	1,0%	2,1%	2,7%	2,1%
lambda, red,y	0,737	---	---	0,737	0,737	0,737	0,737
lambda, red,z	0,162	---	---	0,162	0,162	0,162	0,162
Ji,y	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji,z	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr,y	3643,42	---	---	3643,42	3643,42	3643,42	3643,42
Ncr,z	75111,70	---	---	75111,70	75111,70	75111,70	75111,70

PANDEO LATERAL

Mb,Rd	590,01	670,93	670,93	670,93	670,93	670,93	670,93
Mz / Mb,Rd	5,9%	5,4%	0,1%	6,3%	20,4%	12,3%	20,4%
Ji,LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red,LT	0,622	0,663	0,663	0,663	0,663	0,663	0,663
Mcr	1601,30	1601,30	1601,30	1601,30	1601,30	1601,30	1601,30

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	6,9%	---	---	6,5%	21,0%	13,3%	21,0%
EAE 35.3 (2)	6,1%	---	---	4,5%	13,4%	9,2%	13,4%
k,yy	0,971	---	---	0,771	0,407	0,796	0,407
k,zz	0,684	---	---	0,838	0,926	0,854	0,926
k,yz	0,547	---	---	0,503	0,556	0,513	0,556
k,zy	0,971	---	---	0,463	0,244	0,478	0,244
cm,y	0,959	---	---	0,764	0,400	0,778	0,400
cm,z	0,682	---	---	0,838	0,927	0,855	0,927
cm,LT	0,682	---	---	0,838	0,927	0,855	0,927
N,Ed	53,46	---	---	19,27	39,63	51,38	39,63
M,Ed,y	0,05	---	---	0,36	-0,04	0,27	-0,04
M,Ed,z	-34,77	---	---	-42,54	-136,81	-82,25	-136,81

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb,Rd= 0,20

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma



DIAG. 3430 (HL-920x390) 1/lb:127,2cm/635,8cm

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm²Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²

Cálculo de 2° orden : X: 0,76 Lambda(0,16; 0,74) β(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): β: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): β: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,004;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,004;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,590

F. por apariencia V/H(+0,000;-0,001) / (+0,000;+0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X (cm)	Fx (T)	Mx (mT)	My (mT)	(My1)	Mz (mT)	(Mz1)	Vy (T)	Vz (T)	%
0	Co	58(2)	0	-53,12	0,00	0,05(	0,05)	-7,07(	-7,07)	-20,37	-0,00-->	6,4%
1	Tr	94(2)	0	37,57	0,01	0,06(	0,06)	23,88(	23,88)	9,38	0,11-->	4,0%
2	Mx	38(2)	0	15,84	0,01	0,09(	0,09)	-1,06(	-1,06)	0,27	0,16-->	0,9%
3	My	90(2)	127	-16,18	0,00	0,15(	0,15)	68,53(	68,53)	-1,53	-0,16-->	13,6%
4	Mz	62(2)	0	-39,44	-0,00	0,02(	0,02)	-111,71(	-111,71)	-18,97	-0,05-->	19,2%
5	V	61(2)	0	-49,03	0,00	0,07(	0,07)	-93,69(	-93,69)	-22,44	0,03-->	16,5%
6	Sm	62(2)	0	-39,44	-0,00	0,02(	0,02)	-111,71(	-111,71)	-18,97	-0,05-->	19,2%

APROVECHAMIENTO 0,19 (19,2%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	0	1	1	1	1
Alma clase	4	1	0	1	1	1	1
Ax,eff (cm ²)	514,61	---	---	---	---	---	---
Ay,eff	205,53	---	---	---	---	---	---
Az,eff	204,96	---	---	---	---	---	---
Wx,eff (cm ³)	460,68	---	---	---	---	---	---
Wy,eff	2152,08	---	---	---	---	---	---
Wz,eff	20338,12	---	---	---	---	---	---
Ix,eff (cm ⁴)	1686,09	---	---	---	---	---	---
Iy,eff	45193,68	---	---	---	---	---	---
Iz,eff	1196467,63	---	---	---	---	---	---
eN,y (cm)	-7,54	---	---	---	---	---	---
eN,z	-0,00	---	---	---	---	---	---

ESFUERZOS SIMPLES

Nt,Rd	1831,73	1831,73	1831,73	1781,06	1831,73	1831,73	1831,73
Nc,Rd	1374,32	1831,73	1831,73	1781,06	1831,73	1831,73	1831,73
Fx / N,Rd	3,9%	2,1%	0,9%	0,9%	2,2%	2,7%	2,2%
Vc,Rd,y	316,91	316,91	316,91	297,98	316,91	316,91	316,91
Vy / Vc,Rd,y	6,4%	3,0%	0,1%	0,5%	6,0%	7,1%	6,0%
Vc,Rd,z	610,37	610,37	610,37	610,30	610,37	610,37	610,37
Vz / Vc,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc,Rd,y	57,47	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56	100,56
My / Mc,Rd,y	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%
Mc,Rd,z	543,15	601,58	601,58	534,27	601,58	601,58	601,58
Mz / Mc,Rd,z	1,3%	4,0%	0,2%	12,8%	18,6%	15,6%	18,6%
T,Rd	10,97	10,97	10,97	10,81	10,97	10,97	10,97
Mx / T,Rd	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv,Rd,y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv,Rd,y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv,Rd,z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv,Rd,z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	4,5%	0,2%	0,1%	1,8%	3,5%	2,5%	3,5%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
VpL,T,Rd,y	316,85	316,84	316,81	297,94	316,89	316,90	316,89
T + Vy	6,4%	3,0%	0,1%	0,5%	6,0%	7,1%	6,0%
VpL,T,Rd,z	610,26	610,23	610,18	610,23	610,33	610,36	610,33
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO



Nb, Rd	1374,32	---	---	1781,06	1831,73	1831,73	1831,73
Fx / Nb, Rd	3,9%	---	---	0,9%	2,2%	2,7%	2,2%
lambda, red, y	0,638	---	---	0,737	0,737	0,737	0,737
lambda, red, z	0,141	---	---	0,162	0,162	0,162	0,162
Ji, y	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	---	1,000	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	3545,22	---	---	3447,14	3545,22	3545,22	3545,22
Ncr, z	73087,16	---	---	71065,08	73087,16	73087,16	73087,16

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	543,15	601,58	601,58	534,27	601,58	601,58	601,58
Mz / Mb, Rd	0,6%	4,0%	0,2%	12,8%	18,6%	15,6%	18,6%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red, LT	0,668	0,643	0,643	0,620	0,643	0,643	0,643
Mcr	1277,88	1526,44	1526,44	1460,89	1526,44	1526,44	1526,44

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	4,2%	---	---	13,6%	19,2%	16,5%	19,2%
EAE 35.3 (2)	4,2%	---	---	8,6%	12,4%	11,0%	12,4%
k, yy	0,972	---	---	0,456	0,726	0,829	0,726
k, zz	0,435	---	---	0,984	0,917	0,883	0,917
k, yz	0,348	---	---	0,590	0,550	0,530	0,550
k, zy	0,972	---	---	0,274	0,436	0,497	0,436
cm, y	0,958	---	---	0,452	0,713	0,810	0,713
cm, z	0,434	---	---	0,984	0,917	0,884	0,917
cm, LT	0,434	---	---	0,984	0,917	0,884	0,917
N, Ed	53,12	---	---	16,18	39,44	49,03	39,44
M, Ed, y	0,05	---	---	0,15	0,02	0,07	0,02
M, Ed, z	-7,07	---	---	68,53	-111,71	-93,69	-111,71

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,19

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

DIAG. 3431 (HL-920x390) 1/lb:127,2cm/635,8cm

Acero estructural S275

Límite elástico : 2804 Kg/cm²Tensión de rotura : 4385 Kg/cm²

Cálculo de 2º orden : X: 0,76 Lambda(0,16; 0,74) B(1,000;0,993)

Pandeo lateral (Yp+/Zp+): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

Pandeo lateral (Yp-/Zp-): B: 1,00 Lcr,LT: 636cm

ALAS CLASE:1 ALMA CLASE:1 (n=6)

F. por confort V/H(+0,004;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,817

F. por integridad V/H(+0,004;-0,004) / (+0,000;-0,000) < +1,590

F. por apariencia V/H(-0,000;-0,000) / (+0,000;-0,000) < +2,120

COMBINACIONES PRINCIPALES

n	TIPO	COMB.	X(cm)	Fx(T)	Mx(mT)	My(mT)	(My1)	Mz(mT)	(Mz1)	Vy(T)	Vz(T)	%
0	Co	58(2)	127	-52,78	0,00	0,06(	0,06)	-17,08(	-17,08)	-17,56	0,01-->	8,3%
1	Tr	94(2)	127	37,44	0,01	-0,09(	-0,09)	-12,63(	-12,63)	8,29	-0,11-->	2,8%
2	Mx	38(2)	0	15,83	0,01	-0,31(	-0,31)	1,64(	1,64)	0,18	-0,16-->	0,9%
3	My	96(2)	0	37,26	0,00	0,37(	0,37)	-2,70(	-2,70)	7,18	0,18-->	2,5%
4	Mz	62(2)	127	-39,25	-0,00	0,09(	0,09)	88,54(	88,54)	-17,43	0,05-->	17,2%
5	V	61(2)	127	-48,77	0,00	0,04(	0,04)	66,52(	66,52)	-20,26	-0,03-->	13,4%
6	Sm	62(2)	127	-39,25	-0,00	0,09(	0,09)	88,54(	88,54)	-17,43	0,05-->	17,2%

APROVECHAMIENTO 0,17 (17,2%)

ESFUERZOS ULTIMOS - COEFICIENTES (T) (mT)

n	0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---	---

TÉRMINOS DE SECCIÓN

Alas clase	1	1	0	0	1	1	1
Alma clase	4	1	0	0	1	1	1
Ax,eff (cm2)	510,78	---	---	---	---	---	---
Ay,eff	193,23	---	---	---	---	---	---
Az,eff	204,96	---	---	---	---	---	---
Wx,eff (cm3)	459,10	---	---	---	---	---	---
Wy,eff	2152,08	---	---	---	---	---	---
Wz,eff	18687,76	---	---	---	---	---	---
Ix,eff (cm4)	1680,29	---	---	---	---	---	---



Iy, eff	45193,68	---	---	---	---	---	---
Iz, eff	996145,38	---	---	---	---	---	---
eN, y (cm)	8,19	---	---	---	---	---	---
eN, z	-0,00	---	---	---	---	---	---

ESFUERZOS SIMPLES

Nt, Rd	1780,93	1780,93	1723,87	1723,87	1780,93	1780,93	1780,93
Nc, Rd	1364,09	1780,93	1723,87	1723,87	1780,93	1780,93	1780,93
Fx / N, Rd	3,9%	2,1%	0,9%	2,2%	2,2%	2,7%	2,2%
Vc, Rd, y	297,94	297,94	281,90	281,90	297,94	297,94	297,94
Vy / Vc, Rd, y	5,9%	2,8%	0,1%	2,5%	5,9%	6,8%	5,9%
Vc, Rd, z	610,30	610,30	607,85	607,85	610,30	610,30	610,30
Vz / Vc, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mc, Rd, y	57,47	100,56	99,86	99,86	100,56	100,56	100,56
My / Mc, Rd, y	0,1%	0,1%	0,3%	0,4%	0,1%	0,0%	0,1%
Mc, Rd, z	499,07	534,11	466,18	466,18	534,11	534,11	534,11
Mz / Mc, Rd, z	3,4%	2,4%	0,4%	0,6%	16,6%	12,5%	16,6%
T, Rd	10,81	10,81	9,73	9,73	10,81	10,81	10,81
Mx / T, Rd	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

ESFUERZOS COMBINADOS

Mv, Rd, y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
My / Mv, Rd, y	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mv, Rd, z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mz / Mv, Rd, z	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
N + M	8,3%	0,1%	0,3%	0,4%	2,8%	1,6%	2,8%
N + M + V	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vpl, T, Rd, y	297,88	297,87	281,80	281,89	297,92	297,93	297,92
T + Vy	5,9%	2,8%	0,1%	2,5%	5,9%	6,8%	5,9%
Vpl, T, Rd, z	610,19	610,17	607,64	607,82	610,26	610,29	610,26
T + Vz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

INESTABILIDAD - PANDEO

Nb, Rd	1364,09	---	---	---	1780,93	1780,93	1780,93
Fx / Nb, Rd	3,9%	---	---	---	2,2%	2,7%	2,2%
lambda, red, y	0,645	---	---	---	0,737	0,737	0,737
lambda, red, z	0,142	---	---	---	0,162	0,162	0,162
Ji, y	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ji, z	1,000	---	---	---	1,000	1,000	1,000
Ncr, y	3446,90	---	---	---	3446,90	3446,90	3446,90
Ncr, z	71060,12	---	---	---	71060,12	71060,12	71060,12

PANDEO LATERAL

Mb, Rd	499,07	534,11	466,18	466,18	534,11	534,11	534,11
Mz / Mb, Rd	4,3%	2,4%	0,4%	0,6%	16,6%	12,5%	16,6%
Ji, LT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
lambda, red, LT	0,654	0,620	0,595	0,595	0,620	0,620	0,620
Mcr	1226,84	1460,70	1380,57	1380,57	1460,70	1460,70	1460,70

COMPRESIÓN Y FLEXIÓN CON PANDEO

EAE 35.3 (1)	7,3%	---	---	---	17,2%	13,4%	17,2%
EAE 35.3 (2)	6,7%	---	---	---	11,3%	9,1%	11,3%
k, yY	0,972	---	---	---	0,849	0,661	0,849
k, zZ	0,784	---	---	---	0,904	0,853	0,904
k, yZ	0,627	---	---	---	0,542	0,512	0,542
k, zY	0,972	---	---	---	0,509	0,396	0,509
cm, y	0,958	---	---	---	0,833	0,645	0,833
cm, z	0,782	---	---	---	0,904	0,854	0,904
cm, LT	0,782	---	---	---	0,904	0,854	0,904
N, Ed	52,78	---	---	---	39,25	48,77	39,25
M, Ed, y	0,06	---	---	---	0,09	0,04	0,09
M, Ed, z	-17,08	---	---	---	88,54	66,52	88,54

Cumple Pandeo Lateral-Torsional Mzd/Mb, Rd= 0,17

Cumple Pandeo local (abolladura) del alma

TOMO II

CÁLCULO ESTRUCTURA

6.- RESISTENCIA DE LAS SECCIONES Y COMPROBACIÓN A PANDEO. (Pórtico 9)

6.2.- COMPROBACIÓN DIRECTA

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> TOMO II CÁLCULO ESTRUCTURA	FORMATO: A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N°:</u> CE-159



INTRODUCCIÓN

Vamos a realizar la comprobación directa de los elementos del pórtico 9 (el más desfavorable). En el apartado 6.1. anterior presentábamos el listado de comprobación que da el programa. Éste debe coincidir en las comprobaciones de resistencia, pero en las comprobaciones a pandeo es más correcto el que vamos a realizar en este apartado.

Realizaremos la comprobación de los siguientes elementos:

- Pilar C: HL 920x449 (el pilar A es el mismo perfil y está menos solicitado)
- Pilar B: HL 920x344
- Dintel BC: HL 920x420
- Dintel AB: HL 920x 390

Las combinaciones que vamos a considerar son las indicadas en las páginas CE-52,53,54 Y 55 (leyes de axiles , momentos flectores z y cortante y):

- Compresión máxima en pilares y dinteles: CALC C2I Combinación Nº 61
- Flector z máximo en dinteles : CALC C2I Combinación Nº 70
- Flector z máximo en cabeza (y en todo el pilar) de pilares: CALC C2I Combinación Nº 56
- Flector z máximo en arranque de pilares: CALC C1V Combinación Nº 26

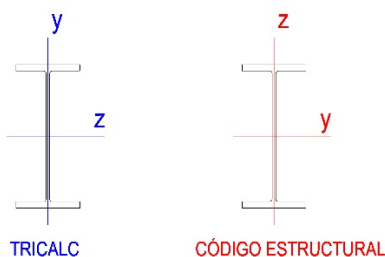
Realizaremos las siguientes comprobaciones para cada elemento:

- Comprobación de resistencia de las secciones (agotamiento por plastificación): analizaremos la combinación de axil máximo y la combinación de flector máximo. Las características mecánicas se han calculado en el apéndice 7. La clase de sección se determina en el apéndice 8. En el apéndice 2 se detalla el cálculo de secciones elásticas y plásticas.
- Comprobación de resistencia a pandeo del elemento (no hemos contemplado las imperfecciones iniciales locales en el cálculo de esfuerzos.=Análisis global): Analizaremos :
 - Pandeo por compresión:
 - Flexión eje fuerte (z): pandeo en el plano del pórtico
 - Flexión eje débil (y) : pandeo en el plano perpendicular al pórtico
 - Torsión (al ser secciones doblemente simétricas, el pandeo por flexión y torsión están desacoplados).
 - Pandeo por flexión (vuelco lateral).
 - Pandeo por compresión y flexión.

Respecto al cálculo a pandeo por compresión, relativo a los coeficientes β de pandeo:

- En pilares: Al haber realizado un cálculo de esfuerzos en 2º orden (y haber considerado la imperfección global) los coeficientes β de pandeo a utilizar son los relativos al modo INTRASLACIONAL (los hemos calculado por el método de Wood, en el apéndice 6). Además, en el eje débil, la estructura está arriostrada.
- En los dinteles:
 - En el plano del pórtico (flexión eje fuerte z) utilizaremos los coeficientes β de pandeo TRASLACIONAL calculados en el apéndice 1 ($\beta=1$ en el dintel BC y $\beta=1,44$ en el dintel AB).
 - En el plano perpendicular al pórtico (flexión eje débil) tomaremos como longitudes de pandeo la distancia entre secciones arriostradas.

NOTA: Los ejes principales de inercia utilizados en el programa de cálculo TRICALC y los utilizados en el Código Estructural no son los mismos. En todas las comprobaciones, los ejes indicados serán los correspondientes a los usados en el programa de cálculo (hay que tener cuidado en las fórmulas de interacción).





PILAR C .Barra 45 (Nudo I=39 Nudo F=197). Barra 338 (Nudo I=197 Nudo F=420). HL 920x449

1.-COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA (PLASTIFICACIÓN DE SECCIONES)

1.1. EMPOTRAMIENTO (Nudo 39)

DATOS SECCIÓN:(ver pg CE-AP7-5)

h (mm)= 948 $hw=862,6$ ($hw/tw=35,94 < 72\varepsilon/\eta=57,6 \Rightarrow$ No hace falta comprobar abolladura alma)

b (mm)= 423

tw (mm)= 24,0

t_f (mm)= 42,7 (al ser mayor de 40 mm $\Rightarrow f_y=2.600 \text{ kp/cm}^2=255 \text{ N/mm}^2 \neq 275 \text{ N/mm}^2$)

A (cm²)= 571,36 (area axil)

A_{vy} (cm²)= 236,60 (area cortante y)

I_z (cm⁴)= 874.725 (momento de inercia z, eje fuerte)

i_z (cm)=39,13 (radio de giro z)

$W_{el,z}$ (cm³)=18.454 (módulo resistente elástico z)

$W_{pl,z}$ (cm³)= 20.948 (módulo resistente plástico z)

CLASE DE SECCIÓN (ver pg CE-AP8-7 y 8): Clase 2 para cualquier solicitación

Alma: Clase 2 para cualquier solicitación

$$cw = h - 2t_f - 2r = 825 \text{ mm}$$

$$cw/tw = 825/24 = 34,37 < \xi_{2N}$$

$$\xi_{1N} = 31,68 \text{ (límite para clase 1 cuando todo el alma está comprimida)}$$

$$\xi_{2N} = 36,48 \text{ (límite para clase 2 cuando todo el alma está comprimida)}$$

Alas: Clase 1 para cualquier solicitación

$$cf = (b - tw - 2r)/2 = 180,5 \text{ mm}$$

$$cf/t_f = 180,5/42,7 = 4,22 < \xi_{1N}$$

$$\xi_{1N} = 8,64 \text{ (límite para clase 1 cuando todo el ala está comprimida)}$$



ESFUERZOS RESISTENTES ULTIMOS EVALUADOS DE FORMA INDEPENDIENTE (para clase 2)

Como nos van a hacer falta para realizar la comprobación de resistencia, calculemos primero los esfuerzos resistentes de forma independiente .

Los calculamos para clase 2 (clases 1 y 2), que es nuestra sección para cualquier combinación de solicitaciones.

- Resistencia de cálculo a compresión : $N_{c,Rd}$

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{571,36 \text{ cm}^2 \times 2.600 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}}{1,05} = 13.789,2 \text{ kN} = 1.414,80 \text{ T}$$

- Momento flector resistente alrededor del eje z : $M_{c,z,Rd}$ (z es el eje fuerte)

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{20.948 \text{ cm}^3 \times 2.600 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}}{1,05} = 5.088,54 \text{ mkN} = 518,71 \text{ mT}$$

- Cortante resistente de cálculo dirección y: $V_{c,y,Rd}$

$$V_{c,y,Rd} = V_{pl,y,Rd} = \frac{A_{vy} \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{236,60 \text{ cm}^2 \times \frac{2.600 \text{ kp}}{\sqrt{3} \text{ cm}^2}}{1,05} = 3.318,23 \text{ kN} = 338,25 \text{ T}$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON AXIL MÁXIMO (Combinación Nº 61 CALC C2I) (ver pg CE-52)

Esfuerzos de cálculo (el programa da salidas en toneladas -T- para fuerzas y metroxtonelada- mT para momentos)

$$N_d = 81,42 \text{ T} = 798,73 \text{ kN (compresión)}$$

$$V_{y,d} = 57,12 \text{ T} = 560,35 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 217,93 \text{ mT} = 2.137,89 \text{ mkN}$$

- ❖ Aproximación conservadora : (ecuación 6.2. del Anejo 22 Código Estructural. Es la que utilizaba el CTE)

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} \leq 1$$

siendo $M_{z,V,Rd}$ el momento resistente de cálculo sobre el eje z reducido por el cortante, calculado como sigue:

$$\text{Si } V_{y,d} < 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd}$$

$$\text{Si } V_{y,d} \geq 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,V,Rd} = \frac{\left[W_{pl,z} \frac{\rho A_w^2}{4 t_w} \right]}{\gamma_{M0}} \quad \text{siendo } \rho = \left[\frac{2 V_{y,Ed}}{V_{c,y,Rd}} - 1 \right]^2$$

En nuestro caso : $V_{y,Ed} = 560,35 \text{ kN} < 0,5 \times 3.318,23 \text{ kN} = 1.659,11 \text{ kN} \implies M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd} = 5.088,54 \text{ kN}$. Entonces:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} = \frac{798,73}{13.789,2} + \frac{2.137,89}{5.088,54} = 0,478 \leq 1$$



❖ Fórmula de interacción momento,cortante y axil (6.2.10 Anejo 22 Código Estructural)

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} \leq 1$$

siendo $M_{z,VN,Rd}$ el momento resistente de cálculo sobre el eje z reducido por la presencia de axil y cortante. (Su obtención se detalla en el apéndice 2.)

Sean:

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{798,73}{13.789,2} = 0,05 \text{ (axil relativo)}$$

$$v_y = \frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,y,Rd}} = \frac{560,35}{3.318,23} = 0.169 \text{ (cortante relativo)}$$

$$\rho_y = [2v_y - 1]^2 \text{ si } v_y > 0,5$$

$$\rho_y = 0 \text{ si } v_y \leq 0,5$$

$$\Rightarrow \rho_y = 0$$

$$n_w = \frac{h_w t_w}{A} [1 - \rho_y] = \frac{86,26 \text{ cm} \times 2,4 \text{ cm}}{571,36 \text{ cm}^2} [1 - 0] = 0,362 \text{ (si } n > n_w \text{ la f.n.p está en las alas y en caso contrario en el alma)}$$

$$n_0 = 0,5 \frac{h_w t_w}{A} = 0,5 \times \frac{86,26 \text{ cm} \times 2,4 \text{ cm}}{571,36 \text{ cm}^2} = 0,181$$

Si $n \leq n_0 \Rightarrow$ El efecto del axil sobre el momento plástico es despreciable.(en nuestro caso $0,05 < 0,181$)

Entonces, si $n \leq n_w$: (como es nuestro caso, y sin despreciar el efecto del axil)

$$M_{z,VN,Rd} = \left[W_{pl,z} - \rho_y \frac{1}{4} t_w h_w^2 - n^2 \frac{1}{4} \frac{A^2}{t_w (1 - \rho_y)} \right] f_{yd} = \left[20.948 - 0 - 0,05^2 \times 0,25 \times \frac{571,36^2}{2,4} \right] \frac{2.600 \text{ kp/cm}^2}{1,05} = 4.958,27 \text{ mkN}$$

Si hubiera sido $n > n_w$: (ver apéndice 2)

$$M_{z,VN,Rd} = \rho_y b t_f [h - \rho_y t_f] + \frac{A}{2} [1 - n - \rho_y] \left[h - 2\rho_y t_f - \frac{A}{2b} [1 - n - \rho_y] \right] f_{yd}$$

Entonces:

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} = \frac{2.137,80 \text{ mkN}}{4.958,27 \text{ mkN}} = 0,431 \leq 1 \text{ (sin despreciar efecto del axil)}$$

Si hubiéramos despreciado el efecto del axil ($M_{z,VN,Rd} \cong M_{pl,z}$):

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} = \frac{2.137,80 \text{ mkN}}{5.088,54 \text{ mkN}} = 0,420 \leq 1$$



COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON MOMENTO MÁXIMO (Combinación Nº 26 CALC C1V) (ver pg CE-55)

Esfuerzos de cálculo (el programa da salidas en toneladas -T- para fuerzas y metroxtonelada- mT para momentos)

$$N_d = 56,52 \text{ T} = 554,46 \text{ kN (compresión)}$$

$$V_{y,d} = 62,16 \text{ T} = 609,80 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 374,13 \text{ mT} = 3.670,22 \text{ mkN}$$

- ❖ Aproximación conservadora : (ecuación 6.2. del Anejo 22 Código Estructural. Es la que utilizaba el CTE)

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} \leq 1$$

En nuestro caso : $V_{y,Ed} = 609,80 \text{ kN} < 0,5 \times 3.318,23 \text{ kN} = 1.659,11 \text{ kN} \Rightarrow M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd} = 5.088,54 \text{ kN}$. Entonces:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} = \frac{554,46}{13.789,2} + \frac{3.670,22}{5.088,54} = 0,762 \leq 1$$

- ❖ Fórmula de interacción momento,cortante y axil (6.2.10 Anejo 22 Código Estructural)

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} \leq 1$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{554,46}{13.789,2} = 0,04 \text{ (axil relativo)}$$

$$v_y = \frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,y,Rd}} = \frac{609,80}{3.318,23} = 0,184 \text{ (cortante relativo)}$$

$$\rho_y = [2v_y - 1]^2 \text{ si } v_y > 0,5$$

$$\rho_y = 0 \text{ si } v_y \leq 0,5$$

$$\Rightarrow \rho_y = 0$$

$$n_w = \frac{h_w t_w}{A} [1 - \rho_y] = \frac{86,26 \text{ cm} \times 2,4 \text{ cm}}{571,36 \text{ cm}^2} [1 - 0] = 0,362 \text{ (si } n > n_w \text{ la f.n.p está en las alas y en caso contrario en el alma)}$$

$$n_0 = 0,5 \frac{h_w t_w}{A} = 0,5 \times \frac{86,26 \text{ cm} \times 2,4 \text{ cm}}{571,36 \text{ cm}^2} = 0,181$$

Si $n \leq n_0 \Rightarrow$ El efecto del axil sobre el momento plástico es despreciable.(en nuestro caso $0,04 < 0,181$)

Entonces, si $n \leq n_w$: (como es nuestro caso, y sin despreciar el efecto del axil)

$$M_{z,VN,Rd} = \left[W_{pl,z} - \rho_y \frac{1}{4} t_w h_w^2 - n^2 \frac{1}{4} \frac{A^2}{t_w (1 - \rho_y)} \right] f_{yd} = \left[20.948 - 0 - 0,04^2 \times 0,25 \times \frac{571,36^2}{2,4} \right] \frac{2.600 \text{ kp/cm}^2}{1,05} = 5.075,11 \text{ mkN}$$

Si hubiera sido $n > n_w$: (ver apéndice 2)

$$M_{z,VN,Rd} = \rho_y b t_f [h - \rho_y t_f] + \frac{A}{2} [1 - n - \rho_y] \left[h - 2\rho_y t_f - \frac{A}{2b} [1 - n - \rho_y] \right] f_{yd}$$



Entonces:

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} = \frac{3.670,22 \text{ mkN}}{5.075,11 \text{ mkN}} = 0,723 \leq 1 \text{ (sin despreciar efecto del axil)}$$

Si hubiéramos despreciado el efecto del axil ($M_{z,VN,Rd} \cong M_{pl,z}$):

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} = \frac{3.670,22 \text{ mkN}}{5.088,54 \text{ mkN}} = 0,721 \leq 1$$



1.2. CABEZA PILAR (Nudo 420)

DATOS SECCIÓN:(ver pg CE-AP7-11)

$$h1 \text{ (mm)}= 948 \quad h2 \text{ (mm)}=895$$

$$b1=b2\text{(mm)}= 423$$

$$tw1=tw2\text{(mm)}= 24,0$$

$$tf1=tf2 \text{ (mm)}= 42,7 \text{ (al ser mayor de 40 mm } \Rightarrow f_y=255 \text{ N/mm}^2 \neq 275)$$

$$A \text{ (cm}^2\text{)}= 958,09 \quad (\text{area axil})$$

$$A_{vy} \text{ (cm}^2\text{)}= 455,94 \quad (\text{area cortante } y)$$

$$I_z \text{ (cm}^4\text{)}= 4.037.490,40 \quad (\text{momento de inercia } z, \text{ eje fuerte})$$

$$i_z \text{ (cm)}=64,92 \quad (\text{radio de giro } z)$$

$$W_{el,z} \text{ (cm}^3\text{)}=43.772,40 \quad (\text{módulo resistente elástico } z)$$

$$W_{pl,z} \text{ (cm}^3\text{)}= 51.731,05 \quad (\text{módulo resistente plástico } z)$$

$$d_G \text{ (mm)}= 448,4 \text{ (distancia entre el cdg de la sección y el punto de referencia de cálculo de esfuerzos)}$$

CLASE DE SECCIÓN (ver pg CE-AP8-7 y 8): Clase 2 para cualquier solicitación

Alma: Clase 2 para cualquier solicitación

$$c_w = h - 2t_f - 2r = 825 \text{ mm}$$

$$c_w/t_w = 825/24 = 34,37 < \xi_{2N}$$

$$\xi_{1N} = 31,68 \text{ (límite para clase 1 cuando todo el alma está comprimida)}$$

$$\xi_{2N} = 36,48 \text{ (límite para clase 2 cuando todo el alma está comprimida)}$$

Alas: Clase 1 para cualquier solicitación

$$c_f = (b - t_w - 2r)/2 = 180,5 \text{ mm}$$

$$c_f/t_f = 180,5/42,7 = 4,22 < \zeta_{1N}$$

$$\zeta_{1N} = 8,64 \text{ (límite para clase 1 cuando todo el ala está comprimida)}$$



ESFUERZOS RESISTENTES ULTIMOS EVALUADOS DE FORMA INDEPENDIENTE (para clase 2)

Como nos van a hacer falta para realizar la comprobación de resistencia, calculemos primero los esfuerzos resistentes de forma independiente .

Los calculamos para clase 2 (clases 1 y 2), que es nuestra sección para cualquier combinación de solicitaciones.

- Resistencia de cálculo a compresión : $N_{c,Rd}$

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{958,09 \text{ cm}^2 \times 2.600 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}}{1,05} = 23.273,3 \text{ kN} = 2.372,41 \text{ T}$$

- Momento flector resistente alrededor del eje z : $M_{c,z,Rd}$ (z es el eje fuerte)

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{51.731 \text{ cm}^3 \times 2.600 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}}{1,05} = 12.566,2 \text{ mkN} = 1.280,96 \text{ mT}$$

- Cortante resistente de cálculo dirección y: $V_{c,y,Rd}$

$$V_{c,y,Rd} = V_{pl,y,Rd} = \frac{A_{vy} \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{455,94 \text{ cm}^2 \times \frac{2.600 \text{ kp}}{\sqrt{3} \text{ cm}^2}}{1,05} = 6.394,40 \text{ kN} = 651,82 \text{ T}$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON AXIL MÁXIMO (Combinación Nº 61 CALC C2I) (ver pg CE-52)

Esfuerzos de cálculo (el programa da salidas en toneladas -T- para fuerzas y metroxtonelada- mT para momentos)

$$N_d = 68,62 \text{ T} = 673,16 \text{ kN (compresión)}$$

$$V_{y,d} = 66,80 \text{ T} = 655,31 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 595,12 \text{ mT} + 0,45 \text{ m} \times 68,62 \text{ mT} = 626,0 \text{ mT} = 6.141,05 \text{ mkN}$$

- ❖ Aproximación conservadora : (ecuación 6.2. del Anejo 22 Código Estructural. Es la que utilizaba el CTE)

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} \leq 1$$

siendo $M_{z,V,Rd}$ el momento resistente de cálculo sobre el eje z reducido por el cortante, calculado como sigue:

$$\text{Si } V_{y,d} < 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd}$$

$$\text{Si } V_{y,d} \geq 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,V,Rd} = \frac{W_{pl,z} \frac{\rho A_w^2}{4t_w}}{\gamma_{M0}} \quad \text{siendo } \rho = \left[\frac{2V_{y,Ed}}{V_{c,y,Rd}} - 1 \right]^2$$

En nuestro caso : $V_{y,Ed} = 655,31 \text{ kN} < 0,5 \times 6.394,4 \text{ kN} = 3.197,2 \text{ kN} \implies M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd} = 12.566,5 \text{ kN}$. Entonces:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} = \frac{673,16}{23.273,3} + \frac{6.141,05}{12.566,2} = 0,517 \leq 1$$



COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON MOMENTO MÁXIMO (Combinación N° 56 CALC C2I) (ver pg CE-54)

Esfuerzos de cálculo (el programa da salidas en toneladas -T- para fuerzas y metroxtonelada- mT para momentos)

$$N_d = 66,67 \text{ T} = 654,03 \text{ kN (compresión)}$$

$$V_{y,d} = 69,78 \text{ T} = 684,54 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 613,25 \text{ mT} + dGxNd = 613,25 \text{ mT} + 0,45 \text{ m} \times 66,67 \text{ mT} = 643,25 \text{ mT} = 6.310,3 \text{ mkN}$$

❖ Aproximación conservadora : (ecuación 6.2. del Anejo 22 Código Estructural. Es la que utilizaba el CTE)

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} \leq 1$$

siendo $M_{z,V,Rd}$ el momento resistente de cálculo sobre el eje z reducido por el cortante, calculado como sigue:

$$\text{Si } V_{y,d} < 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd}$$

$$\text{Si } V_{y,d} \geq 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,V,Rd} = \frac{\left[W_{pl,z} - \frac{\rho A_w^2}{4t_w} \right]}{\gamma_{M0}} \quad \text{siendo } \rho = \left[\frac{2V_{y,Ed}}{V_{c,y,Rd}} - 1 \right]^2$$

En nuestro caso : $V_{y,Ed} = 684,54 \text{ kN} < 0,5 \times 6.394,4 \text{ kN} = 3.197,2 \text{ kN} \implies M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd} = 12.566,5 \text{ kN}$. Entonces:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} = \frac{654,03}{23.273,3} + \frac{6.310,3}{12.566,2} = 0,530 \leq 1$$



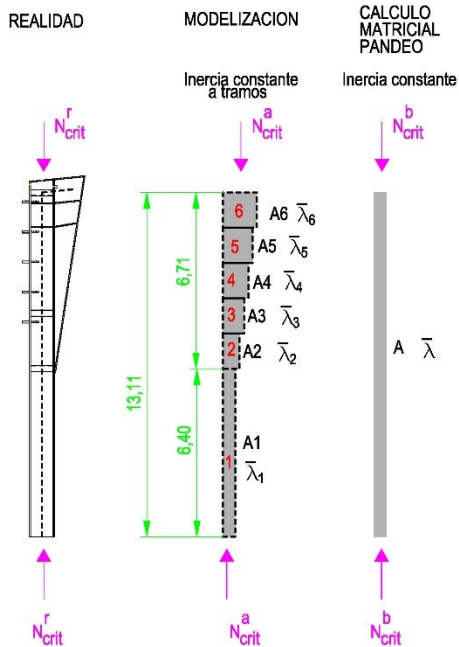
2.-COMPROBACIÓN A PANDEO

2.1 Pandeo por compresión

En el apéndice 1 hemos calculado el pandeo traslacional del pórtico en su plano.

En el apéndice 6 hemos calculado los coeficientes de pandeo en modo intraslacional en los pilares por el método de Wood.

En ambos apéndices hemos considerado las pilares y dinteles de inercia constante. Esto lo hemos realizado para mejor seguimiento de los cálculos teóricos realizados en los apéndices, en especial, en el apéndice 1. (cada zona de refuerzo, tal y como se ha realizado en el programa de cálculo-Trical-, deberíamos haberlos dividido en 5 tramos. Esto nos hubiera llevado a manejar 30 submatrices más y sería muy difícil el desarrollo teórico: matrices de rigidez, matrices geométricas, ejes locales ejes globales, etc):



$$\bar{\lambda}_j^a = \sqrt{\frac{A_j f_y}{N_{crit}^a}} < \bar{\lambda}_j^b = \sqrt{\frac{A_j f_y}{N_{crit}^b}}$$

$$N_{crit} \approx N_{crit}^a \geq N_{crit}^b$$

La carga crítica obtenida cuando hemos considerado los pilares y dinteles de inercia constante (N_{crit}^b) es menor que la que hubiéramos obtenido dividiendo las zonas de refuerzos en 5 tramos (N_{crit}^a). Por tanto, estamos del lado de la seguridad.

Puesto que para la comprobación a pandeo necesariamente tenemos que ir comprobando cada subtramo de las barras (cada uno tiene un área, momento de inercia, esfuerzos etc diferentes) una vez estimada la carga crítica, ésta es constante para toda la barra (para todos los subtramos), y lo que calculamos es la esbeltez reducida para cada subtramo, y con ésta, los coeficientes de reducción a pandeo χ :

$$\text{Para cada subtramo de barra } j \quad \bar{\lambda}_j = \sqrt{\frac{A_j f_y}{N_{crit}}}$$



PANDEO EN EL PLANO DEL PÓRTICO- flexión z (eje fuerte)

Como hemos realizado un análisis global en 2º orden (además de considerar la imperfección global, desplome) el modo de pandeo a considerar en los pilares es intraslacional . Este cálculo (coeficiente de pandeo) lo hemos realizado en el anejo 6 (ver pg CE-AP6-2) :

En el tramo inferior del pilar (barra 45):

$$\beta_z = 0,683 \text{ (coeficiente de pandeo flexión z)}$$

$$L_z = 1.311 \text{ cm (longitud de todo el pilar)}$$

$$i_z = 39,13 \text{ cm (radio de giro flexión z)}$$

$$L_{crit,z} = \beta_z L_z = 0,683 \times 1.311 \text{ cm} = 895,41 \text{ cm (longitud crítica de pandeo flexión z)}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{crit,z}}{i_z} = \frac{895,41}{39,13} = 22,88 \text{ (esbeltez flexión z)}$$

$$\lambda_E = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{2.100.000 \text{ kp/cm}^2}{2.600 \text{ kp/cm}^2}} = 89,28 \text{ (esbeltez de Euler)}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{22,88}{89,28} = 0,256 \text{ (esbeltez reducida flexión z)}$$

Curva de pandeo: (tabla A22.6.2)

$$h/b=948/423=2,24 > 1,2$$

$$40 < t_f = 42,7 < 100 \quad \Rightarrow \text{Curva b}$$

Flexión z-z (eje fuerte)

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.1)

Curva de pandeo b $\Rightarrow \alpha_z = 0,34$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha_z(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5[1 + 0,34(0,256 - 0,2) + 0,256^2] = 0,542$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,542 + \sqrt{0,542^2 - 0,256^2}} = 0,98$$

$$N_{crit,z} = \frac{Af_y}{\bar{\lambda}_z^2} = \frac{571,36 \text{ cm}^2 \times 2.600 \text{ kp/cm}^2}{0,256^2} = 22.667 \text{ T} = 222.368 \text{ kN (carga crítica de Euler flexión z)}$$

En el subtramo superior del pilar (barra 2368):

$$N_{crit,z} = 22.667 \text{ T} = 222.368 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{crit,z}}} = \sqrt{\frac{958,09 \text{ cm}^2 \times 2,6 \text{ T/cm}^2}{22.667 \text{ T}}} = 0,331$$

Curva de pandeo: (tabla A22.6.2)

$$h/b=1843/423=4,35 > 1,2$$

$$40 < t_f = 42,7 < 100 \quad \Rightarrow \text{Curva b}$$

Flexión z-z (eje fuerte)

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.1)

Curva de pandeo b $\Rightarrow \alpha_z = 0,34$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha_z(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5[1 + 0,34(0,331 - 0,2) + 0,331^2] = 0,577$$



$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,576 + \sqrt{0,577^2 - 0,331^2}} = 0,953$$

PANDEO EN EL PLANO PERPENDICULAR AL PÓRTICO- flexión y (eje débil)

En este plano, el arriostrado de fachada inmoviliza la cabeza de pilares, por lo que, aunque hubiéramos realizado un cálculo en primer orden, calcularíamos este modo de pandeo como intraslacional.

Además, como hemos realizado un análisis global en 2º orden (además de considerar la imperfección global, desplome) el modo de pandeo a considerar en los pilares es intraslacional. Este cálculo (coeficiente de pandeo) lo hemos realizado en el anejo 6 (ver pg CE-AP6-3 y 4).

En el tramo inferior del pilar (barra 45):

$$\beta_y = 0,699 = 0,7 \text{ (coeficiente de pandeo flexión y)}$$

$$L_y = 640 \text{ cm (longitud real barra)}$$

$$i_y = 9,72 \text{ cm (radio de giro flexión y)}$$

$$L_{crit,y} = \beta_y L_y = 0,7 \times 640 \text{ cm} = 448 \text{ cm (longitud crítica de pandeo flexión y)}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{crit,y}}{i_y} = \frac{448}{9,72} = 46,09 \text{ (esbeltez flexión y)}$$

$$\lambda_E = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{2.100.000 \text{ kp}}{2.600 \text{ kp}}} = 89,28 \text{ (esbeltez de Euler)}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{46,09}{89,28} = 0,516 \text{ (esbeltez reducida flexión y)}$$

Curva de pandeo: (tabla A22.6.2)

$$h/b = 948/423 = 2,24 > 1,2$$

$$40 < t_f = 42,7 < 100 \quad \Rightarrow \text{Curva c}$$

Flexión y-y (eje débil)

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.1)

Curva de pandeo c $\Rightarrow \alpha_y = 0,49$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha_y(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5[1 + 0,49(0,516 - 0,2) + 0,516^2] = 0,711$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,711 + \sqrt{0,711^2 - 0,516^2}} = 0,834$$

$$N_{crit,y} = \frac{A f_y}{\bar{\lambda}_y^2} = \frac{571,36 \text{ cm}^2 \times 2.600 \text{ kp/cm}^2}{0,516^2} = 5.579 \text{ T} = 54.730 \text{ kN (carga crítica de Euler flexión y)}$$

Obtención del axil crítico en el tramo superior del pilar:

$$\beta_y = 0,993 = 1 \text{ (coeficiente de pandeo flexión y)}$$

$$L_y = 671 \text{ cm (longitud real barra)}$$

$$i_y = 9,72 \text{ cm (radio de giro flexión y)}$$

$$L_{crit,y} = \beta_y L_y = 1 \times 671 \text{ cm} = 671 \text{ cm (longitud crítica de pandeo flexión y)}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{crit,y}}{i_y} = \frac{671}{9,72} = 69,03 \text{ (esbeltez flexión y)}$$

$$\lambda_E = 89,28 \text{ (esbeltez de Euler)}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{69,03}{89,28} = 0,773 \text{ (esbeltez reducida flexión y)}$$



$$N_{crit,y} = \frac{Af_y}{\bar{\lambda}_y^2} = \frac{571,36 \text{ cm}^2 \times 2.600 \text{ kp/cm}^2}{0,773^2} = 2.486 \text{ T} = 24.388 \text{ kN} \text{ (carga crítica de Euler flexión y)}$$

En el subtramo superior del pilar (barra 2368):

$$N_{crit,y} = 2.486 \text{ T} = 24.388,98 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{crit,y}}} = \sqrt{\frac{958,09 \text{ cm}^2 \times 2,6 \text{ T/cm}^2}{2.486 \text{ T}}} = 1,000$$

Curva de pandeo: (tabla A22.6.2)

$$h/b = 1843/423 = 4,25 > 1,2$$

$$40 < t_f = 42,7 < 100 \quad \Rightarrow \text{Curva c}$$

Flexión y-y (eje débil)

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.1)

Curva de pandeo c $\Rightarrow \alpha_y = 0,49$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha_y(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5[1 + 0,49(1,000 - 0,2) + 1,000^2] = 1,196$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,196 + \sqrt{1,196^2 - 1,000^2}} = 0,54$$

PANDEO POR TORSIÓN

Además de poder pandear por flexión cuando la barra está sometida a un esfuerzo axial, también lo puede hacer por torsión.

En este caso que el cdg y el centro de torsión coinciden, la torsión está desacoplada de las dos flexiones.

En el tramo inferior del pilar (barra 45):

$$\beta_\phi = 0,699 = 0,7 \text{ (coeficiente de pandeo por torsión)}$$

$$L_\phi = 640 \text{ cm} \text{ (longitud real barra)}$$

$$L_{crit,\phi} = \beta_\phi L_\phi = 0,7 \times 640 \text{ cm} = 448 \text{ cm} \text{ (longitud crítica de pandeo por torsión)}$$

$$r_o = \sqrt{\frac{I_y + I_z}{A}} = \sqrt{\frac{53.971 + 87.472,5}{571,36}} = 40,31 \text{ cm} \text{ (radio de giro polar)}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{2.100.000 \text{ kp/cm}^2}{2(1+0,3)} = 807.692 \text{ kp/cm}^2 \text{ (módulo de elasticidad transversal)}$$

$$N_{crit,\phi} = \frac{1}{r_o^2} \left[GI_T + \frac{\pi^2 EI_A}{L_{crit,\phi}^2} \right] = \frac{1}{40,31^2} \left[807.692 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \times 2.609 \text{ cm}^4 + \frac{\pi^2 \times 2.100.000 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \times 1,103.10^8 \text{ cm}^6}{448^2 \text{ cm}^2} \right] = 8.306,78 \text{ T} = 81.489,52 \text{ kN}$$

En el tramo superior del pilar (barra 338):

$$\beta_\phi = 1 \text{ (coeficiente de pandeo por torsión)}$$

$$L_\phi = 671 \text{ cm} \text{ (longitud real barra)}$$



$$L_{crit,\phi} = \beta_{\phi} L_{\phi} = 1 \times 671 \text{ cm} = 671 \text{ cm} \text{ (longitud crítica de pandeo por torsión)}$$

$$r_o = \sqrt{\frac{I_y + I_z}{A}} = \sqrt{\frac{53.971 + 874725}{571,36}} = 40,31 \text{ cm} \text{ (radio de giro polar)}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{2.100.000 \text{ kp/cm}^2}{2(1+0,3)} = 807.692 \text{ kp/cm}^2 \text{ (módulo de elasticidad transversal)}$$

$$N_{crit,\phi} = \frac{1}{r_o^2} \left[G I_T + \frac{\pi^2 E I_A}{L_{crit,\phi}^2} \right] = \frac{1}{40,31^2} \left[807.692 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \times 2.609 \text{ cm}^4 + \frac{\pi^2 \times 2.100.000 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \times 1,103.10^8 \text{ cm}^6}{671^2 \text{ cm}^2} \right] = 4.421,68 \text{ T} = 43.376,64 \text{ kN}$$

Puesto que las cargas críticas por torsión son mayores que la carga crítica por flexión, las primeras no son determinantes (la menor carga crítica es por flexión en el eje débil y-y)



2.2 Pandeo por flexión (vuelco lateral)

En el tramo inferior del pilar (barra 45):

$k_\phi = 0,7$ (coeficiente de según coacciones)

$L = 640 \text{ cm}$ (longitud real barra)

$L_{crit} = k_\phi L = 0,7 \times 640 \text{ cm} = 448 \text{ cm}$ (longitud crítica)

$$\kappa = L_{crit} \sqrt{\frac{GI_T}{EI_A}} = 448 \text{ cm} \sqrt{\frac{807.692 \text{ kp/cm}^2 \times 2.609 \text{ cm}^4}{2.100.000 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \times 1,103 \cdot 10^8 \text{ cm}^6}} = 1,351$$

Para la combinación 26 (CALC C1V), momento máximo en arranque pilar:

$M_a = 374,13 \text{ mT}$ (momento extremo barra máximo, en empotramiento, nudo 39)

$M_b = -20,97 \text{ mT}$ (momento en extremo barra mínimo, nudo 197)

$$c_1 = 1,88 - 1,40 \left(\frac{M_B}{M_A}\right) + 0,52 \left(\frac{M_B}{M_A}\right)^2 = 1,88 - 1,40 \times \frac{-20,97}{374,3} + 0,52 \left(\frac{-20,97}{374,3}\right)^2 = 1,96$$

$$M_{crit} = c_1 \frac{\pi}{L_{crit}} \sqrt{GI_T EI_y} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{\kappa^2}} = 1,96 \times \frac{\pi}{448 \text{ cm}} \sqrt{807.692 \text{ kp/cm}^2 \times 2.609 \text{ cm}^4 \times 2.100.000 \text{ kp/cm}^2 \times 53.972 \text{ cm}^4} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{1,35^2}}$$

$$= 5.377 \text{ mT} = 52.748 \text{ mkN}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,z} f_y}{M_{crit}}} = \sqrt{\frac{20.948 \text{ cm}^3 \times 2,6 \text{ T/cm}^2}{537,7 \text{ cm T}}} = 0,318$$

Curva de pandeo lateral: (tabla A22.6.4)

$h/b = 948/423 = 2,24 > 2 \Rightarrow$ Curva b

Sección laminada

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.3)

Curva de pandeo b $\Rightarrow \alpha_{LT} = 0,34$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5 [1 + 0,34 (0,318 - 0,2) + 0,318^2] = 0,571$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,57 + \sqrt{0,57^2 - 0,318^2}} = 0,957$$



Obtención del momento crítico en el tramo superior del pilar:

$k_{\phi} = 1$ (coeficiente de según coacciones)

$L = 671 \text{ cm}$ (longitud real barra)

$L_{crit} = k_{\phi}L = 1 \times 671 \text{ cm} = 671 \text{ cm}$ (longitud crítica)

$$\kappa = L_{crit} \sqrt{\frac{GI_T}{EI_A}} = 671 \text{ cm} \sqrt{\frac{807.692 \text{ kp/cm}^2 \times 2.609 \text{ cm}^4}{2.100.000 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \times 1,103.10^8 \text{ cm}^6}} = 2,024$$

Para la combinación 56 (CALC C2I), momento máximo en cabeza pilar:

$M_a = -613,25 \text{ mT}$ (momento extremo barra máximo, en empotramiento, nudo 420)

$M_b = -143,48 \text{ mT}$ (momento en extremo barra mínimo, nudo 197)

$$c_1 = 1,88 - 1,40 \left(\frac{M_B}{M_A} \right) + 0,52 \left(\frac{M_B}{M_A} \right)^2 = 1,88 - 1,40 \times \frac{-143,48}{-613,25} + 0,52 \left(\frac{-143,48}{-613,25} \right)^2 = 1,58$$

$$M_{crit} = c_1 \frac{\pi}{L_{crit}} \sqrt{GI_T EI_y} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{\kappa^2}} = 1,58 \times \frac{\pi}{671 \text{ cm}} \sqrt{807.692 \text{ kp/cm}^2 \times 2.609 \text{ cm}^4 \times 2.100.000 \text{ kp/cm}^2 \times 53.972 \text{ cm}^4} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{2,024^2}} \\ = 2.111 \text{ mT} = 20.709 \text{ mkN}$$

En el subtramo superior del pilar (barra 2368):

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,z} f_y}{M_{crit}}} = \sqrt{\frac{51.731 \text{ cm}^3 \times 2,6 \text{ T/cm}^2}{211.223 \text{ cm T}}} = 0,798$$

Curva de pandeo lateral: (tabla A22.6.4)

$h/b = 1.843/423 = 4,35 > 2 \Rightarrow$ Curva b

Sección laminada (no escojo soldada pues el pilar se fabrica todo de una pieza, inf+sup. Además, no tengo en cuenta correas de fachada)

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.3)

Curva de pandeo b $\Rightarrow \alpha_{LT} = 0,34$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5 [1 + 0,34 (0,798 - 0,2) + 0,798^2] = 0,920$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,92 + \sqrt{0,92^2 - 0,798^2}} = 0,726$$



2.3 Comprobación a Pandeo de elementos comprimidos y flectados.

(recordemos que el eje z-z es el eje fuerte)

En el tramo inferior del pilar (barra 45):

➤ Datos sección:

Clase 2 para cualquier tipo de sollicitación.

$$N_{Rk} = Af_y = 571,36 \text{ cm}^2 \times 2.600 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} = 1.458,53 \text{ T} = 14.573,11 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} f_y = 20.948 \text{ cm}^3 \times 2.600 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} = 544,65 \text{ mT} = 5.343 \text{ mkN}$$

➤ Coeficientes de reducción por pandeo:

$$\chi_z = 0,98 \quad \bar{\lambda}_z = 0,256$$

$$\chi_y = 0,834$$

$$\chi_{LT} = 0,957$$

➤ Por comodidad de notación llamemos:

$$N_{b,z,Rd} = \chi_z \frac{Af_y}{\gamma_{M1}} = 0,98x \frac{1.458,53 \text{ T}}{1,05} = 1.361 \text{ T} = 13.351 \text{ kN}$$

$$N_{b,y,Rd} = \chi_y \frac{Af_y}{\gamma_{M1}} = 0,834x \frac{1.458,53 \text{ T}}{1,05} = 1.158 \text{ T} = 11.360 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \min\{N_{b,z,Rd}; N_{b,y,Rd}\} = N_{b,y,Rd} = 11.360 \text{ kN}$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M1}} = 0,957x \frac{544,65 \text{ mT}}{1,05} = 496 \text{ mT} = 4.866 \text{ mkN}$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON AXIL MÁXIMO (Combinación N° 61 CALC C2I) (ver pg CE-52)

➤ Esfuerzos máximos en la barra:

$$N_d = 81,42 \text{ T} = 798,73 \text{ kN (compresión)} < N_{b,Rd} = 11.360 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 217,93 \text{ mT} = 2.137,89 \text{ mkN} < M_{b,Rd} = 4.866 \text{ mkN}$$

➤ Coeficientes de interacción: (pilares se analizan en modo intraslacional)

$$M_{za} = 217,93 \text{ mT}$$

$$M_{zb} = -162,71 \text{ mT}$$

$$\Psi = M_{zb}/M_{za} = -162,71/217,93 = -0,746$$

$$c_{mz} = 0,6 + 0,4\Psi \geq 0,4 \Rightarrow c_{mz} = 0,6 + 0,4x(-0,746) = 0,301 \Rightarrow c_{mz} = 0,4$$

$$k_{zz,lim} = c_{mz} \left[1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,4x \left[1 + 0,8x \frac{81,42 \text{ T}}{1.361} \right] = 0,419$$



$$k_{zz} = c_{mz} \left[1 + [\bar{\lambda}_z - 0,2] \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,4x \left[1 + [0,256 - 0,2]x \frac{81,42 T}{1.361} \right] = 0,401 < k_{zz,lim}$$

$$k_{yz} = 0,6k_{zz} = 0,6x0,401 = 0,241$$

- Comprobación barra: (apartado 6.3.3 Anejo 22 Código Estructural)

Se ha de cumplir las dos condiciones siguientes:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.61 CE})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.62 CE})$$

En nuestro caso, ecuación 6.61:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{81,42 T}{1.361 T} + 0,401 \frac{217,93}{496} = 0,235 < 1$$

En nuestro caso, ecuación 6.62:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{81,42 T}{1.158 T} + 0,241 \frac{217,93}{496} = 0,176 < 1$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON MOMENTO MÁXIMO (Combinación Nº 26 CALC C1V) (ver pg CE-55)

- Esfuerzos máximos en la barra:

$$N_d = 56,52 T = 554,46 \text{ kN (compresión)} < N_{b,Rd} = 11.360 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 374,13 \text{ mT} = 3.670,21 \text{ mkN} < M_{b,Rd} = 4.866 \text{ mkN}$$

- Coeficientes de interacción: (pilares se analizan en modo intraslacional)

$$M_{za} = 374,13 \text{ mT}$$

$$M_{zb} = -20,97 \text{ mT}$$

$$\Psi = M_{zb}/M_{za} = -20,97/374,13 = -0,05$$

$$c_{mz} = 0,6 + 0,4\Psi \geq 0,4 \Rightarrow c_{mz} = 0,6 + 0,4x(-0,05) = 0,577 \Rightarrow c_{mz} = 0,577$$

$$k_{zz,lim} = c_{mz} \left[1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,577x \left[1 + 0,8x \frac{56,52 T}{1.361 T} \right] = 0,596$$

$$k_{zz} = c_{mz} \left[1 + [\bar{\lambda}_z - 0,2] \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,577x \left[1 + [0,256 - 0,2]x \frac{56,52 T}{1.361 T} \right] = 0,578 < k_{zz,lim}$$

$$k_{yz} = 0,6k_{zz} = 0,6x0,578 = 0,347$$



- Comprobación barra: (apartado 6.3.3 Anejo 22 Código Estructural)

Se ha de cumplir las dos condiciones siguientes:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.61 CE})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.62 CE})$$

En nuestro caso, ecuación 6.61:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{56,52 T}{1.361 T} + 0,578 \frac{374,13}{496} = 0,476 < 1$$

En nuestro caso, ecuación 6.62:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{56,52 T}{1.158 T} + 0,347 \frac{374,3}{497,45} = 0,31 < 1$$

En el subtramo superior del pilar (barra 2368):

- Datos sección:

Clase 2 para cualquier tipo de sollicitación.

$$N_{Rk} = Af_y = 958,09 \text{ cm}^2 \times 2.600 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} = 2.491,03 T = 24.437,04 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} f_y = 51.731 \text{ cm}^3 \times 2.600 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} = 1.345 \text{ mT} = 13.194,51 \text{ mkN}$$

- Coeficientes de reducción por pandeo:

$$\chi_z = 0,953 \quad \bar{\lambda}_z = 0,331$$

$$\chi_y = 0,54$$

$$\chi_{LT} = 0,726$$

- Por comodidad de notación llamemos:

$$N_{b,z,Rd} = \chi_z \frac{Af_y}{\gamma_{M1}} = 0,953 \times \frac{2.491,03 T}{1,05} = 2.261 T = 22.180 \text{ kN}$$

$$N_{b,y,Rd} = \chi_y \frac{Af_y}{\gamma_{M1}} = 0,54 \times \frac{2.491,03 T}{1,05} = 1.281 T = 12.566 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \min\{N_{b,z,Rd}; N_{b,y,Rd}\} = N_{b,y,Rd} = 12.566 \text{ kN}$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M1}} = 0,726 \times \frac{1.345 \text{ mT}}{1,05} = 930 \text{ mT} = 9.123 \text{ mkN}$$



COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON AXIL MÁXIMO (Combinación N° 61 CALC C2I) (ver pg CE-52)

- Esfuerzos máximos en la barra:

$$N_d = 69,92 T = 686 \text{ kN (compresión)} < N_{b,Rd} = 12.566 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 595,12 \text{ mT} + dGxNd = 595,12 \text{ mT} + 0,45 \text{ m} \times 69,92 \text{ mT} = 626,6 \text{ mT} = 6.141,8 \text{ mkN} < M_{b,Rd} = 9.123 \text{ mkN}$$

- Coeficientes de interacción: (pilares se analizan en modo intraslacional)

$$M_{za} = -595,12 \text{ mT}$$

$$M_{zb} = -506,29 \text{ mT}$$

$$\Psi = M_{zb}/M_{za} = -506,29/-595,12 = 0,851$$

$$c_{mz} = 0,6 + 0,4\Psi \geq 0,4 \Rightarrow c_{mz} = 0,6 + 0,4 \times (0,851) = 0,94 \Rightarrow c_{mz} = 0,94$$

$$k_{zz,lim} = c_{mz} \left[1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,94 \times \left[1 + 0,8 \times \frac{69,92 T}{2.261} \right] = 0,963$$

$$k_{zz} = c_{mz} \left[1 + [\bar{\lambda}_z - 0,2] \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,94 \times \left[1 + [0,331 - 0,2] \times \frac{69,92 T}{2.261} \right] = 0,944 < k_{zz,lim}$$

$$k_{yz} = 0,6k_{zz} = 0,6 \times 0,944 = 0,566 \text{ (las correas de fachada hacen que la barra no sea susceptible a deformación por torsión)}$$

- Comprobación barra: (apartado 6.3.3 Anejo 22 Código Estructural)

Se ha de cumplir las dos condiciones siguientes:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \text{ (ecuación 6.61 CE)}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \text{ (ecuación 6.62 CE)}$$

En nuestro caso, ecuación 6.61:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{69,92 T}{2.261 T} + 0,943 \frac{626 \text{ mT}}{930 \text{ mT}} = 0,666 < 1$$

En nuestro caso, ecuación 6.62:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{69,92 T}{1.281 T} + 0,566 \frac{626 \text{ mT}}{930 \text{ mT}} = 0,436 < 1$$



COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON MOMENTO MÁXIMO (Combinación N° 56 CALC C2I) (ver pg CE-54)

- Esfuerzos máximos en la barra:

$$N_d = 68,62 \text{ T} = 673,16 \text{ kN (compresión)} < N_{b,Rd} = 12.566 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 613,25 \text{ mT} + dGxNd = 613,25 \text{ mT} + 0,45 \text{ m} \times 66,67 \text{ mT} = 643,25 \text{ mT} = 6.310,3 \text{ mkN} < M_{b,Rd} = 9.123 \text{ mkN}$$

- Coeficientes de interacción: (pilares se analizan en modo intraslacional)

$$M_{za} = -613,25 \text{ mT}$$

$$M_{zb} = -519,74 \text{ mT}$$

$$\Psi = M_{zb}/M_{za} = -519,74/-613,25 = 0,847$$

$$c_{mz} = 0,6 + 0,4\Psi \geq 0,4 \Rightarrow c_{mz} = 0,6 + 0,4 \times (0,847) = 0,939 \Rightarrow c_{mz} = 0,939$$

$$k_{zz,lim} = c_{mz} \left[1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,939 \times \left[1 + 0,8 \times \frac{68,62 \text{ T}}{2.260,91} \right] = 0,962$$

$$k_{zz} = c_{mz} \left[1 + [\bar{\lambda}_z - 0,2] \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,939 \times \left[1 + [0,329 - 0,2] \times \frac{68,62 \text{ T}}{2.260,91} \right] = 0,943 < k_{zz,lim}$$

$$k_{yz} = 0,6k_{zz} = 0,6 \times 0,943 = 0,565 \text{ (las correas de fachada hacen que la barra no sea susceptible a deformación por torsión)}$$

- Comprobación barra: (apartado 6.3.3 Anejo 22 Código Estructural)

Se ha de cumplir las dos condiciones siguientes:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \text{ (ecuación 6.61 CE)}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \text{ (ecuación 6.62 CE)}$$

En nuestro caso, ecuación 6.61:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{68,62 \text{ T}}{2.261 \text{ T}} + 0,943 \frac{643,25 \text{ mT}}{930 \text{ mT}} = 0,845 < 1$$

En nuestro caso, ecuación 6.62:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{68,62 \text{ T}}{1.281 \text{ T}} + 0,565 \frac{643,25 \text{ mT}}{930 \text{ mT}} = 0,542 < 1$$



PILAR B .Barra 46 (Nudo I=40 Nudo F=198). Barra 340 (Nudo I=198 Nudo F=421). HL 920x344

1.-COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA (PLASTIFICACIÓN DE SECCIONES)

1.1 EMPOTRAMIENTO (Nudo 40)

DATOS SECCIÓN:(ver pg CE-AP7-5)

h (mm)= 927 $h_w=863$ ($h_w/t_w=44,71 < 72\varepsilon/\eta=55,46 \Rightarrow$ No hace falta comprobar abolladura alma)

b (mm)= 418

t_w (mm)= 19,3

t_f (mm)= 32 (al ser menor de 40 mm $\Rightarrow f_y=275$ N/mm²)

A (cm²)= 437,18 (area axil)

A_{vy} (cm²)= 188 (area cortante y)

I_z (cm⁴)= 644.984 (momento de inercia z , eje fuerte)

i_z (cm)=34,41 (radio de giro z)

$W_{el,z}$ (cm³)=13.915 (módulo resistente elástico z)

$W_{pl,z}$ (cm³)= 15.697 (módulo resistente plástico z)

CLASE DE SECCIÓN (ver pg CE-AP8-10 y 11):

Alma:

$$c_w = h - 2t_f - 2r = 825 \text{ mm}$$

$$c_w/t_w = 825/19,3 = 42,74$$

$\xi_{1N} = 30,49$ (límite para clase 1 cuando todo el alma está comprimida)

$\xi_{2N} = 35,11$ (límite para clase 2 cuando todo el alma está comprimida)

$\xi_{3N} = 38,80$ (límite para clase 3 cuando todo el alma está comprimida)

$\xi_{1M} = 66,53$ (límite para clase 1 cuando el alma está sometida a flexión pura)

Para flexión recta:

- Para la combinación de acciones con axil máximo (combinación N°70 calc C2I):

$$N = 117,63 \text{ T} = 1.153,95 \text{ kN}$$

$$\alpha = 0,5 + \frac{N}{2ctf_y} = 0,5 + \frac{1.153,95 \text{ kN}}{2 \times 825 \text{ mm} \times 19,3 \text{ mm} \times 0,275 \text{ kN/mm}^2} = 0,631$$

$$\text{Límite clase 1: } \frac{380,16}{13\alpha - 1} = \frac{380,16}{13 \times 0,631 - 1} = 52,77 > 42,74 \Rightarrow \text{CLASE 1}$$



- Para la combinación de acciones con flector máximo (combinación Nº61 calc C2I):
N=123,11 T = 1.207,71 kN

$$\alpha = 0,5 + \frac{N}{2ctf_y} = 0,5 + \frac{1.207,71 \text{ kN}}{2 \times 825 \text{ mm} \times 19,3 \text{ mm} \times 0,275 \text{ kN/mm}^2} = 0,638$$

$$\text{Límite clase 1: } \frac{380,16}{13\alpha-1} = \frac{380,16}{13 \times 0,638 - 1} = 52,11 > 42,74 \Rightarrow \text{CLASE 1}$$

Alas: Clase 1 para cualquier sollicitación

$$cf=(b-tw-2r)/2=180 \text{ mm}$$

$$cf/tf=180/32= 5,62 < \zeta_{1N}$$

$$\zeta_{1N}=8,316 \text{ (límite para clase 1 cuando todo el ala está comprimida)}$$

ESFUERZOS RESISTENTES ULTIMOS EVALUADOS DE FORMA INDEPENDIENTE (para clase 1)

Como nos van a hacer falta para realizar la comprobación de resistencia, calculemos primero los esfuerzos resistentes de forma independiente .

Los calculamos para clase 1 (clases 1 y 2), que es nuestra sección para las sollicitaciones de cálculo :

- Resistencia de cálculo a compresión : N_{c,Rd}

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{437,18 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,05} = 11.450 \text{ kN}$$

- Momento flector resistente alrededor del eje z : M_{c,z,Rd} (z es el eje fuerte)

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z}f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15.697 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \times 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,05} = 4.111 \text{ mkN}$$

- Cortante resistente de cálculo dirección y : V_{c,y,Rd}

$$V_{c,y,Rd} = V_{pl,y,Rd} = \frac{A_{vy} \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{188 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times \frac{275 \text{ N}}{\sqrt{3} \text{ mm}^2}}{1,05} = 2.843 \text{ kN}$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON AXIL MÁXIMO (Combinación Nº 70 CALC C2I) (ver pg CE-53)

Esfuerzos de cálculo (el programa da salidas en toneladas -T- para fuerzas y metroxtonelada- mT para momentos)

$$N_d = 123,11 \text{ T} = 1.208 \text{ kN (compresión)}$$

$$V_{y,d} = 21,27 \text{ T} = 209 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 119,12 \text{ mT} = 1.169 \text{ mkN}$$



- ❖ Aproximación conservadora : (ecuación 6.2. del Anejo 22 Código Estructural. Es la que utilizaba el CTE)

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} \leq 1$$

siendo $M_{z,V,Rd}$ el momento resistente de cálculo sobre el eje z reducido por el cortante, calculado como sigue:

$$\text{Si } V_{y,d} < 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd}$$

$$\text{Si } V_{y,d} \geq 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,V,Rd} = \frac{[W_{pl,z} - \frac{\rho A^2}{4t_w}]}{\gamma_{M0}} \quad \text{siendo } \rho = \left[\frac{2V_{y,Ed}}{V_{c,y,Rd}} - 1 \right]^2$$

En nuestro caso : $V_{y,Ed} = 209 \text{ kN} < 0,5 \times 2.843 \text{ kN} = 1.421,5 \text{ kN} \implies M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd} = 4.111 \text{ kN}$. Entonces:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} = \frac{1.208 \text{ kN}}{11.450 \text{ kN}} + \frac{1.169 \text{ mkN}}{4.111 \text{ mkN}} = 0,39 \leq 1$$

- ❖ Fórmula de interacción momento, cortante y axil (6.2.10 Anejo 22 Código Estructural)

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} \leq 1$$

siendo $M_{z,VN,Rd}$ el momento resistente de cálculo sobre el eje z reducido por la presencia de axil y cortante. (Su obtención se detalla en el apéndice 2.)

Sean:

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{1.208}{11.450} = 0,105 \text{ (axil relativo)}$$

$$v_y = \frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,y,Rd}} = \frac{205 \text{ kN}}{2.843 \text{ kN}} = 0,073 \text{ (cortante relativo)}$$

$$\rho_y = [2v_y - 1]^2 \text{ si } v_y > 0,5$$

$$\rho_y = 0 \text{ si } v_y \leq 0,5$$

$$\Rightarrow \rho_y = 0$$

$$n_w = \frac{h_w t_w}{A} [1 - \rho_y] = \frac{863 \text{ mm} \times 19,3 \text{ mm}}{437,18 \cdot 10^2 \text{ m}} [1 - 0] = 0,381 \quad (\text{si } n > n_w \text{ la f.n.p está en las alas y en caso contrario en el alma})$$

$$n_0 = 0,5 \frac{h_w t_w}{A} = 0,5 \times \frac{863 \text{ mm} \times 19,3 \text{ mm}}{437,18 \cdot 10^2 \text{ mm}^2} = 0,190$$

Si $n \leq n_0 \implies$ El efecto del axil sobre el momento plástico se puede despreciar. (en nuestro caso $0,105 < 0,190$)

Entonces, si $n \leq n_w$: (como es nuestro caso, y sin despreciar el efecto del axil)

$$M_{z,VN,Rd} = \left[W_{pl,z} - \rho_y \frac{1}{4} t_w h_w^2 - n^2 \frac{1}{4} \frac{A^2}{t_w (1 - \rho_y)} \right] f_{yd} = \left[15.697 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 - 0 - 0,105^2 \times 0,25 \times \frac{[437,18 \cdot 10^2]^2 \text{ mm}^4}{19,3 \text{ mm}} \right] \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05}$$

$$= 4.039,63 \text{ mkN}$$



Si hubiera sido $n > n_w$: (ver apéndice 2)

$$M_{z,VN,Rd} = \rho_y b t_f [h - \rho_y t_f] + \frac{A}{2} [1 - n - \rho_y] \left[h - 2\rho_y t_f - \frac{A}{2b} [1 - n - \rho_y] \right] f_{yd}$$

Entonces:

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} = \frac{1.169 \text{ mkN}}{4.039,63 \text{ mkN}} = 0,289 \leq 1 \text{ (sin despreciar efecto del axil)}$$

Si hubiéramos despreciado el efecto del axil ($M_{z,VN,Rd} \cong M_{pl,z}$):

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} = \frac{1.169 \text{ mkN}}{4.111 \text{ mkN}} = 0,284 \leq 1$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON MOMENTO MÁXIMO (Combinación Nº 61 CALC C2I) (ver pg CE-52)

Esfuerzos de cálculo (el programa da salidas en toneladas -T- para fuerzas y metroxtonelada- mT para momentos)

$$N_d = 117,63 \text{ T} = 1.154 \text{ kN (compresión)}$$

$$V_{y,d} = 27,52 \text{ T} = 270 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 174,69 \text{ mT} = 1.714 \text{ mkN}$$

❖ Aproximación conservadora : (ecuación 6.2. del Anejo 22 Código Estructural. Es la que utilizaba el CTE)

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} \leq 1$$

En nuestro caso : $V_{y,Ed} = 270 \text{ kN} < 0,5 \times 2.843 \text{ kN} = 1.421,5 \text{ kN} \Rightarrow M_{z,V,Rd} = M_{c,,z,Rd} = 4.111 \text{ mkN}$. Entonces:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} = \frac{1.154 \text{ kN}}{11.450 \text{ kN}} + \frac{1.714 \text{ mkN}}{4.111 \text{ mkN}} = 0,518 \leq 1$$

❖ Fórmula de interacción momento,cortante y axil (6.2.10 Anejo 22 Código Estructural)

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} \leq 1$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{1.154 \text{ kN}}{11.450 \text{ kN}} = 0,10 \text{ (axil relativo)}$$

$$v_y = \frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,y,Rd}} = \frac{270 \text{ kN}}{2.843 \text{ kN}} = 0,095 \text{ (cortante relativo)}$$

$$\rho_y = [2v_y - 1]^2 \text{ si } v_y > 0,5$$

$$\rho_y = 0 \text{ si } v_y \leq 0,5$$

$$\Rightarrow \rho_y = 0$$

$$n_w = \frac{h_w t_w}{A} [1 - \rho_y] = 0,381 \text{ (si } n > n_w \text{ la f.n.p está en las alas y en caso contrario en el alma)}$$

$$n_0 = 0,5 \frac{h_w t_w}{A} = 0,190$$



Si $n \leq n_0 \Rightarrow$ El efecto del axil sobre el momento plástico es despreciable. (en nuestro caso $0,10 < 0,190$)

Entonces, si $n \leq n_w$: (como es nuestro caso, y sin despreciar el efecto del axil)

$$M_{z,VN,Rd} = \left[W_{pl,z} - \rho_y \frac{1}{4} t_w h_w^2 - n^2 \frac{1}{4} \frac{A^2}{t_w} \frac{1}{(1 - \rho_y)} \right] f_{yd} = \left[15.697 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 - 0 - 0,10^2 \times 0,25 \times \frac{[437,18 \cdot 10^2]^2 \text{ mm}^4}{19,3 \text{ mm}} \right] \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05}$$
$$= 4.046,28 \text{ mkN}$$

Entonces:

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} = \frac{1.714 \text{ mkN}}{4.046,28 \text{ mkN}} = 0,423 \leq 1 \text{ (sin despreciar efecto del axil)}$$

Si hubiéramos despreciado el efecto del axil ($M_{z,VN,Rd} \cong M_{pl,z}$):

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} = \frac{1.714 \text{ mkN}}{4.111 \text{ mkN}} = 0,417 \leq 1$$



1.2 CABEZA PILAR (Nudo 421) (este pilar-central-es de sección constante)

CLASE DE SECCIÓN (ver pg CE-AP8-10 y 11):

Alma:

$$c_w = h - 2t_f - 2r = 825 \text{ mm}$$

$$c_w/t_w = 825/19,3 = 42,74$$

$\xi_{1N} = 30,49$ (límite para clase 1 cuando todo el alma está comprimida)

$\xi_{2N} = 35,11$ (límite para clase 2 cuando todo el alma está comprimida)

$\xi_{3N} = 38,80$ (límite para clase 3 cuando todo el alma está comprimida)

$\xi_{1M} = 66,53$ (límite para clase 1 cuando el alma está sometida a flexión pura)

Para flexión recta:

- Para la combinación de acciones con axil máximo (combinación N°70 calc C21):

$$N = 116,68 \text{ T} = 1.144,63 \text{ kN}$$

$$\alpha = 0,5 + \frac{N}{2ctf_y} = 0,5 + \frac{1.144,63 \text{ kN}}{2 \times 825 \text{ mm} \times 19,3 \text{ mm} \times 0,275 \text{ kN/mm}^2} = 0,631$$

$$\text{Límite clase 1: } \frac{380,16}{13\alpha - 1} = \frac{380,16}{13 \times 0,631 - 1} = 52,78 > 42,74 \Rightarrow \text{CLASE 1}$$

- Para la combinación de acciones con flector máximo (combinación N°61 calc C21):

$$N = 111,20 \text{ T} = 1.091 \text{ kN}$$

$$\alpha = 0,5 + \frac{N}{2ctf_y} = 0,5 + \frac{1.091 \text{ kN}}{2 \times 825 \text{ mm} \times 19,3 \text{ mm} \times 0,275 \text{ kN/mm}^2} = 0,624$$

$$\text{Límite clase 1: } \frac{380,16}{13\alpha - 1} = \frac{380,16}{13 \times 0,624 - 1} = 53,45 > 42,74 \Rightarrow \text{CLASE 1}$$

Alas: Clase 1 para cualquier sollicitación

$$c_f = (b - t_w - 2r)/2 = 180 \text{ mm}$$

$$c_f/t_f = 180/32 = 5,62 < \xi_{1N}$$

$\zeta_{1N} = 8,316$ (límite para clase 1 cuando todo el ala está comprimida)



ESFUERZOS RESISTENTES ULTIMOS EVALUADOS DE FORMA INDEPENDIENTE (para clase 1)

Como nos van a hacer falta para realizar la comprobación de resistencia, calculemos primero los esfuerzos resistentes de forma independiente .

Los calculamos para clase 1 (clases 1 y 2), que es nuestra sección para las combinaciones consideradas.

- Resistencia de cálculo a compresión : $N_{c,Rd}$

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{437,18 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 275 \frac{N}{\text{mm}^2}}{1,05} = 11.450 \text{ kN}$$

- Momento flector resistente alrededor del eje z : $M_{c,z,Rd}$ (z es el eje fuerte)

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15.697 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \times 275 \frac{N}{\text{mm}^2}}{1,05} = 4.111 \text{ mkN}$$

- Cortante resistente de cálculo dirección y: $V_{c,y,Rd}$

$$V_{c,y,Rd} = V_{pl,y,Rd} = \frac{A_{vy} \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{188 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times \frac{275}{\sqrt{3}} \frac{N}{\text{mm}^2}}{1,05} = 2.843 \text{ kN}$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON AXIL MÁXIMO (Combinación Nº 70 CALC C2I) (ver pg CE-53)

Esfuerzos de cálculo

$$N_d = 116,68 \text{ T} = 1.145 \text{ kN (compresión)}$$

$$V_{y,d} = 21,16 \text{ T} = 208 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 158,96 \text{ mT} = 1.560 \text{ mkN}$$

- ❖ Aproximación conservadora : (ecuación 6.2. del Anejo 22 Código Estructural. Es la que utilizaba el CTE)

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} \leq 1$$

siendo $M_{z,V,Rd}$ el momento resistente de cálculo sobre el eje z reducido por el cortante, calculado como sigue:

$$\text{Si } V_{y,d} < 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd}$$

$$\text{Si } V_{y,d} \geq 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,V,Rd} = \frac{\left[W_{pl,z} \frac{\rho A^2}{4 t_w} \right]}{\gamma_{M0}} \quad \text{siendo } \rho = \left[\frac{2 V_{y,Ed}}{V_{c,y,Rd}} - 1 \right]^2$$

En nuestro caso : $V_{y,Ed} = 208 \text{ kN} < 0,5 \times 2.843 \text{ kN} = 1.421,5 \text{ kN} \implies M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd} = 4.111 \text{ kN}$. Entonces:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} = \frac{1.145 \text{ kN}}{11.450 \text{ kN}} + \frac{1.560 \text{ mkN}}{4.111 \text{ mkN}} = 0,48 \leq 1$$



❖ Fórmula de interacción momento,cortante y axil (6.2.10 Anejo 22 Código Estructural)

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} \leq 1$$

siendo $M_{z,VN,Rd}$ el momento resistente de cálculo sobre el eje z reducido por la presencia de axil y cortante. (Su obtención se detalla en el apéndice 2.)

Sean:

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{1.145}{11.450} = 0,10 \text{ (axil relativo)}$$

$$v_y = \frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,y,Rd}} = \frac{208 \text{ kN}}{2.843 \text{ kN}} = 0,073 \text{ (cortante relativo)}$$

$$\rho_y = [2v_y - 1]^2 \text{ si } v_y > 0,5$$

$$\rho_y = 0 \text{ si } v_y \leq 0,5$$

$$\Rightarrow \rho_y = 0$$

$$n_w = \frac{h_w t_w}{A} [1 - \rho_y] = \frac{863 \text{ mm} \times 19,3 \text{ mm}}{437,18 \cdot 10^2 \text{ m}} [1 - 0] = 0,381 \text{ (si } n > n_w \text{ la f.n.p está en las alas y en caso contrario en el alma)}$$

$$n_0 = 0,5 \frac{h_w t_w}{A} = 0,5 \times \frac{863 \text{ mm} \times 19,3 \text{ mm}}{437,18 \cdot 10^2 \text{ mm}^2} = 0,190$$

Si $n \leq n_0 \Rightarrow$ El efecto del axil sobre el momento plástico es se puede despreciar.(en nuestro caso $0,105 < 0,190$)

Entonces, si $n \leq n_w$: (como es nuestro caso, y sin despreciar el efecto del axil)

$$M_{z,VN,Rd} = \left[W_{pl,z} - \rho_y \frac{1}{4} t_w h_w^2 - n^2 \frac{1}{4} \frac{A^2}{t_w (1 - \rho_y)} \right] f_{yd} = \left[15.697 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 - 0 - 0,10^2 \times 0,25 \times \frac{[437,18 \cdot 10^2]^2 \text{ mm}^4}{19,3 \text{ mm}} \right] \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05}$$

$$= 4.046,28 \text{ mkN}$$

Si hubiera sido $n > n_w$: (ver apéndice 2)

$$M_{z,VN,Rd} = \rho_y b t_f [h - \rho_y t_f] + \frac{A}{2} [1 - n - \rho_y] \left[h - 2\rho_y t_f - \frac{A}{2b} [1 - n - \rho_y] \right] f_{yd}$$

Entonces:

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} = \frac{1.560 \text{ mkN}}{4.046,28 \text{ mkN}} = 0,385 \leq 1 \text{ (sin despreciar efecto del axil)}$$

Si hubiéramos despreciado el efecto del axil ($M_{z,VN,Rd} \cong M_{pl,z}$):

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} = \frac{1.560 \text{ mkN}}{4.111 \text{ mkN}} = 0,379 \leq 1$$



COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON MOMENTO MÁXIMO (Combinación N° 61 CALC C2I) (ver pg CE-52)

Esfuerzos de cálculo (el programa da salidas en toneladas -T- para fuerzas y metroxtonelada- mT para momentos)

$$N_d = 111,20 \text{ T} = 1.091 \text{ kN (compresión)}$$

$$V_{y,d} = 27,49 \text{ T} = 270 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 185,87 \text{ mT} = 1.824 \text{ mkN}$$

❖ Aproximación conservadora : (ecuación 6.2. del Anejo 22 Código Estructural. Es la que utilizaba el CTE)

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} \leq 1$$

En nuestro caso : $V_{y,Ed} = 270 \text{ kN} < 0,5 \times 2.843 \text{ kN} = 1.421,5 \text{ kN} \Rightarrow M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd} = 4.111 \text{ mkN}$. Entonces:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} = \frac{1.091 \text{ kN}}{11.450 \text{ kN}} + \frac{1.824 \text{ mkN}}{4.111 \text{ mkN}} = 0,539 \leq 1$$

❖ Fórmula de interacción momento,cortante y axil (6.2.10 Anejo 22 Código Estructural)

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} \leq 1$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{1.091 \text{ kN}}{11.450 \text{ kN}} = 0,095 \text{ (axil relativo)}$$

$$v_y = \frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,y,Rd}} = \frac{270 \text{ kN}}{2.843 \text{ kN}} = 0,095 \text{ (cortante relativo)}$$

$$\rho_y = 0 \text{ si } v_y \leq 0,5$$

$$\Rightarrow \rho_y = 0$$

$$n_w = \frac{h_w t_w}{A} [1 - \rho_y] = 0,381 \text{ (si } n > n_w \text{ la f.n.p está en las alas y en caso contrario en el alma)}$$

$$n_0 = 0,5 \frac{h_w t_w}{A} = 0,190$$

Si $n \leq n_0 \Rightarrow$ El efecto del axil sobre el momento plástico es despreciable.(en nuestro caso $0,10 < 0,190$)

Entonces, si $n \leq n_w$: (como es nuestro caso, y sin despreciar el efecto del axil)

$$M_{z,VN,Rd} = \left[W_{pl,z} - \rho_y \frac{1}{4} t_w h_w^2 - n^2 \frac{1 A^2}{4 t_w (1 - \rho_y)} \right] f_{yd} = \left[15.697 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 - 0 - 0,095^2 \times 0,25 \times \frac{[437,18 \cdot 10^2]^2 \text{ mm}^4}{19,3 \text{ mm}} \right] \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05} \\ = 4.052,60 \text{ mkN}$$

Entonces:

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} = \frac{1.091 \text{ mkN}}{4.052,6 \text{ mkN}} = 0,269 \leq 1 \text{ (sin despreciar efecto del axil)}$$



Si hubiéramos despreciado el efecto del axil ($M_{z,VN,Rd} \cong M_{pl,z}$):

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} = \frac{1.091 \text{ mkN}}{4.111 \text{ mkN}} = 0,265 \leq 1$$

2.-COMPROBACIÓN A PANDEO

2.1 Pandeo por compresión

En el apéndice 1 hemos calculado el pandeo traslacional del pórtico en su plano.

En el apéndice 6 hemos calculado los coeficientes de pandeo en modo intraslacional en los pilares por el método de Wood.

Este pilar es el central y es de sección constante.

PANDEO EN EL PLANO DEL PÓRTICO- flexión z (eje fuerte)

Como hemos realizado un análisis global en 2º orden (además de considerar la imperfección global, desplome) el modo de pandeo a considerar en los pilares es intraslacional. Este cálculo (coeficiente de pandeo) lo hemos realizado en el anejo 6 (ver pg CE-AP6-2):

$$\beta_z = 0,659 \text{ (coeficiente de pandeo flexión z)}$$

$$L_z = 1.311 \text{ cm (longitud de todo el pilar)}$$

$$i_z = 38,41 \text{ cm (radio de giro flexión z)}$$

$$L_{crit,z} = \beta_z L_z = 0,659 \times 1.311 \text{ cm} = 863,95 \text{ cm (longitud crítica de pandeo flexión z)}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{crit,z}}{i_z} = \frac{863,95 \text{ cm}}{38,41 \text{ cm}} = 22,493 \text{ (esbeltez flexión z)}$$

$$\lambda_E = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210.000 \text{ N/mm}^2}{275 \text{ N/mm}^2}} = 86,81 \text{ (esbeltez de Euler)}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{22,49}{86,81} = 0,259 \text{ (esbeltez reducida flexión z)}$$

Curva de pandeo: (tabla A22.6.2)

$$h/b=927/418=2,22 > 1,2$$

$$t_f=32 < 40 \quad \Rightarrow \text{Curva a}$$

Flexión z-z (eje fuerte)

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.1)

Curva de pandeo a $\Rightarrow \alpha_z=0,21$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha_z(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5[1 + 0,21(0,259 - 0,2) + 0,259^2] = 0,540$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,54 + \sqrt{0,54^2 - 0,259^2}} = 0,987$$

$$N_{crit,z} = \frac{A f_y}{\bar{\lambda}_z^2} = \frac{437,18.10^2 \text{ mm}^2 \times 275 \text{ N/mm}^2}{0,259^2} = 179.206 \text{ kN (carga crítica de Euler flexión z)}$$



PANDEO EN EL PLANO PERPENDICULAR AL PÓRTICO- flexión y (eje débil)

En este plano , el arriostrado de fachada inmoviliza la cabeza de pilares, por lo que, aunque hubiéramos realizado un cálculo en primer orden, calcularíamos este modo de pandeo como intraslacional.

Además, como hemos realizado un análisis global en 2º orden (además de considerar la imperfección global, desplome) el modo de pandeo a considerar en los pilares es intraslacional . Este cálculo (coeficiente de pandeo) lo hemos realizado en el anejo 6 (ver pg CE-AP6- 4).

En el tramo inferior del pilar (barra 46):

$$\beta_y = 0,698 = 0,7 \text{ (coeficiente de pandeo flexión y)}$$

$$L_y = 640 \text{ cm (longitud real barra)}$$

$$i_y = 9,45 \text{ cm (radio de giro flexión y)}$$

$$L_{crit,y} = \beta_y L_y = 0,7 \times 640 \text{ cm} = 448 \text{ cm (longitud crítica de pandeo flexión y)}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{crit,y}}{i_y} = \frac{448}{9,45} = 47,426 \text{ (esbeltez flexión y)}$$

$$\lambda_E = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 86,81 \text{ (esbeltez de Euler)}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{47,426}{86,81} = 0,546 \text{ (esbeltez reducida flexión y)}$$

Curva de pandeo: (tabla A22.6.2)

$$h/b=927/418=2,22 > 1,2$$

$$t_f=32 < 40 \quad \Rightarrow \text{Curva b}$$

Flexión y-y (eje débil)

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.1)

$$\text{Curva de pandeo b} \Rightarrow \alpha_y=0,34$$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha_y(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5[1 + 0,34(0,546 - 0,2) + 0,546^2] = 0,708$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,708 + \sqrt{0,708^2 - 0,546^2}} = 0,863$$

$$N_{crit,y} = \frac{A f_y}{\lambda_y^2} = \frac{437,18 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 275 \text{ N/mm}^2}{0,546^2} = 40.324 \text{ kN (carga crítica de Euler flexión y)}$$



En el tramo superior del pilar (barra 340):

$$\beta_y = 0,991 = 1 \text{ (coeficiente de pandeo flexión y)}$$

$$L_y = 671 \text{ cm (longitud real barra)}$$

$$i_y = 9,45 \text{ cm (radio de giro flexión y)}$$

$$L_{crit,y} = \beta_y L_y = 1 \times 671 \text{ cm} = 671 \text{ cm (longitud crítica de pandeo flexión y)}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{crit,y}}{i_y} = \frac{671}{9,45} = 71,03 \text{ (esbeltez flexión y)}$$

$$\lambda_E = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 86,81 \text{ (esbeltez de Euler)}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{71,03}{86,81} = 0,818 \text{ (esbeltez reducida flexión y)}$$

Curva de pandeo: (tabla A22.6.2)

$$h/b = 927/418 = 2,22 > 1,2$$

$$tf = 32 < 40 \quad \Rightarrow \text{Curva b}$$

Flexión y-y (eje débil)

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.1)

Curva de pandeo b $\Rightarrow \alpha_y = 0,34$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha_y(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5[1 + 0,34(0,818 - 0,2) + 0,818^2] = 0,940$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,94 + \sqrt{0,94^2 - 0,818^2}} = 0,713$$

$$N_{crit,y} = \frac{Af_y}{\bar{\lambda}_y^2} = \frac{437,18 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 275 \text{ N/mm}^2}{0,818^2} = 17.966 \text{ kN (carga crítica de Euler flexión y)}$$



PANDEO POR TORSIÓN

Además de poder pandear por flexión cuando la barra está sometida a un esfuerzo axial, también lo puede hacer por torsión.

En este caso que el c.d.g. y el centro de torsión coinciden, la torsión está desacoplada de las dos flexiones.

En el tramo inferior del pilar (barra 46):

$$\beta_{\phi} = 0,699 = 0,7 \text{ (coeficiente de pandeo por torsión)}$$

$$L_{\phi} = 640 \text{ cm (longitud real barra)}$$

$$L_{crit,\phi} = \beta_{\phi} L_{\phi} = 0,7 \times 640 \text{ cm} = 448 \text{ cm (longitud crítica de pandeo por torsión)}$$

$$r_o = \sqrt{\frac{I_y + I_z}{A}} = \sqrt{\frac{39.010 + 644.984}{437,18}} = 395,5 \text{ mm (radio de giro polar)}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{210.000 \text{ N/mm}^2}{2(1+0,3)} = 80.769 \text{ N/mm}^2 \text{ (módulo de elasticidad transversal)}$$

$$N_{crit,\phi} = \frac{1}{r_o^2} \left[GI_T + \frac{\pi^2 EI_A}{L_{crit,\phi}^2} \right] = \frac{1}{395,5^2 \text{ mm}^2} \left[80.769 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1.134 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 + \frac{\pi^2 \times 210.000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 7,8 \cdot 10^{13} \text{ mm}^6}{4480^2 \text{ mm}^2} \right] = 51.561 \text{ kN}$$

En el tramo superior del pilar (barra 338):

$$\beta_{\phi} = 1 \text{ (coeficiente de pandeo por torsión)}$$

$$L_{\phi} = 671 \text{ cm (longitud real barra)}$$

$$L_{crit,\phi} = \beta_{\phi} L_{\phi} = 1 \times 671 \text{ cm} = 671 \text{ cm (longitud crítica de pandeo por torsión)}$$

$$r_o = 395,5 \text{ mm (radio de giro polar)}$$

$$G = 80.769 \text{ N/mm}^2 \text{ (módulo de elasticidad transversal)}$$

$$N_{crit,\phi} = \frac{1}{r_o^2} \left[GI_T + \frac{\pi^2 EI_A}{L_{crit,\phi}^2} \right] = \frac{1}{395,5^2 \text{ mm}^2} \left[80.769 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1.134 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 + \frac{\pi^2 \times 210.000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 7,8 \cdot 10^{13} \text{ mm}^6}{6710^2 \text{ mm}^2} \right] = 28.810 \text{ kN}$$

Puesto que las cargas críticas por torsión son mayores que la carga crítica por flexión, las primeras no son determinantes (la menor carga crítica es por flexión en el eje débil y-y)



2.2 Pandeo por flexión (vuelco lateral)

En el tramo inferior del pilar (barra 46):

$k_\phi = 0,7$ (coeficiente de según coacciones)

$L = 640 \text{ cm}$ (longitud real barra)

$L_{crit} = k_\phi L = 0,7 \times 640 \text{ cm} = 448 \text{ cm}$ (longitud crítica)

$$\kappa = L_{crit} \sqrt{\frac{GI_T}{EI_A}} = 4480 \text{ mm} \sqrt{\frac{80.769 \frac{N}{mm^2} x 1.134 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{210.000 \frac{N}{mm^2} x 7,8 \cdot 10^{13} \text{ mm}^6}} = 1,059$$

Para la combinación 61 (CALC C2I), momento máximo en arranque pilar:

$M_a = 174,69 \text{ mT}$ (momento extremo barra máximo, en empotramiento, nudo 40)

$M_b = -1,40 \text{ mT}$ (momento en extremo barra mínimo, nudo 198)

$$c_1 = 1,88 - 1,40 \left(\frac{M_B}{M_A} \right) + 0,52 \left(\frac{M_B}{M_A} \right)^2 = 1,88 - 1,40 x \frac{-1,4}{174,69} + 0,52 \left(\frac{-1,4}{174,69} \right)^2 = 1,891$$

$$M_{crit} = c_1 \frac{\pi}{L_{crit}} \sqrt{GI_T EI_y} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{\kappa^2}} = 1,891 x \frac{\pi}{4480 \text{ mm}} \sqrt{80.769 \frac{N}{mm^2} x 1.134 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 x 210.000 \text{ N/mm}^2 x 39.010 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{1,059^2}}$$

$$= 35.958 \text{ m kN}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,z} f_y}{M_{crit}}} = \sqrt{\frac{15.697 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 x 0,275 \text{ kN/mm}^2}{35.958 \cdot 10^3 \text{ mm kN}}} = 0,346$$

Curva de pandeo lateral: (tabla A22.6.4)

$$h/b = 927/418 = 2,21 > 2 \Rightarrow \text{Curva b}$$

Sección laminada

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.3)

Curva de pandeo b $\Rightarrow \alpha_{LT} = 0,34$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5 [1 + 0,34 (0,346 - 0,2) + 0,346^2] = 0,585$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,585 + \sqrt{0,585^2 - 0,346^2}} = 0,947$$



En el tramo superior del pilar (barra 340):

$k_{\phi} = 1$ (coeficiente de según coacciones)

$L = 671 \text{ cm}$ (longitud real barra)

$L_{crit} = k_{\phi}L = 1 \times 671 \text{ cm} = 671 \text{ cm}$ (longitud crítica)

$$\kappa = L_{crit} \sqrt{\frac{GI_T}{EI_A}} = 6.710 \text{ mm} \sqrt{\frac{80.769 \frac{N}{\text{mm}^2} \times 1.134 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{210.000 \frac{N}{\text{mm}^2} \times 7,8 \cdot 10^{13} \text{ mm}^6}} = 1,586$$

Para la combinación 61 (CALC C2I), momento máximo en arranque pilar:

$M_a = 185,87 \text{ mT}$ (momento extremo barra máximo, en empotramiento, nudo 421)

$M_b = 1,40 \text{ mT}$ (momento en extremo barra mínimo, nudo 198)

$$c_1 = 1,88 - 1,40 \left(\frac{M_B}{M_A} \right) + 0,52 \left(\frac{M_B}{M_A} \right)^2 = 1,88 - 1,40 \times \frac{1,4}{185,87} + 0,52 \left(\frac{1,4}{185,87} \right)^2 = 1,869$$

$$M_{crit} = c_1 \frac{\pi}{L_{crit}} \sqrt{GI_T EI_y} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{\kappa^2}} = 1,869 \times \frac{\pi}{6.710 \text{ mm}} \sqrt{80.769 \frac{N}{\text{mm}^2} \times 1.134 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \times 210.000 \frac{N}{\text{mm}^2} \times 39.010 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{1,586^2}} = 16.818 \text{ m kN}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,z} f_y}{M_{crit}}} = \sqrt{\frac{15.697 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \times 0,275 \text{ kN/mm}^2}{16.818 \cdot 10^3 \text{ mm kN}}} = 0,506$$

Curva de pandeo lateral: (tabla A22.6.4)

$h/b = 927/418 = 2,21 > 2 \Rightarrow$ Curva b

Sección laminada

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.3)

Curva de pandeo b $\Rightarrow \alpha_{LT} = 0,34$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5 [1 + 0,34 (0,506 - 0,2) + 0,506^2] = 0,68$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,68 + \sqrt{0,68^2 - 0,506^2}} = 0,882$$



2.3 Comprobación a Pandeo de elementos comprimidos y flectados.

(recordemos que el eje z-z es el eje fuerte)

➤ Datos sección:

Clase 1 para las solicitaciones de comprobación.

$$N_{Rk} = Af_y = 437,18 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \cdot 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 12.022 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} f_y = 15.697 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \cdot 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 4.316 \text{ mkN}$$

➤ Coeficientes de reducción por pandeo:

$$\chi_z = 0,987 \quad \bar{\lambda}_z = 0,259$$

$$\chi_y = \min\{0,863; 0,713\} = 0,713$$

$$\chi_{LT} = \min\{0,947; 0,882\} = 0,882$$

➤ Por comodidad de notación llamemos:

$$N_{b,z,Rd} = \chi_z \frac{Af_y}{\gamma_{M1}} = 0,987 \cdot \frac{12.022 \text{ kN}}{1,05} = 11.300 \text{ kN}$$

$$N_{b,y,Rd} = \chi_y \frac{Af_y}{\gamma_{M1}} = 0,713 \cdot \frac{12.022 \text{ kN}}{1,05} = 8.163 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \min\{N_{b,z,Rd}; N_{b,y,Rd}\} = N_{b,y,Rd} = 8.163 \text{ kN}$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M1}} = 0,882 \cdot \frac{4.316 \text{ mkN}}{1,05} = 3.625 \text{ mkN}$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON AXIL MÁXIMO (Combinación Nº 70 CALC C2I) (ver pg CE-53)

➤ Esfuerzos máximos en la barra:

$$N_d = 123,11 \text{ T} = 1.208 \text{ kN (compresión)} < N_{b,Rd} = 8.163 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 158,96 \text{ mT} = 1.560 \text{ mkN} < M_{b,Rd} = 3.625 \text{ mkN}$$

➤ Coeficientes de interacción: (pilares se analizan en modo intraslacional)

$$M_{za} = -158,96 \text{ mT}$$

$$M_{zb} = 119,12 \text{ mT}$$

$$\Psi = M_{zb}/M_{za} = 119,12/-158,96 = -0,749$$

$$c_{mz} = 0,6 + 0,4\Psi \geq 0,4 \Rightarrow c_{mz} = 0,6 + 0,4x(-0,749) = 0,30 \Rightarrow c_{mz} = 0,4$$

$$k_{zz,lim} = c_{mz} \left[1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,4x \left[1 + 0,8x \frac{1.208 \text{ kN}}{11.300 \text{ kN}} \right] = 0,434$$



$$k_{zz} = c_{mz} \left[1 + [\bar{\lambda}_z - 0,2] \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,4x \left[1 + [0,259 - 0,2]x \frac{1.208 \text{ kN}}{11.300 \text{ kN}} \right] = 0,402 < k_{zz,lim}$$

$$k_{yz} = 0,6k_{zz} = 0,6x0,402 = 0,241$$

- Comprobación barra: (apartado 6.3.3 Anejo 22 Código Estructural)

Se ha de cumplir las dos condiciones siguientes:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.61 CE})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.62 CE})$$

En nuestro caso, ecuación 6.61:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{1.208 \text{ kN}}{11.300 \text{ kN}} + 0,402 \frac{1.560 \text{ mkN}}{3.625 \text{ mkN}} = 0,28 < 1$$

En nuestro caso, ecuación 6.62:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{1.208 \text{ kN}}{8.163 \text{ kN}} + 0,241 \frac{1.560 \text{ mkN}}{3.625 \text{ mkN}} = 0,252 < 1$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON MOMENTO MÁXIMO (Combinación Nº 61 CALC C2I) (ver pg CE-52)

- Esfuerzos máximos en la barra:

$$N_d = 117,63 \text{ T} = 1.154 \text{ kN (compresión)} < N_{b,Rd} = 8.163 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 185,87 \text{ mT} = 1.824 \text{ mkN} < M_{b,Rd} = 3.625 \text{ mkN}$$

- Coeficientes de interacción: (pilares se analizan en modo intraslacional)

$$M_{za} = -185,87 \text{ mT}$$

$$M_{zb} = 174,69 \text{ mT}$$

$$\Psi = M_{zb}/M_{za} = 174,69/-185,87 = -0,94$$

$$c_{mz} = 0,6 + 0,4\psi \geq 0,4 \Rightarrow c_{mz} = 0,6 + 0,4x(-0,94) = 0,22 \Rightarrow c_{mz} = 0,4$$

$$k_{zz,lim} = c_{mz} \left[1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,4x \left[1 + 0,8x \frac{1.154 \text{ kN}}{11.300 \text{ kN}} \right] = 0,432$$

$$k_{zz} = c_{mz} \left[1 + [\bar{\lambda}_z - 0,2] \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,4x \left[1 + [0,259 - 0,2]x \frac{1.154 \text{ kN}}{11.300 \text{ kN}} \right] = 0,402 < k_{zz,lim}$$

$$k_{yz} = 0,6k_{zz} = 0,6x0,402 = 0,241$$



➤ Comprobación barra: (apartado 6.3.3 Anejo 22 Código Estructural)

Se ha de cumplir las dos condiciones siguientes:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.61 CE})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.62 CE})$$

En nuestro caso, ecuación 6.61:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{1.154 \text{ kN}}{11.300 \text{ kN}} + 0,402 \frac{1.824 \text{ mkN}}{3.625 \text{ mkN}} = 0,304 < 1$$

En nuestro caso, ecuación 6.62:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{1.154 \text{ kN}}{8.163 \text{ kN}} + 0,241 \frac{1.824 \text{ mkN}}{3.625 \text{ mkN}} = 0,262 < 1$$



SEMIDINTEL BC .Nudo 421(pilar) a Nudo 975(clave). Barra 1987. Barra 2752. HL 920x420

1.-COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA (PLASTIFICACIÓN DE SECCIONES)

1.1 CLAVE (Nudo 975)

DATOS SECCIÓN:(ver pg CE-AP7-5)

h (mm)= 943 $h_w=863,2$ ($h_w/t_w=38,46 < 72\varepsilon/\eta=55,46 \Rightarrow$ No hace falta comprobar abolladura alma)

b (mm)= 422

t_w (mm)= 22,5

t_f (mm)= 39,9 (al ser menor de 40 mm $\Rightarrow f_y=275$ N/mm²)

A (cm²)= 534,07 (area axil)

A_v (cm²)= 221,46 (area cortante y)

I_z (cm⁴)= 813.340 (momento de inercia z, eje fuerte)

i_z (cm)=39,02 (radio de giro z)

$W_{el,z}$ (cm³)=17.250 (módulo resistente elástico z)

$W_{pl,z}$ (cm³)= 19.530 (módulo resistente plástico z)

CLASE DE SECCIÓN (ver pg CE-AP8-10): Clase 1 para las solicitaciones de comprobación

Alma: Clase 1 para las solicitaciones de comprobación. (clase 3 para cualquier tipo de solicitación)

$$c_w = h - 2t_f - 2r = 825,2 \text{ mm}$$

$$c_w/t_w = 825,2/22,5 = 36,67 < \xi_{3N}$$

$$\xi_{1N} = 30,49 \text{ (límite para clase 1 cuando todo el alma está comprimida)}$$

$$\xi_{2N} = 35,12 \text{ (límite para clase 2 cuando todo el alma está comprimida)}$$

$$\xi_{3N} = 38,81 \text{ (límite para clase 3 cuando todo el alma está comprimida)}$$

$$\xi_{1M} = 66,53 \text{ (límite para clase 1 cuando el alma está sometida a flexión pura)}$$

Para flexión recta:

- Para la combinación de acciones con axil máximo (combinación N°61 calc C21):

$$N = 73,71 \text{ T} = 723,1 \text{ kN}$$

$$\alpha = 0,5 + \frac{N}{2ctf_y} = 0,5 + \frac{723,1 \text{ kN}}{2 \times 825 \text{ mm} \times 22,5 \text{ mm} \times 0,275 \text{ kN/mm}^2} = 0,571$$

$$\text{Límite clase 1: } \frac{365,904}{13\alpha - 1} = \frac{365,904}{13 \times 0,571 - 1} = 56,97 > 36,67 \Rightarrow \text{CLASE 1}$$



- Para la combinación de acciones con flector máximo (combinación Nº70 calc C2I):
N=67,20 T = 659,2 kN

$$\alpha = 0,5 + \frac{N}{2ctf_y} = 0,5 + \frac{659,2 \text{ kN}}{2 \times 825 \text{ mm} \times 22,5 \text{ mm} \times 0,275 \text{ kN/mm}^2} = 0,638$$

$$\text{Límite clase 1: } \frac{365,904}{13\alpha-1} = \frac{365,904}{13 \times 0,638 - 1} = 50,16 > 36,67 \Rightarrow \text{CLASE 1}$$

Alas: Clase 1 para cualquier sollicitación

$$cf=(b-tw-2r)/2=180,75 \text{ mm}$$

$$cf/tf=180,75/39,9= 4,53 < \zeta_{1N}$$

$$\zeta_{1N}=8,316 \text{ (límite para clase 1 cuando todo el ala está comprimida)}$$

ESFUERZOS RESISTENTES ULTIMOS EVALUADOS DE FORMA INDEPENDIENTE (para clase 1-2)

Como nos van a hacer falta para realizar la comprobación de resistencia, calculemos primero los esfuerzos resistentes de forma independiente .

Los calculamos para clase 1 (clases 1 y2), que es nuestra sección para cualquier combinación de sollicitaciones.

- Resistencia de cálculo a compresión : Nc,Rd

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{534,07 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,05} = 13.987 \text{ kN}$$

- Momento flector resistente alrededor del eje z : Mc,z,Rd (z es el eje fuerte)

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{19.530 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \times 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,05} = 5.115 \text{ mkN}$$

- Cortante resistente de cálculo dirección y: Vc,y,Rd

$$V_{c,y,Rd} = V_{pl,y,Rd} = \frac{A_{vy} \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{221,46 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times \frac{275 \text{ N}}{\sqrt{3} \text{ mm}^2}}{1,05} = 3.349 \text{ kN}$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON AXIL MÁXIMO (Combinación Nº 61 CALC C2I) (ver pg CE-52)

Esfuerzos de cálculo (el programa da salidas en toneladas -T- para fuerzas y metroxtonelada- mT para momentos)

$$N_d = 73,71 \text{ T} = 723,1 \text{ kN (compresión)}$$

$$V_{d,y} = 3 \text{ T} = 30 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 130,36 \text{ mT} = 1.279 \text{ mkN}$$

- ❖ Aproximación conservadora : (ecuación 6.2. del Anejo 22 Código Estructural. Es la que utilizaba el CTE)

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} \leq 1$$

siendo Mz,V,Rd el momento resistente de cálculo sobre el eje z reducido por el cortante, calculado como sigue:



$$\text{Si } V_{y,d} < 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd}$$

$$\text{Si } V_{y,d} \geq 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,V,Rd} = \frac{W_{pl,z} \frac{\rho A^2}{4t_w}}{\gamma_{M0}} \quad \text{siendo } \rho = \left[\frac{2V_{y,Ed}}{V_{c,y,Rd}} - 1 \right]^2$$

En nuestro caso : $V_{y,Ed} = 30 \text{ kN} < 0,5 \times 3.349 \text{ kN} = 1.674,15 \text{ kN} \implies M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd} = 5.115 \text{ kN}$. Entonces:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} = \frac{723,1 \text{ kN}}{13.987 \text{ kN}} + \frac{1.279 \text{ mKN}}{5.115 \text{ mKN}} = 0,302 \leq 1$$

❖ Fórmula de interacción momento,cortante y axil (6.2.10 Anejo 22 Código Estructural)

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} \leq 1$$

siendo $M_{z,VN,Rd}$ el momento resistente de cálculo sobre el eje z reducido por la presencia de axil y cortante. (Su obtención se detalla en el apéndice 2.)

Sean:

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{723,1 \text{ kN}}{13.987 \text{ kN}} = 0,05 \text{ (axil relativo)}$$

$$v_y = \frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,y,Rd}} = \frac{30 \text{ kN}}{3.349 \text{ kN}} = 0,01 \text{ (cortante relativo)}$$

$$\rho_y = [2v_y - 1]^2 \text{ si } v_y > 0,5$$

$$\rho_y = 0 \text{ si } v_y \leq 0,5$$

$$\Rightarrow \rho_y = 0$$

$$n_w = \frac{h_w t_w}{A} [1 - \rho_y] = \frac{863,2 \text{ mm} \times 22,5 \text{ mm}}{534,07 \cdot 10^2 \text{ mm}^2} [1 - 0] = 0,363 \quad (\text{si } n > n_w \text{ la f.n.p está en las alas y en caso contrario en el alma})$$

$$n_0 = 0,5 \frac{h_w t_w}{A} = 0,5 \times \frac{863,2 \text{ mm} \times 22,5 \text{ mm}}{534,07 \cdot 10^2 \text{ mm}^2} = 0,182$$

Si $n \leq n_0 \implies$ El efecto del axil sobre el momento plástico es despreciable. (en nuestro caso $0,05 < 0,181$)

Entonces, si $n \leq n_w$: (como es nuestro caso, y sin despreciar el efecto del axil)

$$M_{z,VN,Rd} = \left[W_{pl,z} - \rho_y \frac{1}{4} t_w h_w^2 - n^2 \frac{1}{4} \frac{A^2}{t_w (1 - \rho_y)} \right] f_{yd} = \left[19.530 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 - 0 - 0,05^2 \times 0,25 \times \frac{[571,36 \cdot 10^2 \text{ mm}^2]^2}{22,5 \text{ mm}} \right] \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05} = 5.091 \text{ mKN}$$

Si hubiera sido $n > n_w$: (ver apéndice 2)

$$M_{z,VN,Rd} = \rho_y b t_f [h - \rho_y t_f] + \frac{A}{2} [1 - n - \rho_y] \left[h - 2\rho_y t_f - \frac{A}{2b} [1 - n - \rho_y] \right] f_{yd}$$



Entonces:

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} = \frac{1.279 \text{ mkN}}{5.091 \text{ mkN}} = 0,251 \leq 1 \text{ (sin despreciar efecto del axil)}$$

Si hubiéramos despreciado el efecto del axil ($M_{z,VN,Rd} \cong M_{pl,z}$):

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} = \frac{1.279 \text{ mkN}}{5.115 \text{ mkN}} = 0,250 \leq 1$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON MOMENTO MÁXIMO (Combinación Nº 70 CALC C21) (ver pg CE-53)

Esfuerzos de cálculo (el programa da salidas en toneladas -T- para fuerzas y metroxtonelada- mT para momentos)

$$N_d = 67,2 \text{ T} = 614 \text{ kN (compresión)}$$

$$V_{y,d} = 6,24 \text{ T} = 62 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 143,43 \text{ mT} = 1.407 \text{ mkN}$$

❖ Aproximación conservadora : (ecuación 6.2. del Anejo 22 Código Estructural. Es la que utilizaba el CTE)

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} \leq 1$$

siendo $M_{z,V,Rd}$ el momento resistente de cálculo sobre el eje z reducido por el cortante, calculado como sigue:

$$\text{Si } V_{y,d} < 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd}$$

$$\text{Si } V_{y,d} \geq 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,V,Rd} = \frac{W_{pl,z} \frac{\rho A^2}{4tw}}{\gamma_{M0}} \quad \text{siendo } \rho = \left[\frac{2V_{y,Ed}}{V_{c,y,Rd}} - 1 \right]^2$$

En nuestro caso : $V_{y,Ed} = 30 \text{ kN} < 0,5 \times 3.349 \text{ kN} = 1.674,15 \text{ kN} \implies M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd} = 5.115 \text{ kN}$. Entonces:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} = \frac{614 \text{ kN}}{13.987 \text{ kN}} + \frac{1.407 \text{ mkN}}{5.115 \text{ mkN}} = 0,32 \leq 1$$

❖ Fórmula de interacción momento, cortante y axil (6.2.10 Anejo 22 Código Estructural)

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} \leq 1$$

siendo $M_{z,VN,Rd}$ el momento resistente de cálculo sobre el eje z reducido por la presencia de axil y cortante. (Su obtención se detalla en el apéndice 2.)

Sean:



$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{614 \text{ kN}}{13.987 \text{ kN}} = 0,04 \text{ (axil relativo)}$$

$$v_y = \frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,y,Rd}} = \frac{62 \text{ kN}}{3.349 \text{ kN}} = 0.02 \text{ (cortante relativo)}$$

$$\rho_y = [2v_y - 1]^2 \text{ si } v_y > 0,5$$

$$\rho_y = 0 \text{ si } v_y \leq 0,5$$

$$\Leftrightarrow \rho_y = 0$$

$$n_w = \frac{h_w t_w}{A} [1 - \rho_y] = 0,363 \text{ (si } n > n_w \text{ la f.n.p está en las alas y en caso contrario en el alma)}$$

$$n_0 = 0,5 \frac{h_w t_w}{A} = 0,182$$

Si $n \leq n_0 \Rightarrow$ El efecto del axil sobre el momento plástico es despreciable.(en nuestro caso $0,05 < 0,181$)

Entonces, si $n \leq n_w$: (como es nuestro caso, y sin despreciar el efecto del axil)

$$M_{z,VN,Rd} = \left[W_{pl,z} - \rho_y \frac{1}{4} t_w h_w^2 - n^2 \frac{1}{4} \frac{A^2}{t_w (1 - \rho_y)} \right] f_{yd} = \left[19.530. 10^3 \text{ mm}^3 - 0 - 0,04^2 \times 0,25 \times \frac{[571,36. 10^2 \text{ mm}^2]^2}{22,5 \text{ mm}} \right] \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05}$$

$$= 5.091 \text{ mkN}$$

Si hubiera sido $n > n_w$: (ver apéndice 2)

$$M_{z,VN,Rd} = \rho_y b t_f [h - \rho_y t_f] + \frac{A}{2} [1 - n - \rho_y] \left[h - 2\rho_y t_f - \frac{A}{2b} [1 - n - \rho_y] \right] f_{yd}$$

Entonces:

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} = \frac{1.407 \text{ mkN}}{5.091 \text{ mkN}} = 0,276 \leq 1 \text{ (sin despreciar efecto del axil)}$$

Si hubiéramos despreciado el efecto del axil ($M_{z,VN,Rd} \cong M_{pl,z}$):

$$\eta_2 = \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,VN,Rd}} = \frac{1.407 \text{ mkN}}{5.115 \text{ mkN}} = 0,275 \leq 1$$



1.2 ENCUENTRO CON PILAR (Nudo 421)

DATOS SECCIÓN:(ver pg CE-AP7-12)

$h1(\text{mm})= 943$ $h2(\text{mm})= 901$ $hw1(\text{mm})= 863$ $hw2(\text{mm})= 861$

$b1=b2(\text{mm})= 422$

$tw1=tw2$ (mm)= 22,5

$tf1=tf2$ (mm)= 39,9 (al ser menor de 40 mm => $f_y=275$ N/mm²)

A (cm²)= 897,75 (area axil)

A_{vy} (cm²)= 428,83 (area cortante y)

I_z (cm⁴)= 3.794.257 (momento de inercia z, eje fuerte)

i_z (cm)=65,01 (radio de giro z)

$W_{el,z}$ (cm³)=41.146 (módulo resistente elástico z)

$W_{pl,z}$ (cm³)= 48.460 (módulo resistente plástico z)

dG (mm)=450,6

CLASE DE SECCIÓN (ver pg CE-AP8-10): Clase 1 para las solicitaciones de comprobación

Alma: Clase 1 para las solicitaciones de comprobación. (clase 3 para cualquier tipo de solicitación)

$cw= h-2tf-2r = 825,2$ mm

$cw/tw= 825,2/22,5=36,67 < \xi_{2N}$

$\xi_{1N}=30,49$ (límite para clase 1 cuando todo el alma está comprimida)

$\xi_{2N}=35,12$ (límite para clae 2 cuando todo el alma está comprimida)

$\xi_{3N}=38,81$ (límite para clase 3 cuando todo el alma está comprimida)

$\xi_{1M}=66,53$ (límite para clase 1 cuando el alma está sometida a flexión pura)

Para flexión recta:

- Para la combinación de acciones con axil máximo (combinación N°61 calc C21):

$N=78,95$ T = 774,5 kN

$$\alpha = 0,5 + \frac{N}{2ctf_y} = 0,5 + \frac{774,5 \text{ kN}}{2 \times (863+861) \text{ mm} \times 22,5 \text{ mm} \times 0,275 \text{ kN/mm}^2} = 0,53 (*)$$

$$\text{Límite clase 1: } \frac{365,904}{13\alpha-1} = \frac{365,904}{13 \times 0,53-1} = 62,12 > 36,67 \Rightarrow \text{CLASE 1}$$



- Para la combinación de acciones con flector máximo (combinación N°70 calc C21):
N=73,34 T = 719,5 kN

$$\alpha = 0,5 + \frac{N}{2ctf_y} = 0,5 + \frac{719,5 \text{ kN}}{2 \times (863+861) \text{ mm} \times 22,5 \text{ mm} \times 0,275 \text{ kN/mm}^2} = 0,53 (*)$$

$$\text{Límite clase 1: } \frac{365,904}{13\alpha-1} = \frac{365,904}{13 \times 0,53-1} = 62,12 > 36,67 \Rightarrow \text{CLASE 1}$$

Alas: Clase 1 para cualquier sollicitación

$$cf=(b-tw-2r)/2=180,75 \text{ mm}$$

$$cf/tf=180,75/39,9= 4,53 < \zeta 1N$$

$$\zeta 1N=8,316 \text{ (límite para clase 1 cuando todo el ala está comprimida)}$$

ESFUERZOS RESISTENTES ULTIMOS EVALUADOS DE FORMA INDEPENDIENTE (para clase 1-2)

Como nos van a hacer falta para realizar la comprobación de resistencia, calculemos primero los esfuerzos resistentes de forma independiente .

Los calculamos para clase 1 (clases 1 y2), que es nuestra sección para cualquier combinación de sollicitaciones.

- Resistencia de cálculo a compresión : Nc,Rd

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{897,75 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 275 \frac{N}{\text{mm}^2}}{1,05} = 23.512 \text{ kN}$$

- Momento flector resistente alrededor del eje z : Mc,z,Rd (z es el eje fuerte)

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z}f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{48.460 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \times 275 \frac{N}{\text{mm}^2}}{1,05} = 12.692 \text{ mkN}$$

- Cortante resistente de cálculo dirección y: Vc,y,Rd

$$V_{c,y,Rd} = V_{pl,y,Rd} = \frac{A_{vy} \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{428,83 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times \frac{275}{\sqrt{3}} \frac{N}{\text{mm}^2}}{1,05} = 6.484 \text{ kN}$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON AXIL MÁXIMO (Combinación N° 61 CALC C2I) (ver pg CE-52)

Esfuerzos de cálculo (el programa da salidas en toneladas -T- para fuerzas y metroxtonelada- mT para momentos)

$$Nd = 78,95 \text{ T} = 774,5 \text{ kN (compresión)}$$

$$Vyd = 50,72 \text{ T} = 498 \text{ kN}$$

$$Mz,d = 587,42 \text{ mT} + dG \times Nd = 5.763 \text{ mkN} + 0,45 \text{ m} \times 774,5 \text{ kN} = 6.111 \text{ mkN}$$

- ❖ Aproximación conservadora : (ecuación 6.2. del Anejo 22 Código Estructural. Es la que utilizaba el CTE)

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} \leq 1$$

siendo Mz,V,Rd el momento resistente de cálculo sobre el eje z reducido por el cortante, calculado como sigue:



$$\text{Si } V_{y,d} < 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,,V,Rd} = M_{c,,z,Rd}$$

$$\text{Si } V_{y,d} \geq 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,,V,Rd} = \frac{\left[W_{pl,z} - \frac{\rho A_w^2}{4t_w} \right]}{\gamma_{M0}} \quad \text{siendo } \rho = \left[\frac{2V_{y,Ed}}{V_{c,y,Rd}} - 1 \right]^2$$

En nuestro caso : $V_{y,Ed} = 498 \text{ kN} < 0,5 \times 6.484 \text{ kN} = 3.242 \text{ kN} \Rightarrow M_{z,,V,Rd} = M_{c,,z,Rd} = 12.692 \text{ mkN}$. Entonces:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} = \frac{774,5 \text{ kN}}{23.512 \text{ kN}} + \frac{6.111 \text{ mkN}}{12.692 \text{ mkN}} = 0,514 \leq 1$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON MOMENTO MÁXIMO (Combinación N° 70 CALC C2I) (ver pg CE-53)

Esfuerzos de cálculo (el programa da salidas en toneladas -T- para fuerzas y metroxtonelada- mT para momentos)

$$N_d = 73,34 \text{ T} = 720 \text{ kN (compresión)}$$

$$V_{y,d} = 58,74 \text{ T} = 576 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 617,52 \text{ mT} + dGxNd = 6.058 \text{ mkN} + 0,45 \text{ mx}720 \text{ kN} = 6.382 \text{ mkN}$$

❖ Aproximación conservadora : (ecuación 6.2. del Anejo 22 Código Estructural. Es la que utilizaba el CTE)

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} \leq 1$$

siendo $M_{z,V,Rd}$ el momento resistente de cálculo sobre el eje z reducido por el cortante, calculado como sigue:

$$\text{Si } V_{y,d} < 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,,V,Rd} = M_{c,,z,Rd}$$

$$\text{Si } V_{y,d} \geq 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,,V,Rd} = \frac{\left[W_{pl,z} - \frac{\rho A_w^2}{4t_w} \right]}{\gamma_{M0}} \quad \text{siendo } \rho = \left[\frac{2V_{y,Ed}}{V_{c,y,Rd}} - 1 \right]^2$$

En nuestro caso : $V_{y,Ed} = 498 \text{ kN} < 0,5 \times 6.484 \text{ kN} = 3.242 \text{ kN} \Rightarrow M_{z,,V,Rd} = M_{c,,z,Rd} = 12.692 \text{ mkN}$. Entonces:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} = \frac{720 \text{ kN}}{23.512 \text{ kN}} + \frac{6.382 \text{ mkN}}{12.692 \text{ mkN}} = 0,533 \leq 1$$



2.-COMPROBACIÓN A PANDEO

2.1 Pandeo por compresión

En el apéndice 1 hemos calculado el pandeo traslacional del pórtico en su plano para poder calcular el pandeo en los dinteles (modo traslacional en flexión respecto al eje fuerte-z)

PANDEO EN EL PLANO DEL PÓRTICO- flexión z (eje fuerte)

Este cálculo (coeficiente de pandeo) lo hemos realizado en el apéndice 1 (ver pg CE-AP1-40) :

En el tramo de la clave (barra 1987):

$\beta_z = 1$ (coeficiente de pandeo flexión z)

$L_z = 3.120 \text{ cm}$ (longitud de todo el semidintel)

$i_z = 39,02 \text{ cm}$ (radio de giro flexión z)

$L_{crit,z} = \beta_z L_z = 1 \times 3.120 \text{ cm} = 3.120 \text{ cm}$ (longitud crítica de pandeo flexión z)

$\lambda_z = \frac{L_{crit,z}}{i_z} = \frac{3.120 \text{ cm}}{39,02} = 79,95$ (esbeltez flexión z)

$\lambda_E = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210.000 \text{ N/mm}^2}{275 \text{ N/mm}^2}} = 86,82$ (esbeltez de Euler)

$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{79,95}{86,82} = 0,92$ (esbeltez reducida flexión z)

Curva de pandeo: (tabla A22.6.2)

$$h/b=943/422=2,24 > 1,2$$

$$t_f=39,9 < 40 \quad \Rightarrow \text{Curva a}$$

Flexión z-z (eje fuerte)

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.1)

Curva de pandeo a $\Rightarrow \alpha_z=0,21$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha_z(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5[1 + 0,21(0,92 - 0,2) + 0,92^2] = 0,999$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,999 + \sqrt{0,999^2 - 0,92^2}} = 0,721$$

$$N_{crit,z} = \frac{A f_y}{\bar{\lambda}_z^2} = \frac{534,07 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 275 \text{ N/mm}^2}{0,92^2} = 17.351 \text{ kN} \text{ (carga crítica de Euler flexión z de todo el semidintel)}$$



En el subtramo del encuentro con el pilar (barra 2752):

$$N_{crit,z} = 17.351 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{crit,z}}} = \sqrt{\frac{897,75 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 0,275 \text{ kN/mm}^2}{17.351 \text{ kN}}} = 1,192$$

Curva de a de pandeo: (tabla A22.6.2)

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.1)

Curva de pandeo a => $\alpha_z=0,21$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha_z(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5[1 + 0,21(1,192 - 0,2) + 1,192^2] = 1,315$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,315 + \sqrt{1,315^2 - 1,192^2}} = 0,535$$

PANDEO EN EL PLANO PERPENDICULAR AL PÓRTICO- flexión y (eje débil)

En este plano , el arriostrado de cubierta inmoviliza los dinteles, por lo que, en este modo de pandeo se considera intraslacional.

Los arriostrados se han colocado equidistantes, con una separación de 6,23 m y en todos ellos el coeficiente de pandeo lo tomamos igual a la unidad.

En el tramo de la clave (barra 1987):

$$\beta_y = 1 \text{ (coeficiente de pandeo flexión y)}$$

$$L_y = 623 \text{ cm (longitud de cada tramo arriostrado, igual en todos)}$$

$$i_y = 9,68 \text{ cm (radio de giro flexión y)}$$

$$L_{crit,y} = \beta_y L_y = 1 \times 623 \text{ cm} = 623 \text{ cm (longitud crítica de pandeo flexión y)}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{crit,y}}{i_y} = \frac{623 \text{ cm}}{9,68} = 64,35 \text{ (esbeltez flexión z)}$$

$$\lambda_E = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 86,82 \text{ (esbeltez de Euler)}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{64,35}{86,82} = 0,74 \text{ (esbeltez reducida flexión y)}$$

Curva de pandeo b: (tabla A22.6.2)

Flexión y-y (eje débil)

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.1)

Curva de pandeo b => $\alpha_y=0,34$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha_y(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5[1 + 0,34(0,74 - 0,2) + 0,74^2] = 0,867$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,867 + \sqrt{0,867^2 - 0,74^2}} = 0,76$$

$$N_{crit,y} = \frac{Af_y}{\bar{\lambda}_y^2} = \frac{534,07 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 275 \text{ N/mm}^2}{0,74^2} = 26.820 \text{ kN (carga crítica de Euler flexión y)}$$



En el subtramo del encuentro con el pilar (barra 2752):

$$N_{crit,y} = 26.820 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{crit,y}}} = \sqrt{\frac{897,75 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 0,275 \text{ kN/mm}^2}{26.820 \text{ kN}}} = 0,96$$

Curva de pandeo b: (tabla A22.6.2)

Flexión y-y (eje débil)

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.1)

Curva de pandeo b => $\alpha_y = 0,34$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha_y(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5[1 + 0,34(0,96 - 0,2) + 0,96^2] = 1,09$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,09 + \sqrt{1,09^2 - 0,96^2}} = 0,623$$

PANDEO POR TORSIÓN

Además de poder pandear por flexión cuando la barra está sometida a un esfuerzo axial, también lo puede hacer por torsión.

En este caso que el cdg y el centro de torsión coinciden, la torsión está desacoplada de las dos flexiones.

Los arriostrados se han colocado equidistantes, con una separación de 6,23 m y en todos ellos el coeficiente de pandeo lo tomamos igual a la unidad.

Para todos los tramos de longitud 6,23 m:

$$\beta_\phi = 1 \text{ (coeficiente de pandeo por torsión)}$$

$$L_\phi = 623 \text{ cm (longitud real barra)}$$

$$L_{crit,\phi} = \beta_\phi L_\phi = 1 \times 623 \text{ cm} = 623 \text{ cm (longitud crítica de pandeo por torsión)}$$

$$r_o = \sqrt{\frac{I_y + I_z}{A}} = \sqrt{\frac{50.065 + 813.340}{534,07}} = 40,21 \text{ cm (radio de giro polar)}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{210.000 \text{ N/mm}^2}{2(1+0,3)} = 80.769 \text{ N/mm}^2 \text{ (módulo de elasticidad transversal)}$$

$$N_{crit,\phi} = \frac{1}{r_o^2} \left[GI_T + \frac{\pi^2 EI_A}{L_{crit,\phi}^2} \right] = \frac{1}{402,1^2 \text{ mm}^2} \left[80.769 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 2.130 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 + \frac{\pi^2 \times 210.000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1,02 \cdot 10^{14} \text{ mm}^6}{6.230^2 \text{ mm}^2} \right] = 44.328 \text{ kN}$$

(que es mayor que los axiles críticos por flexión, y por tanto, no determinante)



2.2 Pandeo por flexión (vuelco lateral)

Los arriostrados se han colocado equidistantes, con una separación de 6,23 m y en todos ellos el coeficiente de pandeo lo tomamos igual a la unidad. Lo que si debemos tener en cuenta en cada tramo de longitud 6,23m , que la ley de momentos puede ser diferente y por tanto variar el coeficiente c_1 .

En el tramo de la clave (barra 1987):

$k_\phi = 1$ (coeficiente de según coacciones)

$L = 623 \text{ cm}$ (longitud real barra)

$L_{crit} = k_\phi L = 1 \times 623 \text{ cm} = 623 \text{ cm}$ (longitud crítica)

$$\kappa = L_{crit} \sqrt{\frac{GI_T}{EI_A}} = 6230 \text{ mm} \sqrt{\frac{80.769 \frac{N}{\text{mm}^2} \times 2.130 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{210.000 \frac{N}{\text{mm}^2} \times 1,02 \cdot 10^{14} \text{ mm}^6}} = 1,765$$

Para la combinación 70 (CALC C2I), momento máximo en clave:

$M_a = 146,02 \text{ mT}$ (momento extremo barra máximo, en nudo 891)

$M_b = 143,43 \text{ mT}$ (momento en extremo barra mínimo, nudo 975)

$$c_1 = 1,88 - 1,40 \left(\frac{M_B}{M_A} \right) + 0,52 \left(\frac{M_B}{M_A} \right)^2 = 1,88 - 1,40 \times \frac{143,53}{146,02} + 0,52 \left(\frac{143,53}{146,02} \right)^2 = 1,006$$

$$M_{crit} = c_1 \frac{\pi}{L_{crit}} \sqrt{GI_T EI_y} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{\kappa^2}} = 1,006 \times \frac{\pi}{6230 \text{ mm}} \sqrt{80.769 \frac{N}{\text{mm}^2} \times 2.130 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \times 210.000 \frac{N}{\text{mm}^2} \times 50.065 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{1,765^2}} = 13.930 \text{ m kN}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,z} f_y}{M_{crit}}} = \sqrt{\frac{19.530 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \times 275 \text{ N/mm}^2}{13.930 \cdot 10^6 \text{ mmN}}} = 0,621$$

Curva de pandeo lateral: (tabla A22.6.4)

$h/b > 2 \Rightarrow$ Curva b

Sección laminada

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.3)

Curva de pandeo b $\Rightarrow \alpha_{LT} = 0,34$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5 [1 + 0,34 (0,621 - 0,2) + 0,621^2] = 0,764$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,764 + \sqrt{0,764^2 - 0,621^2}} = 0,827$$



En el tramo encuentro con pilar (barra 852):

$k_{\phi} = 1$ (coeficiente de según coacciones)

$L = 623 \text{ cm}$ (longitud real barra)

$L_{crit} = k_{\phi}L = 1 \times 623 \text{ cm} = 623 \text{ cm}$ (longitud crítica)

$$\kappa = L_{crit} \sqrt{\frac{GI_T}{EI_A}} = 6230 \text{ mm} \sqrt{\frac{80.769 \frac{N}{\text{mm}^2} \times 2.130 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{210.000 \frac{N}{\text{mm}^2} \times 1,02 \cdot 10^{14} \text{ mm}^6}} = 1,765$$

Para la combinación 70 (CALC C21), momento máximo en encuentro con pilar:

$M_a = 617,52 \text{ mT}$ (momento extremo barra máximo, en nudo 421)

$M_b = 305,88 \text{ mT}$ (momento en extremo barra mínimo, nudo 512)

$$c_1 = 1,88 - 1,40 \left(\frac{M_B}{M_A}\right) + 0,52 \left(\frac{M_B}{M_A}\right)^2 = 1,88 - 1,40 \times \frac{305,88}{617,52} + 0,52 \left(\frac{305,88}{617,52}\right)^2 = 1,314$$

$$M_{crit} = c_1 \frac{\pi}{L_{crit}} \sqrt{GI_T EI_y} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{\kappa^2}} = 1,314 \times \frac{\pi}{6230 \text{ mm}} \sqrt{80.769 \frac{N}{\text{mm}^2} \times 2.130 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \times 210.000 \frac{N}{\text{mm}^2} \times 50.065 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{1,765^2}} = 18.196 \text{ mkN}$$

Para el subtramo que llega al pilar (barra 2752)(sección reforzada)

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,z} f_y}{M_{crit}}} = \sqrt{\frac{48.460 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \times 275 \text{ N/mm}^2}{18.196 \cdot 10^6 \text{ mmN}}} = 0,856$$

Curva de pandeo lateral: (tabla A22.6.4)

$h/b > 2 \Rightarrow$ Curva b

Sección laminada

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.3)

Curva de pandeo b $\Rightarrow \alpha_{LT} = 0,34$

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] = 0,5 \left[1 + 0,34 (0,856 - 0,2) + 0,856^2 \right] = 0,978$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,978 + \sqrt{0,978^2 - 0,856^2}} = 0,69$$



2.3 Comprobación a Pandeo de elementos comprimidos y flectados.

(recordemos que el eje z-z es el eje fuerte)

En el tramo de la clave (barra 1987):

➤ Datos sección:

Clase 1 para las solicitaciones de comprobación.

$$N_{Rk} = A f_y = 534,07 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 14.687 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} f_y = 19.530 \cdot 10^3 \text{ mm} \times 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 5.371 \text{ mkN}$$

➤ Coeficientes de reducción por pandeo:

$$\chi_z = 0,721 \quad \bar{\lambda}_z = 0,92$$

$$\chi_y = 0,76$$

$$\chi_{LT} = 0,827$$

➤ Por comodidad de notación llamemos:

$$N_{b,z,Rd} = \chi_z \frac{A f_y}{\gamma_{M1}} = 0,721 \times \frac{14.687 \text{ kN}}{1,05} = 10.085 \text{ kN}$$

$$N_{b,y,Rd} = \chi_y \frac{A f_y}{\gamma_{M1}} = 0,76 \times \frac{14.687 \text{ kN}}{1,05} = 10.630 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \min\{N_{b,z,Rd}; N_{b,y,Rd}\} = N_{b,z,Rd} = 10.085 \text{ kN}$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M1}} = 0,827 \times \frac{5.371 \text{ mkN}}{1,05} = 4.230 \text{ mkN}$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON AXIL MÁXIMO (Combinación Nº 61 CALC C2I) (ver pg CE-52)

➤ Esfuerzos máximos en la barra:

$$N_d = 74,70 \text{ T} = 733 \text{ kN (compresión)} < N_{b,Rd} = 10.630 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 130,36 \text{ mT} = 1.279 \text{ mkN} < M_{b,Rd} = 4.230 \text{ mkN}$$

➤ Coeficientes de interacción: (dinteles se analizan en modo traslacional)

$$c_{mz} = 0,9$$

$$k_{zz,lim} = c_{mz} \left[1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,9 \times \left[1 + 0,8 \times \frac{733 \text{ kN}}{10.085 \text{ kN}} \right] = 0,952$$

$$k_{zz} = c_{mz} \left[1 + [\bar{\lambda}_z - 0,2] \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,9 \times \left[1 + [0,92 - 0,2] \times \frac{733 \text{ kN}}{10.085 \text{ kN}} \right] = 0,947 < k_{zz,lim}$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,6 \times 0,947 = 0,57$$



➤ Comprobación barra: (apartado 6.3.3 Anejo 22 Código Estructural)

Se ha de cumplir las dos condiciones siguientes:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.61 CE})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.62 CE})$$

En nuestro caso, ecuación 6.61:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{733 \text{ kN}}{10.085 \text{ kN}} + 0,947 \frac{1.279 \text{ mkN}}{4.230 \text{ mkN}} = 0,36 < 1$$

En nuestro caso, ecuación 6.62:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{733 \text{ kN}}{10.630} + 0,57 \frac{1.279 \text{ mkN}}{4.230 \text{ mkN}} = 0,24 < 1$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON AXIL MÁXIMO (Combinación Nº 70 CALC C2I) (ver pg CE-53)

➤ Esfuerzos máximos en la barra:

$$N_d = 68,37 \text{ T} = 671 \text{ kN (compresión)} < N_{b,Rd} = 10.630 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 146,02 \text{ mT} = 1.433 \text{ mkN} < M_{b,Rd} = 4.230 \text{ mkN}$$

➤ Coeficientes de interacción: (dinteles se analizan en modo traslacional)

$$c_{mz} = 0,9$$

$$k_{zz,lim} = c_{mz} \left[1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,9x \left[1 + 0,8x \frac{671 \text{ kN}}{10.085 \text{ kN}} \right] = 0,948$$

$$k_{zz} = c_{mz} \left[1 + [\bar{\lambda}_z - 0,2] \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,9x \left[1 + [0,92 - 0,2]x \frac{671 \text{ kN}}{10.085 \text{ kN}} \right] = 0,943 < k_{zz,lim}$$

$$k_{yz} = 0,6k_{zz} = 0,6x0,943 = 0,566$$

➤ Comprobación barra: (apartado 6.3.3 Anejo 22 Código Estructural)

Se ha de cumplir las dos condiciones siguientes:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.61 CE})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.62 CE})$$



En nuestro caso, ecuación 6.61:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{671 \text{ kN}}{10.085 \text{ kN}} + 0,943 \frac{1.433 \text{ mkN}}{4.230 \text{ mkN}} = 0,386 < 1$$

En nuestro caso, ecuación 6.62:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{671 \text{ kN}}{10.630} + 0,566 \frac{1.433 \text{ mkN}}{4.230 \text{ mkN}} = 0,255 < 1$$

En el subtramo del encuentro con el pilar (barra 2752):

➤ Datos sección:

Clase 1 para las sollicitaciones de comprobación.

$$N_{Rk} = Af_y = 897,75 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 24.688 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} f_y = 48.460 \cdot 10^3 \text{ mm} \times 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 13.326 \text{ mkN}$$

➤ Coeficientes de reducción por pandeo:

$$\chi_z = 0,535 \quad \bar{\lambda}_z = 1,192$$

$$\chi_y = 0,623$$

$$\chi_{LT} = 0,69$$

➤ Por comodidad de notación llamemos:

$$N_{b,z,Rd} = \chi_z \frac{Af_y}{\gamma_{M1}} = 0,535 \times \frac{24.688 \text{ kN}}{1,05} = 12.579 \text{ kN}$$

$$N_{b,y,Rd} = \chi_y \frac{Af_y}{\gamma_{M1}} = 0,623 \times \frac{24.688 \text{ kN}}{1,05} = 14.648 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \min\{N_{b,z,Rd}; N_{b,y,Rd}\} = N_{b,z,Rd} = 12.579 \text{ kN}$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M1}} = 0,69 \times \frac{13.626 \text{ mkN}}{1,05} = 8.954 \text{ mkN}$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON AXIL MÁXIMO (Combinación Nº 61 CALC C2I) (ver pg CE-52)

➤ Esfuerzos máximos en la barra:

$$N_d = 78,95 T = 775 \text{ kN (compresión)} < N_{b,Rd} = 12.579 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 587,42 \text{ mT} + dGxN_d = 5.763 \text{ mkN} + 0,45 \times 775 \text{ mK} = 6.111 \text{ mK} < M_{b,Rd} = 8.954 \text{ mkN}$$

➤ Coeficientes de interacción: (dinteles se analizan en modo traslacional)

$$c_{mz} = 0,9$$

$$k_{zz,lim} = c_{mz} \left[1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,9 \times \left[1 + 0,8 \times \frac{775 \text{ kN}}{12.579 \text{ kN}} \right] = 0,944$$

$$k_{zz} = c_{mz} \left[1 + [\bar{\lambda}_z - 0,2] \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,9 \times \left[1 + [1,192 - 0,2] \times \frac{775 \text{ kN}}{12.579 \text{ kN}} \right] = 0,955 > k_{zz,lim} \Rightarrow k_{zz} = k_{zz,lim} = 0,944$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,6 \times 0,944 = 0,566$$



➤ Comprobación barra: (apartado 6.3.3 Anejo 22 Código Estructural)

Se ha de cumplir las dos condiciones siguientes:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.61 CE})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.62 CE})$$

En nuestro caso, ecuación 6.61:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{775 \text{ kN}}{12.579 \text{ kN}} + 0,944 \frac{6.111 \text{ mkN}}{8.954 \text{ mkN}} = 0,71 < 1$$

En nuestro caso, ecuación 6.62:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{775 \text{ kN}}{14.648} + 0,566 \frac{6.111 \text{ mkN}}{8.954 \text{ mkN}} = 0,44 < 1$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON MOMENTO MÁXIMO (Combinación N° 70 CALC C2I) (ver pg CE-53)

➤ Esfuerzos máximos en la barra:

$$N_d = 73,34 T = 720 \text{ kN (compresión)} < N_{b,Rd} = 12.579 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 617,52 \text{ mT} + dGxN_d = 6.058 \text{ mkN} + 0,45 \times 720 = 6.382 \text{ mkN} < M_{b,Rd} = 8.954 \text{ mkN}$$

➤ Coeficientes de interacción: (dinteles se analizan en modo traslacional)

$$c_{mz} = 0,9$$

$$k_{zz,lim} = c_{mz} \left[1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,9x \left[1 + 0,8x \frac{720 \text{ kN}}{12.579 \text{ kN}} \right] = 0,941$$

$$k_{zz} = c_{mz} \left[1 + [\bar{\lambda}_z - 0,2] \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,9x \left[1 + [1,192 - 0,2]x \frac{720 \text{ kN}}{12.579 \text{ kN}} \right] = 0,951 > k_{zz,lim} \Rightarrow k_{zz} = k_{zz,lim} = 0,941$$

$$k_{yz} = 0,6k_{zz} = 0,6x0,941 = 0,565$$

➤ Comprobación barra: (apartado 6.3.3 Anejo 22 Código Estructural)

Se ha de cumplir las dos condiciones siguientes:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.61 CE})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.62 CE})$$

En nuestro caso, ecuación 6.61:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{720 \text{ kN}}{12.579 \text{ kN}} + 0,941 \frac{6.382 \text{ mkN}}{8.954 \text{ mkN}} = 0,73 < 1$$

En nuestro caso, ecuación 6.62:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{720 \text{ kN}}{14.648} + 0,565 \frac{6.382 \text{ mkN}}{8.954 \text{ mkN}} = 0,45 < 1$$



SEMIDINTEL AB .Nudo 421(pilar) a Nudo 976(clave). Barra 1857. Barra 2757. HL 920x390

1.-COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA (PLASTIFICACIÓN DE SECCIONES)

1.1 CLAVE (Nudo 976)

DATOS SECCIÓN:(ver pg CE-AP7-5)

h (mm)= 936 $hw=862,8$ ($hw/tw=40,51 < 72\epsilon/\eta=55,46 \Rightarrow$ No hace falta comprobar abolladura alma)

b (mm)= 420

tw (mm)= 21,3

t_f (mm)= 36,6 (al ser menor de 40 mm $\Rightarrow f_y=275$ N/mm²)

A (cm²)= 494,32 (area axil)

A_v (cm²)= 208,58 (area cortante y)

I_z (cm⁴)= 741.740 (momento de inercia z , eje fuerte)

i_z (cm)=38,74 (radio de giro z)

$W_{el,z}$ (cm³)=15.849 (módulo resistente elástico z)

$W_{pl,z}$ (cm³)= 17.922 (módulo resistente plástico z)

CLASE DE SECCIÓN (ver pg CE-AP8-10): Clase 1 para las solicitaciones de comprobación

Alma: Clase 1 para las solicitaciones de comprobación. (clase 3 para cualquier tipo de solicitación)

$$cw = h - 2t_f - 2r = 824,8 \text{ mm}$$

$$cw/tw = 824,8,2/21,3 = 38,72 < \xi_3 N$$

$$\xi_1 N = 30,49 \text{ (límite para clase 1 cuando todo el alma está comprimida)}$$

$$\xi_2 N = 35,12 \text{ (límite para clase 2 cuando todo el alma está comprimida)}$$

$$\xi_3 N = 38,81 \text{ (límite para clase 3 cuando todo el alma está comprimida)}$$

$$\xi_1 M = 66,53 \text{ (límite para clase 1 cuando el alma está sometida a flexión pura)}$$

Para flexión recta:

- Para la combinación de acciones con axil máximo (combinación N°56 calc C21):

$$N = 47,91 \text{ T} = 470 \text{ kN}$$

$$\alpha = 0,5 + \frac{N}{2ctf_y} = 0,5 + \frac{470 \text{ kN}}{2 \times 825 \text{ mm} \times 21,3 \text{ mm} \times 0,275 \text{ kN/mm}^2} = 0,548$$

$$\text{Límite clase 1: } \frac{365,904}{13\alpha - 1} = \frac{365,904}{13 \times 0,548 - 1} = 59,75 > 38,72 \Rightarrow \text{CLASE 1}$$



- Para la combinación de acciones con flector máximo (combinación Nº70 calc C21):
N=46,52 T = 457 kN

$$\alpha = 0,5 + \frac{N}{2ctf_y} = 0,5 + \frac{457 \text{ kN}}{2 \times 825 \text{ mm} \times 21,3 \text{ mm} \times 0,275 \text{ kN/mm}^2} = 0,547$$

$$\text{Límite clase 1: } \frac{365,904}{13\alpha-1} = \frac{365,904}{13 \times 0,547 - 1} = 59,87 > 38,72 \Rightarrow \text{CLASE 1}$$

Alas: Clase 1 para cualquier sollicitación

$$cf=(b-tw-2r)/2=180,35 \text{ mm}$$

$$cf/tf=180,35/36,6= 4,93 < \zeta_{1N}$$

$$\zeta_{1N}=8,316 \text{ (límite para clase 1 cuando todo el ala está comprimida)}$$

ESFUERZOS RESISTENTES ULTIMOS EVALUADOS DE FORMA INDEPENDIENTE (para clase 1-2)

Como nos van a hacer falta para realizar la comprobación de resistencia, calculemos primero los esfuerzos resistentes de forma independiente .

Los calculamos para clase 1 (clases 1 y 2), que es nuestra sección para cualquier combinación de sollicitaciones.

- Resistencia de cálculo a compresión : N_{c,Rd}

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{494,32 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,05} = 12.946 \text{ kN}$$

- Momento flector resistente alrededor del eje z : M_{c,z,Rd} (z es el eje fuerte)

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17922 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \times 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,05} = 4.694 \text{ mkN}$$

- Cortante resistente de cálculo dirección y: V_{c,y,Rd}

$$V_{c,y,Rd} = V_{pl,y,Rd} = \frac{A_{vy} \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{208,58 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times \frac{275 \text{ N}}{\sqrt{3} \text{ mm}^2}}{1,05} = 3.154 \text{ kN}$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON AXIL MÁXIMO (Combinación Nº 56 CALC C21) (ver pg CE-54)

Esfuerzos de cálculo (el programa da salidas en toneladas -T- para fuerzas y metroxtonelada- mT para momentos)

$$N_d = 47,91 \text{ T} = 470 \text{ kN (compresión)}$$

$$V_{y,d} = 4,43 \text{ T} = 44 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 59,89 \text{ mT} = 588 \text{ mkN}$$

- ❖ Aproximación conservadora : (ecuación 6.2. del Anejo 22 Código Estructural. Es la que utilizaba el CTE)

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} \leq 1$$

siendo M_{z,V,Rd} el momento resistente de cálculo sobre el eje z reducido por el cortante, calculado como sigue:



$$\text{Si } V_{y,d} < 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd}$$

$$\text{Si } V_{y,d} \geq 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,V,Rd} = \frac{\left[W_{pl,z} - \frac{\rho A_w^2}{4t_w} \right]}{\gamma_{M0}} \quad \text{siendo } \rho = \left[\frac{2V_{y,Ed}}{V_{c,y,Rd}} - 1 \right]^2$$

En nuestro caso : $V_{y,Ed} = 44 \text{ kN} < 0,5 \times 3.154 \text{ kN} = 1.577 \text{ kN} \implies M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd} = 4.694 \text{ kN}$. Entonces:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} = \frac{470 \text{ kN}}{12.946 \text{ kN}} + \frac{588 \text{ mKN}}{4.694 \text{ mKN}} = 0,16 \leq 1$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON MOMENTO MÁXIMO (Combinación Nº 70 CALC C2I) (ver pg CE-53)

Esfuerzos de cálculo (el programa da salidas en toneladas -T- para fuerzas y metroxtonelada- mT para momentos)

$$N_d = 46,52 \text{ T} = 457 \text{ kN (compresión)}$$

$$V_{y,d} = 3,82 \text{ T} = 38 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 63,27 \text{ mT} = 612 \text{ mKN}$$

❖ Aproximación conservadora : (ecuación 6.2. del Anejo 22 Código Estructural. Es la que utilizaba el CTE)

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} \leq 1$$

siendo $M_{z,V,Rd}$ el momento resistente de cálculo sobre el eje z reducido por el cortante, calculado como sigue:

$$\text{Si } V_{y,d} < 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd}$$

$$\text{Si } V_{y,d} \geq 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,V,Rd} = \frac{\left[W_{pl,z} - \frac{\rho A_w^2}{4t_w} \right]}{\gamma_{M0}} \quad \text{siendo } \rho = \left[\frac{2V_{y,Ed}}{V_{c,y,Rd}} - 1 \right]^2$$

En nuestro caso : $V_{y,Ed} = 38 \text{ kN} < 0,5 \times 3.154 \text{ kN} = 1.577 \text{ kN} \implies M_{z,V,Rd} = M_{c,z,Rd} = 4.694 \text{ kN}$. Entonces:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} = \frac{457 \text{ kN}}{12.946 \text{ kN}} + \frac{612 \text{ mKN}}{4.694 \text{ mKN}} = 0,17 \leq 1$$



1.2 ENCUENTRO CON PILAR (Nudo 421)

DATOS SECCIÓN:(ver pg CE-AP7-13)

$h_1(\text{mm})= 936$ $h_2(\text{mm})= 897$ $hw_1(\text{mm})= 863$ $hw_2(\text{mm})= 860$

$b_1=b_2(\text{mm})= 420$

$tw_1=tw_2$ (mm)= 21,3

$tf_1=tf_2$ (mm)= 36,6 (al ser menor de 40 mm => $f_y=275$ N/mm²)

A (cm²)= 832,85 (area axil)

A_{vy} (cm²)= 404,25 (area cortante y)

I_z (cm⁴)= 3.471.950 (momento de inercia z, eje fuerte)

i_z (cm)=64,57 (radio de giro z)

$W_{el,z}$ (cm³)=37.875 (módulo resistente elástico z)

$W_{pl,z}$ (cm³)= 44.625 (módulo resistente plástico z)

dG (mm)=448,7

CLASE DE SECCIÓN (ver pg CE-AP8-10): Clase 1 para las solicitaciones de comprobación

Alma: Clase 1 para las solicitaciones de comprobación. (clase 3 para cualquier tipo de solicitación)

$cw = h - 2tf - 2r = 824,8$ mm

$cw/tw = 824,8/21,3 = 38,72 < \xi_3N$

$\xi_1N = 30,49$ (límite para clase 1 cuando todo el alma está comprimida)

$\xi_2N = 35,12$ (límite para clase 2 cuando todo el alma está comprimida)

$\xi_3N = 38,81$ (límite para clase 3 cuando todo el alma está comprimida)

$\xi_1M = 66,53$ (límite para clase 1 cuando el alma está sometida a flexión pura)

Para flexión recta:

- Para la combinación de acciones con axil máximo (combinación N°56 calc C21):

$N = 53,97$ T = 529,4 kN

$$\alpha = 0,5 + \frac{N}{2ctf_y} = 0,5 + \frac{529,4 \text{ kN}}{2 \times (863 + 860) \text{ mm} \times 21,3 \text{ mm} \times 0,275 \text{ kN/mm}^2} = 0,526 (*)$$

$$\text{Límite clase 1: } \frac{365,904}{13\alpha - 1} = \frac{365,904}{13 \times 0,526 - 1} = 62,67 > 38,72 \Rightarrow \text{CLASE 1}$$



- Para la combinación de acciones con flector máximo (combinación Nº70 calc C2I):
N=52,6 T = 516 kN

$$\alpha = 0,5 + \frac{N}{2ctf_y} = 0,5 + \frac{516 \text{ kN}}{2 \times (863+860) \text{ mm} \times 21,3 \text{ mm} \times 0,275 \text{ kN/mm}^2} = 0,525 (*)$$

$$\text{Límite clase 1: } \frac{365,904}{13\alpha-1} = \frac{365,904}{13 \times 0,525 - 1} = 62,81 > 38,72 \Rightarrow \text{CLASE 1}$$

Alas: Clase 1 para cualquier sollicitación

$$cf=(b-tw-2r)/2=180,35 \text{ mm}$$

$$cf/tf=180,35/36,6= 4,93 < \zeta_{1N}$$

$$\zeta_{1N}=8,316 \text{ (límite para clase 1 cuando todo el ala está comprimida)}$$

ESFUERZOS RESISTENTES ULTIMOS EVALUADOS DE FORMA INDEPENDIENTE (para clase 1-2)

Como nos van a hacer falta para realizar la comprobación de resistencia, calculemos primero los esfuerzos resistentes de forma independiente .

Los calculamos para clase 1 (clases 1 y 2), que es nuestra sección para cualquier combinación de sollicitaciones.

- Resistencia de cálculo a compresión : N_{c,Rd}

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{832,85 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,05} = 21.812 \text{ kN}$$

- Momento flector resistente alrededor del eje z : M_{c,z,Rd} (z es el eje fuerte)

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z}f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{44.625 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \times 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,05} = 11.687 \text{ mkN}$$

- Cortante resistente de cálculo dirección y: V_{c,y,Rd}

$$V_{c,y,Rd} = V_{pl,y,Rd} = \frac{A_{vy} \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{404,25 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times \frac{275 \text{ N}}{\sqrt{3} \text{ mm}^2}}{1,05} = 6.112 \text{ kN}$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON AXIL MÁXIMO (Combinación Nº 56 CALC C2I) (ver pg CE-54)

Esfuerzos de cálculo (el programa da salidas en toneladas -T- para fuerzas y metrotonelada- mT para momentos)

$$N_d = 53,97 \text{ T} = 530 \text{ kN (compresión)}$$

$$V_{yd} = 45,96 \text{ T} = 451 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 446,67 \text{ mT} + dG_x N_d = 4.382 \text{ mkN} + 0,45 \times 530 = 4.620 \text{ mkN}$$

- ❖ Aproximación conservadora : (ecuación 6.2. del Anejo 22 Código Estructural. Es la que utilizaba el CTE)

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} \leq 1$$

siendo M_{z,V,Rd} el momento resistente de cálculo sobre el eje z reducido por el cortante, calculado como sigue:



$$\text{Si } V_{y,d} < 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,,V,Rd} = M_{c,,z,Rd}$$

$$\text{Si } V_{y,d} \geq 0,50 V_{c,y,Rd} \implies M_{z,,V,Rd} = \frac{W_{pl,z} \frac{\rho A^2 W}{4t_w}}{\gamma_{M0}} \quad \text{siendo } \rho = \left[\frac{2V_{y,Ed}}{V_{c,y,Rd}} - 1 \right]^2$$

En nuestro caso : $V_{y,Ed} = 451 \text{ kN} < 0,5 \times 6.112 \text{ kN} = 3.056 \text{ kN} \implies M_{z,,V,Rd} = M_{c,,z,Rd} = 11.687 \text{ kN}$. Entonces:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} = \frac{530 \text{ kN}}{21.812 \text{ kN}} + \frac{4.620 \text{ mkN}}{11.687 \text{ mkN}} = 0,42 \leq 1$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON MOMENTO MÁXIMO (Combinación N° 70 CALC C21) (ver pg CE-53)

Esfuerzos de cálculo (el programa da salidas en toneladas -T- para fuerzas y metroxtonelada- mT para momentos)

$$N_d = 52,94 \text{ T} = 530 \text{ kN (compresión)}$$

$$V_{y,d} = 46,55 \text{ T} = 457 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 458,56 \text{ mT} + dGxN_d = 4.499 \text{ mkN} + 0,45 \times 530 = 4.738 \text{ mkN}$$

❖ Aproximación conservadora : (ecuación 6.2. del Anejo 22 Código Estructural. Es la que utilizaba el CTE)

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} \leq 1$$

$V_{y,Ed} = 457 \text{ kN} < 0,5 \times 6.112 \text{ kN} = 3.056 \text{ kN} \implies M_{z,,V,Rd} = M_{c,,z,Rd} = 11.687 \text{ kN}$. Entonces:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,V,Rd}} = \frac{530 \text{ kN}}{21.812 \text{ kN}} + \frac{4.738 \text{ mkN}}{11.687 \text{ mkN}} = 0,43 \leq 1$$



2.-COMPROBACIÓN A PANDEO

2.1 Pandeo por compresión

En el apéndice 1 hemos calculado el pandeo traslacional del pórtico en su plano para poder calcular el pandeo en los dinteles (modo traslacional en flexión respecto al eje fuerte-z)

PANDEO EN EL PLANO DEL PÓRTICO- flexión z (eje fuerte)

Este cálculo (coeficiente de pandeo) lo hemos realizado en el apéndice 1 (ver pg CE-AP1-40) :

En el tramo de la clave (barra 1857):

$$\beta_z = 1,44 \text{ (coeficiente de pandeo flexión z)}$$

$$L_z = 2.543 \text{ cm (longitud de todo el semidintel)}$$

$$i_z = 38,74 \text{ cm (radio de giro flexión z)}$$

$$L_{crit,z} = \beta_z L_z = 1,44 \times 2.543 \text{ cm} = 3.662 \text{ cm (longitud crítica de pandeo flexión z)}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{crit,z}}{i_z} = \frac{3.662 \text{ cm}}{38,74} = 94,53 \text{ (esbeltez flexión z)}$$

$$\lambda_E = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210.000 \text{ N/mm}^2}{275 \text{ N/mm}^2}} = 86,82 \text{ (esbeltez de Euler)}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{94,53}{86,82} = 1,088 \text{ (esbeltez reducida flexión z)}$$

Curva de pandeo: (tabla A22.6.2)

$$h/b > 1,2$$

$$t_f = 36,6 < 40 \quad \Rightarrow \text{Curva a}$$

Flexión z-z (eje fuerte)

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.1)

Curva de pandeo a $\Rightarrow \alpha_z = 0,21$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha_z(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5[1 + 0,21(1,088 - 0,2) + 1,088^2] = 1,185$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,185 + \sqrt{1,185^2 - 1,088^2}} = 0,604$$

$$N_{crit,z} = \frac{A f_y}{\bar{\lambda}_z^2} = \frac{494,32 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 275 \text{ N/mm}^2}{1,088^2} = 11.484 \text{ kN (carga crítica de Euler flexión z de todo el semidintel)}$$

En el subtramo del encuentro con el pilar (barra 2757):

$$N_{crit,z} = 11.484 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{crit,z}}} = \sqrt{\frac{832,85 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 0,275 \text{ kN/mm}^2}{11.484 \text{ kN}}} = 1,412$$

Curva de a de pandeo: (tabla A22.6.2)

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.1)

Curva de pandeo a $\Rightarrow \alpha_z = 0,21$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha_z(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5[1 + 0,21(1,412 - 0,2) + 1,412^2] = 1,624$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,624 + \sqrt{1,624^2 - 1,412^2}} = 0,412$$



PANDEO EN EL PLANO PERPENDICULAR AL PÓRTICO- flexión y (eje débil)

En este plano , el arriostrado de cubierta inmoviliza los dinteles, por lo que, en este modo de pandeo se considera intraslacional.

Los arriostrados se han colocado equidistantes, con una separación de 6,23 m y en todos ellos el coeficiente de pandeo lo tomamos igual a la unidad.

En el tramo de la clave (barra 1857):

$$\beta_y = 1 \text{ (coeficiente de pandeo flexión y)}$$

$$L_y = 623 \text{ cm (longitud de cada tramo arriostrado, igual en todos)}$$

$$i_y = 9,57 \text{ cm (radio de giro flexión y)}$$

$$L_{crit,y} = \beta_y L_y = 1 \times 623 \text{ cm} = 623 \text{ cm (longitud crítica de pandeo flexión y)}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{crit,y}}{i_y} = \frac{623 \text{ cm}}{9,57} = 65,01 \text{ (esbeltez flexión z)}$$

$$\lambda_E = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 86,82 \text{ (esbeltez de Euler)}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{65,01}{86,82} = 0,749 \text{ (esbeltez reducida flexión y)}$$

Curva de pandeo b: (tabla A22.6.2)

Flexión y-y (eje débil)

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.1)

Curva de pandeo b => $\alpha_y = 0,34$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha_y(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5[1 + 0,34(0,749 - 0,2) + 0,749^2] = 0,874$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,874 + \sqrt{0,874^2 - 0,749^2}} = 0,755$$

$$N_{crit,y} = \frac{Af_y}{\bar{\lambda}_y^2} = \frac{494,32 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 275 \text{ N/mm}^2}{0,749^2} = 24.231 \text{ kN (carga crítica de Euler flexión y)}$$

En el subtramo del encuentro con el pilar (barra 2757):

$$N_{crit,y} = 24.231 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{crit,y}}} = \sqrt{\frac{832,85 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 0,275 \text{ kN/mm}^2}{24.231 \text{ kN}}} = 0,972$$

Curva de pandeo b: (tabla A22.6.2)

Flexión y-y (eje débil)

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.1)

Curva de pandeo b => $\alpha_y = 0,34$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha_y(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5[1 + 0,34(0,972 - 0,2) + 0,972^2] = 1,104$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,104 + \sqrt{1,104^2 - 0,972^2}} = 0,615$$



PANDEO POR TORSIÓN

Además de poder pandear por flexión cuando la barra está sometida a un esfuerzo axial, también lo puede hacer por torsión.

En este caso que el cdg y el centro de torsión coinciden, la torsión está desacoplada de las dos flexiones.

Los arriostrados se han colocado equidistantes, con una separación de 6,23 m y en todos ellos el coeficiente de pandeo lo tomamos igual a la unidad.

Para todos los tramos de longitud 6,23 m:

$\beta_\phi = 1$ (coeficiente de pandeo por torsión)

$L_\phi = 623 \text{ cm}$ (longitud real barra)

$L_{crit,\phi} = \beta_\phi L_\phi = 1 \times 623 \text{ cm} = 623 \text{ cm}$ (longitud crítica de pandeo por torsión)

$$r_o = \sqrt{\frac{I_y + I_z}{A}} = \sqrt{\frac{45.270 + 741740}{494,32}} = 39,901 \text{ cm} \text{ (radio de giro polar)}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{210.000 \text{ N/mm}^2}{2(1+0.3)} = 80.769 \text{ N/mm}^2 \text{ (módulo de elasticidad transversal)}$$

$$N_{crit,\phi} = \frac{1}{r_o^2} \left[GI_T + \frac{\pi^2 EI_A}{L_{crit,\phi}^2} \right] = \frac{1}{399,01^2 \text{ mm}^2} \left[80.769 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 1.666 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 + \frac{\pi^2 \times 210.000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 9,14 \cdot 10^{13} \text{ mm}^6}{6.230^2 \text{ mm}^2} \right] = 39.106 \text{ kN}$$

(que es mayor que los axiles críticos por flexión, y por tanto, no determinante)



2.2 Pandeo por flexión (vuelco lateral)

Los arriostrados se han colocado equidistantes, con una separación de 6,23 m y en todos ellos el coeficiente de pandeo lo tomamos igual a la unidad. Lo que si debemos tener en cuenta en cada tramo de longitud 6,23m , que la ley de momentos puede ser diferente y por tanto variar el coeficiente c_1 .

En el tramo de la clave (barra 1857):

$$k_\phi = 1 \text{ (coeficiente de según coacciones)}$$

$$L = 623 \text{ cm (longitud real barra)}$$

$$L_{crit} = k_\phi L = 1 \times 623 \text{ cm} = 623 \text{ cm (longitud crítica)}$$

$$\kappa = L_{crit} \sqrt{\frac{GI_T}{EI_A}} = 6230 \text{ mm} \sqrt{\frac{80.769 \frac{N}{mm^2} \times 1.666 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{210.000 \frac{N}{mm^2} \times 9,14 \cdot 10^{13} \text{ mm}^6}} = 1,649$$

Para la combinación 61 (CALC C2I), momento máximo en clave:

$$M_A = 72,45 \text{ mT (momento extremo barra máximo, en nudo 891)}$$

$$M_B = 57,59 \text{ mT (momento en extremo barra mínimo, nudo 975)}$$

$$c_1 = 1,88 - 1,40 \left(\frac{M_B}{M_A} \right) + 0,52 \left(\frac{M_B}{M_A} \right)^2 = 1,88 - 1,40 \times \frac{57,59}{72,45} + 0,52 \left(\frac{57,59}{72,45} \right)^2 = 1,095$$

$$M_{crit} = c_1 \frac{\pi}{L_{crit}} \sqrt{GI_T EI_y} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{\kappa^2}} = 1,095 \times \frac{\pi}{6230 \text{ mm}} \sqrt{80.769 \frac{N}{mm^2} \times 1.666 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \times 210.000 \frac{N}{mm^2} \times 45.270 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{1,649^2}} = 13.436 \text{ mKN}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,z} f_y}{M_{crit}}} = \sqrt{\frac{17.922 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \times 275 \text{ N/mm}^2}{13.436 \cdot 10^6 \text{ mmN}}} = 0,605$$

Curva de pandeo lateral: (tabla A22.6.4)

$$h/b > 2 \Rightarrow \text{Curva b}$$

Sección laminada

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.3)

$$\text{Curva de pandeo b} \Rightarrow \alpha_{LT} = 0,34$$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5 [1 + 0,34 (0,605 - 0,2) + 0,605^2] = 0,752$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,752 + \sqrt{0,752^2 - 0,605^2}} = 0,835$$



En el tramo encuentro con pilar (barra 853):

$$k_{\phi} = 1 \text{ (coeficiente de según coacciones)}$$

$$L = 623 \text{ cm (longitud real barra)}$$

$$L_{crit} = k_{\phi}L = 1 \times 623 \text{ cm} = 623 \text{ cm (longitud crítica)}$$

$$\kappa = L_{crit} \sqrt{\frac{GI_T}{EI_A}} = 1,649$$

Para la combinación 70 (CALC C2I), momento máximo en encuentro con pilar:

$$M_a = 458,56 \text{ mT (momento extremo barra máximo, en nudo 421)}$$

$$M_b = 205,63 \text{ mT (momento en extremo barra mínimo, nudo 558)}$$

$$c_1 = 1,88 - 1,40 \left(\frac{M_B}{M_A} \right) + 0,52 \left(\frac{M_B}{M_A} \right)^2 = 1,88 - 1,40 \times \frac{205,63}{458,56} + 0,52 \left(\frac{205,63}{458,56} \right)^2 = 1,35$$

$$M_{crit} = c_1 \frac{\pi}{L_{crit}} \sqrt{GI_T EI_y} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{\kappa^2}} = 1,35 \times \frac{\pi}{6230 \text{ mm}} \sqrt{80.769 \frac{N}{\text{mm}^2} \times 1.665 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \times 210.000 \frac{N}{\text{mm}^2} \times 45.270 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{1,649^2}}$$

$$= 16.639 \text{ mkN}$$

Para el subtramo que llega al pilar (**barra 2757**) (sección reforzada)

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,z} f_y}{M_{crit}}} = \sqrt{\frac{44.625 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \times 275 \text{ N/mm}^2}{16.639 \cdot 10^6 \text{ mmN}}} = 0,858$$

Curva de pandeo lateral: (tabla A22.6.4)

$$h/b > 2 \Rightarrow \text{Curva b}$$

Sección laminada

Coefficiente de imperfección α (Tabla A22.6.3)

$$\text{Curva de pandeo b} \Rightarrow \alpha_{LT} = 0,34$$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5 [1 + 0,34 (0,858 - 0,2) + 0,858^2] = 0,98$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,98 + \sqrt{0,98^2 - 0,858^2}} = 0,688$$



2.3 Comprobación a Pandeo de elementos comprimidos y flectados.

(recordemos que el eje z-z es el eje fuerte)

En el tramo de la clave (barra 1857):

➤ Datos sección:

Clase 1 para las solicitaciones de comprobación.

$$N_{Rk} = Af_y = 494,32 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 13.594 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} f_y = 17.922 \cdot 10^3 \text{ mm} \times 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 4.928 \text{ mkN}$$

➤ Coeficientes de reducción por pandeo:

$$\chi_z = 0,604 \quad \bar{\lambda}_z = 1,088$$

$$\chi_y = 0,755$$

$$\chi_{LT} = 0,835$$

➤ Por comodidad de notación llamemos:

$$N_{b,z,Rd} = \chi_z \frac{Af_y}{\gamma_{M1}} = 0,604 \times \frac{13.594 \text{ kN}}{1,05} = 7.819 \text{ kN}$$

$$N_{b,y,Rd} = \chi_y \frac{Af_y}{\gamma_{M1}} = 0,755 \times \frac{13.594 \text{ kN}}{1,05} = 9.774 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \min\{N_{b,z,Rd}; N_{b,y,Rd}\} = N_{b,z,Rd} = 7.819 \text{ kN}$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M1}} = 0,835 \times \frac{4.928 \text{ mkN}}{1,05} = 3.919 \text{ mkN}$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON AXIL MÁXIMO (Combinación Nº 56 CALC C2) (ver pg CE-54)

➤ Esfuerzos máximos en la barra:

$$N_d = 49,42 T = 485 \text{ kN (compresión)} < N_{b,Rd} = 7.819 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 59,89 \text{ mT} = 588 \text{ mkN} < M_{b,Rd} = 3.919 \text{ mkN}$$

➤ Coeficientes de interacción: (dinteles se analizan en modo traslacional)

$$c_{mz} = 0,9$$

$$k_{zz,lim} = c_{mz} \left[1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,9 \times \left[1 + 0,8 \times \frac{485 \text{ kN}}{7.819 \text{ kN}} \right] = 0,945$$

$$k_{zz} = c_{mz} \left[1 + [\bar{\lambda}_z - 0,2] \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,9 \times \left[1 + [1,088 - 0,2] \times \frac{485 \text{ kN}}{7.819 \text{ kN}} \right] = 0,95 > k_{zz,lim} \Rightarrow k_{zz} = k_{zz,lim} = 0,945$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,6 \times 0,945 = 0,567$$



➤ Comprobación barra: (apartado 6.3.3 Anejo 22 Código Estructural)

Se ha de cumplir las dos condiciones siguientes:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.61 CE})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.62 CE})$$

En nuestro caso, ecuación 6.61:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{485 \text{ kN}}{7.819 \text{ kN}} + 0,945 \frac{588 \text{ mkN}}{3.919 \text{ mkN}} = 0,204 < 1$$

En nuestro caso, ecuación 6.62:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{485 \text{ kN}}{9.774} + 0,567 \frac{588 \text{ mkN}}{3.919 \text{ mkN}} = 0,135 < 1$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON MOMENTO MÁXIMO (Combinación N° 70 CALC C2I) (ver pg CE-53)

➤ Esfuerzos máximos en la barra:

$$N_d = 48,03 \text{ T} = 472 \text{ kN (compresión)} < N_{b,Rd} = 7.819 \text{ kN}$$

$$M_{z,d} = 63,27 \text{ mT} = 621 \text{ mkN} < M_{b,Rd} = 3.919 \text{ mkN}$$

➤ Coeficientes de interacción: (dinteles se analizan en modo traslacional)

$$c_{mz} = 0,9$$

$$k_{zz,lim} = c_{mz} \left[1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,9x \left[1 + 0,8x \frac{471 \text{ kN}}{7.819 \text{ kN}} \right] = 0,943$$

$$k_{zz} = c_{mz} \left[1 + [\bar{\lambda}_z - 0,2] \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,9x \left[1 + [1,088 - 0,2]x \frac{471 \text{ kN}}{7.819 \text{ kN}} \right] = 0,948 > k_{zz,lim} \Rightarrow k_{zz} = k_{zz,lim} = 0,943$$

$$k_{yz} = 0,6k_{zz} = 0,6x0,943 = 0,566$$

➤ Comprobación barra: (apartado 6.3.3 Anejo 22 Código Estructural)

Se ha de cumplir las dos condiciones siguientes:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.61 CE})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.62 CE})$$

En nuestro caso, ecuación 6.61:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{471 \text{ kN}}{7.819 \text{ kN}} + 0,943 \frac{621 \text{ mkN}}{3.919 \text{ mkN}} = 0,21 < 1$$

En nuestro caso, ecuación 6.62:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{471 \text{ kN}}{9.774} + 0,566 \frac{621 \text{ mkN}}{3.919 \text{ mkN}} = 0,14 < 1$$



En el subtramo del encuentro con el pilar (barra 2757):

- Datos sección:

Clase 1 para las solicitaciones de comprobación.

$$N_{Rk} = Af_y = 832,85 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 22.903 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} f_y = 44.625 \cdot 10^3 \text{ mm} \times 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 12.272 \text{ mkN}$$

- Coeficientes de reducción por pandeo:

$$\chi_z = 0,412 \quad \bar{\lambda}_z = 1,412$$

$$\chi_y = 0,615$$

$$\chi_{LT} = 0,688$$

- Por comodidad de notación llamemos:

$$N_{b,z,Rd} = \chi_z \frac{Af_y}{\gamma_{M1}} = 0,412 \times \frac{22.903 \text{ kN}}{1,05} = 8.987 \text{ kN}$$

$$N_{b,y,Rd} = \chi_y \frac{Af_y}{\gamma_{M1}} = 0,615 \times \frac{22.903 \text{ kN}}{1,05} = 13.414 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \min\{N_{b,z,Rd}; N_{b,y,Rd}\} = N_{b,z,Rd} = 8.987 \text{ kN}$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M1}} = 0,688 \times \frac{12.272 \text{ mkN}}{1,05} = 8.041 \text{ mkN}$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON AXIL MÁXIMO (Combinación Nº 56 CALC C2I) (ver pg CE-54)

- Esfuerzos máximos en la barra:

$$Nd = 53,97 \text{ T} = 530 \text{ kN (compresión)} < N_{b,Rd} = 8.987 \text{ kN}$$

$$Mz,d = 446,67 \text{ mT} + dGxNd = 4.382 + 0,45 \times 530 = 4.620 \text{ mkN} < M_{b,Rd} = 8.041 \text{ mkN}$$

- Coeficientes de interacción: (dinteles se analizan en modo traslacional)

$$c_{mz} = 0,9$$

$$k_{zz,lim} = c_{mz} \left[1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,9 \times \left[1 + 0,8 \times \frac{530 \text{ kN}}{8.987 \text{ kN}} \right] = 0,942$$

$$k_{zz} = c_{mz} \left[1 + [\bar{\lambda}_z - 0,2] \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,9 \times \left[1 + [1,412 - 0,2] \times \frac{530 \text{ kN}}{8.987 \text{ kN}} \right] = 0,964 > k_{zz,lim} \Rightarrow k_{zz} = k_{zz,lim} = 0,942$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,6 \times 0,942 = 0,565$$

- Comprobación barra: (apartado 6.3.3 Anejo 22 Código Estructural)

Se ha de cumplir las dos condiciones siguientes:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.61 CE})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.62 CE})$$



En nuestro caso, ecuación 6.61:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{530 \text{ kN}}{8.987 \text{ kN}} + 0,942 \frac{4.620 \text{ mkN}}{8.041 \text{ mkN}} = 0,60 < 1$$

En nuestro caso, ecuación 6.62:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{530 \text{ kN}}{13.414} + 0,565 \frac{4.620 \text{ mkN}}{8.041 \text{ mkN}} = 0,37 < 1$$

COMPROBACIÓN PARA LA COMBINACIÓN DE ACCIONES CON MOMENTO MÁXIMO (Combinación Nº 70 CALC C2) (ver pg CE-53)

➤ Esfuerzos máximos en la barra:

$$Nd=52,94 T= 520 \text{ kN (compresión)} < N_{b,Rd} = 8.987 \text{ kN}$$

$$Mz,d = 458,56 \text{ mT} + dGxNd = 4.499 + 0,45x520=4.733 \text{ mkN} < M_{b,Rd} = 8.041 \text{ mkN}$$

➤ Coeficientes de interacción: (dinteles se analizan en modo traslacional)

$$c_{mz} = 0,9$$

$$k_{zz,lim} = c_{mz} \left[1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,9x \left[1 + 0,8x \frac{520 \text{ kN}}{8.987 \text{ kN}} \right] = 0,941$$

$$k_{zz} = c_{mz} \left[1 + [\bar{\lambda}_z - 0,2] \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \right] = 0,9x \left[1 + [1,192 - 0,2]x \frac{520 \text{ kN}}{8.987 \text{ kN}} \right] = 0,951 > k_{zz,lim} \Rightarrow k_{zz} = k_{zz,lim} = 0,941$$

$$k_{yz} = 0,6k_{zz} = 0,6x0,941 = 0,565$$

➤ Comprobación barra: (apartado 6.3.3 Anejo 22 Código Estructural)

Se ha de cumplir las dos condiciones siguientes:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.61 CE})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{ecuación 6.62 CE})$$

En nuestro caso, ecuación 6.61:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{520 \text{ kN}}{8.987 \text{ kN}} + 0,941 \frac{4.733 \text{ mkN}}{8.041 \text{ mkN}} = 0,62 < 1$$

En nuestro caso, ecuación 6.62:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{520 \text{ kN}}{13.414} + 0,565 \frac{4.733 \text{ mkN}}{8.041 \text{ mkN}} = 0,38 < 1$$

TOMO II

CÁLCULO ESTRUCTURA

7.- ESTADO LÍMITE DE SERVICIO. DEFORMACIONES.

(Pórtico 9)

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "			
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González		
	<u>TITULO PLANO:</u>	TOMO II	FORMATO: A4	<u>PLANO N°:</u>
		CÁLCULO ESTRUCTURA	ESCALA: <input type="text"/>	CE-231

Aplicamos el Código técnico de la edificación

I.- FLECHAS VERTICALES

1.- INTEGRIDAD DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

$$\frac{f}{L} \leq \frac{1}{300}$$

Se deben considerar sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del cerramiento de cubierta, en combinación de acciones tipo característico:

$$Q_{k,1} + \sum_{j>1} \psi_{0j} Q_{kj}$$

ψ_{0j}

Sobrecarga uso: 0,7

Nieve : 0,5

Viento: 0,5

Temperatura: 0,5

2.- APARIENCIA DE LA OBRA: $\frac{f}{L} \leq \frac{1}{300}$

Se deben considerar cualquier combinación de acciones de forma casi permanente:

$$\sum_{i \geq 1} G_{ki} + \sum_{j \geq 1} \psi_{2j} Q_{kj}$$

ψ_{2j}

Sobrecarga uso: 0,3

Nieve : 0,2

Viento: 0

Temperatura: 0

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

TOMO II

FORMATO : A4

PLANO Nº :

CÁLCULO ESTRUCTURA

ESCALA:

CE-232

II.- DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES

1.- INTEGRIDAD DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

$$\frac{d}{H} \leq \frac{1}{500}$$

Se deben considerar sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del cerramiento de cubierta, en combinación de acciones tipo característico:

$$Q_{k,1} + \sum_{j>1} \psi_{0,j} Q_{k,j}$$

 $\psi_{0,j}$

Sobrecarga uso: 0,7

Nieve : 0,5

Viento: 0,5

Temperatura: 0,5

2.- APARIENCIA DE LA OBRA:

$$\frac{d}{H} \leq \frac{1}{250}$$

Se deben considerar cualquier combinación de acciones de forma casi permanente:

$$\sum_{i \geq 1} G_{k,i} + \sum_{j \geq 1} \psi_{2,j} Q_{k,j}$$

 $\psi_{2,j}$

Sobrecarga uso: 0,3

Nieve : 0,2

Viento: 0

Temperatura: 0

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

TOMO II

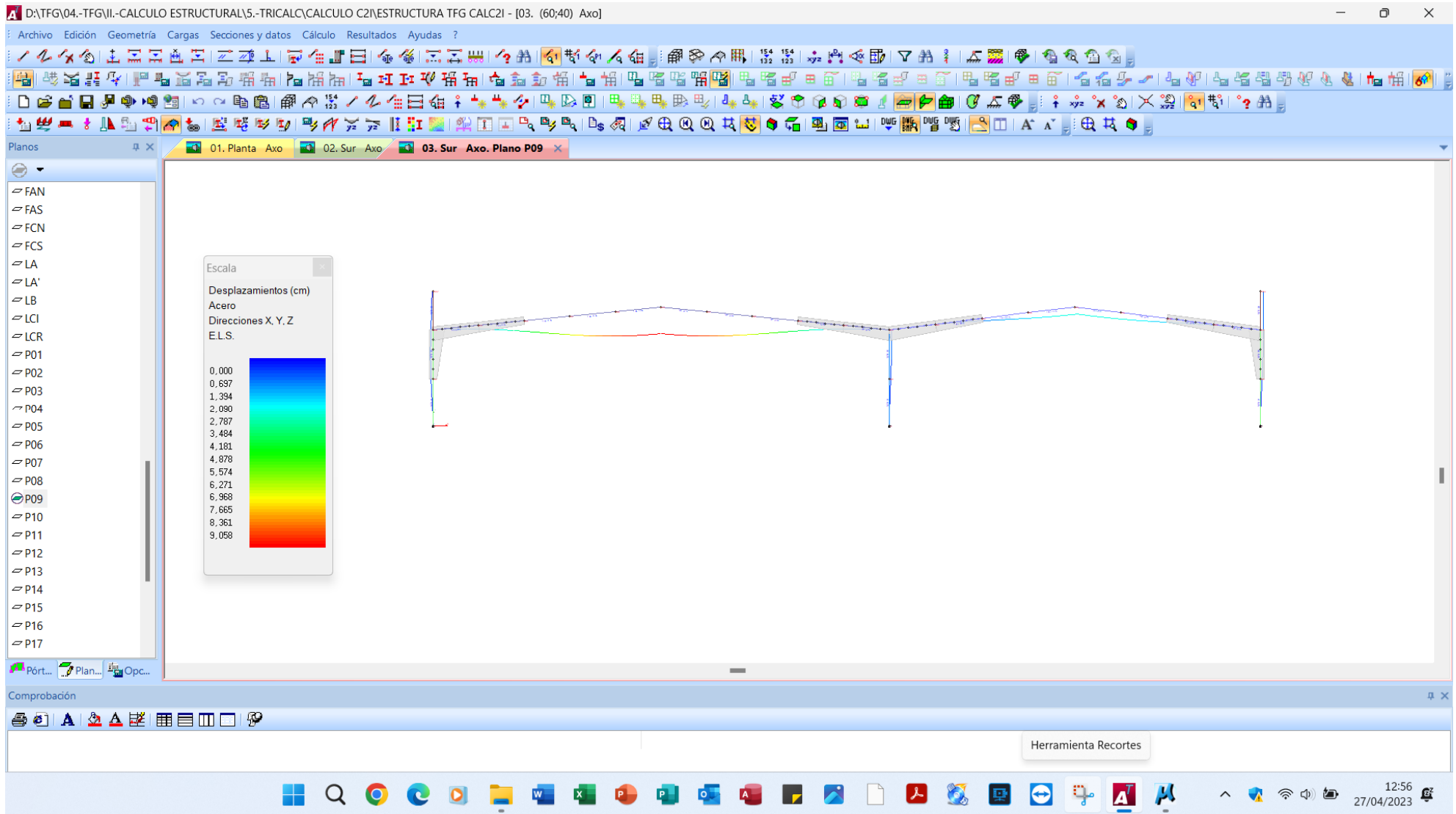
FORMATO : A4

PLANO Nº :

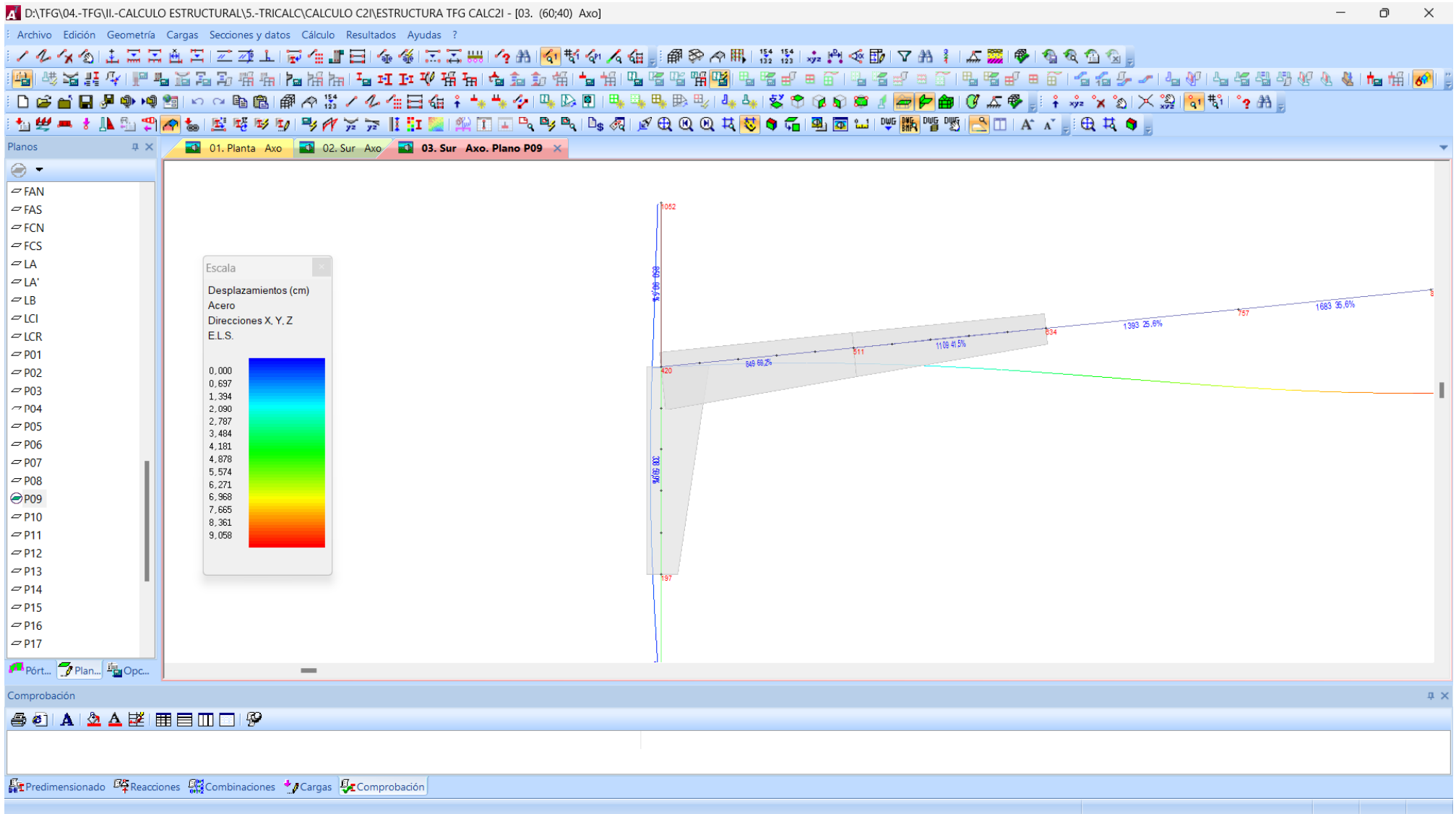
CÁLCULO ESTRUCTURA

ESCALA:

CE-233



FLECHA VERTICAL : APARIENCIA OBRA: G + 0,3Q + 0,2S ***** Nave BC: $L/f = 62.080/91 = 682$ Nave AB: $L/f = 50.480/27 = 1.869$



DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL :APARIENCIA OBRA: G + 0,3Q +0,2S ***** Pilar C: $H/d = 13.110/15 = 874$

IV.- CÁLCULO ESTRUCTURA.

APÉNDICE 1

CÁLCULO MATRICIAL PANDEO DE PÓRTICOS EN SU PLANO

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "			
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González		
	<u>TITULO PLANO:</u>	APÉNDICE 1 CÁLCULO MATRICIAL PANDEO DE PÓRTICOS EN SU PLANO	FORMATO: A4 ESCALA: 1/300	<u>PLANO Nº:</u> CE-AP1-1

INDICE

1.- JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	-----	CE-AP1-3
2.- CÁLCULOS PARA PANDEO TRASLACIONAL DINTELES	-----	CE-AP1-15
2.1. Listado programa Matlab	-----	CE-AP1-16
2.2. Resultados	-----	CE-AP1-22

Análisis según combinación de valores de ξ_{ab}

Matrices de rigidez de "primer orden" de cada barra. $\overset{0}{\mathbf{k}}_{ab}$ $\overset{0}{\mathbf{K}}_{ab}$

Para CALC C2I comb 61:

Matrices de rigidez geométrica de cada barra $\overset{G}{\mathbf{k}}_{ab}$ $\overset{G}{\mathbf{K}}_{ab}$

Matriz de rigidez reducida $\overset{0}{\mathbf{K}}$

Matriz de rigidez geométrica reducida $\overset{G}{\mathbf{K}}^*$

Matriz característica del sistema $\overline{\mathbf{D}}^*$

Autovalores

N_{crit}

$N_{crit,ab}$

$L_{ab, crit}$

β_{ab}

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 1
CÁLCULO MATRICIAL
PANDEO DE PÓRTICOS EN SU PLANO

FORMATO: A4

ESCALA:

1/300

PLANO Nº:

CE-AP1-2

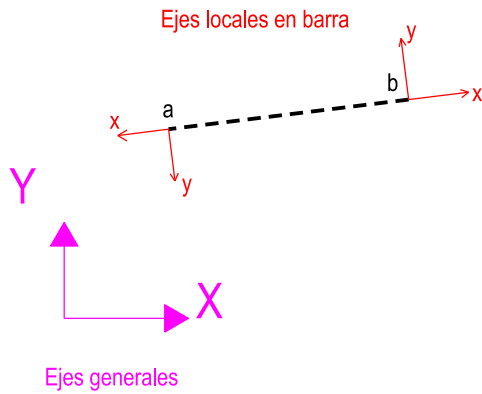
APÉNDICE 1

CÁLCULO MATRICIAL PANDEO PÓRTICOS EN SU PLANO

1.- JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 1 CÁLCULO MATRICIAL PANDEO DE PÓRTICOS EN SU PLANO	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text" value="1/300"/>	<u>PLANO Nº :</u> CE-AP1-3

1.- EJES LOCALES Y EJES GENERALES. (a<b)



Giros positivos si van en sentido contrario giro agujas reloj

Minúsculas: Se refieren a ejes locales

Mayúsculas: Se refieren a ejes generales

$$\text{Cos} \alpha_{ab} = \frac{X_a - X_b}{L}$$

$$\text{Sen} \alpha_{ab} = \frac{Y_a - Y_b}{L}$$

α_{ab} es el ángulo que forma el eje local x en el extremo a respecto al eje X general.

2.- MATRICES DE CAMBIO DE BASE

$$\mathbf{T}_{ab} = \begin{bmatrix} \text{Cos} \alpha_{ab} & \text{Sen} \alpha_{ab} & 0 \\ -\text{Sen} \alpha_{ab} & \text{Cos} \alpha_{ab} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{T}_{ba} = \begin{bmatrix} -\text{Cos} \alpha_{ab} & -\text{Sen} \alpha_{ab} & 0 \\ \text{Sen} \alpha_{ab} & -\text{Cos} \alpha_{ab} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

3.-MATRIZ DE RIGIDEZ DE UNA BARRA EN EJES LOCALES SIN CONSIDERAR LA INFLUENCIA DEL AXIL. (Cálculos en primer orden) $\overset{\circ}{\mathbf{k}}$

$$\mathbf{P}_a = \begin{bmatrix} p_{ax} \\ p_{ay} \\ m_a \end{bmatrix}$$

Nudo a

$$\mathbf{P}_b = \begin{bmatrix} p_{bx} \\ p_{by} \\ m_b \end{bmatrix}$$

Nudo b

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_a \\ \mathbf{P}_b \end{bmatrix}$$

Barra

$$\overset{\circ}{\delta}_a = \begin{bmatrix} \delta_{ax} \\ \delta_{ay} \\ \vartheta_a \end{bmatrix}$$

Nudo a

$$\overset{\circ}{\delta}_b = \begin{bmatrix} \delta_{bx} \\ \delta_{by} \\ \vartheta_b \end{bmatrix}$$

Nudo b

$$\overset{\circ}{\delta} = \begin{bmatrix} \overset{\circ}{\delta}_a \\ \overset{\circ}{\delta}_b \end{bmatrix}$$

Barra

Esfuerzos generalizados

p: fuerzas
m: momento

Desplazamientos Generalizados

δ : desplazamientos
 ϑ : giros

Ecuación de rigidez de la barra: $\mathbf{P} = \overset{\circ}{\mathbf{k}} \cdot \overset{\circ}{\delta}$

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_a \\ \mathbf{P}_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overset{\circ}{\mathbf{k}}_{aab} & \overset{\circ}{\mathbf{k}}_{ab} \\ \overset{\circ}{\mathbf{k}}_{ba} & \overset{\circ}{\mathbf{k}}_{bba} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \overset{\circ}{\delta}_a \\ \overset{\circ}{\delta}_b \end{bmatrix}$$

$$\overset{\circ}{\mathbf{k}}_{ba} = \overset{\circ}{\mathbf{k}}_{ab}^T$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 1
CÁLCULO MATRICIAL
PANDEO DE PÓRTICOS EN SU PLANO

FORMATO: A4

ESCALA: 1/300

PLANO N°:

CE-AP1-4

Ecuación de rigidez de la barra biempotrada:

Sean:

$$\varepsilon = \frac{EA}{L}$$

$$\rho = 12 \frac{EI}{L^3}$$

$$\kappa = 6 \frac{EI}{L^2}$$

$$\mu = 2 \frac{EI}{L}$$

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_a \\ - \\ \mathbf{P}_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{k}_{aab} & \mathbf{k}_{ab} \\ \mathbf{k}_{ba} & \mathbf{k}_{bba} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_a \\ - \\ \delta_b \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{aab}^0 = \begin{bmatrix} \varepsilon & 0 & 0 \\ 0 & \rho & -\kappa \\ 0 & -\kappa & 2\mu \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{ab}^0 = \begin{bmatrix} \varepsilon & 0 & 0 \\ 0 & \rho & -\kappa \\ 0 & -\kappa & \mu \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{ba}^0 = \begin{bmatrix} \varepsilon & 0 & 0 \\ 0 & \rho & -\kappa \\ 0 & -\kappa & \mu \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{bba}^0 = \begin{bmatrix} \varepsilon & 0 & 0 \\ 0 & \rho & -\kappa \\ 0 & -\kappa & 2\mu \end{bmatrix}$$

4.-MATRIZ DE RIGIDEZ DE UNA BARRA EN EJES GENERALES SIN CONSIDERAR LA INFLUENCIA DEL AXIL. (Cálculos en primer orden)

\mathbf{K}^0

$$\mathbf{P}_a = \begin{bmatrix} P_{ax} \\ P_{ay} \\ M_a \end{bmatrix}$$

Nudo a

$$\mathbf{P}_b = \begin{bmatrix} P_{bx} \\ P_{by} \\ M_b \end{bmatrix}$$

Nudo b

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_a \\ - \\ \mathbf{P}_b \end{bmatrix}$$

Barra

$$\Delta_a = \begin{bmatrix} \Delta_{ax} \\ \Delta_{ay} \\ \Theta_a \end{bmatrix}$$

Nudo a

$$\Delta_b = \begin{bmatrix} \Delta_{bx} \\ \Delta_{by} \\ \Theta_b \end{bmatrix}$$

Nudo b

$$\Delta = \begin{bmatrix} \Delta_a \\ - \\ \Delta_b \end{bmatrix}$$

Barra

Esfuerzos generalizados

P: fuerzas
M: momento

Desplazamientos Generalizados

Δ : desplazamientos
 Θ : giros

Ecuación de rigidez de la barra: $\mathbf{P} = \mathbf{K}^0 \cdot \Delta$

Obtención de las matrices de rigidez en ejes generales a partir de las matrices de rigidez en ejes locales

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_a \\ - \\ \mathbf{P}_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{k}_{aab}^0 & \mathbf{k}_{ab}^0 \\ \mathbf{k}_{ba}^0 & \mathbf{k}_{bba}^0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta_a \\ - \\ \Delta_b \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{K}_{aab}^0 = \mathbf{T}_{ab}^T \mathbf{k}_{aab}^0 \mathbf{T}_{ab}$$

$$\mathbf{K}_{ab}^0 = \mathbf{T}_{ab}^T \mathbf{k}_{ab}^0 \mathbf{T}_{ba}$$

$$\mathbf{K}_{ba}^0 = \mathbf{T}_{ba}^T \mathbf{k}_{ba}^0 \mathbf{T}_{ab}$$

$$\mathbf{K}_{bba}^0 = \mathbf{T}_{ba}^T \mathbf{k}_{bba}^0 \mathbf{T}_{ba}$$

$$\mathbf{K}_{ba}^0 = \mathbf{K}_{ab}^{0T}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 1
CÁLCULO MATRICIAL
PANDEO DE PÓRTICOS EN SU PLANO

FORMATO: A4

ESCALA: 1/300

PLANO N°:

CE-AP1-5

5.-MATRIZ DE RIGIDEZ DE UNA BARRA BIEMPOTRADA EN EJES LOCALES CONSIDERANDO LA INFLUENCIA DEL AXIL. (Cálculos en segundo orden) **k**

$$\mathbf{p} = \mathbf{k} \cdot \mathcal{D}$$

$$\mathbf{p} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_a \\ - \\ \mathbf{P}_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{k}_{aab} & | & \mathbf{k}_{ab} \\ \hline & & \\ \mathbf{k}_{ba} & | & \mathbf{k}_{bba} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathcal{D}_a \\ - \\ \mathcal{D}_b \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{ba} = \mathbf{k}_{ab}^T$$

$$\varepsilon = \frac{EA}{L} \quad \rho = 12 \frac{EI}{L^3} \quad \kappa = 6 \frac{EI}{L^2} \quad \mu = 2 \frac{EI}{L}$$

$$\mathbf{k}_{aab} = \begin{bmatrix} \varepsilon & 0 & 0 \\ 0 & \rho \Phi_1 & -\kappa \Phi_2 \\ 0 & -\kappa \Phi_2 & 4 \Phi_3 \end{bmatrix} \quad \mathbf{k}_{ab} = \begin{bmatrix} \varepsilon & 0 & 0 \\ 0 & \rho \Phi_1 & -\kappa \Phi_2 \\ 0 & -\kappa \Phi_2 & 2 \Phi_4 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{ba} = \begin{bmatrix} \varepsilon & 0 & 0 \\ 0 & \rho \Phi_1 & -\kappa \Phi_2 \\ 0 & -\kappa \Phi_2 & 2 \Phi_4 \end{bmatrix} \quad \mathbf{k}_{bba} = \begin{bmatrix} \varepsilon & 0 & 0 \\ 0 & \rho \Phi_1 & -\kappa \Phi_2 \\ 0 & -\kappa \Phi_2 & 4 \Phi_3 \end{bmatrix}$$

siendo:

$$k = \sqrt{\frac{|N|}{EI}}$$

Si N es de compresión: $N < 0 \quad k^2 < 0$

$$\Phi_1 = \frac{(kL)^3 \text{Sen}(kL)}{12 \Phi_c}$$

$$\Phi_2 = \frac{(kL)^2 [1 - \text{Cos}(kL)]}{6 \Phi_c}$$

$$\Phi_3 = \frac{kL [\text{Sen}(kL) - kL \text{Cos}(kL)]}{4 \Phi_c}$$

$$\Phi_4 = \frac{kL [kL - \text{Sen}(kL)]}{2 \Phi_c}$$

$$\Phi_c = 2 - 2 \text{Cos}(kL) - kL \text{Sen}(kL)$$

Si N es de tracción: $N > 0 \quad k^2 > 0$

$$\Phi_1 = \frac{(kL)^3 \text{Senh}(kL)}{12 \Phi_t}$$

$$\Phi_2 = \frac{(kL)^2 [\text{Cosh}(kL) - 1]}{6 \Phi_t}$$

$$\Phi_3 = \frac{kL [kL \text{Cosh}(kL) - \text{Sen}(kL)]}{4 \Phi_t}$$

$$\Phi_4 = \frac{kL [\text{Senh}(kL) - kL]}{2 \Phi_t}$$

$$\Phi_t = 2 - 2 \text{Cosh}(kL) + kL \text{Senh}(kL)$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 1
CÁLCULO MATRICIAL
PANDEO DE PÓRTICOS EN SU PLANO

FORMATO: A4

ESCALA:

1/300

PLANO N°:

CE-AP1-6

MATRIZ DE RIGIDEZ GEOMÉTRICA DE UNA BARRA BIEMPOTRADA

$$k = \sqrt{\frac{|N|}{EI}} \quad \begin{array}{l} \text{Si } N < 0 \text{ (compresión)} \Rightarrow (kL)^2 < 0 \\ \text{Si } N > 0 \text{ (tracción)} \Rightarrow (kL)^2 > 0 \end{array}$$

Las funciones anteriores Φ pueden expresarse en series de expansión de Taylor:

$$\Phi_1 = 1 + \frac{(kL)^2}{10} - \frac{(kL)^4}{8.400} + \frac{(kL)^6}{756.000} - \dots$$

$$\Phi_2 = 1 + \frac{(kL)^2}{60} - \frac{(kL)^4}{8.400} + \frac{(kL)^6}{756.000} - \dots$$

$$\Phi_3 = 1 + \frac{(kL)^2}{30} - \frac{11(kL)^4}{256.200} + \frac{(kL)^6}{108.000} - \dots$$

$$\Phi_4 = 1 - \frac{(kL)^2}{60} + \frac{13(kL)^4}{25.200} - \frac{(kL)^6}{756.000} + \dots$$

Considerando sólo los dos primeros términos de las series de Taylor:

$$\Phi_1 = 1 + \frac{(kL)^2}{10}$$

$$\Phi_2 = 1 + \frac{(kL)^2}{60}$$

$$\Phi_3 = 1 + \frac{(kL)^2}{30}$$

$$\Phi_4 = 1 - \frac{(kL)^2}{60}$$

Si $N < 0$ (compresión):	Si $N > 0$ (tracción):
$\Phi_1 = 1 - \frac{|N|L^2}{10EI}$	$\Phi_1 = 1 + \frac{|N|L^2}{10EI}$
$\Phi_2 = 1 - \frac{|N|L^2}{60EI}$	$\Phi_2 = 1 + \frac{|N|L^2}{60EI}$
$\Phi_3 = 1 - \frac{|N|L^2}{30EI}$	$\Phi_3 = 1 + \frac{|N|L^2}{30EI}$
$\Phi_4 = 1 + \frac{|N|L^2}{60EI}$	$\Phi_4 = 1 - \frac{|N|L^2}{60EI}$

podemos expresar la matriz de rigidez como suma de dos matrices:

$$\mathbf{p} = \mathbf{k} \cdot \delta = \left[\overset{0}{\mathbf{k}} - \overset{G}{\mathbf{k}} \right] \delta$$

siendo:

$\overset{0}{\mathbf{k}}$: Matriz de rigidez que no contiene término de zxil (primer orden) de la barra en ejes locales

$\overset{G}{\mathbf{k}}$: Matriz de rigidez geométrica de la barra en ejes locales

$$\overset{G}{\mathbf{k}} = \begin{bmatrix} \overset{G}{\mathbf{k}}_{aab} & | & \overset{G}{\mathbf{k}}_{ab} \\ \hline \overset{G}{\mathbf{k}}_{ba} & | & \overset{G}{\mathbf{k}}_{bba} \end{bmatrix}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 1
CÁLCULO MATRICIAL
PANDEO DE PÓRTICOS EN SU PLANO

FORMATO: A4

ESCALA: 1/300

PLANO N°:

CE-AP1-7

La matriz de rigidez geométrica de la barra biempotrada en ejes locales adquiere el siguiente formato: (para $N_{ab} < 0$, compresión)

$${}^G \mathbf{k}_{aab} = \frac{|N_{ab}|}{30 L_{ab}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 36 & -3L_{ab} \\ 0 & -3L_{ab} & 4L_{ab}^2 \end{bmatrix}$$

$${}^G \mathbf{k}_{ab} = \frac{|N_{ab}|}{30 L_{ab}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 36 & -3L_{ab} \\ 0 & -3L_{ab} & -L_{ab}^2 \end{bmatrix}$$

Si $N_{ab} > 0$, tracción
las matrices son igual
pero cambiadas de signo

$${}^G \mathbf{k}_{ba} = \frac{|N_{ab}|}{30 L_{ab}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 36 & -3L_{ab} \\ 0 & -3L_{ab} & -L_{ab}^2 \end{bmatrix}$$

$${}^G \mathbf{k}_{bba} = \frac{|N_{ab}|}{30 L_{ab}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 36 & -3L_{ab} \\ 0 & -3L_{ab} & 4L_{ab}^2 \end{bmatrix}$$

Por tanto, la matriz de rigidez de una barra biempotrada considerando la influencia del axil quedaría como: $\mathbf{p} = \mathbf{k} \cdot \delta = \left[\begin{matrix} \mathbf{k} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{G} \end{matrix} \right] \delta$

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_a \\ - \\ \mathbf{P}_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{ax} \\ p_{ay} \\ m_a \\ - \\ p_{bx} \\ p_{by} \\ m_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon & 0 & 0 & | & \varepsilon & 0 & 0 \\ 0 & \rho & -\kappa & | & 0 & \rho & -\kappa \\ 0 & -\kappa & 2\mu & | & 0 & -\kappa & \mu \\ \hline \varepsilon & 0 & 0 & | & \varepsilon & 0 & 0 \\ 0 & \rho & -\kappa & | & 0 & \rho & -\kappa \\ 0 & -\kappa & \mu & | & 0 & -\kappa & 2\mu \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_{ax} \\ \delta_{ay} \\ \Theta_a \\ - \\ \delta_{bx} \\ \delta_{by} \\ \vartheta_b \end{bmatrix} - \frac{|N_{ab}|}{30 L_{ab}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & | & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 36 & -3L_{ab} & | & 0 & 36 & -3L_{ab} \\ 0 & -3L_{ab} & 4L_{ab}^2 & | & 0 & -3L_{ab} & -L_{ab}^2 \\ \hline 0 & 0 & 0 & | & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 36 & -3L_{ab} & | & 0 & 36 & -3L_{ab} \\ 0 & -3L_{ab} & -L_{ab}^2 & | & 0 & -3L_{ab} & 4L_{ab}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_{ax} \\ \delta_{ay} \\ \Theta_a \\ - \\ \delta_{bx} \\ \delta_{by} \\ \vartheta_b \end{bmatrix}$$

6.-MATRIZ DE RIGIDEZ DE UNA BARRA BIEMPOTRADA EN EJES GENERALES CONSIDERANDO LA INFLUENCIA DEL AXIL. (Cálculos en segundo orden) \mathbf{K}

$$\mathbf{P} = \mathbf{K} \cdot \Delta = \left[\begin{matrix} \mathbf{0} & \mathbf{G} \\ \mathbf{K} & - \mathbf{K} \end{matrix} \right] \Delta \quad \mathbf{K} = \begin{bmatrix} \mathbf{K}_{aab} & \mathbf{K}_{ab} \\ \mathbf{K}_{ba} & \mathbf{K}_{bba} \end{bmatrix} \quad \mathbf{G} = \begin{bmatrix} \mathbf{G}_{aab} & \mathbf{G}_{ab} \\ \mathbf{G}_{ba} & \mathbf{G}_{bba} \end{bmatrix}$$

Obtención de las matrices de rigidez (primer orden) en ejes generales a partir de las matrices de rigidez (primer orden) en ejes locales

$$\mathbf{K}_{aab} = \mathbf{T}_{ab}^T \mathbf{k}_{aab} \mathbf{T}_{ab} \quad \mathbf{K}_{ab} = \mathbf{T}_{ab}^T \mathbf{k}_{ab} \mathbf{T}_{ba}$$

$$\mathbf{K}_{ba} = \mathbf{T}_{ba}^T \mathbf{k}_{ba} \mathbf{T}_{ab} \quad \mathbf{K}_{bba} = \mathbf{T}_{ba}^T \mathbf{k}_{bba} \mathbf{T}_{ba}$$

Obtención de las matrices de rigidez geométricas en ejes generales a partir de las matrices de rigidez geométricas en ejes locales

$$\mathbf{G}_{aab} = \mathbf{T}_{ab}^T \mathbf{G}_{aab} \mathbf{T}_{ab} \quad \mathbf{G}_{ab} = \mathbf{T}_{ab}^T \mathbf{G}_{ab} \mathbf{T}_{ba}$$

$$\mathbf{G}_{ba} = \mathbf{T}_{ba}^T \mathbf{G}_{ba} \mathbf{T}_{ab} \quad \mathbf{G}_{bba} = \mathbf{T}_{ba}^T \mathbf{G}_{bba} \mathbf{T}_{ba}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción
de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 1
CÁLCULO MATRICIAL
PANDEO DE PÓRTICOS EN SU PLANO

FORMATO: A4

ESCALA: 1/300

PLANO N°:

CE-AP1-8

7.- MATRIZ DE RIGIDEZ COMPLETA DE LA ESTRUCTURA. ENSAMBLAJE DE LAS MATRICES DE BARRAS

Conocemos las matrices de rigidez en ejes generales de todas las barras : (a<b)

$$\mathbf{P} = \mathbf{K} \cdot \Delta = \left[\overset{0}{\mathbf{K}} - \overset{G}{\mathbf{K}} \right] \Delta$$

Puesto que a un nudo pueden llegar varias barras, tenemos que realizar el ensamblaje de las matrices de rigidez del sistema de barras. (con ello obtenemos la matriz de rigidez completa de la estructura). Separaremos, al igual que en el caso de una barra aislada, como suma de dos matrices: una que sería la que no contiene el efecto del axil, y otra -matriz geométrica- que lo contiene.

Llamemos: $\overline{\mathbf{K}}$ a la matriz completa de la estructura.

Si ordenamos los vectores esfuerzos y desplazamientos generalizados desde el nudo 1 hasta el último nudo y de forma consecutiva (sea r el último nudo)

$$\overline{\mathbf{P}}^T = \left\{ \mathbf{P}_1, \mathbf{P}_2, \dots, \mathbf{P}_r \right\}$$

$$\overline{\Delta}^T = \left\{ \Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_r \right\}$$

$$\overline{\mathbf{P}} = \overline{\mathbf{K}} \overline{\Delta} = \left[\overset{0}{\mathbf{K}} - \overset{G}{\mathbf{K}} \right] \overline{\Delta}$$

$\overline{\mathbf{K}}, \overset{0}{\mathbf{K}}, \overset{G}{\mathbf{K}}$ son simétricas

$\overline{\mathbf{K}}$: Matriz de rigidez completa de la estructura (no depende de las condiciones de sustentación)

$\overset{0}{\mathbf{K}}$: matriz de rigidez completa de la estructura, que no tiene la influencia del axil.

$\overset{G}{\mathbf{K}}$: matriz de rigidez geométrica completa de la estructura, que tiene la influencia del axil.

$\overset{0}{\mathbf{K}}$ y $\overset{G}{\mathbf{K}}$ son matrices de r x r submatrices. (3r x 3r componentes escalares)

Si llamamos $\overset{0}{\mathbf{K}} = \overset{0}{\mathbf{K}}_{ij}$ i,j= 1, 2, ..., r ($\overset{0}{\mathbf{K}}_{ij}$ es una matriz de 3x3)

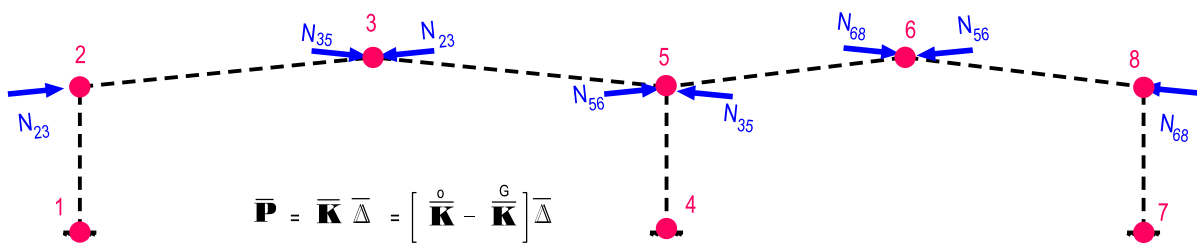
$\overset{G}{\mathbf{K}} = \overset{G}{\mathbf{K}}_{ij}$ i,j= 1, 2, ..., r ($\overset{G}{\mathbf{K}}_{ij}$ es una matriz de 3x3)

$\overset{0}{\mathbf{K}}_{ij} = \overset{0}{\mathbf{K}}_{ij}$ si existe la barra ij e $i \neq j$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{ij} = \overset{G}{\mathbf{K}}_{ij}$ si existe la barra ij e $i \neq j$
$\overset{0}{\mathbf{K}}_{ij} = \mathbf{0}_{3 \times 3}$ si NO existe la barra ij	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{ij} = \mathbf{0}_{3 \times 3}$ si NO existe la barra ij (o no tiene axil) (*)
$\overset{0}{\mathbf{K}}_{ii} = \sum_t \overset{0}{\mathbf{K}}_{iit}$ t: Extendido a todas las barras que llegan al nudo i	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{ii} = \sum_t \overset{G}{\mathbf{K}}_{iit}$ t: Extendido a todas las barras que llegan al nudo i
$\overset{0}{\mathbf{K}}_{ij}, \overset{G}{\mathbf{K}}_{ij}$ son las matrices de rigidez y geométrica de la barra ij en ejes globales	
MATRIZ DE RIGIDEZ COMPLETA: ENSAMBLAJE DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA	

NOTA: Si alguna barra, por ejemplo pq, no tiene axil => $\overset{G}{\mathbf{K}}_{pq} = \mathbf{0}_{3 \times 3}$ (pues $N_{pq} = 0$) (*)

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 1 CÁLCULO MATRICIAL PANDEO DE PÓRTICOS EN SU PLANO	FORMATO: A4 ESCALA: 1/300	PLANO Nº: CE-AP1-9

Para fijar ideas, en el caso de que sólo analicemos con axiles en los dinteles: (pandeo traslacional)



$$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}} =$$

$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{112}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{12}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{21}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{221} + \mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{223}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{23}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{32}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{332} + \mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{335}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{35}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{445}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{45}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{53}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{54}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{553} + \mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{554} + \mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{556}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{56}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{65}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{665} + \mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{668}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{68}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{778}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{78}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{86}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{87}$	$\mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{886} + \mathbf{0} \bar{\mathbf{K}}_{887}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$

$$\mathbf{G} \bar{\mathbf{K}} =$$

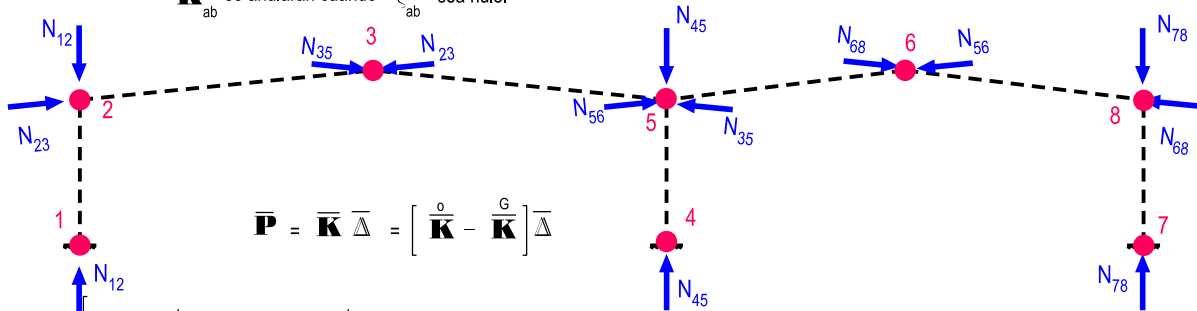
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{G} \bar{\mathbf{K}}_{223} + \mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{G} \bar{\mathbf{K}}_{23}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{G} \bar{\mathbf{K}}_{32}$	$\mathbf{G} \bar{\mathbf{K}}_{332} + \mathbf{G} \bar{\mathbf{K}}_{335}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{G} \bar{\mathbf{K}}_{35}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{G} \bar{\mathbf{K}}_{53}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{G} \bar{\mathbf{K}}_{553} + \mathbf{G} \bar{\mathbf{K}}_{556} + \mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{G} \bar{\mathbf{K}}_{56}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{G} \bar{\mathbf{K}}_{65}$	$\mathbf{G} \bar{\mathbf{K}}_{665} + \mathbf{G} \bar{\mathbf{K}}_{668}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{G} \bar{\mathbf{K}}_{68}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{G} \bar{\mathbf{K}}_{86}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{G} \bar{\mathbf{K}}_{886} + \mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$

$\mathbf{0}_{3 \times 3}$: MATRICES NULAS POR SER EL AXIL NULO, NO PORQUE NO EXISTA LA BARRA.

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>TRABAJO FINAL DE GRADO</p> <p>" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "</p>			
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 1 CÁLCULO MATRICIAL PANDEO DE PÓRTICOS EN SU PLANO		FORMATO: A4 ESCALA: 1/300	PLANO Nº: CE-AP1-10

En general, como se realizan los cálculos con programa matricial, la matriz de rigidez geométrica completa se ensambla igual que la de primer orden.

Las submatrices $\overset{G}{\mathbf{K}}_{ab}$ se anularán cuando ξ_{ab} sea nulo.



$$\bar{\mathbf{P}} = \bar{\mathbf{K}} \bar{\Delta} = \left[\begin{array}{c} \overset{0}{\mathbf{K}} \\ \overset{G}{\mathbf{K}} - \overset{0}{\mathbf{K}} \end{array} \right] \bar{\Delta}$$

$$\overset{0}{\mathbf{K}} =$$

$\overset{0}{\mathbf{K}}_{112}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{12}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\overset{0}{\mathbf{K}}_{21}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{221} + \overset{0}{\mathbf{K}}_{223}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{23}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{32}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{332} + \overset{0}{\mathbf{K}}_{335}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{35}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{445}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{45}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{53}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{54}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{553} + \overset{0}{\mathbf{K}}_{554} + \overset{0}{\mathbf{K}}_{556}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{56}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{65}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{665} + \overset{0}{\mathbf{K}}_{668}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{68}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{778}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{78}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{86}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{87}$	$\overset{0}{\mathbf{K}}_{886} + \overset{0}{\mathbf{K}}_{887}$

$$\overset{G}{\mathbf{K}} =$$

$\overset{G}{\mathbf{K}}_{112}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{12}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\overset{G}{\mathbf{K}}_{21}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{221} + \overset{G}{\mathbf{K}}_{223}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{23}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{32}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{332} + \overset{G}{\mathbf{K}}_{335}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{35}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{445}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{45}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{53}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{54}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{553} + \overset{G}{\mathbf{K}}_{554} + \overset{G}{\mathbf{K}}_{556}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{56}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{65}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{665} + \overset{G}{\mathbf{K}}_{668}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{68}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{778}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{78}$
$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\mathbf{0}_{3 \times 3}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{86}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{87}$	$\overset{G}{\mathbf{K}}_{886} + \overset{G}{\mathbf{K}}_{887}$

$\mathbf{0}_{3 \times 3}$: MATRICES NULAS POR SER EL AXIL NULO, NO PORQUE NO EXISTA LA BARRA.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 1
CÁLCULO MATRICIAL
PANDEO DE PÓRTICOS EN SU PLANO

FORMATO: A4

ESCALA:

1/300

PLANO Nº:

CE-AP1-11

8.- MATRIZ DE RIGIDEZ REDUCIDA DE LA ESTRUCTURA.

Acabamos de definir la matriz completa de la estructura: $\bar{\mathbf{K}} = \left[\begin{array}{c} \mathbf{0} \\ \mathbf{K} - \mathbf{K}^G \end{array} \right]$

Esta matriz tiene 3rx3r componentes escalares (r es el número total de nudos) y no depende de las coacciones.

\mathbf{K}^G depende de los axiles

La ecuación matricial completa es:

$$\bar{\mathbf{P}} = \bar{\mathbf{K}} \bar{\Delta} = \left[\begin{array}{c} \mathbf{0} \\ \mathbf{K} - \mathbf{K}^G \end{array} \right] \bar{\Delta}$$

Para resolverla, uno de los procedimientos que hay es obtener la matriz REDUCIDA.

Ésta se obtiene eliminando las filas y columnas de la matriz de rigidez completa correspondientes a los desplazamientos generalizados conocidos (normalmente nulos)

Llamemos:

$\bar{\mathbf{K}}$ a la matriz de rigidez reducida (hemos eliminado en la matriz de rigidez completa las filas y columnas correspondientes a los desplazamientos conocidos, normalmente nulos.

$$\bar{\mathbf{K}} = \left[\begin{array}{c} \mathbf{0} \\ \mathbf{K} - \mathbf{K}^G \end{array} \right]$$

La ecuación de rigidez reducida la podemos expresar como:

$$\bar{\mathbf{P}} = \bar{\mathbf{K}} \bar{\Delta} = \left[\begin{array}{c} \mathbf{0} \\ \mathbf{K} - \mathbf{K}^G \end{array} \right] \bar{\Delta}$$

$\bar{\Delta}$: Desplazamientos generalizados desconocidos.

$\bar{\mathbf{P}}$: Esfuerzos generalizados conocidos.

Si expresamos los axiles de cada barra N_{ab} en función de un axil de referencia N_0 (normalmente el máximo axil de compresión):

$$N_{ab} = N_{ab} \frac{|N_0|}{|N_0|} = |N_0| \frac{N_{ab}}{|N_0|} = |N_0| \xi_{ab}$$

podemos sacar factor común de $|N_0|$:

$$\mathbf{K}^G = |N_0| \mathbf{K}^*$$

y la ecuación matricial reducida la podremos expresar como:

$$\bar{\mathbf{P}} = \bar{\mathbf{K}} \bar{\Delta} = \left[\begin{array}{c} \mathbf{0} \\ \mathbf{K} - \mathbf{K}^G \end{array} \right] \bar{\Delta} = \left[\begin{array}{c} \mathbf{0} \\ \mathbf{K} - |N_0| \mathbf{K}^* \end{array} \right] \bar{\Delta}$$

OBTENCIÓN DE $\mathbf{K}^* = \frac{\mathbf{K}^G}{|N_0|}$ Se utilizan las siguientes expresiones para la obtención de las matrices de rigidez geométricas (en ejes locales)

$$\mathbf{k}_{aab}^* = \frac{\xi_{ab}}{30 L_{ab}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 36 & -3L_{ab} \\ 0 & -3L_{ab} & 4L_{ab}^2 \end{bmatrix} \quad \mathbf{k}_{ab}^* = \frac{\xi_{ab}}{30 L_{ab}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 36 & -3L_{ab} \\ 0 & -3L_{ab} & -L_{ab}^2 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{ba}^* = \frac{\xi_{ab}}{30 L_{ab}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 36 & -3L_{ab} \\ 0 & -3L_{ab} & -L_{ab}^2 \end{bmatrix} \quad \mathbf{k}_{bba}^* = \frac{\xi_{ab}}{30 L_{ab}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 36 & -3L_{ab} \\ 0 & -3L_{ab} & 4L_{ab}^2 \end{bmatrix}$$

ξ_{ab} se considerará positivo si N_{ab} es de compresión y negativo si es de tracción.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 1
CÁLCULO MATRICIAL
PANDEO DE PÓRTICOS EN SU PLANO

FORMATO : A4

ESCALA: 1/300

PLANO N° :

CE-AP1-12

9.- PANDEO DE LA ESTRUCTURA.

Dada la ecuación de rigidez reducida de la estructura: $\bar{\mathbf{P}} = \bar{\mathbf{K}} \bar{\Delta} = \left[\begin{matrix} \overset{\circ}{\mathbf{K}} & \mathbf{G} \\ \mathbf{G}^* & \mathbf{K} \end{matrix} \right] \bar{\Delta} = \left[\begin{matrix} \overset{\circ}{\mathbf{K}} & \mathbf{G} \\ \mathbf{G}^* & \mathbf{K} \end{matrix} \right] \bar{\Delta} \quad \frac{\mathbf{G}}{\mathbf{K}} = |N_0| \frac{\mathbf{G}^*}{\mathbf{K}}$

Si el determinante de la matriz de rigidez reducida se anula: $|\bar{\mathbf{K}}| = \left| \begin{matrix} \overset{\circ}{\mathbf{K}} & \mathbf{G} \\ \mathbf{G}^* & \mathbf{K} \end{matrix} \right| = \left| \begin{matrix} \overset{\circ}{\mathbf{K}} & \mathbf{G} \\ \mathbf{G}^* & \mathbf{K} \end{matrix} \right| = 0$

los desplazamientos $\bar{\Delta}$ se hacen infinito, lo que representa que el sistema pandea.

El pandeo se presenta para el menor valor del esfuerzo de referencia $|N_0|$ que hace que $|\bar{\mathbf{K}}| = 0$

Si denominamos $\bar{\mathbf{D}} = \left[\begin{matrix} \overset{\circ}{\mathbf{K}} & \mathbf{G} \\ \mathbf{G}^* & \mathbf{K} \end{matrix} \right]^{-1} \cdot \frac{\mathbf{G}}{\mathbf{K}}$ $\bar{\mathbf{D}}^* = \left[\begin{matrix} \overset{\circ}{\mathbf{K}} & \mathbf{G} \\ \mathbf{G}^* & \mathbf{K} \end{matrix} \right]^{-1} \cdot \frac{\mathbf{G}^*}{\mathbf{K}}$ (matriz característica del sistema)

Si utilizamos la matriz $\bar{\mathbf{D}}^*$:

$$|\bar{\mathbf{K}}| = 0 \Leftrightarrow \left| \begin{matrix} \overset{\circ}{\mathbf{K}} & \mathbf{G} \\ \mathbf{G}^* & \mathbf{K} \end{matrix} \right| = \left| \frac{\mathbf{I}}{|N_{\lambda_i^*}|} - \bar{\mathbf{D}}^* \right| = 0$$

Sean λ_i^* los autovalores de $\bar{\mathbf{D}}^* \Leftrightarrow |\bar{\mathbf{D}}^* - \lambda_i^* \mathbf{I}| = 0 \Rightarrow N_{\lambda_i^*} = \frac{1}{\lambda_i^*} \Rightarrow N_{crit} = N_{\lambda_i^*} (\text{mínimo}) = \frac{1}{\lambda_i^* \text{ máximo}}$

Si utilizamos la matriz $\bar{\mathbf{D}}$:

$$|\bar{\mathbf{K}}| = 0 \Leftrightarrow \left| \begin{matrix} \overset{\circ}{\mathbf{K}} & \mathbf{G} \\ \mathbf{G}^* & \mathbf{K} \end{matrix} \right| = \left| \frac{\mathbf{I}}{\alpha_{\lambda_i}} - \bar{\mathbf{D}} \right| = 0$$

Sean λ_i los autovalores de $\bar{\mathbf{D}} \Leftrightarrow |\bar{\mathbf{D}} - \lambda_i \mathbf{I}| = 0 \Rightarrow \alpha_{\lambda_i} = \frac{1}{\lambda_i} \Rightarrow \alpha_{crit} = \alpha_{\lambda_i} (\text{mínimo}) = \frac{1}{\lambda_i \text{ máximo}}$

A la relación $\frac{N_{crit}}{N_0} = \alpha_{crit}$ se le denomina COEFICIENTE CRITICO DE PANDEO GLOBAL

Para cada barra ab de la estructura sometida a un axil N_{ab} podemos establecer que tiene una longitud crítica:

$$L_{ab, crit} = \pi \sqrt{\frac{E I_{ab}}{\alpha_{crit} N_{ab}}} = \pi \sqrt{\frac{E I_{ab}}{N_{crit, ab}}} \quad (\text{esta longitud crítica son valores auxiliares que nos hace falta para comprobar a pandeo la barra})$$

$$N_{crit, ab} = \alpha_{crit} N_{ab} = N_{crit} \xi_{ab}$$

O lo que es lo mismo, podemos establecer un coeficiente de pandeo a la barra ab:

$$\beta_{ab} = \frac{L_{ab, crit}}{L_{ab}}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 1
CÁLCULO MATRICIAL
PANDEO DE PÓRTICOS EN SU PLANO

FORMATO: A4

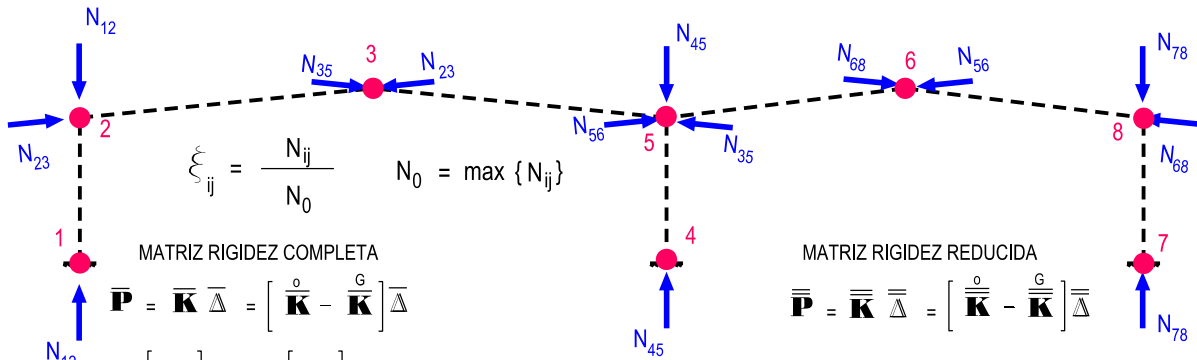
ESCALA:

1/300

PLANO Nº:

CE-AP1-13

OBTENCIÓN DE LA MATRIZ REDUCIDA EN NUESTRO CASO PARA PANDEO TRASLACIONAL DE LOS DIENTES



$$\xi_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_0} \quad N_0 = \max \{N_{ij}\}$$

MATRIZ RIGIDEZ COMPLETA

$$\bar{\mathbf{P}} = \bar{\mathbf{K}} \bar{\Delta} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{G} \\ \bar{\mathbf{K}} & -\bar{\mathbf{K}} \end{bmatrix} \bar{\Delta}$$

$$\bar{\mathbf{P}} = \begin{bmatrix} R_{1x} \\ R_{1y} \\ M_{R1} \\ \dots \\ P_{2x} \\ P_{2y} \\ M_2 \\ \dots \\ P_{3x} \\ P_{3y} \\ M_3 \\ \dots \\ R_{4x} \\ R_{4y} \\ M_{R4} \\ \dots \\ P_{5x} \\ P_{5y} \\ M_5 \\ \dots \\ P_{6x} \\ P_{6y} \\ M_6 \\ \dots \\ R_{7x} \\ R_{7y} \\ M_{R7} \\ \dots \\ P_{8x} \\ P_{8y} \\ M_8 \end{bmatrix}_{24 \times 1}$$

$$\bar{\Delta} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \dots \\ \Delta_{2x} \\ \Delta_{2y} \\ \Theta_2 \\ \dots \\ \Delta_{3x} \\ \Delta_{3y} \\ \Theta_3 \\ \dots \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \dots \\ \Delta_{5x} \\ \Delta_{5y} \\ \Theta_5 \\ \dots \\ \Delta_{6x} \\ \Delta_{6y} \\ \Theta_6 \\ \dots \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \dots \\ \Delta_{8x} \\ \Delta_{8y} \\ \Theta_8 \end{bmatrix}_{24 \times 1}$$

MATRIZ RIGIDEZ REDUCIDA

$$\bar{\bar{\mathbf{P}}} = \bar{\bar{\mathbf{K}}} \bar{\bar{\Delta}} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{G} \\ \bar{\bar{\mathbf{K}}} & -\bar{\bar{\mathbf{K}}} \end{bmatrix} \bar{\bar{\Delta}}$$

$$\bar{\bar{\mathbf{P}}} = \begin{bmatrix} P_{2x} \\ P_{2y} \\ M_2 \\ \dots \\ P_{3x} \\ P_{3y} \\ M_3 \\ \dots \\ P_{5x} \\ P_{5y} \\ M_5 \\ \dots \\ P_{6x} \\ P_{6y} \\ M_6 \\ \dots \\ P_{8x} \\ P_{8y} \\ M_8 \end{bmatrix}_{15 \times 1}$$

$$\bar{\bar{\Delta}} = \begin{bmatrix} \Delta_{2x} \\ \Delta_{2y} \\ \Theta_2 \\ \dots \\ \Delta_{3x} \\ \Delta_{3y} \\ \Theta_3 \\ \dots \\ \Delta_{5x} \\ \Delta_{5y} \\ \Theta_5 \\ \dots \\ \Delta_{6x} \\ \Delta_{6y} \\ \Theta_6 \\ \dots \\ \Delta_{8x} \\ \Delta_{8y} \\ \Theta_8 \end{bmatrix}_{15 \times 1}$$

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 1
CÁLCULO MATRICIAL
PANDEO DE PÓRTICOS EN SU PLANO

FORMATO: A4
ESCALA: 1/300

PLANO Nº: CE-AP1-14

APÉNDICE 1

CÁLCULO MATRICIAL PANDEO PÓRTICOS EN SU PLANO

2.- CÁLCULOS PARA PANDEO TRASLACIONAL DINTELES

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 1 CÁLCULO MATRICIAL PANDEO DE PÓRTICOS EN SU PLANO	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text" value="1/300"/>	<u>PLANO Nº :</u> CE-AP1-15

APÉNDICE 1

CÁLCULO MATRICIAL PANDEO PÓRTICOS EN SU PLANO

2.- CÁLCULOS PARA PANDEO TRASLACIONAL DINTELES

2.1. LISTADO PROGRAMA MARLAB

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 1 CÁLCULO MATRICIAL PANDEO DE PÓRTICOS EN SU PLANO	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text" value="1/300"/>	<u>PLANO Nº :</u> CE-AP1-16



```
% CALCULO PANDEO TRASLACIONAL DINTELES. ESTRUCTURA DE 8 NUDOS
% *****
% Las variables a introducir por el usuario sólo son los axiles relativos
%*****
clc;home
% DATOS MATERIAL. ACERO
E=2.1e8 ;% en KN/m2
% *****
% DATOS COORDENADAS NUDOS en m
x1=0;y1=0; % nudo 1
x2=0;y2=13.11; % nudo 2
x3=31.04;y3=15.62; % nudo 3
x4=62.08;y4=0; % nudo 4
x5=62.08;y5=13.11; % nudo 5
x6=87.32;y6=15.62; % nudo 6
x7=112.56;y7=0; % nudo 7
x8=112.56;y8=13.11; % nudo 8
% *****
% CALCULO LONGITUD BARRAS EN m
L12=sqrt((x2-x1)^2+(y2-y1)^2); % barra 1-2
L23=sqrt((x3-x2)^2+(y3-y2)^2); % barra 2-3
L35=sqrt((x5-x3)^2+(y5-y3)^2); % barra 3-5
L45=sqrt((x5-x4)^2+(y5-y4)^2); % barra 4-5
L56=sqrt((x6-x5)^2+(y6-y5)^2); % barra 5-6
L68=sqrt((x8-x6)^2+(y8-y6)^2); % barra 6-8
L78=sqrt((x8-x7)^2+(y8-y7)^2); % barra 7-8
% *****
% CALCULO COSENOS Y SENOS DIRECTOES BARRAS
co12=(x1-x2)/L12;se12=(y1-y2)/L12; % barra 1-2
co23=(x2-x3)/L23;se23=(y2-y3)/L23; % barra 2-3
co35=(x3-x5)/L35;se35=(y3-y5)/L35; % barra 3-5
co45=(x4-x5)/L45;se45=(y4-y5)/L45; % barra 4-5
co56=(x5-x6)/L56;se56=(y5-y6)/L56; % barra 5-6
co68=(x6-x8)/L68;se68=(y6-y8)/L68; % barra 6-8
co78=(x7-x8)/L78;se78=(y7-y8)/L78; % barra 7-8
% *****
% MATRICES DE CAMBIO DE BASE
T12=[co12 se12 0;-se12 co12 0;0 0 1];T21=[-co12 -se12 0;se12 -co12 0;0 0 1]; % barra 1-2
T23=[co23 se23 0;-se23 co23 0;0 0 1];T32=[-co23 -se23 0;se23 -co23 0;0 0 1]; % barra 2-3
T35=[co35 se35 0;-se35 co35 0;0 0 1];T53=[-co35 -se35 0;se35 -co35 0;0 0 1]; % barra 3-5
T45=[co45 se45 0;-se45 co45 0;0 0 1];T54=[-co45 -se45 0;se45 -co45 0;0 0 1]; % barra 4-5
T56=[co56 se56 0;-se56 co56 0;0 0 1];T65=[-co56 -se56 0;se56 -co56 0;0 0 1]; % barra 5-6
T68=[co68 se68 0;-se68 co68 0;0 0 1];T86=[-co68 -se68 0;se68 -co68 0;0 0 1]; % barra 6-8
T78=[co78 se78 0;-se78 co78 0;0 0 1];T87=[-co78 -se78 0;se78 -co78 0;0 0 1]; % barra 7-8
% *****
% DATOS MECANICOS DE LAS BARRAS a en m2 , I en m4
a12=5.714e-2;I12=8.747e-3; % barra 1-2
a23=5.341e-2;I23=8.133e-3; % barra 2-3
a35=5.341e-2;I35=8.133e-3; % barra 3-5
```



```
a45=4.372e-2;I45=6.450e-3; % barra 4-5
a56=4.943e-2;I56=7.417e-3; % barra 5-6
a68=4.943e-2;I68=7.417e-3; % barra 6-8
a78=5.714e-2;I78=8.747e-3; % barra 7-8
% *****
% CALCULO PARAMETROS MECANICOS DE LAS BARRAS
ep12=E*a12/L12;ro12=12*E*I12/(L12^3);ka12=6*E*I12/(L12^2);mu12=2*E*I12/L12; % barra 1-2
ep23=E*a23/L23;ro23=12*E*I23/(L23^3);ka23=6*E*I23/(L23^2);mu23=2*E*I23/L23; % barra 2-3
ep35=E*a35/L35;ro35=12*E*I35/(L35^3);ka35=6*E*I35/(L35^2);mu35=2*E*I35/L35; % barra 3-5
ep45=E*a45/L45;ro45=12*E*I45/(L45^3);ka45=6*E*I45/(L45^2);mu45=2*E*I45/L45; % barra 4-5
ep56=E*a56/L56;ro56=12*E*I56/(L56^3);ka56=6*E*I56/(L56^2);mu56=2*E*I56/L56; % barra 5-6
ep68=E*a68/L68;ro68=12*E*I68/(L68^3);ka68=6*E*I68/(L68^2);mu68=2*E*I68/L68; % barra 6-8
ep78=E*a78/L78;ro78=12*E*I78/(L78^3);ka78=6*E*I78/(L78^2);mu78=2*E*I78/L78; % barra 7-8
% *****
% CALCULO MATRICES DE RIGIDEZ PRIMER ORDEN DE LAS BARRAS EN EJES LOCALES ko
ko112=[ep12 0 0;0 ro12 -ka12;0 -ka12 2*mu12];ko12=[ep12 0 0;0 ro12 -ka12;0 -ka12
mu12];ko21=ko12;ko221=ko112; % barra 1-2
ko223=[ep23 0 0;0 ro23 -ka23;0 -ka23 2*mu23];ko23=[ep23 0 0;0 ro23 -ka23;0 -ka23
mu23];ko32=ko23;ko332=ko223; % barra 2-3
ko335=[ep35 0 0;0 ro35 -ka35;0 -ka35 2*mu35];ko35=[ep35 0 0;0 ro35 -ka35;0 -ka35
mu35];ko53=ko35;ko553=ko335; % barra 3-5
ko445=[ep45 0 0;0 ro45 -ka45;0 -ka45 2*mu45];ko45=[ep45 0 0;0 ro45 -ka45;0 -ka45
mu45];ko54=ko45;ko554=ko445; % barra 4-5
ko556=[ep56 0 0;0 ro56 -ka56;0 -ka56 2*mu56];ko56=[ep56 0 0;0 ro56 -ka56;0 -ka56
mu56];ko65=ko56;ko665=ko556; % barra 5-6
ko668=[ep68 0 0;0 ro68 -ka68;0 -ka68 2*mu68];ko68=[ep68 0 0;0 ro68 -ka68;0 -ka68
mu68];ko86=ko68;ko886=ko668; % barra 6-8
ko778=[ep78 0 0;0 ro78 -ka78;0 -ka78 2*mu78];ko78=[ep78 0 0;0 ro78 -ka78;0 -ka78
mu78];ko87=ko78;ko887=ko778; % barra 7-8
% *****
% CALCULO MATRICES KO DE RIGIDEZ PRIMER ORDEN DE LAS BARRAS EN EJES GENERALES
KO112=T12'*ko112*T12;KO12=T12'*ko12*T21;KO21=T21'*ko21*T12;KO221=T21'*ko221*T21; % barra 1-2
KO223=T23'*ko223*T23;KO23=T23'*ko23*T32;KO32=T32'*ko32*T23;KO332=T32'*ko332*T32; % barra 2-3
KO335=T35'*ko335*T35;KO35=T35'*ko35*T53;KO53=T53'*ko53*T35;KO553=T53'*ko553*T53; % barra 3-5
KO445=T45'*ko445*T45;KO45=T45'*ko45*T54;KO54=T54'*ko54*T45;KO554=T54'*ko554*T54; % barra 4-5
KO556=T56'*ko556*T56;KO56=T56'*ko56*T65;KO65=T65'*ko65*T56;KO665=T65'*ko665*T65; % barra 5-6
KO668=T68'*ko668*T68;KO68=T68'*ko68*T86;KO86=T86'*ko86*T68;KO886=T86'*ko886*T86; % barra 6-8
KO778=T78'*ko778*T78;KO78=T78'*ko78*T87;KO87=T87'*ko87*T78;KO887=T87'*ko887*T87; % barra 7-8
% *****
% MATRIZ DE RIGIDEZ COMPLETA KOC DE PRIMER ORDEN DE LA ESTRUCTURA EN E. GEN
% ES UNA MATRIZ DE 8 FILAS Y 8 COLUMNAS, CADA ELEMENTO SUBMATRIZ 3x3
% LA MATRIZ KOC ES UNA MATRIZ DE 24x24 ELEMENTOS ESCALARES
% LA DESARROLLAMOS POR FILAS-SUBMATRICES. CADA FILA KOCm m=1-8
% COMO NOS VAN A HACER FALTA MATRICES DE CEROS, LOS DEFINIMOS
% MATRICES DE CEROS
O3=zeros(3);O6=zeros(3,6);O9=zeros(3,9);O12=zeros(3,12);O15=zeros(3,15);O18=zeros(3,18);%
matrices de ceros
% FILAS DE KOC. 8 FILAS DE SUBMATRICES 3x24
KOC1=[KO112 KO12 O18];
```



```
KOC2=[K021 K0221+K0223 K023 O15];
KOC3=[O3 K032 K0332+K0335 O3 K035 O9];
KOC4=[O9 K0445 K045 O9];
KOC5=[O6 K053 K054 K0553+K0554+K0556 K056 O6];
KOC6=[O12 K065 K0665+K0668 O3 K068];
KOC7=[O18 K0778 K078];
KOC8=[O15 K086 K087 K0886+K0887];
% MATRIZ KOC MATRIZ RIGIDEZ COMPLETA DE LA ESTRUCTURA PRIMER ORDEN
KOC=[KOC1;KOC2;KOC3;KOC4;KOC5;KOC6;KOC7;KOC8];
% *****
% *****
% MATRICES DE RIGIDEZ GEOMETRICA kg DE LAS BARRAS EN EJES LOCALES
% PRIMERO LAS CALCULAMOS COMO SI TODAS LAS BARRAS TUVIERAN fi=1
% despues pediremos al usuario que introduzaca el fi de cada barra
% barra 1-2
kg112=(1/(30*L12))*[0 0 0;0 36 -3*L12;0 -3*L12 4*L12^2];
kg12=(1/(30*L12))*[0 0 0;0 36 -3*L12;0 -3*L12 -L12^2];
kg21=kg12;kg221=kg112;
% barra 2-3
kg223=(1/(30*L23))*[0 0 0;0 36 -3*L23;0 -3*L23 4*L23^2];
kg23=(1/(30*L23))*[0 0 0;0 36 -3*L23;0 -3*L23 -L23^2];
kg32=kg23;kg332=kg223;
% barra 3-5
kg335=(1/(30*L35))*[0 0 0;0 36 -3*L35;0 -3*L35 4*L35^2];
kg35=(1/(30*L35))*[0 0 0;0 36 -3*L35;0 -3*L35 -L35^2];
kg53=kg35;kg553=kg335;
% barra 4-5
kg445=(1/(30*L45))*[0 0 0;0 36 -3*L45;0 -3*L45 4*L45^2];
kg45=(1/(30*L45))*[0 0 0;0 36 -3*L45;0 -3*L45 -L45^2];
kg54=kg45;kg554=kg445;
% barra 5-6
kg556=(1/(30*L56))*[0 0 0;0 36 -3*L56;0 -3*L56 4*L56^2];
kg56=(1/(30*L56))*[0 0 0;0 36 -3*L56;0 -3*L56 -L56^2];
kg65=kg56;kg665=kg556;
% barra 6-8
kg668=(1/(30*L68))*[0 0 0;0 36 -3*L68;0 -3*L68 4*L68^2];
kg68=(1/(30*L68))*[0 0 0;0 36 -3*L68;0 -3*L68 -L68^2];
kg86=kg68;kg886=kg668;
% barra 7-8
kg778=(1/(30*L78))*[0 0 0;0 36 -3*L78;0 -3*L78 4*L78^2];
kg78=(1/(30*L78))*[0 0 0;0 36 -3*L78;0 -3*L78 -L78^2];
kg87=kg78;kg887=kg778;
% *****
% MATRICES DE RIGIDEZ GEOMETRICA KG DE LAS BARRAS EN EJES GENERALES
% Calculamos todas las matrices con fi=1 para todas las barras
KG112=T12'*kg112*T12;KG12=T12'*kg12*T21;KG21=T21'*kg21*T12;KG221=T21'*kg221*T21; % barra 1-2
KG223=T23'*kg223*T23;KG23=T23'*kg23*T32;KG32=T32'*kg32*T23;KG332=T32'*kg332*T32; % barra 2-3
KG335=T35'*kg335*T35;KG35=T35'*kg35*T53;KG53=T53'*kg53*T35;KG553=T53'*kg553*T53; % barra 3-5
KG445=T45'*kg445*T45;KG45=T45'*kg45*T54;KG54=T54'*kg54*T45;KG554=T54'*kg554*T54; % barra 4-5
```



```

KG556=T56'*kg556*T56;KG56=T56'*kg56*T65;KG65=T65'*kg65*T56;KG665=T65'*kg665*T65; % barra 5-6
KG668=T68'*kg668*T68;KG68=T68'*kg68*T86;KG86=T86'*kg86*T68;KG886=T86'*kg886*T86; % barra 6-8
KG778=T78'*kg778*T78;KG78=T78'*kg78*T87;KG87=T87'*kg87*T78;KG887=T87'*kg887*T87; % barra 7-8
% *****
% MATRIZ DE RIGIDEZ GEOMETRICA COMPLETA KGC DE PRIMER ORDEN DE LA ESTRUCTURA EN E. GEN
% Antes de ensamblar la matriz de rigidez geometrica, debemos aplicar el
% axil relativo a cada barra, fiab
disp('*****')
disp('COEFCIENTES DE AXILES RELATIVOS DE CADA BARRA')
disp('*****')
disp(' ');disp(' ')
disp('Los coeficientes fi deben ser valores entre 0 y 1')
disp('Son positivos si el axil de la barra es de compresión')
disp(' ');disp(' ')
fi12=input('fi Barra 1-2:');
fi23=input('fi Barra 2-3:');
fi35=input('fi Barra 3-5:');
fi45=input('fi Barra 4-5:');
fi56=input('fi Barra 5-6:');
fi68=input('fi Barra 6-8:');
fi78=input('fi Barra 7-8:');
% ahora multiplicamos las matrices geometricas en ejes generales que
% habiamos calculado por el valor fi introducido
KG112=fi12*KG112;KG12=fi12*KG12;KG21=fi12*KG21;KG221=fi12*KG221;% BARRA 1-2
KG223=fi23*KG223;KG23=fi23*KG23;KG32=fi23*KG32;KG332=fi23*KG332;% BARRA 2-3
KG335=fi35*KG335;KG35=fi35*KG35;KG53=fi35*KG53;KG553=fi35*KG553;% BARRA 3-5
KG445=fi45*KG445;KG45=fi45*KG45;KG54=fi45*KG54;KG554=fi45*KG554;% BARRA 4-5
KG556=fi56*KG556;KG56=fi56*KG56;KG65=fi56*KG65;KG665=fi56*KG665;% BARRA 5-6
KG668=fi68*KG668;KG68=fi68*KG68;KG86=fi68*KG86;KG886=fi68*KG886;% BARRA 6-8
KG778=fi78*KG778;KG78=fi78*KG78;KG87=fi78*KG87;KG887=fi78*KG887;% BARRA 7-8
% FILAS DE KGC. 8 FILAS DE SUBMATRICES 3x24
KGC1=[KG112 KG12 O18];
KGC2=[KG21 KG221+KG223 KG23 O15];
KGC3=[O3 KG32 KG332+KG335 O3 KG35 O9];
KGC4=[O9 KG445 KG45 O9];
KGC5=[O6 KG53 KG54 KG553+KG554+KG556 KG56 O6];
KGC6=[O12 KG65 KG665+KG668 O3 KG68];
KGC7=[O18 KG778 KG78];
KGC8=[O15 KG86 KG87 KG886+KG887];
% MATRIZ KGC MATRIZ RIGIDEZ GEOMETRICA COMPLETA DE LA ESTRUCTURA
KGC=[KGC1;KGC2;KGC3;KGC4;KGC5;KGC6;KGC7;KGC8];
% *****
% *****
% CASO 1: PANDEO TRASLACIONAL. Desplazamientos y giros nulos en nudos 1,4,7
% Definimos para este caso el vector VT que extrae los coeficientes de K
% para este caso se definen KORT y KGRT - T de traslacional
% MATRICES DE RIGIDEZ REDUCIDAS
% Se eliminan las filas y columnas correspondientes a los grados de
% libertad conocidos

```



```
% *****  
VT=[4 5 6 7 8 9 13 14 15 16 17 18 22 23 24];  
KORT=KOC(VT,VT);  
KGRT=KGC(VT,VT);  
% MATRIZ CARACTERISTICA DT DEL SISTEMA  
DT=inv(KORT)*KGRT;  
% AUTOVALORES DE DT  
AUTOVT=eig(DT);  
[NLcrit,post]=max(AUTOVT);Ncrit=1/NLcrit;  
% Dinteles 2-3 y 3-5 Nave BC  
Ncrit23=fi23*Ncrit;Lcrit23=pi*sqrt(E*I23/(fi23*Ncrit));betaT23=Lcrit23/L23;  
% Dinteles 5-6 y 6-8 Nave AB  
Ncrit56=fi56*Ncrit;Lcrit56=pi*sqrt(E*I56/(fi56*Ncrit));betaT56=Lcrit56/L56;  
disp('*****')  
disp(' DINTELES ** PANDEO TRASLACIONAL EN EL PLANO DEL PORTICO **')  
disp('El axil crítico de pandeo en KN es,Ncrit=');disp(Ncrit)  
disp('El axil critico en KN de las barras 2-3 y 3-5 es');disp(Ncrit23)  
disp('La longitud crítica en m de las barras 2-3 y 3-5 es');disp(Lcrit23)  
disp('El coeficiente beta de pandeo de las barras 2-3 y 3-5 es:');disp(betaT23)  
disp('El axil critico en KN de las barras 5-6 y 6-8 es');disp(Ncrit56)  
disp('La longitud crítica en m de las barras 5-6 y 6-8 es');disp(Lcrit56)  
disp('El coeficiente beta de pandeo de las barras 5-6 y 6-8 es:');disp(betaT56)
```

APÉNDICE 1

CÁLCULO MATRICIAL PANDEO PÓRTICOS EN SU PLANO

2.- CÁLCULOS PARA PANDEO TRASLACIONAL DINTELES

2.2. RESULTADOS

Análisis según combinación de valores de ξ_{ab}

Matrices de rigidez de "primer orden" de cada barra. $\overset{0}{\mathbf{k}}_{ab}$ $\overset{0}{\mathbf{K}}_{ab}$

Para CALC C2I comb 61:

Matrices de rigidez geométrica de cada barra $\overset{G}{\mathbf{k}}_{ab}$ $\overset{G}{\mathbf{K}}_{ab}$

Matriz de rigidez reducida $\overset{0}{\mathbf{K}}$

Matriz de rigidez geométrica reducida $\overset{G}{\mathbf{K}}^*$

Matriz característica del sistema $\overline{\mathbf{D}}^*$

Autovalores

N_{crit}

$N_{crit,ab}$

$L_{ab,crit}$

β_{ab}

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO:

APÉNDICE 1
CÁLCULO MATRICIAL
PANDEO DE PÓRTICOS EN SU PLANO

FORMATO : A4

ESCALA: 1/300

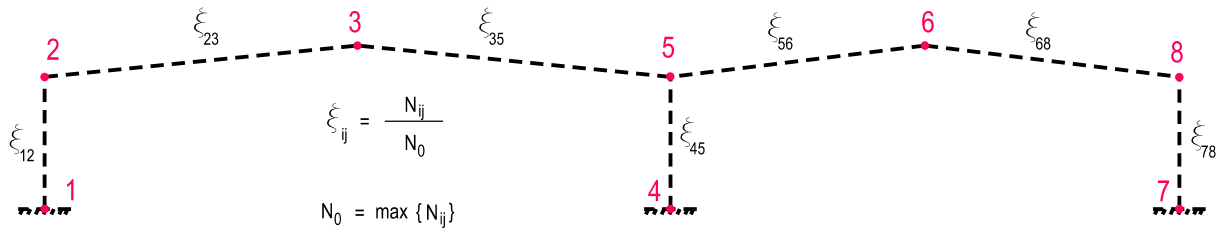
PLANO Nº :

CE-AP1-22

CÁLCULO COEFICIENTE β DE PANDEO TRASLACIONAL DIENTES EN EL PLANO DEL PÓRICO

SEGÚN COMBINACIONES DE ξ_{ij}

(con programa matricial MATLAB)



BARRA ij	ξ_{ij}							
	CALC C2I Comb Nº61	CALC C2I Comb Nº70	CALC C2I Comb Nº56	CALC C1V Comb Nº26				
1-2	0,69	0,64	0,65	0,69	0	0	0	1
2-3	0,68	0,60	0,62	0,68	1	1	1	1
3-5	0,68	0,60	0,62	0,68	1	1	1	1
4-5	1	1	1	1	0	0	0	1
5-6	0,45	0,43	0,44	0,60	0	0,7	0,9	1
6-8	0,45	0,43	0,44	0,60	0	0,7	0,9	1
7-8	0,54	0,53	0,54	0,64	0	0	0	1
$N_{crit_{2-3-5}}$ (KN)	17.493	17.365	17.393	17.231	18.358	18.016	17.781	17.181
β_{2-3-5}	0,9968	1,0005	0,9997	1,0044	0,9730	0,9822	0,9887	1,0058
$N_{crit_{5-6-8}}$ (KN)	11.576	12.445	12.343	15.204	-	12.611	16.003	17.181
β_{5-6-8}	1,4367	1,3857	1,3913	1,2536	-	1,3765	1,2219	1,2793
N_{crit} (KN)	25.725	28.941	28.053	25.339	18.358	18.016	17.781	17.181
N_0 (KN)	1.154	1.208	1.201	808	-	-	-	-
α_{crit}	22,29	23,96	23,36	31,36	-	-	-	-

VALORES ADOPTADOS:

$$N_{crit_{2-3-5}} \text{ (KN)} = 17.231 \quad \beta_{2-3-5} = 1$$

$$N_{crit_{5-6-8}} \text{ (KN)} = 11.576 \quad \beta_{5-6-8} = 1,44$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APENDICE 1
CALCULO MATRICIAL
PANDEO DE PORTICOS EN SU PLANO

FORMATO: A4

ESCALA:

1/750

PLANO Nº:

CE-AP1-23



CÁLCULO MATRICIAL PANDEO DINTELES* ξ_{ab} obtenidos de CALC C2I COMBINACION 61

1.- DATOS MATERIAL:

E (KN/m²)= 2,1E+08

2.- BARRA 1-2: PILAR HL 920x449

COORDENADAS NUDO a		COORDENADAS NUDO b		LONGITUD	Cos (α_{ab})	Sen (α_{ab})
Xa (m)	Ya(m)	Xb (m)	Yb(m)	Lab (m)		
0	0	0	13,11	13,11	0	-1

AREA	MOM INER				
Aab (m ²)	Iab (m ⁴)	ϵ_{ab} (KN/m ²)	ρ_{ab} (KN/m ²)	κ_{ab} (KN)	μ_{ab} (KN.m)
5,714E-02	8,747E-03	9,153E+05	9,783E+03	6,412E+04	2,802E+05

AXIL
ξ_{ab} (KN/KN)
0,69

MATRICES DE CAMBIO DE BASE

$$\mathbf{T}_{12} = \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{T}_{21} = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

MATRICES DE RIGIDEZ PRIMER ORDEN EN EJES LOCALES

$$\mathbf{k}_{O112} = \begin{vmatrix} 9,153E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 9,783E+03 & -6,412E+04 \\ 0,000E+00 & -6,412E+04 & 5,604E+05 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{O12} = \begin{vmatrix} 9,153E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 9,783E+03 & -6,412E+04 \\ 0,000E+00 & -6,412E+04 & 2,802E+05 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{O21} = \begin{vmatrix} 9,153E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 9,783E+03 & -6,412E+04 \\ 0,000E+00 & -6,412E+04 & 2,802E+05 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{O221} = \begin{vmatrix} 9,153E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 9,783E+03 & -6,412E+04 \\ 0,000E+00 & -6,412E+04 & 5,604E+05 \end{vmatrix}$$

MATRICES DE RIGIDEZ GEOMÉTRICAS EN EJES LOCALES

$$\mathbf{k}_{G*112} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 6,316E-02 & -6,900E-02 \\ 0,000E+00 & -6,900E-02 & 1,206E+00 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{G*12} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 6,316E-02 & -6,900E-02 \\ 0,000E+00 & -6,900E-02 & -3,015E-01 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{G*21} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 6,316E-02 & -6,900E-02 \\ 0,000E+00 & -6,900E-02 & -3,015E-01 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{G*221} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 6,316E-02 & -6,900E-02 \\ 0,000E+00 & -6,900E-02 & 1,206E+00 \end{vmatrix}$$

**MATRICES DE RIGIDEZ PRIMER ORDEN EN EJES GLOBALES**

$$\mathbf{K}_{O112} = 1,0E+05 \begin{vmatrix} 0,0602 & 0,0000 & -0,4641 \\ 0,0000 & 7,7868 & 0,0000 \\ -0,4641 & 0,0000 & 0,1205 \end{vmatrix} \quad \mathbf{K}_{O12} = 1,0E+05 \begin{vmatrix} -0,0602 & 0,0000 & -0,4641 \\ 0,0000 & -7,8680 & 0,0000 \\ 0,4641 & 0,0000 & 2,3840 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{K}_{O21} = 1,0E+05 \begin{vmatrix} -0,0602 & 0,0000 & 0,4641 \\ 0,0000 & -7,8680 & 0,0000 \\ -0,4641 & 0,0000 & 2,3840 \end{vmatrix} \quad \mathbf{K}_{O221} = 1,0E+05 \begin{vmatrix} 0,0602 & 0,0000 & 0,4641 \\ 0,0000 & 7,7868 & 0,0000 \\ 0,4641 & 0,0000 & 0,1205 \end{vmatrix}$$

MATRICES DE RIGIDEZ GEOMÉTRICA EN EJES GLOBALES

$$\mathbf{K}_{G^*112} = 0,0E+00 \begin{vmatrix} 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \end{vmatrix} \quad \mathbf{K}_{G^*12} = 0,0E+00 \begin{vmatrix} 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{K}_{G^*21} = 0,0E+00 \begin{vmatrix} 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & -7,8680 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \end{vmatrix} \quad \mathbf{K}_{G^*221} = 0,0E+00 \begin{vmatrix} 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \end{vmatrix}$$



3.- BARRA 7-8: PILAR HL 920x449

COORDENADAS NUDO a		COORDENADAS NUDO b		LONGITUD	Cos (αab)	Sen (αab)
Xa (m)	Ya(m)	Xb (m)	Yb(m)	Lab (m)		
112,56	0	112,56	13,11	13,11	0	-1

AREA	MOM INER					AXIL
Aab (m2)	Iab (m4)	εab (KN/m2)	ρab (KN/m2)	κab (KN)	μab (KN.m)	ξab (KN/KN)
5,714E-02	8,747E-03	9,153E+05	9,783E+03	6,412E+04	2,802E+05	0,54

MATRICES DE CAMBIO DE BASE

$$\mathbf{T}_{78} = \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \qquad \mathbf{T}_{87} = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

MATRICES DE RIGIDEZ PRIMER ORDEN EN EJES LOCALES

$$\mathbf{k}_{O778} = \begin{vmatrix} 9,153E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 9,783E+03 & -6,412E+04 \\ 0,000E+00 & -6,412E+04 & 5,604E+05 \end{vmatrix} \qquad \mathbf{k}_{O78} = \begin{vmatrix} 9,153E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 9,783E+03 & -6,412E+04 \\ 0,000E+00 & -6,412E+04 & 2,802E+05 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{O87} = \begin{vmatrix} 9,153E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 9,783E+03 & -6,412E+04 \\ 0,000E+00 & -6,412E+04 & 2,802E+05 \end{vmatrix} \qquad \mathbf{k}_{O887} = \begin{vmatrix} 9,153E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 9,783E+03 & -6,412E+04 \\ 0,000E+00 & -6,412E+04 & 5,604E+05 \end{vmatrix}$$

MATRICES DE RIGIDEZ GEOMÉTRICAS EN EJES LOCALES

$$\mathbf{k}_{G^*778} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 4,943E-02 & -5,400E-02 \\ 0,000E+00 & -5,400E-02 & 9,439E-01 \end{vmatrix} \qquad \mathbf{k}_{G^*78} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 4,943E-02 & -5,400E-02 \\ 0,000E+00 & -5,400E-02 & -2,360E-01 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{G^*87} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 4,943E-02 & -5,400E-02 \\ 0,000E+00 & -5,400E-02 & -2,360E-01 \end{vmatrix} \qquad \mathbf{k}_{G^*887} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 4,943E-02 & -5,400E-02 \\ 0,000E+00 & -5,400E-02 & 9,439E-01 \end{vmatrix}$$



MATRICES DE RIGIDEZ PRIMER ORDEN EN EJES GLOBALES

KO778=	1,0E+05	0,0602	0,0000	-0,4641	KO78=	1,0E+05	-0,0602	0,0000	-0,4641
		0,0000	7,7868	0,0000			0,0000	-7,8680	0,0000
		-0,4641	0,0000	0,1205			0,4641	0,0000	2,3840
KO87=	1,0E+05	-0,0602	0,0000	0,4641	KO887=	1,0E+05	0,0602	0,0000	0,4641
		0,0000	-7,8680	0,0000			0,0000	7,7868	0,0000
		-0,4641	0,0000	2,3840			0,4641	0,0000	0,1205

MATRICES DE RIGIDEZ GEOMÉTRICA EN EJES GLOBALES

KG*778=	0,0E+00	0,0000	0,0000	0,0000	KG*78=	0,0E+00	0,0000	0,0000	0,0000
		0,0000	0,0000	0,0000			0,0000	0,0000	0,0000
		0,0000	0,0000	0,0000			0,0000	0,0000	0,0000
KG*87=	0,0E+00	0,0000	0,0000	0,0000	KG*887=	0,0E+00	0,0000	0,0000	0,0000
		0,0000	0,0000	0,0000			0,0000	0,0000	0,0000
		0,0000	0,0000	0,0000			0,0000	0,0000	0,0000



4.- BARRA 4-5: PILAR HL 920x345

COORDENADAS NUDO a		COORDENADAS NUDO b		LONGITUD	Cos (α_{ab})	Sen (α_{ab})
Xa (m)	Ya(m)	Xb (m)	Yb(m)	Lab (m)		
62,08	0	62,08	13,11	13,11	0	-1

AREA	MOM INER					AXIL
Aab (m2)	Iab (m4)	ϵ_{ab} (KN/m2)	ρ_{ab} (KN/m2)	κ_{ab} (KN)	μ_{ab} (KN.m)	ξ_{ab} (KN/KN)
4,372E-02	6,450E-03	7,003E+05	7,214E+03	4,729E+04	2,066E+05	1

MATRICES DE CAMBIO DE BASE

$$\mathbf{T}_{45} = \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \qquad \mathbf{T}_{54} = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

MATRICES DE RIGIDEZ PRIMER ORDEN EN EJES LOCALES

$$\mathbf{k}_{O445} = \begin{vmatrix} 7,003E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 7,214E+03 & -4,729E+04 \\ 0,000E+00 & -4,729E+04 & 4,133E+05 \end{vmatrix} \qquad \mathbf{k}_{O45} = \begin{vmatrix} 7,003E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 7,214E+03 & -4,729E+04 \\ 0,000E+00 & -4,729E+04 & 2,066E+05 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{O54} = \begin{vmatrix} 7,003E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 7,214E+03 & -4,729E+04 \\ 0,000E+00 & -4,729E+04 & 2,066E+05 \end{vmatrix} \qquad \mathbf{k}_{O554} = \begin{vmatrix} 7,003E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 7,214E+03 & -4,729E+04 \\ 0,000E+00 & -4,729E+04 & 4,133E+05 \end{vmatrix}$$

MATRICES DE RIGIDEZ GEOMÉTRICAS EN EJES LOCALES

$$\mathbf{k}_{G^*445} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 9,153E-02 & -1,000E-01 \\ 0,000E+00 & -1,000E-01 & 1,748E+00 \end{vmatrix} \qquad \mathbf{k}_{G^*45} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 9,153E-02 & -1,000E-01 \\ 0,000E+00 & -1,000E-01 & -4,370E-01 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{G^*54} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 9,153E-02 & -1,000E-01 \\ 0,000E+00 & -1,000E-01 & -4,370E-01 \end{vmatrix} \qquad \mathbf{k}_{G^*554} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 9,153E-02 & -1,000E-01 \\ 0,000E+00 & -1,000E-01 & 1,748E+00 \end{vmatrix}$$



MATRICES DE RIGIDEZ PRIMER ORDEN EN EJES GLOBALES

KO445=	1,0E+05	0,0446	0,0000	-0,3438	KO45=	1,0E+05	-0,0446	0,0000	-0,3435
		0,0000	5,9579	0,0000			0,0000	-5,9579	0,0000
		-0,3458	0,0000	0,0892			0,3438	0,0000	1,7661
KO54=	1,0E+05	-0,0446	0,0000	0,3435	KO554=	1,0E+05	0,0446	0,0000	0,3438
		0,0000	-5,9579	0,0000			0,0000	5,9579	0,0000
		-0,3438	0,0000	1,7661			0,3458	0,0000	0,0892

MATRICES DE RIGIDEZ GEOMÉTRICA EN EJES GLOBALES

KG*445=	0,0E+00	0,0000	0,0000	0,0000	KG*45=	0,0E+00	0,0000	0,0000	0,0000
		0,0000	0,0000	0,0000			0,0000	0,0000	0,0000
		0,0000	0,0000	0,0000			0,0000	0,0000	0,0000
KG*54=	0,0E+00	0,0000	0,0000	0,0000	KG*554=	0,0E+00	0,0000	0,0000	0,0000
		0,0000	0,0000	0,0000			0,0000	0,0000	0,0000
		0,0000	0,0000	0,0000			0,0000	0,0000	0,0000



5.- BARRA 2-3: DINTEL HL 920x420

COORDENADAS NUDO a		COORDENADAS NUDO b		LONGITUD	Cos (α_{ab})	Sen (α_{ab})
Xa (m)	Ya(m)	Xb (m)	Yb(m)	Lab (m)		
0	13,11	31,04	15,62	31,2	-0,99487179	-0,08044872

AREA	MOM INER					AXIL
Aab (m2)	Iab (m4)	ϵ_{ab} (KN/m2)	ρ_{ab} (KN/m2)	κ_{ab} (KN)	μ_{ab} (KN.m)	ξ_{ab} (KN/KN)
5,341E-02	8,133E-03	3,595E+05	6,748E+02	1,053E+04	1,095E+05	0,68

MATRICES DE CAMBIO DE BASE

$$\mathbf{T}_{23} = \begin{vmatrix} -0,9948718 & -0,08044872 & 0 \\ 0,08044872 & -0,99487179 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad \mathbf{T}_{32} = \begin{vmatrix} 0,994871795 & 0,080448718 & 0 \\ -0,08044872 & 0,994871795 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

MATRICES DE RIGIDEZ PRIMER ORDEN EN EJES LOCALES

$$\mathbf{k}_{O223} = \begin{vmatrix} 3,595E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 6,748E+02 & -1,053E+04 \\ 0,000E+00 & -1,053E+04 & 2,190E+05 \end{vmatrix} \quad \mathbf{k}_{O23} = \begin{vmatrix} 3,595E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 6,748E+02 & -1,053E+04 \\ 0,000E+00 & -1,053E+04 & 1,095E+05 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{O32} = \begin{vmatrix} 3,595E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 6,748E+02 & -1,053E+04 \\ 0,000E+00 & -1,053E+04 & 1,095E+05 \end{vmatrix} \quad \mathbf{k}_{O332} = \begin{vmatrix} 3,595E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 6,748E+02 & -1,053E+04 \\ 0,000E+00 & -1,053E+04 & 2,190E+05 \end{vmatrix}$$

MATRICES DE RIGIDEZ GEOMÉTRICAS EN EJES LOCALES

$$\mathbf{k}_{G^*223} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 2,615E-02 & -6,800E-02 \\ 0,000E+00 & -6,800E-02 & 2,829E+00 \end{vmatrix} \quad \mathbf{k}_{G^*23} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 2,615E-02 & -6,800E-02 \\ 0,000E+00 & -6,800E-02 & -7,072E-01 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{G^*32} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 2,615E-02 & -6,800E-02 \\ 0,000E+00 & -6,800E-02 & -7,072E-01 \end{vmatrix} \quad \mathbf{k}_{G^*332} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 2,615E-02 & -6,800E-02 \\ 0,000E+00 & -6,800E-02 & 2,829E+00 \end{vmatrix}$$



MATRICES DE RIGIDEZ PRIMER ORDEN EN EJES GLOBALES

$$\mathbf{K}_{O223=} \quad 1,0E+05 \quad \begin{vmatrix} 3,5582 & 0,3558 & -0,0105 \\ 0,3558 & 0,0424 & 0,1047 \\ -0,0105 & 0,1047 & 0,0135 \end{vmatrix} \quad \mathbf{K}_{O23=} \quad 1,0E+05 \quad \begin{vmatrix} -3,5582 & -0,3558 & -0,0105 \\ -0,3558 & -0,0424 & 0,1047 \\ 0,0105 & -0,1047 & 1,0948 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{K}_{O32=} \quad 1,0E+05 \quad \begin{vmatrix} -3,5582 & -0,3558 & 0,0105 \\ -0,3558 & -0,0424 & -0,1047 \\ -0,0105 & 0,1047 & 1,0948 \end{vmatrix} \quad \mathbf{K}_{O332=} \quad 1,0E+05 \quad \begin{vmatrix} 3,5582 & 0,3558 & 0,0105 \\ 0,3558 & 0,0424 & -0,1047 \\ 0,0105 & -0,1047 & 0,0135 \end{vmatrix}$$

MATRICES DE RIGIDEZ GEOMÉTRICA EN EJES GLOBALES

$$\mathbf{K}_{G*223=} \quad 1,0E+00 \quad \begin{vmatrix} 0,0004 & -0,0038 & -0,0100 \\ -0,0038 & 0,0381 & 0,0995 \\ -0,0100 & 0,0995 & 4,1600 \end{vmatrix} \quad \mathbf{K}_{G*23=} \quad 1,0E+00 \quad \begin{vmatrix} -0,0004 & 0,0038 & -0,0100 \\ 0,0038 & -0,0381 & 0,0995 \\ 0,0100 & -0,0995 & -1,0400 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{K}_{G*32=} \quad 1,0E+00 \quad \begin{vmatrix} -0,0004 & 0,0038 & 0,0100 \\ 0,0038 & -0,0381 & -0,0995 \\ -0,0100 & 0,0995 & -1,0400 \end{vmatrix} \quad \mathbf{K}_{G*332=} \quad 1,0E+00 \quad \begin{vmatrix} 0,0004 & -0,0038 & 0,0100 \\ -0,0038 & 0,0381 & -0,0995 \\ 0,0100 & -0,0995 & 4,1600 \end{vmatrix}$$



6.- BARRA 3-5: DINTEL HL 920x420

COORDENADAS NUDO a		COORDENADAS NUDO b		LONGITUD	Cos (α_{ab})	Sen (α_{ab})
Xa (m)	Ya(m)	Xb (m)	Yb(m)	Lab (m)		
31,04	15,62	62,08	13,11	31,2	-0,99487179	0,080448718

AREA	MOM INER					AXIL
Aab (m2)	Iab (m4)	eab (KN/m2)	pab (KN/m2)	kab (KN)	μab (KN.m)	ξab (KN/KN)
5,341E-02	8,133E-03	3,595E+05	6,748E+02	1,053E+04	1,095E+05	0,68

MATRICES DE CAMBIO DE BASE

$$\mathbf{T}_{35} = \begin{vmatrix} -0,9948718 & 0,080448718 & 0 \\ -0,0804487 & -0,99487179 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad \mathbf{T}_{53} = \begin{vmatrix} 0,994871795 & -0,080448718 & 0 \\ 0,080448718 & 0,994871795 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

MATRICES DE RIGIDEZ PRIMER ORDEN EN EJES LOCALES

$$\mathbf{k}_{O335} = \begin{vmatrix} 3,595E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 6,748E+02 & -1,053E+04 \\ 0,000E+00 & -1,053E+04 & 2,190E+05 \end{vmatrix} \quad \mathbf{k}_{O35} = \begin{vmatrix} 3,595E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 6,748E+02 & -1,053E+04 \\ 0,000E+00 & -1,053E+04 & 1,095E+05 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{O53} = \begin{vmatrix} 3,595E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 6,748E+02 & -1,053E+04 \\ 0,000E+00 & -1,053E+04 & 1,095E+05 \end{vmatrix} \quad \mathbf{k}_{O553} = \begin{vmatrix} 3,595E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 6,748E+02 & -1,053E+04 \\ 0,000E+00 & -1,053E+04 & 2,190E+05 \end{vmatrix}$$

MATRICES DE RIGIDEZ GEOMÉTRICAS EN EJES LOCALES

$$\mathbf{k}_{G335} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 2,615E-02 & -6,800E-02 \\ 0,000E+00 & -6,800E-02 & 2,829E+00 \end{vmatrix} \quad \mathbf{k}_{G35} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 2,615E-02 & -6,800E-02 \\ 0,000E+00 & -6,800E-02 & -7,072E-01 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{G53} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 2,615E-02 & -6,800E-02 \\ 0,000E+00 & -6,800E-02 & -7,072E-01 \end{vmatrix} \quad \mathbf{k}_{G553} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 2,615E-02 & -6,800E-02 \\ 0,000E+00 & -6,800E-02 & 2,829E+00 \end{vmatrix}$$

**MATRICES DE RIGIDEZ PRIMER ORDEN EN EJES GLOBALES**

KO335=	1,0E+05	3,5582	-0,3558	0,0105	KO35=	1,0E+05	-3,5582	0,3558	0,0105
		-0,3558	0,0424	0,1047			0,3558	-0,0424	0,1047
		0,0105	0,1047	0,0135			-0,0105	-0,1047	1,0948
KO53=	1,0E+05	-3,5582	0,3558	-0,0105	KO553=	1,0E+05	3,5582	-0,3558	-0,0105
		0,3558	-0,0424	-0,1047			-0,3558	0,0424	-0,1047
		0,0105	0,1047	1,0948			-0,0105	-0,1047	0,0135

MATRICES DE RIGIDEZ GEOMÉTRICA EN EJES GLOBALES

KG*335=	0,0E+00	0,0004	0,0038	0,0098	KG*35=	0,0E+00	-0,0004	-0,0038	0,0098
		0,0038	0,0375	0,0981			-0,0038	-0,0375	0,0981
		0,0098	0,0981	4,1005			-0,0098	-0,0981	-1,0251
KG*53=	0,0E+00	-0,0004	-0,0038	-0,0098	KG*553=	0,0E+00	0,0004	0,0038	-0,0098
		-0,0038	-0,0375	-0,0981			0,0038	0,0375	-0,0981
		0,0098	0,0981	-1,0251			-0,0098	-0,0981	4,1005



7.- BARRA 5-6: DINTEL HL 920x390

COORDENADAS NUDO a		COORDENADAS NUDO b		LONGITUD	Cos (α_{ab})	Sen (α_{ab})
Xa (m)	Ya(m)	Xb (m)	Yb(m)	Lab (m)		
62,08	13,11	87,32	15,62	25,43	-0,99252851	-0,09870232

AREA	MOM INER					AXIL
Aab (m2)	Iab (m4)	ϵ_{ab} (KN/m2)	ρ_{ab} (KN/m2)	κ_{ab} (KN)	μ_{ab} (KN.m)	ξ_{ab} (KN/KN)
4,943E-02	7,417E-03	4,082E+05	1,137E+03	1,445E+04	1,225E+05	0,45

MATRICES DE CAMBIO DE BASE

$$\mathbf{T}_{56} = \begin{vmatrix} -0,9925285 & -0,09870232 & 0 \\ 0,09870232 & -0,99252851 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad \mathbf{T}_{65} = \begin{vmatrix} 0,99252851 & 0,09870232 & 0 \\ -0,09870232 & 0,99252851 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

MATRICES DE RIGIDEZ PRIMER ORDEN EN EJES LOCALES

$$\mathbf{k}_{O556} = \begin{vmatrix} 4,082E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 1,137E+03 & -1,445E+04 \\ 0,000E+00 & -1,445E+04 & 2,450E+05 \end{vmatrix} \quad \mathbf{k}_{O56} = \begin{vmatrix} 4,082E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 1,137E+03 & -1,445E+04 \\ 0,000E+00 & -1,445E+04 & 1,225E+05 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{O65} = \begin{vmatrix} 4,082E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 1,137E+03 & -1,445E+04 \\ 0,000E+00 & -1,445E+04 & 1,225E+05 \end{vmatrix} \quad \mathbf{k}_{O665} = \begin{vmatrix} 4,082E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 1,137E+03 & -1,445E+04 \\ 0,000E+00 & -1,445E+04 & 2,450E+05 \end{vmatrix}$$

MATRICES DE RIGIDEZ GEOMÉTRICAS EN EJES LOCALES

$$\mathbf{k}_{G*556} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 2,123E-02 & -4,500E-02 \\ 0,000E+00 & -4,500E-02 & 1,526E+00 \end{vmatrix} \quad \mathbf{k}_{G*56} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 2,123E-02 & -4,500E-02 \\ 0,000E+00 & -4,500E-02 & -3,815E-01 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{k}_{G*65} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 2,123E-02 & -4,500E-02 \\ 0,000E+00 & -4,500E-02 & -3,815E-01 \end{vmatrix} \quad \mathbf{k}_{G*665} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 2,123E-02 & -4,500E-02 \\ 0,000E+00 & -4,500E-02 & 1,526E+00 \end{vmatrix}$$



MATRICES DE RIGIDEZ PRIMER ORDEN EN EJES GLOBALES

KO556=	1,0E+05	4,0213	0,4941	-0,0177	KO56=	1,0E+05	-4,0213	-0,4941	-0,0177
		0,4941	0,0722	0,1434			-0,4941	-0,0722	0,1434
		-0,0177	0,1434	0,0227			0,0177	-0,1434	1,2250
KO65=	1,0E+05	-4,0213	-0,4941	0,0177	KO665=	1,0E+05	4,0213	0,4941	0,0177
		-0,4941	-0,0722	-0,1434			0,4941	0,0722	-0,1434
		-0,0177	0,1434	1,2250			0,0177	-0,1434	0,0227

MATRICES DE RIGIDEZ GEOMÉTRICA EN EJES GLOBALES

KG*556=	0,0E+00	0,0005	-0,0037	-0,0080	KG*56=	0,0E+00	-0,0005	0,0037	-0,0080
		-0,0037	0,0304	0,0649			0,0037	-0,0304	0,0649
		-0,0080	0,0649	2,2165			0,0080	-0,0649	-0,5541
KG*65=	0,0E+00	-0,0005	0,0037	0,0080	KG*665=	0,0E+00	0,0005	-0,0037	0,0080
		0,0037	-0,0304	-0,0649			-0,0037	0,0304	-0,0649
		-0,0080	0,0649	-0,5541			0,0080	-0,0649	2,2165



8.- BARRA 6-8: DINTEL HL 920x390

COORDENADAS NUDO a		COORDENADAS NUDO b		LONGITUD	Cos (α_{ab})	Sen (α_{ab})
Xa (m)	Ya(m)	Xb (m)	Yb(m)	Lab (m)		
87,32	15,62	112,56	13,11	25,43	-0,99252851	0,09870232

AREA	MOM INER					AXIL
Aab (m2)	lab (m4)	ϵ_{ab} (KN/m2)	ρ_{ab} (KN/m2)	κ_{ab} (KN)	μ_{ab} (KN.m)	ξ_{ab} (KN/KN)
4,943E-02	7,417E-03	4,082E+05	1,137E+03	1,445E+04	1,225E+05	0,45

MATRICES DE CAMBIO DE BASE

$$\mathbf{T}^{78} = \begin{vmatrix} -0,9925285 & 0,09870232 & 0 \\ -0,0987023 & -0,99252851 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad \mathbf{T}^{87} = \begin{vmatrix} 0,99252851 & -0,09870232 & 0 \\ 0,09870232 & 0,99252851 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

MATRICES DE RIGIDEZ PRIMER ORDEN EN EJES LOCALES

$$\mathbf{k}^{O778} = \begin{vmatrix} 4,082E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 1,137E+03 & -1,445E+04 \\ 0,000E+00 & -1,445E+04 & 2,450E+05 \end{vmatrix} \quad \mathbf{k}^{O78} = \begin{vmatrix} 4,082E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 1,137E+03 & -1,445E+04 \\ 0,000E+00 & -1,445E+04 & 1,225E+05 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{k}^{O87} = \begin{vmatrix} 4,082E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 1,137E+03 & -1,445E+04 \\ 0,000E+00 & -1,445E+04 & 1,225E+05 \end{vmatrix} \quad \mathbf{k}^{O887} = \begin{vmatrix} 4,082E+05 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 1,137E+03 & -1,445E+04 \\ 0,000E+00 & -1,445E+04 & 2,450E+05 \end{vmatrix}$$

MATRICES DE RIGIDEZ GEOMÉTRICAS EN EJES LOCALES

$$\mathbf{k}^{G*778} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 2,123E-02 & -4,500E-02 \\ 0,000E+00 & -4,500E-02 & 1,526E+00 \end{vmatrix} \quad \mathbf{k}^{G*78} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 2,123E-02 & -4,500E-02 \\ 0,000E+00 & -4,500E-02 & -3,815E-01 \end{vmatrix}$$

$$\mathbf{k}^{G*87} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 2,123E-02 & -4,500E-02 \\ 0,000E+00 & -4,500E-02 & -3,815E-01 \end{vmatrix} \quad \mathbf{k}^{G*887} = \begin{vmatrix} 0,000E+00 & 0,000E+00 & 0,000E+00 \\ 0,000E+00 & 2,123E-02 & -4,500E-02 \\ 0,000E+00 & -4,500E-02 & 1,526E+00 \end{vmatrix}$$



MATRICES DE RIGIDEZ PRIMER ORDEN EN EJES GLOBALES

KO668=	1,0E+05	4,0213	-0,4941	0,0177	KO68=	1,0E+05	-4,0213	0,4941	0,0177
		-0,4941	0,0722	0,1434			0,4941	-0,0722	0,1434
		0,0177	0,1434	0,0227			-0,0177	-0,1434	1,2250
KO86=	1,0E+05	-4,0213	0,4941	-0,0177	KO886=	1,0E+05	4,0213	-0,4941	-0,0177
		0,4941	-0,0722	-0,1434			-0,4941	0,0722	-0,1434
		0,0177	0,1434	1,2250			-0,0177	-0,1434	0,0227

MATRICES DE RIGIDEZ GEOMÉTRICA EN EJES GLOBALES

KG*668=	0,0E+00	0,0005	0,0037	0,0078	KG*68=	0,0E+00	-0,0005	-0,0037	0,0078
		0,0037	0,0298	0,0636			-0,0037	-0,0030	0,0636
		0,0078	0,0636	2,1714			-0,0078	-0,0636	-0,5428
KG*86=	0,0E+00	-0,0005	-0,0037	-0,0078	KG*886=	0,0E+00	0,0005	0,0037	-0,0078
		-0,0037	-0,0030	-0,0636			0,0037	0,0298	-0,0636
		0,0078	0,0636	-0,5428			-0,0078	-0,0636	2,1714



CÁLCULO MATRICIAL PANDEO DINTELES* ξab obtenidos de CALC C2I COMBINACION 61

MATRIZ DE RIGIDEZ REDUCIDA PRIMER ORDEN DE LA ESTRUCTURA (EJES GLOBALES)

KOR= 1,0E+05	3,6761	0,2888	0,6327	-3,5783	-0,2888	-0,0085	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,2888	9,1830	0,1053	-0,2888	-0,0301	0,1053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,6327	0,1053	7,7983	0,0085	-0,1053	1,0969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-3,5783	-0,2888	0,0085	7,1566	0	0,0170	-3,5783	0,2888	0,0085	0	0	0	0	0	0	0
	-0,2888	-0,0301	-0,1053	0,0000	0,0603	0	0,2888	-0,0301	0,1053	0	0	0	0	0	0	0
	-0,0085	0,1053	1,0969	0,0170	0	4,3876	-0,0085	-0,1053	1,0969	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	-3,5783	0,2888	-0,0085	7,7029	0,1131	0,4500	-4,0525	-0,4019	-0,0144	0	0	0	0
	0	0	0	0,2888	-0,0301	-0,1053	0,1131	7,0848	0,0392	-0,4019	-0,0514	0,1445	0	0	0	0
	0	0	0	0,0085	0,1053	1,0969	0,4500	0,0392	8,7828	0,0144	-0,1445	1,2281	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	-4,0525	-0,4019	0,0144	8,1050	0,0000	0,0287	-4,0525	0,4019	0,0144	0
	0	0	0	0	0	0	-0,4019	-0,0514	-0,1445	0,0000	0,1028	0	0,4019	-0,0514	0,1445	0
	0	0	0	0	0	0	-0,0144	0,1445	1,2281	0,0287	0,0000	4,9126	-0,0144	-0,1445	1,2281	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4,0525	0,4019	-0,0144	4,1503	-0,4019	0,6269	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4019	-0,0514	-0,1445	-0,4019	9,2043	-0,1445	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0144	0,1445	1,2281	0,6269	-0,1445	8,0608	0	

MATRIZ DE RIGIDEZ GEOMÉTRICA REDUCIDA DE LA ESTRUCTURA (EJES GLOBALES)

KGR*= CE-AP1-38	0,0633	-0,0021	0,0635	-0,0002	0,0021	-0,0055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-0,0021	0,0260	0,0678	0,0021	-0,0260	0,0678	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,0635	0,0678	4,0296	0,0055	-0,0678	-0,7059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-0,0002	0,0021	0,0055	0,0003	0	0,0110	-0,0002	-0,0021	0,0055	0	0	0	0	0	0	0
	0,0021	-0,0260	-0,0678	0	0,0521	0	-0,0021	-0,0260	0,0678	0	0	0	0	0	0	0
	-0,0055	0,0678	-0,7059	-0,0110	0	5,6470	-0,0055	-0,0678	-0,7059	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	-0,0002	-0,0021	-0,0055	0,0919	0,0000	0,0901	-0,0002	0,0021	-0,0045	0	0	0	0
	0	0	0	-0,0021	-0,0260	-0,0678	0,0000	0,0471	-0,0230	0,0021	-0,0211	0,0448	0	0	0	0
	0	0	0	0,0025	0,0678	-0,7059	0,0901	-0,0230	6,0933	0,0045	-0,0448	-0,3805	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	-0,0002	0,0021	0,0045	0,0004	0,0000	0,0089	-0,0002	-0,0021	0,0045	0
	0	0	0	0	0	0	0,0021	-0,0211	-0,0448	0,0000	0,0422	0,0000	-0,0021	-0,0211	0,0448	0
	0	0	0	0	0	0	-0,0045	0,0448	-0,3805	0,0089	0,0000	3,0437	-0,0045	-0,0448	-0,3805	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,0002	-0,0021	-0,0045	0,0496	0,0021	0,0495	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,0021	-0,0211	-0,0448	0,0021	0,0211	-0,0448	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0045	0,0448	-0,3805	0,0495	-0,0448	2,4658	0	



MATRIZ CARACTERÍSTICA DE LA ESTRUCTURA (EJES GLOBALES)

D*= 1,0E-04

0,0528	-0,0167	-0,2793	-0,0003	0,0292	0,2559	0,0654	-0,0203	-0,2413	-0,0003	0,0129	0,1326	0,0304	-0,0052	-0,1208
0,0000	0,0001	0,0003	0,0000	0,0000	-0,0005	0,0000	-0,0001	0,0002	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	-0,0001
-0,0030	-0,0005	0,0770	0,0001	0,0017	-0,0510	-0,0067	-0,0004	0,0269	0,0000	-0,0015	-0,0118	-0,0029	0,0006	0,0115
0,0477	-0,0021	-0,2554	-0,0003	0,0003	0,2507	0,0723	-0,0072	-0,2459	-0,0003	0,0155	0,1320	0,0320	-0,0064	-0,1265
0,0524	-0,1864	-0,2425	0,0000	0,3722	0,0353	-0,0779	-0,1708	0,0362	0,0000	-0,0305	0,0263	-0,0167	0,0540	0,0551
0,0014	0,0012	-0,0406	0,0002	0,0003	0,1525	0,0020	-0,0015	-0,0469	0,0000	-0,0001	0,0088	0,0013	0,0001	-0,0057
0,0426	0,0124	-0,2317	-0,0003	-0,0287	0,2459	0,0792	0,0060	-0,2507	-0,0003	0,0180	0,1313	0,0337	-0,0077	-0,1322
0	-0,0002	-0,0006	0,0000	0,0000	0,0010	0,0000	0,0003	-0,0004	0,0000	0,0000	-0,0005	0,0000	-0,0001	0,0003
-0,0031	0,0018	0,0208	0,0001	-0,0028	-0,0438	-0,0019	0,0003	0,0963	0,0000	0,0020	-0,0234	-0,0024	-0,0012	0,0112
0,0406	0,0104	-0,2233	-0,0003	-0,0249	0,2483	0,0728	0,0129	-0,2639	-0,0003	0,0004	0,1334	0,0373	0,0011	-0,1401
0,0160	0,0191	-0,0651	0,0001	-0,0375	-0,0487	0,0586	-0,0730	0,1592	0,0000	0,1832	-0,0126	-0,0308	-0,0917	0,0592
0,0017	-0,0002	-0,0101	0,0000	0,0001	0,0163	0,0020	0,0009	-0,0380	0,0002	-0,0001	0,0747	0,0011	-0,0007	-0,0217
0,0387	0,0085	-0,2147	-0,0003	-0,0210	0,2505	0,0665	0,0198	-0,2770	-0,0003	-0,0172	0,1357	0,0410	0,0099	-0,1482
0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	-0,0003	0,0000	-0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0001	-0,0001
-0,0036	-0,0010	0,0198	0,0000	0,0023	-0,0215	-0,0067	0,0004	0,0250	0,0001	-0,0014	-0,0266	-0,0023	0,0004	0,0446

AUTOVALORES DE **D***

i	λ_i^* (KN-1)	1/ λ_i^* (KN)
1	3,8870E-05	25.726,78
2	2,6940E-05	37.119,52
3	1,9080E-05	52.410,90
4	1,1947E-05	83.703,02
5	7,9700E-06	125.470,51
6	5,3200E-06	187.969,92
7	4,1800E-06	239.234,45
8	2,5700E-06	389.105,06
9	2,7000E-07	3,70E+06
10	1,2000E-07	8,33E+06
11	4,0000E-08	2,50E+07
12	1,0000E-08	1,00E+08
13	0,0000E+00	---
14	0,0000E+00	---
15	0,0000E+00	---

$|\lambda_i^* \max(KN)| = 3,8870E-05$

Ncrit (KN) = 25.726,78



CÁLCULO MATRICIAL PANDEO DINTELES* ξ_{ab} obtenidos de CALC C2I COMBINACION 61

Ncrit (KN)= 25.725,00

BARRA ab	Lab(m)	ξ_{ab} (KN/KN)	Ncritab(KN)	lab (m4)	Lcritab (m)	β_{ab}
1-2	13,11	0,69	17.750,25	8,7470E-03	31,96	2,438
2-3	31,20	0,68	17.493,00	8,1330E-03	31,04	0,995
3-5	31,20	0,68	17.493,00	8,1330E-03	31,04	0,995
4-5	13,11	1,00	25.725,00	6,4500E-03	22,80	1,739
5-6	25,43	0,45	11.576,25	7,4170E-03	36,44	1,433
6-8	25,43	0,45	11.576,25	7,4170E-03	36,44	1,433
7-8	13,11	0,54	13.891,50	8,7470E-03	36,13	2,756

ADOPTAREMOS:

PARA DINTELES BC (BARRAS 2-3 Y 3-5):

Ncritab(KN)	17.317
β_{ab}	1,00

PARA DINTELES AB (BARRAS 5-6 Y 6-8):

Ncritab(KN)	11.464
β_{ab}	1,44

IV.- CÁLCULO ESTRUCTURA.

APÉNDICE 2

CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 2	FORMATO: A4	<u>PLANO Nº:</u>
	CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS	ESCALA: 1/15	CE-AP2-1

IV.- CÁLCULO ESTRUCTURA.

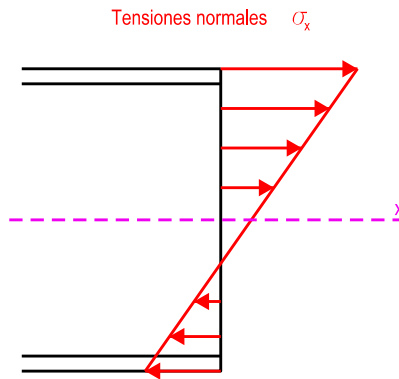
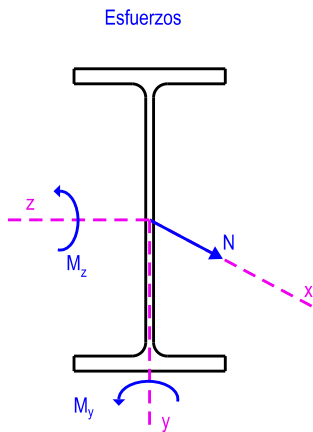
APÉNDICE 2

CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

1.- CÁLCULO DE SECCIONES ELÁSTICAS (clases 1,2 y 3)

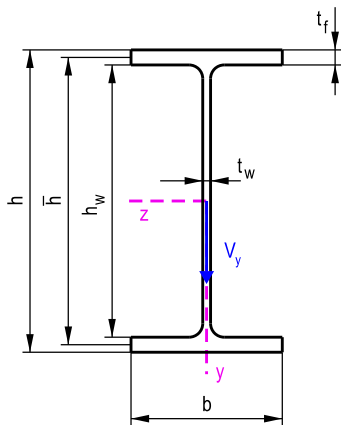
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 2 CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS	FORMATO: A4 ESCALA: <input type="text" value="1/15"/>	PLANO Nº: CE-AP2-2

CÁLCULO ELÁSTICO SECCIÓN. DISTRIBUCIÓN DE TENSIONES NORMALES DEBIDAS A LA FLEXIÓN



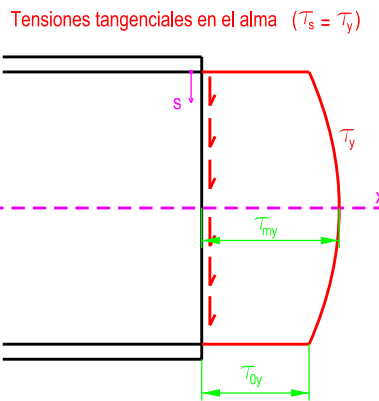
$$\sigma_x(y, z) = \frac{N}{A} - \frac{M_y}{I_y} z + \frac{M_z}{I_z} y$$

CÁLCULO ELÁSTICO SECCIÓN. DISTRIBUCIÓN DE TENSIONES TANGENCIALES DEBIDAS AL CORTANTE V_y



$$\bar{h} = \frac{h + h_w}{2} \quad (\text{fibra media alas})$$

$$\tau_s(s) = \frac{-V_y}{I_z} \frac{S_z(s)}{e}$$



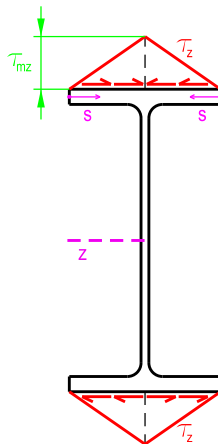
$$\tau_y(s) = \frac{V_y}{I_z} \left[\frac{b \bar{h}}{2} \frac{t_f}{t_w} + s(h_w - s) \right]$$

(en $s = h_w/2$)

$$\tau_{my} = \frac{V_y}{I_z} \left[\frac{b \bar{h}}{2} \frac{t_f}{t_w} + \frac{h_w^2}{8} \right]$$

$$\tau_{0y} = \frac{V_y}{I_z} \frac{b \bar{h}}{2} \frac{t_f}{t_w}$$

Tensiones tangenciales en las alas ($\tau_s = \tau_z$)



$$\tau_z(s) = \frac{V_y}{I_z} \frac{\bar{h}}{2} s$$

$$\tau_{mz} = \frac{V_y}{I_z} \frac{\bar{h} b}{4} \quad (\text{en } s = b/2)$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO:

APÉNDICE 2

FORMATO: A4

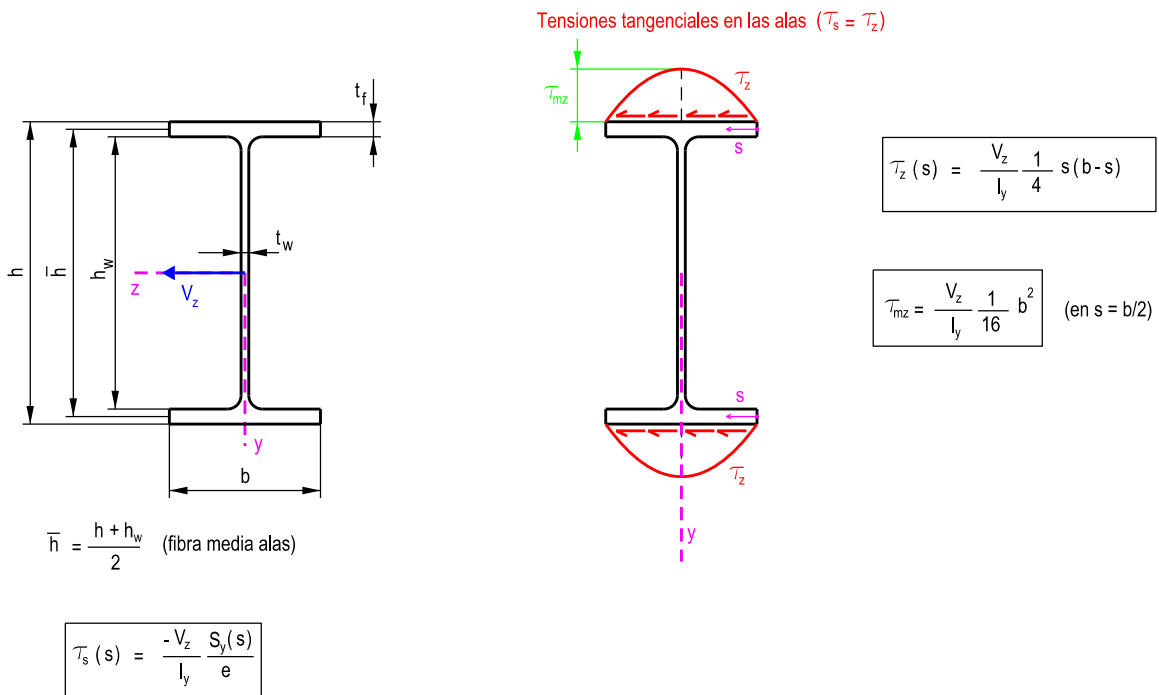
PLANO N°:

CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

ESCALA:

1/15

CE-AP2-3



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO: APÉNDICE 2

FORMATO: A4

PLANO Nº:

CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

ESCALA: 1/15

CE-AP2-4

CÁLCULO ELÁSTICO SECCIÓN. CRITERIO LÍMITE. CONDICIÓN DE AGOTAMIENTO

$$\sigma_{CO} = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + 3(\tau_{z,Ed}^2 + \tau_{y,Ed}^2)}$$

f_y : Límite elástico del acero

$\gamma_{Mo} = 1,05$: Coeficiente parcial de seguridad del acero frente a resistencia de las secciones

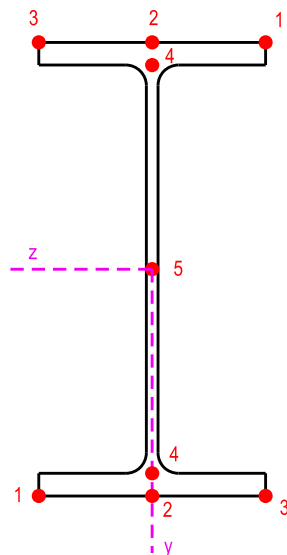
$$f_d = \frac{f_y}{\gamma_{Mo}}$$

$$\eta = \frac{\sigma_{CO}}{f_d}$$

CRITERIO LÍMITE: $\eta^2 \leq 1$ (para todo punto de la sección transversal)

(CE: 6.2.1. (5))

PUNTOS DE VERIFICACIÓN DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL UTILIZADOS



Punto 1: σ_x max

Punto 2: σ_x max debida a M_z
 τ_z max debida a V_z

Punto 3: σ_x en las 4 esquinas de la sección

Punto 4: σ_{CO} max debida a $(\sigma_x + \tau_y)$

Punto 5: τ_y max debida a V_y

NOTA: PUNTO 4 \in AL ALMA (en borde, no en eje)

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 2

CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

FORMATO: A4

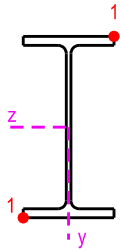
ESCALA: 1/15

PLANO N°:

CE-AP2-5

CÁLCULO ELÁSTICO SECCIÓN. σ_{co} EN LOS PUNTOS DE VERIFICACIÓN

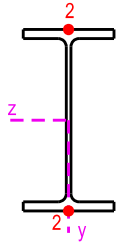
(NOTA: Los esfuerzos de cálculo están considerados con su módulo, siempre positivos, salvo en el punto de control 3, que llevan su signo)



$$\sigma_{x,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z}} \quad (\text{Valor máximo de } \sigma_x : \text{ tiene el signo de N})$$

$$\tau_y = 0$$

$$\tau_z = 0$$

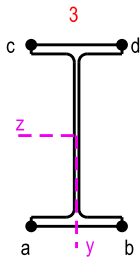


$$\sigma_{x,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z}}$$

$$\tau_y = 0$$

$$\tau_z = \frac{V_z}{I_y} \frac{1}{16} b^2 + \frac{V_y}{I_z} \frac{\bar{h} b}{4}$$

Punto 3: para tener información de las tensiones en las alas (aquí los esfuerzos con su signo)



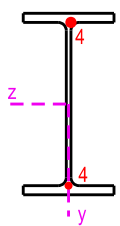
$$\sigma_{x,Ed}^a = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z}} \quad z = \frac{b}{2} \quad y = \frac{h}{2}$$

$$\sigma_{x,Ed}^b = \frac{N_{Ed}}{A} - \frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z}} \quad z = -\frac{b}{2} \quad y = \frac{h}{2}$$

$$\sigma_{x,Ed}^c = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y}} - \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z}} \quad z = \frac{b}{2} \quad y = -\frac{h}{2}$$

$$\sigma_{x,Ed}^d = \frac{N_{Ed}}{A} - \frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y}} - \frac{M_{z,Ed}}{W_{el,z}} \quad z = -\frac{b}{2} \quad y = -\frac{h}{2}$$

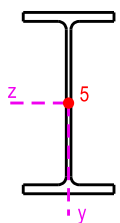
(pto 4 lo considero en el borde del alma)
Si estuviera en eje, este término sería nulo



$$\sigma_{x,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \left(\frac{t_w}{2} \right) + \frac{M_{z,Ed}}{I_z} \left(\frac{h}{2} - t_f \right)$$

$$\tau_y = \frac{V_y}{I_z} \frac{b \bar{h}}{2} \frac{t_f}{t_w}$$

$$\tau_z = 0$$



$$\sigma_{x,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A}$$

$$\tau_y = \frac{V_y}{I_z} \left[\frac{b \bar{h}}{2} \frac{t_f}{t_w} + \frac{h_w^2}{8} \right]$$

$$\tau_z = 0$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO:

APÉNDICE 2

FORMATO: A4

PLANO N°:

CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

ESCALA:

1/15

CE-AP2-6

IV.- CÁLCULO ESTRUCTURA.

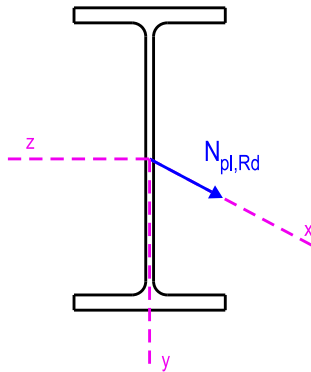
APÉNDICE 2

CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

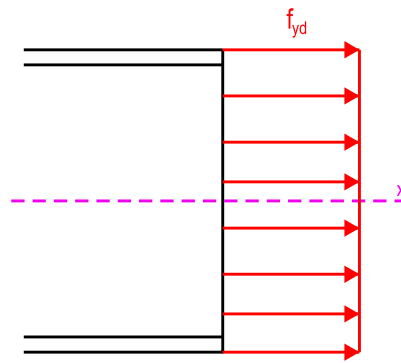
2.- CÁLCULO DE SECCIONES PLÁSTICAS (clases 1 y 2)

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 2 CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text" value="1/15"/>	PLANO Nº : CE-AP2-7

Esfuerzos Resistentes



Distribución plástica de tensiones



$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{pl,Rd} = A \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{pl,Rd} = A f_{yd}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 2

CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

FORMATO: A4

ESCALA: 1/15

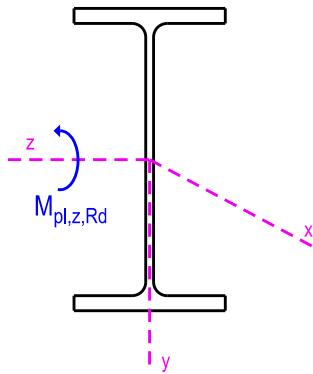
PLANO Nº:

CE-AP2-8

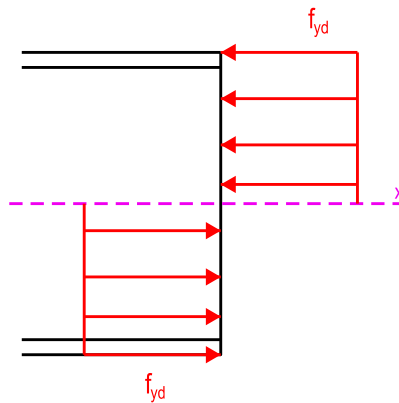
CÁLCULO PLÁSTICO SECCIÓN. RESISTENCIA PLÁSTICA AL MOMENTO FLECTOR

$M_{pl,z,Rd}$

Esfuerzos Resistentes



Distribución plástica de tensiones

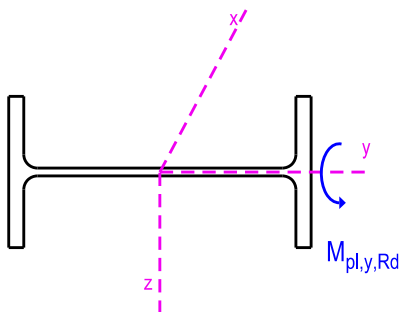


$$M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

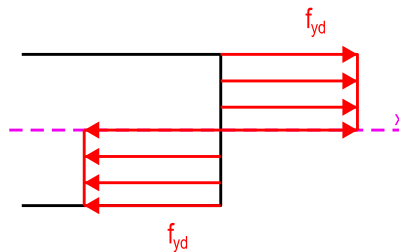
CÁLCULO PLÁSTICO SECCIÓN. RESISTENCIA PLÁSTICA AL MOMENTO FLECTOR

$M_{pl,y,Rd}$

Esfuerzos Resistentes



Distribución plástica de tensiones



$$M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO:

APÉNDICE 2

FORMATO: A4

PLANO Nº:

CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

ESCALA:

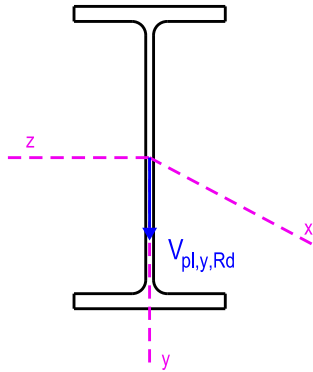
1/15

CE-AP2-9

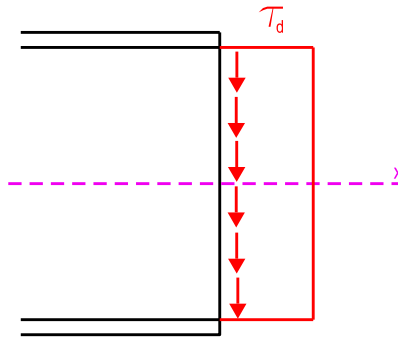
CÁLCULO PLÁSTICO SECCIÓN. RESISTENCIA PLÁSTICA AL CORTANTE

$V_{pl,y,Rd}$

Esfuerzos Resistentes



Distribución plástica de tensiones



$$\tau_d = \frac{\tau_k}{\gamma_{M0}}$$

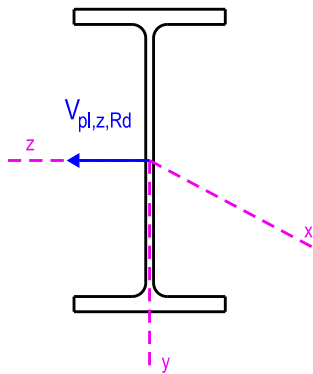
$$\tau_k = \frac{f_y}{\sqrt{3}}$$

$$V_{pl,y,Rd} = A_{v,y} \tau_d$$

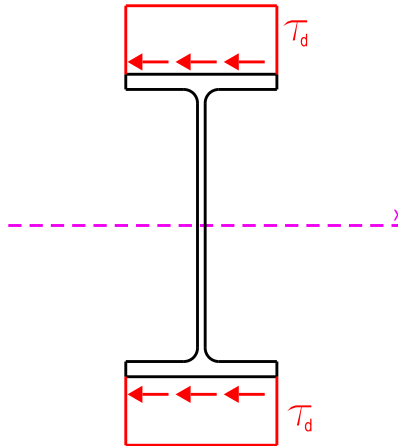
CÁLCULO PLÁSTICO SECCIÓN. RESISTENCIA PLÁSTICA AL CORTANTE

$V_{pl,z,Rd}$

Esfuerzos Resistentes



Distribución plástica de tensiones



$$\tau_d = \frac{\tau_k}{\gamma_{M0}}$$

$$\tau_k = \frac{f_y}{\sqrt{3}}$$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} \tau_d$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 2

FORMATO: A4

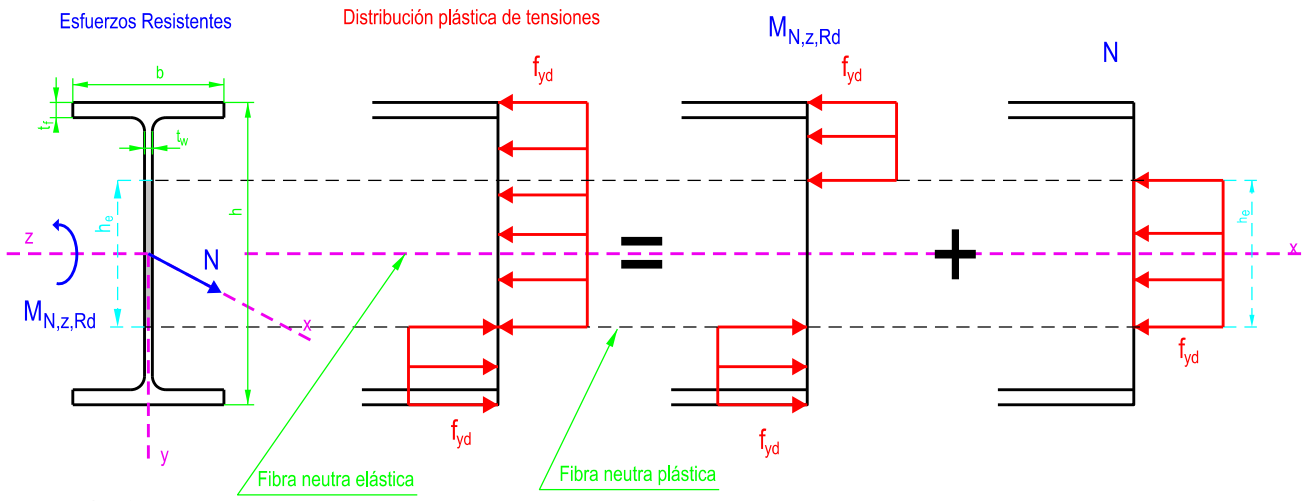
PLANO Nº:

CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

ESCALA: 1/15

CE-AP2-10

Si $h_e \leq h_w$: (f.n.p está en el alma) $\Leftrightarrow n \leq n_w = a$



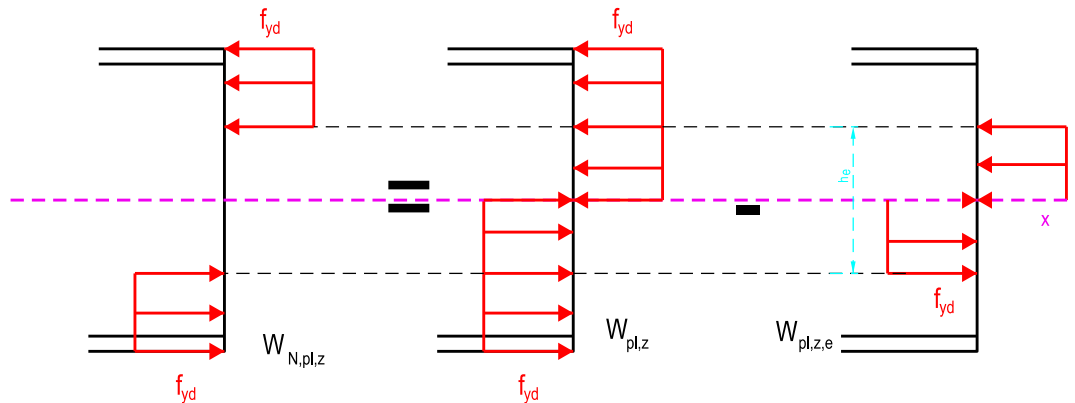
$$h_w = h - 2t_f$$

f_y

$$M_{N,z,Rd} = [W_{pl,z} - W_{pl,z,e}] f_{yd} = W_{N,pl,z} f_{yd}$$

$$M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} f_{yd}$$

$$W_{pl,z,e} f_{yd}$$



$$N_{pl,Rd} = A f_{yd} \Rightarrow f_{yd} = \frac{N_{pl,Rd}}{A}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO:

APÉNDICE 2

FORMATO: A4

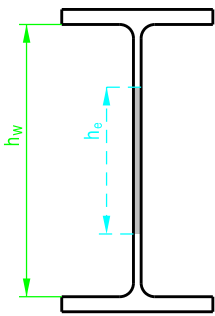
PLANO Nº:

CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

ESCALA:

1/15

CE-AP2-11



$$N = h_e t_w f_{yd}$$

$$h_e = \frac{N}{t_w f_{yd}} = \frac{N}{t_w \frac{N_{pl,Rd}}{A}} = \frac{A}{t_w} \frac{N}{N_{pl,Rd}} = \frac{A}{t_w} n \quad n = \frac{N}{N_{pl,Rd}}$$

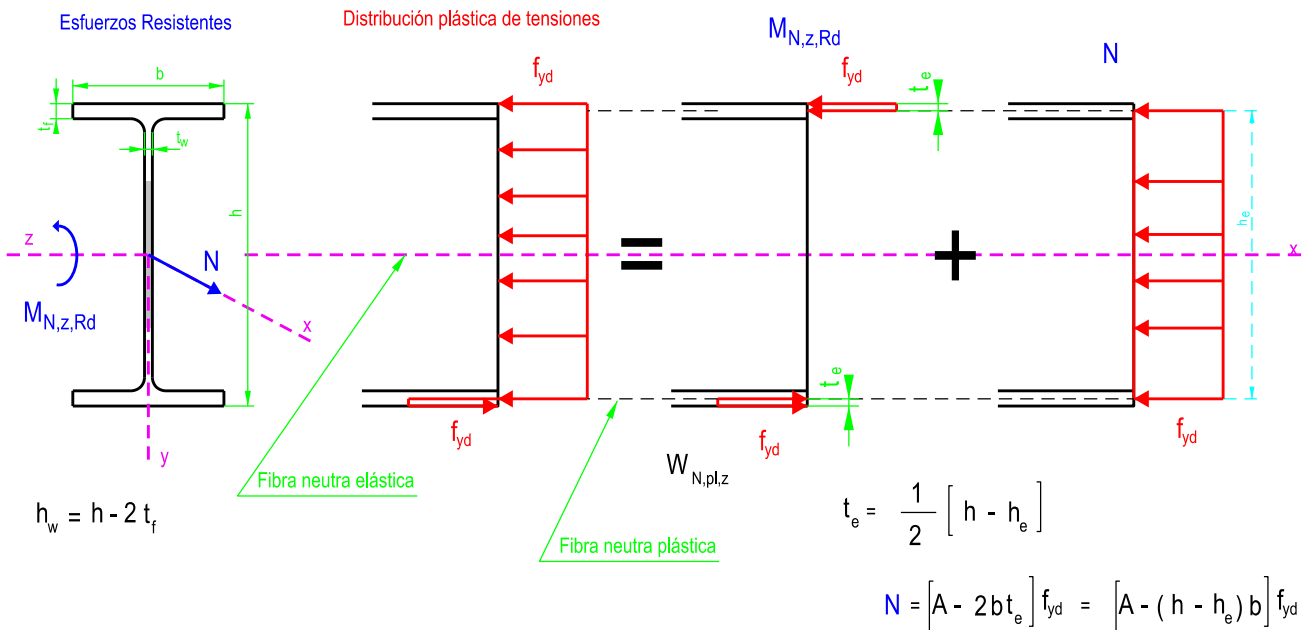
$$W_{pl,z,e} = \frac{1}{4} t_w h_e^2 = \frac{1}{4} t_w \left[\frac{A}{t_w} n \right]^2 = \frac{A^2 n^2}{4 t_w}$$

$$M_{N,z,Rd} = \left[W_{pl,z} - \frac{A^2 n^2}{4 t_w} \right] f_{yd} = M_{pl,z,Rd} - \frac{A^2 n^2}{4 t_w} f_{yd}$$

$$h_e \leq h_w \Leftrightarrow n \leq n_w = a$$

Quando $h_e = h_w \Rightarrow n = n_w = \frac{h_w t_w}{A}$ (el código estructural lo llama a)

Si $h_e > h_w$: (f.n.p está en las alas) $\Leftrightarrow n > n_w = a$



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 2

FORMATO: A4

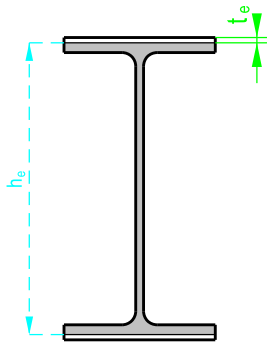
PLANO N°:

CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

ESCALA:

1/15

CE-AP2-12



$$N = [A - 2bt_e] f_{yd} = [A - (h - h_e) b] f_{yd}$$

$$t_e = \frac{1}{2} [h - h_e]$$

$$n = \frac{N}{N_{pl,Rd}}$$

$$h_e = h - \frac{A}{b} [1 - n]$$

$$W_{N,pl,z} = b t_e [h - t_e] = \frac{b}{4} [h^2 - h_e^2] = \frac{A}{2} [1 - n] \left[h - \frac{A}{2b} (1 - n) \right]$$

$$M_{N,z,Rd} = W_{N,pl,z} f_{yd} = \frac{A}{2} [1 - n] \left[h - \frac{A}{2b} (1 - n) \right] f_{yd}$$

$$h_e > h_w \Leftrightarrow n > n_w = a$$

$$n_w = \frac{h_w t_w}{A}$$

En el código estructural:

$$a = \frac{A - 2bt_f}{A} \approx \frac{h_w t_w}{A} = n_w$$

$$n = \frac{N}{N_{pl,Rd}}$$

Si: $n \leq 0,25$
 $n \leq n_0$ } $\Rightarrow M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd}$

$$n_0 = 0,5 \frac{h_w t_w}{A} \text{ (esta es más restrictiva normalmente)}$$

Si no se cumple lo anterior:

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \frac{(1 - n)}{1 - 0,5a}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 2

FORMATO: A4

PLANO Nº:

CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

ESCALA:

1/15

CE-AP2-13



CÁLCULO PLÁSTICO SECCIONES. INTERACCIÓN AXIL-MOMENTO FLECTOR z

$\alpha = 0,0075$

$\beta = 0,2234$

$\rho a = 7,85 \text{ (Kp/l)}$

hw(mm)= 863

nw= 0,38099

a= 0,38808

n0= 0,190

fy (kp/cm2)= 2.803,00

ym0= 1,05

fyd (kp/cm2)= 2.669,52

Npl (T)= 1.167,06

Mpl,z (mT)= 419,05

NOBRE COMERCIAL	GEOMETRIA					G (Kg/m)	AL (m2/ml)	AG (m2/Tn)	AXIL	CORTANTE		FLECTOR z (eje Fuerte)				FLECTOR y (Eje Débil)				TORSIÓN	
	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)				A (cm2)	Av,y (cm2)	Av,z (cm2)	Iz (cm4)	Wel,z (cm3)	Wpl,z (cm3)	iz (cm)	Iy (cm4)	Wel,y (cm3)	Wpl,y (cm3)	Iy (cm)	It (cm4)	Ia (cm6)
HL 920x344	927	418	19,3	32,0	19	343,18	3,455	10,07	437,18	187,99	222,93	644.984,39	13.915,52	15.697,43	38,41	39.009,88	1.866,50	2.880,25	9,45	1.133,90	7,80E+07

he (cm)	M,N,z (mT)	n N/Npl	Mn/Mp TEORIA	Mn/Mpl CE
0,00	419,0	0,00	1,00	1,00
11,33	417,4	0,05	1,00	1,00
22,65	412,4	0,10	0,98	1,00
33,98	404,2	0,15	0,96	1,00
45,30	392,6	0,20	0,94	0,99
56,63	377,7	0,25	0,90	0,93
67,96	359,6	0,30	0,86	0,87
79,28	338,1	0,35	0,81	0,81
86,42	313,6	0,40	0,75	0,74
86,95	288,3	0,45	0,69	0,68
87,47	262,8	0,50	0,63	0,62
87,99	237,2	0,55	0,57	0,56
88,52	211,5	0,60	0,50	0,50
89,04	185,6	0,65	0,44	0,43
89,56	159,5	0,70	0,38	0,37
90,09	133,3	0,75	0,32	0,31
90,61	107,0	0,80	0,26	0,25
91,13	80,5	0,85	0,19	0,19
91,65	53,8	0,90	0,13	0,12
92,18	27,0	0,95	0,06	0,06
92,70	0,0	1,00	0,00	0,00

$$n_w = \frac{h_w t_w}{A}$$

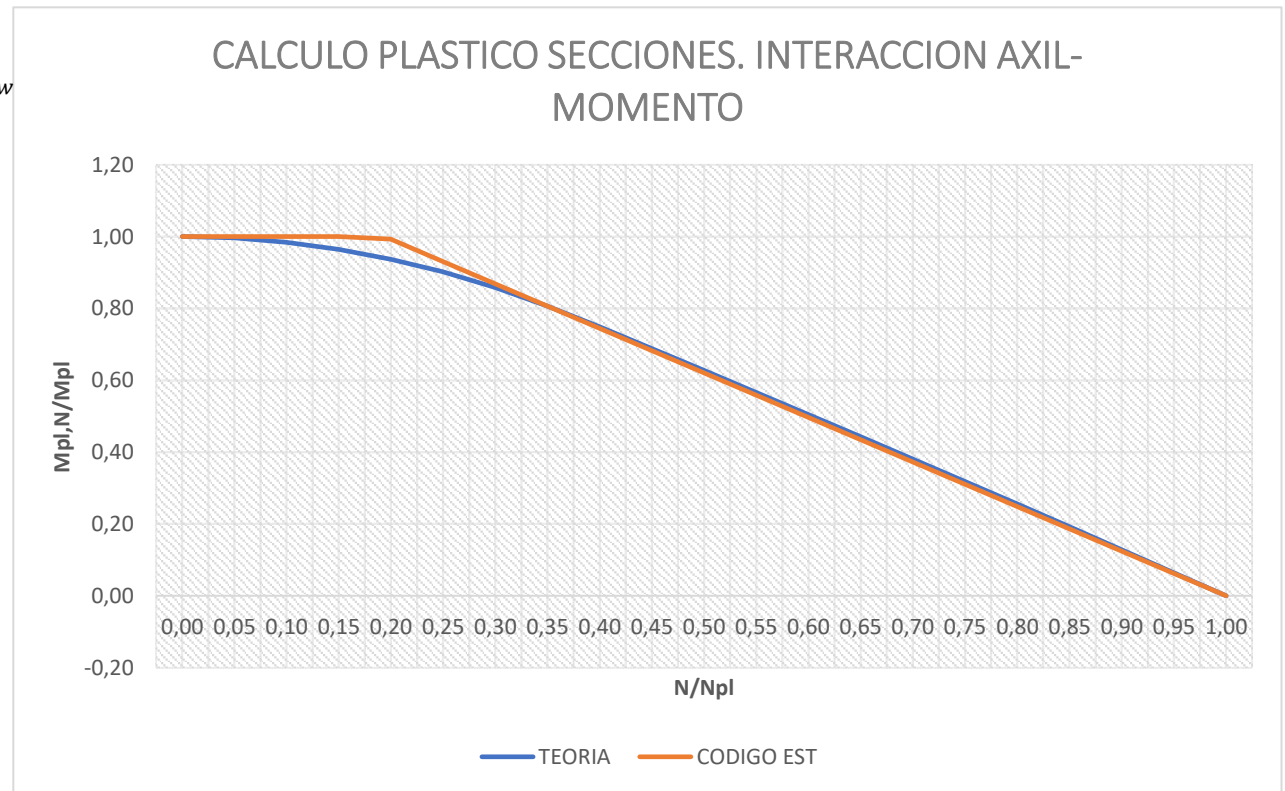
Si $n_0 < n \leq n_w$: $M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} - \frac{A^2 n^2}{4 t_w} f_{yd}$

Si $n > n_w$: $M_{N,z,Rd} = \frac{A}{2} [1 - n] \left[h - \frac{A}{2b} (1 - n) \right] f_{yd}$

$$n_0 = 0,5 \frac{h_w t_w}{A} = 0,5 n_w$$

Si $n \leq n_0$:

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd}$$





CÁLCULO PLÁSTICO SECCIONES. INTERACCIÓN AXIL-MOMENTO FLECTOR z

$\alpha =$ 0,0075 $hw(mm) =$ 862,8 $f_y (kp/cm^2) =$ 2.803,00 **Npl (T) =** 1.319,59
 $\beta =$ 0,2234 **nw =** 0,37178 **n0 =** 0,186 $\gamma_{m0} =$ 1,05 **Mpl,z (mT) =** 478,43
 $\rho_a =$ 7,85 (Kp/l) $a =$ 0,37805 $f_{yd} (kp/cm^2) =$ 2.669,52

NOBRE COMERCIAL	GEOMETRIA					G (Kg/m)	AL (m2/ml)	AG (m2/Tn)	AXIL	CORTANTE		FLECTOR z (eje Fuerte)				FLECTOR y (Eje Débil)				TORSIÓN	
	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)				A (cm2)	Av,y (cm2)	Av,z (cm2)	Iz (cm4)	Wel,z (cm3)	Wpl,z (cm3)	iz (cm)	Iy (cm4)	Wel,y (cm3)	Wpl,y (cm3)	iy (cm)	It (cm4)	Ia (cm6)
HL 920x390	936	420	21,3	36,6	19	388,04	3,477	8,96	494,32	208,58	256,20	741.740,29	15.849,15	17.922,00	38,74	45.270,43	2.155,73	3.330,60	9,57	1.665,72	9,14E+07

he (cm)	M,N,z (mT)	n N/Npl	Mn/Mp TEORIA	Mn/Mpl CE
0,00	478,4	0,00	1,00	1,00
11,60	476,5	0,05	1,00	1,00
23,21	470,8	0,10	0,98	1,00
34,81	461,2	0,15	0,96	1,00
46,41	447,8	0,20	0,94	0,99
58,02	430,6	0,25	0,90	0,92
69,62	409,5	0,30	0,86	0,86
81,23	384,6	0,35	0,80	0,80
86,54	356,6	0,40	0,75	0,74
87,13	327,9	0,45	0,69	0,68
87,72	299,1	0,50	0,63	0,62
88,30	270,0	0,55	0,56	0,55
88,89	240,8	0,60	0,50	0,49
89,48	211,4	0,65	0,44	0,43
90,07	181,8	0,70	0,38	0,37
90,66	152,0	0,75	0,32	0,31
91,25	122,0	0,80	0,25	0,25
91,83	91,8	0,85	0,19	0,18
92,42	61,4	0,90	0,13	0,12
93,01	30,8	0,95	0,06	0,06
93,60	0,0	1,00	0,00	0,00

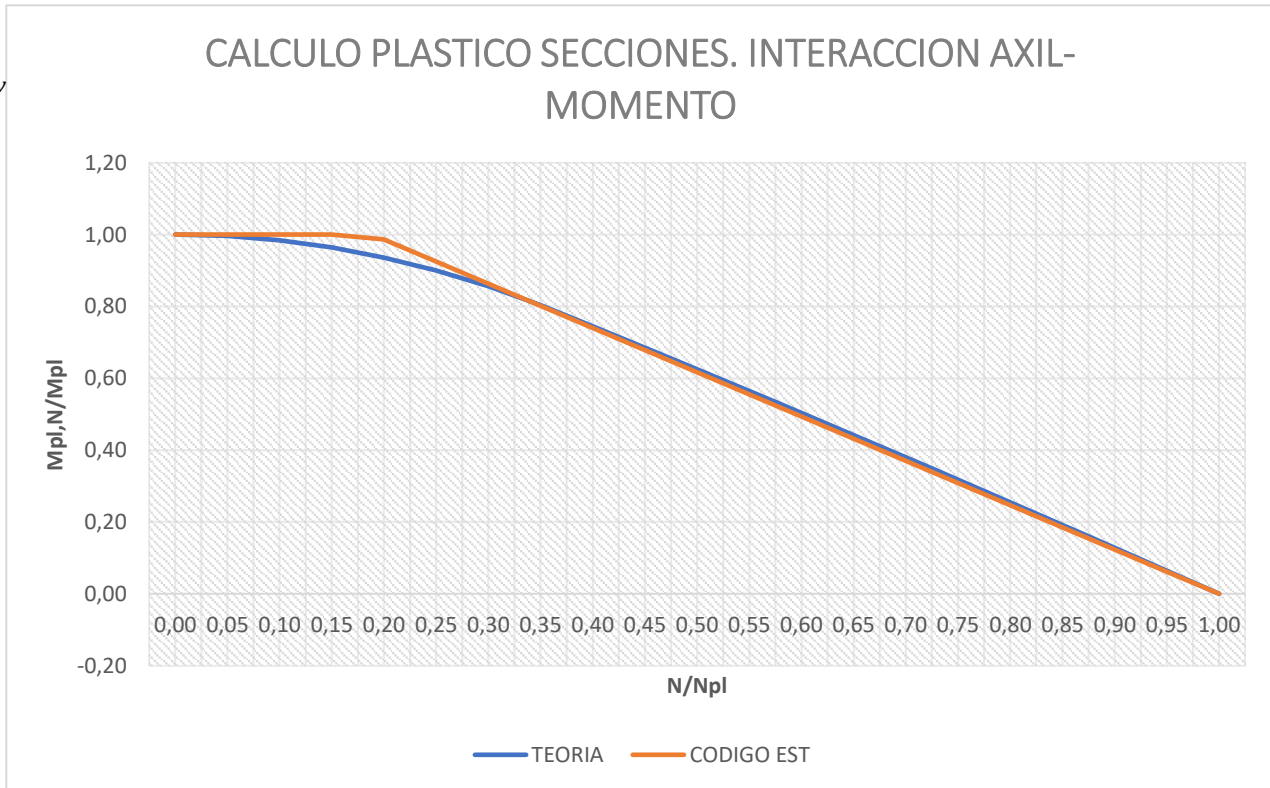
$$n_w = \frac{h_w t_w}{A}$$

Si $n_0 < n_{sw}$: $M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} - \frac{A^2 n^2}{4 t_w} f_{yd}$

Si $n > n_w$: $M_{N,z,Rd} = \frac{A}{2} [1 - n] \left[h - \frac{A}{2b} (1 - n) \right] f_{yd}$

$$n_0 = 0,5 \frac{h_w t_w}{A} = 0,5 n_w$$

Si $n \leq n_0$:
 $M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd}$





CÁLCULO PLÁSTICO SECCIONES. INTERACCIÓN AXIL-MOMENTO FLECTOR z

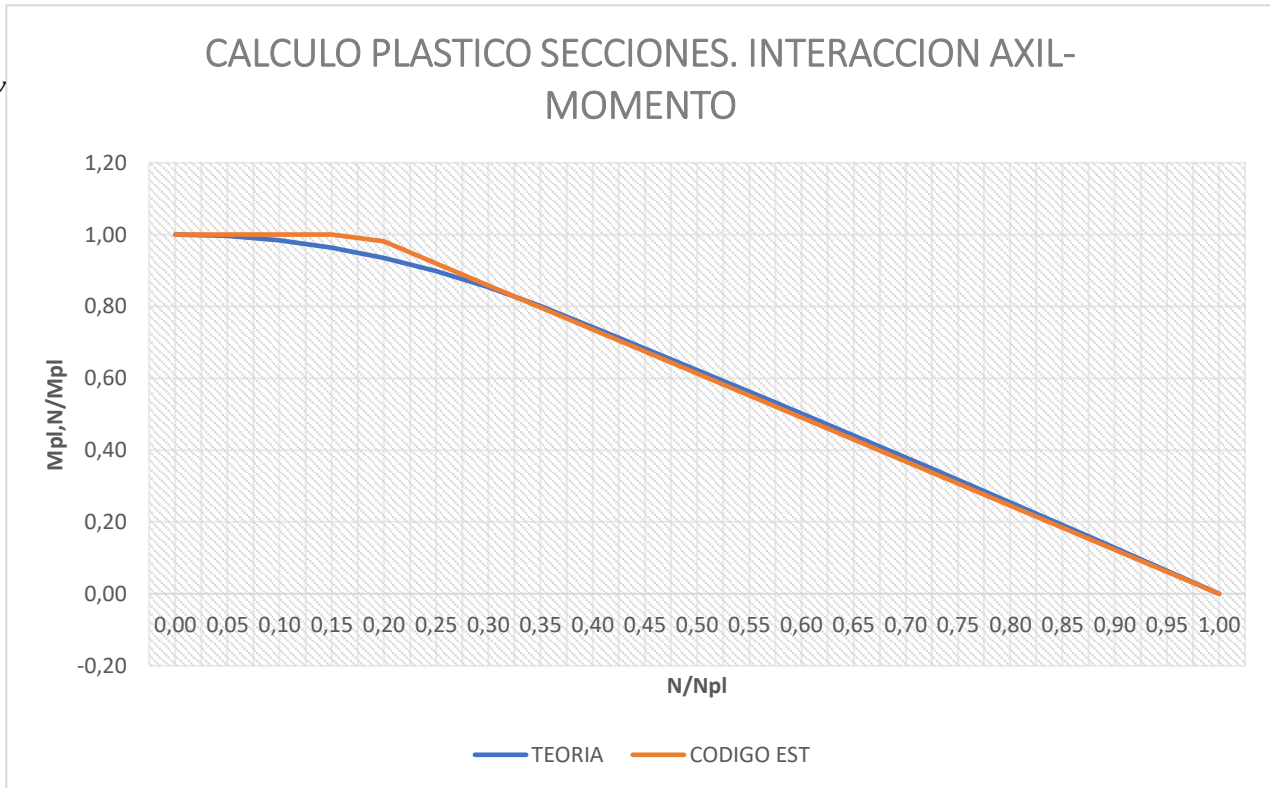
$\alpha = 0,0075$ $hw(mm) = 863,2$ $f_y (kp/cm^2) = 2.803,00$ **Npl (T) = 1.425,73**
 $\beta = 0,2234$ **nw = 0,36366** **n0 = 0,182** $\gamma_{m0} = 1,05$ **Mpl,z (mT) = 521,36**
 $p_a = 7,85 (Kp/l)$ $a = 0,36946$ $f_{yd} (kp/cm^2) = 2.669,52$

NOBRE COMERCIAL	GEOMETRIA					G (Kg/m)	AL (m2/ml)	AG (m2/Tn)	AXIL	CORTANTE		FLECTOR z (eje Fuerte)				FLECTOR y (Eje Débil)				TORSIÓN	
	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)				A (cm2)	Av,y (cm2)	Av,z (cm2)	Iz (cm4)	Wel,z (cm3)	Wpl,z (cm3)	iz (cm)	Iy (cm4)	Wel,y (cm3)	Wpl,y (cm3)	Iy (cm)	It (cm4)	Ia (cm6)
HL 920x420	943	422	22,5	39,9	19	419,25	3,496	8,34	534,07	221,46	280,63	813.340,16	17.250,06	19.529,92	39,02	50.065,48	2.372,77	3.666,83	9,68	2.130,45	1,02E+08

he (cm)	M,N,z (mT)	n N/Npl	Mn/Mp TEORIA	Mn/Mpl CE
0,00	521,4	0,00	1,00	1,00
11,87	519,2	0,05	1,00	1,00
23,74	512,9	0,10	0,98	1,00
35,60	502,3	0,15	0,96	1,00
47,47	487,5	0,20	0,94	0,98
59,34	468,5	0,25	0,90	0,92
71,21	445,2	0,30	0,85	0,86
83,08	417,7	0,35	0,80	0,80
86,71	387,1	0,40	0,74	0,74
87,34	356,1	0,45	0,68	0,67
87,97	324,8	0,50	0,62	0,61
88,60	293,4	0,55	0,56	0,55
89,24	261,7	0,60	0,50	0,49
89,87	229,8	0,65	0,44	0,43
90,50	197,6	0,70	0,38	0,37
91,14	165,2	0,75	0,32	0,31
91,77	132,6	0,80	0,25	0,25
92,40	99,8	0,85	0,19	0,18
93,03	66,8	0,90	0,13	0,12
93,67	33,5	0,95	0,06	0,06
94,30	0,0	1,00	0,00	0,00

$n_w = \frac{h_w t_w}{A}$ Si $n_0 < n_{sw}$: $M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} - \frac{A^2 n^2}{4 t_w} f_{yd}$ Si $n > n_w$: $M_{N,z,Rd} = \frac{A}{2} [1 - n] \left[h - \frac{A}{2b} (1 - n) \right] f_{yd}$
 $n_0 = 0,5 \frac{h_w t_w}{A} = 0,5 n_w$

Si $n \leq n_0$:
 $M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd}$





CÁLCULO PLÁSTICO SECCIONES. INTERACCIÓN AXIL-MOMENTO FLECTOR z

$\alpha =$ 0,0075 $hw(mm) =$ 862,6 $f_y (kp/cm^2) =$ 2.600,00 $N_{pl}(T) =$ 1.414,81
 $\beta =$ 0,2234 $n_w =$ 0,36233 $n_0 =$ 0,181 $\gamma_{m0} =$ 1,05 $M_{pl,z}(mT) =$ 518,72
 $p_a =$ 7,85 (Kp/l) $a =$ 0,36776 $f_{yd}(kp/cm^2) =$ 2.476,19

NOBRE COMERCIAL	GEOMETRIA					G (Kg/m)	AL (m2/ml)	AG (m2/Tn)	AXIL	CORTANTE		FLECTOR z (eje Fuerte)				FLECTOR y (Eje Débil)				TORSIÓN	
	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)				A (cm2)	Av,y (cm2)	Av,z (cm2)	Iz (cm4)	Wel,z (cm3)	Wpl,z (cm3)	iz (cm)	Iy (cm4)	Wel,y (cm3)	Wpl,y (cm3)	Iy (cm)	It (cm4)	Ia (cm6)
HL 920x449	948	423	24,0	42,7	19	448,52	3,507	7,82	571,36	236,60	301,04	874.725,36	18.454,12	20.948,43	39,13	53.971,83	2.551,86	3.949,38	9,72	2.609,41	1,10E+08

he (cm)	M,N,z (mT)	n N/Npl	Mn/Mp TEORIA	Mn/Mpl CE
0,00	518,7	0,00	1,00	1,00
11,90	516,6	0,05	1,00	1,00
23,81	510,3	0,10	0,98	1,00
35,71	499,8	0,15	0,96	1,00
47,61	485,0	0,20	0,94	0,98
59,52	466,1	0,25	0,90	0,92
71,42	442,9	0,30	0,85	0,86
83,32	415,6	0,35	0,80	0,80
86,70	385,2	0,40	0,74	0,74
87,37	354,4	0,45	0,68	0,67
88,05	323,4	0,50	0,62	0,61
88,72	292,1	0,55	0,56	0,55
89,40	260,6	0,60	0,50	0,49
90,07	228,9	0,65	0,44	0,43
90,75	196,9	0,70	0,38	0,37
91,42	164,7	0,75	0,32	0,31
92,10	132,2	0,80	0,25	0,25
92,77	99,5	0,85	0,19	0,18
93,45	66,6	0,90	0,13	0,12
94,12	33,4	0,95	0,06	0,06
94,80	0,0	1,00	0,00	0,00

$$n_w = \frac{h_w t_w}{A}$$

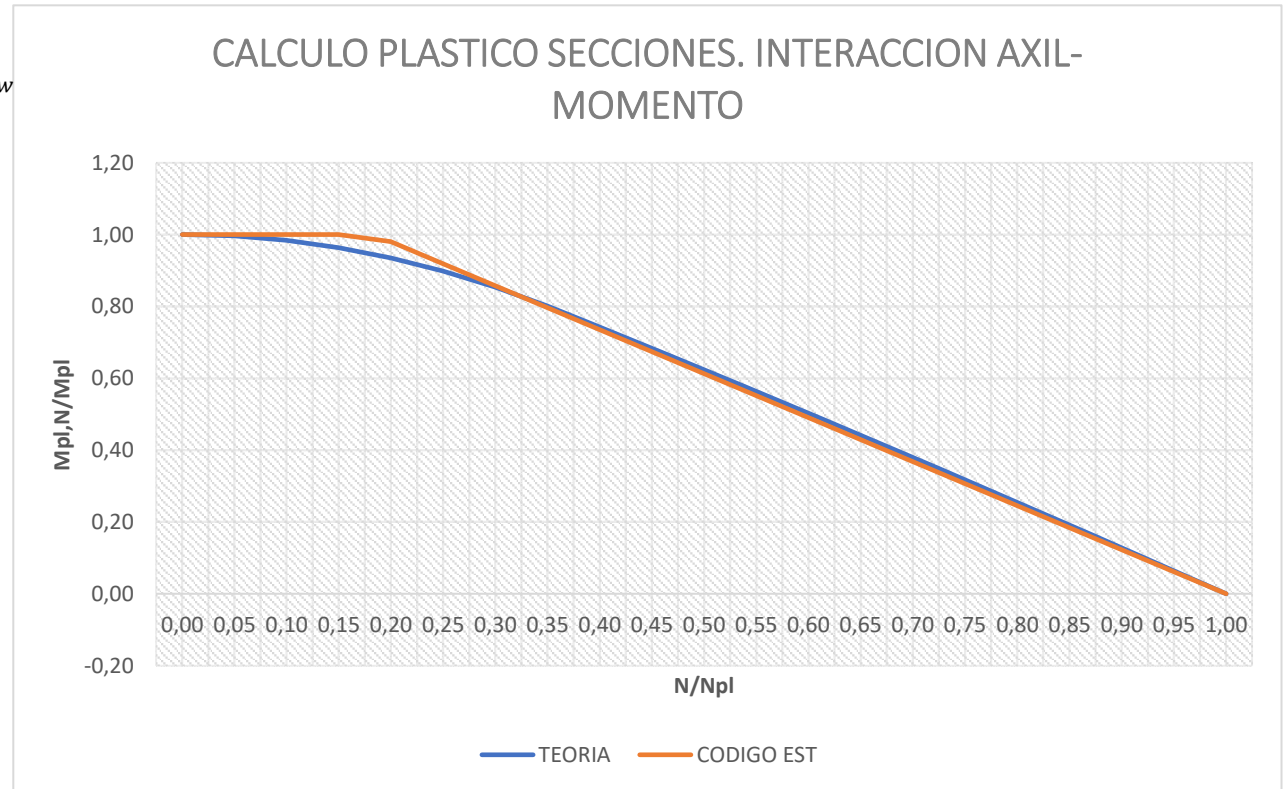
Si $n_0 < n_{sw}$: $M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} - \frac{A^2 n^2}{4 t_w} f_{yd}$

Si $n > n_w$: $M_{N,z,Rd} = \frac{A}{2} [1 - n] \left[h - \frac{A}{2b} (1 - n) \right] f_{yd}$

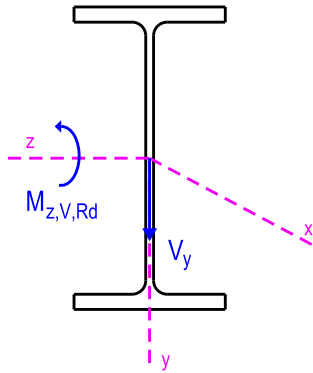
$$n_0 = 0,5 \frac{h_w t_w}{A} = 0,5 n_w$$

Si $n \leq n_0$:

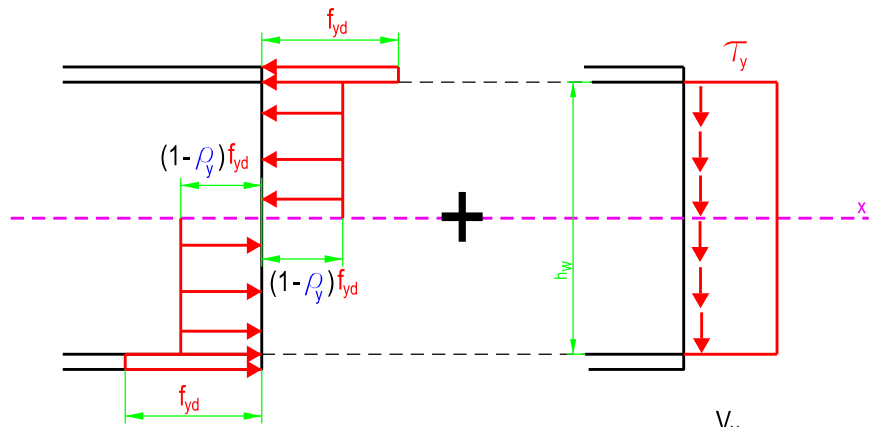
$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd}$$



Esfuerzos Resistentes



$M_{z,V,Rd}$
Distribución plástica de tensiones

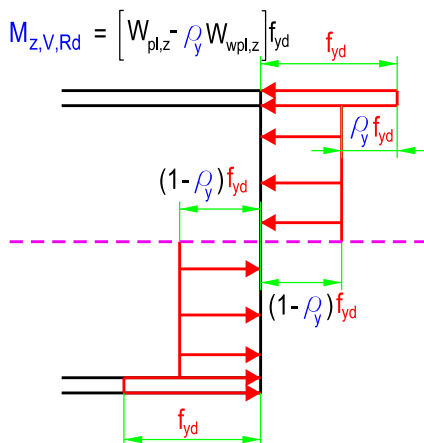


V_y
Distribución tensiones tangenciales

$$\tau_y = \frac{V_y}{A_{v,y}}$$

$$\rho_y = \left[2 \frac{V_y}{V_{pl,y,Rd}} - 1 \right]^2$$

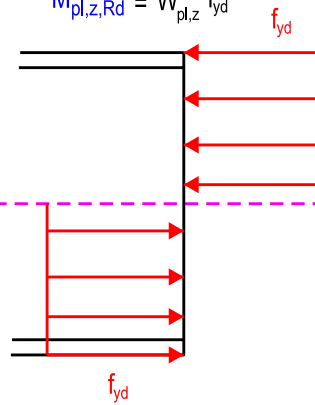
Distribución plástica de tensiones



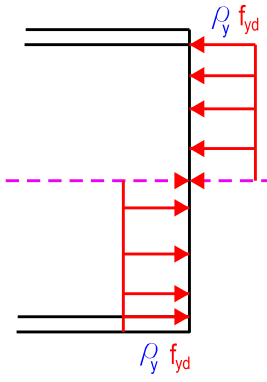
$$M_{z,V,Rd} = \left[W_{pl,z} - \rho_y W_{wpl,z} \right] f_{yd}$$

$$M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} f_{yd}$$

$$M_{wpl,z,Rd} = W_{wpl,z} \rho_y f_{yd}$$



$$W_{pl,z}$$



$$W_{wpl,z}$$

$$M_{z,V,Rd} = \left[W_{pl,z} - \rho_y \frac{1}{4} t_w h_w^2 \right] f_{yd}$$

$$W_{wpl,z} = \frac{1}{4} t_w h_w^2$$

En el código estructural:

Sea $v_y = \frac{V_y}{V_{pl,y,Rd}}$

Si $v_y \leq 0,5 \Rightarrow \rho_y = 0$

$v_y > 0,5 \Rightarrow \rho_y = \left[2 v_y - 1 \right]^2$

$$M_{z,V,Rd} = \left[W_{pl,z} - \rho_y \frac{1}{4} t_w h_w^2 \right] f_{yd}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 2

FORMATO : A4

PLANO Nº :

CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

ESCALA:

1/15

CE-AP2-18



CÁLCULO PLÁSTICO SECCIONES. INTERACCION CORTANTE y-MOMENTO FLECTOR z

$\alpha =$ 0,0075 $hw(mm) =$ 863 $f_y (kp/cm^2) =$ 2.803,00 $N_{pl}(T) =$ 1.167,06
 $\beta =$ 0,2234 $\gamma_m =$ 1,05 $\gamma_{m0} =$ 1,05 $M_{pl,z}(mT) =$ 419,05
 $\rho_a =$ 7,85 (Kp/l) $\tau_d (kp/cm^2) =$ 1.541,25 $f_{yd} (kp/cm^2) =$ 2.669,52 $V_{pl,y}(T) =$ 1.541,25

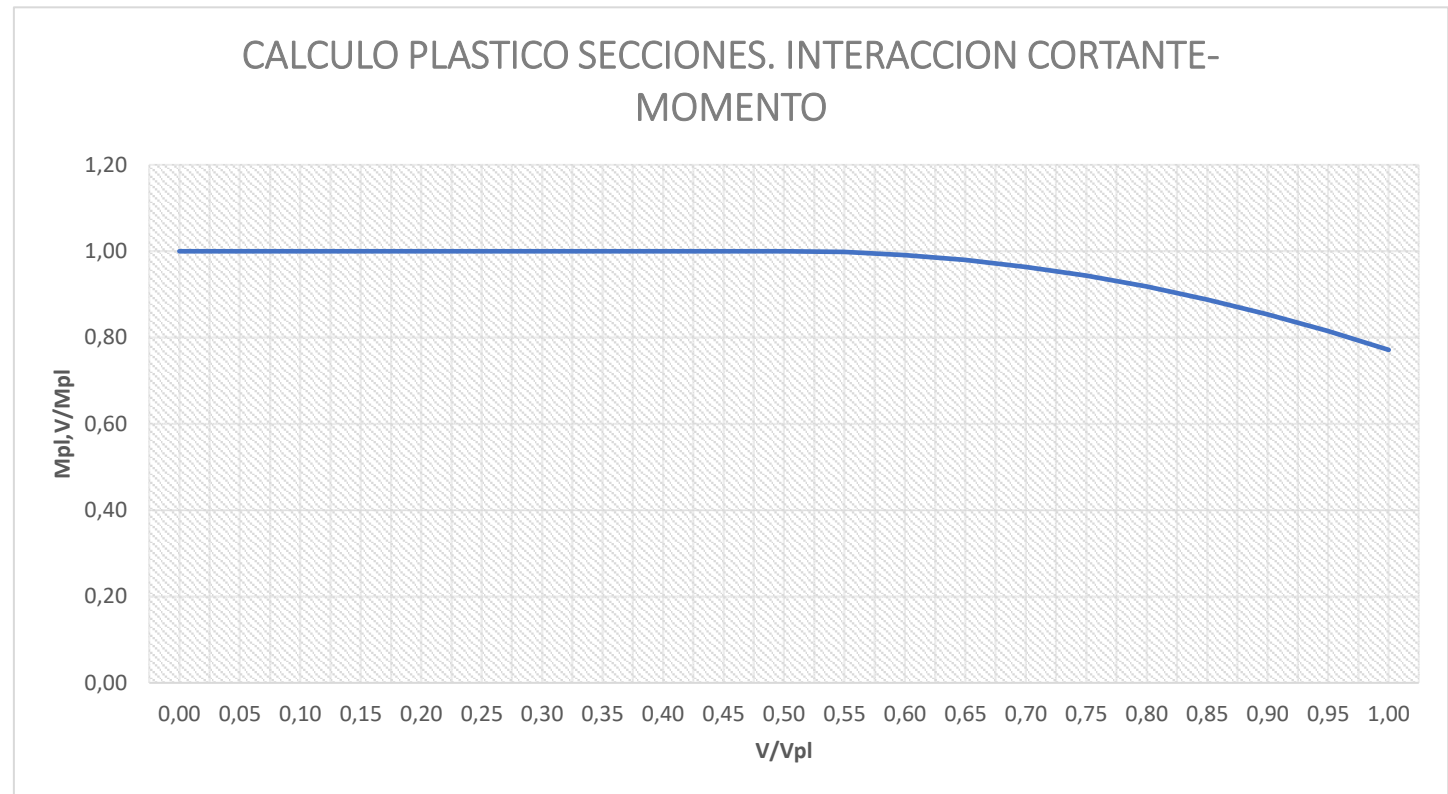
NOBRE COMERCIAL	GEOMETRIA					G (Kg/m)	AL (m2/ml)	AG (m2/Tn)	AXIL	CORTANTE		FLECTOR z (eje Fuerte)				FLECTOR y (Eje Débil)				TORSIÓN	
	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)				A (cm2)	Av,y (cm2)	Av,z (cm2)	Iz (cm4)	Wel,z (cm3)	Wpl,z (cm3)	iz (cm)	Iy (cm4)	Wel,y (cm3)	Wpl,y (cm3)	iy (cm)	It (cm4)	Ia (cm6)
HL 920x340	927	418	19,3	32,0	19	343,18	3,455	10,07	437,18	187,99	222,93	644.984,39	13.915,52	15.697,43	38,41	39.009,88	1.866,50	2.880,25	9,45	1.133,90	7,80E+07

py	M,V,z (mT)	vy Vy/Vpl,y	Mv/Mpl
0,00	419,0	0,00	1,00
0,00	419,0	0,05	1,00
0,00	419,0	0,10	1,00
0,00	419,0	0,15	1,00
0,00	419,0	0,20	1,00
0,00	419,0	0,25	1,00
0,00	419,0	0,30	1,00
0,00	419,0	0,35	1,00
0,00	419,0	0,40	1,00
0,00	419,0	0,45	1,00
0,00	419,0	0,50	1,00
0,01	418,1	0,55	1,00
0,04	415,2	0,60	0,99
0,09	410,4	0,65	0,98
0,16	403,7	0,70	0,96
0,25	395,1	0,75	0,94
0,36	384,5	0,80	0,92
0,49	372,0	0,85	0,89
0,64	357,7	0,90	0,85
0,81	341,3	0,95	0,81
1,00	323,1	1,00	0,77

Si $v_y \leq 0,5$: $\rho_y = 0$

Si $v_y > 0,5$: $\rho_y = [2v_y - 1]^2$

$$M_{V,z,Rd} = \left[W_{pl,z} - \frac{1}{4} \rho_y t_w h_w^2 \right] f_{yd}$$





CÁLCULO PLÁSTICO SECCIONES. INTERACCIÓN CORTANTE y-MOMENTO FLECTOR z

$\alpha =$ 0,0075 $hw(mm) =$ 862,8 $f_y (kp/cm^2) =$ 2.803,00 $N_{pl}(T) =$ 1.319,59
 $\beta =$ 0,2234 $\gamma_m =$ 1,05 $M_{pl,z}(mT) =$ 478,43
 $\rho_a =$ 7,85 (Kp/l) $\tau_d (kp/cm^2) =$ 1.541,25 $f_{yd}(kp/cm^2) =$ 2.669,52 $V_{pl,y}(T) =$ 1.541,25

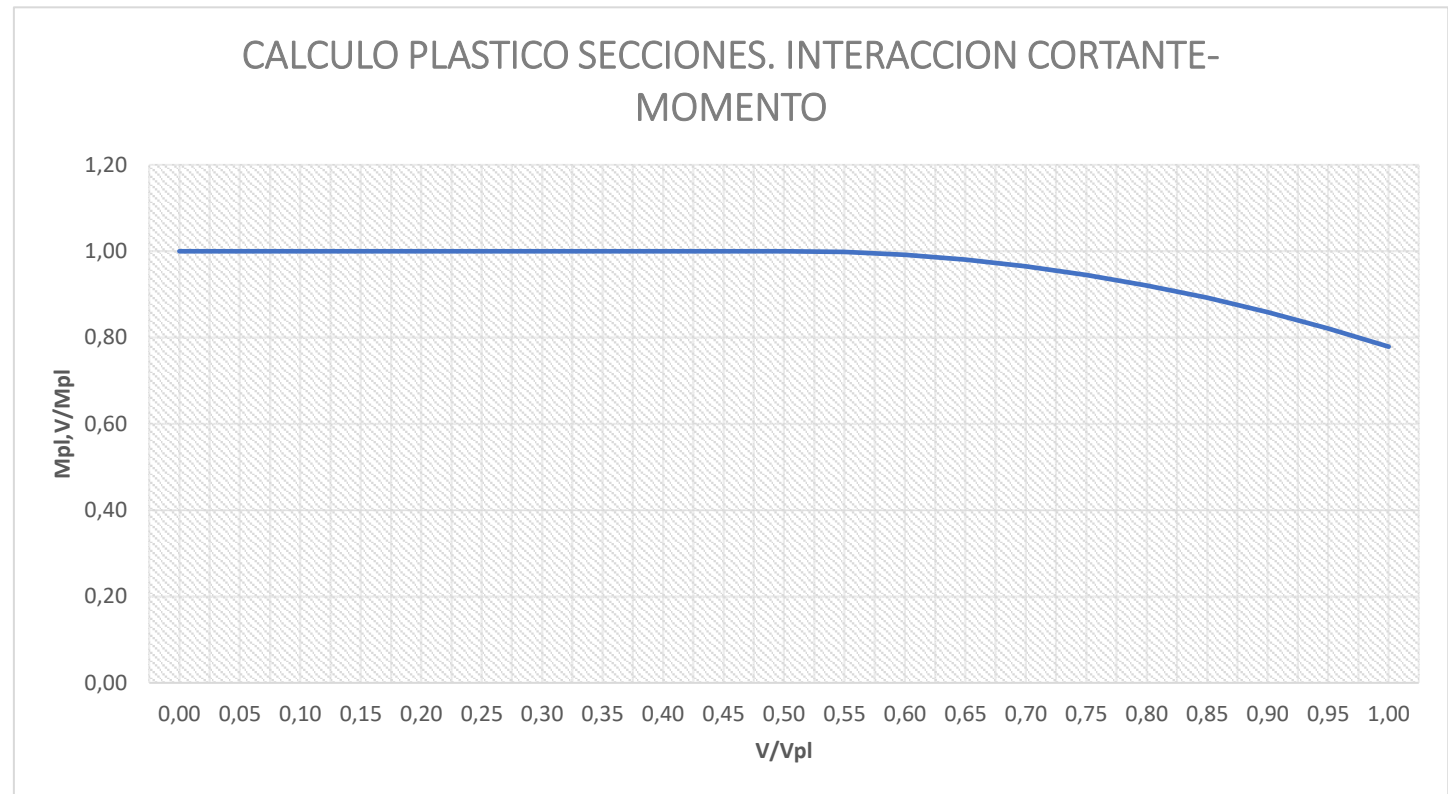
NOBRE COMERCIAL	GEOMETRIA					G (Kg/m)	AL (m2/ml)	AG (m2/Tn)	AXIL	CORTANTE		FLECTOR z (eje Fuerte)				FLECTOR y (Eje Débil)				TORSIÓN	
	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)				A (cm2)	Av,y (cm2)	Av,z (cm2)	Iz (cm4)	Wel,z (cm3)	Wpl,z (cm3)	iz (cm)	Iy (cm4)	Wel,y (cm3)	Wpl,y (cm3)	iy (cm)	It (cm4)	Ia (cm6)
HL 920x390	936	420	21,3	36,6	19	388,04	3,477	8,96	494,32	208,58	256,20	741.740,29	15.849,15	17.922,00	38,74	45.270,43	2.155,73	3.330,60	9,57	1.665,72	9,14E+07

py	M,V,z (mT)	vy Vy/Vpl,y	Mv/Mpl
0,00	478,4	0,00	1,00
0,00	478,4	0,05	1,00
0,00	478,4	0,10	1,00
0,00	478,4	0,15	1,00
0,00	478,4	0,20	1,00
0,00	478,4	0,25	1,00
0,00	478,4	0,30	1,00
0,00	478,4	0,35	1,00
0,00	478,4	0,40	1,00
0,00	478,4	0,45	1,00
0,00	478,4	0,50	1,00
0,01	477,4	0,55	1,00
0,04	474,2	0,60	0,99
0,09	468,9	0,65	0,98
0,16	461,5	0,70	0,96
0,25	452,0	0,75	0,94
0,36	440,3	0,80	0,92
0,49	426,6	0,85	0,89
0,64	410,7	0,90	0,86
0,81	392,7	0,95	0,82
1,00	372,6	1,00	0,78

Si $v_y \leq 0,5$: $\rho_y = 0$

Si $v_y > 0,5$: $\rho_y = [2v_y - 1]^2$

$$M_{V,z,Rd} = \left[W_{pl,z} - \frac{1}{4} \rho_y t_w h_w^2 \right] f_{yd}$$





CÁLCULO PLÁSTICO SECCIONES. INTERACCION CORTANTE y-MOMENTO FLECTOR z

$\alpha =$ 0,0075 $hw(mm) =$ 863,2 $f_y (kp/cm^2) =$ 2.803,00 $N_{pl}(T) =$ 1.425,73
 $\beta =$ 0,2234 $\gamma_m =$ 1,05 $M_{pl,z}(mT) =$ 521,36
 $\rho_a =$ 7,85 (Kp/l) $\tau_d (kp/cm^2) =$ 1.541,25 $f_{yd}(kp/cm^2) =$ 2.669,52 $V_{pl,y}(T) =$ 1.541,25

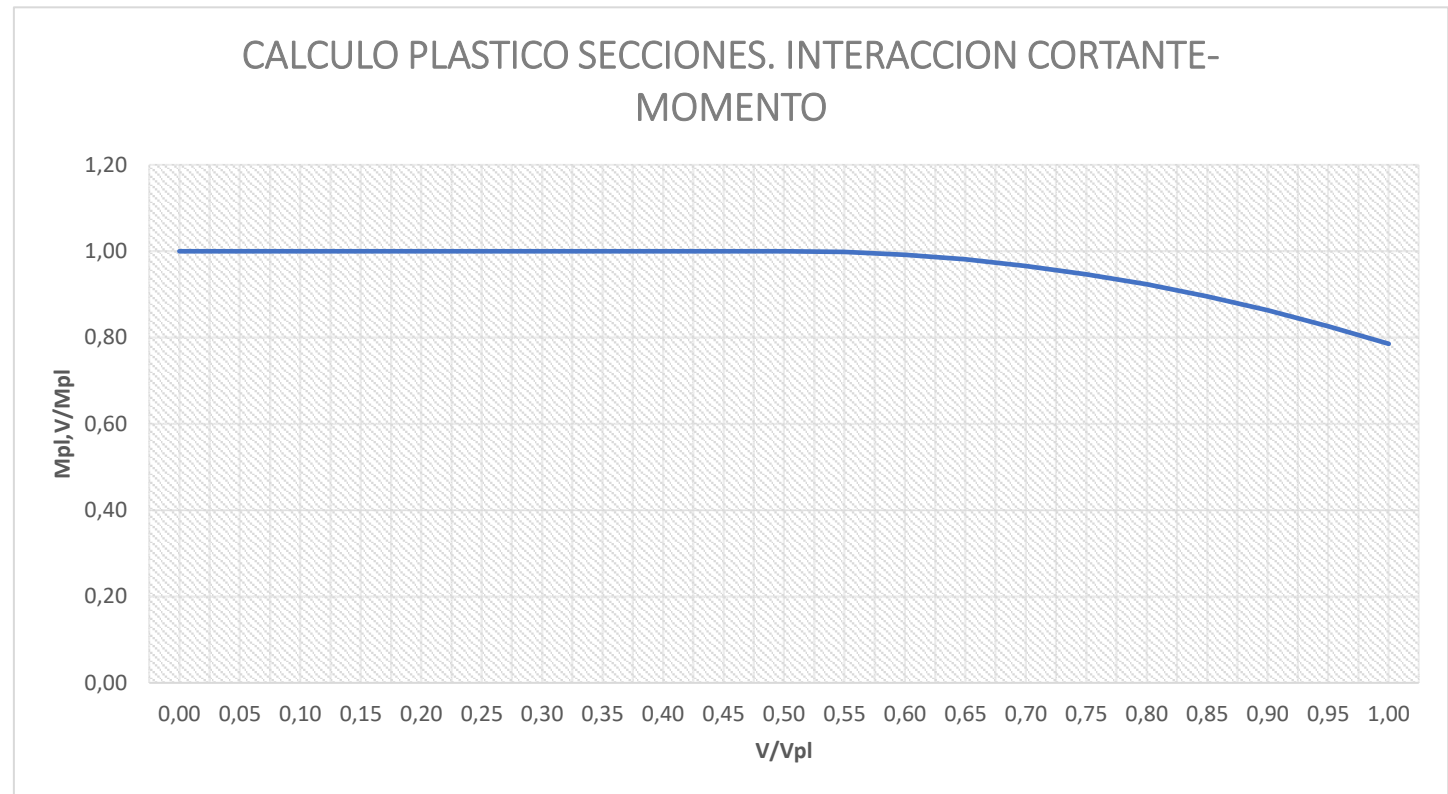
NOBRE COMERCIAL	GEOMETRIA					G (Kg/m)	AL (m2/ml)	AG (m2/Tn)	AXIL	CORTANTE		FLECTOR z (eje Fuerte)				FLECTOR y (Eje Débil)				TORSIÓN	
	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)				A (cm2)	Av,y (cm2)	Av,z (cm2)	Iz (cm4)	Wel,z (cm3)	Wpl,z (cm3)	iz (cm)	Iy (cm4)	Wel,y (cm3)	Wpl,y (cm3)	iy (cm)	It (cm4)	Ia (cm6)
HL 920x420	943	422	22,5	39,9	19	419,25	3,496	8,34	534,07	221,46	280,63	813.340,16	17.250,06	19.529,92	39,02	50.065,48	2.372,77	3.666,83	9,68	2.130,45	1,02E+08

py	M,V,z (mT)	vy Vy/Vpl,y	Mv/Mpl
0,00	521,4	0,00	1,00
0,00	521,4	0,05	1,00
0,00	521,4	0,10	1,00
0,00	521,4	0,15	1,00
0,00	521,4	0,20	1,00
0,00	521,4	0,25	1,00
0,00	521,4	0,30	1,00
0,00	521,4	0,35	1,00
0,00	521,4	0,40	1,00
0,00	521,4	0,45	1,00
0,00	521,4	0,50	1,00
0,01	520,2	0,55	1,00
0,04	516,9	0,60	0,99
0,09	511,3	0,65	0,98
0,16	503,5	0,70	0,97
0,25	493,4	0,75	0,95
0,36	481,1	0,80	0,92
0,49	466,5	0,85	0,89
0,64	449,7	0,90	0,86
0,81	430,7	0,95	0,83
1,00	409,5	1,00	0,79

Si $v_y \leq 0,5$: $\rho_y = 0$

Si $v_y > 0,5$: $\rho_y = [2v_y - 1]^2$

$$M_{V,z,Rd} = \left[W_{pl,z} - \frac{1}{4} \rho_y t_w h_w^2 \right] f_{yd}$$





CÁLCULO PLÁSTICO SECCIONES. INTERACCION CORTANTE y-MOMENTO FLECTOR z

$\alpha =$ 0,0075 $hw(mm) =$ 862,6 $f_y (kp/cm^2) =$ 2.600,00 $N_{pl}(T) =$ 1.414,81
 $\beta =$ 0,2234 $\gamma_m =$ 1,05 $\gamma_{m0} =$ 1,05 $M_{pl,z}(mT) =$ 518,72
 $\rho_a =$ 7,85 (Kp/l) $\tau_d (kp/cm^2) =$ 1.429,63 $f_{yd} (kp/cm^2) =$ 2.476,19 $V_{pl,y}(T) =$ 1.429,63

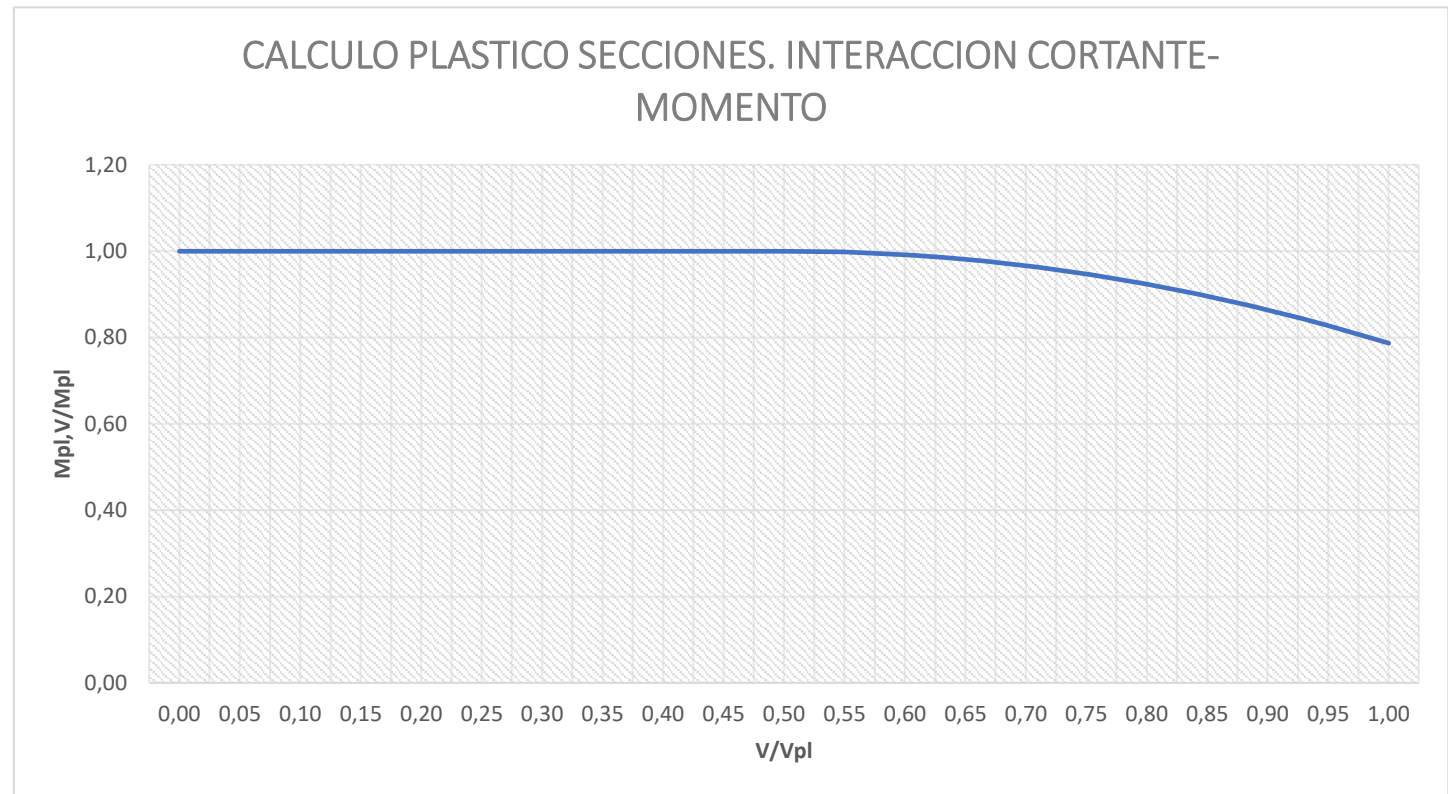
NOBRE COMERCIAL	GEOMETRIA					G (Kg/m)	AL (m2/ml)	AG (m2/Tn)	AXIL	CORTANTE		FLECTOR z (eje Fuerte)				FLECTOR y (Eje Débil)				TORSIÓN	
	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)				A (cm2)	Av,y (cm2)	Av,z (cm2)	Iz (cm4)	Wel,z (cm3)	Wpl,z (cm3)	iz (cm)	Iy (cm4)	Wel,y (cm3)	Wpl,y (cm3)	iy (cm)	It (cm4)	Ia (cm6)
HL 920x449	948	423	24,0	42,7	19	448,52	3,507	7,82	571,36	236,60	301,04	874.725,36	18.454,12	20.948,43	39,13	53.971,83	2.551,86	3.949,38	9,72	2.609,41	1,10E+08

py	M,V,z (mT)	vy Vy/Vpl,y	Mv/Mpl
0,00	518,7	0,00	1,00
0,00	518,7	0,05	1,00
0,00	518,7	0,10	1,00
0,00	518,7	0,15	1,00
0,00	518,7	0,20	1,00
0,00	518,7	0,25	1,00
0,00	518,7	0,30	1,00
0,00	518,7	0,35	1,00
0,00	518,7	0,40	1,00
0,00	518,7	0,45	1,00
0,00	518,7	0,50	1,00
0,01	517,6	0,55	1,00
0,04	514,3	0,60	0,99
0,09	508,8	0,65	0,98
0,16	501,0	0,70	0,97
0,25	491,1	0,75	0,95
0,36	478,9	0,80	0,92
0,49	464,6	0,85	0,90
0,64	448,0	0,90	0,86
0,81	429,2	0,95	0,83
1,00	408,2	1,00	0,79

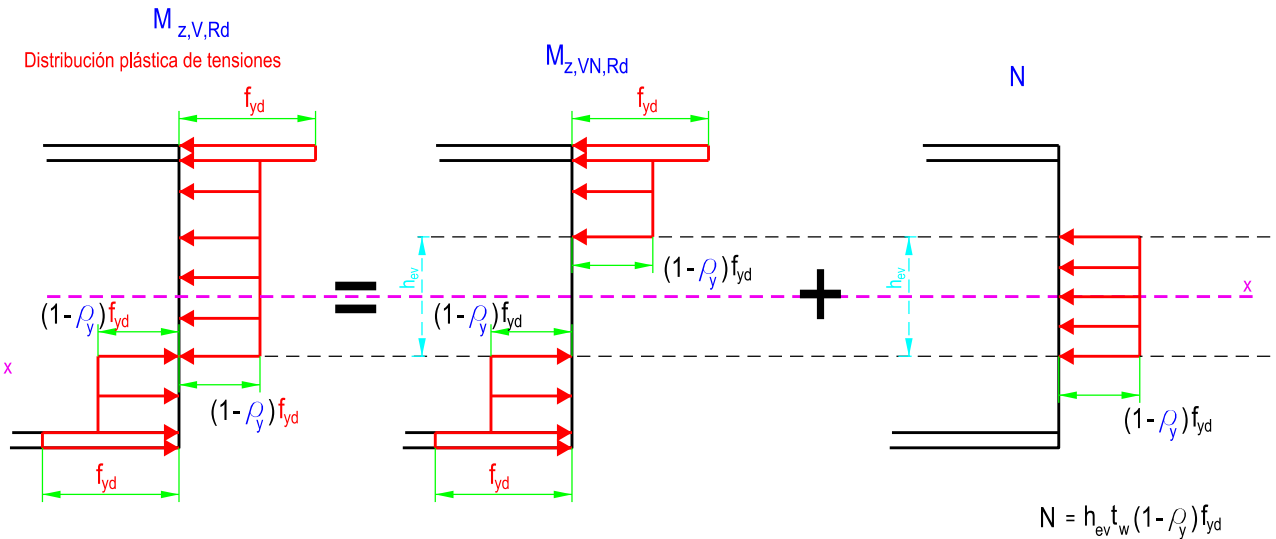
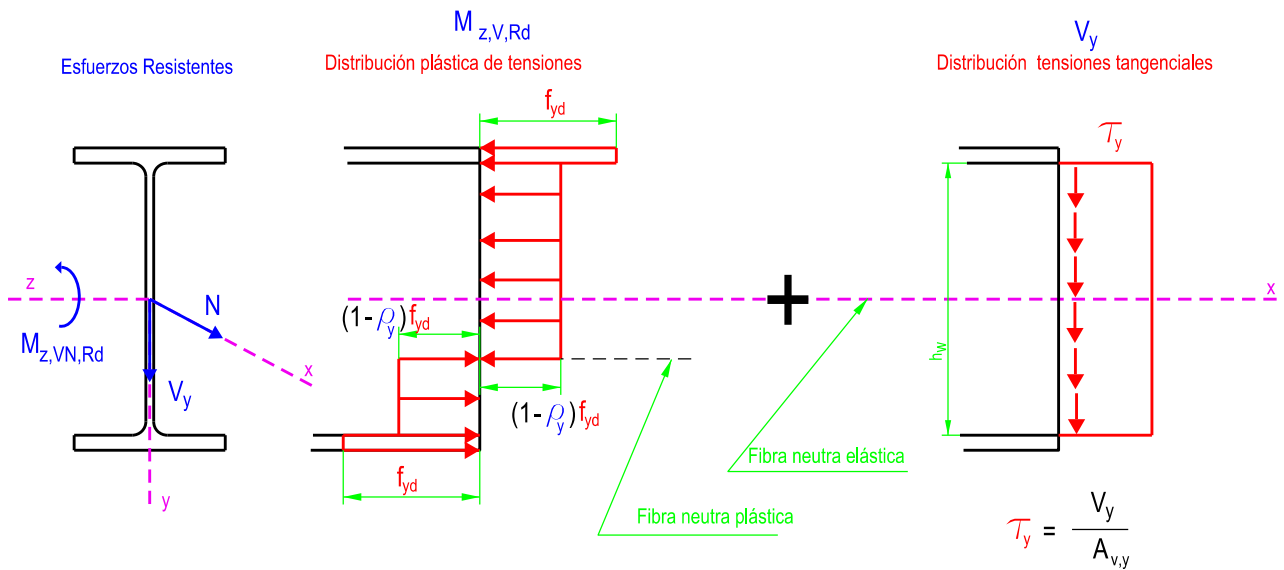
Si $v_y \leq 0,5$: $\rho_y = 0$

Si $v_y > 0,5$: $\rho_y = [2v_y - 1]^2$

$$M_{V,z,Rd} = \left[W_{pl,z} - \frac{1}{4} \rho_y t_w h_w^2 \right] f_{yd}$$



Si $h_{ev} \leq h_w$: (f.n.p está en el alma) $\Leftrightarrow n \leq n_w$



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO:

APÉNDICE 2

FORMATO: A4

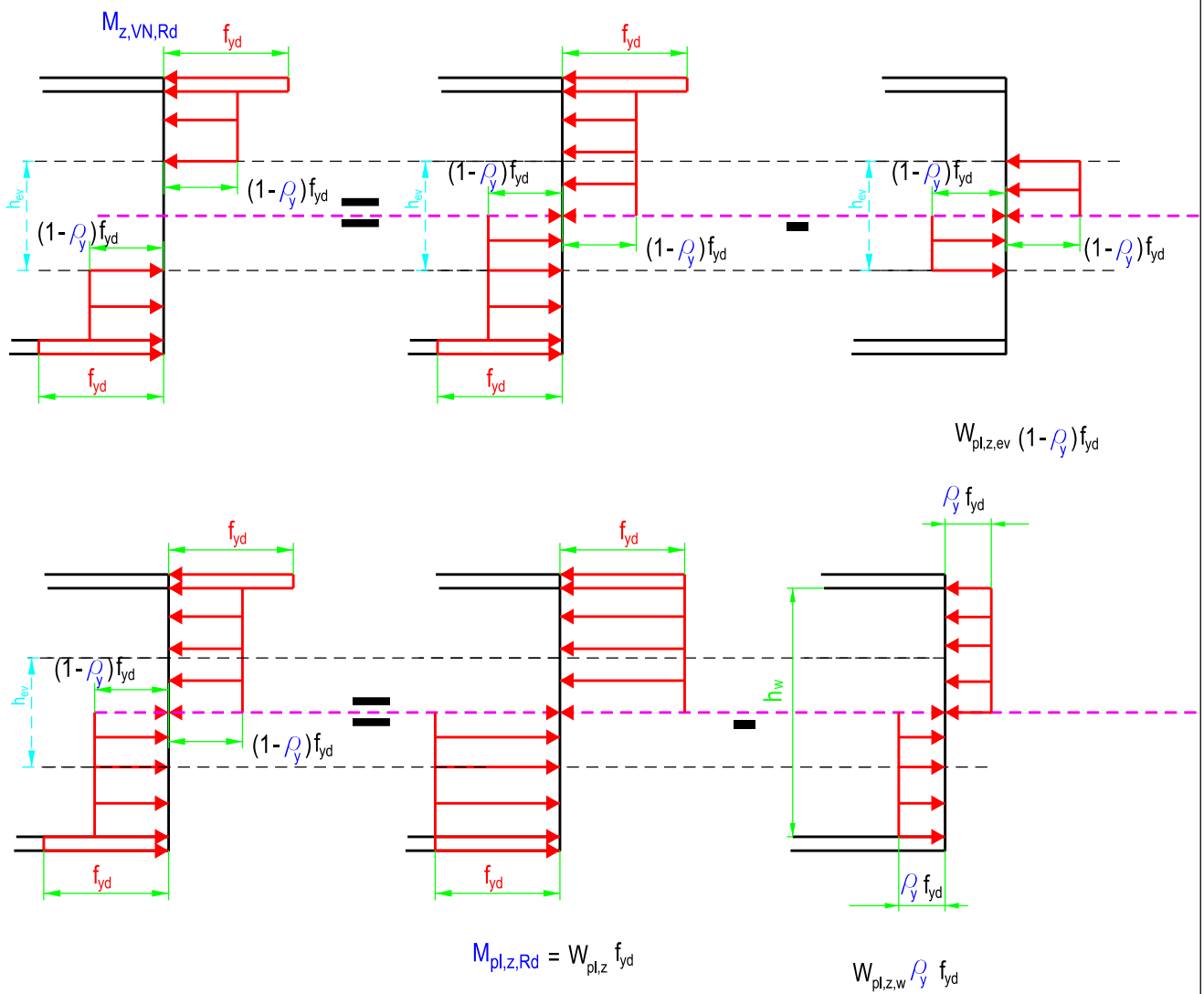
PLANO Nº:

CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

ESCALA:

1/15

CE-AP2-23



$$M_{z,VN,Rd} = W_{pl,z} f_{yd} - W_{pl,z,w} \rho_y f_{yd} - W_{pl,z,ev} (1 - \rho_y) f_{yd} = \left[W_{pl,z} - \rho_y W_{pl,z,w} - (1 - \rho_y) W_{pl,z,ev} \right] f_{yd}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 2

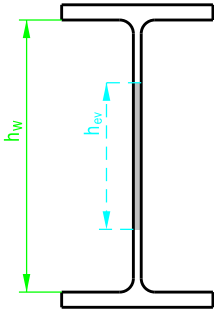
FORMATO: A4

PLANO Nº:

CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

ESCALA: 1/15

CE-AP2-24



$$N = h_{ev} t_w (1 - \rho_y) f_{yd}$$

$$h_{ev} = \frac{N}{t_w (1 - \rho_y) f_{yd}} = \frac{N}{t_w (1 - \rho_y) \frac{N_{pl,Rd}}{A}} = \frac{A}{t_w (1 - \rho_y)} \frac{N}{N_{pl,Rd}} = \frac{A}{t_w (1 - \rho_y)} n$$

$$W_{pl,z,ev} = \frac{1}{4} t_w h_{ev}^2 = \frac{1}{4} t_w \left[\frac{A}{t_w (1 - \rho_y)} n \right]^2 = \frac{1}{4 t_w} \left[\frac{A n}{(1 - \rho_y)} \right]^2$$

$$W_{pl,z,w} = \frac{1}{4} t_w h_w^2$$

$$h_{ev} \leq h_w \Leftrightarrow n \leq n_w$$

Cuando $h_{ev} = h_w \Rightarrow n = n_w = \frac{h_w t_w}{A} (1 - \rho_y)$

$$M_{z,VN,Rd} = \left[W_{pl,z} - \rho_y W_{pl,z,w} - (1 - \rho_y) W_{pl,z,ev} \right] f_{yd}$$

$$M_{z,VN,Rd} = \left[W_{pl,z} - \rho_y \frac{1}{4} t_w h_w^2 - (1 - \rho_y) \frac{1}{4 t_w} \left[\frac{A n}{(1 - \rho_y)} \right]^2 \right] f_{yd}$$

$$M_{z,VN,Rd} = \left[W_{pl,z} - \rho_y \frac{1}{4} t_w h_w^2 - \frac{A^2}{4 t_w} \frac{n^2}{(1 - \rho_y)} \right] f_{yd}$$

Además:

$$n = \frac{N}{N_{pl,Rd}} \quad n_0 = 0,5 \frac{h_w t_w}{A}$$

$$v_y = \frac{V_y}{V_{pl,y,Rd}}$$

Si $v_y \leq 0,5 \Rightarrow \rho_y = 0 \Rightarrow M_{z,VN,Rd} = M_{N,z,Rd}$

Si $v_y > 0,5 \Rightarrow \rho_y = \left[2 v_y - 1 \right]^2$

Si $n \leq n_0 \Rightarrow M_{z,VN,Rd} = M_{z,V,Rd} (n=0)$

Si $v_y = 1 \Rightarrow M_{z,VN,Rd} = 0$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 2

FORMATO: A4

PLANO N°:

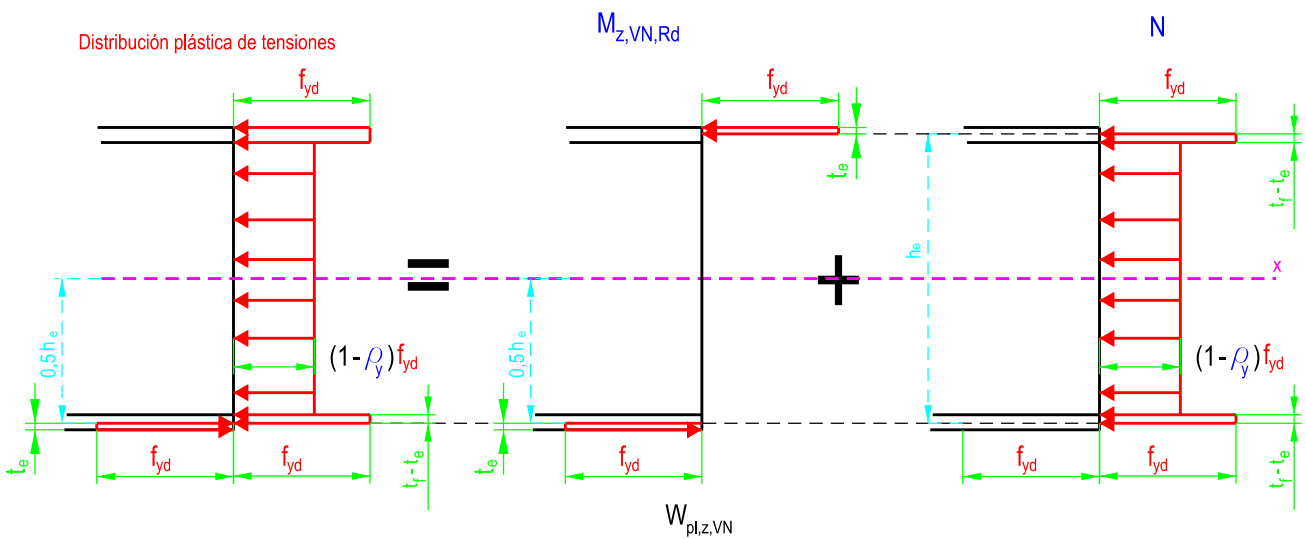
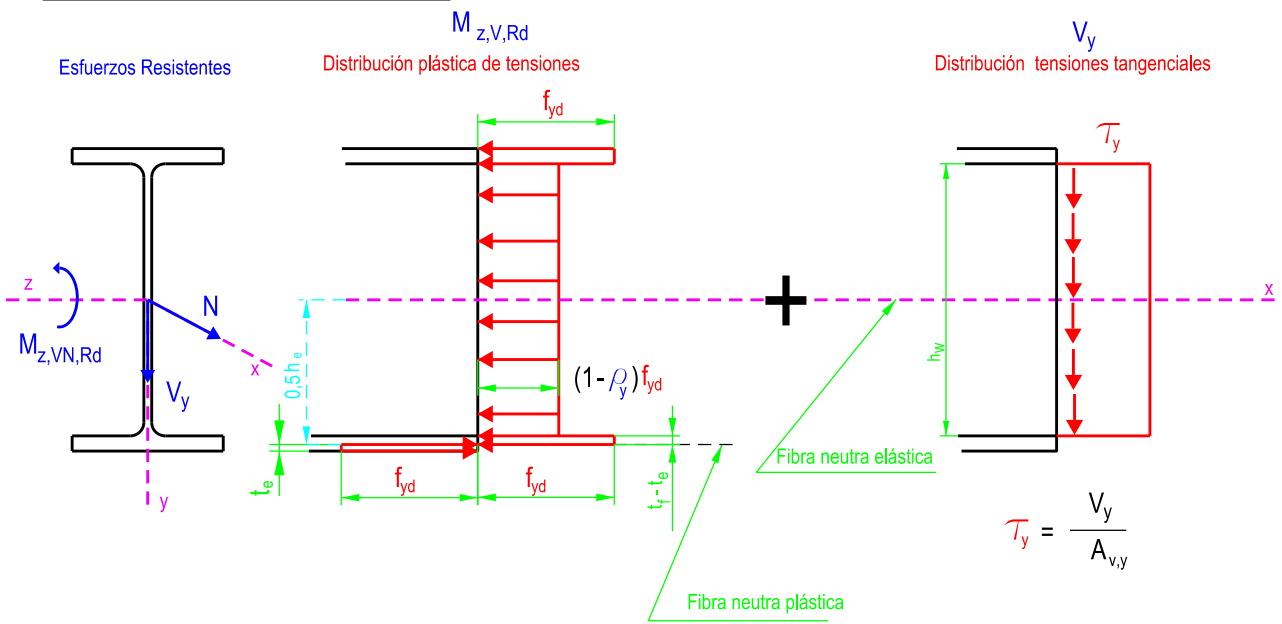
CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

ESCALA:

1/15

CE-AP2-25

Si $h_{ev} > h_w$ (f.n.p está en el ala) $\Leftrightarrow n > n_w$



$$M_{z,VN,Rd} = W_{pl,z,VN} f_{yd}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 2

FORMATO: A4

PLANO N°:

CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

ESCALA:

1/15

CE-AP2-26

$$t_e = \frac{1}{2} [h - h_{ev}]$$

$$n = \frac{N}{N_{pl,Rd}}$$

$$h_w + \frac{2A}{b} n - \frac{2t_w h_w}{b} (1 - \rho_y)$$

$$N = [A - 2bt_e](1 - \rho_y)f_{yd} + 2b(t_f - t_e)\rho_y f_{yd} \Rightarrow$$

$$h_{ev} = h - 2\rho_y t_f - \frac{A}{b} [1 - n - \rho_y]$$

$$v_y = \frac{V_y}{V_{pl,y,Rd}}$$

$$\rho_y = [2v_y - 1]^2$$

$$W_{pl,z,VN} = b t_e [h - t_e] = \frac{b}{4} [h^2 - h_{ev}^2]$$

$$W_{pl,z,VN} = \rho_y b t_f [h - \rho_y t_f] + \frac{A}{2} [1 - n - \rho_y] \left[h - 2\rho_y t_f - \frac{A}{2b} [1 - n - \rho_y] \right]$$

$$M_{z,VN,Rd} = W_{pl,z,VN} f_{yd}$$

Estamos en el caso $n > n_w > n_0$

$$v_y = \frac{V_y}{V_{pl,y,Rd}}$$

Si $v_y \leq 0,5 \Rightarrow \rho_y = 0 \Rightarrow M_{z,VN,Rd} = M_{N,z,Rd}$

Si $v_y > 0,5 \Rightarrow \rho_y = [2v_y - 1]^2$

Si $v_y = 1 \Rightarrow M_{z,VN,Rd} = 0$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 2

FORMATO: A4

PLANO N°:

CÁLCULO SECCIONES PLÁSTICAS Y ELÁSTICAS

ESCALA:

1/15

CE-AP2-27

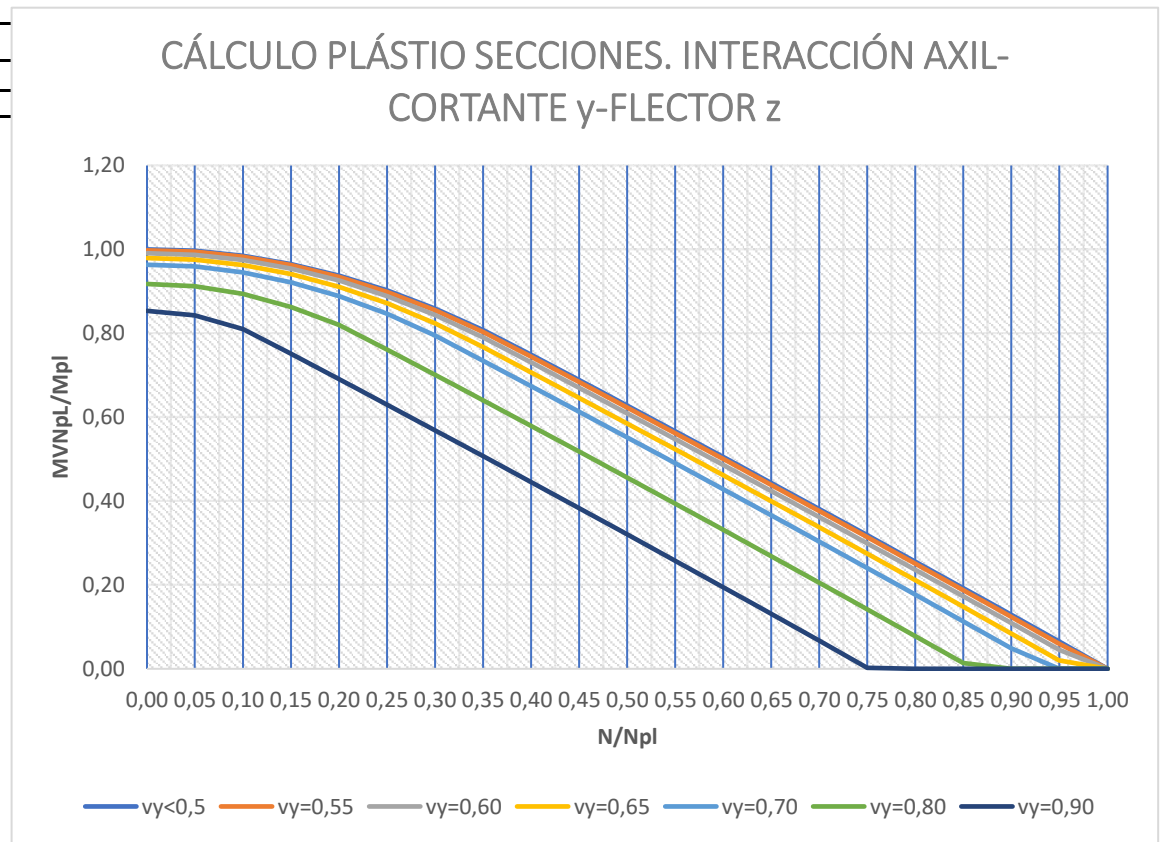


CÁLCULO PLÁSTICO SECCIONES. INTERACCIÓN AXIL-CORTANTE y-MOMENTO FLECTOR z

$\alpha =$ 0,0075 hw(mm)= 863 fy (kp/cm²)= 2.803,00 Npl (T)= 1.167,06
 $\beta =$ 0,2234 No utilizamos la aproximación $n < n_0 = 0,5 n_w \Rightarrow n = 0$ $\gamma_{m0} =$ 1,05 Mpl,z (mT)= 419,05
 $\rho_a =$ 7,85 (Kp/l) tyd (kp/cm²)= 1.541,25 fyd (kp/cm²)= 2.669,52 Vpl,y (T)= 289,75

NOBRE COMERCIAL	GEOMETRIA					G (Kg/m)	AL (m ² /ml)	AG (m ² /Tn)	AXIL	CORTANTE		FLECTOR z (eje Fuerte)				FLECTOR y (Eje Débil)				TORSIÓN	
	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)				A (cm ²)	Av,y (cm ²)	Av,z (cm ²)	Iz (cm ⁴)	Wel,z (cm ³)	Wpl,z (cm ³)	iz (cm)	Iy (cm ⁴)	Wel,y (cm ³)	Wpl,y (cm ³)	iy (cm)	It (cm ⁴)	Ia (cm ⁶)
HL 920x344	927	418	19,3	32,0	19	343,18	3,455	10,07	437,18	187,99	222,93	644.984,39	13.915,52	15.697,43	38,41	39.009,88	1.866,50	2.880,25	9,45	1.133,90	7,80E+07

n	Mvn/Mpl							
	0,38099	0,377177	0,3657	0,34669801	0,3200289	0,2438316	0,137155256	<=nw
	0,000	0,010	0,040	0,090	0,160	0,360	0,640	<=py
	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80	0,90	<=vy
0,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,96	0,92	0,85	
0,05	1,00	0,99	0,99	0,98	0,96	0,91	0,84	
0,10	0,98	0,98	0,97	0,96	0,94	0,89	0,81	
0,15	0,96	0,96	0,95	0,94	0,92	0,86	0,75	
0,20	0,94	0,93	0,93	0,91	0,89	0,82	0,69	
0,25	0,90	0,90	0,89	0,87	0,85	0,76	0,63	
0,30	0,86	0,85	0,84	0,82	0,79	0,70	0,57	
0,35	0,81	0,80	0,79	0,77	0,73	0,64	0,51	
0,40	0,75	0,74	0,73	0,71	0,67	0,58	0,44	
0,45	0,69	0,68	0,67	0,65	0,61	0,52	0,38	
0,50	0,63	0,62	0,61	0,58	0,55	0,46	0,32	
0,55	0,57	0,56	0,55	0,52	0,49	0,39	0,26	
0,60	0,50	0,50	0,49	0,46	0,43	0,33	0,19	
0,65	0,44	0,44	0,42	0,40	0,37	0,27	0,13	
0,70	0,38	0,38	0,36	0,34	0,30	0,21	0,07	
0,75	0,32	0,31	0,30	0,27	0,24	0,14	0,00	
0,80	0,26	0,25	0,24	0,21	0,18	0,08	0,00	
0,85	0,19	0,19	0,17	0,15	0,11	0,01	0,00	
0,90	0,13	0,12	0,11	0,08	0,05	0,00	0,00	
0,95	0,06	0,06	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	
1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	



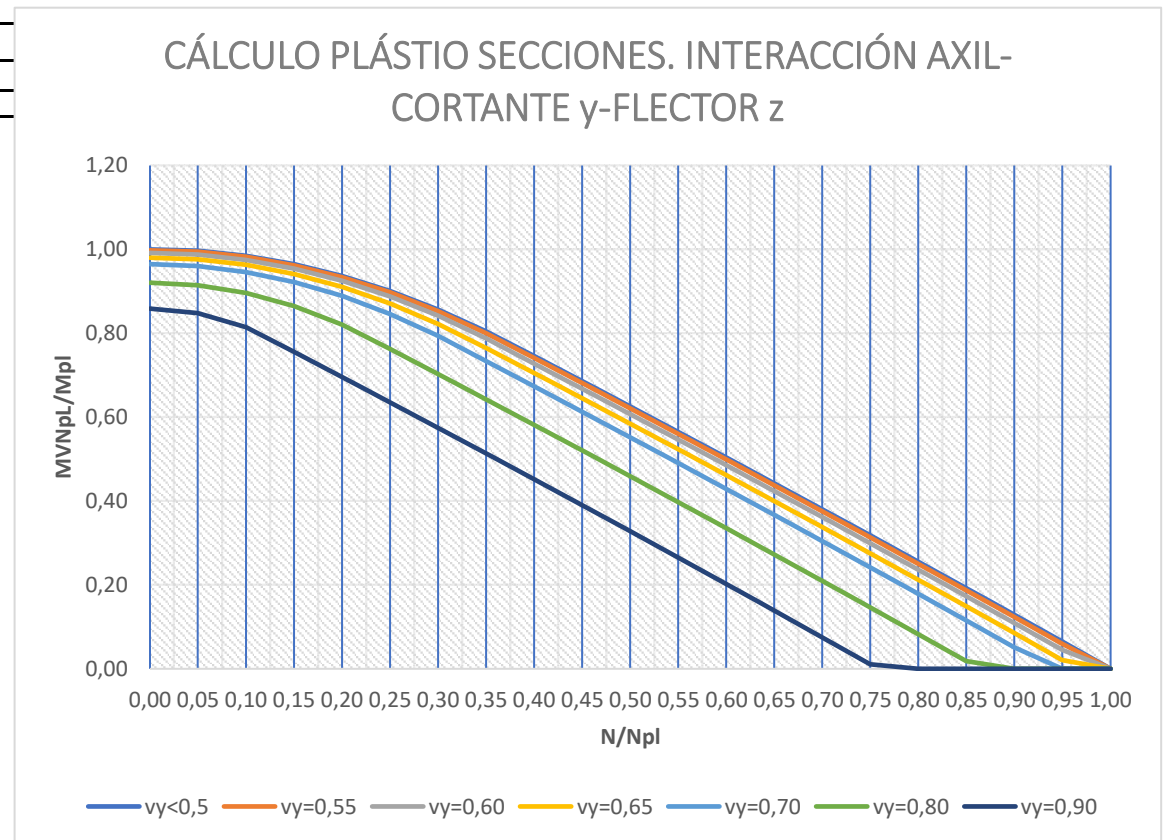


CÁLCULO PLÁSTICO SECCIONES. INTERACCIÓN AXIL-CORTANTE y-MOMENTO FLECTOR z

$\alpha =$ 0,0075 hw(mm)= 862,8 fy (kp/cm²)= 2.803,00 Npl (T)= 1.319,59
 $\beta =$ 0,2234 No utilizamos la aproximación n<n0=0,5nw =>n=0 $\gamma_{m0} =$ 1,05 Mpl,z (mT)= 478,43
 $\rho_a =$ 7,85 (Kp/l) tyd (kp/cm²)= 1.541,25 fyd (kp/cm²)= 2.669,52 Vpl,y (T)= 321,47

NOBRE COMERCIAL	GEOMETRIA					G (Kg/m)	AL (m ² /ml)	AG (m ² /Tn)	AXIL	CORTANTE		FLECTOR z (eje Fuerte)				FLECTOR y (Eje Débil)				TORSIÓN	
	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)				A (cm ²)	Av,y (cm ²)	Av,z (cm ²)	Iz (cm ⁴)	Wel,z (cm ³)	Wpl,z (cm ³)	iz (cm)	Iy (cm ⁴)	Wel,y (cm ³)	Wpl,y (cm ³)	iy (cm)	It (cm ⁴)	Ia (cm ⁶)
HL 920x390	936	420	21,3	36,6	19	388,04	3,477	8,96	494,32	208,58	256,20	741.740,29	15.849,15	17.922,00	38,74	45.270,43	2.155,73	3.330,60	9,57	1.665,72	9,14E+07

n	Mvn/Mpl							
	0,37178	0,368062	0,3569	0,33831957	0,312295	0,237939	0,13384071	<=nw
	0,000	0,010	0,040	0,090	0,160	0,360	0,640	<=py
	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80	0,90	<=vy
0,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,96	0,92	0,86	
0,05	1,00	0,99	0,99	0,98	0,96	0,91	0,85	
0,10	0,98	0,98	0,97	0,96	0,95	0,90	0,81	
0,15	0,96	0,96	0,95	0,94	0,92	0,86	0,75	
0,20	0,94	0,93	0,92	0,91	0,89	0,82	0,70	
0,25	0,90	0,90	0,89	0,87	0,85	0,76	0,63	
0,30	0,86	0,85	0,84	0,82	0,79	0,70	0,57	
0,35	0,80	0,80	0,79	0,76	0,73	0,64	0,51	
0,40	0,75	0,74	0,73	0,70	0,67	0,58	0,45	
0,45	0,69	0,68	0,67	0,64	0,61	0,52	0,39	
0,50	0,63	0,62	0,61	0,58	0,55	0,46	0,33	
0,55	0,56	0,56	0,55	0,52	0,49	0,40	0,27	
0,60	0,50	0,50	0,48	0,46	0,43	0,33	0,20	
0,65	0,44	0,44	0,42	0,40	0,37	0,27	0,14	
0,70	0,38	0,38	0,36	0,34	0,30	0,21	0,07	
0,75	0,32	0,31	0,30	0,27	0,24	0,15	0,01	
0,80	0,25	0,25	0,24	0,21	0,18	0,08	0,00	
0,85	0,19	0,19	0,17	0,15	0,11	0,02	0,00	
0,90	0,13	0,12	0,11	0,08	0,05	0,00	0,00	
0,95	0,06	0,06	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	
1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	





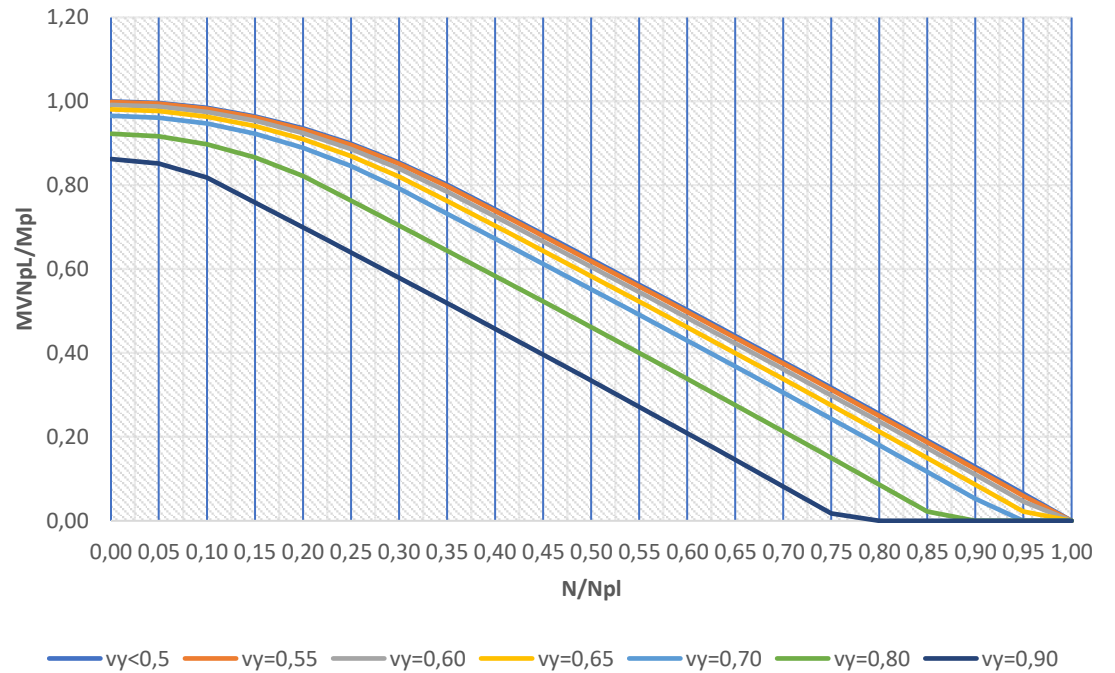
CÁLCULO PLÁSTICO SECCIONES. INTERACCIÓN AXIL-CORTANTE y-MOMENTO FLECTOR z

$\alpha =$ 0,0075 hw(mm)= 863,2 fy (kp/cm²)= 2.803,00 Npl (T)= 1.425,73
 $\beta =$ 0,2234 No utilizamos la aproximación $n < n_0 = 0,5 n_w \Rightarrow n = 0$ $\gamma_{m0} =$ 1,05 Mpl,z (mT)= 521,36
 $\rho_a =$ 7,85 (Kp/l) tyd (kp/cm²)= 1.541,25 fyd (kp/cm²)= 2.669,52 Vpl,y (T)= 341,32

NOBRE COMERCIAL	GEOMETRIA					G (Kg/m)	AL (m ² /ml)	AG (m ² /Tn)	AXIL	CORTANTE		FLECTOR z (eje Fuerte)				FLECTOR y (Eje Débil)				TORSIÓN	
	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)				A (cm ²)	Av,y (cm ²)	Av,z (cm ²)	Iz (cm ⁴)	Wel,z (cm ³)	Wpl,z (cm ³)	iz (cm)	Iy (cm ⁴)	Wel,y (cm ³)	Wpl,y (cm ³)	iy (cm)	It (cm ⁴)	Ia (cm ⁶)
HL 920x420	943	422	22,5	39,9	19	419,25	3,496	8,34	534,07	221,46	280,63	813.340,16	17.250,06	19.529,92	39,02	50.065,48	2.372,77	3.666,83	9,68	2.130,45	1,02E+08

n	Mvn/Mpl							
	0,36366	0,36002	0,3491	0,33092777	0,3054718	0,2327404	0,130916481	<=nw
	0,000	0,010	0,040	0,090	0,160	0,360	0,640	<=py
	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80	0,90	<=vy
0,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,92	0,86	
0,05	1,00	0,99	0,99	0,98	0,96	0,92	0,85	
0,10	0,98	0,98	0,97	0,96	0,95	0,90	0,82	
0,15	0,96	0,96	0,95	0,94	0,92	0,87	0,76	
0,20	0,94	0,93	0,92	0,91	0,89	0,82	0,70	
0,25	0,90	0,90	0,89	0,87	0,84	0,76	0,64	
0,30	0,85	0,85	0,84	0,82	0,79	0,70	0,58	
0,35	0,80	0,80	0,78	0,76	0,73	0,64	0,52	
0,40	0,74	0,74	0,72	0,70	0,67	0,58	0,46	
0,45	0,68	0,68	0,67	0,64	0,61	0,52	0,40	
0,50	0,62	0,62	0,61	0,58	0,55	0,46	0,33	
0,55	0,56	0,56	0,54	0,52	0,49	0,40	0,27	
0,60	0,50	0,50	0,48	0,46	0,43	0,34	0,21	
0,65	0,44	0,44	0,42	0,40	0,37	0,28	0,15	
0,70	0,38	0,37	0,36	0,34	0,31	0,21	0,08	
0,75	0,32	0,31	0,30	0,28	0,24	0,15	0,02	
0,80	0,25	0,25	0,24	0,21	0,18	0,09	0,00	
0,85	0,19	0,19	0,17	0,15	0,12	0,02	0,00	
0,90	0,13	0,12	0,11	0,09	0,05	0,00	0,00	
0,95	0,06	0,06	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	
1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

CÁLCULO PLÁSTICO SECCIONES. INTERACCIÓN AXIL-CORTANTE y-FLECTOR z



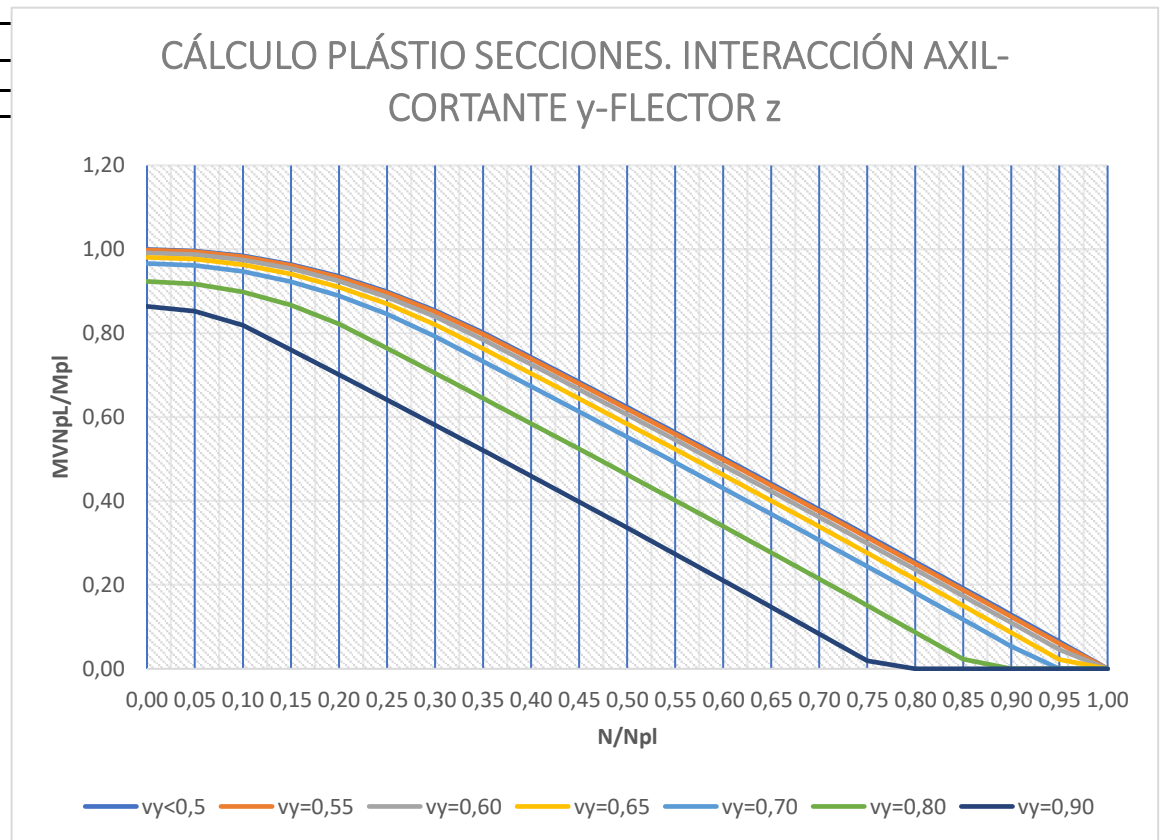


CÁLCULO PLÁSTICO SECCIONES. INTERACCIÓN AXIL-CORTANTE y-MOMENTO FLECTOR z

$\alpha =$ 0,0075 hw(mm)= 862,6 fy (kp/cm²)= 2.600,00 Npl (T)= 1.414,81
 $\beta =$ 0,2234 No utilizamos la aproximación $n < n_0 = 0,5 n_w \Rightarrow n = 0$ $\gamma_{m0} =$ 1,05 Mpl,z (mT)= 518,72
 $\rho_a =$ 7,85 (Kp/l) tyd (kp/cm²)= 1.429,63 fyd (kp/cm²)= 2.476,19 Vpl,y (T)= 338,25

NOBRE COMERCIAL	GEOMETRIA					G (Kg/m)	AL (m ² /ml)	AG (m ² /Tn)	AXIL	CORTANTE		FLECTOR z (eje Fuerte)				FLECTOR y (Eje Débil)				TORSIÓN	
	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)				A (cm ²)	Av,y (cm ²)	Av,z (cm ²)	Iz (cm ⁴)	Wel,z (cm ³)	Wpl,z (cm ³)	iz (cm)	Iy (cm ⁴)	Wel,y (cm ³)	Wpl,y (cm ³)	iy (cm)	It (cm ⁴)	Ia (cm ⁶)
HL 920x449	948	423	24,0	42,7	19	448,52	3,507	7,82	571,36	236,60	301,04	874.725,36	18.454,12	20.948,43	39,13	53.971,83	2.551,86	3.949,38	9,72	2.609,41	1,10E+08

n	Mvn/Mpl							
	0,36233	0,358709	0,3478	0,32972249	0,3043592	0,2318927	0,130439666	<=nw
	0,000	0,010	0,040	0,090	0,160	0,360	0,640	<=py
	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80	0,90	<=vy
0,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,92	0,86	
0,05	1,00	0,99	0,99	0,98	0,96	0,92	0,85	
0,10	0,98	0,98	0,97	0,96	0,95	0,90	0,82	
0,15	0,96	0,96	0,95	0,94	0,92	0,87	0,76	
0,20	0,94	0,93	0,92	0,91	0,89	0,82	0,70	
0,25	0,90	0,90	0,89	0,87	0,85	0,76	0,64	
0,30	0,85	0,85	0,84	0,82	0,79	0,70	0,58	
0,35	0,80	0,80	0,78	0,76	0,73	0,64	0,52	
0,40	0,74	0,74	0,73	0,70	0,67	0,58	0,46	
0,45	0,68	0,68	0,67	0,64	0,61	0,52	0,40	
0,50	0,62	0,62	0,61	0,58	0,55	0,46	0,34	
0,55	0,56	0,56	0,55	0,52	0,49	0,40	0,27	
0,60	0,50	0,50	0,48	0,46	0,43	0,34	0,21	
0,65	0,44	0,44	0,42	0,40	0,37	0,28	0,15	
0,70	0,38	0,38	0,36	0,34	0,31	0,21	0,08	
0,75	0,32	0,31	0,30	0,28	0,24	0,15	0,02	
0,80	0,25	0,25	0,24	0,21	0,18	0,09	0,00	
0,85	0,19	0,19	0,17	0,15	0,12	0,02	0,00	
0,90	0,13	0,12	0,11	0,09	0,05	0,00	0,00	
0,95	0,06	0,06	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	
1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	



IV.- CÁLCULO ESTRUCTURA.

APÉNDICE 3

ACCIONES

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "			
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González		
	<u>TITULO PLANO:</u>	APÉNDICE 3 ACCIONES	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO Nº :</u> CE-AP3-1

INDICE

1.- CARGAS PERMANENTES (Hipótesis 0) -----	CE-AP3-4
2.- SOBRECARGAS DE USO (Hipótesis 1) -----	CE-AP3-6
3.- VIENTO (Hipótesis 3,4,25 y 26) -----	CE-AP3-9
3.1. Analisis detallado. -----	CE-AP3-10
3.1.1. Valores numéricos. -----	CE-AP3-11
3.1.2. Cargas VLI (viento Xg-). -----	CE-AP3-18
V1 : Cubierta succión exterior máxima . Acción interior nula	
V2 : Cubierta succión exterior mínima . Acción interior nula	
V3 : Cubierta succión exterior máxima .Succión interior	
V4 : Cubierta succión exterior mínima .Succión interior	
V5 : Cubierta succión exterior máxima .Presión interior	
V6 : Cubierta succión exterior mínima .Presión interior	
3.1.3. Cargas VF(viento Zg+). -----	CE-AP3-26
V7 : Acción interior nula	
V8 : Succión interior	
V9 : Presión interior	
3.2. Cargas utilizadas en el cálculo. -----	CE-AP3-31
HIPOTESIS 3 = W1 : Viento del sur (Xg-)	
HIPOTESIS 4 = W2 : Viento del norte (Xg+)	
HIPOTESIS 25 = W3 : Viento del este (Zg+)	
HIPOTESIS 26 = W4 : Viento del oeste (Zg-)	

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: APÉNDICE 3	FORMATO: A4	PLANO Nº:
ACCIONES	ESCALA: <input type="text"/>	CE-AP3-2	

4.- NIEVE (Hipótesis 22)	CE-AP3-36
4.1. Analisis detallado.	CE-AP3-37
N1 : Nieve sin viento	
N2 : Nieve con viento del sur	
N3 : Nieve con viento del norte	
4.2. Cargas utilizadas en el cálculo.	CE-AP3-42
S : Hipótesis 22	
5.- TEMPERATURA (Hipótesis 21)	CE-AP3-44
6.- ACCIÓN ACCIDENTAL IMPACTO (Hipótesis 23)	CE-AP3-47
7.- ACCIÓN ACCIDENTAL INCENDIO	CE-AP3-49
7.1. Ideas generales.	CE-AP3-50
7.2. Resistencia al fuego requerida. ($t_R = 0$)	CE-AP3-55
7.3. Evolución temperatura acero en estructuras de interior sin revestir. (suponiendo que $t_R = 30$ min).....	CE-AP3-66
7.4. Evolución temperatura acero en estructuras de interior aisladas con material de protección..	CE-AP3-80
(suponiendo que $t_R = 30$ min)	
8.- ACCIÓN ACCIDENTAL SISMO	CE-AP3-94

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3 ACCIONES	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO Nº :</u> CE-AP3-3

APÉNDICE 3

ACCIONES

1.- CARGAS PERMANENTES (Hipótesis 0)

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3	FORMATO : A4	<u>PLANO N° :</u>
	ACCIONES	ESCALA: <input type="text"/>	CE-AP3-4



CARGAS PERMANENTES

(Hipótesis 0)

I. PESO PROPIO ESTRUCTURA.

Lo considera el programa de cálculo al definir las secciones y el material de las barras.

SEPARACIÓN (m)=	10	(distancia tipo entre pórticos)
CANTO PILAR (mm)=	950	(canto medio pilares pórtico)
SEPARACIÓN (m)=	6,3	(distancia tipo entre pilares hastiales)
CANTO PILAR (mm)=	280	(canto medio pilares hastiales)

VANO TIPO

II.- CERRAMIENTO DE CUBIERTA	qYg (Kp/ml)=	179,37
------------------------------	--------------	--------

1.- CORREAS DE CUBIERTA

TIPO:	C300x3
PESO (Kp/ml)=	11,55
SEPARACIÓN (mm)=	1145
q1 (Kp/ml)=	100,87

B (m)	qYg (Kp/ml)	
5,00	89,69	EXTREMOS-JD
8,00	143,50	V6
9,34	167,53	V5-7 Y V9,34
10,00	179,37	TIPO+V20
10,40	186,55	

2.-MATERIAL CERRAMIENTO

TIPO:	CHAPA GRECADA e=0,8 mm
PESO (Kp/m2)=	7,85
q2 (Kp/ml)=	78,5

VANO TIPO

III.- CERRAMIENTO DE FACHADA LATERAL	qYg (Kp/ml)=	254,87
--------------------------------------	--------------	--------

1.- CORREAS DE FACHADA:

TIPO:	C300x3
PESO (Kp/ml)=	11,55
SEPARACIÓN (mm)=	1145
CANTO (mm)=	300
q1 (Kp/ml)=	100,87

B (m)	qYg (Kp/ml)	
5,00	127,44	EXTREMOS
8,00	203,90	V6
9,34	238,05	V5-7 Y V9,34
10,00	254,87	TIPO+V20
10,40	265,07	

2.-MATERIAL CERRAMIENTO

TIPO:	PANEL LANA DE ROCA e=50 mm
PESO (Kp/m2)=	15,4
ESPESOR (mm)=	50
q2 (Kp/ml)=	154

VANO TIPO

III.- CERRAMIENTO DE FACHADA FRONTAL	qYg (Kp/ml)=	150,83
--------------------------------------	--------------	--------

1.- CORREAS DE FACHADA:

TIPO:	C225x3
PESO (Kp/ml)=	9,78
SEPARACIÓN (mm)=	1145
CANTO (mm)=	225
q1 (Kp/ml)=	53,81

B (m)	qYg (Kp/ml)	
1,20	28,73	A'30
2,60	62,25	C30
3,15	75,42	
4,35	104,15	HO13
5,75	137,66	HO5
6,30	150,83	TIPO

2.-MATERIAL CERRAMIENTO

TIPO:	PANEL LANA DE ROCA e=50 mm
PESO (Kp/m2)=	15,4
ESPESOR (mm)=	50
q2 (Kp/ml)=	97,02

APÉNDICE 3

ACCIONES

2.- SOBRECARGA DE USO (Hipótesis 1)

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3 ACCIONES	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> CE-AP3-6



VALORES CARACTERÍSTICOS DE LAS SOBRECARGAS DE USO
(TABLA 3.1 CTE DB SE-AE)

CATEGORIA DE USO DE LA ZONA	SOBRECARGA DE USO	
	CARGA UNIFORME kN/m ²	CARGA (8) CONCENTRADA KN
A ZONAS RESIDENCIALES (10)		
A1 Viviendas y zonas de habitaciones en hospitaletes y hoteles	2	2
A2 Trasteros	3	2
B ZONAS ADMINISTRATIVAS (10)	2	2
C ZONAS DE ACCESO AL PÚBLICO (exceptuando zonas A,B y D) (10)		
C1 Zonas con mesas y sillas	3	4
C2 Zonas con asientos fijos	4	4
C3 Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas, como vestíbulos de edificios públicos, administrativos u hoteles; salas de exposición en museos, etc	5	4
C4 Zonas destinadas a gimnasio o actividades físicas	5	7
C5 Zonas de aglomeración (salas de conciertos; estadios, etc)	5	4
D ZONAS COMERCIALES (10)		
D1 Locales comerciales	5	4
D2 Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E ZONAS DE TRÁFICO Y DE APARCAMIENTO PARA VEHICULOS LIGEROS (peso total < 30 kN) (1) (9)	2	20
F CUBIERTAS TRANSITABLES ACCESIBLES SOLO PRIVADAMENTE (2) (10)	1	2
G CUBIERTAS ACCESIBLES ÚNICAMENTE PARA CONSERVACIÓN (4) (7) (10)		
G1 Cubiertas LIGERAS sobre correas (5)	0,4	1
G1 Cubiertas NO ligeras con inclinación < 20° (6)	1	2
G2 Cubiertas NO ligeras con inclinación > 40°	0	2
G2 Cubiertas NO ligeras con inclinación i° entre 20° y 40°	$1(1-(i°-20°)/20°)$	2

- (1) La sobrecarga puntual debe descomponerse en dos cargas de 10 kN separadas entre sí 1,8 m. Alternativamente dichas cargas puntuales se podrán sustituir por una sobrecarga uniformemente distribuida en la totalidad de la zona: de 3 kN/m² para el cálculo de los elementos secundarios (nervios, viguetas) doblemente apoyados; de 2 kN/m² para el de losas, forjados reticulados o nervios de forjados continuos; y de 1 kN/m² para el de los elementos primarios como vigas, ábacos de soportes, soportes o zapatas.
- (2) En cubiertas transitables de uso público, el valor es el correspondiente al uso de la zona desde la cual se accede.
- (3) Para inclinaciones entre 20 y 40 ° se interpolará linealmente.
- (4) La sobrecarga uniforme se refiere a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta.
- (5) Se entiende por cubierta LIGERA aquella cuya carga permanente debida únicamente a su cerramiento no excede de 1 kN/m².
- (6) Se puede adoptar un área tributaria inferior a la total de la cubierta, no menor que 10 m² y situada en la parte más desfavorable de la misma, siempre que la solución adoptada figure en el plan de mantenimiento del edificio.
- (7) Esta sobrecarga de uso no se considera CONCOMITANTE con el resto de acciones variables.
- (8) Se utilizan para comprobaciones locales de capacidad portante, actuando en cualquier punto de la zona.
- (9) Se considerarán actuando simultáneamente la sobrecarga uniforme y la puntual.
- (10) Se considerarán actuando de forma independiente y no simultánea la sobrecarga uniforme y la puntual.

NOTA: En nuestro caso es cubierta categoría G (no concomitante con el resto de acciones variables), y al ser menor que la carga de nieve, no consideraremos hipótesis de sobrecarga de uso.



ACCION SOBRECARGA DE USO EN CUBIERTA (Categoria F- B)
 (VALORES CONSIDERADOS)

q_h (kp/m²)= 40 (Sobrecarga de uso proyección horizontal)
 i (%)= 6 (Pendiente media de los faldones)
 α (rad)= 0,059928155 (Angulo medio faldones)

B (m)	qNYg (Kp/ml)	
5,00	199,64	EXTREMOS-JD
8,00	319,43	V6
9,34	372,93	V5-7 Y V9,34
10,00	399,28	TIPO+V20
10,40	415,25	

(Hipótesis 1 : sobrecarga de uso gravitatoria)

ψ_0	ψ_1	ψ_2
0,7	0,5	0,3

NOTA: Estrictamente estaríamos en el caso de cubierta categoria G (cubierta accesible sólo para conservación)
 Pero es posible que se coloquen placas solares en cubierta (sobrecarga 15-20 Kp/m²).
 Del lado de la seguridad considero 40 Kp/m² de sobrecarga, pero categoria F-B y no G en cubierta
 (si la consideráramos categoria G, la sobrecarga de uso no se consideraria concomitante con el resto de sobrecargas)

La cubierta sería categoría F (accesible sólo privadamente)
 El definirla como F-B es para determinar los coeficientes

ψ

APÉNDICE 3

ACCIONES

3.-VIENTO (Hipótesis 3,4,25 y 26)

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3 ACCIONES	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> CE-AP3-9

APÉNDICE 3

ACCIONES

3.-VIENTO (Hipótesis 3,4,25 y 26)

3.1. ANALISIS DETALLADO

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "			
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González		
	<u>TITULO PLANO:</u>	APÉNDICE 3	FORMATO : A4	<u>PLANO N° :</u>
		ACCIONES	ESCALA: <input type="text"/>	CE-AP3-10

APÉNDICE 3

ACCIONES

3.-VIENTO (Hipótesis 3,4,25 y 26)

3.1. ANALISIS DETALLADO

3.1.1. VALORES NUMÉRICOS.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3 ACCIONES	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> CE-AP3-11



ACCIÓN DEL VIENTO

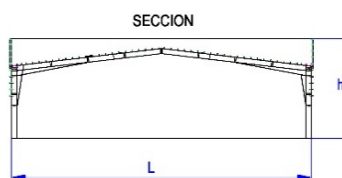
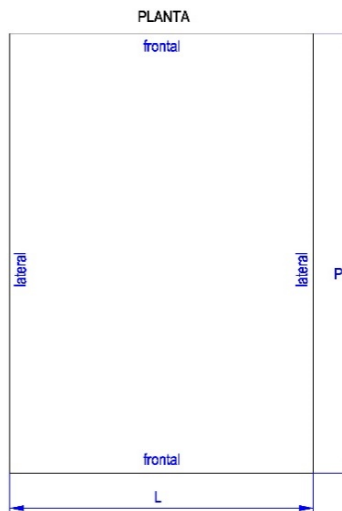
(ANEXO D CTE DB SE-AE)

DATOS GEOMETRIA NAVE

L (m)=	112	Anchura o luz nave
P (m)=	272	Longitud o profundidad nave
h (m)=	18,4	Altura máxima nave
hp (m)=	13,51	Altura pilar
hpt (m)=	4,89	Altura potelet
α (°)=	6,4	Pendiente faldón
Zhd (m)=	3	Altura centro hueco dominante
Ainf (m ²)=	10	Area influencia elemento estudio

DATOS GEOGRAFÍA NAVE

T (años)=	50	Periodo de retorno
Cc=	1	Coef. Corrector vb
Zona eólica:	A	(ver mapa D.1 CTE)
vb (m/s)=	26	Velocidad básica del viento
qb (kN/m ²)=	0,42	Valor básico presión dinámica
Grado asp:	IV	Grado aspereza entorno
ke=	0,22	Parámetro k según grado
Le (m)=	0,3	Parámetro L según grado
Ze (m)=	5	Parámetro Z según grado



COEFICIENTE DE EXPOSICIÓN. Ce

z (m)=	18,4 (cálculos de Cpe)
F (z)=	0,906
Cepe(z)=	2,215

Zhd (m)=	3 (cálculos de Cpi)
F(Zhd)=	0,619
Cepi=	1,336

PARAMENTOS VERTICALES. VIENTO LATERAL. PRESIÓN EXTERIOR. Cpe

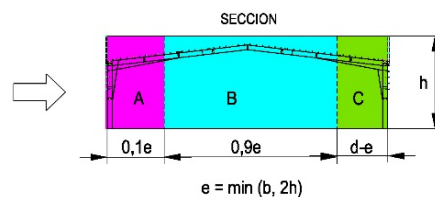
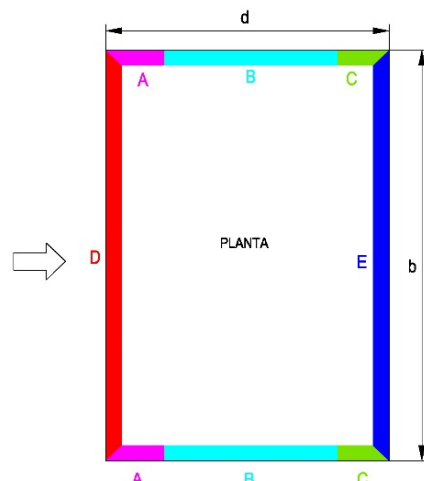
b (m)=	272
d (m)=	112
h (m)=	18,4
e (m)=	36,8

0,1e=	3,68 (zona A)
0,9e=	33,12 (zona B)
d-e=	75,2 (zona C)
h/d=	0,16 Estudio general nave
(h/d)pot=	9,78 Estudio detalle potelet

	Cpe (Ainf ≥ 10)	Cpe (Ainf ≤ 1)	Cpe (PILARES)	qee(kN/m ²)
Zona A	-1,2	-1,4	-1,20	-1,12
Zona B	-0,8	-1,1	-0,80	-0,75
Zona C	-0,5	-0,5	-0,50	-0,47
Zona D	0,7	1	0,70	0,65
Zona E	-0,3	-0,3	-0,30	-0,28

efecto D+E (sólo en potelets laterales):	Cpe (POTELET)	qee(kN/m ²)
Zona D	0,8	
Zona E	-0,7	
efecto D+E (sólo en potelets laterales)=>	1,5	1,40

PARAMENTO VERTICAL. VIENTO LATERAL



$e = \min(b, 2h)$



PARAMENTOS VERTICALES. VIENTO FRONTAL. PRESIÓN EXTERIOR. Cpe

b (m)= 112
d (m)= 272
h (m)= 18,4
e (m)= 36,8

0,1e= 3,68 (zona A)
0,9e= 33,12 (zona B)
d-e= 235,2 (zona C)
h/d= 0,07 Estudio general nave
(h/d)pot= 9,78 Estudio detalle potelet

	Cpe (Ainf≥10)	Cpe (Ainf≤1)	Cpe (PILARES)	qee(kN/m2)
Zona A	-1,2	-1,4	-1,20	-1,12
Zona B	-0,8	-1,1	-0,80	-0,75
Zona C	-0,5	-0,5	-0,50	-0,47
Zona D	0,7	1	0,70	0,65
Zona E	-0,3	-0,3	-0,30	-0,28

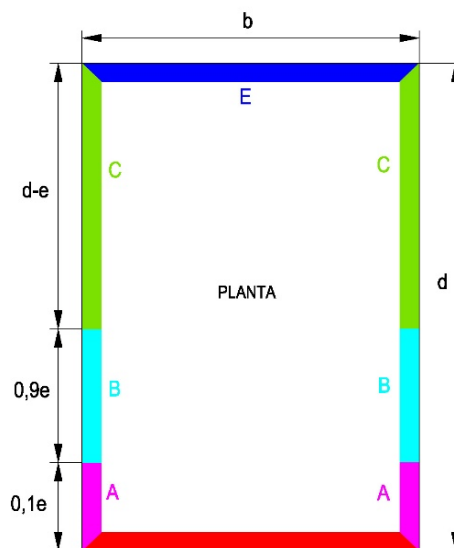
efecto D+E (sólo en potelets frontales):

	Cpe (POTELET)	qee(kN/m2)
Zona D	0,8	
Zona E	-0,7	

efecto D+E (sólo en potelets frontales)=>

1,5	1,40
-----	------

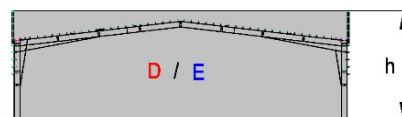
PARAMENTO VERTICAL. VIENTO FRONTAL



$e = \min(b, 2h)$



SECCION



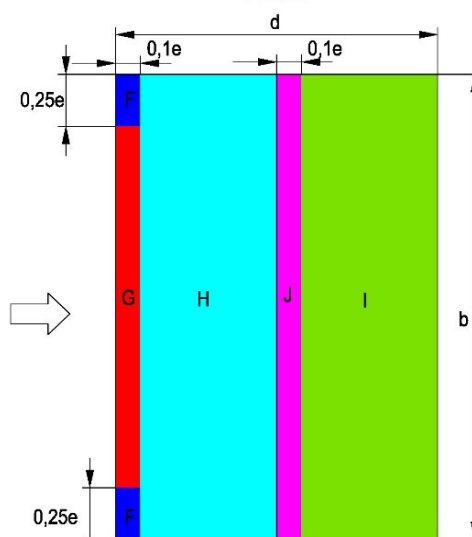
CUBIERTA. VIENTO LATERAL. PRESIÓN EXTERIOR. Cpe

Nº naves: 2
b (m)= 272
d (m)= 56
h (m)= 18,4
e (m)= 36,8
α (º)= 6,4
0,1e= 3,68
0,25e= 14,72
b-2x0,25e= 242,56
(d-2x0,1e)/2= 24,32

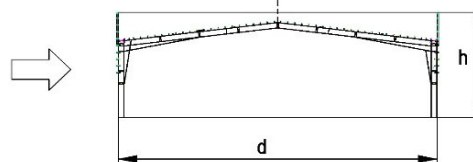
MAXIMA SUCCIÓN				
	Cpe (Ainf≥10)	Cpe (Ainf≤1)	Cpe	qee(kN/m2)
Zona F	-1,588	-2,43	-1,59	-1,49
Zona G	-1,144	-1,93	-1,14	-1,07
Zona H	-0,558	-1,074	-0,56	-0,52
Zona I	-0,572	-0,572	-0,57	-0,54
Zona J	0,032	-0,038	0,03	0,03

MINIMA SUCCIÓN				
	Cpe (Ainf≥10)	Cpe (Ainf≤1)	Cpe	qee(kN/m2)
Zona F	0,028	0,028	0,03	0,03
Zona G	0,028	0,028	0,03	0,03
Zona H	0,028	0,028	0,03	0,03
Zona I	-0,516	-0,516	-0,52	-0,48
Zona J	-0,516	-0,516	-0,52	-0,48

CUBIERTA. VIENTO LATERAL PLANTA



$e = \min(b, 2h)$



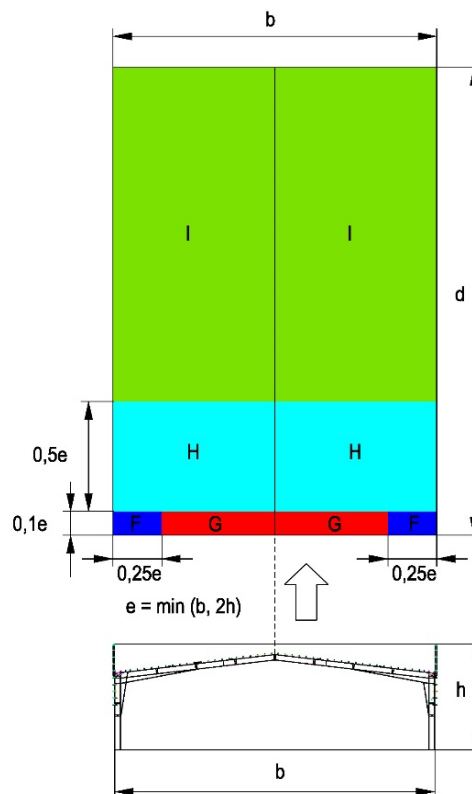


CUBIERTA. VIENTO FRONTAL. PRESIÓN EXTERIOR. Cpe

Nº naves: 2
 b (m)= 56
 d (m)= 272
 h (m)= 18,4
 e (m)= 36,8
 α (º)= 6,4
 0,1e= 3,68
 0,25e= 9,2
 0,5e= 18,4
 b-2x0,25e= 37,6
 (d-0,6e)= 249,92

	Cpe (Ainf \geq 10)	Cpe (Ainf \leq 1)	Cpe	qee(kN/m2)
Zona F	-1,558	-2,172	-1,56	-1,46
Zona G	-1,3	-2	-1,30	-1,22
Zona H	-0,686	-1,2	-0,69	-0,64
Zona I	-0,586	-0,586	-0,59	-0,55

CUBIERTA. VIENTO FRONTAL
 PLANTA



PRESIONES/SUCCIONES EN EL INTERIOR DE LA NAVE. Cpi

Zhd (m)= 3 Altura centro hueco dominante
 F(Zhd)= 0,619
 Cepi= 1,336 Coeficiente exposición hueco

μ : Area huecos sotav/area huecos total
 En general tomaremos los valores más desf

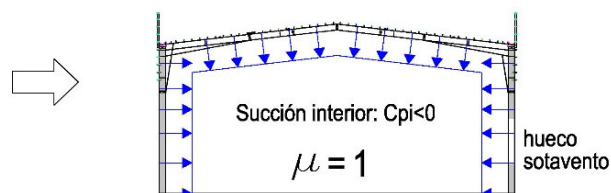
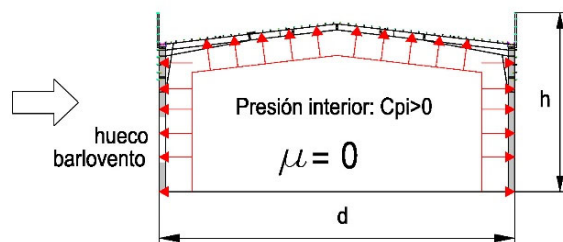
VIENTO LATERAL

	μ	Cpi	qei(kN/m2)
h= 18,4	0	0,5	0,28
d= 112	1	-0,3	-0,17
h/d= 0,164			

VIENTO FRONTAL

	μ	Cpi	qei(kN/m2)
h= 18,4	0	0,5	0,28
d= 272	1	-0,3	-0,17
h/d= 0,068			

PRESION/SUCCIÓN INTERIOR. Cpi





TABLAS UTILIZADAS

Tabla D.1 CTE DB SE-AE

T (años)	1	2	5	10	20	50	200
Cc	0,41	0,78	0,85	0,90	0,95	1,00	1,08

Tabla D.2 CTE DB SE-AE

Grado aspereza	Parámetros	ke	Le	Ze
I	Borde de mar o lago, con superficie de agua al menos 5 km	0,156	0,003	1,0
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado importante	0,17	0,01	1,0
III	Zona rural accidentada o llana con árboles o construcciones	0,19	0,05	2,0
IV	Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V	Centro de negocios o grandes ciudades, con profusion edif altos	0,24	1	10,0

Tabla D.3 CTE BD SE-AE

FACHADAS

Ainf (m2)≥10	h/d	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,5
	0,25	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3

Ainf (m2)≤1	h/d	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
	5	-1,4	-1,1	-0,5	1	-0,7
	1	-1,4	-1,1	-0,5	1	-0,5
	0,25	-1,4	-1,1	-0,5	1	-0,3

Tabla D.6a CTE BD SE-AE MÁXIMA SUCCIÓN

CUBIERTA

Ainf (m2)≥10	α (°)	Zona F	Zona G	Zona H	Zona I	Zona J
	5	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	15	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	30	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	45	0	0	0	-0,2	-0,3
	60	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
	75	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

VIENTO
LATERAL

Tabla D.6a CTE BD SE-AE MÍNIMA SUCCIÓN

CUBIERTA

Ainf (m2)≥10	α (°)	Zona F	Zona G	Zona H	Zona I	Zona J
	5	0	0	0	-0,6	-0,6
	15	0,2	0,2	0,2	0	0
	30	0,7	0,7	0,4	0	0
	45	0,7	0,7	0,6	0	0
	60	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
	75	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

VIENTO
LATERAL



Tabla D.6a CTE BD SE-AE MÁXIMA SUCCIÓN

CUBIERTA

Ainf (m2)≤1

α (°)	Zona F	Zona G	Zona H	Zona I	Zona J
5	-2,5	-2	-1,2	-0,6	0,2
15	-2	-1,5	-0,3	-0,4	-1,5
30	-1,5	-1,5	-0,2	-0,4	-0,5
45	0	0	0	-0,2	-0,3
60	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
75	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

VIENTO
 LATERAL

Tabla D.6a CTE BD SE-AE MÍNIMA SUCCIÓN

CUBIERTA

Ainf (m2)≤1

α (°)	Zona F	Zona G	Zona H	Zona I	Zona J
5	0	0	0	-0,6	-0,6
15	0,2	0,2	0,2	0	0
30	0,7	0,7	0,4	0	0
45	0,7	0,7	0,6	0	0
60	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
75	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

VIENTO
 LATERAL

Tabla D.6b CTE BD SE-AE

CUBIERTA

Ainf (m2)≥10

α (°)	Zona F	Zona G	Zona H	Zona I	
5	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6	
15	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5	
30	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5	
45	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5	
60	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5	
75	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5	

VIENTO
 FRONTAL

Tabla D.6b CTE BD SE-AE

CUBIERTA

Ainf (m2)≤1

α (°)	Zona F	Zona G	Zona H	Zona I	
5	-2,2	-2	-1,2	-0,6	
15	-2	-2	-1,2	-0,5	
30	-1,5	-2	-1,2	-0,5	
45	-1,5	-2	-1,2	-0,5	
60	-1,5	-2	-1	-0,5	
75	-1,5	-2	-1	-0,5	

VIENTO
 FRONTAL



PRESION/SUCCIÓN INTERIOR

Tabla 3.6 CTE BD SE-AE

μ	ESBELTEZ	
	$h/d > 1$	$h/d < 0,25$
0	0,7	0,5
0,1	0,7	0,5
0,2	0,6	0,4
0,3	0,4	0,3
0,4	0,3	0,2
0,5	0,1	0,1
0,6	0,0	0,0
0,7	-0,1	-0,1
0,8	-0,3	-0,2
0,9	-0,4	-0,3
1	-0,5	-0,3

APÉNDICE 3

ACCIONES

3.-VIENTO (Hipótesis 3,4,25 y 26)

3.1. ANALISIS DETALLADO

3.1.2. CARGAS VLI (viento Xg-)

V1 : Cubierta succión exterior máxima . Acción interior nula

V2 : Cubierta succión exterior mínima . Acción interior nula

V3 : Cubierta succión exterior máxima .Succión interior

V4 : Cubierta succión exterior mínima .Succión interior

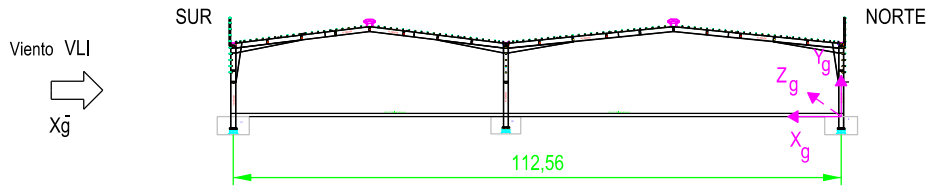
V5 : Cubierta succión exterior máxima.Presión interior

V6 : Cubierta succión exterior mínima .Presión interior

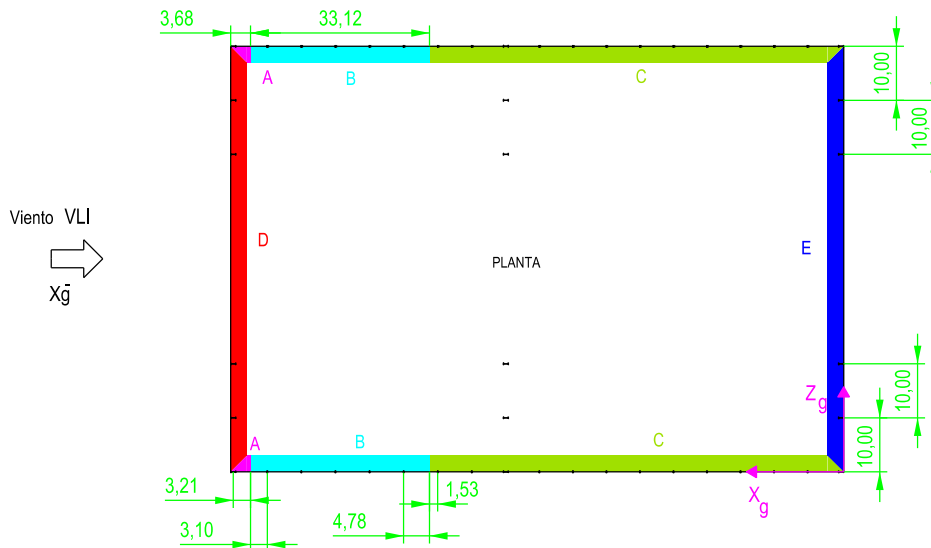
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3 ACCIONES	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> CE-AP3-18

Viento VLI $X_{\bar{g}}$

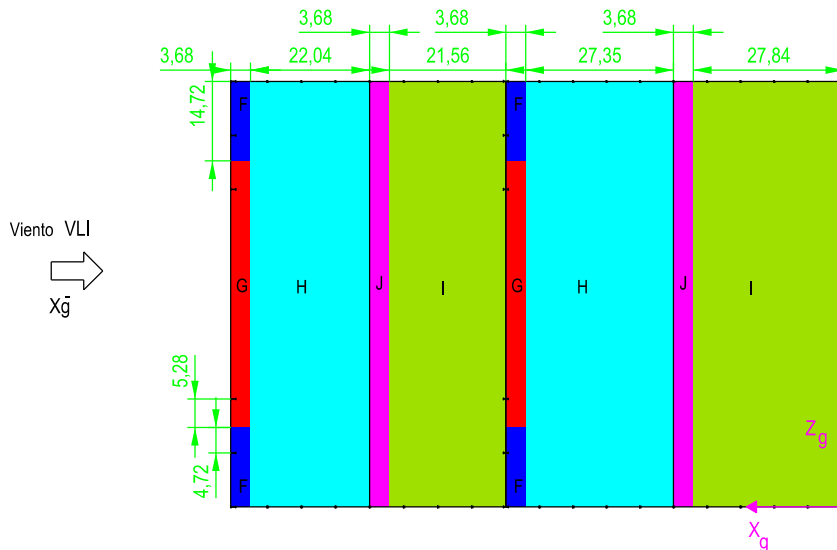
SECCION TRANSVERSAL



PLANTA FACHADAS



PLANTA CUBIERTA



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
ACCIONES

FORMATO : A4

ESCALA:

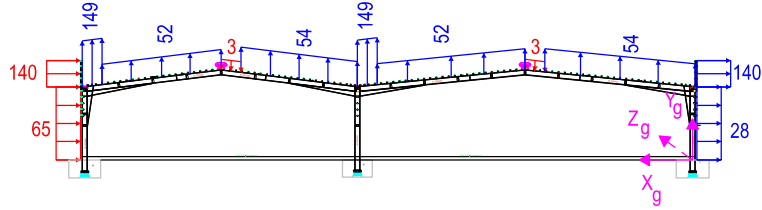
PLANO Nº :

CE-AP3-19

V1

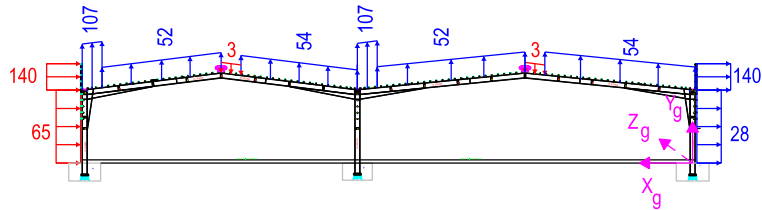
PORTICOS D/E $q_{Xg} = q_e \text{ Sen}(\alpha)$ $q_{Yg} = q_e \text{ Cos}(\alpha)$ q en Kp/m²

ZONA F-H-J-I |Zesquina - Z| < 14,72 m



Viento VLI

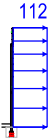
ZONA G-H-J-I |Zesquina - Z| > 14,72 m



$X_{\bar{g}}$
CUB SUCCION EXT MAX
INTERIOR = 0

HASTIALES $q_{Xg} = q_e \text{ Sen}(\alpha)$ $q_{Yg} = q_e \text{ Cos}(\alpha)$ q en Kp/m²

ZONA A



$X > 108,88$ m

ZONA B



$75,76 < X < 108,88$ m

ZONA C



$X < 75,76$ m

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
ACCIONES

FORMATO: A4

ESCALA: 1/1400

PLANO N°:

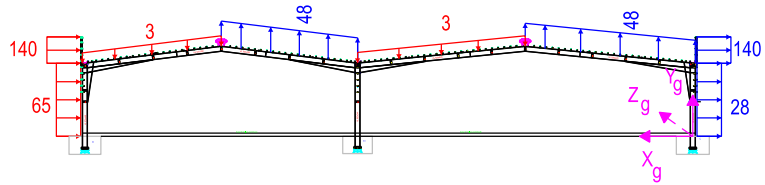
CE-AP3-20

V2

PORTICOS D/E

$$q_{Xg} = q_e \text{ Sen}(\alpha) \quad q_{Yg} = q_e \text{ Cos}(\alpha) \quad q \text{ en Kp/m}^2$$

ZONA F-H-J-I | Zesquina - ZI < 14,72 m



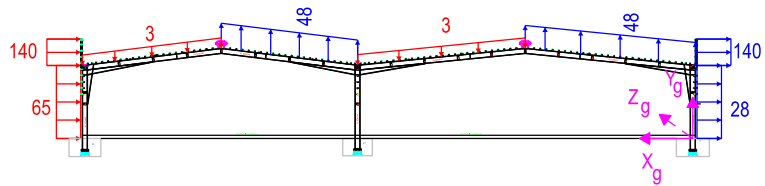
Viento VLI



Xg

CUB SUCCION EXT MIN
INTERIOR = 0

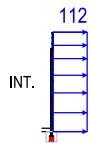
ZONA G-H-J-I | Zesquina - ZI > 14,72 m



HASTIALES

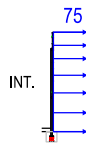
q en Kp/m²

ZONA A



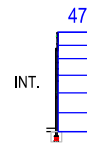
X > 108,88 m

ZONA B



75,76 < X < 108,88 m

ZONA C



X < 75,76 m

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
ACCIONES

FORMATO: A4

ESCALA:

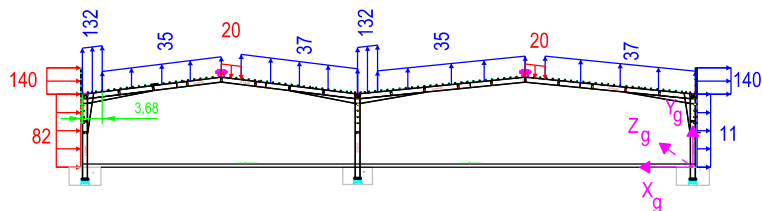
PLANO N°:

CE-AP3-21

V3

PORTICOS D/E $q_{Xg} = q_e \text{ Sen}(\alpha)$ $q_{Yg} = q_e \text{ Cos}(\alpha)$ q en Kp/m²

ZONA F-H-J-I | Zesquina - Zl < 14,72 m



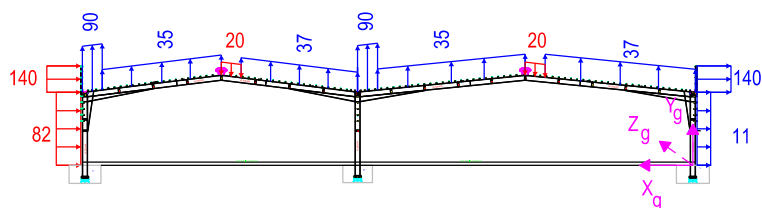
Viento VLI



X_g

CUB SUCCION EXT MAX
SUCCIÓN INTERIOR

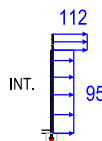
ZONA G-H-J-I | Zesquina - Zl > 14,72 m



HASTIALES

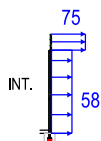
q en Kp/m²

ZONA A



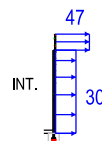
X > 108,88 m

ZONA B



75,76 < X < 108,88 m

ZONA C



X < 75,76 m

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3

ACCIONES

FORMATO: A4

ESCALA:

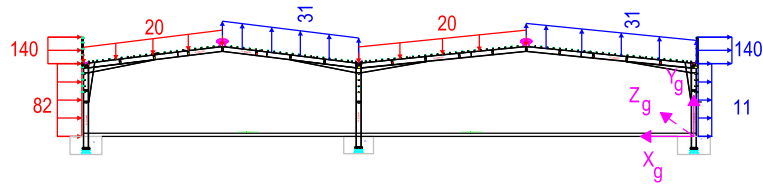
PLANO Nº:

CE-AP3-22

V4

PORTICOS D/E $q_{Xg} = q_e \text{Sen}(\alpha)$ $q_{Yg} = q_e \text{Cos}(\alpha)$ q en Kp/m²

ZONA F-H-J-I |Zesquina - ZI < 14,72 m



Viento VLI



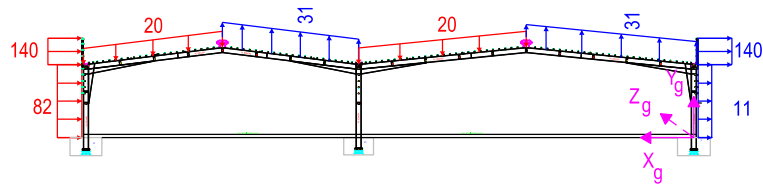
$X_{\bar{g}}$

CUB SUCCION EXT MIN

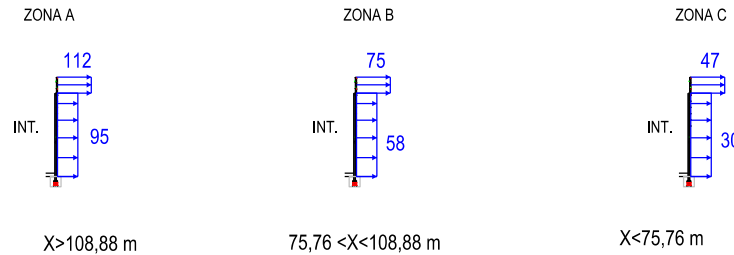
SUCCION INTERIOR

(*)

ZONA G-H-J-I |Zesquina - ZI > 14,72 m



HASTIALES q en Kp/m²



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3

ACCIONES

FORMATO: A4

ESCALA:

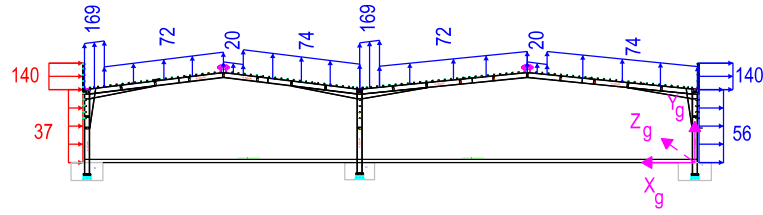
PLANO N°:

CE-AP3-23

V5

PORTICOS D/E $q_{Xg} = q_e \text{ Sen}(\alpha)$ $q_{Yg} = q_e \text{ Cos}(\alpha)$ q en Kp/m2

ZONA F-H-J-I | Zesquina - ZI < 14,72 m



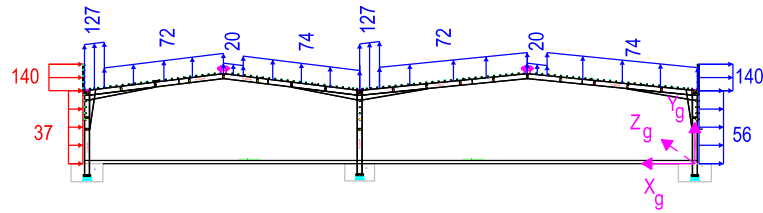
Viento VLI



X_g

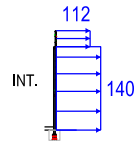
CUB SUCCION EXT MAX
PRESIÓN INTERIOR

ZONA G-H-J-I | Zesquina - ZI > 14,72 m



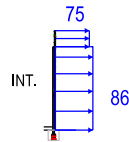
HASTIALES q en Kp/m2

ZONA A



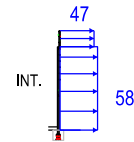
$X > 108,88$ m

ZONA B



$75,76 < X < 108,88$ m

ZONA C



$X < 75,76$ m

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
ACCIONES

FORMATO: A4

ESCALA:

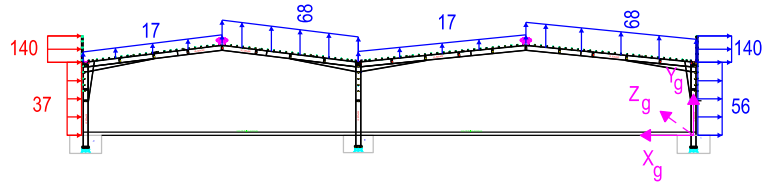
PLANO Nº:

CE-AP3-24

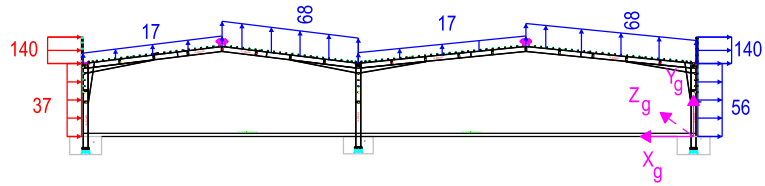
V6

PORTICOS	D/E	$q_{Xg} = q_e \text{ Sen}(\alpha)$	$q_{Yg} = q_e \text{ Cos}(\alpha)$	q en Kp/m ²
----------	-----	------------------------------------	------------------------------------	--------------------------

ZONA F-H-J-I | Zesquina - ZI < 14,72 m



ZONA G-H-J-I | Zesquina - ZI > 14,72 m



Viento VLI
 Xg

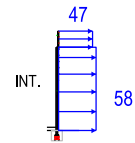
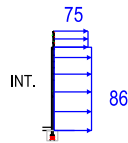
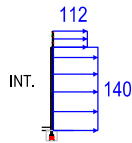
CUB SUCCION EXT MIN
 PRESIÓN INTERIOR

HASTIALES		q en Kp/m ²
-----------	--	--------------------------

ZONA A

ZONA B

ZONA C



X > 108,88 m

75,76 < X < 108,88 m

X < 75,76 m

ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23

UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
 ACCIONES

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO N°:

CE-AP3-25

APÉNDICE 3

ACCIONES

3.-VIENTO (Hipótesis 3,4,25 y 26)

3.1. ANALISIS DETALLADO

3.1.3. CARGAS VF (viento Zg+)

V7 : Acción interior nula

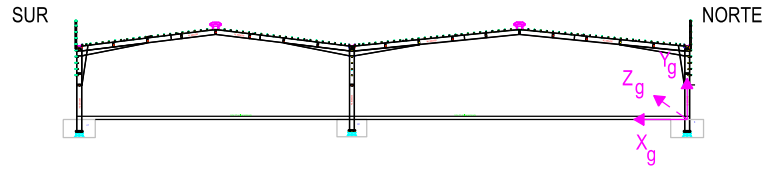
V8 : Succión interior

V9 : Presión interior

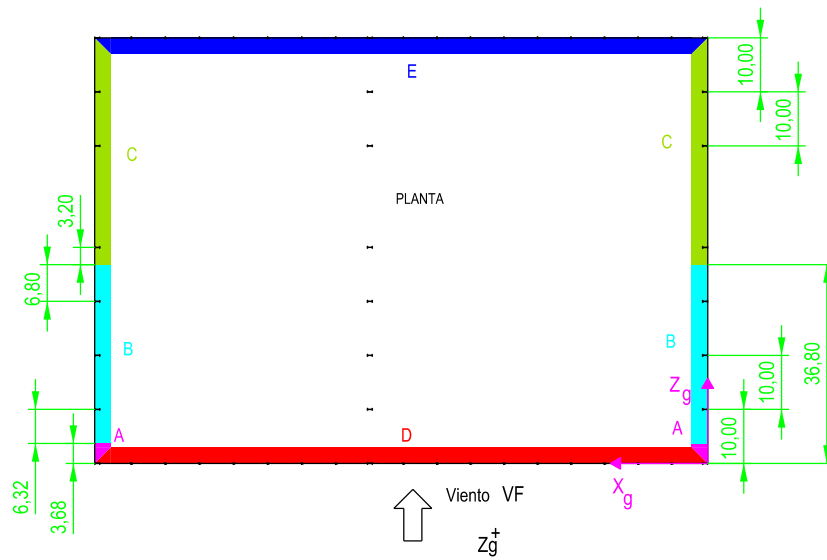
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3 ACCIONES	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> CE-AP3-26

Viento VF Z_g^+

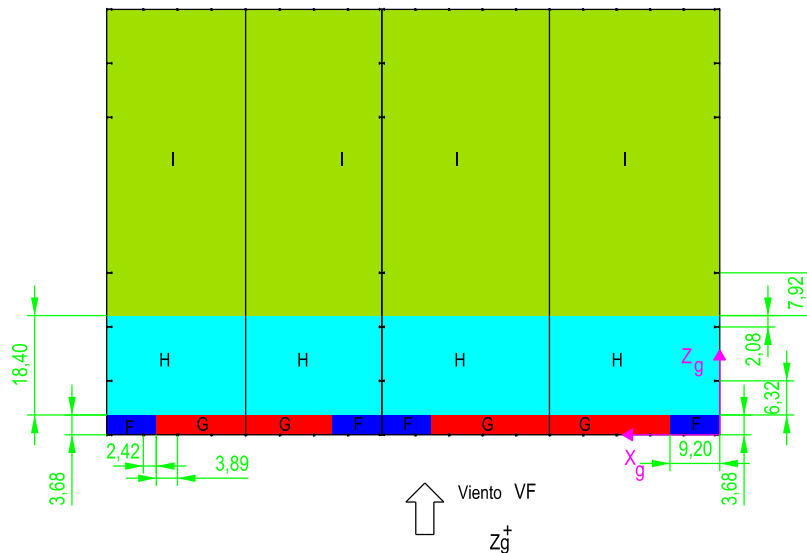
SECCION TRANSVERSAL



PLANTA FACHADAS



PLANTA CUBIERTA



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
ACCIONES

FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO Nº :

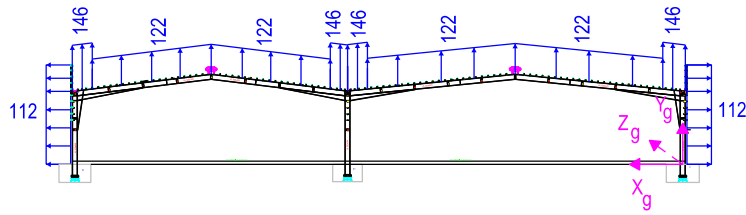
CE-AP3-27

V7

PORTICOS A $q_{Xg} = q_e \text{Sen}(\alpha)$ $q_{Yg} = q_e \text{Cos}(\alpha)$ q en Kp/m2

Desde Z=0 hasta Z=3,68 m

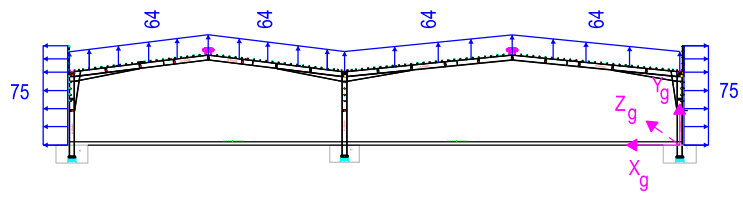
ZONA F-G



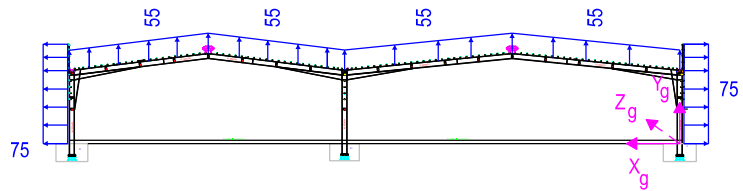
PORTICOS B $q_{Xg} = q_e \text{Sen}(\alpha)$ $q_{Yg} = q_e \text{Cos}(\alpha)$ q en Kp/m2

Desde Z=3,68 hasta Z=36,8 m

ZONA H Desde Z=3,68 hasta Z=22,08 m

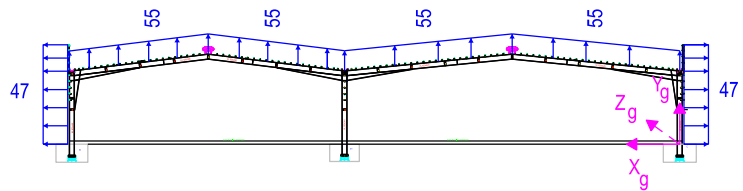


ZONA I Desde Z=22,08 hasta Z=36,8 m



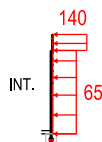
PORTICOS C (Z>36,8 m) $q_{Xg} = q_e \text{Sen}(\alpha)$ $q_{Yg} = q_e \text{Cos}(\alpha)$ q en Kp/m2

ZONA I

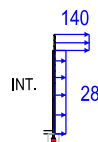


HASTIALES q en Kp/m2

ZONA D



ZONA E



Viento VF
Zg+ ↑

INTERIOR = 0

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
ACCIONES

FORMATO: A4

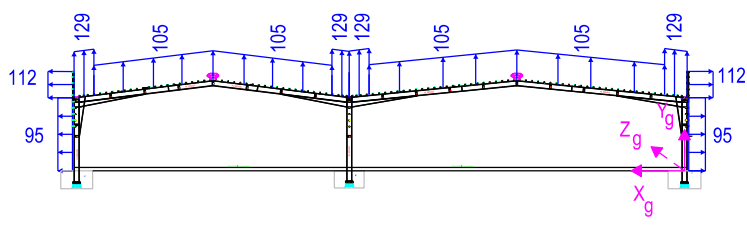
ESCALA:

PLANO Nº:

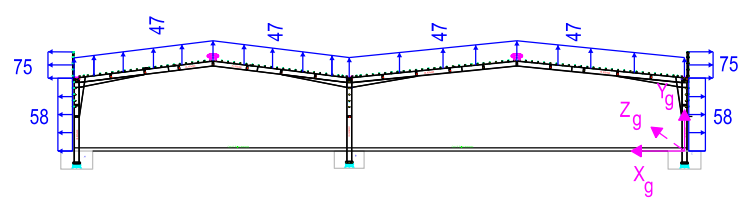
CE-AP3-28

V8

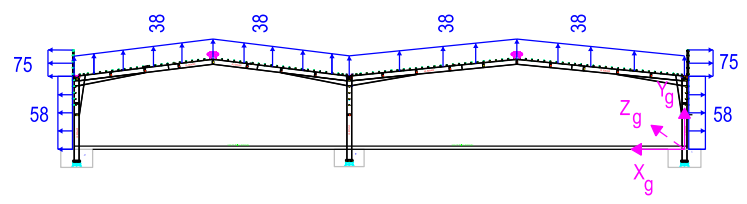
PORTICOS A $q_{Xg} = q_e \text{ Sen}(\alpha)$ $q_{Yg} = q_e \text{ Cos}(\alpha)$ q en Kp/m²
 Desde Z=0 hasta Z=3,68 m
 ZONA F-G



PORTICOS B $q_{Xg} = q_e \text{ Sen}(\alpha)$ $q_{Yg} = q_e \text{ Cos}(\alpha)$ q en Kp/m²
 Desde Z=3,68 hasta Z=36,8 m
 ZONA H Desde Z=3,68 hasta Z=22,08 m

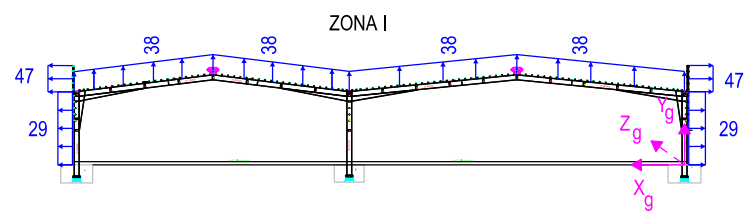


ZONA I Desde Z=22,08 hasta Z=36,8 m

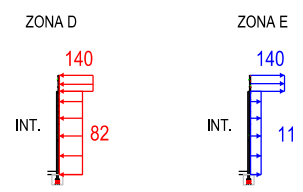


Viento VF
 Z_g^+ ↑
 SUCCIÓN INTERIOR

PORTICOS C (Z>36,8 m) $q_{Xg} = q_e \text{ Sen}(\alpha)$ $q_{Yg} = q_e \text{ Cos}(\alpha)$ q en Kp/m²



HASTIALES q en Kp/m²



ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23
 UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 3
 ACCIONES

FORMATO: A4
 ESCALA:

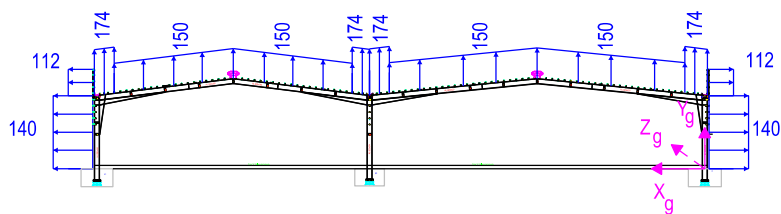
PLANO N°:
 CE-AP3-29

V9

PORTICOS A $q_{Xg} = q_e \text{ Sen}(\alpha)$ $q_{Yg} = q_e \text{ Cos}(\alpha)$ q en Kp/m²

Desde Z=0 hasta Z=3,68 m

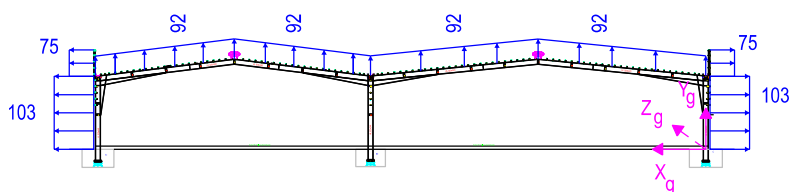
ZONA F-G



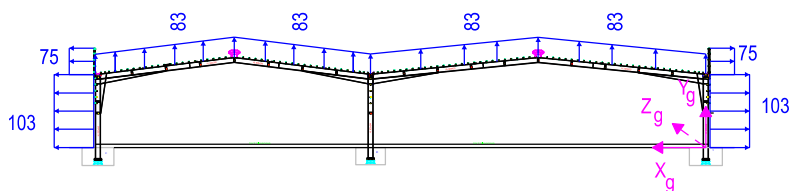
PORTICOS B $q_{Xg} = q_e \text{ Sen}(\alpha)$ $q_{Yg} = q_e \text{ Cos}(\alpha)$ q en Kp/m²

Desde Z=3,68 hasta Z=36,8 m

ZONA H Desde Z=3,68 hasta Z=22,08 m



ZONA I Desde Z=22,08 hasta Z=36,8 m



Viento VF

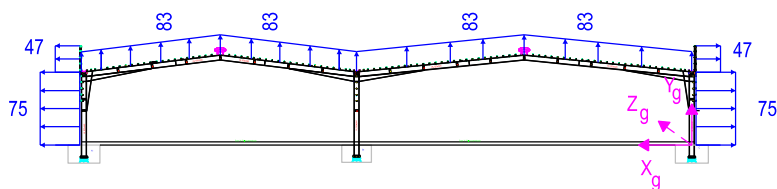


PRESIÓN INTERIOR

(*)

PORTICOS C (Z>36,8 m) $q_{Xg} = q_e \text{ Sen}(\alpha)$ $q_{Yg} = q_e \text{ Cos}(\alpha)$ q en Kp/m²

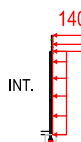
ZONA I



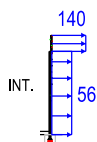
HASTIALES

q en Kp/m²

ZONA D



ZONA E



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3

ACCIONES

FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO N° :

CE-AP3-30

APÉNDICE 3

ACCIONES

3.-VIENTO (Hipótesis 3,4,25 y 26)

3.2. CARGAS UTILIZADAS EN EL CALCULO

HIPOTESIS 3 = **W1** : Viento del sur (Xg-)

HIPOTESIS 4 = **W2** : Viento del norte (Xg+)

HIPOTESIS 25 = **W3** : Viento del este (Zg+)

HIPOTESIS 26 = **W4** : Viento del oeste (Zg-)

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 3 ACCIONES	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	PLANO N° : CE-AP3-31

W1

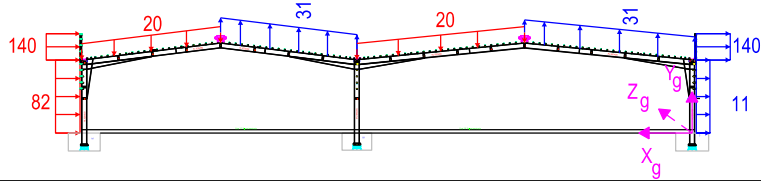
HIPOTESIS 3
(viento lateral izquierda-S-
succión exterior mínima
succión interior)
Viento VLI



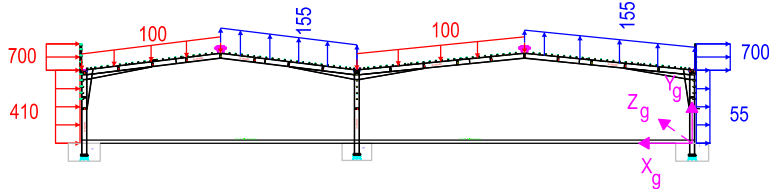
X_g

PORTICOS

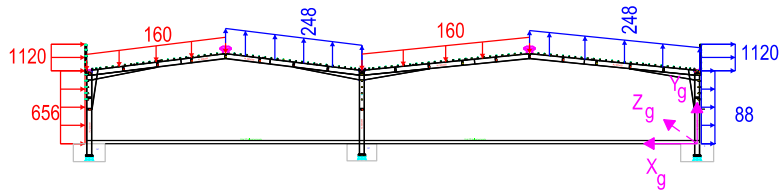
q en Kp/m²



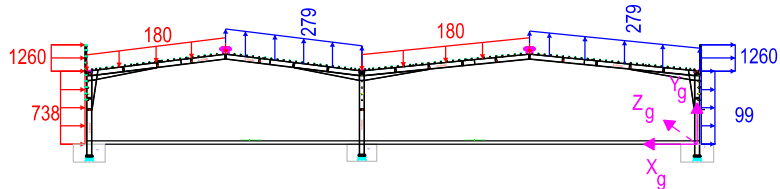
B= 5 m q en Kp/m



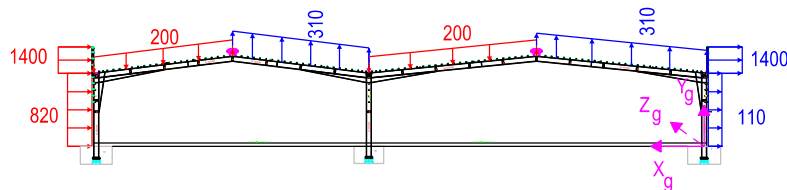
B= 8 m q en Kp/m



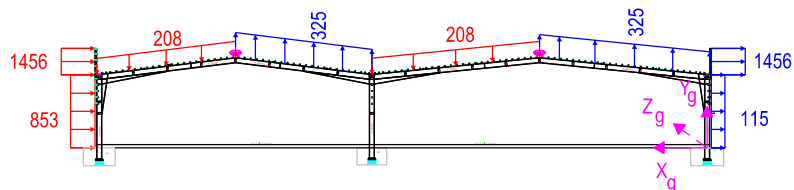
B= 9 m q en Kp/m



B= 10 m q en Kp/m

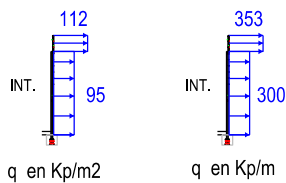


B= 10,40 m q en Kp/m

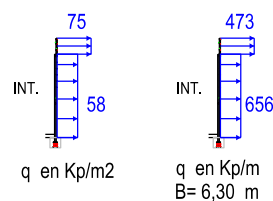


HASTIALES

Esquina barlovento



Resto



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
ACCIONES

FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO N° :

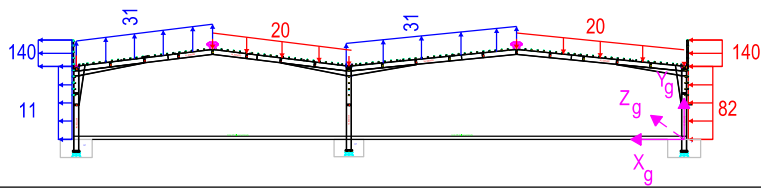
CE-AP3-32

W2

HIPOTESIS 4
(viento lateral derecha-N-
succión exterior mínima
succión interior)

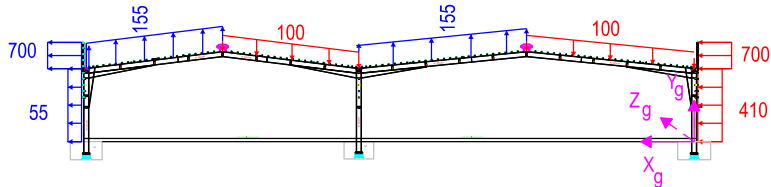
PORTICOS

q en Kp/m²

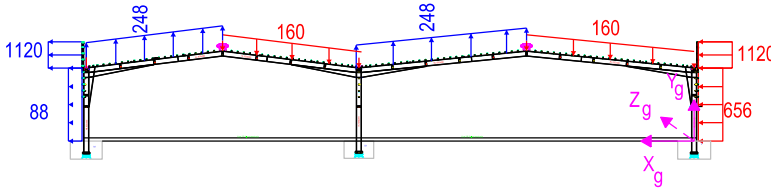


VLD Viento
←
Xg⁺

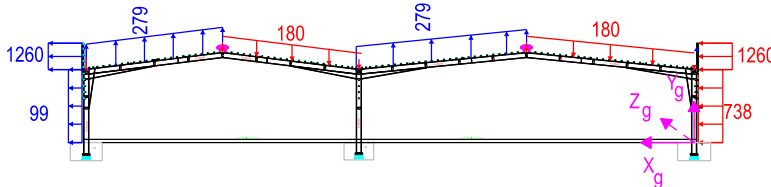
B= 5 m q en Kp/m



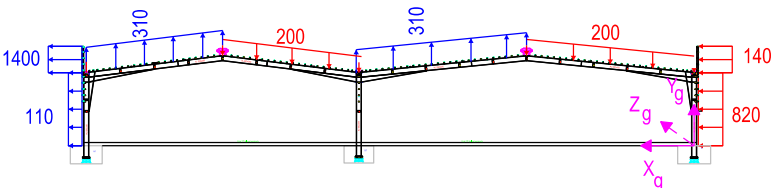
B= 8 m q en Kp/m



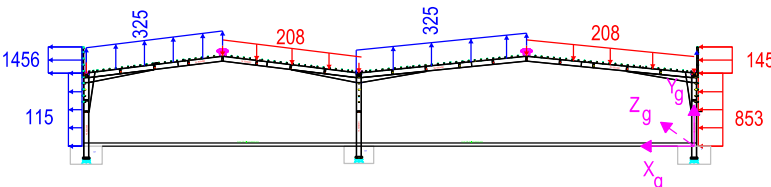
B= 9 m q en Kp/m



B= 10 m q en Kp/m

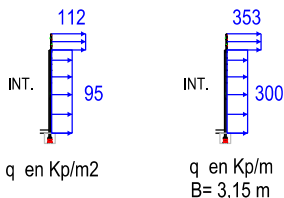


B= 10,40 m q en Kp/m

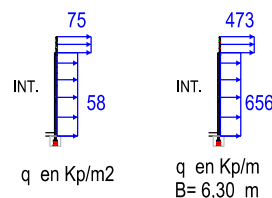


HASTIALES

Esquina barlovento



Resto



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
ACCIONES

FORMATO : A4

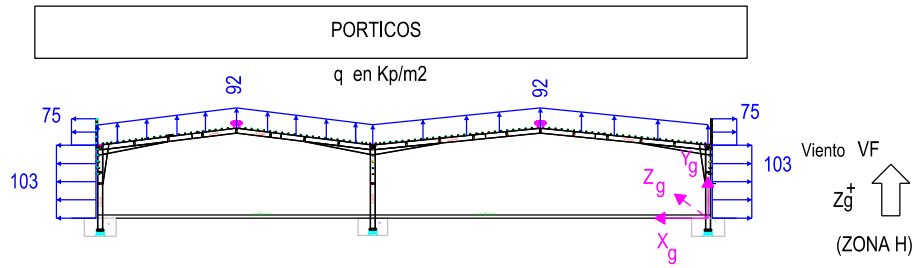
ESCALA:

PLANO N° :

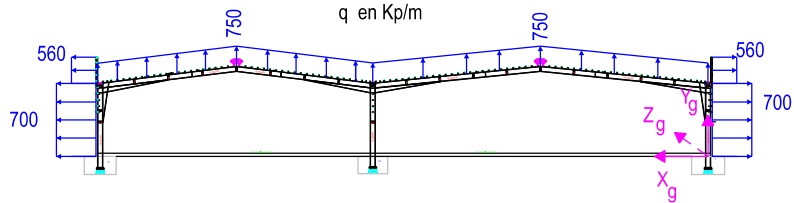
CE-AP3-33

W3

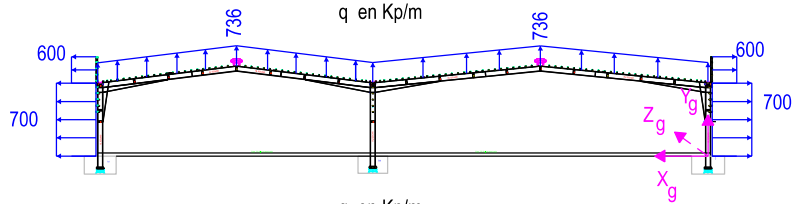
HIPOTESIS 25
viento frontal -E- con presión interior



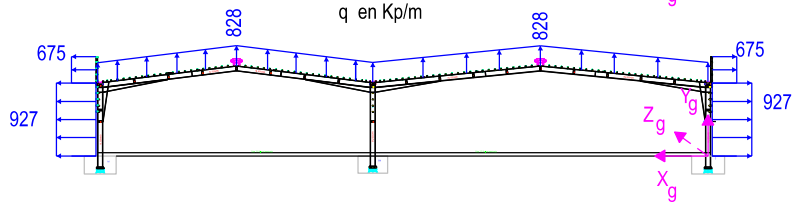
B= 5 m q en Kp/m
(ZONA A- F-G)
(portico 1 a barlovento)



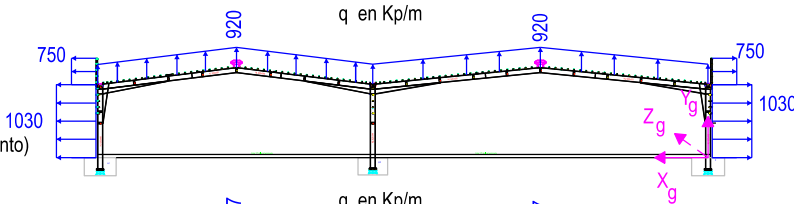
B= 8 m q en Kp/m



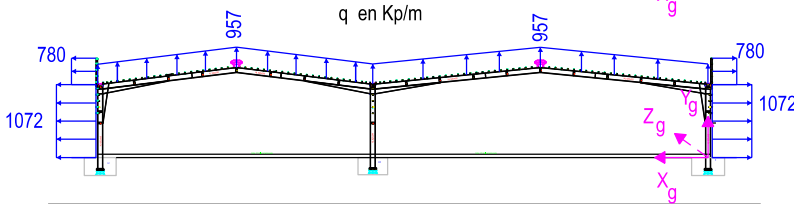
B= 9 m q en Kp/m



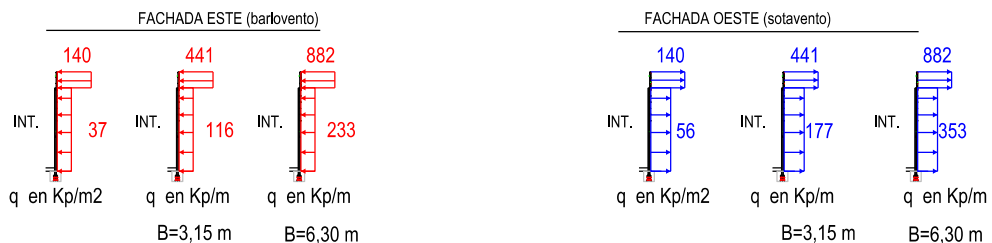
B= 10 m q en Kp/m
(la mitad en JD y ultimo portico sotavento)



B= 10,40 m q en Kp/m



HASTIALES



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: ACCIONES VIENTO CONSIDERADAS
APENDICE 3
ACCIONES

FORMATO : A4

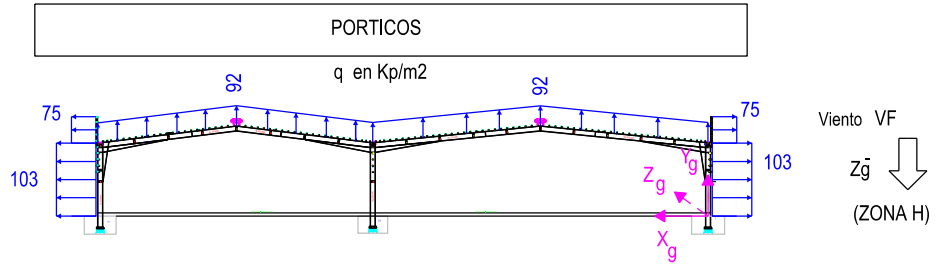
ESCALA:

PLANO Nº :

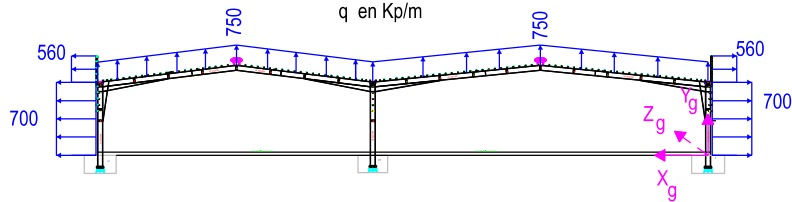
CE-AP3-34

W4

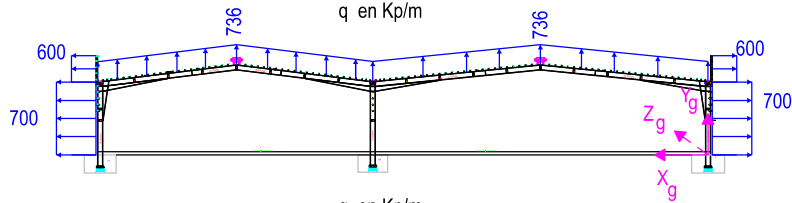
HIPOTESIS 26
viento dorsal -O- con presión interior



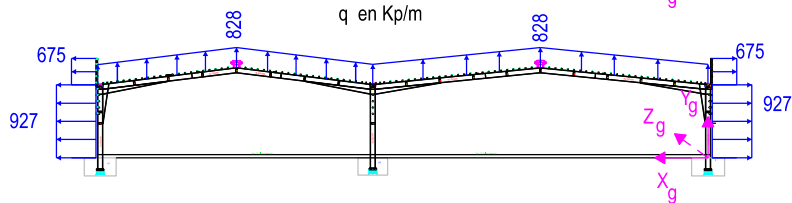
B= 5 m q en Kp/m
(ZONA A- F-G)
(portico 1 a barlovento)



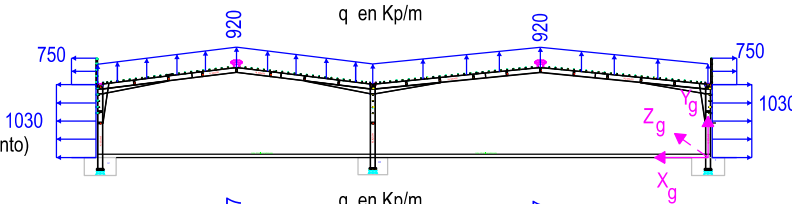
B= 8 m q en Kp/m



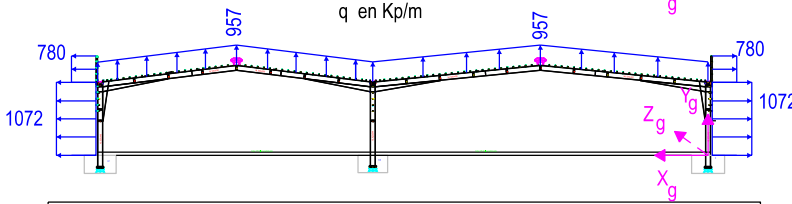
B= 9 m q en Kp/m



B= 10 m q en Kp/m
(la mitad en JD y ultimo portico sotavento)

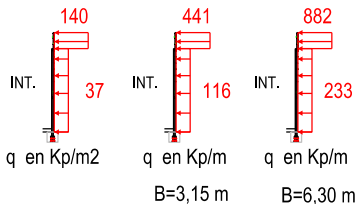


B= 10,40 m q en Kp/m

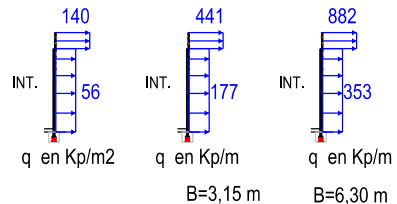


HASTIALES

FACHADA OESTE (barlovento)



FACHADA ESTE (sotavento)



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
ACCIONES

FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO Nº :

CE-AP3-35

APÉNDICE 3

ACCIONES

4.-NIEVE (Hipótesis 22)

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3 ACCIONES	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> CE-AP3-36

APÉNDICE 3

ACCIONES

4.-NIEVE (Hipótesis 22)

4.1. ANALISIS DETALLADO

N1 : Nieve sin viento

N2 : Nieve con viento del sur

N3 : Nieve con viento del norte

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3 ACCIONES	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> CE-AP3-37



ACCION NIEVE

(CTE DB SE-AE 3.5)

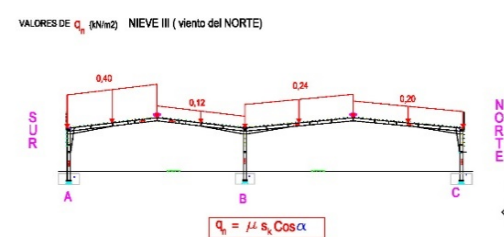
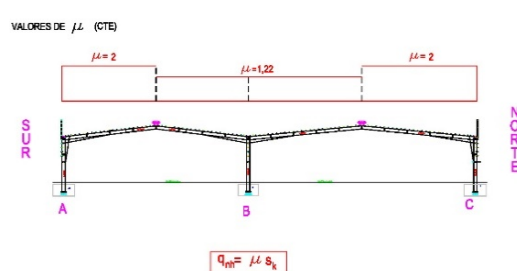
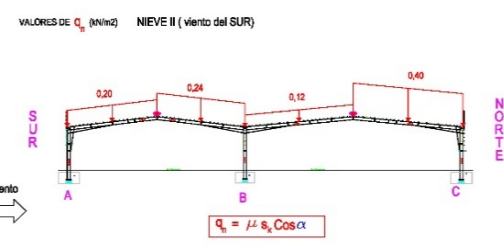
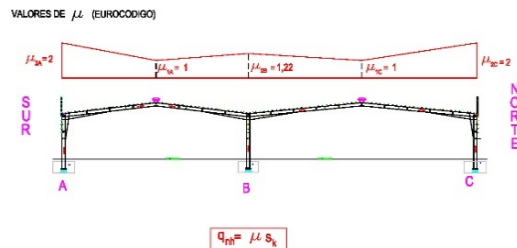
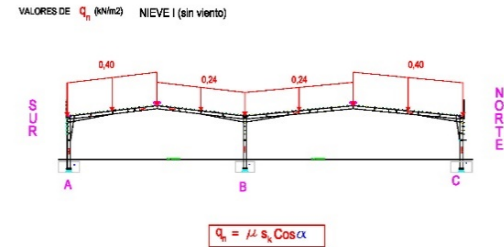
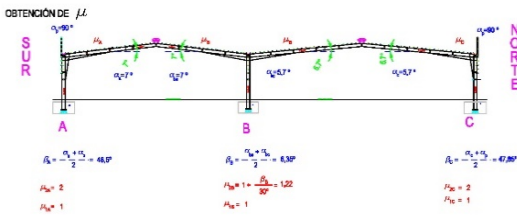
DATOS GEOGRÁFICOS	
ZONA INVERNAL:	5
ALTURA (m)=	0
sk (kN/m2)=	0,2

GEOMETRIA FALDONES: Obtención de μ_1 y μ_2				
PLANO/s	α (°)	μ_1	β (°)	μ_2
Potelet	90,0	0,00	x	x
Faldón A	7,0	1,00	x	x
Faldón BA	7,0	1,00	x	x
Faldón BC	5,7	1,00	x	x
Faldón C	5,7	1,00	x	x
Potelet/Faldón A	x	x	48,5	2,00
Faldón BA/Faldón BC	x	x	6,4	1,21
Potelet/Faldón C	x	x	47,9	2,00

PLANO	α (°)	HIP I (sin viento)		HIP II (viento del S)		HIP III (viento del N)	
		qh (kN/m2)	qL (kN/m2)	qh (kN/m2)	qL (kN/m2)	qh (kN/m2)	qL (kN/m2)
Faldón A	7,0	0,40	0,39	0,20	0,19	0,40	0,39
Faldón BA	7,0	0,24	0,24	0,24	0,24	0,12	0,12
Faldón BC	5,7	0,24	0,24	0,12	0,12	0,24	0,24
Faldón C	5,7	0,40	0,39	0,40	0,39	0,20	0,20

NIEVE ZONA INVERNAL 5 H=0 m $s_k = 0,2 \text{ kN/m}^2$

NIEVE HIPOTESIS A CONSIDERAR Proyección longitudinal

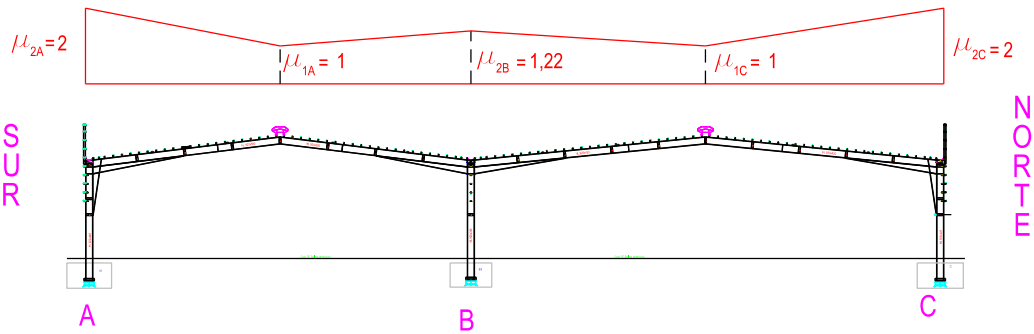
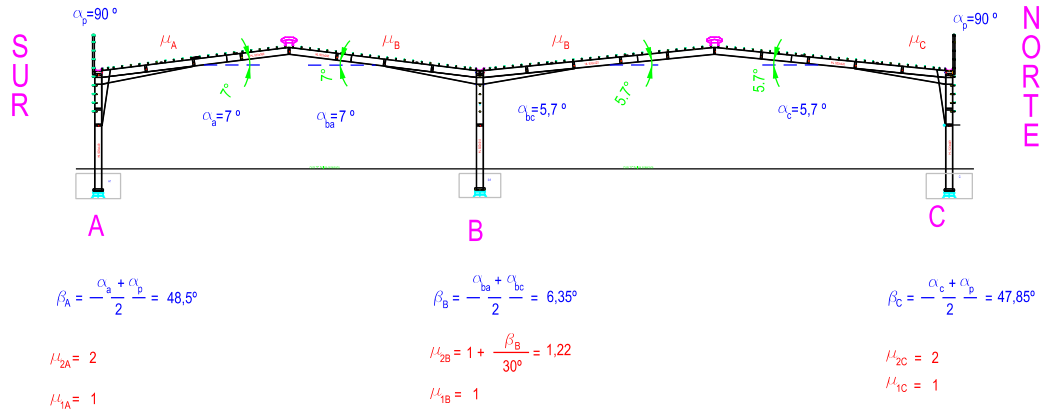


NIEVE

ZONA INVERNAL 5 H= 0 m

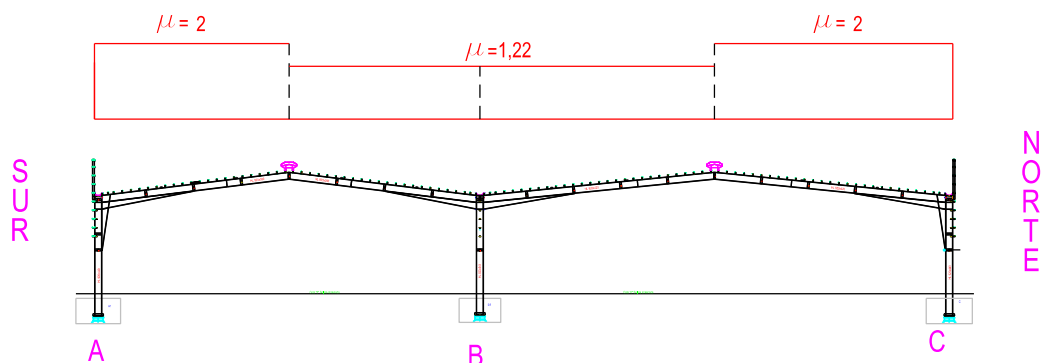
$s_k = 0,2 \text{ kN/m}^2$

OBTENCIÓN DE μ



$$q_{nh} = \mu s_k$$

VALORES DE μ (CTE)



$$q_{nh} = \mu s_k$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3

FORMATO: A4

PLANO N°:

ACCIONES

ESCALA:

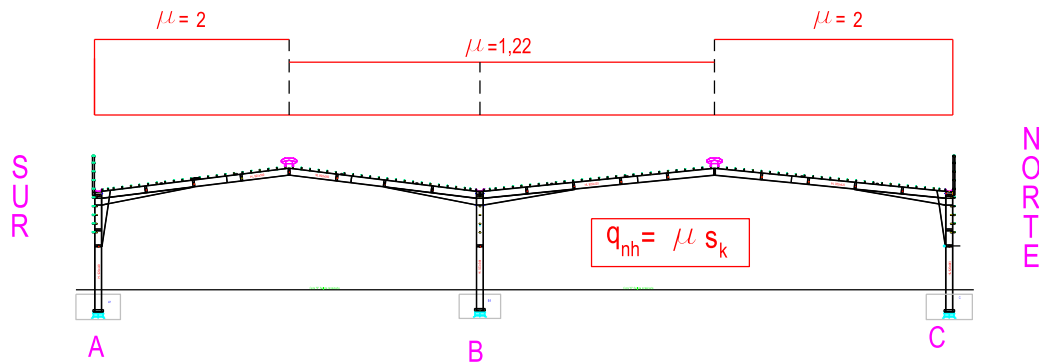
CE-AP3-39

NIEVE

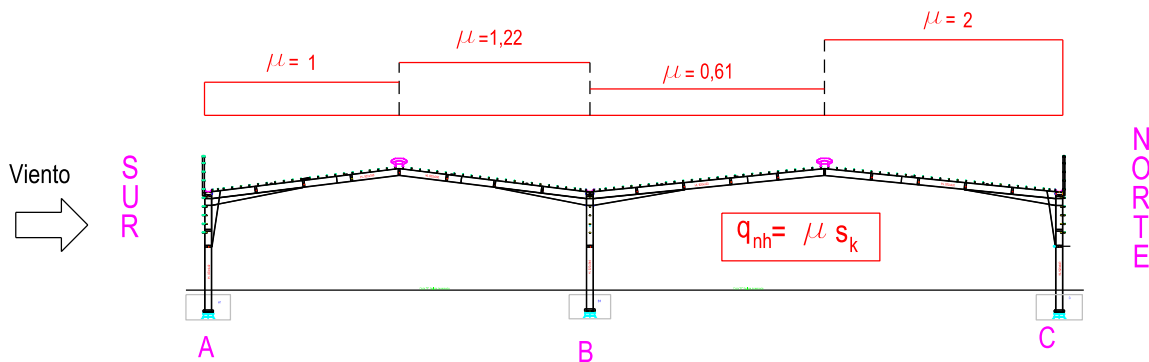
HIPOTESIS A CONSIDERAR

Proyección horizontal

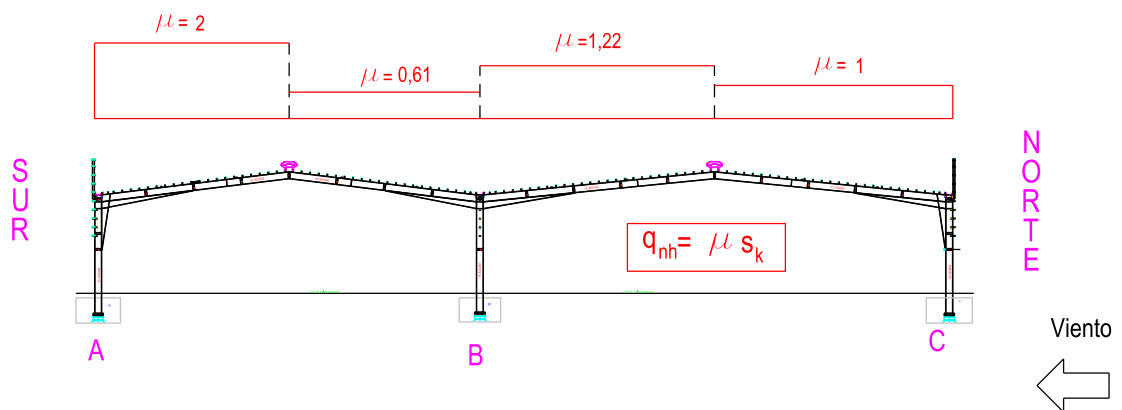
VALORES DE μ_l (CTE) NIEVE I (sin viento)



VALORES DE μ_l (CTE) NIEVE II (viento del SUR)



VALORES DE μ_l (CTE) NIEVE III (viento del NORTE)



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3

ACCIONES

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO N°:

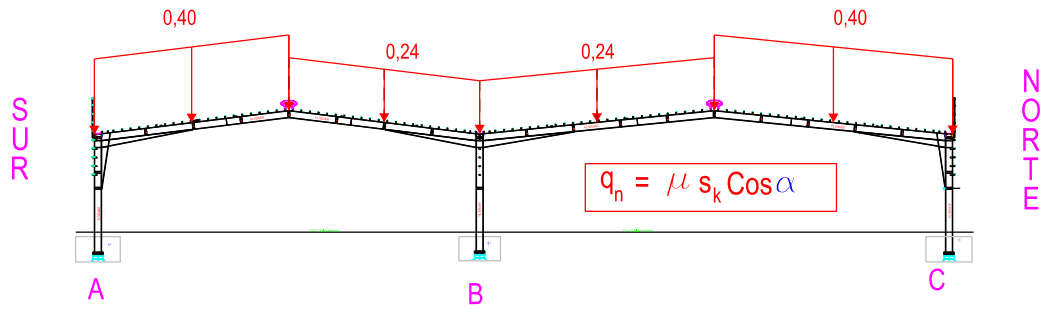
CE-AP3-40

NIEVE

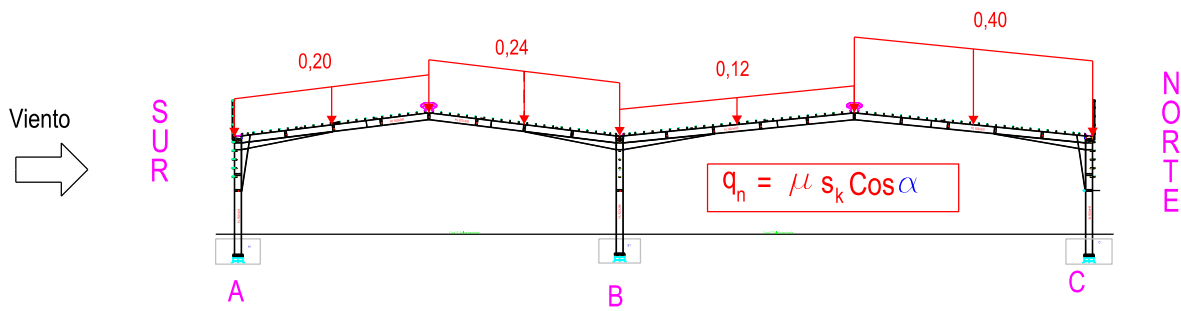
HIPOTESIS A CONSIDERAR

Proyección longitudinal

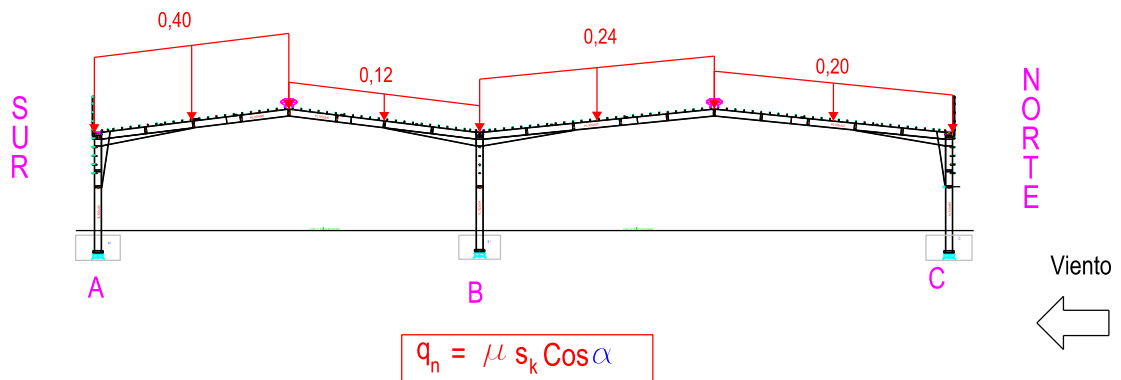
VALORES DE q_n (kN/m²) NIEVE I (sin viento)



VALORES DE q_n (kN/m²) NIEVE II (viento del SUR)



VALORES DE q_n (kN/m²) NIEVE III (viento del NORTE)



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3

ACCIONES

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO Nº:

CE-AP3-41

APÉNDICE 3

ACCIONES

4.-NIEVE (Hipótesis 22)

4.2. CARGAS UTILIZADAS

S : HIPOTESIS 22

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3 ACCIONES	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> CE-AP3-42

S

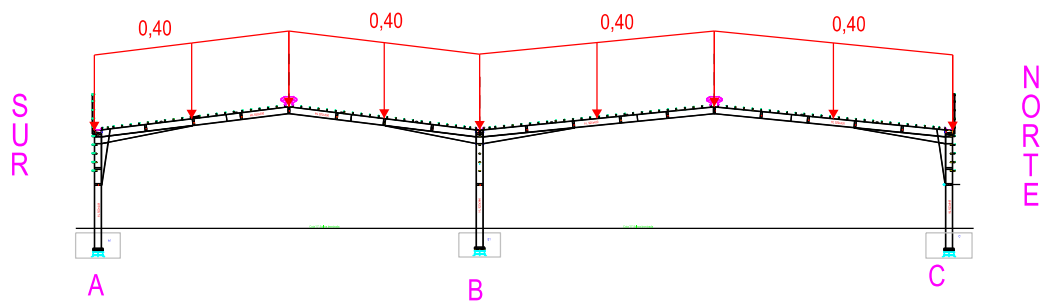
NIEVE

CARGAS CONSIDERADAS

Proyección longitudinal

VALORES DE q_n (kN/m²) S: NIEVE (independiente del viento)

HIPOTESIS 22



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 3
ACCIONES

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO N°:

CE-AP3-43



ACCION NIEVE

(VALORES CONSIDERADOS)

q_h (kp/m²)= 40 (Sobrecarga de nieve proyección horizontal)
 i (%)= 6 (Pendiente media de los faldones)
 α (rad)= 0,059928155 (Angulo medio faldones)

B (m)	qNYg (Kp/ml)	
5,00	199,64	EXTREMOS-JD
8,00	319,43	V6
9,34	372,93	V5-7 Y V9,34
10,00	399,28	TIPO+V20
10,40	415,25	

(Hipótesis 22 (Nieve))

APÉNDICE 3

ACCIONES

5.- TEMPERATURA (Hipótesis 21)

T1 : Temperatura en verano (CALC V)

T2 : Temperatura en invierno (CALC I)

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3 ACCIONES	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> CE-AP3-44



ACCIÓN TÉRMICA

(CTE DB SE-AE 3.4)

TEMPERATURA DE REFERENCIA (Tref)

T ref (°C)= 10

TEMPERATURAS AMBIENTES EXTREMAS

VERANO

Tav (°C)= 44

INVIERNO

Zona invernall: 5

Tai (°C)= -5

TEMPERATURA ELEMENTOS PROTEGIDOS

VERANO:

Tpv (°C)= 20

INVIERNO:

Tpi (°C)= 20

TEMPERATURA ELEMENTOS EXPUESTOS

Color superficie: CLARO

$\Delta T_{color S}$ (°C)= 30 (SUR Y OESTE)

$\Delta T_{color N}$ (°C)= 2 (NORTE Y ESTE)

VERANO:

TevS (°C)= 74 (SUR Y OESTE)

TevN (°C)= 46 (NORTE Y ESTE)

INVIERNO:

Tei (°C)= -5

TEMPERATURA ELEMENTOS ENVOLVENTE NO EXPUESTOS

VERANO:

TenevS (°C)= 47 (SUR Y OESTE)

TenevN (°C)= 33 (NORTE Y ESTE)

INVIERNO:

Tenei (°C)= 7,5

INCREMENTOS DE TEMPERATURA EN ELEMENTOS

SITUACIÓN ELEMENTO		ΔT (°C)	
		VERANO (1)	INVIERNO
PROTEGIDOS		10	10
EXPUESTOS	SUR Y OESTE	64	-15
	NORTE Y ESTE	36	-15
	POTELETS	50	-15
ENVOLVENTE (no expuestos)	SUR Y OESTE	37	-2,5
	NORTE Y ESTE	23	-2,5
	POTELETS	30	-2,5

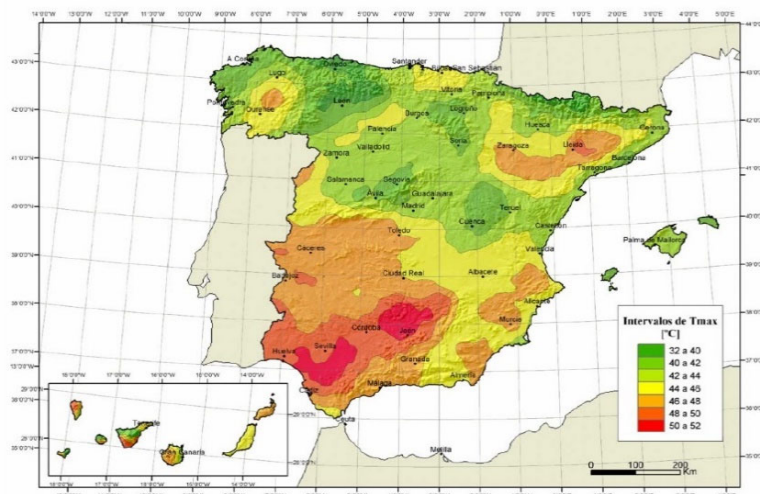


Figura E.1 Isotermas de la temperatura anual máxima del aire (T_{max} en °C)

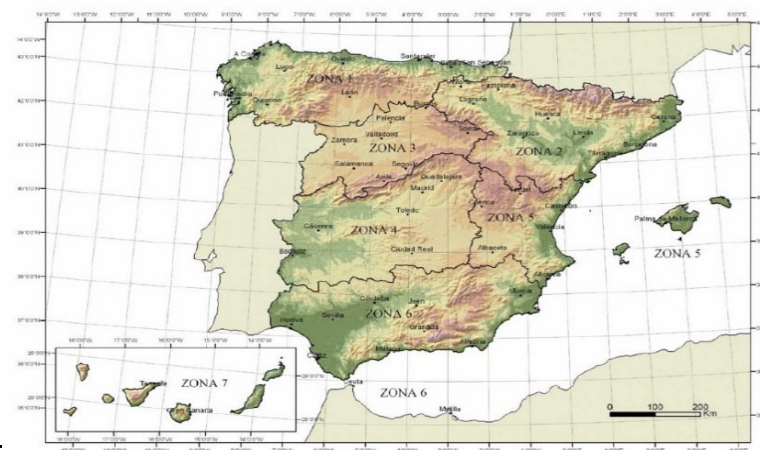


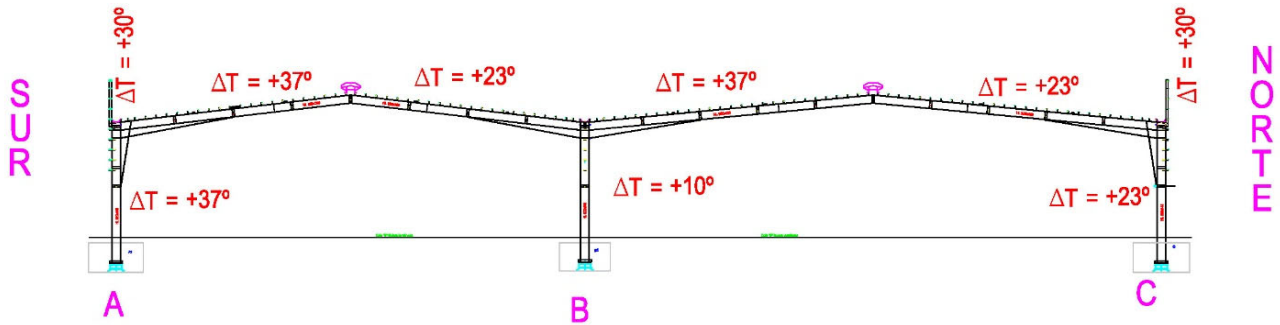
Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

(1) No será simultaneo con accion nieve

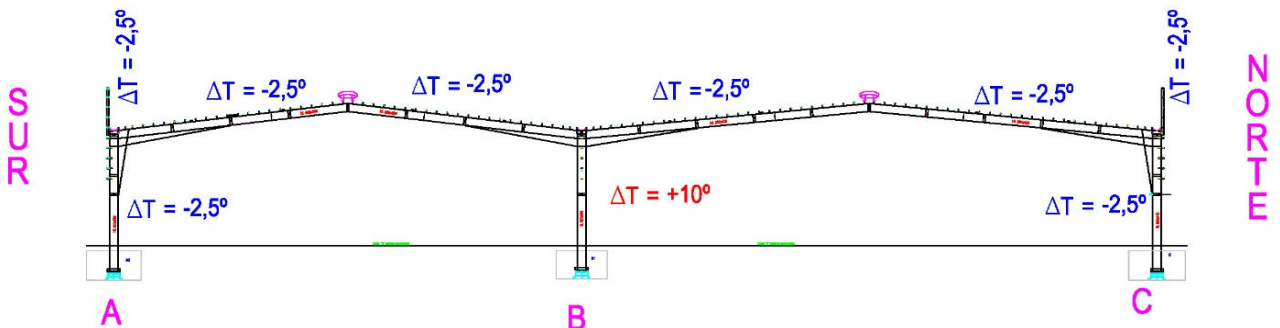
Consideramos [hip 21 \(temperatura\)](#) el increm
temp en verano



ACCIÓN TÉRMICA: INCREMENTO TEMPERATURAS VERANO



ACCIÓN TÉRMICA: INCREMENTO TEMPERATURAS INVIERNO



APÉNDICE 3

ACCIONES

6.- ACCIÓN ACCIDENTAL: IMPACTO (Hipótesis 23)

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3 ACCIONES	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> CE-AP3-47



ACCIÓN ACCIDENTAL: IMPACTO

(CTE DB SE-AE 4.3)

1.- DATOS VEHÍCULO

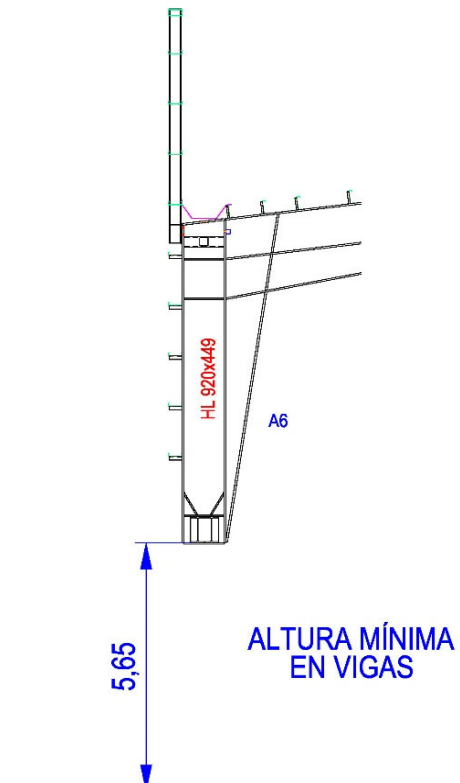
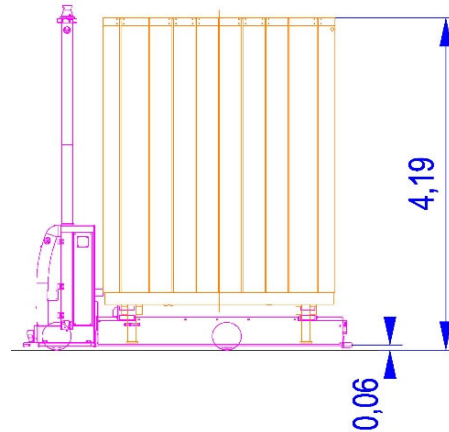
PMA (Kp)=	12.200	(Peso máximo autorizado)
Hv (m)=	4,2	(Altura total vehículo)
Hvg (m)=	0,06	(Altura vehículo donde daría el golpe)

2.- FUERZA ESTÁTICA EQUIVALENTE EN PILARES

FiL (Kp)=	12.200	(fuerza horizontal en sentido de la trayectoria)
FiT (Kp)=	0	(fuerza horizontal perpendicular a la trayectoria)
Hgc (m)=	0,06	(Altura de cálculo del golpe en pilares)

2.- FUERZA ESTÁTICA EQUIVALENTE EN VIGAS (perpend a trayectoria)

Zv (m)=	5,65	(Altura desde suelo a viga)
FiL (Kp)=	0	(fuerza horizontal en sentido de la trayectoria)
FiT (Kp)=	0	(fuerza horizontal perpendicular a la trayectoria)
Hgv (m)=	0,0	(Altura de cálculo del golpe en viga)



APÉNDICE 3

ACCIONES

7.- ACCIÓN ACCIDENTAL: INCENDIO

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3 ACCIONES	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> CE-AP3-49

APÉNDICE 3

ACCIONES

7.- ACCIÓN ACCIDENTAL: INCENDIO

7.1. GENERALIDADES.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3	FORMATO : A4	<u>PLANO N° :</u>
	ACCIONES	ESCALA: <input type="text"/>	CE-AP3-50



ACCIÓN ACCIDENTAL INCENDIO

(CTE DB SI + RD2267 + CE ANEJO 23)

I.- IDEAS GENERALES.

1.- La elevación de la temperatura que se produce en un incendio afecta a la estructura de dos formas diferentes:

- A) Los materiales ven afectadas de forma importante su capacidad mecánica.
- B) Aparecen acciones indirectas (Ad) como consecuencia de las deformaciones de los elementos.
(ver CTE DB SI 6.1.1)

2.- Las estructuras de acero se proyectarán y construirán de forma que mantengan su función portante durante el tiempo de exposición al fuego REQUERIDO (tR min). (ver CE Anejo 23/ 2.1.1-1)

3.- El requerimiento de tiempo de exposición al fuego (tR en min) lo establece la siguiente reglamentación específica:

- A) Establecimientos NO industriales (residencial, docente, administrativo, comercial, hospitales, etc):

(ver CTE DB SI6/ 3.1)

Tabla 3,1 CTE DB SI6 R-tR

USO DEL SECTOR	PLANTAS SÓTANO		PLANTAS SOBRE RASANTE		
	Altura evacuación del edificio (m)		Altura evacuación del edificio (m)		
	≤ 28	>28	≤ 15	≤ 28	>28
Vivienda unifamiliar aislada	R 30	R 30	R 30	-	-
Vivienda unifamiliar adosada: elem. comunes	R 120	R 120	R 60	R 90	R 120
Residencial vivienda, residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública concurrencia, Hospitalario	R 12	R 180	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento en edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso	R 90	R 90	R 90	R 90	R 90
Aparcamiento NO Robotizado situado bajo un uso distinto	R 120	R 120	R 120	R 120	R 120
Aparcamiento Robotizado situado bajo un uso distinto	R 180	R 180	R 180	R 180	R 180

B) Establecimientos INDUSTRIALES : RD 2267 /2004, de 3 de diciembre. "Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales". (ver RD 2267 Anexo II)

En este caso intervienen muchos condicionantes, pero para que tengamos una idea: (se justifica más adelante)

Tabla 2.2 RD 2267 ANEXO II 4.1 R-tR

Elementos estructurales con función portante en general
Escaleras interiores que sean de recorrido de evacuación

NIVEL DE RIESGO INTRINSECO DEL SECTOR DE INCENDIO		TIPO A		TIPO B		TIPO C	
		PLANTA SÓTANO -1	PLANTAS SOBRE RASANTE	PLANTA SÓTANO -1	PLANTAS SOBRE RASANTE	PLANTA SÓTANO -1	PLANTAS SOBRE RASANTE
		BAJO	1	R 120	R 90 (2)	R 90	R 60	R 60	R 30
	2	R 120	R 90 (2)	R 90	R 60	R 60	R 30
MEDIO (4)	3	NO PERMITIDO	R 120 (1) (2)	R 120 (1)	R 90 (1)	R 90	R 60
	4	NO PERMITIDO	R 120 (1) (2)	R 120 (1)	R 90 (1)	R 90	R 60
	5	NO PERMITIDO	R 120 (1) (2)	R 120 (1)	R 90 (1)	R 90	R 60
ALTO (4)	6	NO PERMITIDO	NO PERMITIDO	R 180 (1)	R 120 (1) (3)	R 120	R 90
	7	NO PERMITIDO	NO PERMITIDO	R 180 (1)	R 120 (1) (3)	R 120	R 90
	8	NO PERMITIDO	NO PERMITIDO	NO PERMITIDO	NO PERMITIDO	R 120	R 90

(1): Si la fachada accesible es inferior a 5 m, NO ESTÁ PERMITIDO.

(2): Si la altura de evacuación es mayor de 15 m, NO ESTÁ PERMITIDO.

(3): Si la altura de evacuación en sentido descendente es mayor de 15 m, NO ESTÁ PERMITIDO.

(4): Si el sector está a menos de 25 m de masa forestal ,con franja perimetral perm. libre de vegetación, NO ESTA PERMITIDO



4.- Determinado el tiempo de exposición al fuego, t_R (min), podemos estimar la temperatura del gas ambiente (θ_g) y la temperatura del acero (θ_a). Ambas temperaturas dependen del tiempo t (min) desde que se inicia el incendio, calculándose para $t=t_R$

5.- Una vez obtenida la temperatura del acero para $t=t_R$ (θ_{aR}), se determinan:

- A) Las propiedades del material para θ_{aR} .
- B) Las acciones (A_d) debidas al incremento de temperatura $\theta_{aR} - 20^\circ\text{C}$.

6.- El coeficiente parcial de seguridad para el material en caso de incendio, $\gamma_{M,fi}$, es igual a 1. (ver CTE DB SI-6-6.4 y CE Anexo 23 2.3 (2))

7.- Podemos utilizar dos procedimientos para la verificación estructural:

- A) Verificación estándar: $E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t}$

$E_{fi,d}$ Valor de cálculo de las acciones para la situación de incendio (incluyendo los efectos de las expansiones y deformaciones térmicas).

$R_{fi,d,t}$ Valor de cálculo de la resistencia en la situación de incendio.

Obtención de $E_{fi,d}$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \Psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- B) Verificación en el dominio de la temperatura: $\theta_{a,R} \leq \theta_{a,crit}$

$\theta_{a,R}$ Temperatura del acero para $t=t_R$

$\theta_{a,crit}$ Temperatura crítica del acero

$$\theta_{a,crit} = 39,19 \ln \left[\frac{1}{0,9674 \mu_0^{3,833}} - 1 \right] + 482$$

$$\mu_0 = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}} = \frac{\eta_{fi} E_d}{R_{fi,d,0}} \leq \eta_{fi}$$

8.- De forma simplificada el valor de cálculo de las acciones para situación de incendio se puede tomar como:

$$E_{fi,d} = \eta_{fi} E_d$$

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}} \quad (\text{coeficiente de reducción para el valor de cálculo del nivel de carga en situación de incendio})$$

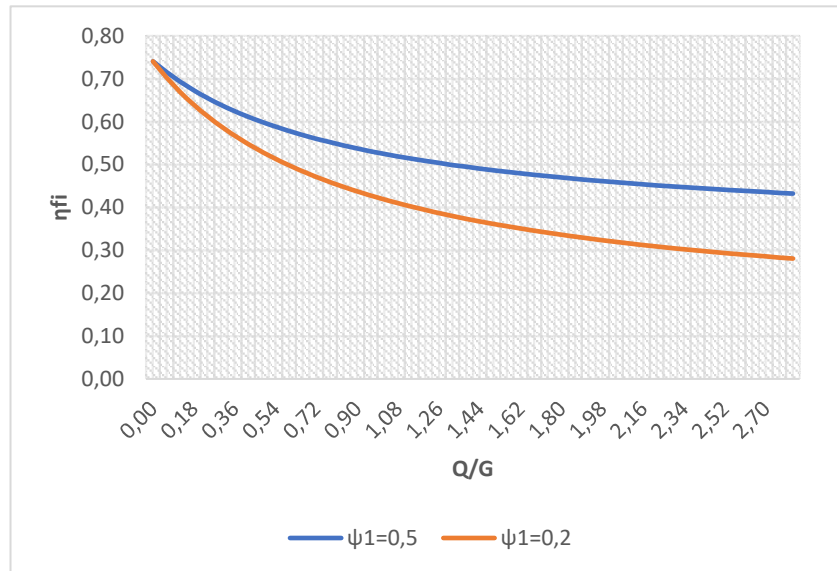
E_d Valor de cálculo del esfuerzo correspondiente para el dimensionamiento a temperatura NORMAL



II.- VALORES DE η_{fi}

$\psi_{fi}=\psi_1=$	0,5	0,2
$\gamma_G=$	1,35	
$\gamma_Q=$	1,5	

Q/G	$\psi_1=0,5$	$\psi_1=0,2$
0,00	0,74	0,74
0,06	0,72	0,70
0,12	0,69	0,67
0,18	0,67	0,64
0,24	0,65	0,61
0,30	0,64	0,59
0,36	0,62	0,57
0,42	0,61	0,55
0,48	0,60	0,53
0,54	0,59	0,51
0,60	0,58	0,50
0,66	0,57	0,48
0,72	0,56	0,47
0,78	0,55	0,46
0,84	0,54	0,45
0,90	0,54	0,44
0,96	0,53	0,43
1,02	0,52	0,42
1,08	0,52	0,41
1,14	0,51	0,40
1,20	0,51	0,39
1,26	0,50	0,39
1,32	0,50	0,38
1,38	0,49	0,37
1,44	0,49	0,37
1,50	0,49	0,36
1,56	0,48	0,36
1,62	0,48	0,35
1,68	0,48	0,35
1,74	0,47	0,34
1,80	0,47	0,34
1,86	0,47	0,33
1,92	0,46	0,33
1,98	0,46	0,32
2,04	0,46	0,32
2,10	0,46	0,32
2,16	0,45	0,31
2,22	0,45	0,31
2,28	0,45	0,31
2,34	0,45	0,30
2,40	0,44	0,30
2,46	0,44	0,30
2,52	0,44	0,29
2,58	0,44	0,29
2,64	0,44	0,29
2,70	0,44	0,29
2,76	0,43	0,28
2,82	0,43	0,28



Viento: $\psi_1=0,5$
 Sobrecarga: $\psi_1=0,5$
 Nieve: $\psi_1=0,2$

Valores habituales de η_{fi} 0,6-0,7



III.- PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO EN FUNCION DE LA TEMPEARATURA θ_a

Calculada la temperatura del acero para $t=t_R$, es decir, $\theta_{a,R}$ obtenemos los coeficientes de reducción respecto a la temperatura del acero a 20°C:

θ_a (°C)	$K_{y\theta}$	$K_{p\theta}$	$K_{E\theta}$
20	1,000	1,000	1,000
100	1,000	1,000	1,000
200	1,000	0,807	0,900
300	1,000	0,613	0,800
400	1,000	0,420	0,700
500	0,780	0,360	0,600
600	0,470	0,180	0,310
700	0,230	0,075	0,130
800	0,110	0,050	0,090
900	0,060	0,038	0,068
1000	0,040	0,025	0,045
1100	0,020	0,013	0,023
1200	0,000	0,000	0,000

TABLA A23.3.1 ANEJO 23

$$f_{y,\theta} = K_{y,\theta} f_y$$

$$f_{p,\theta} = K_{p,\theta} f_y$$

$$E_{a,\theta} = K_{E,\theta} E_a$$

APÉNDICE 3

ACCIONES

7.- ACCIÓN ACCIDENTAL: INCENDIO

7.2. RESISTENCIA AL FUEGO REQUERIDA (RD 2267)

$$t_R = 0 \text{ min}$$

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3 ACCIONES	FORMATO: A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N°:</u> CE-AP3-55



I.- DATOS DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL.

1.- CONFIGURACIÓN:

TIPO (A,B,C):

TIPO A: Establecim. que ocupa parcialmente un edificio (se comparte estructura) con vecinos de diferente titularidad.
TIPO B: Establecim. que ocupa TOTALMENTE un edif. (NO comparte estruct.) con vecinos de dif. titular. a una dist. ≤ 3 m.
TIPO C: Establecim. que ocupa TOTALMENTE un edif. (NO comparte estruct.) con vecinos de dif. titular. a una dist. > 3 m.

2.- FACHADAS ACCESIBLES:

Perímetro establecimiento (m) =
Fachada accesible (m)=
Porcentaje (%) =

Se considerarán fachadas accesibles aquellas que :

- a) Tengan huecos en fachada para acceder a cada una de las plantas del edificio , cuyos huecos cumplan :
- a1) Altura del alfeizer respecto nivel de la planta donde se accede $\leq 1,20$ m.
 - a2) Ancho hueco $\geq 0,80$ m. ; altura hueco $\geq 1,20$ m.
 - a3) Separación entre ejes verticales de huecos ≤ 25 m.
- b) Los viales de aproximación hasta las fachadas accesibles cumplirán.
- b1) Anchura libre ≥ 5 m.
 - b2) Altura libre $\geq 4,50$ m.
 - b3) Capacidad portante del vial $\geq 2,000$ Kp/cm².
 - b4) En los tramos curvos: anchura $\geq 7,20$ m ; radio int $\geq 5,30$ m ; radio ext $\geq 12,50$ m.
- c) Si el edif. tiene altura de evacuación descendente > 9 m , deberá disponer de espacio de maniobra que cumpla:
- c1) Anchura libre ≥ 6 m.
 - c2) Altura libre : la del edificio.
 - c3) Separación del edificio ≤ 10 m.
 - c4) Distancia hasta cualquier acceso principal del edificio ≤ 30 m.
 - c5) Pendiente $\leq 10\%$.
 - c6) Capacidad portante del suelo $\geq 2,000$ Kp/cm².
 - c7) Resistencia al punzonamiento (trapas) : $10 T_n$ sobre $\varnothing 20$ cm.

3.- DISTANCIA DEL ESTABLECIMIENTO A OTRAS PARCELAS CON POSIBILIDAD DE EDIFICAR EN ELLAS (Dp).

$D_p \geq 10$ m (Si = 1; No =0):
(interviene en la estabilidad al fuego de la estructura)

**4.- ¿EL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL ESTÁ EN UNA SOLA PLANTA
O TIENE ZONAS ADMINISTRATIVAS EN MÁS DE UNA PLANTA PERO
COMPARTIMENTADAS DEL USO INDUSTRIAL SEGÚN CTE? (SI=1; NO=0)**
(interviene en la estabilidad al fuego de la estructura)

5.- Nº SECTORES DE INCENDIO EN LOS QUE SE DIVIDE EL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL (NSI).

NSI= (≥ 1)
Nº Sectores dónde se aplica RD 2267 (uso industrial):
Nº Sectores dónde se aplica cTE DB SI (uso NO industrial):

6.- SUPERFICIE DEL ESTABLECIMIENTO (Ae).

Ae (m²) =



II. SECTOR 1

DATOS DEL SECTOR

NOMBRE : PRODUCCIÓN 1						
<u>1.- SUPERFICIE DEL SECTOR DE INCENDIO Nº 1 (As1).</u>						
As1 (m2)=	28.863,00					
<u>2.- FACTOR DE RIESGO DE ACTIVACIÓN (Ra) DE LA ACTIVIDAD EN EL SECTOR. (tabla 1.2 RD 2267)</u>						
¿Actividad principal es almacenamiento? (Si=1 ; No=0)						
						0
Ra = 1 (1 ≤ Ra ≤ 2) (si hay varias activs. en el sector, se tomará la de > Ra ,siempre que ocupe al menos el 10% de la superficie del sector)						
<u>3.- MASA DE LOS COMBUSTIBLES PRESENTES EN EL SECTOR.</u>						
<u>3.1. ALMACENAMIENTO PALETS DE CERAMICA EN ESTANTERIAS.</u>						
Nº HUECOS=	0					
OCUPACION (%)=	75					
Nº PALETS =	0,00					
			COMBUSTIBLE		MASA (Kg)	
			Madera		0,00	
			Cartón		0,00	
			Plástico		0,00	
<u>3.2. OTROS ALMACENAMIENTOS DE PALETS DE CERAMICA.</u>						
Nº PALETS =	1.000					
			COMBUSTIBLE		MASA (Kg)	
			Madera		27.000,00	
			Cartón		8.000,00	
			Plástico		900,00	
<u>3.3. CERRAMIENTOS.</u>						
Material	Superficie (m2)	Espesor (mm)				
Poliuretano	0,00					
Poliestireno	0,00					
PIR	0,00	40				
Policarbonato	0,00					
Poliester	7.000,00	1,2				
			COMBUSTIBLE		MASA (Kg)	
			Poliuretano		0,00	
			Poliestireno		0,00	
			PIR		0,00	
			Policarbonato		0,00	
			Poliester		8.400,00	
<u>3.4. OTROS.</u>						
COMBUSTIBLE	MASA (Kg)	COMBUSTIBLE	MASA (Kg)	COMBUSTIBLE	MASA (Kg)	
Poliuretano	500,00	Aceite mineral	10.000,00	Madera	10.000,00	
Poliestireno	2.000,00	Gasóleo	1.000,00	Cartón	7.000,00	
PIR				Plástico	3.000,00	
Policarbonato	500,00			Papel	500,00	
Poliester						
Polietileno	2.000,00					
<u>4.- CARGA DE FUEGO. (ΣGi.qi). CARGA DE FUEGO PONDERADA (ΣGi.qi.Ci). CARGA DE FUEGO POND. Y CORREGIDA (Ra.ΣGi.qi.Ci)</u>						
COMBUSTIBLE	MASA (Kg)	qi (Mcal/Kg)	ΣGi.qi(Mcal)	Ci	ΣGi.qi.Ci (Mcal)	Ra.ΣGi.qi.Ci (Mcal)
Madera	37.000,00	4	148.000,00	1	148.000,00	148.000,00
Cartón	15.000,00	4	60.000,00	1	60.000,00	60.000,00
Plástico	3.900,00	10	39.000,00	1,3	50.700,00	50.700,00
Papel	500,00	4	2.000,00	1	2.000,00	2.000,00
Poliuretano	500,00	6	3.000,00	1	3.000,00	3.000,00
Poliestireno	2.000,00	10	20.000,00	1	20.000,00	20.000,00
PIR	0,00	5	0,00	1	0,00	0,00
Policarbonato	500,00	7	3.500,00	1	3.500,00	3.500,00
Poliester	8.400,00	6	50.400,00	1	50.400,00	50.400,00
Polietileno	2.000,00	10	20.000,00	1	20.000,00	20.000,00
Aceite mineral	10.000,00	10	100.000,00	1	100.000,00	100.000,00
Gasóleo	1.000,00	10	10.000,00	1,3	13.000,00	13.000,00
TOTALES:			455.900,00		470.600,00	470.600,00
<u>5.- DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO PONDERADA Y CORREGIDA (Qs1). NIVEL DE RIESGO INTRINSECO.</u>						
Qs1 (Mcal/m2)=	16,30	NIVEL DE RIESGO INTRINSECO:			BAJO	
Qs1 (MJ/m2)=	67,93	GRADO:			1	



II. SECTOR 1 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

NOMBRE : PRODUCCIÓN 1

6.- SITUACIÓN DEL SECTOR RESPECTO LA RASANTE (SI=1 ; NO= 0).

EN PLANTA SOBRE RASANTE: 1
EN 1ª PLANTA BAJO RASANTE: 0
EN 2ª PLANTA BAJO RASANTE: 0

7.-LONG. FACHADA ACCESIBLE (m)= 765 (ver características para ser fachada accesible en hoja 1)

8.- SENTIDO Y ALTURA EVACUACIÓN (SI=1 , NO=0):

ASCENDENTE: 0
PLANO 1
DESCENDENTE: 0
ALTURA EVAC (m) 0

9.- MASAS FORESTALES:

¿El sector está a más de 25 m de masa forestal ? (Si=1 ; No=0) 1

10.- INSTALACION ROCIADORES AUTOMATICOS:

¿ Es preceptiva su instalación? (Si=1; No=0) 0

Si no es preceptiva su colocación, ¿Se van a instalar rociadores automáticos? (Si=1 ; No=0) 0

11.- ¿SE PUEDE UBICAR ESTE SECTOR DE INCENDIO? (Si=1 ; No=0) 1

12.- DISTANCIA DEL SECTOR A OTRAS PARCELAS CON POSIBILIDAD DE EDIFICAR EN ELLAS (Dsp).

Dsp ≥ 10 m (Si = 1; No =0): 1
(interviene en el cálculo de la superficie máxima admisible del sector, tabla 2.1)

13.-COMPROBACIÓN SI LA SUPERFICIE DEL SECTOR ES MENOR QUE LA MÁXIMA ADMISIBLE.

Superficie del sector (m2) : 28.863,00
Superficie max construible del sector (m2): SIN LIMITE

SUPERFICIE DEL SECTOR PERMITIDA

14.- RESUMEN CARACTERISTICAS BÁSICAS DEL SECTOR:

* Características del establecimiento industrial según configuración y ubicación: TIPO C
* Superficie del sector de incendios (m2) : 28.863,00
* Carga de fuego del sector de incendios (Mcal): 455.900,00
* Densidad de carga de fuego ponderada y corregida (Mcal/m2): 16,30
* Nivel de riesgo intrínseco del sector de incend. : BAJO Grado 1
* ¿Está permitida su ubicación ? : SI
* Máxima superficie que podría tener el sector de incendios (m2): SIN LIMITE
* ¿Aunque no fuera un almacenamiento industrial, sería preceptiva la aplicación del RD 2267 ? NO

**II. SECTOR 1**

REQUISITOS CONSTRUCTIVOS (PROTECCION PASIVA) DEL SECTOR. (1 de 2)

NOMBRE : PRODUCCIÓN 1						
15. CONCEPTOS A TENER EN CUENTA:						
ESTRUCTURA PORTANTE = Soportes + Vigas + Forjados + Estructura principal de cubierta + Estructura secundaria de cubierta.						
Estructura principal de cubierta = dinteles/cerchas + arriostramientos.						
Estruct. secundaria de cubierta = correas + tirantillas, etc						
CUBIERTA LIGERA = Aquella cuyos peso propio no exceda de 100 Kp/m2.						
Peso propio de una cubierta = peso de : estructura principal de cubierta + estructura secundaria de cubierta + cerramiento de cubierta.						
16.- ¿LA CUBIERTA PUEDE CONSIDERARSE LIGERA? SI Peso propio cubierta (Kp/m2) = 59,94						
DINTEL			CORREAS			CERRAM. CUB
Nombre	Kp/ml	Separación(m)	Nombre	Kp/ml	Separación(m)	Kp/m2
HL 920x420	420,00	10,00	Z-300x3	11,55	1,15	7,85
17.-EXIGENCIAS DE COMPORTAMIENTO AL FUEGO DE LOS PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN (UNE-EN 13501-1).						
17.1. PRODUCTOS DE REVESTIMIENTO INTERIOR (ACABADO SUPERFICIAL):						
* En suelos: Cfl-s1 (o más favorable)						
* En paredes y techos: C-s3 d0 (o más favorable)						
* Lucernarios continuos: B-s1d0 (o más favorable)						
* Lucernarios NO continuos: D-s2d0 (o más favorable)						
17.2. PRODUCTOS DE REVESTIMIENTO EXTERIOR (ACABADO SUPERFICIAL):						
* En fachadas: C-s3 d0 (o más favorable)						
17.3. PRODUCTOS EN CAPAS INTERIORES DE PAREDES Y CERRAMIENTOS.						
* Si el sector es de riesgo intrín. BAJO, y el establecimiento tiene configuración B o C:						Ds3 d0
* En otro caso: el material tiene la misma clase o mejor que el material superficial; y en el caso contrario, el conjunto serán como mínimo EI30.						
17.4. OTROS PRODUCTOS:						
* Productos situados en el interior de falsos techos/suelos elevados:						B-s3 d0
* Cables: Si están en el interior de falsos techos/suelos elevados serán NO propagadores de incendio y con emisión de humo y opacidad reducida. En los otros casos, cumplirán lo establecido en la reglamentación específica (eléctricos, REBT)						
18.- ESTABILIDAD AL FUEGO DE ESCALERAS (SI LAS HAY) QUE SEAN RECORRIDO DE EVACUACIÓN.						
* Si están en el exterior: NO SE EXIGE						
* Si están en el interior: R 30						
19.- ESTABILIDAD AL FUEGO MÍNIMA DE LA ESTRUCTURA PORTANTE:						
* En PILARES, VIGAS, FORJADOS : NO SE EXIGE						
* En Estructura principal cubierta (cuchillos): NO SE EXIGE						
* En estructura secundaria cubierta (correas): NO SE EXIGE						
20.- RESISTENCIA AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DELIMITADORES DE UN SECTOR DE INCENDIO.						
* SEPARACION ENTRE SECTORES DEL MISMO ESTABLECIMIENTO:						
-CON FUNCION PORTANTE: REI 30						
-SIN FUNCION PORTANTE: EI 30						
* SEPARACION ENTRE SECTORES DE DISTINTOS ESTABLECIMIENTOS:						
-CON FUNCION PORTANTE: REI 120						
-SIN FUNCION PORTANTE: EI 120						
* PUERTAS DE PASO ENTRE DOS SECTORES:						
-PASO DIRECTO: EI 15						
-PASO CON VESTIBULO INDEP.: EI 15						



II. SECTOR 1 REQUISITOS CONSTRUCTIVOS (PROTECCION PASIVA) DEL SECTOR. (2 de 2)

NOMBRE : PRODUCCIÓN 1	
21.- SISTEMA DE EVACUACIÓN DE HUMOS (UNE 23585)	
¿Es preceptiva su instalación?	NO
Si no es preceptiva su colocación, ¿Se va a instalar evacuación de humos? (Si=1 ; No=0)	0
22.- EVACUACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.	
Nº de personas que ocupan el sector de incendios:	20 (p, según documentación laboral)
OCUPACIÓN (P)=	22
22.1. ELEMENTOS DE EVACUACIÓN. DEFINICIONES. Se definen de acuerdo a lo establecido en el CTE DB SI "Seguridad en caso de Incendio"	
22.2. Nº DE SALIDAS ALTERNATIVAS MÍNIMO:	1
Nº de salidas alternativas disponibles:	3
22.3. DISTANCIA (m) MÁXIMA DE LOS RECORRIDOS DE EVACUACIÓN: ¿Todos los mater. presentes en el sector son de clase A?(SI=1;NO=0)	100 1
22.4. ESCALERAS DE EVACUACIÓN ASCENDENTES (si las hay): ¿Deben ser protegidas?	SI
22.5. ESCALERAS DE EVACUACIÓN DESCENDENTES (si las hay): ¿Deben ser protegidas?	NO
22.6. DIMENSIONAMIENTO DE SALIDAS, PASILLOS Y ESCALERAS:	
Nº de salidas a efectos de cálculo:	1
Pp =Nº de personas de paso por el elemento:	22
Anchura (m) mínima de puertas y pasos:	0,80
Anchura (m) mínima de pasillos y rampas:	1,00
Anchura (m) mínima de escaleras protegidas:	1,00
Longitud (m) efectiva de la escalera:	0,00
Anchura (m) mínima de escaleras NO protegidas evac. descendente:	1,00
Anchura (m) mínima de escaleras NO protegidas evac. ascendente:	1,00
Anchura (m) mínima de pasillos protegidos:	1,00
Longitud (m) efectiva del pasillo:	0,00
23.- ALMACENAMIENTOS. (si lo hay)	
¿EL sistema de almacenaje es (A)utoportante o (I)ndependiente?	I
¿EL sistema de almacenaje es (A)utomático o (M)anual?	M
23.1. REQUISITOS ESTANTERIAS METÁLICAS:	
* El acero debe ser de clase A1.	
* Los revestimientos pintados con espesores inferiores a 100 micras deben ser de la clase Bs3d0 y debe ser un material no inflamable (acreditado por laboratorio autorizado).	
* Los revestimientos zincados con espesores inferiores a 100 micras deben ser de la clase Bs3d0.	
* Estabilidad al fuego mínima exigible a la estantería:	NO SE EXIGE
* ¿En la evacuación se ha de considerar la zona de estanterías? :	SI
* Anchura (m) mínima de los pasillos long. y recorridos de evac.:	1,00
* Anchura (m) mínima de los pasos transversales:	1,00
* Separación (m) máxima entre pasos transversales:	20,00
* ¿Deben disponer de toma de tierra?:	NO SE EXIGE
* Distancia (m) libre mínima entre la mercancía y el techo:	NO SE EXIGE



II. SECTOR 1 REQUISITOS INSTALACIONES (PROTECCION ACTIVA) DEL SECTOR. (1 de 4)

NOMBRE : PRODUCCIÓN 1

23.- NORMATIVA:

El diseño, ejecución, puesta en funcionamiento, mantenimiento, aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones contra incendios de los establecimientos industriales cumplirán lo preceptuado en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RD 1942/1993) y la Orden 16 Abril 1998.

24.- SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE DETECCIÓN DE INCENDIOS.

¿Es preceptiva su instalación? NO

25.- SISTEMAS MANUALES DE ALARMA DE INCENDIO.

¿Es preceptiva su instalación? SI

Reglas de diseño:

- * Colocar un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector de incendios.
- * La distancia a recorrer desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador NO debe superar los 25 m.

26.- SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE ALARMA.

¿Es preceptiva su instalación? SI

Reglas de diseño:

- * Se colocarán en todos los sectores del establecimiento industrial.
- * La señal acústica permitirá diferenciar si se trata de alarma por emergencia parcial o general.

27.- SISTEMAS DE HIDRANTES EXTERIORES. (a utilizar únicamente por los bomberos)

¿Es preceptiva su instalación? NO ¿Se van a instalar si no es preceptivo?

NO

Reglas de diseño:

- * Se protegerá todo el establecimiento industrial (NO sólo el sector).
- * Al menos un hidrante tendrá una salida de 100 mm.
- * La zona protegida por cada hidrante es la cubierta por un radio de 40 m, en horizontal.
- * Los hidrantes se colocarán al menos a 5 m de la fachada (si no puede ser, se justificará).
- * CAUDAL (l/min) necesario : 500
- * AUTONOMIA (min) necesaria: 30
- * PRESIÓN (bar) mínima: 5
- * RESERVA (m3) de agua necesaria: 15
- * Si existen en el exterior almacenam. de productos comb., aumentar al caudal anterior 500 l/min.

28.- EXTINTORES DE INCENDIO:

¿Es preceptiva su instalación? SI

Reglas de diseño:

* Agente extintor a utilizar:

- Clase de fuego (UNE 23010) : A (sólidos), B (líquidos), C (gases), D (metales esp):
- Si hay comb tipo B, volumen máximo de combustible líquido V (L) =

A

0

-Si NO hay presencia de tensión eléctrica:

- Muy adecuado: AGUA PULVERIZADA
- Adecuado: AGUA A CHORRO - POLVO ABC(polivalente) - ESPUMA FÍSICA
- Aceptable: ANHIDRIDO CARBONICO - HIDROCARBUROS HALOGENADOS

-Si hay presencia de tensión eléctrica:

- Muy adecuado:
- Adecuado: POLVO ABC(polivalente)
- Aceptable: ANHIDRIDO CARBONICO - HIDROCARBUROS HALOGENADOS

* DOTACIÓN de extintores por recorrido:

- El recorrido ,en horizontal, desde cualquier punto del sector hasta el extintor NO superará los 15 m.
- A falta de comprobar recorridos en plano, se puede estimar una cantidad (uds) = 91

* DOTACIÓN (uds) mínima por superficie: 143 Eficacia mín.= 21A
 Si hay comb tipo B, además: 0 Eficacia mín.=
 0 50 Kg ruedas polvo BC o ABC

- * Si es posible, colocarlos próximos a las salidas de evacuación y cerca puntos de mayor riesgo incendio.
- * La parte superior del extintor como máximo a 1,70 m sobre el suelo.



II. SECTOR 1 REQUISITOS INSTALACIONES (PROTECCION ACTIVA) DEL SECTOR. (2 de 4)

NOMBRE : PRODUCCIÓN 1	
29.- SISTEMA DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS (BIE's)	
¿Es preceptiva su instalación?	NO
¿Se van a instalar si no es preceptivo?	NO
Reglas de diseño:	
* DOTACIÓN de BIE's (por recorrido):	
- El recorrido ,en horizontal, desde cualquier punto del sector hasta una BIE NO superará los 25 m.	
- A falta de comprobar recorridos en plano, se puede estimar una cantidad (uds) =	
	33
* Siempre que sea posible se colocará una BIE a no más de 5 m de las salidas de emergencia.	
* Sólo se admitirán BIE's equipadas con mangueras semirrígidas de Ø25 mm ó planas de Ø45 mm.	
* El centro de la BIE quedará como máximo a 1,50 m del suelo.	
* Requisitos HIDRAULICOS: (si se instalan)	
- Simultaneidad:	
Nº BIE's:	2
Autonom.(min):	60
- Presión mínima (Mpa) =	0,2
- Presión máxima (Mpa) =	0,5
- CAUDAL (l/min) necesario :	187,83
- RESERVA (m3) de agua necesaria:	11,27
Tipo (DN en mm)	
	25
30.- SISTEMAS DE COLUMNA SECA.	
¿Es preceptiva su instalación?	NO
Reglas de diseño:	
* Las bocas de salida de la columna seca estarán situadas en recintos de escaleras o en vestíbulos previos.	
31.- SISTEMAS DE AGUA PULVERIZADA. (LOCALES DE RIESGO ESPECIAL)	
¿Es preceptiva su instalación?	NO
Reglas de diseño:	
VER REGLAMENTACIÓN ESPECIFICA	
32.- SISTEMAS DE ESPUMA FÍSICA. (LOCALES DE RIESGO ESPECIAL)	
¿Es preceptiva su instalación?	NO
Reglas de diseño:	
VER REGLAMENTACIÓN ESPECIFICA	
33.- SISTEMAS DE ESPUMA FÍSICA.(LOCALES DE RIESGO ESPECIAL)	
¿Es preceptiva su instalación?	NO
Reglas de diseño:	
VER REGLAMENTACIÓN ESPECIFICA	
34.- SISTEMAS DE EXTINCIÓN POR POLVO. (LOCALES DE RIESGO ESPECIAL)	
¿Es preceptiva su instalación?	NO
Reglas de diseño:	
VER REGLAMENTACIÓN ESPECIFICA	
35.- SISTEMAS DE EXTINCIÓN POR AGENTES EXTINTORES GASEOSOS. (LOCALES CON EQUIPOS ELECTRONICOS)	
¿Es preceptiva su instalación?	NO
Reglas de diseño:	
VER REGLAMENTACIÓN ESPECIFICA	
36.- SISTEMAS DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA.	
36.1. En vías de evacuación:	
¿Es preceptiva su instalación?	NO
36.2. Además, contarán con una instalación de alumbrado de emergencia:	
- Los locales o espacios donde estén instalados cuadros, centros de control o mandos.	
- Los locales o espacios donde estén instalados los equipos centrales o los cuadros de control de los equipos contra incendios.	
37.- SEÑALIZACIÓN: (UNE's 23033, 23034, 23035)	
Se procederá a la señalización de: salidas de uso habitual o de emergencia y los medios de protección contra incendios de utilización manual (bie's, extintores, etc).	



II. SECTOR 1 REQUISITOS INSTALACIONES (PROTECCION ACTIVA) DEL SECTOR. (3 de 4)

NOMBRE : PRODUCCIÓN 1						
38.- SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS DE AGUA. (SPRINKLERS) UNE-EN 12845						
¿Es preceptiva su instalación?		NO			¿Se van a instalar si no es preceptivo?	
					NO	
Clase de riesgo: Indicar código según tabla inferior :				1		
ligero		ordinario			extra de proceso	
RL	RO1	RO2	RO3	RO4	REP1	REP2
1	2	3	4	5	6	7
extra de proceso			EXTRA DE ALMACENAMIENTO			
REP3	REP4	REA I	REA II	REA III	REA IV	
8	9	10	11	12	13	
38.1. CONFIGURACIÓN DEL ALMACENAMIENTO ST: 0						
ST 0: No hay almacenamiento.						
ST 1: Almacenamiento libre o en bloques.						
ST 2: Paletas autoportantes (jaulas) en filas sencillas y con pasillos entre filas $\geq 2,40$ m.						
ST 3: Paletas autoportantes (jaulas) en filas múltiples o en filas sencillas con pasillos entre filas $< 2,40$ m.						
ST 4: Estantería paletizada.						
ST 5: Estantes sólidos o abiertos con anchuras ≤ 1 m.						
ST 6: Estantes sólidos o abiertos con anchuras ente 1 y 6 m.						
38.2. CATEGORIA DEL ALMACENAMIENTO (I,II,III ó IV): I						
38.3. ALTURA (m) DE ALMACENAMIENTO MÁXIMA : 0,00						
38.4. ¿LOS ALMACENAMIENTOS DE RO HAN DE TRATARSE COMO REA? NO						
Se tratarán como REA los almacenamientos de :						
a) RO4						
b) RO1 y RO2 cuando la protección de la zona no se haya diseñado al menos para RO3.						
c) RO1, RO2 y RO3 cuando la superficie ocupada po algún bloque de almacenamiento supere los 50 m2.						
d) RO1, RO2 y RO3 cuando el espacio libreentre bloques de almacenamiento sea inferior a 2,40 m.						
e) RO1, RO2 y RO3 cuando las alturas (m) de almacenamiento sean superiores a : 3,5						
38.5. ¿SE HAN DE INSTALAR ROCIADORES INTERMEDIOS? NO (si se instala sistema rociadores)						
38.6. ALTURA (m) DE ALMACENAMIENTO POR ENCIMA DEL NIVEL MÁS ALTO DE ROCIADORES: 0,00						
¡NO HAY ROCIADORES INTERMEDIOS!						
38.7. REQUISITOS HIDRÁULICOS: (Si se instala el sistema de rociadores automáticos)						
38.7.1. ROCIADORES DE CUBIERTA:						
- Densidad (l/m2/min)= 0						
- Area de operación (m2)= 0						
- AUTONOMIA (min) necesaria: 0						
- CAUDAL (l/min) necesario : 0,00						
- RESERVA (m3) de agua necesaria: 0,00						
38.7.2. ROCIADORES INTERMEDIOS :						
- Ancho (m) pasillo estanterias: 0,00						
- Factor K nominal rociador: 80 (80 ó 115)						
- Presión mínima (Mpa) = 0,2						
- Caudal por rociador (l/min)= 113,14						
- Nº rociadores simultáneos: 0						
- AUTONOMIA (min) necesaria: 0						
- CAUDAL (l/min) necesario : 0,00						
- RESERVA (m3) de agua necesaria: 0,00						
38.7.3. CONJUNTO: ROCIADORES DE CUBIERTA + ROCIADORES INTERMEDIOS:						
- AUTONOMIA (min) necesaria: 0						
- CAUDAL (l/min) necesario : 0,00						
- RESERVA (m3) de agua necesaria: 0,00						



II. SECTOR 1 REQUISITOS INSTALACIONES (PROTECCION ACTIVA) DEL SECTOR. (4 de 4)

NOMBRE : PRODUCCIÓN 1

39.-SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

¿Es preceptiva su instalación? NO

39.1. REQUISITOS HIDRÁULICOS:

39.1.1. REQUISITOS DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS:

SISTEMA	PRECEPTIVOS	INSTALADOS	CAUDAL (l/min)	RESERVA (m3)
HIDRANTES	NO	NO	0,00	0,00
BIE's	NO	NO	0,00	0,00
ROCIADORES	NO	NO	0,00	0,00
AGUA PULVERIZ.	NO	NO		
ESPUMA	NO	NO		

39.1.2. REQUISITOS DEL CONJUNTO DE SISTEMAS:

CAUDAL (l/min)	RESERVA (m3)
0,00	0,00

39.2. CATEGORIA DEL ABASTECIMIENTO:

NO HAY SISTEMA DE ABSTECIMIENTO



III.- CUADRO RESUMEN

RELATIVOS AL ESTABLECIMIENTO				
Superficie (m ²)	Configuración (A,B,C)	% Fachada accesible	¿Está a más de 10 m de parcela?	¿Está en una sólo planta?
100.000,00	C	90,00	SI	SI

RELATIVOS AL SECTOR : PRODUCCIÓN 1						
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS.						
Superficie construída (m ²)	Superficie máxima posible (m ²)	Actividad princ Almacenamiento Produccion	Ocupación estantería (%)	Riesgo de activación (Ra)	Carga de fuego $\sum Gi \cdot qi$ (Mcal)	Carga de fuego pond. y correg. (Mcal)
28.863,00	SIN LIMITE	PRODUCCION	75,00	1	455.900,00	470.600,00
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO PONDERADA Y CORREGIDA (Mcal/m ²)=					16,30	
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO PONDERADA Y CORREGIDA (MJ/m ²)=					67,93	
NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO :					BAJO	
GRADO:					1	
¿ESTÁ PERMITIDA LA UBICACIÓN DEL SECTOR?					SI	
Relación sector con rasante (sobre/bajo)	Longitud fach. accesible (m)	¿Está a más de 25 m de masa forestal?	¿Está a más de 10 m de parcela? (el sector)	Peso propio cubierta (Kp/m ²)	¿La cubierta puede consider. ligera?	Ocupación (Nº operarios)
SOBRE RAS.	765	SI	SI	59,94	SI	22
PROTECCIÓN PASIVA (REQUISITOS CONSTRUCTIVOS)						
ESTABILIDAD AL FUEGO MÍNIMA DE LA ESTRUCTURA PORTANTE:						
En pilares, vigas, forjados:				NO SE EXIGE		
En estructura principal de cubierta (dintel, cercha):				NO SE EXIGE		
En estructura secundaria de cubierta (correas):				NO SE EXIGE		
RESISTENCIA AL FUEGO MÍNIMA DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DELIMITADORES DEL SECTOR DE INCENDIOS:						
Entre sectores del mismo establecimiento:						
Con función portante:				REI 30		
Sin función portante:				EI 30		
Entre sectores de distintos establecimientos:						
Con función portante:				REI 120		
Sin función portante:				EI 120		
Entre puertas de paso entre dos sectores:						
Paso directo:				EI 15		
Paso con vestíbulo de independencia:				EI 15		
DISTANCIA (m) MÁXIMA DE LOS RECORRIDOS DE EVACUACIÓN:						
Nº DE SALIDAS ALTERNATIVAS (MÍNIMO):						
EVACUACIÓN DE HUMOS, ¿ES PRECEPTIVA SU INSTALACIÓN?:						
PROTECCIÓN ACTIVA						
	Obligatorios	Instalados	Caudal (l/min)	Reserva (m ³)	Dotación aprox (uds)	
DETECCIÓN DE INCENDIOS	NO	NO	-	-	-	
ALARMA DE INCENDIOS	SI	SI	-	-	-	
COMUNICACIÓN DE ALARMA	SI	SI	-	-	-	
HIDRANTES EXTERIORES	NO	NO	0,00	0,00	0	
EXTINTORES	SI	SI	-	-	143	
BIÉ's	NO	NO	0,00	0,00	0	
ROCIADORES AUTOMATICOS	NO	NO	0,00	0,00	-	
	CUBIERTA	NO	0,00	0,00	-	
	INTERMEDIOS	NO	0,00	0,00	-	
ABASTECIMIENTO DE AGUA	NO	NO	0,00	0,00	-	

APÉNDICE 3

ACCIONES

7.- ACCIÓN ACCIDENTAL: INCENDIO

7.3. EVOLUCIÓN TEMPERATURA EN ACERO

ESTRUCTURAS DE INTERIOR SIN REVESTIR

(suponiendo que $t_R = 30$ min)

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3 ACCIONES	FORMATO: A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N°:</u> CE-AP3-66



ACCIÓN ACCIDENTAL INCENDIO

(CTE DB SI + RD2267 + CE ANEJO 23)

EVOLUCIÓN TEMPERATURA ACERO. ESTRUCTURAS INTERIOR SIN REVESTIR

CONSTANTES INDEPENDIENTES DE TEMPERATURA Y DE LA SECCIÓN

ρ_a (Kg/m ³)=	7.850 (densidad del acero)
ϵ_m =	0,7 (Emisividad superficial del acero)
ϕ =	1 (Factor de configuración)
ϵ_f =	1 (Emisividad del fuego)
σ (W/m ² K ⁴)=	5,67E-08 (Constante de Boltzman)
α_c (W/m ² K)=	25 (Coeficiente de transferencia de calor por convección)
t_R (min)=	30 (tiempo de exposición al fuego requerido, en min)
t_R (s)=	1.800 (tiempo de exposición al fuego requerido, en seg)
ϵ_y =	0,02 (deformación en el límite elástico, inicio)
ϵ_s =	0,04 (deformación en el límite de rotura)
ϵ_t =	0,15 (deformación en el límite elástico, final)
ϵ_u =	0,20 (deformación de rotura)

CONSTANTES INDEPENDIENTES DE TEMPERATURA Y DEPENDIENTES DE LA SECCIÓN

VIGA DE ESTUDIO: HL 920x344 S275 JR

A_m (m)=	3,455 (Perímetro de la sección por unidad de longitud)
V (m ²)=	0,0437 (Area de la sección por unidad de longitud)
(A_m/V) =	79,03 (Factor de sección)
$(A_m/V)b$ =	1 (Factor de sección de un cajón envolvente)
K_{sh} =	1 (Coeficiente de corrección del efecto sombra)

PROPIEDADES MECÁNICAS ACERO EN $t=0 \Leftrightarrow \theta_a=20^{\circ}C$

ρ_a (Kg/m ³)=	7.850 (densidad del acero. Independiente de θ_a)
$\Delta L/L$ (m/m)=	0,0000E+00 (deformación térmica unitaria)
c_a (J/kgK)=	439,80 (calor específico)
E (Kp/cm ²)=	2.100.000,0 (Módulo de elasticidad)
ν =	0,3 (coeficiente de Poisson en régimen elástico)
G (Kp/cm ²)=	807.692,3 (Módulo de elasticidad transversal)
f_y (Kp/cm ²)=	2.750,0 (Límite elástico)
f_p (Kp/cm ²)=	2.750,0 (Límite de proporcionalidad)
f_u (Kp/cm ²)=	3.437,5 (Límite de rotura)
ϵ_p =	0,0013 (deformación en el límite de proporcionalidad)

$\theta_a (t=0)=$ 20 ($^{\circ}C$)

$a=$	0,02
$b=$	0,00
$c=$	0,00

PROPIEDADES MECÁNICAS ACERO EN $t=t_R$

ρ_a (Kg/m ³)=	7.850 (densidad del acero. Independiente de θ_a)		
$\Delta L/L$ (m/m)=	1,0831E-02 (deformación térmica unitaria)		
c_a (J/kgK)=	2.600,16 (calor específico)		
$E\theta$ (Kp/cm ²)=	239.308,6 (Pendiente de la región elástica y lineal)		
ν =	0,1254 (coeficiente de Poisson en régimen elástico)		
G (Kp/cm ²)=	106.319,2 (Módulo de elasticidad transversal)		
$f_{y\theta}$ (Kp/cm ²)=	500,1 (Límite elástico)		
$f_{p\theta}$ (Kp/cm ²)=	178,7 (Límite de proporcionalidad)		
$f_{u\theta}$ (Kp/cm ²)=	500,1 (Límite de rotura)		
$\epsilon_{p\theta}$ =	0,000747 (deformación en el límite de proporcionalidad)		
$K_{y\theta}$ =	0,1819 (Coeficiente de reducción de f_y)		
$K_{p\theta}$ =	0,0650 (Coeficiente de reducción de f_p)		
$KE\theta$ =	0,1140 (Coeficiente de reducción de E)		
$a=$	0,019	$c=$	26,066
$b=$	347,532		

$\theta_{aR}= \theta_a (t=t_R)=$ 740,1 ($^{\circ}C$)

θ_a ($^{\circ}C$)	$K_{y\theta}$	$K_{p\theta}$	$KE\theta$
20	1,000	1,000	1,000
100	1,000	1,000	1,000
200	1,000	0,807	0,900
300	1,000	0,613	0,800
400	1,000	0,420	0,700
500	0,780	0,360	0,600
600	0,470	0,180	0,310
700	0,230	0,075	0,130
800	0,110	0,050	0,090
900	0,060	0,038	0,068
1000	0,040	0,025	0,045
1100	0,020	0,013	0,023
1200	0,000	0,000	0,000



RELACIÓN TENSION-DEFORMACIÓN.

ϵ	ϵ (‰)	$\sigma(\theta=20^{\circ}\text{C})$	$\sigma(\theta_{aR})$
0,00000	0,0	0	0
0,00010	0,1	210	24
0,00020	0,2	420	48
0,00030	0,3	630	72
0,00040	0,4	840	96
0,00050	0,5	1.050	120
0,00060	0,6	1.260	144
0,00070	0,7	1.470	168
0,00080	0,8	1.680	189
0,00090	0,9	1.890	203
0,00100	1,0	2.100	214
0,00120	1,2	2.520	232
0,00140	1,4	2.750	246
0,00160	1,6	2.750	258
0,00180	1,8	2.750	269
0,00200	2,0	2.750	278
0,00300	3,0	2.750	317
0,00400	4,0	2.750	347
0,00500	5,0	2.750	371
0,00600	6,0	2.750	392
0,00700	7,0	2.750	410
0,00800	8,0	2.750	425
0,00900	9,0	2.750	438
0,01000	10,0	2.750	450
0,01100	11,0	2.750	460
0,01200	12,0	2.750	469
0,01300	13,0	2.750	476
0,01400	14,0	2.750	483
0,01500	15,0	2.750	488
0,01600	16,0	2.750	493
0,01700	17,0	2.750	496
0,01800	18,0	2.750	498
0,01900	19,0	2.750	500
0,02000	20,0	2.750	500
0,03000	30,0	3.094	500
0,04000	40,0	3.438	500
0,05000	50,0	3.438	500
0,10000	100,0	3.438	500
0,15000	150,0	3.438	500
0,17500	175,0	1.719	250
0,20000	200,0	0	0

ϵ (‰)	$\sigma(\theta=20^{\circ}\text{C})/f_y$	$\sigma(\theta_{aR})/f_y$
0,0	0,00	0,00
0,1	0,08	0,01
0,2	0,15	0,02
0,3	0,23	0,03
0,4	0,31	0,03
0,5	0,38	0,04
0,6	0,46	0,05
0,7	0,53	0,06
0,8	0,61	0,07
0,9	0,69	0,07
1,0	0,76	0,08
1,2	0,92	0,08
1,4	1,00	0,09
1,6	1,00	0,09
1,8	1,00	0,10
2,0	1,00	0,10
3,0	1,00	0,12
4,0	1,00	0,13
5,0	1,00	0,14
6,0	1,00	0,14
7,0	1,00	0,15
8,0	1,00	0,15
9,0	1,00	0,16
10,0	1,00	0,16
11,0	1,00	0,17
12,0	1,00	0,17
13,0	1,00	0,17
14,0	1,00	0,18
15,0	1,00	0,18
16,0	1,00	0,18
17,0	1,00	0,18
18,0	1,00	0,18
19,0	1,00	0,18
20,0	1,00	0,18
30,0	1,13	0,18
40,0	1,25	0,18
50,0	1,25	0,18
100,0	1,25	0,18
150,0	1,25	0,18
175,0	0,63	0,09
200,0	0,00	0,00



CÁLCULO DE $\theta_a(t)$ EN INCREMENTOS DE 5 seg

# INCREM	t (seg)	t (min)	θ_a (t) (° C)	θ_a (t) (° K)	θ_g (t) (° K)	ca (t) (J/kgK)	h'net,d (W/m2)	$\Delta\theta_a$ (t) (° K)
0	0	0,00	20	293	293,00	439,80	0,00	0,00
1	5	0,08	20	293,00	369,54	439,80	2.361,07	0,27
2	10	0,17	20,27	293,27	419,95	439,99	4.107,91	0,47
3	15	0,25	20,74	293,74	457,61	440,32	5.541,59	0,63
4	20	0,33	21,37	294,37	487,67	440,77	6.779,37	0,77
5	25	0,42	22,15	295,15	512,70	441,32	7.880,21	0,90
6	30	0,50	23,05	296,05	534,14	441,94	8.878,43	1,01
7	35	0,58	24,06	297,06	552,90	442,65	9.795,98	1,11
8	40	0,67	25,17	298,17	569,56	443,42	10.647,91	1,21
9	45	0,75	26,38	299,38	584,56	444,26	11.445,02	1,30
10	50	0,83	27,68	300,68	598,19	445,15	12.195,41	1,38
11	55	0,92	29,06	302,06	610,68	446,09	12.905,31	1,46
12	60	1,00	30,51	303,51	622,21	447,08	13.579,66	1,53
13	65	1,08	32,04	305,04	632,92	448,11	14.222,43	1,60
14	70	1,17	33,64	306,64	642,91	449,17	14.836,89	1,66
15	75	1,25	35,30	308,30	652,28	450,28	15.425,76	1,72
16	80	1,33	37,03	310,03	661,10	451,42	15.991,35	1,78
17	85	1,42	38,81	311,81	669,42	452,58	16.535,62	1,84
18	90	1,50	40,65	313,65	677,31	453,78	17.060,26	1,89
19	95	1,58	42,54	315,54	684,80	455,00	17.566,73	1,94
20	100	1,67	44,48	317,48	691,94	456,24	18.056,34	1,99
21	105	1,75	46,48	319,48	698,75	457,50	18.530,20	2,04
22	110	1,83	48,51	321,51	705,27	458,78	18.989,33	2,08
23	115	1,92	50,60	323,60	711,51	460,07	19.434,63	2,13
24	120	2,00	52,72	325,72	717,50	461,38	19.866,90	2,17
25	125	2,08	54,89	327,89	723,27	462,71	20.286,87	2,21
26	130	2,17	57,10	330,10	728,82	464,04	20.695,20	2,24
27	135	2,25	59,34	332,34	734,17	465,38	21.092,48	2,28
28	140	2,33	61,62	334,62	739,34	466,74	21.479,26	2,32
29	145	2,42	63,94	336,94	744,33	468,10	21.856,03	2,35
30	150	2,50	66,29	339,29	749,17	469,46	22.223,26	2,38
31	155	2,58	68,67	341,67	753,85	470,83	22.581,35	2,41
32	160	2,67	71,09	344,09	758,39	472,21	22.930,69	2,44
33	165	2,75	73,53	346,53	762,80	473,59	23.271,65	2,47
34	170	2,83	76,01	349,01	767,08	474,96	23.604,54	2,50
35	175	2,92	78,51	351,51	771,24	476,34	23.929,69	2,53
36	180	3,00	81,04	354,04	775,29	477,72	24.247,36	2,55
37	185	3,08	83,59	356,59	779,23	479,10	24.557,84	2,58
38	190	3,17	86,17	359,17	783,07	480,48	24.861,36	2,60
39	195	3,25	88,78	361,78	786,82	481,86	25.158,16	2,63
40	200	3,33	91,40	364,40	790,48	483,23	25.448,45	2,65
41	205	3,42	94,05	367,05	794,04	484,60	25.732,44	2,67
42	210	3,50	96,73	369,73	797,53	485,97	26.010,32	2,69
43	215	3,58	99,42	372,42	800,93	487,33	26.282,26	2,71
44	220	3,67	102,14	375,14	804,26	488,69	26.548,43	2,73
45	225	3,75	104,87	377,87	807,52	490,04	26.809,00	2,75
46	230	3,83	107,62	380,62	810,71	491,39	27.064,11	2,77
47	235	3,92	110,40	383,40	813,83	492,73	27.313,90	2,79
48	240	4,00	113,19	386,19	816,89	494,06	27.558,51	2,81



CÁLCULO DE $\theta_a(t)$ EN INCREMENTOS DE 5 seg

#	t	t	$\theta_a(t)$	$\theta_a(t)$	$\theta_g(t)$	ca (t)	h'net,d	$\Delta\theta_a(t)$
INCREM	(seg)	(min)	(° C)	(° K)	(° K)	(J/kgK)	(W/m2)	(° K)
49	245	4,08	115,99	388,99	819,88	495,39	27.798,05	2,82
50	250	4,17	118,82	391,82	822,82	496,71	28.032,66	2,84
51	255	4,25	121,66	394,66	825,70	498,03	28.262,44	2,86
52	260	4,33	124,52	397,52	828,53	499,33	28.487,50	2,87
53	265	4,42	127,39	400,39	831,31	500,63	28.707,93	2,89
54	270	4,50	130,27	403,27	834,03	501,93	28.923,84	2,90
55	275	4,58	133,17	406,17	836,71	503,21	29.135,32	2,91
56	280	4,67	136,09	409,09	839,33	504,49	29.342,45	2,93
57	285	4,75	139,02	412,02	841,92	505,76	29.545,32	2,94
58	290	4,83	141,96	414,96	844,46	507,03	29.743,99	2,95
59	295	4,92	144,91	417,91	846,95	508,28	29.938,55	2,96
60	300	5,00	147,87	420,87	849,41	509,53	30.129,08	2,98
61	305	5,08	150,85	423,85	851,83	510,77	30.315,62	2,99
62	310	5,17	153,84	426,84	854,21	512,00	30.498,25	3,00
63	315	5,25	156,84	429,84	856,55	513,23	30.677,04	3,01
64	320	5,33	159,84	432,84	858,85	514,45	30.852,03	3,02
65	325	5,42	162,86	435,86	861,12	515,66	31.023,28	3,03
66	330	5,50	165,89	438,89	863,36	516,86	31.190,85	3,04
67	335	5,58	168,93	441,93	865,56	518,06	31.354,79	3,05
68	340	5,67	171,98	444,98	867,73	519,25	31.515,14	3,06
69	345	5,75	175,03	448,03	869,87	520,43	31.671,96	3,06
70	350	5,83	178,09	451,09	871,98	521,60	31.825,28	3,07
71	355	5,92	181,17	454,17	874,07	522,77	31.975,15	3,08
72	360	6,00	184,24	457,24	876,12	523,94	32.121,60	3,09
73	365	6,08	187,33	460,33	878,14	525,09	32.264,69	3,09
74	370	6,17	190,42	463,42	880,14	526,24	32.404,44	3,10
75	375	6,25	193,52	466,52	882,11	527,39	32.540,89	3,11
76	380	6,33	196,63	469,63	884,06	528,53	32.674,08	3,11
77	385	6,42	199,74	472,74	885,98	529,67	32.804,04	3,12
78	390	6,50	202,86	475,86	887,88	530,80	32.930,79	3,12
79	395	6,58	205,98	478,98	889,75	531,92	33.054,37	3,13
80	400	6,67	209,11	482,11	891,60	533,04	33.174,82	3,13
81	405	6,75	212,24	485,24	893,43	534,16	33.292,15	3,14
82	410	6,83	215,38	488,38	895,23	535,27	33.406,39	3,14
83	415	6,92	218,52	491,52	897,01	536,38	33.517,58	3,15
84	420	7,00	221,66	494,66	898,78	537,49	33.625,73	3,15
85	425	7,08	224,81	497,81	900,52	538,59	33.730,88	3,15
86	430	7,17	227,97	500,97	902,24	539,69	33.833,03	3,16
87	435	7,25	231,12	504,12	903,94	540,79	33.932,23	3,16
88	440	7,33	234,28	507,28	905,63	541,89	34.028,48	3,16
89	445	7,42	237,44	510,44	907,29	542,98	34.121,82	3,16
90	450	7,50	240,60	513,60	908,94	544,07	34.212,26	3,17
91	455	7,58	243,77	516,77	910,57	545,17	34.299,82	3,17
92	460	7,67	246,94	519,94	912,18	546,26	34.384,52	3,17
93	465	7,75	250,10	523,10	913,77	547,35	34.466,38	3,17
94	470	7,83	253,27	526,27	915,35	548,44	34.545,43	3,17
95	475	7,92	256,44	529,44	916,91	549,53	34.621,68	3,17
96	480	8,00	259,61	532,61	918,46	550,62	34.695,14	3,17

**CÁLCULO DE $\theta_a(t)$ EN INCREMENTOS DE 5 seg**

#	t	t	$\theta_a(t)$	$\theta_a(t)$	$\theta_g(t)$	ca (t)	h'net,d	$\Delta\theta_a(t)$
INCREM	(seg)	(min)	(° C)	(° K)	(° K)	(J/kgK)	(W/m2)	(° K)
97	485	8,08	262,79	535,79	919,98	551,71	34.765,84	3,17
98	490	8,17	265,96	538,96	921,50	552,81	34.833,80	3,17
99	495	8,25	269,13	542,13	923,00	553,90	34.899,02	3,17
100	500	8,33	272,30	545,30	924,48	555,00	34.961,54	3,17
101	505	8,42	275,47	548,47	925,95	556,10	35.021,36	3,17
102	510	8,50	278,64	551,64	927,40	557,20	35.078,50	3,17
103	515	8,58	281,81	554,81	928,84	558,31	35.132,98	3,17
104	520	8,67	284,98	557,98	930,27	559,42	35.184,82	3,17
105	525	8,75	288,14	561,14	931,68	560,53	35.234,02	3,16
106	530	8,83	291,31	564,31	933,08	561,65	35.280,62	3,16
107	535	8,92	294,47	567,47	934,47	562,77	35.324,62	3,16
108	540	9,00	297,63	570,63	935,85	563,89	35.366,05	3,16
109	545	9,08	300,79	573,79	937,21	565,02	35.404,91	3,15
110	550	9,17	303,94	576,94	938,56	566,16	35.441,22	3,15
111	555	9,25	307,09	580,09	939,90	567,30	35.475,01	3,15
112	560	9,33	310,24	583,24	941,22	568,44	35.506,28	3,14
113	565	9,42	313,38	586,38	942,54	569,60	35.535,06	3,14
114	570	9,50	316,52	589,52	943,84	570,76	35.561,35	3,14
115	575	9,58	319,66	592,66	945,13	571,92	35.585,19	3,13
116	580	9,67	322,79	595,79	946,41	573,09	35.606,58	3,13
117	585	9,75	325,92	598,92	947,68	574,27	35.625,54	3,12
118	590	9,83	329,04	602,04	948,94	575,46	35.642,09	3,12
119	595	9,92	332,16	605,16	950,19	576,66	35.656,24	3,11
120	600	10,00	335,27	608,27	951,43	577,86	35.668,02	3,11
121	605	10,08	338,38	611,38	952,66	579,07	35.677,44	3,10
122	610	10,17	341,48	614,48	953,87	580,29	35.684,52	3,10
123	615	10,25	344,57	617,57	955,08	581,52	35.689,27	3,09
124	620	10,33	347,66	620,66	956,28	582,76	35.691,73	3,08
125	625	10,42	350,75	623,75	957,47	584,01	35.691,90	3,08
126	630	10,50	353,82	626,82	958,65	585,27	35.689,80	3,07
127	635	10,58	356,89	629,89	959,82	586,54	35.685,45	3,06
128	640	10,67	359,95	632,95	960,98	587,81	35.678,88	3,06
129	645	10,75	363,01	636,01	962,13	589,10	35.670,10	3,05
130	650	10,83	366,06	639,06	963,28	590,40	35.659,14	3,04
131	655	10,92	369,10	642,10	964,41	591,71	35.646,00	3,03
132	660	11,00	372,13	645,13	965,54	593,03	35.630,72	3,02
133	665	11,08	375,15	648,15	966,66	594,36	35.613,31	3,02
134	670	11,17	378,17	651,17	967,77	595,70	35.593,80	3,01
135	675	11,25	381,18	654,18	968,87	597,05	35.572,20	3,00
136	680	11,33	384,18	657,18	969,96	598,42	35.548,55	2,99
137	685	11,42	387,17	660,17	971,05	599,79	35.522,85	2,98
138	690	11,50	390,15	663,15	972,13	601,18	35.495,13	2,97
139	695	11,58	393,12	666,12	973,20	602,58	35.465,42	2,96
140	700	11,67	396,08	669,08	974,26	603,99	35.433,73	2,95
141	705	11,75	399,03	672,03	975,31	605,41	35.400,09	2,94
142	710	11,83	401,98	674,98	976,36	606,85	35.364,53	2,93
143	715	11,92	404,91	677,91	977,40	608,29	35.327,06	2,92
144	720	12,00	407,83	680,83	978,44	609,75	35.287,71	2,91



CÁLCULO DE $\theta_a(t)$ EN INCREMENTOS DE 5 seg

#	t	t	$\theta_a(t)$	$\theta_a(t)$	$\theta_g(t)$	ca (t)	h'net,d	$\Delta\theta_a(t)$
INCREM	(seg)	(min)	(° C)	(° K)	(° K)	(J/kgK)	(W/m2)	(° K)
145	725	12,08	410,75	683,75	979,46	611,23	35.246,51	2,90
146	730	12,17	413,65	686,65	980,48	612,71	35.203,47	2,89
147	735	12,25	416,54	689,54	981,49	614,21	35.158,63	2,88
148	740	12,33	419,42	692,42	982,50	615,72	35.112,00	2,87
149	745	12,42	422,29	695,29	983,50	617,24	35.063,61	2,86
150	750	12,50	425,15	698,15	984,49	618,77	35.013,49	2,85
151	755	12,58	428,00	701,00	985,48	620,32	34.961,66	2,84
152	760	12,67	430,84	703,84	986,46	621,88	34.908,15	2,83
153	765	12,75	433,66	706,66	987,43	623,45	34.852,98	2,81
154	770	12,83	436,48	709,48	988,40	625,03	34.796,17	2,80
155	775	12,92	439,28	712,28	989,36	626,63	34.737,76	2,79
156	780	13,00	442,07	715,07	990,31	628,24	34.677,77	2,78
157	785	13,08	444,85	717,85	991,26	629,86	34.616,23	2,77
158	790	13,17	447,62	720,62	992,20	631,50	34.553,15	2,75
159	795	13,25	450,37	723,37	993,14	633,14	34.488,57	2,74
160	800	13,33	453,11	726,11	994,07	634,80	34.422,52	2,73
161	805	13,42	455,84	728,84	994,99	636,48	34.355,02	2,72
162	810	13,50	458,56	731,56	995,91	638,16	34.286,09	2,70
163	815	13,58	461,26	734,26	996,83	639,86	34.215,77	2,69
164	820	13,67	463,95	736,95	997,73	641,56	34.144,08	2,68
165	825	13,75	466,63	739,63	998,64	643,28	34.071,04	2,67
166	830	13,83	469,30	742,30	999,53	645,02	33.996,69	2,65
167	835	13,92	471,95	744,95	1.000,43	646,76	33.921,05	2,64
168	840	14,00	474,59	747,59	1.001,31	648,52	33.844,15	2,63
169	845	14,08	477,22	750,22	1.002,19	650,28	33.766,01	2,61
170	850	14,17	479,83	752,83	1.003,07	652,06	33.686,66	2,60
171	855	14,25	482,43	755,43	1.003,94	653,85	33.606,12	2,59
172	860	14,33	485,02	758,02	1.004,81	655,65	33.524,43	2,57
173	865	14,42	487,59	760,59	1.005,67	657,47	33.441,61	2,56
174	870	14,50	490,15	763,15	1.006,52	659,29	33.357,69	2,55
175	875	14,58	492,70	765,70	1.007,38	661,13	33.272,69	2,53
176	880	14,67	495,23	768,23	1.008,22	662,97	33.186,64	2,52
177	885	14,75	497,75	770,75	1.009,06	664,83	33.099,56	2,51
178	890	14,83	500,26	773,26	1.009,90	666,69	33.011,49	2,49
179	895	14,92	502,75	775,75	1.010,73	668,57	32.922,44	2,48
180	900	15,00	505,23	778,23	1.011,56	670,46	32.832,45	2,46
181	905	15,08	507,69	780,69	1.012,38	672,35	32.741,53	2,45
182	910	15,17	510,15	783,15	1.013,20	674,26	32.649,73	2,44
183	915	15,25	512,58	785,58	1.014,02	676,18	32.557,05	2,42
184	920	15,33	515,01	788,01	1.014,83	678,10	32.463,53	2,41
185	925	15,42	517,42	790,42	1.015,63	680,04	32.369,19	2,40
186	930	15,50	519,81	792,81	1.016,43	681,98	32.274,05	2,38
187	935	15,58	522,19	795,19	1.017,23	683,93	32.178,15	2,37
188	940	15,67	524,56	797,56	1.018,02	685,89	32.081,50	2,35
189	945	15,75	526,92	799,92	1.018,81	687,87	31.984,13	2,34
190	950	15,83	529,26	802,26	1.019,60	689,84	31.886,06	2,33
191	955	15,92	531,58	804,58	1.020,38	691,83	31.787,33	2,31
192	960	16,00	533,90	806,90	1.021,15	693,83	31.687,94	2,30



CÁLCULO DE $\theta_a(t)$ EN INCREMENTOS DE 5 seg

#	t	t	$\theta_a(t)$	$\theta_a(t)$	$\theta_g(t)$	ca (t)	h'net,d	$\Delta\theta_a(t)$
INCREM	(seg)	(min)	(° C)	(° K)	(° K)	(J/kgK)	(W/m2)	(° K)
193	965	16,08	536,20	809,20	1.021,93	695,83	31.587,93	2,29
194	970	16,17	538,48	811,48	1.022,69	697,84	31.487,31	2,27
195	975	16,25	540,75	813,75	1.023,46	699,86	31.386,12	2,26
196	980	16,33	543,01	816,01	1.024,22	701,88	31.284,38	2,24
197	985	16,42	545,25	818,25	1.024,98	703,91	31.182,09	2,23
198	990	16,50	547,48	820,48	1.025,73	705,95	31.079,30	2,22
199	995	16,58	549,70	822,70	1.026,48	708,00	30.976,02	2,20
200	1000	16,67	551,90	824,90	1.027,22	710,05	30.872,27	2,19
201	1005	16,75	554,09	827,09	1.027,97	712,11	30.768,08	2,17
202	1010	16,83	556,26	829,26	1.028,70	714,17	30.663,46	2,16
203	1015	16,92	558,42	831,42	1.029,44	716,24	30.558,44	2,15
204	1020	17,00	560,57	833,57	1.030,17	718,32	30.453,03	2,13
205	1025	17,08	562,71	835,71	1.030,90	720,40	30.347,26	2,12
206	1030	17,17	564,83	837,83	1.031,62	722,49	30.241,15	2,11
207	1035	17,25	566,93	839,93	1.032,34	724,58	30.134,72	2,09
208	1040	17,33	569,03	842,03	1.033,06	726,68	30.027,98	2,08
209	1045	17,42	571,11	844,11	1.033,77	728,78	29.920,96	2,07
210	1050	17,50	573,17	846,17	1.034,48	730,88	29.813,67	2,05
211	1055	17,58	575,23	848,23	1.035,19	733,00	29.706,14	2,04
212	1060	17,67	577,27	850,27	1.035,89	735,11	29.598,38	2,03
213	1065	17,75	579,29	852,29	1.036,59	737,23	29.490,41	2,01
214	1070	17,83	581,31	854,31	1.037,29	739,35	29.382,25	2,00
215	1075	17,92	583,31	856,31	1.037,98	741,48	29.273,91	1,99
216	1080	18,00	585,29	858,29	1.038,67	743,61	29.165,41	1,97
217	1085	18,08	587,27	860,27	1.039,36	745,74	29.056,78	1,96
218	1090	18,17	589,23	862,23	1.040,04	747,88	28.948,02	1,95
219	1095	18,25	591,18	864,18	1.040,72	750,02	28.839,15	1,94
220	1100	18,33	593,11	866,11	1.041,40	752,16	28.730,19	1,92
221	1105	18,42	595,04	868,04	1.042,08	754,30	28.621,15	1,91
222	1110	18,50	596,95	869,95	1.042,75	756,45	28.512,05	1,90
223	1115	18,58	598,84	871,84	1.043,42	758,60	28.402,91	1,88
224	1120	18,67	600,73	873,73	1.044,08	760,72	28.293,73	1,87
225	1125	18,75	602,60	875,60	1.044,75	762,03	28.184,53	1,86
226	1130	18,83	604,46	877,46	1.045,41	763,37	28.075,05	1,85
227	1135	18,92	606,31	879,31	1.046,06	764,73	27.965,33	1,84
228	1140	19,00	608,15	881,15	1.046,72	766,13	27.855,38	1,83
229	1145	19,08	609,98	882,98	1.047,37	767,56	27.745,23	1,82
230	1150	19,17	611,80	884,80	1.048,02	769,03	27.634,91	1,81
231	1155	19,25	613,61	886,61	1.048,66	770,53	27.524,45	1,80
232	1160	19,33	615,41	888,41	1.049,31	772,06	27.413,86	1,79
233	1165	19,42	617,20	890,20	1.049,95	773,63	27.303,18	1,78
234	1170	19,50	618,97	891,97	1.050,59	775,24	27.192,42	1,77
235	1175	19,58	620,74	893,74	1.051,22	776,88	27.081,63	1,75
236	1180	19,67	622,49	895,49	1.051,85	778,57	26.970,81	1,74
237	1185	19,75	624,24	897,24	1.052,48	780,29	26.860,01	1,73
238	1190	19,83	625,97	898,97	1.053,11	782,06	26.749,23	1,72
239	1195	19,92	627,69	900,69	1.053,73	783,87	26.638,52	1,71
240	1200	20,00	629,40	902,40	1.054,35	785,73	26.527,89	1,70



CÁLCULO DE $\theta_a(t)$ EN INCREMENTOS DE 5 seg

#	t	t	$\theta_a(t)$	$\theta_a(t)$	$\theta_g(t)$	ca (t)	h'net,d	$\Delta\theta_a(t)$
INCREM	(seg)	(min)	(° C)	(° K)	(° K)	(J/kgK)	(W/m2)	(° K)
241	1205	20,08	631,10	904,10	1.054,97	787,63	26.417,37	1,69
242	1210	20,17	632,79	905,79	1.055,59	789,58	26.306,99	1,68
243	1215	20,25	634,47	907,47	1.056,20	791,58	26.196,77	1,67
244	1220	20,33	636,13	909,13	1.056,82	793,64	26.086,74	1,65
245	1225	20,42	637,79	910,79	1.057,43	795,74	25.976,92	1,64
246	1230	20,50	639,43	912,43	1.058,03	797,91	25.867,34	1,63
247	1235	20,58	641,06	914,06	1.058,64	800,13	25.758,03	1,62
248	1240	20,67	642,68	915,68	1.059,24	802,41	25.649,01	1,61
249	1245	20,75	644,29	917,29	1.059,84	804,75	25.540,31	1,60
250	1250	20,83	645,89	918,89	1.060,43	807,16	25.431,95	1,59
251	1255	20,92	647,47	920,47	1.061,03	809,63	25.323,96	1,57
252	1260	21,00	649,05	922,05	1.061,62	812,17	25.216,37	1,56
253	1265	21,08	650,61	923,61	1.062,21	814,78	25.109,21	1,55
254	1270	21,17	652,16	925,16	1.062,80	817,47	25.002,49	1,54
255	1275	21,25	653,70	926,70	1.063,38	820,24	24.896,25	1,53
256	1280	21,33	655,23	928,23	1.063,97	823,09	24.790,51	1,52
257	1285	21,42	656,75	929,75	1.064,55	826,02	24.685,30	1,50
258	1290	21,50	658,25	931,25	1.065,13	829,04	24.580,65	1,49
259	1295	21,58	659,74	932,74	1.065,70	832,15	24.476,58	1,48
260	1300	21,67	661,22	934,22	1.066,28	835,35	24.373,12	1,47
261	1305	21,75	662,69	935,69	1.066,85	838,65	24.270,29	1,46
262	1310	21,83	664,15	937,15	1.067,42	842,06	24.168,14	1,44
263	1315	21,92	665,59	938,59	1.067,99	845,57	24.066,67	1,43
264	1320	22,00	667,03	940,03	1.068,55	849,19	23.965,92	1,42
265	1325	22,08	668,45	941,45	1.069,11	852,94	23.865,93	1,41
266	1330	22,17	669,86	942,86	1.069,68	856,80	23.766,70	1,40
267	1335	22,25	671,25	944,25	1.070,23	860,79	23.668,28	1,38
268	1340	22,33	672,64	945,64	1.070,79	864,92	23.570,70	1,37
269	1345	22,42	674,01	947,01	1.071,35	869,18	23.473,98	1,36
270	1350	22,50	675,37	948,37	1.071,90	873,59	23.378,15	1,35
271	1355	22,58	676,71	949,71	1.072,45	878,15	23.283,23	1,33
272	1360	22,67	678,05	951,05	1.073,00	882,87	23.189,27	1,32
273	1365	22,75	679,37	952,37	1.073,55	887,76	23.096,29	1,31
274	1370	22,83	680,68	953,68	1.074,09	892,83	23.004,32	1,30
275	1375	22,92	681,98	954,98	1.074,63	898,08	22.913,40	1,28
276	1380	23,00	683,26	956,26	1.075,17	903,53	22.823,54	1,27
277	1385	23,08	684,53	957,53	1.075,71	909,18	22.734,79	1,26
278	1390	23,17	685,79	958,79	1.076,25	915,04	22.647,18	1,25
279	1395	23,25	687,04	960,04	1.076,79	921,13	22.560,73	1,23
280	1400	23,33	688,27	961,27	1.077,32	927,45	22.475,49	1,22
281	1405	23,42	689,49	962,49	1.077,85	934,02	22.391,49	1,21
282	1410	23,50	690,70	963,70	1.078,38	940,86	22.308,75	1,19
283	1415	23,58	691,89	964,89	1.078,91	947,98	22.227,32	1,18
284	1420	23,67	693,07	966,07	1.079,43	955,38	22.147,23	1,17
285	1425	23,75	694,24	967,24	1.079,96	963,10	22.068,51	1,15
286	1430	23,83	695,39	968,39	1.080,48	971,14	21.991,21	1,14
287	1435	23,92	696,53	969,53	1.081,00	979,53	21.915,36	1,13
288	1440	24,00	697,66	970,66	1.081,52	988,28	21.840,99	1,11



CÁLCULO DE $\theta_a(t)$ EN INCREMENTOS DE 5 seg

#	t	t	$\theta_a(t)$	$\theta_a(t)$	$\theta_g(t)$	ca (t)	h'net,d	$\Delta\theta_a(t)$
INCREM	(seg)	(min)	(° C)	(° K)	(° K)	(J/kgK)	(W/m2)	(° K)
289	1445	24,08	698,77	971,77	1.082,03	997,42	21.768,15	1,10
290	1450	24,17	699,87	972,87	1.082,55	1.006,96	21.696,87	1,08
291	1455	24,25	700,95	973,95	1.083,06	1.016,95	21.627,19	1,07
292	1460	24,33	702,02	975,02	1.083,57	1.027,39	21.559,16	1,06
293	1465	24,42	703,08	976,08	1.084,08	1.038,32	21.492,82	1,04
294	1470	24,50	704,12	977,12	1.084,59	1.049,77	21.428,20	1,03
295	1475	24,58	705,15	978,15	1.085,10	1.061,77	21.365,36	1,01
296	1480	24,67	706,16	979,16	1.085,60	1.074,36	21.304,33	1,00
297	1485	24,75	707,16	980,16	1.086,10	1.087,58	21.245,15	0,98
298	1490	24,83	708,14	981,14	1.086,61	1.101,46	21.187,88	0,97
299	1495	24,92	709,11	982,11	1.087,10	1.116,05	21.132,56	0,95
300	1500	25,00	710,06	983,06	1.087,60	1.131,41	21.079,23	0,94
301	1505	25,08	711,00	984,00	1.088,10	1.147,57	21.027,94	0,92
302	1510	25,17	711,92	984,92	1.088,59	1.164,61	20.978,74	0,91
303	1515	25,25	712,83	985,83	1.089,09	1.182,57	20.931,68	0,89
304	1520	25,33	713,72	986,72	1.089,58	1.201,52	20.886,80	0,87
305	1525	25,42	714,60	987,60	1.090,07	1.221,55	20.844,16	0,86
306	1530	25,50	715,45	988,45	1.090,56	1.242,71	20.803,80	0,84
307	1535	25,58	716,30	989,30	1.091,04	1.265,10	20.765,77	0,83
308	1540	25,67	717,12	990,12	1.091,53	1.288,81	20.730,12	0,81
309	1545	25,75	717,93	990,93	1.092,01	1.313,94	20.696,90	0,79
310	1550	25,83	718,73	991,73	1.092,49	1.340,59	20.666,16	0,78
311	1555	25,92	719,50	992,50	1.092,97	1.368,89	20.637,95	0,76
312	1560	26,00	720,26	993,26	1.093,45	1.398,96	20.612,31	0,74
313	1565	26,08	721,00	994,00	1.093,93	1.430,94	20.589,30	0,72
314	1570	26,17	721,73	994,73	1.094,40	1.464,99	20.568,96	0,71
315	1575	26,25	722,43	995,43	1.094,88	1.501,26	20.551,33	0,69
316	1580	26,33	723,12	996,12	1.095,35	1.539,95	20.536,45	0,67
317	1585	26,42	723,79	996,79	1.095,82	1.581,24	20.524,38	0,65
318	1590	26,50	724,45	997,45	1.096,29	1.625,36	20.515,14	0,64
319	1595	26,58	725,08	998,08	1.096,76	1.672,55	20.508,78	0,62
320	1600	26,67	725,70	998,70	1.097,23	1.723,06	20.505,33	0,60
321	1605	26,75	726,30	999,30	1.097,69	1.777,17	20.504,82	0,58
322	1610	26,83	726,88	999,88	1.098,16	1.835,20	20.507,28	0,56
323	1615	26,92	727,44	1.000,44	1.098,62	1.897,49	20.512,73	0,54
324	1620	27,00	727,99	1.000,99	1.099,08	1.964,40	20.521,19	0,53
325	1625	27,08	728,51	1.001,51	1.099,54	2.036,36	20.532,68	0,51
326	1630	27,17	729,02	1.002,02	1.100,00	2.113,81	20.547,20	0,49
327	1635	27,25	729,51	1.002,51	1.100,45	2.197,23	20.564,77	0,47
328	1640	27,33	729,98	1.002,98	1.100,91	2.287,18	20.585,38	0,45
329	1645	27,42	730,43	1.003,43	1.101,36	2.384,23	20.609,03	0,44
330	1650	27,50	730,87	1.003,87	1.101,82	2.489,06	20.635,70	0,42
331	1655	27,58	731,29	1.004,29	1.102,27	2.602,35	20.665,38	0,40
332	1660	27,67	731,69	1.004,69	1.102,72	2.724,92	20.698,05	0,38
333	1665	27,75	732,07	1.005,07	1.103,17	2.857,61	20.733,67	0,37
334	1670	27,83	732,43	1.005,43	1.103,61	3.001,37	20.772,21	0,35
335	1675	27,92	732,78	1.005,78	1.104,06	3.157,25	20.813,62	0,33
336	1680	28,00	733,11	1.006,11	1.104,50	3.326,40	20.857,87	0,32



CÁLCULO DE $\theta_a(t)$ EN INCREMENTOS DE 5 seg

#	t	t	$\theta_a(t)$	$\theta_a(t)$	$\theta_g(t)$	ca (t)	h'net,d	$\Delta\theta_a(t)$
INCREM	(seg)	(min)	(° C)	(° K)	(° K)	(J/kgK)	(W/m2)	(° K)
337	1685	28,08	733,43	1.006,43	1.104,95	3.510,07	20.904,89	0,30
338	1690	28,17	733,73	1.006,73	1.105,39	3.709,65	20.954,62	0,28
339	1695	28,25	734,01	1.007,01	1.105,83	3.926,68	21.007,00	0,27
340	1700	28,33	734,28	1.007,28	1.106,27	4.162,82	21.061,97	0,25
341	1705	28,42	734,54	1.007,54	1.106,71	4.419,94	21.119,44	0,24
342	1710	28,50	734,78	1.007,78	1.107,14	4.700,06	21.179,34	0,23
343	1715	28,58	735,00	1.008,00	1.107,58	5.220,60	21.241,59	0,20
344	1720	28,67	735,21	1.008,21	1.108,01	4.993,07	21.307,75	0,21
345	1725	28,75	735,42	1.008,42	1.108,45	4.777,07	21.371,82	0,23
346	1730	28,83	735,65	1.008,65	1.108,88	4.572,05	21.433,73	0,24
347	1735	28,92	735,88	1.008,88	1.109,31	4.377,51	21.493,39	0,25
348	1740	29,00	736,13	1.009,13	1.109,74	4.192,94	21.550,73	0,26
349	1745	29,08	736,39	1.009,39	1.110,17	4.017,85	21.605,68	0,27
350	1750	29,17	736,66	1.009,66	1.110,59	3.851,81	21.658,15	0,28
351	1755	29,25	736,94	1.009,94	1.111,02	3.694,35	21.708,07	0,30
352	1760	29,33	737,24	1.010,24	1.111,44	3.545,08	21.755,37	0,31
353	1765	29,42	737,55	1.010,55	1.111,87	3.403,57	21.799,95	0,32
354	1770	29,50	737,87	1.010,87	1.112,29	3.269,44	21.841,75	0,34
355	1775	29,58	738,21	1.011,21	1.112,71	3.142,33	21.880,69	0,35
356	1780	29,67	738,56	1.011,56	1.113,13	3.021,88	21.916,71	0,37
357	1785	29,75	738,92	1.011,92	1.113,55	2.907,76	21.949,71	0,38
358	1790	29,83	739,30	1.012,30	1.113,96	2.799,63	21.979,65	0,40
359	1795	29,92	739,70	1.012,70	1.114,38	2.697,20	22.006,45	0,41
360	1800	30,00	740,11	1.013,11	1.114,80	2.600,16	22.030,04	0,43
361	1805	30,08	740,54	1.013,54	1.115,21	2.508,25	22.050,36	0,44
362	1810	30,17	740,98	1.013,98	1.115,62	2.421,18	22.067,37	0,46
363	1815	30,25	741,44	1.014,44	1.116,03	2.338,70	22.081,00	0,48
364	1820	30,33	741,91	1.014,91	1.116,44	2.260,58	22.091,20	0,49
365	1825	30,42	742,40	1.015,40	1.116,85	2.186,58	22.097,93	0,51
366	1830	30,50	742,91	1.015,91	1.117,26	2.116,48	22.101,15	0,53
367	1835	30,58	743,44	1.016,44	1.117,67	2.050,07	22.100,83	0,54
368	1840	30,67	743,98	1.016,98	1.118,08	1.987,16	22.096,93	0,56
369	1845	30,75	744,54	1.017,54	1.118,48	1.927,54	22.089,42	0,58
370	1850	30,83	745,12	1.018,12	1.118,88	1.871,05	22.078,30	0,59
371	1855	30,92	745,71	1.018,71	1.119,29	1.817,51	22.063,53	0,61
372	1860	31,00	746,32	1.019,32	1.119,69	1.766,76	22.045,13	0,63
373	1865	31,08	746,95	1.019,95	1.120,09	1.718,66	22.023,07	0,64
374	1870	31,17	747,60	1.020,60	1.120,49	1.673,04	21.997,37	0,66
375	1875	31,25	748,26	1.021,26	1.120,89	1.629,78	21.968,02	0,68
376	1880	31,33	748,94	1.021,94	1.121,28	1.588,74	21.935,06	0,69
377	1885	31,42	749,63	1.022,63	1.121,68	1.549,81	21.898,49	0,71
378	1890	31,50	750,34	1.023,34	1.122,08	1.512,86	21.858,33	0,73
379	1895	31,58	751,07	1.024,07	1.122,47	1.477,79	21.814,62	0,74
380	1900	31,67	751,81	1.024,81	1.122,86	1.444,49	21.767,40	0,76
381	1905	31,75	752,57	1.025,57	1.123,26	1.412,86	21.716,69	0,77
382	1910	31,83	753,34	1.026,34	1.123,65	1.382,81	21.662,55	0,79
383	1915	31,92	754,13	1.027,13	1.124,04	1.354,25	21.605,02	0,80
384	1920	32,00	754,94	1.027,94	1.124,43	1.327,10	21.544,16	0,82



ACCIÓN ACCIDENTAL INCENDIO

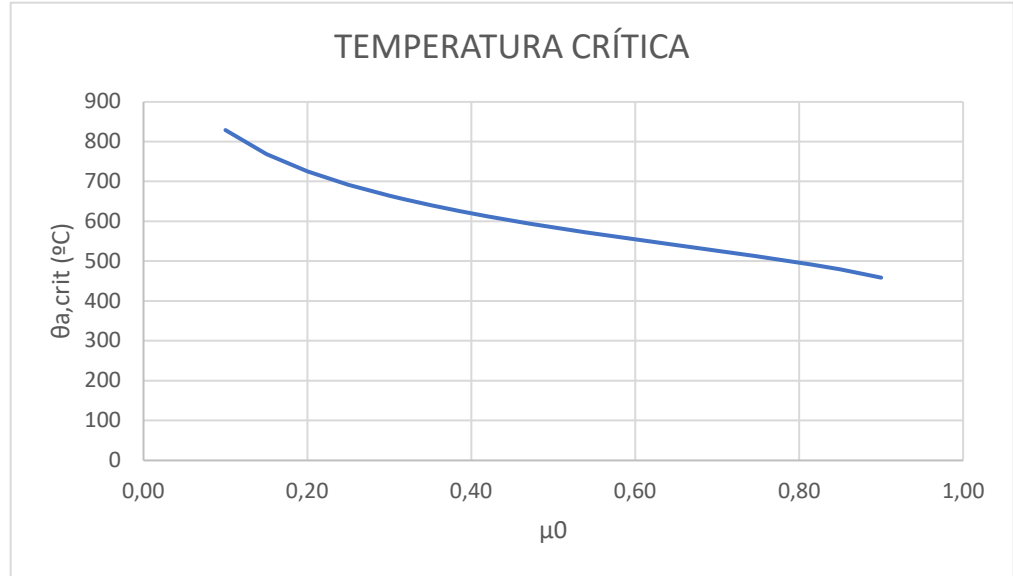
(CTE DB SI + RD2267 + CE ANEJO 23)

COMPROBACIÓN ESTRUCTURAL. ESTRUCTURAS INTERIOR SIN REVESTIR

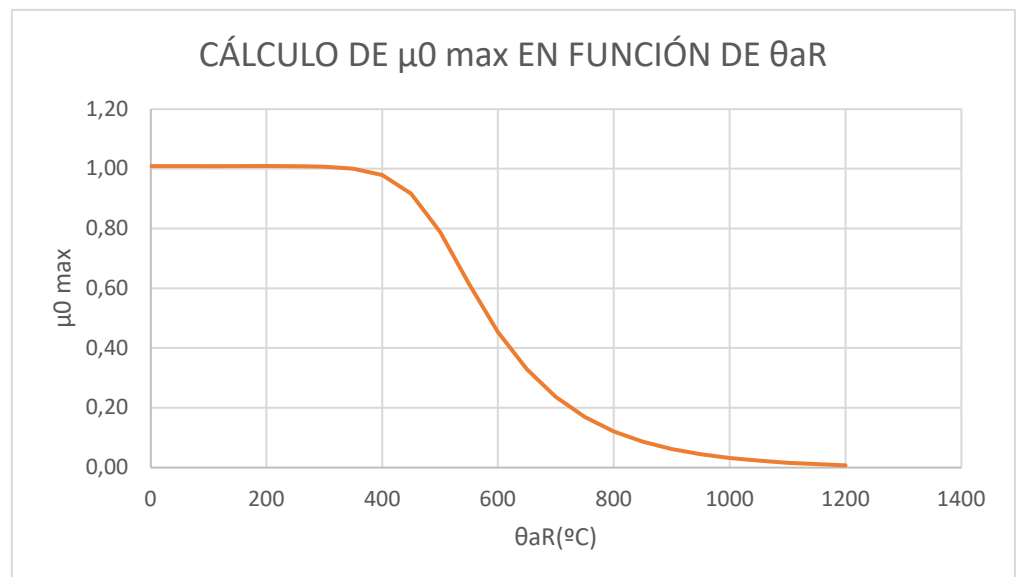
COMPROBACIÓN EN EL DOMINIO DE LA TEMPERATURA.

tR (min)= 30
 $\theta_{aR}(\text{°C})= 740,1$
 $\mu_{0\text{max}}= 0,18$

μ_0	$\theta_{a,crit}(\text{°C})=$
0,10	829
0,15	768
0,20	725
0,25	691
0,30	664
0,35	640
0,40	620
0,45	601
0,50	585
0,55	569
0,60	554
0,65	540
0,70	526
0,75	511
0,80	496
0,85	479
0,90	458



$\theta_{aR}(\text{°C})=$	$\mu_0 \text{ max}$
0	1,01
50	1,01
100	1,01
150	1,01
200	1,01
250	1,01
300	1,01
350	1,00
400	0,98
450	0,92
500	0,79
550	0,61
600	0,45
650	0,33
700	0,24
750	0,17
800	0,12
850	0,09
900	0,06
950	0,04
1000	0,03
1050	0,02
1100	0,02
1150	0,01
1200	0,01





tR (min)=

30

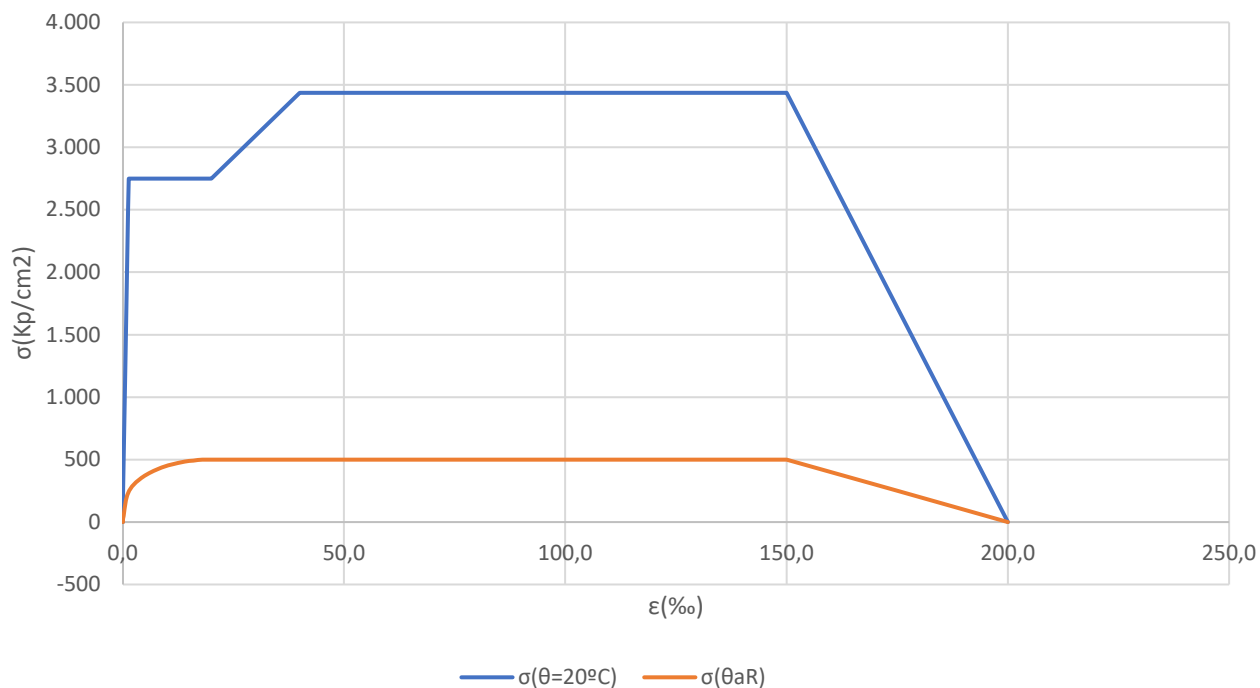
θ_{aR} (°C)=

740,1

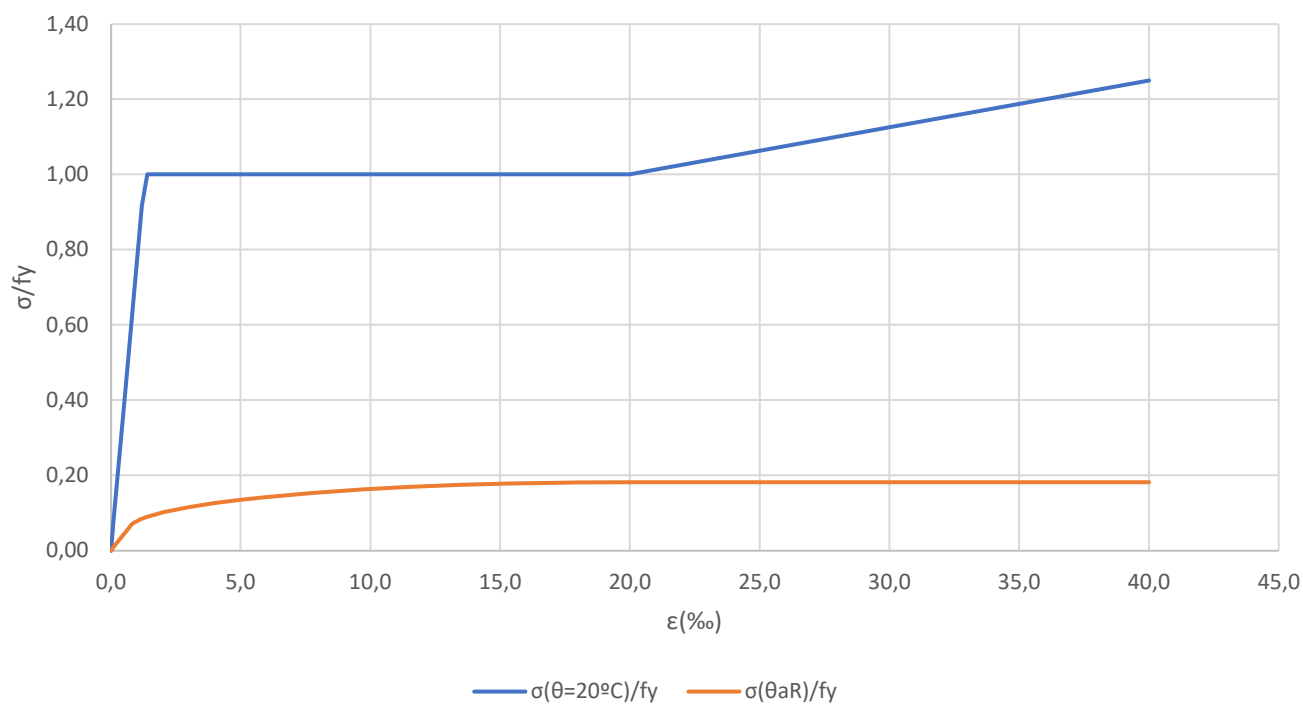
f_y (Kp/cm²)=

2.750,0

RELACIÓN σ - ϵ



RELACION σ - ϵ



ACERO SIN PROTECCIÓN

CE-AP3- 78



ACCIÓN ACCIDENTAL INCENDIO

(CTE DB SI + RD2267 + CE ANEJO 23)

COMPROBACIÓN ESTRUCTURAL. ESTRUCTURAS INTERIOR SIN REVESTIR

CURVAS TIEMPO-TEMPERATURA ACERO-GRADO DE UTILIZACIÓN

tR (min)	$\theta_{aR}(\text{°C})$	1000 μ_0 max	μ_0 max
0	20	1.008,68	1,01
5	148	1.008,63	1,01
10	335	1.002,55	1,00
15	505	770,43	0,77
20	629	375,83	0,38
25	710	220,83	0,22
30	740	180,87	0,18
35	790	129,94	0,13
40	844	90,31	0,09
45	880	71,35	0,07
50	903	61,07	0,06
55	921	54,30	0,05
60	936	49,21	0,05
65	949	45,09	0,05
70	961	41,63	0,04
75	972	38,68	0,04
80	982	36,13	0,04
85	992	33,89	0,03
90	1.001	31,92	0,03
95	1.009	30,17	0,03
100	1.017	28,60	0,03
105	1.025	27,19	0,03
110	1.032	25,92	0,03
115	1.039	24,75	0,02
120	1.045	23,69	0,02



APÉNDICE 3

ACCIONES

7.- ACCIÓN ACCIDENTAL: INCENDIO

7.4. EVOLUCIÓN TEMPERATURA EN ACERO

ESTRUCTURAS DE INTERIOR AISLADAS CON MATERIAL DE PROTECCIÓN

(suponiendo que $t_R = 30$ min)

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3 ACCIONES	FORMATO: A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N°:</u> CE-AP3-80



ACCIÓN ACCIDENTAL INCENDIO

(CTE DB SI + RD2267 + CE ANEJO 23)

EVOLUCIÓN TEMPERATURA ACERO. ESTRUCTURAS INTERIOR AISLADAS CON MATERIAL DE PROTECCION FRENTE AL FUEGO

CONSTANTES INDEPENDIENTES DE TEMPERATURA Y DE LA SECCIÓN

ρ_a (Kg/m ³)=	7.850	(densidad del acero)
ρ_p (Kg/m ³)=	800	(densidad del material de protección)
d_p (m)=	0,01	(Espesor material de protección)
c_p (J/kgK)=	1.700	(Calor específico material de protección)
λ_p (W/mK)=	0,2000	(Conductividad térmica mat prot TIPO 2)
t_R (min)=	30	(tiempo de exposición al fuego requerido, en min)
t_R (s)=		(tiempo de exposición al fuego requerido, en seg)
ϵ_y =	0,02	(deformación en el límite elástico, inicio)
ϵ_s =	0,04	(deformación en el límite de rotura)
ϵ_t =	0,15	(deformación en el límite elástico, final)
ϵ_u =	0,20	(deformación de rotura)

Material de protección

TIPO:	2
Espesor (mm)=	10
Espesor (μ m)=	10.000
1) λ_p depende de θ_a .	
2) λ_p independiente de θ_a .	
PLACAS CARTON YESO	

CONSTANTES INDEPENDIENTES DE TEMPERATURA Y DEPENDIENTES DE LA SECCIÓN

VIGA DE ESTUDIO: HL 920x344 S275 JR

A_m (m)=	3,455	(Perímetro de la sección por unidad de longitud)
V (m ²)=	0,0437	(Area de la sección por unidad de longitud)
(A_m/V) =	79,03	(Factor de sección)

PROPIEDADES MECÁNICAS ACERO EN $t=0 \Leftrightarrow \theta_a=20^\circ\text{C}$

ρ_a (Kg/m ³)=	7.850	(densidad del acero. Independiente de θ_a)
$\Delta L/L$ (m/m)=	0,0000E+00	(deformación térmica unitaria)
c_a (J/kgK)=	439,80	(calor específico)
E (Kp/cm ²)=	2.100.000,0	(Módulo de elasticidad)
ν =	0,3	(coeficiente de Poisson en régimen elástico)
G (Kp/cm ²)=	807.692,3	(Módulo de elasticidad transversal)
f_y (Kp/cm ²)=	2.750,0	(Límite elástico)
f_p (Kp/cm ²)=	2.750,0	(Límite de proporcionalidad)
f_u (Kp/cm ²)=	3.437,5	(Límite de rotura)
ϵ_p =	0,0013	(deformación en el límite de proporcionalidad)

$\theta_a (t=0)=$ 20 ($^\circ\text{C}$)

a =	0,02
b =	0,00
c =	0,00

PROPIEDADES MECÁNICAS ACERO EN $t=t_R$

$\theta_{aR}= \theta_a (t=t_R)=$ 337,4 ($^\circ\text{C}$)

ρ_a (Kg/m ³)=	7.850	(densidad del acero. Indep. de θ_a)
$\Delta L/L$ (m/m)=	4,2626E-03	(deformación térmica unitaria)
c_a (J/kgK)=	578,69	(calor específico)
$E\theta$ (Kp/cm ²)=	1.601.453,4	(Pendiente de la región elástica y lineal)
ν =	0,2353	(coeficiente de Poisson en régimen elást)
G (Kp/cm ²)=	648.228,5	(Módulo de elasticidad transversal)
$f_{y\theta}$ (Kp/cm ²)=	2.750,0	(Límite elástico)
$f_{p\theta}$ (Kp/cm ²)=	1.487,2	(Límite de proporcionalidad)
$f_{u\theta}$ (Kp/cm ²)=	3.180,4	(Límite de rotura)
$\epsilon_{p\theta}$ =	0,000929	(deform en el límite de proporcionalidad)
$K_{y\theta}$ =	1,0000	(Coeficiente de reducción de f_y)
$K_{p\theta}$ =	0,5408	(Coeficiente de reducción de f_p)
$KE\theta$ =	0,7626	(Coeficiente de reducción de E)
a =	0,019	c = 56,916
b =	1.319,683	

θ_a ($^\circ\text{C}$)	$K_{y\theta}$	$K_{p\theta}$	$KE\theta$
20	1,000	1,000	1,000
100	1,000	1,000	1,000
200	1,000	0,807	0,900
300	1,000	0,613	0,800
400	1,000	0,420	0,700
500	0,780	0,360	0,600
600	0,470	0,180	0,310
700	0,230	0,075	0,130
800	0,110	0,050	0,090
900	0,060	0,038	0,068
1000	0,040	0,025	0,045
1100	0,020	0,013	0,023
1200	0,000	0,000	0,000

**RELACIÓ TENSIÓ-DEFORMACIÓ.**

ϵ	ϵ (‰)	$\sigma(\theta=20^{\circ}\text{C})$	$\sigma(\theta aR)$
0,00000	0,0	0	0
0,00010	0,1	210	160
0,00020	0,2	420	320
0,00030	0,3	630	480
0,00040	0,4	840	641
0,00050	0,5	1.050	801
0,00060	0,6	1.260	961
0,00070	0,7	1.470	1.121
0,00080	0,8	1.680	1.281
0,00090	0,9	1.890	1.441
0,00100	1,0	2.100	1.558
0,00120	1,2	2.520	1.659
0,00140	1,4	2.750	1.727
0,00160	1,6	2.750	1.782
0,00180	1,8	2.750	1.828
0,00200	2,0	2.750	1.870
0,00300	3,0	2.750	2.031
0,00400	4,0	2.750	2.150
0,00500	5,0	2.750	2.247
0,00600	6,0	2.750	2.327
0,00700	7,0	2.750	2.397
0,00800	8,0	2.750	2.457
0,00900	9,0	2.750	2.509
0,01000	10,0	2.750	2.554
0,01100	11,0	2.750	2.594
0,01200	12,0	2.750	2.629
0,01300	13,0	2.750	2.658
0,01400	14,0	2.750	2.683
0,01500	15,0	2.750	2.704
0,01600	16,0	2.750	2.721
0,01700	17,0	2.750	2.734
0,01800	18,0	2.750	2.743
0,01900	19,0	2.750	2.748
0,02000	20,0	2.750	2.750
0,03000	30,0	3.094	2.965
0,04000	40,0	3.438	3.180
0,05000	50,0	3.438	3.180
0,10000	100,0	3.438	3.180
0,15000	150,0	3.438	3.180
0,17500	175,0	1.719	1.590
0,20000	200,0	0	0

ϵ (‰)	$\sigma(\theta=20^{\circ}\text{C})/f_y$	$\sigma(\theta aR)/f_y$
0,0	0,00	0,00
0,1	0,08	0,06
0,2	0,15	0,12
0,3	0,23	0,17
0,4	0,31	0,23
0,5	0,38	0,29
0,6	0,46	0,35
0,7	0,53	0,41
0,8	0,61	0,47
0,9	0,69	0,52
1,0	0,76	0,57
1,2	0,92	0,60
1,4	1,00	0,63
1,6	1,00	0,65
1,8	1,00	0,66
2,0	1,00	0,68
3,0	1,00	0,74
4,0	1,00	0,78
5,0	1,00	0,82
6,0	1,00	0,85
7,0	1,00	0,87
8,0	1,00	0,89
9,0	1,00	0,91
10,0	1,00	0,93
11,0	1,00	0,94
12,0	1,00	0,96
13,0	1,00	0,97
14,0	1,00	0,98
15,0	1,00	0,98
16,0	1,00	0,99
17,0	1,00	0,99
18,0	1,00	1,00
19,0	1,00	1,00
20,0	1,00	1,00
30,0	1,13	1,08
40,0	1,25	1,16
50,0	1,25	1,16
100,0	1,25	1,16
150,0	1,25	1,16
175,0	0,63	0,58
200,0	0,00	0,00



CÁLCULO DE $\theta_a(t)$ EN INCREMENTOS DE 5 seg

# INCREM	t (seg)	t (min)	θ_a (t) (° C)	θ_g (t) (° C)	$\Delta\theta_g$ (t) (° C)	ca (t) (J/kgK)	$\lambda\rho$ (W/mK)	ϕ adim	$\Delta\theta_a$ (t) (° C)
0	0	0,00	20,00	20,00	20,00	439,80	0,20	0,31	0,00
1	5	0,08	20,00	96,54	76,54	439,80	0,20	0,31	0,00
2	10	0,17	20,00	146,95	50,41	439,80	0,20	0,31	0,00
3	15	0,25	20,00	184,61	37,65	439,80	0,20	0,31	0,00
4	20	0,33	20,00	214,67	30,07	439,80	0,20	0,31	0,00
5	25	0,42	20,00	239,70	25,03	439,80	0,20	0,31	0,00
6	30	0,50	20,00	261,14	21,44	439,80	0,20	0,31	0,00
7	35	0,58	20,00	279,90	18,75	439,80	0,20	0,31	0,00
8	40	0,67	20,00	296,56	16,67	439,80	0,20	0,31	0,05
9	45	0,75	20,05	311,56	15,00	439,83	0,20	0,31	0,13
10	50	0,83	20,18	325,19	13,63	439,93	0,20	0,31	0,20
11	55	0,92	20,38	337,68	12,49	440,07	0,20	0,31	0,26
12	60	1,00	20,64	349,21	11,53	440,26	0,20	0,31	0,32
13	65	1,08	20,96	359,92	10,71	440,48	0,20	0,31	0,36
14	70	1,17	21,32	369,91	9,99	440,73	0,20	0,31	0,41
15	75	1,25	21,73	379,28	9,37	441,02	0,20	0,31	0,44
16	80	1,33	22,17	388,10	8,82	441,33	0,20	0,31	0,48
17	85	1,42	22,65	396,42	8,33	441,67	0,20	0,31	0,51
18	90	1,50	23,16	404,31	7,89	442,02	0,20	0,31	0,54
19	95	1,58	23,70	411,80	7,49	442,40	0,20	0,31	0,57
20	100	1,67	24,26	418,94	7,14	442,79	0,20	0,31	0,59
21	105	1,75	24,85	425,75	6,81	443,20	0,20	0,31	0,61
22	110	1,83	25,47	432,27	6,52	443,63	0,20	0,31	0,63
23	115	1,92	26,10	438,51	6,24	444,06	0,20	0,31	0,65
24	120	2,00	26,75	444,50	5,99	444,51	0,20	0,31	0,67
25	125	2,08	27,42	450,27	5,76	444,97	0,20	0,31	0,69
26	130	2,17	28,11	455,82	5,55	445,44	0,20	0,31	0,70
27	135	2,25	28,81	461,17	5,35	445,92	0,20	0,31	0,72
28	140	2,33	29,53	466,34	5,17	446,41	0,20	0,31	0,73
29	145	2,42	30,26	471,33	4,99	446,91	0,20	0,31	0,75
30	150	2,50	31,01	476,17	4,83	447,41	0,20	0,31	0,76
31	155	2,58	31,77	480,85	4,68	447,92	0,20	0,31	0,77
32	160	2,67	32,54	485,39	4,54	448,44	0,20	0,31	0,78
33	165	2,75	33,32	489,80	4,41	448,96	0,20	0,30	0,79
34	170	2,83	34,11	494,08	4,28	449,49	0,20	0,30	0,80
35	175	2,92	34,92	498,24	4,16	450,02	0,20	0,30	0,81
36	180	3,00	35,73	502,29	4,05	450,56	0,20	0,30	0,82
37	185	3,08	36,55	506,23	3,94	451,10	0,20	0,30	0,83
38	190	3,17	37,38	510,07	3,84	451,65	0,20	0,30	0,84
39	195	3,25	38,22	513,82	3,75	452,20	0,20	0,30	0,85
40	200	3,33	39,07	517,48	3,65	452,75	0,20	0,30	0,85
41	205	3,42	39,92	521,04	3,57	453,31	0,20	0,30	0,86
42	210	3,50	40,78	524,53	3,48	453,86	0,20	0,30	0,87
43	215	3,58	41,65	527,93	3,41	454,42	0,20	0,30	0,87
44	220	3,67	42,52	531,26	3,33	454,99	0,20	0,30	0,88
45	225	3,75	43,41	534,52	3,26	455,55	0,20	0,30	0,89
46	230	3,83	44,29	537,71	3,19	456,12	0,20	0,30	0,89
47	235	3,92	45,19	540,83	3,12	456,68	0,20	0,30	0,90
48	240	4,00	46,08	543,89	3,06	457,25	0,20	0,30	0,90



CÁLCULO DE $\theta_a(t)$ EN INCREMENTOS DE 5 seg

# INCREM	t (seg)	t (min)	θ_a (t) (° C)	θ_g (t) (° C)	$\Delta\theta_g$ (t) (° C)	ca (t) (J/kgK)	λ_p (W/mK)	ϕ adim	$\Delta\theta_a$ (t) (° C)
49	245	4,08	46,99	546,88	3,00	457,82	0,20	0,30	0,91
50	250	4,17	47,90	549,82	2,94	458,39	0,20	0,30	0,91
51	255	4,25	48,81	552,70	2,88	458,96	0,20	0,30	0,92
52	260	4,33	49,73	555,53	2,83	459,53	0,20	0,30	0,92
53	265	4,42	50,65	558,31	2,77	460,11	0,20	0,30	0,93
54	270	4,50	51,58	561,03	2,72	460,68	0,20	0,30	0,93
55	275	4,58	52,51	563,71	2,68	461,25	0,20	0,30	0,93
56	280	4,67	53,44	566,33	2,63	461,82	0,20	0,30	0,94
57	285	4,75	54,38	568,92	2,58	462,40	0,20	0,30	0,94
58	290	4,83	55,32	571,46	2,54	462,97	0,20	0,30	0,95
59	295	4,92	56,27	573,95	2,50	463,54	0,20	0,30	0,95
60	300	5,00	57,22	576,41	2,46	464,11	0,20	0,29	0,95
61	305	5,08	58,17	578,83	2,42	464,68	0,20	0,29	0,95
62	310	5,17	59,12	581,21	2,38	465,25	0,20	0,29	0,96
63	315	5,25	60,08	583,55	2,34	465,82	0,20	0,29	0,96
64	320	5,33	61,04	585,85	2,31	466,39	0,20	0,29	0,96
65	325	5,42	62,00	588,12	2,27	466,96	0,20	0,29	0,97
66	330	5,50	62,97	590,36	2,24	467,53	0,20	0,29	0,97
67	335	5,58	63,94	592,56	2,20	468,10	0,20	0,29	0,97
68	340	5,67	64,91	594,73	2,17	468,66	0,20	0,29	0,97
69	345	5,75	65,88	596,87	2,14	469,23	0,20	0,29	0,97
70	350	5,83	66,86	598,98	2,11	469,79	0,20	0,29	0,98
71	355	5,92	67,83	601,07	2,08	470,35	0,20	0,29	0,98
72	360	6,00	68,81	603,12	2,05	470,91	0,20	0,29	0,98
73	365	6,08	69,79	605,14	2,02	471,47	0,20	0,29	0,98
74	370	6,17	70,78	607,14	2,00	472,03	0,20	0,29	0,98
75	375	6,25	71,76	609,11	1,97	472,59	0,20	0,29	0,99
76	380	6,33	72,75	611,06	1,95	473,14	0,20	0,29	0,99
77	385	6,42	73,73	612,98	1,92	473,70	0,20	0,29	0,99
78	390	6,50	74,72	614,88	1,90	474,25	0,20	0,29	0,99
79	395	6,58	75,71	616,75	1,87	474,80	0,20	0,29	0,99
80	400	6,67	76,70	618,60	1,85	475,35	0,20	0,29	0,99
81	405	6,75	77,70	620,43	1,83	475,90	0,20	0,29	0,99
82	410	6,83	78,69	622,23	1,81	476,45	0,20	0,29	1,00
83	415	6,92	79,69	624,01	1,78	476,99	0,20	0,29	1,00
84	420	7,00	80,68	625,78	1,76	477,53	0,20	0,29	1,00
85	425	7,08	81,68	627,52	1,74	478,07	0,20	0,29	1,00
86	430	7,17	82,68	629,24	1,72	478,61	0,20	0,29	1,00
87	435	7,25	83,68	630,94	1,70	479,15	0,20	0,29	1,00
88	440	7,33	84,68	632,63	1,68	479,69	0,20	0,29	1,00
89	445	7,42	85,68	634,29	1,66	480,22	0,20	0,29	1,00
90	450	7,50	86,68	635,94	1,65	480,75	0,20	0,28	1,00
91	455	7,58	87,69	637,57	1,63	481,28	0,20	0,28	1,00
92	460	7,67	88,69	639,18	1,61	481,81	0,20	0,28	1,00
93	465	7,75	89,69	640,77	1,59	482,34	0,20	0,28	1,00
94	470	7,83	90,70	642,35	1,58	482,86	0,20	0,28	1,01
95	475	7,92	91,70	643,91	1,56	483,39	0,20	0,28	1,01
96	480	8,00	92,71	645,46	1,54	483,91	0,20	0,28	1,01



CÁLCULO DE $\theta_a(t)$ EN INCREMENTOS DE 5 seg

# INCREM	t (seg)	t (min)	$\theta_a(t)$ (° C)	$\theta_g(t)$ (° C)	$\Delta\theta_g(t)$ (° C)	ca (t) (J/kgK)	λp (W/mK)	ϕ adim	$\Delta\theta_a(t)$ (° C)
97	485	8,08	93,72	646,98	1,53	484,43	0,20	0,28	1,01
98	490	8,17	94,72	648,50	1,51	484,94	0,20	0,28	1,01
99	495	8,25	95,73	650,00	1,50	485,46	0,20	0,28	1,01
100	500	8,33	96,74	651,48	1,48	485,97	0,20	0,28	1,01
101	505	8,42	97,75	652,95	1,47	486,48	0,20	0,28	1,01
102	510	8,50	98,76	654,40	1,45	486,99	0,20	0,28	1,01
103	515	8,58	99,76	655,84	1,44	487,50	0,20	0,28	1,01
104	520	8,67	100,77	657,27	1,43	488,01	0,20	0,28	1,01
105	525	8,75	101,78	658,68	1,41	488,51	0,20	0,28	1,01
106	530	8,83	102,79	660,08	1,40	489,01	0,20	0,28	1,01
107	535	8,92	103,80	661,47	1,39	489,51	0,20	0,28	1,01
108	540	9,00	104,81	662,85	1,37	490,01	0,20	0,28	1,01
109	545	9,08	105,82	664,21	1,36	490,51	0,20	0,28	1,01
110	550	9,17	106,83	665,56	1,35	491,00	0,20	0,28	1,01
111	555	9,25	107,84	666,90	1,34	491,49	0,20	0,28	1,01
112	560	9,33	108,85	668,22	1,33	491,98	0,20	0,28	1,01
113	565	9,42	109,86	669,54	1,31	492,47	0,20	0,28	1,01
114	570	9,50	110,87	670,84	1,30	492,95	0,20	0,28	1,01
115	575	9,58	111,88	672,13	1,29	493,44	0,20	0,28	1,01
116	580	9,67	112,89	673,41	1,28	493,92	0,20	0,28	1,01
117	585	9,75	113,90	674,68	1,27	494,40	0,20	0,28	1,01
118	590	9,83	114,91	675,94	1,26	494,88	0,20	0,28	1,01
119	595	9,92	115,92	677,19	1,25	495,35	0,20	0,28	1,01
120	600	10,00	116,93	678,43	1,24	495,83	0,20	0,28	1,01
121	605	10,08	117,94	679,66	1,23	496,30	0,20	0,28	1,01
122	610	10,17	118,95	680,87	1,22	496,77	0,20	0,28	1,01
123	615	10,25	119,96	682,08	1,21	497,24	0,20	0,28	1,01
124	620	10,33	120,97	683,28	1,20	497,71	0,20	0,28	1,01
125	625	10,42	121,97	684,47	1,19	498,17	0,20	0,27	1,01
126	630	10,50	122,98	685,65	1,18	498,63	0,20	0,27	1,01
127	635	10,58	123,99	686,82	1,17	499,09	0,20	0,27	1,01
128	640	10,67	125,00	687,98	1,16	499,55	0,20	0,27	1,01
129	645	10,75	126,00	689,13	1,15	500,01	0,20	0,27	1,01
130	650	10,83	127,01	690,28	1,14	500,47	0,20	0,27	1,01
131	655	10,92	128,02	691,41	1,14	500,92	0,20	0,27	1,01
132	660	11,00	129,02	692,54	1,13	501,37	0,20	0,27	1,01
133	665	11,08	130,03	693,66	1,12	501,82	0,20	0,27	1,01
134	670	11,17	131,04	694,77	1,11	502,27	0,20	0,27	1,01
135	675	11,25	132,04	695,87	1,10	502,71	0,20	0,27	1,00
136	680	11,33	133,05	696,96	1,09	503,16	0,20	0,27	1,00
137	685	11,42	134,05	698,05	1,09	503,60	0,20	0,27	1,00
138	690	11,50	135,05	699,13	1,08	504,04	0,20	0,27	1,00
139	695	11,58	136,06	700,20	1,07	504,48	0,20	0,27	1,00
140	700	11,67	137,06	701,26	1,06	504,92	0,20	0,27	1,00
141	705	11,75	138,06	702,31	1,06	505,35	0,20	0,27	1,00
142	710	11,83	139,06	703,36	1,05	505,78	0,20	0,27	1,00
143	715	11,92	140,07	704,40	1,04	506,22	0,20	0,27	1,00
144	720	12,00	141,07	705,44	1,03	506,65	0,20	0,27	1,00



CÁLCULO DE $\theta_a(t)$ EN INCREMENTOS DE 5 seg

# INCREM	t (seg)	t (min)	$\theta_a(t)$ (° C)	$\theta_g(t)$ (° C)	$\Delta\theta_g(t)$ (° C)	ca (t) (J/kgK)	λ_p (W/mK)	ϕ adim	$\Delta\theta_a(t)$ (° C)
145	725	12,08	142,07	706,46	1,03	507,07	0,20	0,27	1,00
146	730	12,17	143,07	707,48	1,02	507,50	0,20	0,27	1,00
147	735	12,25	144,07	708,49	1,01	507,93	0,20	0,27	1,00
148	740	12,33	145,07	709,50	1,01	508,35	0,20	0,27	1,00
149	745	12,42	146,06	710,50	1,00	508,77	0,20	0,27	1,00
150	750	12,50	147,06	711,49	0,99	509,19	0,20	0,27	1,00
151	755	12,58	148,06	712,48	0,99	509,61	0,20	0,27	1,00
152	760	12,67	149,05	713,46	0,98	510,02	0,20	0,27	1,00
153	765	12,75	150,05	714,43	0,97	510,44	0,20	0,27	1,00
154	770	12,83	151,05	715,40	0,97	510,85	0,20	0,27	0,99
155	775	12,92	152,04	716,36	0,96	511,26	0,20	0,27	0,99
156	780	13,00	153,03	717,31	0,95	511,67	0,20	0,27	0,99
157	785	13,08	154,03	718,26	0,95	512,08	0,20	0,27	0,99
158	790	13,17	155,02	719,20	0,94	512,49	0,20	0,27	0,99
159	795	13,25	156,01	720,14	0,94	512,89	0,20	0,27	0,99
160	800	13,33	157,00	721,07	0,93	513,30	0,20	0,27	0,99
161	805	13,42	157,99	721,99	0,92	513,70	0,20	0,27	0,99
162	810	13,50	158,98	722,91	0,92	514,10	0,20	0,27	0,99
163	815	13,58	159,97	723,83	0,91	514,50	0,20	0,27	0,99
164	820	13,67	160,96	724,73	0,91	514,90	0,20	0,27	0,99
165	825	13,75	161,95	725,64	0,90	515,29	0,20	0,27	0,99
166	830	13,83	162,94	726,53	0,90	515,69	0,20	0,27	0,99
167	835	13,92	163,93	727,43	0,89	516,08	0,20	0,27	0,99
168	840	14,00	164,91	728,31	0,89	516,47	0,20	0,27	0,99
169	845	14,08	165,90	729,19	0,88	516,86	0,20	0,26	0,98
170	850	14,17	166,88	730,07	0,88	517,25	0,20	0,26	0,98
171	855	14,25	167,86	730,94	0,87	517,64	0,20	0,26	0,98
172	860	14,33	168,85	731,81	0,87	518,02	0,20	0,26	0,98
173	865	14,42	169,83	732,67	0,86	518,41	0,20	0,26	0,98
174	870	14,50	170,81	733,52	0,86	518,79	0,20	0,26	0,98
175	875	14,58	171,79	734,38	0,85	519,17	0,20	0,26	0,98
176	880	14,67	172,77	735,22	0,85	519,56	0,20	0,26	0,98
177	885	14,75	173,75	736,06	0,84	519,93	0,20	0,26	0,98
178	890	14,83	174,73	736,90	0,84	520,31	0,20	0,26	0,98
179	895	14,92	175,71	737,73	0,83	520,69	0,20	0,26	0,98
180	900	15,00	176,68	738,56	0,83	521,06	0,20	0,26	0,98
181	905	15,08	177,66	739,38	0,82	521,44	0,20	0,26	0,98
182	910	15,17	178,64	740,20	0,82	521,81	0,20	0,26	0,97
183	915	15,25	179,61	741,02	0,81	522,18	0,20	0,26	0,97
184	920	15,33	180,58	741,83	0,81	522,55	0,20	0,26	0,97
185	925	15,42	181,56	742,63	0,81	522,92	0,20	0,26	0,97
186	930	15,50	182,53	743,43	0,80	523,29	0,20	0,26	0,97
187	935	15,58	183,50	744,23	0,80	523,66	0,20	0,26	0,97
188	940	15,67	184,47	745,02	0,79	524,02	0,20	0,26	0,97
189	945	15,75	185,44	745,81	0,79	524,39	0,20	0,26	0,97
190	950	15,83	186,41	746,60	0,78	524,75	0,20	0,26	0,97
191	955	15,92	187,38	747,38	0,78	525,11	0,20	0,26	0,97
192	960	16,00	188,34	748,15	0,78	525,47	0,20	0,26	0,97



CÁLCULO DE $\theta_a(t)$ EN INCREMENTOS DE 5 seg

# INCREM	t (seg)	t (min)	θ_a (t) (° C)	θ_g (t) (° C)	$\Delta\theta_g$ (t) (° C)	ca (t) (J/kgK)	λp (W/mK)	ϕ adim	$\Delta\theta_a$ (t) (° C)
193	965	16,08	189,31	748,93	0,77	525,83	0,20	0,26	0,97
194	970	16,17	190,28	749,69	0,77	526,19	0,20	0,26	0,96
195	975	16,25	191,24	750,46	0,76	526,55	0,20	0,26	0,96
196	980	16,33	192,20	751,22	0,76	526,90	0,20	0,26	0,96
197	985	16,42	193,17	751,98	0,76	527,26	0,20	0,26	0,96
198	990	16,50	194,13	752,73	0,75	527,61	0,20	0,26	0,96
199	995	16,58	195,09	753,48	0,75	527,97	0,20	0,26	0,96
200	1000	16,67	196,05	754,22	0,75	528,32	0,20	0,26	0,96
201	1005	16,75	197,01	754,97	0,74	528,67	0,20	0,26	0,96
202	1010	16,83	197,97	755,70	0,74	529,02	0,20	0,26	0,96
203	1015	16,92	198,93	756,44	0,73	529,37	0,20	0,26	0,96
204	1020	17,00	199,88	757,17	0,73	529,72	0,20	0,26	0,96
205	1025	17,08	200,84	757,90	0,73	530,06	0,20	0,26	0,96
206	1030	17,17	201,79	758,62	0,72	530,41	0,20	0,26	0,95
207	1035	17,25	202,75	759,34	0,72	530,76	0,20	0,26	0,95
208	1040	17,33	203,70	760,06	0,72	531,10	0,20	0,26	0,95
209	1045	17,42	204,65	760,77	0,71	531,44	0,20	0,26	0,95
210	1050	17,50	205,61	761,48	0,71	531,79	0,20	0,26	0,95
211	1055	17,58	206,56	762,19	0,71	532,13	0,20	0,26	0,95
212	1060	17,67	207,51	762,89	0,70	532,47	0,20	0,26	0,95
213	1065	17,75	208,45	763,59	0,70	532,81	0,20	0,26	0,95
214	1070	17,83	209,40	764,29	0,70	533,15	0,20	0,26	0,95
215	1075	17,92	210,35	764,98	0,69	533,49	0,20	0,26	0,95
216	1080	18,00	211,30	765,67	0,69	533,82	0,20	0,26	0,95
217	1085	18,08	212,24	766,36	0,69	534,16	0,20	0,26	0,94
218	1090	18,17	213,18	767,04	0,68	534,49	0,20	0,26	0,94
219	1095	18,25	214,13	767,72	0,68	534,83	0,20	0,26	0,94
220	1100	18,33	215,07	768,40	0,68	535,16	0,20	0,26	0,94
221	1105	18,42	216,01	769,08	0,67	535,50	0,20	0,26	0,94
222	1110	18,50	216,95	769,75	0,67	535,83	0,20	0,26	0,94
223	1115	18,58	217,89	770,42	0,67	536,16	0,20	0,26	0,94
224	1120	18,67	218,83	771,08	0,67	536,49	0,20	0,26	0,94
225	1125	18,75	219,77	771,75	0,66	536,82	0,20	0,26	0,94
226	1130	18,83	220,71	772,41	0,66	537,15	0,20	0,25	0,94
227	1135	18,92	221,64	773,06	0,66	537,48	0,20	0,25	0,94
228	1140	19,00	222,58	773,72	0,65	537,81	0,20	0,25	0,93
229	1145	19,08	223,51	774,37	0,65	538,13	0,20	0,25	0,93
230	1150	19,17	224,44	775,02	0,65	538,46	0,20	0,25	0,93
231	1155	19,25	225,38	775,66	0,65	538,79	0,20	0,25	0,93
232	1160	19,33	226,31	776,31	0,64	539,11	0,20	0,25	0,93
233	1165	19,42	227,24	776,95	0,64	539,44	0,20	0,25	0,93
234	1170	19,50	228,17	777,59	0,64	539,76	0,20	0,25	0,93
235	1175	19,58	229,10	778,22	0,63	540,08	0,20	0,25	0,93
236	1180	19,67	230,02	778,85	0,63	540,41	0,20	0,25	0,93
237	1185	19,75	230,95	779,48	0,63	540,73	0,20	0,25	0,93
238	1190	19,83	231,88	780,11	0,63	541,05	0,20	0,25	0,92
239	1195	19,92	232,80	780,73	0,62	541,37	0,20	0,25	0,92
240	1200	20,00	233,72	781,35	0,62	541,69	0,20	0,25	0,92



CÁLCULO DE $\theta_a(t)$ EN INCREMENTOS DE 5 seg

# INCREM	t (seg)	t (min)	θ_a (t) (° C)	θ_g (t) (° C)	$\Delta\theta_g$ (t) (° C)	ca (t) (J/kgK)	λp (W/mK)	ϕ adim	$\Delta\theta_a$ (t) (° C)
241	1205	20,08	234,65	781,97	0,62	542,01	0,20	0,25	0,92
242	1210	20,17	235,57	782,59	0,62	542,33	0,20	0,25	0,92
243	1215	20,25	236,49	783,20	0,61	542,65	0,20	0,25	0,92
244	1220	20,33	237,41	783,82	0,61	542,97	0,20	0,25	0,92
245	1225	20,42	238,33	784,43	0,61	543,29	0,20	0,25	0,92
246	1230	20,50	239,25	785,03	0,61	543,60	0,20	0,25	0,92
247	1235	20,58	240,16	785,64	0,60	543,92	0,20	0,25	0,92
248	1240	20,67	241,08	786,24	0,60	544,24	0,20	0,25	0,92
249	1245	20,75	241,99	786,84	0,60	544,55	0,20	0,25	0,91
250	1250	20,83	242,91	787,43	0,60	544,87	0,20	0,25	0,91
251	1255	20,92	243,82	788,03	0,59	545,18	0,20	0,25	0,91
252	1260	21,00	244,73	788,62	0,59	545,50	0,20	0,25	0,91
253	1265	21,08	245,64	789,21	0,59	545,81	0,20	0,25	0,91
254	1270	21,17	246,55	789,80	0,59	546,13	0,20	0,25	0,91
255	1275	21,25	247,46	790,38	0,59	546,44	0,20	0,25	0,91
256	1280	21,33	248,37	790,97	0,58	546,75	0,20	0,25	0,91
257	1285	21,42	249,28	791,55	0,58	547,06	0,20	0,25	0,91
258	1290	21,50	250,19	792,13	0,58	547,38	0,20	0,25	0,91
259	1295	21,58	251,09	792,70	0,58	547,69	0,20	0,25	0,90
260	1300	21,67	252,00	793,28	0,57	548,00	0,20	0,25	0,90
261	1305	21,75	252,90	793,85	0,57	548,31	0,20	0,25	0,90
262	1310	21,83	253,80	794,42	0,57	548,62	0,20	0,25	0,90
263	1315	21,92	254,70	794,99	0,57	548,93	0,20	0,25	0,90
264	1320	22,00	255,60	795,55	0,57	549,24	0,20	0,25	0,90
265	1325	22,08	256,50	796,11	0,56	549,55	0,20	0,25	0,90
266	1330	22,17	257,40	796,68	0,56	549,86	0,20	0,25	0,90
267	1335	22,25	258,30	797,23	0,56	550,17	0,20	0,25	0,90
268	1340	22,33	259,20	797,79	0,56	550,48	0,20	0,25	0,90
269	1345	22,42	260,09	798,35	0,55	550,79	0,20	0,25	0,89
270	1350	22,50	260,99	798,90	0,55	551,09	0,20	0,25	0,89
271	1355	22,58	261,88	799,45	0,55	551,40	0,20	0,25	0,89
272	1360	22,67	262,77	800,00	0,55	551,71	0,20	0,25	0,89
273	1365	22,75	263,66	800,55	0,55	552,02	0,20	0,25	0,89
274	1370	22,83	264,55	801,09	0,54	552,32	0,20	0,25	0,89
275	1375	22,92	265,44	801,63	0,54	552,63	0,20	0,25	0,89
276	1380	23,00	266,33	802,17	0,54	552,94	0,20	0,25	0,89
277	1385	23,08	267,22	802,71	0,54	553,24	0,20	0,25	0,89
278	1390	23,17	268,11	803,25	0,54	553,55	0,20	0,25	0,89
279	1395	23,25	268,99	803,79	0,54	553,86	0,20	0,25	0,88
280	1400	23,33	269,88	804,32	0,53	554,16	0,20	0,25	0,88
281	1405	23,42	270,76	804,85	0,53	554,47	0,20	0,25	0,88
282	1410	23,50	271,64	805,38	0,53	554,77	0,20	0,25	0,88
283	1415	23,58	272,52	805,91	0,53	555,08	0,20	0,25	0,88
284	1420	23,67	273,40	806,43	0,53	555,38	0,20	0,25	0,88
285	1425	23,75	274,28	806,96	0,52	555,69	0,20	0,25	0,88
286	1430	23,83	275,16	807,48	0,52	555,99	0,20	0,25	0,88
287	1435	23,92	276,04	808,00	0,52	556,30	0,20	0,25	0,88
288	1440	24,00	276,92	808,52	0,52	556,60	0,20	0,25	0,88



CÁLCULO DE $\theta_a(t)$ EN INCREMENTOS DE 5 seg

# INCREM	t (seg)	t (min)	θ_a (t) (° C)	θ_g (t) (° C)	$\Delta\theta_g$ (t) (° C)	ca (t) (J/kgK)	λ_p (W/mK)	ϕ adim	$\Delta\theta_a$ (t) (° C)
289	1445	24,08	277,79	809,03	0,52	556,91	0,20	0,25	0,87
290	1450	24,17	278,67	809,55	0,51	557,21	0,20	0,25	0,87
291	1455	24,25	279,54	810,06	0,51	557,52	0,20	0,25	0,87
292	1460	24,33	280,41	810,57	0,51	557,82	0,20	0,25	0,87
293	1465	24,42	281,29	811,08	0,51	558,13	0,20	0,25	0,87
294	1470	24,50	282,16	811,59	0,51	558,43	0,20	0,25	0,87
295	1475	24,58	283,03	812,10	0,51	558,73	0,20	0,25	0,87
296	1480	24,67	283,90	812,60	0,50	559,04	0,20	0,24	0,87
297	1485	24,75	284,76	813,10	0,50	559,34	0,20	0,24	0,87
298	1490	24,83	285,63	813,61	0,50	559,65	0,20	0,24	0,87
299	1495	24,92	286,50	814,10	0,50	559,95	0,20	0,24	0,86
300	1500	25,00	287,36	814,60	0,50	560,25	0,20	0,24	0,86
301	1505	25,08	288,22	815,10	0,50	560,56	0,20	0,24	0,86
302	1510	25,17	289,09	815,59	0,49	560,86	0,20	0,24	0,86
303	1515	25,25	289,95	816,09	0,49	561,17	0,20	0,24	0,86
304	1520	25,33	290,81	816,58	0,49	561,47	0,20	0,24	0,86
305	1525	25,42	291,67	817,07	0,49	561,77	0,20	0,24	0,86
306	1530	25,50	292,53	817,56	0,49	562,08	0,20	0,24	0,86
307	1535	25,58	293,39	818,04	0,49	562,38	0,20	0,24	0,86
308	1540	25,67	294,24	818,53	0,48	562,69	0,20	0,24	0,86
309	1545	25,75	295,10	819,01	0,48	562,99	0,20	0,24	0,85
310	1550	25,83	295,95	819,49	0,48	563,29	0,20	0,24	0,85
311	1555	25,92	296,81	819,97	0,48	563,60	0,20	0,24	0,85
312	1560	26,00	297,66	820,45	0,48	563,90	0,20	0,24	0,85
313	1565	26,08	298,51	820,93	0,48	564,21	0,20	0,24	0,85
314	1570	26,17	299,36	821,40	0,48	564,51	0,20	0,24	0,85
315	1575	26,25	300,21	821,88	0,47	564,82	0,20	0,24	0,85
316	1580	26,33	301,06	822,35	0,47	565,12	0,20	0,24	0,85
317	1585	26,42	301,91	822,82	0,47	565,42	0,20	0,24	0,85
318	1590	26,50	302,75	823,29	0,47	565,73	0,20	0,24	0,85
319	1595	26,58	303,60	823,76	0,47	566,03	0,20	0,24	0,84
320	1600	26,67	304,44	824,23	0,47	566,34	0,20	0,24	0,84
321	1605	26,75	305,29	824,69	0,47	566,64	0,20	0,24	0,84
322	1610	26,83	306,13	825,16	0,46	566,95	0,20	0,24	0,84
323	1615	26,92	306,97	825,62	0,46	567,25	0,20	0,24	0,84
324	1620	27,00	307,81	826,08	0,46	567,56	0,20	0,24	0,84
325	1625	27,08	308,65	826,54	0,46	567,87	0,20	0,24	0,84
326	1630	27,17	309,49	827,00	0,46	568,17	0,20	0,24	0,84
327	1635	27,25	310,33	827,45	0,46	568,48	0,20	0,24	0,84
328	1640	27,33	311,16	827,91	0,46	568,78	0,20	0,24	0,84
329	1645	27,42	312,00	828,36	0,45	569,09	0,20	0,24	0,83
330	1650	27,50	312,83	828,82	0,45	569,40	0,20	0,24	0,83
331	1655	27,58	313,67	829,27	0,45	569,70	0,20	0,24	0,83
332	1660	27,67	314,50	829,72	0,45	570,01	0,20	0,24	0,83
333	1665	27,75	315,33	830,17	0,45	570,32	0,20	0,24	0,83
334	1670	27,83	316,16	830,61	0,45	570,62	0,20	0,24	0,83
335	1675	27,92	316,99	831,06	0,45	570,93	0,20	0,24	0,83
336	1680	28,00	317,82	831,50	0,44	571,24	0,20	0,24	0,83



CÁLCULO DE $\theta_a(t)$ EN INCREMENTOS DE 5 seg

# INCREM	t (seg)	t (min)	θ_a (t) (° C)	θ_g (t) (° C)	$\Delta\theta_g$ (t) (° C)	ca (t) (J/kgK)	λ_p (W/mK)	ϕ adim	$\Delta\theta_a$ (t) (° C)
337	1685	28,08	318,65	831,95	0,44	571,55	0,20	0,24	0,83
338	1690	28,17	319,47	832,39	0,44	571,85	0,20	0,24	0,83
339	1695	28,25	320,30	832,83	0,44	572,16	0,20	0,24	0,82
340	1700	28,33	321,12	833,27	0,44	572,47	0,20	0,24	0,82
341	1705	28,42	321,95	833,71	0,44	572,78	0,20	0,24	0,82
342	1710	28,50	322,77	834,14	0,44	573,09	0,20	0,24	0,82
343	1715	28,58	323,59	834,58	0,44	573,40	0,20	0,24	0,82
344	1720	28,67	324,41	835,01	0,43	573,71	0,20	0,24	0,82
345	1725	28,75	325,23	835,45	0,43	574,01	0,20	0,24	0,82
346	1730	28,83	326,05	835,88	0,43	574,32	0,20	0,24	0,82
347	1735	28,92	326,87	836,31	0,43	574,63	0,20	0,24	0,82
348	1740	29,00	327,68	836,74	0,43	574,95	0,20	0,24	0,82
349	1745	29,08	328,50	837,17	0,43	575,26	0,20	0,24	0,81
350	1750	29,17	329,31	837,59	0,43	575,57	0,20	0,24	0,81
351	1755	29,25	330,13	838,02	0,43	575,88	0,20	0,24	0,81
352	1760	29,33	330,94	838,44	0,42	576,19	0,20	0,24	0,81
353	1765	29,42	331,75	838,87	0,42	576,50	0,20	0,24	0,81
354	1770	29,50	332,56	839,29	0,42	576,81	0,20	0,24	0,81
355	1775	29,58	333,37	839,71	0,42	577,13	0,20	0,24	0,81
356	1780	29,67	334,18	840,13	0,42	577,44	0,20	0,24	0,81
357	1785	29,75	334,99	840,55	0,42	577,75	0,20	0,24	0,81
358	1790	29,83	335,79	840,96	0,42	578,06	0,20	0,24	0,81
359	1795	29,92	336,60	841,38	0,42	578,38	0,20	0,24	0,80
360	1800	30,00	337,40	841,80	0,42	578,69	0,20	0,24	0,80
361	1805	30,08	338,21	842,21	0,41	579,01	0,20	0,24	0,80
362	1810	30,17	339,01	842,62	0,41	579,32	0,20	0,24	0,80
363	1815	30,25	339,81	843,03	0,41	579,64	0,20	0,24	0,80
364	1820	30,33	340,61	843,44	0,41	579,95	0,20	0,24	0,80
365	1825	30,42	341,41	843,85	0,41	580,27	0,20	0,24	0,80
366	1830	30,50	342,21	844,26	0,41	580,58	0,20	0,24	0,80
367	1835	30,58	343,01	844,67	0,41	580,90	0,20	0,24	0,80
368	1840	30,67	343,80	845,08	0,41	581,22	0,20	0,24	0,80
369	1845	30,75	344,60	845,48	0,40	581,53	0,20	0,24	0,79
370	1850	30,83	345,39	845,88	0,40	581,85	0,20	0,24	0,79
371	1855	30,92	346,19	846,29	0,40	582,17	0,20	0,24	0,79
372	1860	31,00	346,98	846,69	0,40	582,49	0,20	0,24	0,79
373	1865	31,08	347,77	847,09	0,40	582,81	0,20	0,23	0,79
374	1870	31,17	348,56	847,49	0,40	583,12	0,20	0,23	0,79
375	1875	31,25	349,35	847,89	0,40	583,44	0,20	0,23	0,79
376	1880	31,33	350,14	848,28	0,40	583,76	0,20	0,23	0,79
377	1885	31,42	350,92	848,68	0,40	584,08	0,20	0,23	0,79
378	1890	31,50	351,71	849,08	0,40	584,40	0,20	0,23	0,79
379	1895	31,58	352,50	849,47	0,39	584,72	0,20	0,23	0,78
380	1900	31,67	353,28	849,86	0,39	585,05	0,20	0,23	0,78
381	1905	31,75	354,06	850,26	0,39	585,37	0,20	0,23	0,78
382	1910	31,83	354,85	850,65	0,39	585,69	0,20	0,23	0,78
383	1915	31,92	355,63	851,04	0,39	586,01	0,20	0,23	0,78
384	1920	32,00	356,41	851,43	0,39	586,33	0,20	0,23	0,78



ACCIÓN ACCIDENTAL INCENDIO

(CTE DB SI + RD2267 + CE ANEJO 23)

COMPROBACIÓN ESTRUCTURAL. ESTRUCTURAS INTERIOR AISLADAS CON MATERIAL DE PROTECCION FRENTE AL FUEGO

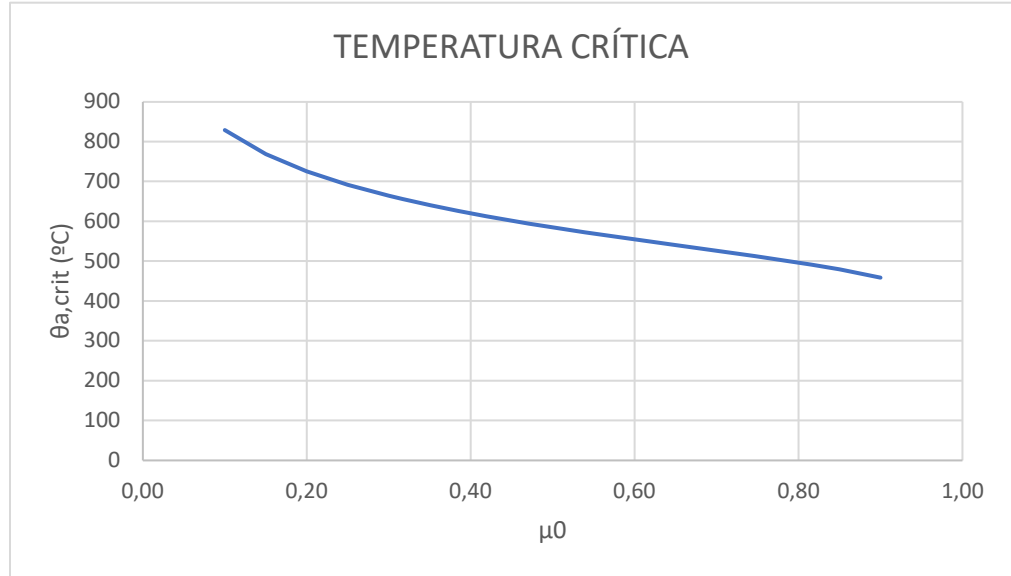
COMPROBACIÓN EN EL DOMINIO DE LA TEMPERATURA.

tR (min)= 30
 θ_{aR} (°C)= 337,4
 μ_{0max} = 1,00

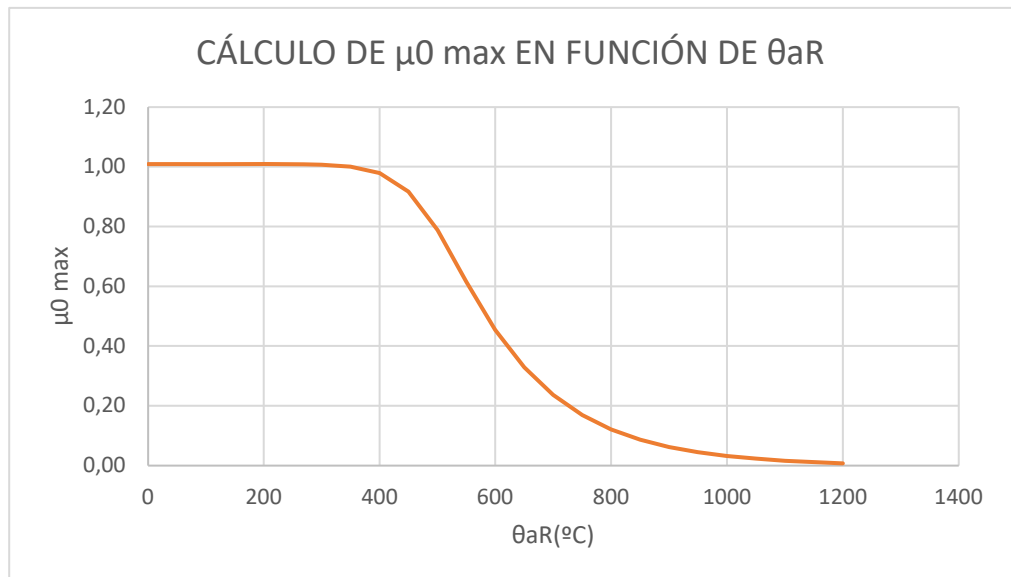
Material de protección:

PLACAS CARTON YESO
 Espesor (mm)= 10
 Espesor (μ m)= 10.000

μ_0	$\theta_{a,crit}$ (°C)=
0,10	829
0,15	768
0,20	725
0,25	691
0,30	664
0,35	640
0,40	620
0,45	601
0,50	585
0,55	569
0,60	554
0,65	540
0,70	526
0,75	511
0,80	496
0,85	479
0,90	458



θ_{aR} (°C)=	μ_0 max
0	1,01
50	1,01
100	1,01
150	1,01
200	1,01
250	1,01
300	1,01
350	1,00
400	0,98
450	0,92
500	0,79
550	0,61
600	0,45
650	0,33
700	0,24
750	0,17
800	0,12
850	0,09
900	0,06
950	0,04
1000	0,03
1050	0,02
1100	0,02
1150	0,01
1200	0,01





tR (min)=

30

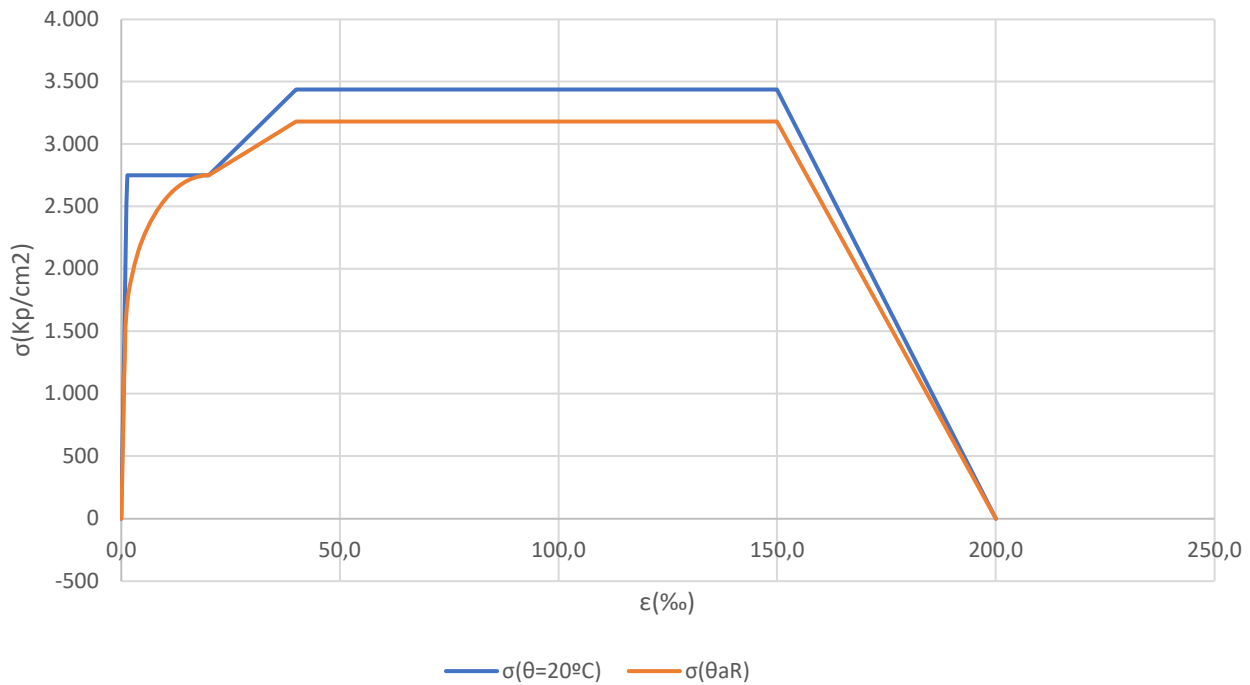
θ_{aR} (°C)=

337,4

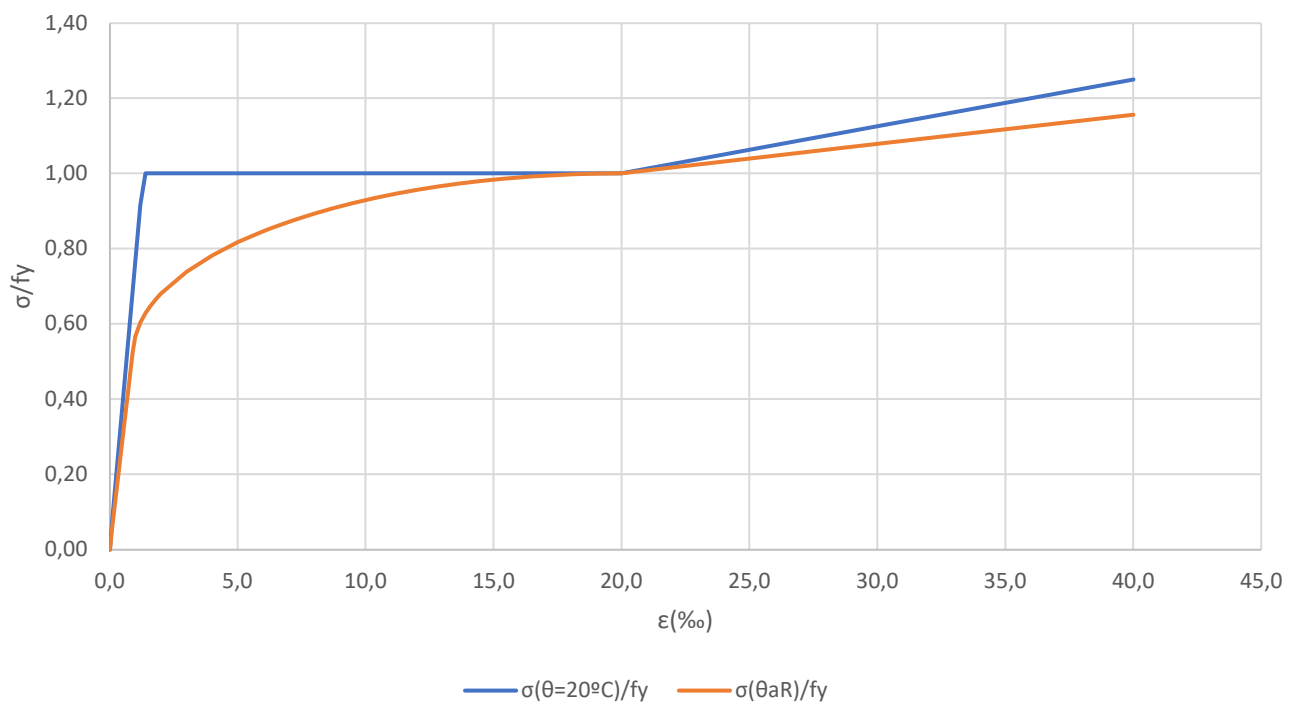
f_y (Kp/cm²)=

2.750,0

RELACIÓN σ - ϵ



RELACION σ - ϵ



MATERIAL DE PROTECCIÓN:

PLACAS CARTON YESO

e (μm)= 10.000

CE-AP3- 92



ACCIÓN ACCIDENTAL INCENDIO

(CTE DB SI + RD2267 + CE ANEJO 23)

COMPROBACIÓN ESTRUCTURAL. ESTRUCTURAS INTERIOR AISLADAS CON MATERIAL DE PROTECCION FRENTE AL FUEGO

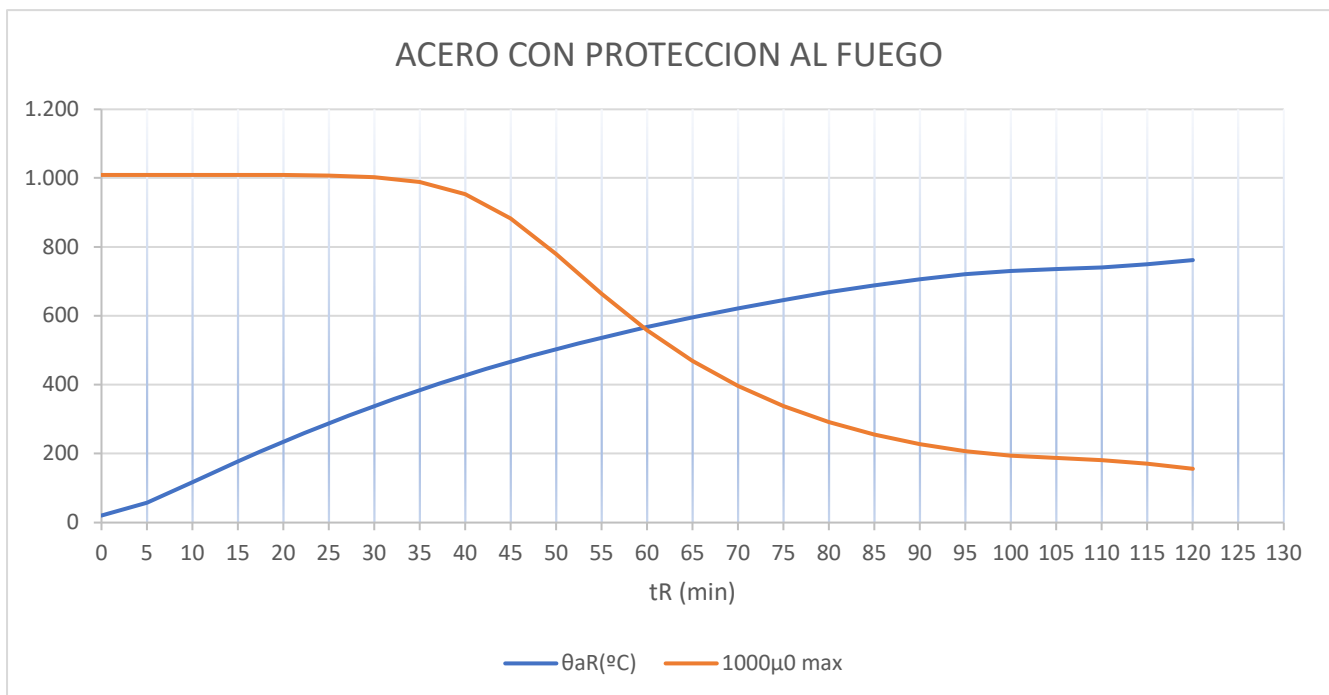
CURVAS TIEMPO-TEMPERATURA ACERO-GRADO DE UTILIZACIÓN

tR (min)	$\theta_{aR}(^{\circ}\text{C})$	$1000\mu_0 \text{ max}$	$\mu_0 \text{ max}$
0	20	1.008,68	1,01
5	57	1.008,68	1,01
10	117	1.008,66	1,01
15	177	1.008,58	1,01
20	234	1.008,22	1,01
25	287	1.006,86	1,01
30	337	1.002,21	1,00
35	384	988,23	0,99
40	427	952,80	0,95
45	466	882,42	0,88
50	503	778,90	0,78
55	536	663,73	0,66
60	567	557,50	0,56
65	595	468,40	0,47
70	621	396,13	0,40
75	646	337,92	0,34
80	668	291,52	0,29
85	688	254,95	0,25
90	706	226,79	0,23
95	720	206,30	0,21
100	730	193,22	0,19
105	735	186,69	0,19
110	740	180,43	0,18
115	749	170,07	0,17
120	762	156,24	0,16

Material de protección:

PLACAS CARTON YESO

Espesor (mm)= 10

Espesor (μm)= 10000

APÉNDICE 3

ACCIONES

8.- ACCIÓN ACCIDENTAL: SISMO

$$a_b < 0,04 \text{ g}$$

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3 ACCIONES	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> CE-AP3-94



ACCIÓN SÍSMICA

(NCSE-02)

I.- OBLIGATORIEDAD DE APLICACIÓN:

s/art 1.2.3 NCSE-02 NO es obligatorio aplicación norma

1.-CLASIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN.

CLASE DE CONSTRUCCIÓN:

n

M: Construcción de importancia moderada (prob. Desprec. de: pérdida de vidas; interrumpir servicios primarios; daños económ a 3^º)

N: Construcción de importancia normal. (prob de: pérdida de vidas; interrumpir servicios colectivos; pérdidas económ importantes)

E: Construcción de importancia especial (prob. De: interrumpir servicios impresc.; efectos catastróf)

2.- ACELERACIÓN SÍSMICA BÁSICA. (ab). MAPA DE PELIGROSIDAD SÍSMICA

Localidad: Vila-Real

Provincia: Castellón

ab/g(adim)=

0,03

g: aceleración de la gravedad =9,8 m/s²

(Ver mapa sísmico)

K=

1

Coeficiente de contribución

(Ver mapa sísmico)

ρ=

1

Coeficiente adimensional de riesgo

ab*/g=

0,03

pxab/g

ab(m/s²)=

0,29

Aceleración sísmica básica

ab*(m/s²)=

0,29

pxab

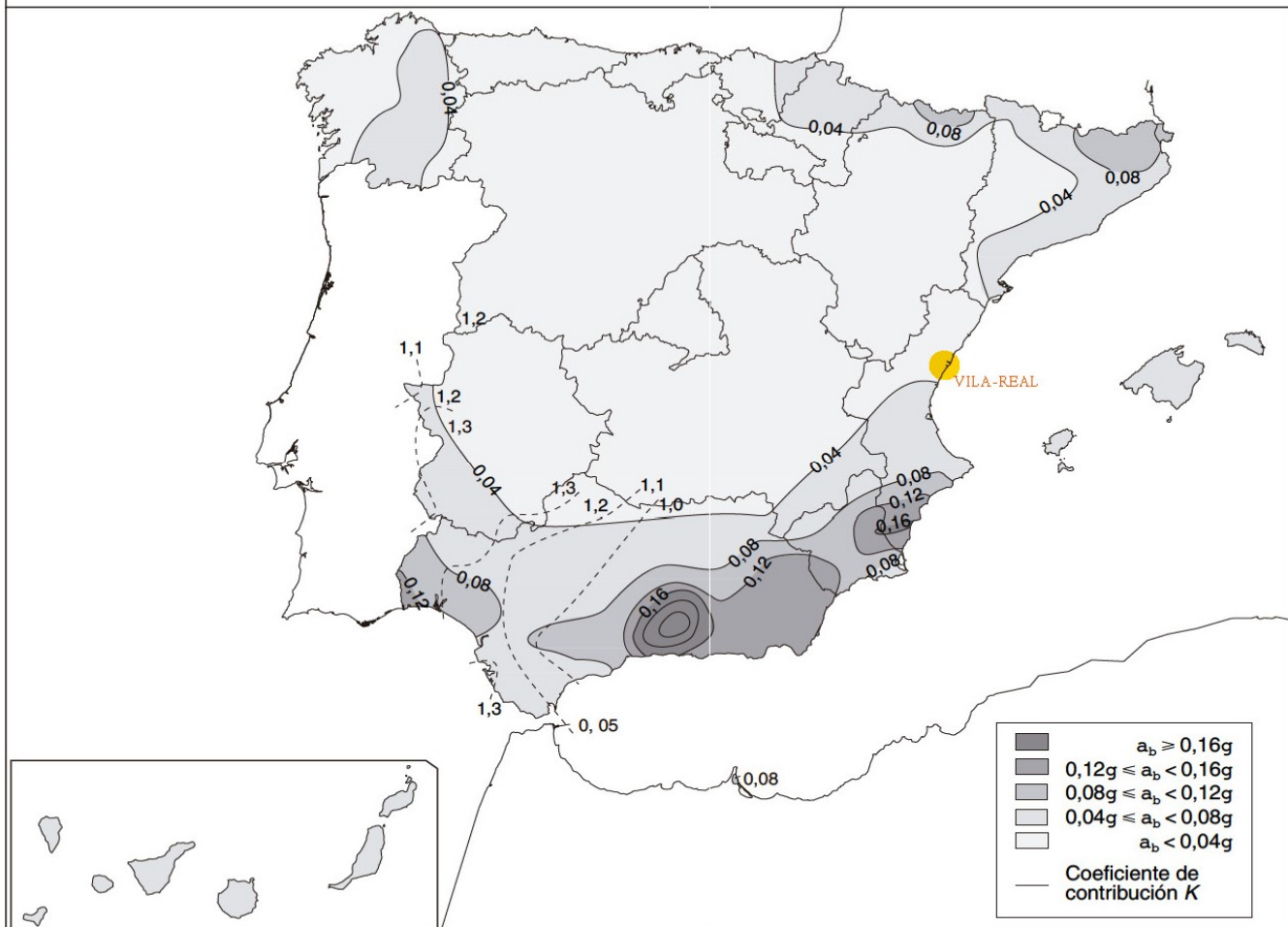
MAPA SÍSMICO DE LA NORMA SISMORRESISTENTE NCSE-02

Figura 2.1 Mapa de Peligrosidad Sísmica



3.- ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO. (ac).

ac (m/s²)= 0,377

Coeficiente del terreno C Terreno tipo I: vs>750 m/s; roca compacta; suelo cementado o granular muy denso.
 Terreno tipo II: 400<vs<750 m/s; roca fracturada; suelo granular denso o cohesivos duros.
 Tipo de terreno: III Terreno tipo III: 200<vs<400 m/s; suelo granular compactidad media o cohesivos consist firme .
 C= 1,6 Terreno tipo IV: vs<200 m/s; suelo granular suelto o cohesivo blando.

Coeficiente de amplificación del terreno S:

S= 1,280

4.- ESPECTRO DE RESPUESTA ELÁSTICA NORMALIZADO A ab

$\alpha(T)$ (en función del amortiguamiento)

TA(s)= 0,16 AMORTIGUAM: ξ 0,01 0,05 0,1 0,15
 TB(s)= 0,64 FACTOR AMORT: γ 1,90 1,00 0,76 0,64

T(s)	$\alpha(T)$ $\xi=1\%$	$\alpha(T)$ $\xi=5\%$	$\alpha(T)$ $\xi=10\%$	$\alpha(T)$ $\xi=15\%$
0	1,904	1,000	0,758	0,644
0,08	3,331	1,750	1,326	1,128
0,16	4,759	2,500	1,895	1,611
0,24	4,759	2,500	1,895	1,611
0,32	4,759	2,500	1,895	1,611
0,40	4,759	2,500	1,895	1,611
0,48	4,759	2,500	1,895	1,611
0,56	4,759	2,500	1,895	1,611
0,64	4,759	2,500	1,895	1,611
0,72	4,230	2,222	1,684	1,432
0,80	3,807	2,000	1,516	1,289
0,88	3,461	1,818	1,378	1,172
0,96	3,173	1,667	1,263	1,074
1,04	2,929	1,538	1,166	0,991
1,12	2,720	1,429	1,083	0,921
1,20	2,538	1,333	1,010	0,859
1,28	2,380	1,250	0,947	0,805
1,36	2,240	1,176	0,892	0,758
1,44	2,115	1,111	0,842	0,716
1,52	2,004	1,053	0,798	0,678
1,60	1,904	1,000	0,758	0,644
1,68	1,813	0,952	0,722	0,614
1,76	1,731	0,909	0,689	0,586
1,84	1,655	0,870	0,659	0,560
1,92	1,586	0,833	0,632	0,537
2,00	1,523	0,800	0,606	0,516
2,08	1,464	0,769	0,583	0,496
2,16	1,410	0,741	0,561	0,477
2,24	1,360	0,714	0,541	0,460
2,32	1,313	0,690	0,523	0,444
2,40	1,269	0,667	0,505	0,430
2,48	1,228	0,645	0,489	0,416
2,56	1,190	0,625	0,474	0,403
2,64	1,154	0,606	0,459	0,391
2,72	1,120	0,588	0,446	0,379
2,80	1,088	0,571	0,433	0,368



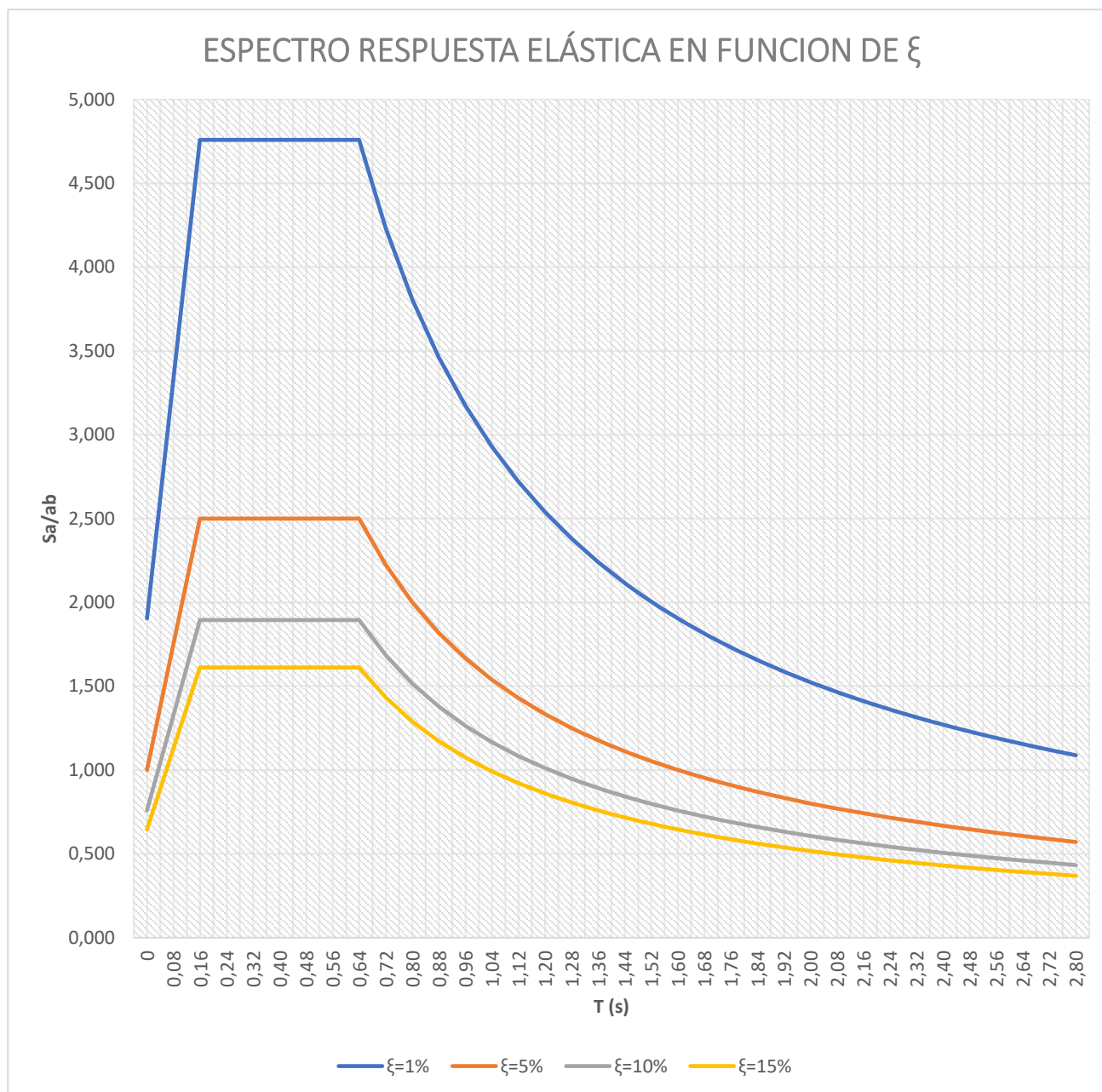
ESPECTRO DE RESPUESTA NORMALIZADO A ab

ab (m/s²)= 0,29

Terreno: III

T_A (s)= 0,16

T_B (s)= 0,64





5.-ESPECTRO DE RESPUESTA ELÁSTICA NORMALIZADO A ab

$\alpha(T)$

(en función del tipo de terreno. $\xi=5\%$)

T(s)	TIPO TERRENO				(en función del tipo de terreno. $\xi=5\%$)			
	C=1	C=1.30	C=1.60	C=2	I	II	III	IV
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,00	1,30	1,60	2,00
0,08	2,200	1,923	1,750	1,600	0,1	0,13	0,16	0,2
0,16	2,500	2,500	2,500	2,200	0,4	0,52	0,64	0,8
0,24	2,500	2,500	2,500	2,500				
0,32	2,500	2,500	2,500	2,500				
0,40	2,500	2,500	2,500	2,500				
0,48	2,083	2,500	2,500	2,500				
0,56	1,786	2,321	2,500	2,500				
0,64	1,563	2,031	2,500	2,500				
0,72	1,389	1,806	2,222	2,500				
0,80	1,250	1,625	2,000	2,500				
0,88	1,136	1,477	1,818	2,273				
0,96	1,042	1,354	1,667	2,083				
1,04	0,962	1,250	1,538	1,923				
1,12	0,893	1,161	1,429	1,786				
1,20	0,833	1,083	1,333	1,667				
1,28	0,781	1,016	1,250	1,563				
1,36	0,735	0,956	1,176	1,471				
1,44	0,694	0,903	1,111	1,389				
1,52	0,658	0,855	1,053	1,316				
1,60	0,625	0,813	1,000	1,250				
1,68	0,595	0,774	0,952	1,190				
1,76	0,568	0,739	0,909	1,136				
1,84	0,543	0,707	0,870	1,087				
1,92	0,521	0,677	0,833	1,042				
2,00	0,500	0,650	0,800	1,000				
2,08	0,481	0,625	0,769	0,962				
2,16	0,463	0,602	0,741	0,926				
2,24	0,446	0,580	0,714	0,893				
2,32	0,431	0,560	0,690	0,862				
2,40	0,417	0,542	0,667	0,833				
2,48	0,403	0,524	0,645	0,806				
2,56	0,391	0,508	0,625	0,781				
2,64	0,379	0,492	0,606	0,758				
2,72	0,368	0,478	0,588	0,735				
2,80	0,357	0,464	0,571	0,714				

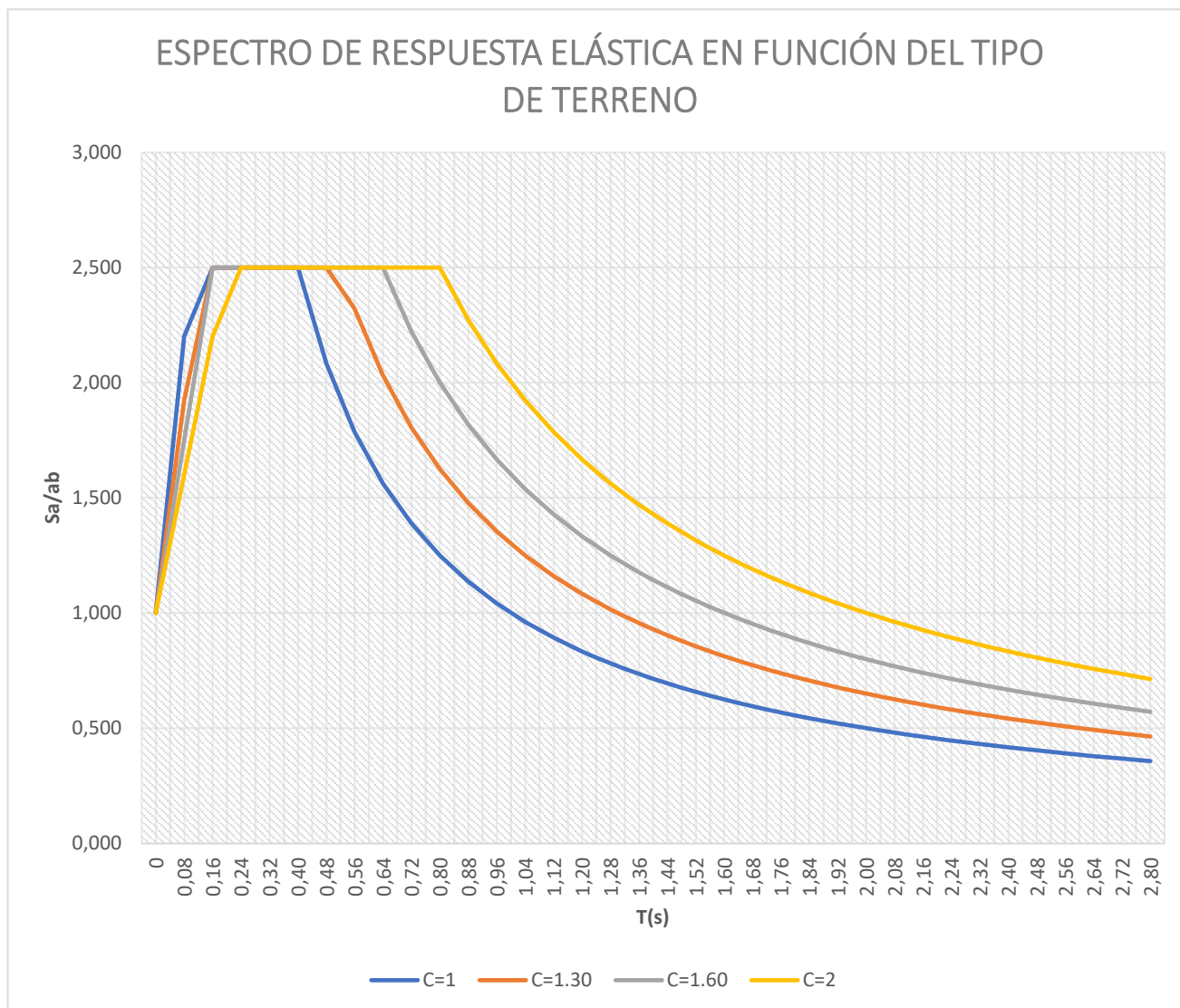


ESPECTRO DE RESPUESTA NORMALIZADO A a_b

a_b (m/s²)=

0,29

$\xi = 5\%$





6.- COMBINACIONES DE HIPÓTESIS CUANDO SE CONSIDERA EL SISMO

(6.4.3.4 ANEJO 18 CE)

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

7.- MASAS QUE INTERVIENEN PARA LA OBTENCION DE Aed

(3.2 NCSE 02)

A los efectos de los cálculos de las solicitaciones debidas al sismo, Aed, se considerarán las masas correspondientes a la propia estructura, las masas permanentes y una fracción de las restantes masas (siempre que su efecto sea desfavorable), de valor:

*Sobrecarga de nieve:	
Si la nieve permanece más de 30 días al año =>	50%
Si la nieve NO permanece más de 30 días al año =>	0%
* Sobrecargas de uso en viviendas, hoteles y residencias =>	50%
* Sobrecargas de uso en edificios públicos, oficinas, comercios =>	60%
* Sobrecargas de uso en locales de aglomeración y espectáculos=>	60%
* Sobrecargas de uso en almacenes, archivos, etc =>	100%
* Sobrecarga de tabiquería =>	100%
* Piscinas, grandes depósitos de agua =>	100%

En nuestro caso :

Nieve:	0%
Sobrecarga de uso (industria) :	60%

8.- ANALISIS MEDIANTE ESPECTRO DE RESPUESTA a_{ijmax}

$\xi=$	0,05	Amortiguamiento
$\gamma=$	1,00	Factor de amortiguamiento
$\mu=$	2,5	Coefficiente de comportamiento por ductilidad
$\beta=$	0,400	Coefficiente de respuesta.
K=	1	Coefficiente de contribución (ser obtiene del mapa sísmico)
C=	1,6	Coefficiente del terreno
TA(s)=	0,16	Periodo característico del espectro de respuesta
TB(s)=	0,64	Periodo característico del espectro de respuesta
TF (s)=	0,3	Periodo fundamental de la construcción (para método simplificado)
Nn=	1	Modos a considerar en el cálculo simplificado
ac (m/s ²)=	0,377	Aceleración de cálculo (mapa sísmico)

Modo nº i	Ti (s)	ω_i (rad/s)	$\alpha(T_i)$	$\alpha_i(T_i)$	$a_{ij,max}(m/s^2)$	$u_{ij,max} eq(mm)$	$u_{ij,max} (mm)$
1	0,300	20,94	2,50	1	0,377	0,8588	2,1470
2	0,100	62,83	1,94	1	0,377	0,0954	0,2386
3	0,060	104,72	1,56	1	0,377	0,0344	0,0859
4	0,043	146,61	1,40	1	0,377	0,0175	0,0438
5	0,033	188,50	1,31	1	0,377	0,0106	0,0265
6	0,027	230,38	1,26	1	0,377	0,0071	0,0177
7	0,023	272,27	1,22	1	0,377	0,0051	0,0127
8	0,020	314,16	1,19	1	0,377	0,0038	0,0095
9	0,018	356,05	1,17	1	0,377	0,0030	0,0074
10	0,016	397,94	1,15	1	0,377	0,0024	0,0059

IV.- CÁLCULO ESTRUCTURA.

APÉNDICE 4

OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS

CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 3 OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS	FORMATO: A4 ESCALA: 1/500	<u>PLANO Nº:</u> CE-AP4-1

INDICE

1.- JUSTIFICACIÓN. ----- CE-AP4-3

- 1.1. Consideraciones sobre la imperfección inicial global (desplome).
- 1.2. Consideraciones sobre la imperfección inicial local en arco.
- 1.3. Consideraciones sobre la acción nieve con la acción temperatura en verano.
- 1.4. Consideraciones a tener en cuenta en las diferentes acciones.

2.- CÁLCULOS PARA TEMPERATURAS EN INVIERNO ----- CE-AP4-8

- 2.1. Resúmenes de los diferentes cálculos realizados de forma independiente.

CALC C1I

CALC C2I

CALC C3I

CALC C4I

- 2.2. Cargas en barras introducidas (pórtico 9)

- 2.3. Combinaciones de hipótesis contempladas.

3.- CÁLCULOS PARA TEMPERATURAS EN VERANO ----- CE-AP4-23

- 3.1. Resúmenes de los diferentes cálculos realizados de forma independiente.

CALC C1V

CALC C2V

CALC C3V

CALC C4V

- 3.2. Cargas en barras introducidas (pórtico 9)

- 3.3. Combinaciones de hipótesis contempladas.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS
CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

FORMATO : A4

ESCALA: 1/500

PLANO Nº :

CE-AP4-2

APÉNDICE 4

OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS

CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

1.- JUSTIFICACIÓN.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 3 OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS	FORMATO : A4 ESCALA: 1/500	PLANO Nº : CE-AP4-3

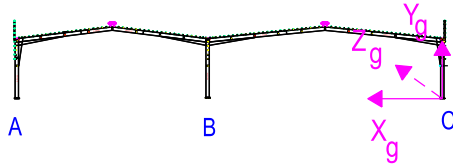
1.1. CONSIDERACIONES SOBRE LA IMPERFECCIÓN INICIAL GLOBAL (DESPLOME)

Tal y como se establece en el apartado 5.3 del Anejo 22 del código estructural, debemos contemplar las imperfecciones iniciales globales (desplomes).

Estas se considerarán en forma y sentido más desfavorable tanto para el pandeo dentro del plano como fuera de él.

Se considerarán en todas las direcciones horizontales, pero únicamente en una dirección a la vez.

Teniendo en cuenta los ejes generales utilizados en el cálculo: (origen en pilar C1)



debemos considerar desplomes (de forma independiente) en las siguientes direcciones y sentidos:

$$X_{g+} \quad (1,0,0)$$

$$X_{g-} \quad (-1,0,0)$$

$$Z_{g+} \quad (0,0,1)$$

$$Z_{g-} \quad (0,0,-1)$$

Esto nos obliga a considerar cuatro cálculos independientes, estableciendo la dirección y sentidos anteriores en cada uno de ellos.

El valor de desplome a utilizar se establece en 5.3.2. Anejo 22:

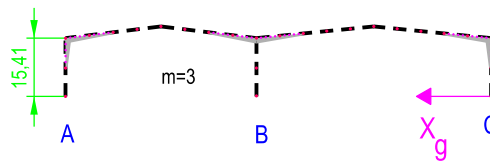
$$\Phi = \Phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m$$

$$\Phi_0 = 1 / 200$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} \quad \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1 \quad h: \text{ altura del soporte}$$

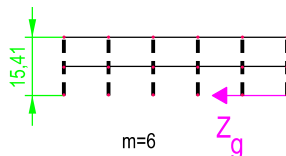
$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m}\right)} \quad m: \text{ número de soportes en una fila con carga axial } N_d \text{ superior o igual al 50\% del valor medio de la carga por soporte en el plano considerado.}$$

En nuestro caso, para la dirección X_g :



$$\Phi_{X_g} = \frac{1}{350}$$

En nuestro caso, para la dirección Y_g :



$$\Phi_{Z_g} = \frac{1}{400}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS
CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

FORMATO: A4

ESCALA: 1/500

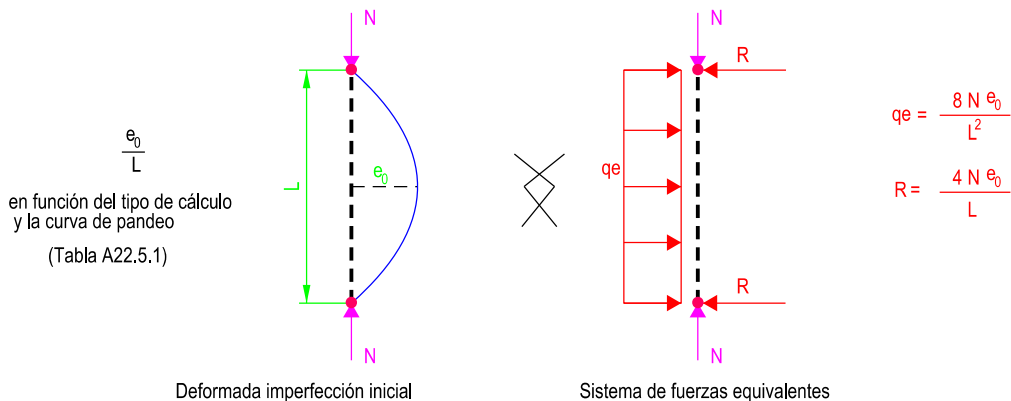
PLANO N°:

CE-AP4-4

1.2. CONSIDERACIONES SOBRE LA IMPERFECCIÓN INICIAL LOCAL EN ARCO.

Hay dos formas de comprobar los efectos de las imperfecciones iniciales en arco que se establecen en el apartado 5.3.2. del anejo 22.

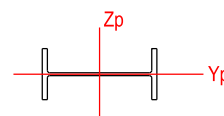
A) Considerarlos en el cálculo de esfuerzos (junto con las imperfecciones iniciales globales) en el cálculo global, introduciendo sus efectos mediante la sustitución por sistemas de fuerzas equivalentes:



B) Realizar un cálculo global considerando sólo las imperfecciones iniciales globales (desplome) en el cálculo de esfuerzos y , además, realizar una comprobación de estabilidad de los elementos aislados (comprobación a pandeo) según el apartado 6.3. del anejo 22.

Esta segunda forma es la que vamos a utilizar.

Como vamos a realizar la comprobación a pandeo, debemos tener en cuenta lo siguiente:



1.- En el pandeo en el plano perpendicular al pórtico (plano Zp): (flexión en el eje débil Yp de las secciones)

Si se disponen elementos de arriostramiento convenientemente (como es el caso), para el cálculo de la longitud crítica de pandeo (coeficientes β), se considera la estructura INTRASLACIONAL.

En cualquier caso, respecto a los pilares, como vamos a realizar un análisis global en 2º orden y consideramos la imperfección inicial global (desplome), se analizarían (los pilares) con pandeo INTRASLACIONAL.

2.- En el pandeo en el plano del pórtico (plano Yp): (flexión en el eje fuerte Zp de las secciones)

2.1. Respecto a los pilares:

Como vamos a realizar un análisis global de 2º orden considerando las imperfecciones iniciales globales (desplome), la comprobación a pandeo de los pilares se realizará como INTRASLACIONAL.

2.2. Respecto a los dinteles:

Aunque vayamos a realizar un análisis global en 2º orden, puesto que la imperfección inicial global (desplome) sólo se aplica a pilares y no a los dinteles, estos últimos los analizaremos a pandeo TRASLACIONAL.

Para ello realizaremos un cálculo matricial considerando las matrices de rigidez geométricas utilizando el programa MATLAB (ver apéndice 1)

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: APÉNDICE 3 OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS		FORMATO: A4 ESCALA: 1/500
		PLANO Nº : CE-AP4-5	

1.3. CONSIDERACIONES SOBRE LA ACCIÓN NIEVE CON LA ACCIÓN TÉRMICA EN VERANO.

La acción térmica en verano se considera con la temperatura ambiente extrema de verano (en nuestro caso +44° C).

Esta temperatura es incompatible con la acción nieve, con lo que cuando consideramos la acción térmica en verano, no consideraremos la acción nieve.

Esta incompatibilidad no la tiene en cuenta el programa de cálculo.

Esto nos obliga a separar en dos bloques independientes el cálculo de esfuerzos:

Bloque 1: (I) Nieve + Acción térmica invierno

CALC C1I : Desplome Xg+ 1/350 invierno

CALC C2I : Desplome Xg- 1/350 invierno

CALC C3I : Desplome Zg+ 1/400 invierno

CALC C4I : Desplome Zg- 1/400 invierno

Bloque 2: (V) Acción térmica verano (sin nieve)

CALC C1V : Desplome Xg+ 1/350 verano

CALC C2V : Desplome Xg- 1/350 verano

CALC C3V : Desplome Zg+ 1/400 verano

CALC C4V : Desplome Zg- 1/400 verano

Es decir, en total vamos a realizar 8 cálculos de la estructura independientes.

1.4. CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA EN LAS DIFERENTES ACCIONES

VIENTO:

Tal y como se analiza en el apéndice 3 (acciones):

* La acción del viento depende de:

- Dirección del viento.
- Sentido del viento.
- En cubierta, la acción exterior puede ser de presión o de succión.
- La acción interior puede ser nula, de presión o de succión.
- Situación del elemento estructural.

* Sin tener en cuenta la situación del elemento estructural, resulta que, para un viento lateral hay 6 situaciones posibles. (para cada sentido)

* Sin tener en cuenta la situación del elemento estructural, resulta que, para un viento frontal hay 3 situaciones posibles. (para cada sentido)

* Por tanto, sin tener en cuenta la situación del elemento estructural, necesitaríamos 18 hipótesis de combinación para la acción viento.

* El programa de cálculo (TRICALC) sólo permite 4 hipótesis de viento (hipótesis 3, 4, 25 y 26).

* Dado que ya realizamos por desplome y por nieve-temperatura 8 cálculos independientes, debemos "escoger" de las 18 posibles hipótesis de viento, las 4 más desfavorables y realizar una simplificación (reparto estático) para tener en cuenta la situación del elemento estructural.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS
CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

FORMATO: A4

ESCALA: 1/500

PLANO Nº:

CE-AP4-6

NIEVE

Tal y como se analiza en el apéndice 3 (acciones):

- * La acción del viento puede provocar acumulaciones asimétricas de la nieve en la cubierta.
- * Se debería contemplar las siguientes situaciones:

Nieve sin viento.

Nieve con viento lateral del sur

Nieve con viento lateral del norte.

- * El programa de cálculo (TRICALC) sólo permite 1 hipótesis de nieve (hipótesis 22).
- * Dado que ya realizamos por desplome y por nieve-temperatura 8 cálculos independientes, debemos simplificar a una única hipótesis de nieve.
- * Debemos tener en cuenta que , aunque tuviéramos 3 hipótesis de nieve disponible, deberíamos de alguna forma impedir que combinara una hipótesis de nieve con viento en una dirección, con la acción viento en dirección diferente.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 3 OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS	FORMATO : A4 ESCALA: 1/500	PLANO N° : CE-AP4-7

APÉNDICE 4

OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS

CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

2.- CÁLCULOS PARA TEMPERATURA EN INVIERNO.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 3 OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS	FORMATO : A4 ESCALA: 1/500	PLANO Nº : CE-AP4-8

APÉNDICE 4

OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS

CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

2.- CÁLCULOS PARA TEMPERATURA EN INVIERNO.

2.1. Resúmenes de los diferentes cálculos realizados de forma independiente.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 3 OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS	FORMATO : A4 ESCALA: 1/500	PLANO N° : CE-AP4-9

1.-NORMATIVA: EHE/CTE (Archivo/Preferencias/Normativa)

ACERO: EAE

2.-CÁLCULO/OPCIONES DE CÁLCULO:

2.1. ESFUERZOS:

* Indeforabilidad forjados en us plano: No considerar

* Consideración tamaño pilar: OFF

* Cálculo según ejes geométricos de las barras: OFF

* Factor multiplicador rigidea pilares: Hormigón: 2
Resto: 1

* Límites equilibrio:

Nudos: F: 0,1 T M: 0,102 mT

Global: Fx: 1,02 T Fy: 1,02 T Fz: 1,02 T

* Cálculo 2º orden:

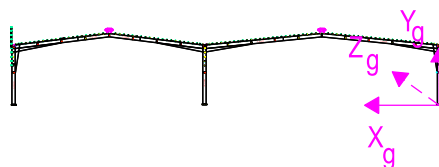
Precisión de cálculo: 0,0100 cm

Uniones entre barras: Considerar rigidez constante: ON

Desplome inicial (global):

1/350 (1,0,0) Xg+

Añadir desplome en listados: OFF



2.2. SECCIONES E ACERO:

2.2.1. GENERALES:

* GENERALES:

Intervalo comprobación: 30 cm

Esbellez reducida límite:

Compresión: 2,00

Tracción: 3,00

Subir sección por esbeltez: OFF

Pandeo local (abolladura) del alma: ON

Pandeo lateral torsional: ON

Coefficiente pandeo torsional Kz = 1,00

Coefficiente pandeo lateral (+ eje debil) = 1,00

Coefficiente pandeo lateral (- eje debil) = 1,00

* PANDEO:

Comprobación: todo

Combinación 1º orden:

Plano Yp principal: Traslacional

Plano Zp principal: Traslacional

Combinación 2º orden:

Plano Yp principal: Intraslacional (pues desplome es Xg = Yp)

Plano Zp principal: Intraslacional (por el arriostrado lateral)

Imperfecciones locales: OFF

Amplificación: OFF

* FLECHA:

Límite: apariencia

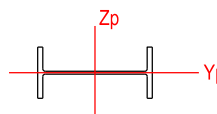
Relativa: ON L/300

Absoluta: OFF

Combinada: OFF

Deformación por cortante: OFF

Subir sección por flecha: OFF



NOTA: Para el dimensionamiento de los dinteles, en el plano del pórtico siempre hay que considerarlos traslacionales independientemente del desplome global. En el plano perpendicular al pórtico, se considerarán intraslacionales si están suficientemente arriostrados.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS
CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

FORMATO: A4

ESCALA: 1/500

PLANO Nº:

CE-AP4-10

1.-NORMATIVA: EHE/CTE (Archivo/Preferencias/Normativa)

ACERO: EAE

2.-CÁLCULO/OPCIONES DE CÁLCULO:

2.1. ESFUERZOS:

* Indeforabilidad forjados en us plano: No considerar

* Consideración tamaño pilar: OFF

* Cálculo según ejes geométricos de las barras: OFF

* Factor multiplicador rigidea pilares: Hormigón: 2
Resto: 1

* Límites equilibrio:

Nudos: F: 0,1 T M: 0,102 mT

Global: Fx: 1,02 T Fy: 1,02 T Fz: 1,02 T

* Cálculo 2º orden:

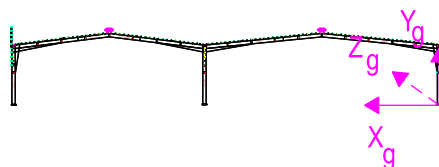
Precisión de cálculo: 0,0100 cm

Uniones entre barras: Considerar rigidez constante: ON

Desplome inicial (global):

1/350 (-1,0,0) Xg-

Añadir desplome en listados: OFF



2.2. SECCIONES E ACERO:

2.2.1. GENERALES:

* GENERALES:

Intervalo comprobación: 30 cm

Esbellez reducida límite:

Compresión: 2,00

Tracción: 3,00

Subir sección por esbeltez: OFF

Pandeo local (abolladura) del alma: ON

Pandeo lateral torsional: ON

Coefficiente pandeo torsional Kz = 1,00

Coefficiente pandeo lateral (+ eje debil) = 1,00

Coefficiente pandeo lateral (- eje debil) = 1,00

* PANDEO:

Comprobación: todo

Combinación 1º orden:

Plano Yp principal: Traslacional

Plano Zp principal: Traslacional

Combinación 2º orden:

Plano Yp principal: Intraslacional (pues desplome es Xg = Yp)

Plano Zp principal: Intraslacional (por el arriostrado lateral)

Imperfecciones locales: OFF

Amplificación: OFF

* FLECHA:

Límite: apariencia

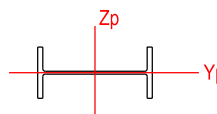
Relativa: ON L/300

Absoluta: OFF

Combinada: OFF

Deformación por cortante: OFF

Subir sección por flecha: OFF



NOTA: Para el dimensionamiento de los dinteles, en el plano del pórtico siempre hay que considerarlos traslacionales independientemente del desplome global. En el plano perpendicular al pórtico, se considerarán intraslacionales si están suficientemente arriostrados.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS
CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

FORMATO: A4

ESCALA: 1/500

PLANO Nº:

CE-AP4-11

1.-NORMATIVA: EHE/CTE (Archivo/Preferencias/Normativa)

ACERO: EAE

2.-CÁLCULO/OPCIONES DE CÁLCULO:

2.1. ESFUERZOS:

* Indeforabilidad forjados en us plano: No considerar

* Consideración tamaño pilar: OFF

* Cálculo según ejes geométricos de las barras: OFF

* Factor multiplicador rigidea pilares: Hormigón: 2
Resto: 1

* Límites equilibrio:

Nudos: F: 0,1 T M: 0,102 mT

Global: Fx: 1,02 T Fy: 1,02 T Fz: 1,02 T

* Cálculo 2º orden:

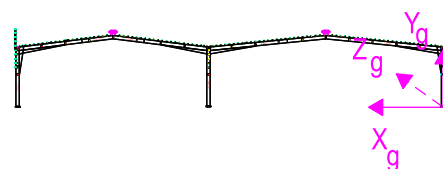
Precisión de cálculo: 0,0100 cm

Uniones entre barras: Considerar rigidez constante: ON

Desplome inicial (global):

1/400 (0,0,1) Zg+

Añadir desplome en listados: OFF



2.2. SECCIONES E ACERO:

2.2.1. GENERALES:

* GENERALES:

Intervalo comprobación: 30 cm

Esbellez reducida límite:

Compresión: 2,00

Tracción: 3,00

Subir sección por esbellez: OFF

Pandeo local (abolladura) del alma: ON

Pandeo lateral torsional: ON

Coeficiente pandeo torsional $K_z = 1,00$

Coeficiente pandeo lateral (+ eje debil) = 1,00

Coeficiente pandeo lateral (- eje debil) = 1,00

* PANDEO:

Comprobación: todo

Combinación 1º orden:

Plano Yp principal: Traslacional

Plano Zp principal: Traslacional

Combinación 2º orden:

Plano Yp principal: Intraslacional

Plano Zp principal: Intraslacional (pues desplome es $Z_g = Z_p$) (por el arriostrado lateral)

Imperfecciones locales: OFF

Amplificación: OFF

* FLECHA:

Límite: apariencia

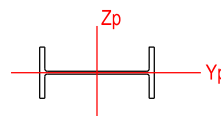
Relativa: ON L/300

Absoluta: OFF

Combinada: OFF

Deformación por cortante: OFF

Subir sección por flecha: OFF



NOTA: Para el dimensionamiento de los dinteles, en el plano del pórtico siempre hay que considerarlos traslacionales independientemente del desplome global
En el plano perpendicular al pórtico, se considerarán intraslacionales si están suficientemente arriostrados.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción
de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS
CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

FORMATO: A4

ESCALA: 1/500

PLANO Nº:

CE-AP4-12

1.-NORMATIVA: EHE/CTE (Archivo/Preferencias/Normativa)

ACERO: EAE

2.-CÁLCULO/OPCIONES DE CÁLCULO:

2.1. ESFUERZOS:

* Indeforabilidad forjados en us plano: No considerar

* Consideración tamaño pilar: OFF

* Cálculo según ejes geométricos de las barras: OFF

* Factor multiplicador rigidea pilares: Hormigón: 2
Resto: 1

* Límites equilibrio:

Nudos: F: 0,1 T M: 0,102 mT

Global: Fx: 1,02 T Fy: 1,02 T Fz: 1,02 T

* Cálculo 2º orden:

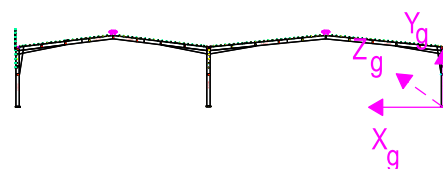
Precisión de cálculo: 0,0100 cm

Uniones entre barras: Considerar rigidez constante: ON

Desplome inicial (global):

1/400 (0,0,-1) Zg-

Añadir desplome en listados: OFF



2.2. SECCIONES E ACERO:

2.2.1. GENERALES:

* GENERALES:

Intervalo comprobación: 30 cm

Esbellez reducida límite:

Compresión: 2,00

Tracción: 3,00

Subir sección por esbellez: OFF

Pandeo local (abolladura) del alma: ON

Pandeo lateral torsional: ON

Coeficiente pandeo torsional $K_z = 1,00$

Coeficiente pandeo lateral (+ eje debil) = 1,00

Coeficiente pandeo lateral (- eje debil) = 1,00

* PANDEO:

Comprobación: todo

Combinación 1º orden:

Plano Yp principal: Traslacional

Plano Zp principal: Traslacional

Combinación 2º orden:

Plano Yp principal: Intraslacional

Plano Zp principal: Intraslacional (pues desplome es $Z_g = Z_p$) (por el arriostrado lateral)

Imperfecciones locales: OFF

Amplificación: OFF

* FLECHA:

Límite: apariencia

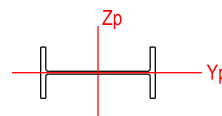
Relativa: ON L/300

Absoluta: OFF

Combinada: OFF

Deformación por cortante: OFF

Subir sección por flecha: OFF



NOTA: Para el dimensionamiento de los dinteles, en el plano del pórtico siempre hay que considerarlos traslacionales independientemente del desplome global
En el plano perpendicular al pórtico, se considerarán intraslacionales si están suficientemente arriostrados.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción
de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS
CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

FORMATO: A4

ESCALA: 1/500

PLANO Nº:

CE-AP4-13

APÉNDICE 4

OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS

CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

2.- CÁLCULOS PARA TEMPERATURA EN INVIERNO.

2.2. Cargas en barras introducidas (pórtico 9).

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 3 OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS	FORMATO : A4 ESCALA: 1/500	PLANO N° : CE-AP4-14



LISTADO DE CARGAS

BARRA	CARGA	DES	a (cm)	l (cm)	Dirección	HIP	Id
45	QC (kg/m)	449			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
45	QC (kg/m)	115			(-1,00,+0,00,+0,00)	3	W1
45	QC (kg/m)	853			(+1,00,+0,00,+0,00)	4	W2
45	QC (kg/m)	1072			(-1,00,+0,00,+0,00)	25	W3
45	QC (kg/m)	1072			(-1,00,+0,00,+0,00)	26	W4
45	TEMP (øC)	-5-	-5		YPrincipal	21	T
46	QC (kg/m)	345			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
46	TEMP (øC)	10-	10		YPrincipal	21	T
47	QC (kg/m)	449			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
47	QC (kg/m)	853			(-1,00,+0,00,+0,00)	3	W1
47	QC (kg/m)	115			(+1,00,+0,00,+0,00)	4	W2
47	QC (kg/m)	1072			(+1,00,+0,00,+0,00)	25	W3
47	QC (kg/m)	1072			(+1,00,+0,00,+0,00)	26	W4
47	TEMP (øC)	-5-	-5		YPrincipal	21	T
338	QC (kg/m)	449			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
338	QC (kg/m)	265			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
338	QC (kg/m)	115			(-1,00,+0,00,+0,00)	3	W1
338	QC (kg/m)	853			(+1,00,+0,00,+0,00)	4	W2
338	QC (kg/m)	1072			(-1,00,+0,00,+0,00)	25	W3
338	QC (kg/m)	1072			(-1,00,+0,00,+0,00)	26	W4
338	TEMP (øC)	-5-	-5		YPrincipal	21	T
340	QC (kg/m)	345			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
340	TEMP (øC)	10-	10		YPrincipal	21	T
342	QC (kg/m)	449			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
342	QC (kg/m)	265			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
342	QC (kg/m)	853			(-1,00,+0,00,+0,00)	3	W1
342	QC (kg/m)	115			(+1,00,+0,00,+0,00)	4	W2
342	QC (kg/m)	1072			(+1,00,+0,00,+0,00)	25	W3
342	QC (kg/m)	1072			(+1,00,+0,00,+0,00)	26	W4
342	TEMP (øC)	-5-	-5		YPrincipal	21	T
849	QC (kg/m)	420			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
849	QC (kg/m)	187			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
849	QC (kg/m)	416			(+0,00,-1,00,+0,00)	22	S
849	QC (kg/m)	325			(+0,00,+1,00,+0,00)	3	W1
849	QC (kg/m)	208			(+0,00,-1,00,+0,00)	4	W2
849	QC (kg/m)	957			(+0,00,+1,00,+0,00)	25	W3
849	QC (kg/m)	957			(+0,00,+1,00,+0,00)	26	W4
849	QC (kg/m)	415			(+0,00,-1,00,+0,00)	1	Q1
849	TEMP (øC)	-5-	-5		YPrincipal	21	T
850	QC (kg/m)	93			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
850	QC (kg/m)	265			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
850	QC (kg/m)	1456			(-1,00,+0,00,+0,00)	3	W1
850	QC (kg/m)	1456			(+1,00,+0,00,+0,00)	4	W2
850	QC (kg/m)	780			(-1,00,+0,00,+0,00)	25	W3
850	QC (kg/m)	780			(-1,00,+0,00,+0,00)	26	W4
850	TEMP (øC)	-5-	-5		YPrincipal	21	T
852	QC (kg/m)	420			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
852	QC (kg/m)	187			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
852	QC (kg/m)	416			(+0,00,-1,00,+0,00)	22	S
852	QC (kg/m)	208			(+0,00,-1,00,+0,00)	3	W1
852	QC (kg/m)	325			(+0,00,+1,00,+0,00)	4	W2
852	QC (kg/m)	957			(+0,00,+1,00,+0,00)	25	W3
852	QC (kg/m)	957			(+0,00,+1,00,+0,00)	26	W4
852	QC (kg/m)	415			(+0,00,-1,00,+0,00)	1	Q1
852	TEMP (øC)	-5-	-5		YPrincipal	21	T



853	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
853	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
853	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
853	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
853	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
853	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
853	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
853	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
853	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
855	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
855	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
855	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
855	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
855	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
855	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
855	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
855	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
855	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
856	QC (kg/m)	93		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
856	QC (kg/m)	265		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
856	QC (kg/m)	1456		(-1,00,+0,00,+0,00)	3 W1
856	QC (kg/m)	1456		(+1,00,+0,00,+0,00)	4 W2
856	QC (kg/m)	780		(+1,00,+0,00,+0,00)	25 W3
856	QC (kg/m)	780		(+1,00,+0,00,+0,00)	26 W4
856	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1109	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1109	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1109	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1109	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1109	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1109	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1109	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1109	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1109	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1111	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1111	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1111	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1111	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
1111	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
1111	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1111	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1111	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1111	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1219	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1219	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1219	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1219	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1219	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1219	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1219	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1219	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1219	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1221	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1221	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1221	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1221	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
1221	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
1221	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1221	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1221	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1221	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21 T



1393	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1393	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1393	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1393	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1393	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1393	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1393	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1393	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1393	TEMP (°C)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1395	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1395	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1395	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1395	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
1395	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
1395	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1395	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1395	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1395	TEMP (°C)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1530	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1530	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1530	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1530	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1530	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1530	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1530	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1530	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1530	TEMP (°C)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1532	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1532	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1532	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1532	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
1532	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
1532	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1532	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1532	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1532	TEMP (°C)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1683	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1683	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1683	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1683	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1683	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1683	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1683	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1683	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1683	TEMP (°C)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1685	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1685	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1685	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1685	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
1685	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
1685	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1685	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1685	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1685	TEMP (°C)	-5-	-5	YPrincipal	21 T
1857	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1857	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1857	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22 S
1857	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1857	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1857	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1857	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1857	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1857	TEMP (°C)	-5-	-5	YPrincipal	21 T



GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23

TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

1859	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
1859	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
1859	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22	S
1859	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3	W1
1859	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4	W2
1859	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25	W3
1859	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26	W4
1859	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1	Q1
1859	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21	T
1985	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
1985	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
1985	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22	S
1985	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3	W1
1985	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4	W2
1985	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25	W3
1985	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26	W4
1985	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1	Q1
1985	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21	T
1987	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
1987	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
1987	QC (kg/m)	416		(+0,00,-1,00,+0,00)	22	S
1987	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3	W1
1987	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4	W2
1987	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25	W3
1987	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26	W4
1987	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1	Q1
1987	TEMP (øC)	-5-	-5	YPrincipal	21	T

APÉNDICE 4

OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS

CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

2.- CÁLCULOS PARA TEMPERATURA EN INVIERNO.

2.3. Combinaciones de hipótesis contempladas.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 3 OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS	FORMATO : A4 ESCALA: 1/500	PLANO Nº : CE-AP4-19



COMBINACIONES DE HIPOTESIS

PROYECTO : TFG

ESTRUCTURA: CALC I (ESTRUCTURA TFG CALCI)

Combinaciones para el material Acero, E.L.U., mayoradas
COMB. Orden Reol.Madera H0+H1+H2...+H27

0;	2;	---	; +1,35 · G		
1;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · W1	
2;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · W2	
3;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · W3	
4;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · W4	
5;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · T	
6;	2;	---	; +1,35 · G	+0,90 · W1	+1,50 · T
7;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · W1	+0,90 · T
8;	2;	---	; +1,35 · G	+0,90 · W2	+1,50 · T
9;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · W2	+0,90 · T
10;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · T	+0,90 · W3
11;	2;	---	; +1,35 · G	+0,90 · T	+1,50 · W3
12;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · T	+0,90 · W4
13;	2;	---	; +1,35 · G	+0,90 · T	+1,50 · W4
14;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · S	
15;	2;	---	; +1,35 · G	+0,90 · W1	+1,50 · S
16;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · W1	+0,75 · S
17;	2;	---	; +1,35 · G	+0,90 · W2	+1,50 · S
18;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · W2	+0,75 · S
19;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · S	+0,90 · W3
20;	2;	---	; +1,35 · G	+0,75 · S	+1,50 · W3
21;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · S	+0,90 · W4
22;	2;	---	; +1,35 · G	+0,75 · S	+1,50 · W4
23;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · T	+1,50 · S
24;	2;	---	; +1,35 · G	+0,90 · W1	+1,50 · T +1,50 · S
25;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · W1	+0,90 · T +0,75 · S
26;	2;	---	; +1,35 · G	+0,90 · W2	+1,50 · T +1,50 · S
27;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · W2	+0,90 · T +0,75 · S
28;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · T	+1,50 · S +0,90 · W3
29;	2;	---	; +1,35 · G	+0,90 · T	+0,75 · S +1,50 · W3
30;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · T	+1,50 · S +0,90 · W4
31;	2;	---	; +1,35 · G	+0,90 · T	+0,75 · S +1,50 · W4
32;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	
33;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · W1
34;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · W1
35;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · W2
36;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · W2
37;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · W3
38;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · W3
39;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · W4
40;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · W4
41;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · T
42;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · T
43;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · W1 +0,90 · T
44;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+0,90 · W1 +1,50 · T
45;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · W1 +0,90 · T
46;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · W2 +0,90 · T
47;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+0,90 · W2 +1,50 · T
48;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · W2 +0,90 · T
49;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · T +0,90 · W3
50;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · T +0,90 · W3
51;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+0,90 · T +1,50 · W3
52;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · T +0,90 · W4
53;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · T +0,90 · W4
54;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+0,90 · T +1,50 · W4
55;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,75 · S
56;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · S
57;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · W1 +0,75 · S
58;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+0,90 · W1 +1,50 · S
59;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · W1 +0,75 · S
60;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · W2 +0,75 · S
61;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+0,90 · W2 +1,50 · S
62;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · W2 +0,75 · S
63;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,75 · S +0,90 · W3



64;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · S	+0,90 · W3	
65;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+0,75 · S	+1,50 · W3	
66;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,75 · S	+0,90 · W4	
67;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · S	+0,90 · W4	
68;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+0,75 · S	+1,50 · W4	
69;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · T	+0,75 · S	
70;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · T	+1,50 · S	
71;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · W1	+0,90 · T	+0,75 · S
72;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+0,90 · W1	+1,50 · T	+1,50 · S
73;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · W1	+0,90 · T	+0,75 · S
74;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · W2	+0,90 · T	+0,75 · S
75;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+0,90 · W2	+1,50 · T	+1,50 · S
76;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · W2	+0,90 · T	+0,75 · S
77;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · T	+0,75 · S	+0,90 · W3
78;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · T	+1,50 · S	+0,90 · W3
79;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+0,90 · T	+0,75 · S	+1,50 · W3
80;	2;	---	; +1,35 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · T	+0,75 · S	+0,90 · W4
81;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · T	+1,50 · S	+0,90 · W4
82;	2;	---	; +1,35 · G	+1,05 · Q1	+0,90 · T	+0,75 · S	+1,50 · W4
83;	2;	---	; +0,80 · G				
84;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · W1			
85;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · W2			
86;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · W3			
87;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · W4			
88;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · T			
89;	2;	---	; +0,80 · G	+0,90 · W1	+1,50 · T		
90;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · W1	+0,90 · T		
91;	2;	---	; +0,80 · G	+0,90 · W2	+1,50 · T		
92;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · W2	+0,90 · T		
93;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · T	+0,90 · W3		
94;	2;	---	; +0,80 · G	+0,90 · T	+1,50 · W3		
95;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · T	+0,90 · W4		
96;	2;	---	; +0,80 · G	+0,90 · T	+1,50 · W4		
97;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · S			
98;	2;	---	; +0,80 · G	+0,90 · W1	+1,50 · S		
99;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · W1	+0,75 · S		
100;	2;	---	; +0,80 · G	+0,90 · W2	+1,50 · S		
101;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · W2	+0,75 · S		
102;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · S	+0,90 · W3		
103;	2;	---	; +0,80 · G	+0,75 · S	+1,50 · W3		
104;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · S	+0,90 · W4		
105;	2;	---	; +0,80 · G	+0,75 · S	+1,50 · W4		
106;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · T	+1,50 · S		
107;	2;	---	; +0,80 · G	+0,90 · W1	+1,50 · T	+1,50 · S	
108;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · W1	+0,90 · T	+0,75 · S	
109;	2;	---	; +0,80 · G	+0,90 · W2	+1,50 · T	+1,50 · S	
110;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · W2	+0,90 · T	+0,75 · S	
111;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · T	+1,50 · S	+0,90 · W3	
112;	2;	---	; +0,80 · G	+0,90 · T	+0,75 · S	+1,50 · W3	
113;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · T	+1,50 · S	+0,90 · W4	
114;	2;	---	; +0,80 · G	+0,90 · T	+0,75 · S	+1,50 · W4	
115;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · Q1			
116;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · W1		
117;	2;	---	; +0,80 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · W1		
118;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · W2		
119;	2;	---	; +0,80 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · W2		
120;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · W3		
121;	2;	---	; +0,80 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · W3		
122;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · W4		
123;	2;	---	; +0,80 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · W4		
124;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · T		
125;	2;	---	; +0,80 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · T		
126;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · W1	+0,90 · T	
127;	2;	---	; +0,80 · G	+1,05 · Q1	+0,90 · W1	+1,50 · T	
128;	2;	---	; +0,80 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · W1	+0,90 · T	
129;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · W2	+0,90 · T	
130;	2;	---	; +0,80 · G	+1,05 · Q1	+0,90 · W2	+1,50 · T	
131;	2;	---	; +0,80 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · W2	+0,90 · T	
132;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · T	+0,90 · W3	
133;	2;	---	; +0,80 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · T	+0,90 · W3	
134;	2;	---	; +0,80 · G	+1,05 · Q1	+0,90 · T	+1,50 · W3	
135;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · Q1	+0,90 · T	+0,90 · W4	
136;	2;	---	; +0,80 · G	+1,05 · Q1	+1,50 · T	+0,90 · W4	
137;	2;	---	; +0,80 · G	+1,05 · Q1	+0,90 · T	+1,50 · W4	
138;	2;	---	; +0,80 · G	+1,50 · Q1	+0,75 · S		



139;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+1,50 ·S		
140;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,50 ·Q1	+0,90 ·W1	+0,75 ·S	
141;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+0,90 ·W1	+1,50 ·S	
142;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+1,50 ·W1	+0,75 ·S	
143;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,50 ·Q1	+0,90 ·W2	+0,75 ·S	
144;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+0,90 ·W2	+1,50 ·S	
145;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+1,50 ·W2	+0,75 ·S	
146;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,50 ·Q1	+0,75 ·S	+0,90 ·W3	
147;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+1,50 ·S	+0,90 ·W3	
148;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+0,75 ·S	+1,50 ·W3	
149;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,50 ·Q1	+0,75 ·S	+0,90 ·W4	
150;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+1,50 ·S	+0,90 ·W4	
151;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+0,75 ·S	+1,50 ·W4	
152;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,50 ·Q1	+0,90 ·T	+0,75 ·S	
153;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+1,50 ·T	+1,50 ·S	
154;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,50 ·Q1	+0,90 ·W1	+0,90 ·T	+0,75 ·S
155;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+0,90 ·W1	+1,50 ·T	+1,50 ·S
156;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+1,50 ·W1	+0,90 ·T	+0,75 ·S
157;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,50 ·Q1	+0,90 ·W2	+0,90 ·T	+0,75 ·S
158;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+0,90 ·W2	+1,50 ·T	+1,50 ·S
159;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+1,50 ·W2	+0,90 ·T	+0,75 ·S
160;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,50 ·Q1	+0,90 ·T	+0,75 ·S	+0,90 ·W3
161;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+1,50 ·T	+1,50 ·S	+0,90 ·W3
162;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+0,90 ·T	+0,75 ·S	+1,50 ·W3
163;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,50 ·Q1	+0,90 ·T	+0,75 ·S	+0,90 ·W4
164;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+1,50 ·T	+1,50 ·S	+0,90 ·W4
165;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+0,90 ·T	+0,75 ·S	+1,50 ·W4
166;	2;	---	; +1,00 ·G	+1,00 ·IMP			
167;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·W1	+1,00 ·IMP		
168;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·W2	+1,00 ·IMP		
169;	2;	---	; +1,00 ·G	+1,00 ·IMP	+0,50 ·W3		
170;	2;	---	; +1,00 ·G	+1,00 ·IMP	+0,50 ·W4		
171;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·T	+0,20 ·S	+1,00 ·IMP	
172;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·T	+0,20 ·S	+1,00 ·IMP	
173;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·W1	+1,00 ·IMP		
174;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·T	+0,20 ·S	+1,00 ·IMP	
175;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·W2	+1,00 ·IMP		
176;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·T	+0,20 ·S	+1,00 ·IMP	
177;	2;	---	; +1,00 ·G	+1,00 ·IMP	+0,50 ·W3		
178;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·T	+0,20 ·S	+1,00 ·IMP	
179;	2;	---	; +1,00 ·G	+1,00 ·IMP	+0,50 ·W4		
180;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP		
181;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP		
182;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+0,50 ·W1	+1,00 ·IMP	
183;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP		
184;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+0,50 ·W2	+1,00 ·IMP	
185;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP		
186;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+1,00 ·IMP	+0,50 ·W3	
187;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP		
188;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+1,00 ·IMP	+0,50 ·W4	
189;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP		
190;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+0,50 ·T	+0,20 ·S	+1,00 ·IMP
191;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP		
192;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+0,50 ·T	+0,20 ·S	+1,00 ·IMP
193;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+0,50 ·W1	+1,00 ·IMP	
194;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP		
195;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+0,50 ·T	+0,20 ·S	+1,00 ·IMP
196;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+0,50 ·W2	+1,00 ·IMP	
197;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP		
198;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+0,50 ·T	+0,20 ·S	+1,00 ·IMP
199;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+1,00 ·IMP	+0,50 ·W3	
200;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP		
201;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+0,50 ·T	+0,20 ·S	+1,00 ·IMP
202;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+1,00 ·IMP	+0,50 ·W4	

APÉNDICE 4

OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS

CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

3.- CÁLCULOS PARA TEMPERATURA EN VERANO.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 3 OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS	FORMATO : A4 ESCALA: 1/500	PLANO Nº : CE-AP4-23

APÉNDICE 4

OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS

CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

3.- CÁLCULOS PARA TEMPERATURA EN VERANO.

3.1. Resúmenes de los diferentes cálculos realizados de forma independiente.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 3 OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS	FORMATO : A4 ESCALA: 1/500	PLANO Nº : CE-AP4-24

1.-NORMATIVA: EHE/CTE (Archivo/Preferencias/Normativa)

ACERO: EAE

2.-CÁLCULO/OPCIONES DE CÁLCULO:

2.1. ESFUERZOS:

* Indefinibilidad forjados en us plano: No considerar

* Consideración tamaño pilar: OFF

* Cálculo según ejes geométricos de las barras: OFF

* Factor multiplicador rigidea pilares: Hormigón: 2
Resto: 1

* Límites equilibrio:

Nudos: F: 0,1 T M: 0,102 mT

Global: Fx: 1,02 T Fy: 1,02 T Fz: 1,02 T

* Cálculo 2º orden:

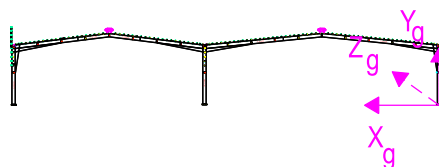
Precisión de cálculo: 0,0100 cm

Uniones entre barras: Considerar rigidez constante: ON

Desplome inicial (global):

1/350 (1,0,0) Xg+

Añadir desplome en listados: OFF



2.2. SECCIONES E ACERO:

2.2.1. GENERALES:

* GENERALES:

Intervalo comprobación: 30 cm

Esbellez reducida límite:

Compresión: 2,00

Tracción: 3,00

Subir sección por esbellez: OFF

Pandeo local (abolladura) del alma: ON

Pandeo lateral torsional: ON

Coefficiente pandeo torsional Kz = 1,00

Coefficiente pandeo lateral (+ eje debil) = 1,00

Coefficiente pandeo lateral (- eje debil) = 1,00

* PANDEO:

Comprobación: todo

Combinación 1º orden:

Plano Yp principal: Traslacional

Plano Zp principal: Traslacional

Combinación 2º orden:

Plano Yp principal: Intraslacional (pues desplome es Xg = Yp)

Plano Zp principal: Intraslacional (por el arriostrado lateral)

Imperfecciones locales: OFF

Amplificación: OFF

* FLECHA:

Límite: apariencia

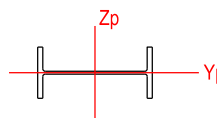
Relativa: ON L/300

Absoluta: OFF

Combinada: OFF

Deformación por cortante: OFF

Subir sección por flecha: OFF



NOTA: Para el dimensionamiento de los dinteles, en el plano del pórtico siempre hay que considerarlos traslacionales independientemente del desplome global. En el plano perpendicular al pórtico, se considerarán intraslacionales si están suficientemente arriostrados.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS
CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

FORMATO: A4

ESCALA: 1/500

PLANO Nº:

CE-AP4-25

ESTRUCTURA C2V

1.-NORMATIVA: EHE/CTE (Archivo/Preferencias/Normativa)

ACERO: EAE

2.-CÁLCULO/OPCIONES DE CÁLCULO:

2.1. ESFUERZOS:

* Indefinibilidad forjados en us plano: No considerar

* Consideración tamaño pilar: OFF

* Cálculo según ejes geométricos de las barras: OFF

* Factor multiplicador rigidez pilares: Hormigón: 2
Resto: 1

* Límites equilibrio:

Nudos: F: 0,1 T M: 0,102 mT

Global: Fx: 1,02 T Fy: 1,02 T Fz: 1,02 T

* Cálculo 2º orden:

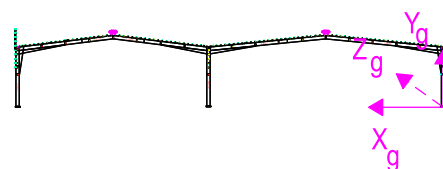
Precisión de cálculo: 0,0100 cm

Uniones entre barras: Considerar rigidez constante: ON

Desplome inicial (global):

1/350 (-1,0,0) Xg-

Añadir desplome en listados: OFF



2.2. SECCIONES E ACERO:

2.2.1. GENERALES:

* GENERALES:

Intervalo comprobación: 30 cm

Esbeltez reducida límite:

Compresión: 2,00

Tracción: 3,00

Subir sección por esbeltez: OFF

Pandeo local (abolladura) del alma: ON

Pandeo lateral torsional: ON

Coefficiente pandeo torsional $K_z = 1,00$

Coefficiente pandeo lateral (+ eje debil) = 1,00

Coefficiente pandeo lateral (- eje debil) = 1,00

* PANDEO:

Comprobación: todo

Combinación 1º orden:

Plano Yp principal: Traslacional

Plano Zp principal: Traslacional

Combinación 2º orden:

Plano Yp principal: Intraslacional (pues desplome es $X_g = Y_p$)

Plano Zp principal: Intraslacional (por el arriostrado lateral)

Imperfecciones locales: OFF

Amplificación: OFF

* FLECHA:

Límite: apariencia

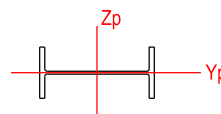
Relativa: ON L/300

Absoluta: OFF

Combinada: OFF

Deformación por cortante: OFF

Subir sección por flecha: OFF



NOTA: Para el dimensionamiento de los dinteles, en el plano del pórtico siempre hay que considerarlos traslacionales independientemente del desplome global. En el plano perpendicular al pórtico, se considerarán intraslacionales si están suficientemente arriostrados.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS
CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

FORMATO: A4

ESCALA: 1/500

PLANO Nº:

CE-AP4-26

ESTRUCTURA C3V

1.-NORMATIVA: EHE/CTE (Archivo/Preferencias/Normativa)

ACERO: EAE

2.-CÁLCULO/OPCIONES DE CÁLCULO:

2.1. ESFUERZOS:

* Indeforabilidad forjados en us plano: No considerar

* Consideración tamaño pilar: OFF

* Cálculo según ejes geométricos de las barras: OFF

* Factor multiplicador rigidea pilares: Hormigón: 2
Resto: 1

* Límites equilibrio:

Nudos: F: 0,1 T M: 0,102 mT

Global: Fx: 1,02 T Fy: 1,02 T Fz: 1,02 T

* Cálculo 2º orden:

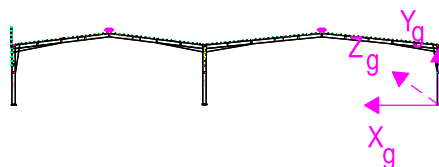
Precisión de cálculo: 0,0100 cm

Uniones entre barras: Considerar rigidez constante: ON

Desplome inicial (global):

1/400 (0,0,1) Zg+

Añadir desplome en listados: OFF



2.2. SECCIONES E ACERO:

2.2.1. GENERALES:

* GENERALES:

Intervalo comprobación: 30 cm

Esbellez reducida límite:

Compresión: 2,00

Tracción: 3,00

Subir sección por esbellez: OFF

Pandeo local (abolladura) del alma: ON

Pandeo lateral torsional: ON

Coefficiente pandeo torsional Kz = 1,00

Coefficiente pandeo lateral (+ eje debil) = 1,00

Coefficiente pandeo lateral (- eje debil) = 1,00

* PANDEO:

Comprobación: todo

Combinación 1º orden:

Plano Yp principal: Traslacional

Plano Zp principal: Traslacional

Combinación 2º orden:

Plano Yp principal: Intraslacional

Plano Zp principal: Intraslacional (pues desplome es Zg = Zp) (por el arriostrado lateral)

Imperfcciones locales: OFF

Amplificación: OFF

* FLECHA:

Límite: apariencia

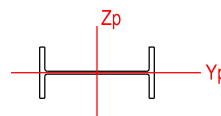
Relativa: ON L/300

Absoluta: OFF

Combinada: OFF

Deformación por cortante: OFF

Subir sección por flecha: OFF



NOTA: Para el dimensionamiento de los dinteles, en el plano del pórtico siempre hay que considerarlos traslacionales independientemente del desplome global. En el plano perpendicular al pórtico, se considerarán intraslacionales si están suficientemente arriostrados.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS
CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

FORMATO: A4

ESCALA: 1/500

PLANO Nº:

CE-AP4-27

ESTRUCTURA C4V

1.-NORMATIVA: EHE/CTE (Archivo/Preferencias/Normativa)

ACERO: EAE

2.-CÁLCULO/OPCIONES DE CÁLCULO:

2.1. ESFUERZOS:

* Indeflexibilidad forjados en us plano: No considerar

* Consideración tamaño pilar: OFF

* Cálculo según ejes geométricos de las barras: OFF

* Factor multiplicador rigidez pilares: Hormigón: 2
Resto: 1

* Límites equilibrio:

Nudos: F: 0,1 T M: 0,102 mT

Global: Fx: 1,02 T Fy: 1,02 T Fz: 1,02 T

* Cálculo 2º orden:

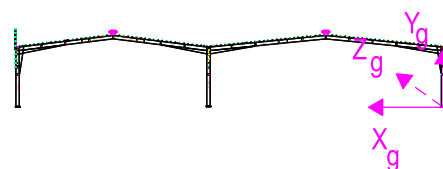
Precisión de cálculo: 0,0100 cm

Uniones entre barras: Considerar rigidez constante: ON

Desplome inicial (global):

1/400 (0,0,-1) Zg-

Añadir desplome en listados: OFF



2.2. SECCIONES E ACERO:

2.2.1. GENERALES:

* GENERALES:

Intervalo comprobación: 30 cm

Esbellez reducida límite:

Compresión: 2,00

Tracción: 3,00

Subir sección por esbellez: OFF

Pandeo local (abolladura) del alma: ON

Pandeo lateral torsional: ON

Coefficiente pandeo torsional Kz = 1,00

Coefficiente pandeo lateral (+ eje debil) = 1,00

Coefficiente pandeo lateral (- eje debil) = 1,00

* PANDEO:

Comprobación: todo

Combinación 1º orden:

Plano Yp principal: Traslacional

Plano Zp principal: Traslacional

Combinación 2º orden:

Plano Yp principal: Intraslacional

Plano Zp principal: Intraslacional (pues desplome es Zg = Zp) (por el arriostrado lateral)

Imperfecciones locales: OFF

Amplificación: OFF

* FLECHA:

Límite: apariencia

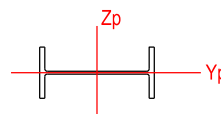
Relativa: ON L/300

Absoluta: OFF

Combinada: OFF

Deformación por cortante: OFF

Subir sección por flecha: OFF



NOTA: Para el dimensionamiento de los dinteles, en el plano del pórtico siempre hay que considerarlos traslacionales independientemente del desplome global. En el plano perpendicular al pórtico, se considerarán intraslacionales si están suficientemente arriostrados.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 3
OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS
CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

FORMATO: A4

ESCALA: 1/500

PLANO Nº:

CE-AP4-28

APÉNDICE 4

OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS

CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

3.- CÁLCULOS PARA TEMPERATURA EN VERANO

3.2. Cargas en barras introducidas (pórtico 9).

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 3 OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS	FORMATO : A4 ESCALA: 1/500	PLANO Nº : CE-AP4-29



LISTADO DE CARGAS

PROYECTO : TFG
ESTRUCTURA: CALC V (ESTRUCTURA TFG CALC V)

BARRA	CARGA		a (cm)	l (cm)	Dirección	HIP	Id
45	QC (kg/m)	449			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
45	QC (kg/m)	115			(-1,00,+0,00,+0,00)	3	W1
45	QC (kg/m)	853			(+1,00,+0,00,+0,00)	4	W2
45	QC (kg/m)	1072			(-1,00,+0,00,+0,00)	25	W3
45	QC (kg/m)	1072			(-1,00,+0,00,+0,00)	26	W4
45	TEMP (øC)	23-	23		YPrincipal	21	T
46	QC (kg/m)	345			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
46	TEMP (øC)	10-	10		YPrincipal	21	T
47	QC (kg/m)	449			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
47	QC (kg/m)	853			(-1,00,+0,00,+0,00)	3	W1
47	QC (kg/m)	115			(+1,00,+0,00,+0,00)	4	W2
47	QC (kg/m)	1072			(+1,00,+0,00,+0,00)	25	W3
47	QC (kg/m)	1072			(+1,00,+0,00,+0,00)	26	W4
47	TEMP (øC)	37-	37		YPrincipal	21	T
338	QC (kg/m)	449			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
338	QC (kg/m)	265			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
338	QC (kg/m)	115			(-1,00,+0,00,+0,00)	3	W1
338	QC (kg/m)	853			(+1,00,+0,00,+0,00)	4	W2
338	QC (kg/m)	1072			(-1,00,+0,00,+0,00)	25	W3
338	QC (kg/m)	1072			(-1,00,+0,00,+0,00)	26	W4
338	TEMP (øC)	23-	23		YPrincipal	21	T
340	QC (kg/m)	345			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
340	TEMP (øC)	10-	10		YPrincipal	21	T
342	QC (kg/m)	449			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
342	QC (kg/m)	265			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
342	QC (kg/m)	853			(-1,00,+0,00,+0,00)	3	W1
342	QC (kg/m)	115			(+1,00,+0,00,+0,00)	4	W2
342	QC (kg/m)	1072			(+1,00,+0,00,+0,00)	25	W3
342	QC (kg/m)	1072			(+1,00,+0,00,+0,00)	26	W4
342	TEMP (øC)	37-	37		YPrincipal	21	T
849	QC (kg/m)	420			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
849	QC (kg/m)	187			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
849	QC (kg/m)	415			(+0,00,-1,00,+0,00)	1	Q1
849	QC (kg/m)	325			(+0,00,+1,00,+0,00)	3	W1
849	QC (kg/m)	208			(+0,00,-1,00,+0,00)	4	W2
849	QC (kg/m)	957			(+0,00,+1,00,+0,00)	25	W3
849	QC (kg/m)	957			(+0,00,+1,00,+0,00)	26	W4
849	TEMP (øC)	23-	23		YPrincipal	21	T
850	QC (kg/m)	93			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
850	QC (kg/m)	265			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
850	QC (kg/m)	1456			(-1,00,+0,00,+0,00)	3	W1
850	QC (kg/m)	1456			(+1,00,+0,00,+0,00)	4	W2
850	QC (kg/m)	780			(-1,00,+0,00,+0,00)	25	W3
850	QC (kg/m)	780			(-1,00,+0,00,+0,00)	26	W4
850	TEMP (øC)	30-	30		YPrincipal	21	T
852	QC (kg/m)	420			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
852	QC (kg/m)	187			(+0,00,-1,00,+0,00)	0	G
852	QC (kg/m)	208			(+0,00,-1,00,+0,00)	3	W1
852	QC (kg/m)	325			(+0,00,+1,00,+0,00)	4	W2
852	QC (kg/m)	957			(+0,00,+1,00,+0,00)	25	W3
852	QC (kg/m)	957			(+0,00,+1,00,+0,00)	26	W4
852	QC (kg/m)	415			(+0,00,-1,00,+0,00)	1	Q1
852	TEMP (øC)	37-	37		YPrincipal	21	T



GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23

TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

853	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
853	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
853	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
853	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
853	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
853	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
853	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
853	TEMP (øC)	23-	23	YPrincipal	21 T
855	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
855	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
855	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
855	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
855	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
855	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
855	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
855	TEMP (øC)	37-	37	YPrincipal	21 T
856	QC (kg/m)	93		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
856	QC (kg/m)	265		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
856	QC (kg/m)	1456		(-1,00,+0,00,+0,00)	3 W1
856	QC (kg/m)	1456		(+1,00,+0,00,+0,00)	4 W2
856	QC (kg/m)	780		(+1,00,+0,00,+0,00)	25 W3
856	QC (kg/m)	780		(+1,00,+0,00,+0,00)	26 W4
856	TEMP (øC)	30-	30	YPrincipal	21 T
1109	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1109	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1109	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1109	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1109	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1109	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1109	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1109	TEMP (øC)	23-	23	YPrincipal	21 T
1111	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1111	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1111	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1111	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
1111	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
1111	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1111	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1111	TEMP (øC)	37-	37	YPrincipal	21 T
1219	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1219	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1219	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1219	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1219	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1219	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1219	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1219	TEMP (øC)	23-	23	YPrincipal	21 T
1221	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1221	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1221	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
1221	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
1221	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1221	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1221	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1221	TEMP (øC)	37-	37	YPrincipal	21 T
1393	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1393	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1393	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1393	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1393	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1393	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1393	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1393	TEMP (øC)	23-	23	YPrincipal	21 T



GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23

TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

1395	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1395	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1395	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
1395	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
1395	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1395	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1395	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1395	TEMP (øC)	37-	37	YPrincipal	21 T
1530	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1530	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1530	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1530	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1530	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1530	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1530	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1530	TEMP (øC)	23-	23	YPrincipal	21 T
1532	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1532	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1532	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
1532	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
1532	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1532	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1532	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1532	TEMP (øC)	37-	37	YPrincipal	21 T
1683	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1683	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1683	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1683	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1683	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1683	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1683	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1683	TEMP (øC)	23-	23	YPrincipal	21 T
1685	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1685	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1685	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
1685	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
1685	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1685	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1685	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1685	TEMP (øC)	37-	37	YPrincipal	21 T
1857	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1857	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1857	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1857	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1857	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1857	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1857	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1857	TEMP (øC)	23-	23	YPrincipal	21 T
1859	QC (kg/m)	390		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1859	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1859	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1
1859	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4 W2
1859	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1859	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1859	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1859	TEMP (øC)	37-	37	YPrincipal	21 T
1985	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1985	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1985	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1 Q1
1985	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	3 W1
1985	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	4 W2
1985	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25 W3
1985	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26 W4
1985	TEMP (øC)	23-	23	YPrincipal	21 T
1987	QC (kg/m)	420		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1987	QC (kg/m)	187		(+0,00,-1,00,+0,00)	0 G
1987	QC (kg/m)	208		(+0,00,-1,00,+0,00)	3 W1



GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23
TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

1987	QC (kg/m)	325		(+0,00,+1,00,+0,00)	4	W2
1987	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	25	W3
1987	QC (kg/m)	957		(+0,00,+1,00,+0,00)	26	W4
1987	QC (kg/m)	415		(+0,00,-1,00,+0,00)	1	Q1
1987	TEMP (øC)	37-	37	YPrincipal	21	T

APÉNDICE 4

OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS

CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS

3.- CÁLCULOS PARA TEMPERATURA EN VERANO

3.3. Combinaciones de hipótesis contempladas.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 3 OBTENCIÓN DE LOS ESFUERZOS CÁLCULOS INDEPENDIENTES REALIZADOS	FORMATO : A4 ESCALA: 1/500	PLANO Nº : CE-AP4-34



COMBINACIONES DE HIPOTESIS

PROYECTO : TFG
ESTRUCTURA: CALC V (ESTRUCTURA TFG CALC V)Combinaciones para el material Acero, E.L.U., mayoradas
COMB. Orden Reol.Madera H0+H1+H2...+H27

0;	2;	---	; +1,35·G				
1;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·W1			
2;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·W2			
3;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·W3			
4;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·W4			
5;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·T			
6;	2;	---	; +1,35·G	+0,90·W1	+1,50·T		
7;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·W1	+0,90·T		
8;	2;	---	; +1,35·G	+0,90·W2	+1,50·T		
9;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·W2	+0,90·T		
10;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·T	+0,90·W3		
11;	2;	---	; +1,35·G	+0,90·T	+1,50·W3		
12;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·T	+0,90·W4		
13;	2;	---	; +1,35·G	+0,90·T	+1,50·W4		
14;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·Q1			
15;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·Q1	+0,90·W1		
16;	2;	---	; +1,35·G	+1,05·Q1	+1,50·W1		
17;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·Q1	+0,90·W2		
18;	2;	---	; +1,35·G	+1,05·Q1	+1,50·W2		
19;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·Q1	+0,90·W3		
20;	2;	---	; +1,35·G	+1,05·Q1	+1,50·W3		
21;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·Q1	+0,90·W4		
22;	2;	---	; +1,35·G	+1,05·Q1	+1,50·W4		
23;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·Q1	+0,90·T		
24;	2;	---	; +1,35·G	+1,05·Q1	+1,50·T		
25;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·Q1	+0,90·W1	+0,90·T	
26;	2;	---	; +1,35·G	+1,05·Q1	+0,90·W1	+1,50·T	
27;	2;	---	; +1,35·G	+1,05·Q1	+1,50·W1	+0,90·T	
28;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·Q1	+0,90·W2	+0,90·T	
29;	2;	---	; +1,35·G	+1,05·Q1	+0,90·W2	+1,50·T	
30;	2;	---	; +1,35·G	+1,05·Q1	+1,50·W2	+0,90·T	
31;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·Q1	+0,90·T	+0,90·W3	
32;	2;	---	; +1,35·G	+1,05·Q1	+1,50·T	+0,90·W3	
33;	2;	---	; +1,35·G	+1,05·Q1	+0,90·T	+1,50·W3	
34;	2;	---	; +1,35·G	+1,50·Q1	+0,90·T	+0,90·W4	
35;	2;	---	; +1,35·G	+1,05·Q1	+1,50·T	+0,90·W4	
36;	2;	---	; +1,35·G	+1,05·Q1	+0,90·T	+1,50·W4	
37;	2;	---	; +0,80·G				
38;	2;	---	; +0,80·G	+1,50·W1			
39;	2;	---	; +0,80·G	+1,50·W2			
40;	2;	---	; +0,80·G	+1,50·W3			
41;	2;	---	; +0,80·G	+1,50·W4			
42;	2;	---	; +0,80·G	+1,50·T			
43;	2;	---	; +0,80·G	+0,90·W1	+1,50·T		
44;	2;	---	; +0,80·G	+1,50·W1	+0,90·T		
45;	2;	---	; +0,80·G	+0,90·W2	+1,50·T		
46;	2;	---	; +0,80·G	+1,50·W2	+0,90·T		
47;	2;	---	; +0,80·G	+1,50·T	+0,90·W3		
48;	2;	---	; +0,80·G	+0,90·T	+1,50·W3		
49;	2;	---	; +0,80·G	+1,50·T	+0,90·W4		
50;	2;	---	; +0,80·G	+0,90·T	+1,50·W4		
51;	2;	---	; +0,80·G	+1,50·Q1			
52;	2;	---	; +0,80·G	+1,50·Q1	+0,90·W1		
53;	2;	---	; +0,80·G	+1,05·Q1	+1,50·W1		
54;	2;	---	; +0,80·G	+1,50·Q1	+0,90·W2		
55;	2;	---	; +0,80·G	+1,05·Q1	+1,50·W2		
56;	2;	---	; +0,80·G	+1,50·Q1	+0,90·W3		
57;	2;	---	; +0,80·G	+1,05·Q1	+1,50·W3		
58;	2;	---	; +0,80·G	+1,50·Q1	+0,90·W4		
59;	2;	---	; +0,80·G	+1,05·Q1	+1,50·W4		
60;	2;	---	; +0,80·G	+1,50·Q1	+0,90·T		
61;	2;	---	; +0,80·G	+1,05·Q1	+1,50·T		
62;	2;	---	; +0,80·G	+1,50·Q1	+0,90·W1	+0,90·T	
63;	2;	---	; +0,80·G	+1,05·Q1	+0,90·W1	+1,50·T	
64;	2;	---	; +0,80·G	+1,05·Q1	+1,50·W1	+0,90·T	



65;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,50 ·Q1	+0,90 ·W2	+0,90 ·T
66;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+0,90 ·W2	+1,50 ·T
67;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+1,50 ·W2	+0,90 ·T
68;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,50 ·Q1	+0,90 ·T	+0,90 ·W3
69;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+1,50 ·T	+0,90 ·W3
70;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+0,90 ·T	+1,50 ·W3
71;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,50 ·Q1	+0,90 ·T	+0,90 ·W4
72;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+1,50 ·T	+0,90 ·W4
73;	2;	---	; +0,80 ·G	+1,05 ·Q1	+0,90 ·T	+1,50 ·W4
74;	2;	---	; +1,00 ·G	+1,00 ·IMP		
75;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·W1	+1,00 ·IMP	
76;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·W2	+1,00 ·IMP	
77;	2;	---	; +1,00 ·G	+1,00 ·IMP	+0,50 ·W3	
78;	2;	---	; +1,00 ·G	+1,00 ·IMP	+0,50 ·W4	
79;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·T	+0,20 ·S	+1,00 ·IMP
80;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·T	+0,20 ·S	+1,00 ·IMP
81;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·W1	+1,00 ·IMP	
82;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·T	+0,20 ·S	+1,00 ·IMP
83;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·W2	+1,00 ·IMP	
84;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·T	+0,20 ·S	+1,00 ·IMP
85;	2;	---	; +1,00 ·G	+1,00 ·IMP	+0,50 ·W3	
86;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·T	+0,20 ·S	+1,00 ·IMP
87;	2;	---	; +1,00 ·G	+1,00 ·IMP	+0,50 ·W4	
88;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP	
89;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP	
90;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+0,50 ·W1	+1,00 ·IMP
91;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP	
92;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+0,50 ·W2	+1,00 ·IMP
93;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP	
94;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+1,00 ·IMP	+0,50 ·W3
95;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP	
96;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+1,00 ·IMP	+0,50 ·W4
97;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP	
98;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+0,50 ·T	+0,20 ·S +1,00 ·IMP
99;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP	
100;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+0,50 ·T	+0,20 ·S +1,00 ·IMP
101;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+0,50 ·W1	+1,00 ·IMP
102;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP	
103;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+0,50 ·T	+0,20 ·S +1,00 ·IMP
104;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+0,50 ·W2	+1,00 ·IMP
105;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP	
106;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+0,50 ·T	+0,20 ·S +1,00 ·IMP
107;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+1,00 ·IMP	+0,50 ·W3
108;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,50 ·Q1	+1,00 ·IMP	
109;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+0,50 ·T	+0,20 ·S +1,00 ·IMP
110;	2;	---	; +1,00 ·G	+0,30 ·Q1	+1,00 ·IMP	+0,50 ·W4

IV.- CÁLCULO ESTRUCTURA.

APÉNDICE 5

COEFICIENTES DE SEGURIDAD

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "			
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González		
	<u>TITULO PLANO:</u>	APÉNDICE 5 COEFICIENTES DE SEGURIDAD	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text" value="1/15"/>	<u>PLANO Nº :</u> CE-AP5-1

ESTRUCTURA: γ

COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD PARA LAS ACCIONES

(TABLA 4.1 CTE DB SE 4.2.2.)

TIPO DE VERIFICACION	TIPO DE ACCIÓN	SITUACIÓN PERSISTENTE O TRANSITORIA	
		DESFAVORABLE	FAVORABLE
RESISTENCIA	PERMANENTE		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,8
	Empuje del terreno	1,35	0,7
	Presión del agua	1,2	0,9
	Pretensado interior (1)	1	1
	Pretensado exterior (1)	1,3	1
	VARIABLE		
Sobrecarga de uso, temperatura, nieve, viento	1,5	0	
TIPO DE VERIFICACION	TIPO DE ACCIÓN	SITUACIÓN PERSISTENTE O TRANSITORIA	
		DESESTABILIZADORA	ESTABILIZADORA
ESTABILIDAD	PERMANENTE		
	Peso propio, peso del terreno	1,1	0,9
	Empuje del terreno	1,35	0,8
	Presión del agua	1,05	0,95
	Pretensado interior (1)	1	1
	Pretensado exterior (1)	1,3	1
	VARIABLE		
Sobrecarga de uso, temperatura, nieve, viento	1,5	0	

(1) Ver CE Anejo 19 2.4.2.2. El pretensado está diseñado para ser favorable.

ESTRUCTURA: ψ

COEFICIENTES DE SIMULTANEIDAD

(TABLA 4.2 CTE DB SE 4.2.2.)

TIPO DE ACCIÓN VARIABLE	ψ_0	ψ_1	ψ_2
SOBRECARGA SUPERFICIAL DE USO			
> Zonas residenciales (categoria A)	0,7	0,5	0,3
> Zonas administrativas (categoria B)	0,7	0,5	0,3
> Zonas destinadas al público (categoria C)	0,7	0,7	0,6
> Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30kN (categoria E)	0,7	0,7	0,6
> Cubiertas transitables (categoria F)	(1)	(1)	(1)
> Cubiertas accesibles sólo para mantenimiento (categoria G)	0	0	0
NIEVE			
> Para altitudes >1.000 m	0,7	0,5	0,2
> Para altitudes \leq 1.000 m	0,5	0,2	0
VIENTO	0,6	0,5	0
TEMPERATURA	0,6	0,5	0
ACCIONES VARIABLES DEL TERRENO	0,7	0,7	0,7

(1) En cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.



COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD PARA LOS MATERIALES. **ELU**

TIPO DE ELEMENTO ESTRUCTURAL	SITUACIÓN DE CÁLCULO	γ_c hormigón	γ_s armaduras pasivas	γ_s armaduras activas
HORMIGÓN ARMADO Y/O PRETENSADO	PERMANENTE O TRANSITORIA	1,5	1,15	1,15
	ACCIDENTAL	1,3	1	1
	Sismo, impacto, explosión Incendio (1)	1	1	1

(TABLA A19.2.1. CE ANEJO 19)

(1) Ver CE Anejo 20/ 2.3

TIPO DE ELEMENTO ESTRUCTURAL	TIPO DE COMPROBACIÓN	γ_M	
		EDIFICACION	PUENTES
ACERO ESTRUCTURAL	RESISTENCIA DE ELEMENTOS Y SECCIONES		
	γ_{M0} Resistencia de la sección.	1,05	1,05
	γ_{M1} Resistencia de los elementos a inestabilidad	1,05	1,1
	γ_{M2} Resistencia a fractura de secciones sometidas a tracción.	1,25	1,25
	RESISTENCIA DE UNIONES		
	γ_{M2} Resistencia de: > Tornillos > Bulones > Soldaduras > Chapas	1,25	1,25
	γ_{M3} Resistencia a deslizamiento en ELU	1,25	1,25
	$\gamma_{M3, serv}$ Resistencia a deslizamiento en ELS	1,1	1,1
	γ_{M4} Resistencia de un perno por inyección	1	1,1
	γ_{M5} Resistencia de uniones en vigas de celosía de perfiles tubulares o huecos	1	1,1
$\gamma_{M6, serv}$ Resistencia de bulones en ELS	1	1	
γ_{M7} Pretensado de tornillos de alta resistencia	1,1	1,1	

NOTAS:

γ_M para puentes ver Tabla A29.6.1 del Anejo 29 del CE

γ_M para edificación ver CE Anejo 22/6.1 para los tres primeros y Tabla A26.2.1 del Anejo 26 del CE para el resto

IV.- CÁLCULO ESTRUCTURA.

APÉNDICE 6

CÁLCULO PANDEO INTRASLACIONAL DE PILARES MÉTODO DE WOOD

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u>		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 6 CÁLCULO PANDEO INTRASLACIONAL DE PILARES MÉTODO DE WOOD	FORMATO: A4 ESCALA: <input type="text" value="1/300"/>	<u>PLANO Nº:</u> CE-AP6-1



CÁLCULO PANDEO INTRASLACIONAL PILARES. MÉTODO DE WOOD

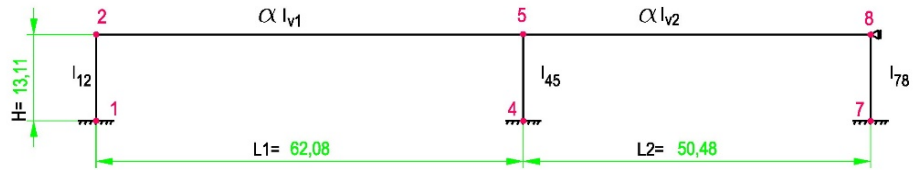
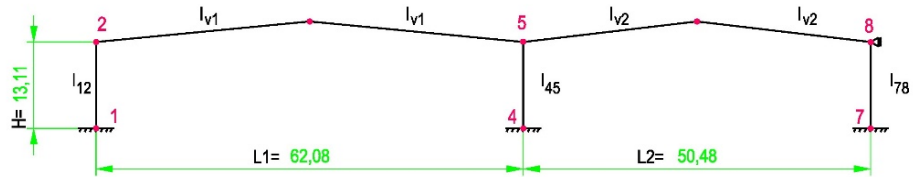
PANDEO EN EL PLANO DEL PÓRTICO (eje fuerte)

DATOS PILARES

I ₁₂ (cm ⁴)=	874700
I ₄₅ (cm ⁴)=	645000
I ₇₈ (cm ⁴)=	874700
H (m)=	13,11

DATOS DINTELES

I _{v1} (cm ⁴)=	813300
I _{v2} (cm ⁴)=	741700
L ₁ (m)=	62,08
L ₂ (m)=	50,48
α=	0,75
(coef red I vigas)	



MÉTODO DE WOOD

$$\beta = \frac{1 + 0,145(\eta_1 + \eta_2) - 0,265\eta_1 \cdot \eta_2}{2 - 0,364(\eta_1 + \eta_2) - 0,247\eta_1 \cdot \eta_2}$$

CÁLCULO β PILAR 1-2

β₁₂ =

η ₁ =	0 (empotramiento)
γ _{2A} =	0,5 (suponemos coeficiente de rigidez eficaz de la viga 0,5)
γ _{2B} =	1,5 (suponemos coeficiente de rigidez eficaz de la viga 1,5)
η _{2A} =	0,931
η _{2B} =	0,819
β _{12A} =	0,683
β _{12B} =	0,657

$$\eta_2 = \frac{\frac{I_{12}}{H}}{\frac{I_{12}}{H} + \gamma \cdot \alpha \frac{I_{v1}}{L_1}}$$

CÁLCULO β PILAR 4-5

β₄₅ =

η ₄ =	0
γ _{5A} =	0,5 (suponemos coeficiente de rigidez eficaz de la viga 0,5)
γ _{5B} =	1,5 (suponemos coeficiente de rigidez eficaz de la viga 1,5)
η _{5A} =	0,825
η _{5B} =	0,611
β _{45A} =	0,659
β _{45B} =	0,612

$$\eta_5 = \frac{\frac{I_{45}}{H}}{\frac{I_{45}}{H} + \gamma \cdot \alpha \frac{I_{v1}}{L_1} + \gamma \cdot \alpha \frac{I_{v2}}{L_2}}$$

CÁLCULO β PILAR 7-8

β₇₈ =

η ₇ =	0
γ _{8A} =	0,5 (suponemos coeficiente de rigidez eficaz de la viga 0,5)
γ _{8B} =	1,5 (suponemos coeficiente de rigidez eficaz de la viga 1,5)
η _{8A} =	0,924
η _{8B} =	0,801
β _{78A} =	0,682
β _{78B} =	0,653

$$\eta_8 = \frac{\frac{I_{78}}{H}}{\frac{I_{78}}{H} + \gamma \cdot \alpha \frac{I_{v2}}{L_2}}$$



CÁLCULO PANDEO INTRASLACIONAL PILARES. MÉTODO DE WOOD

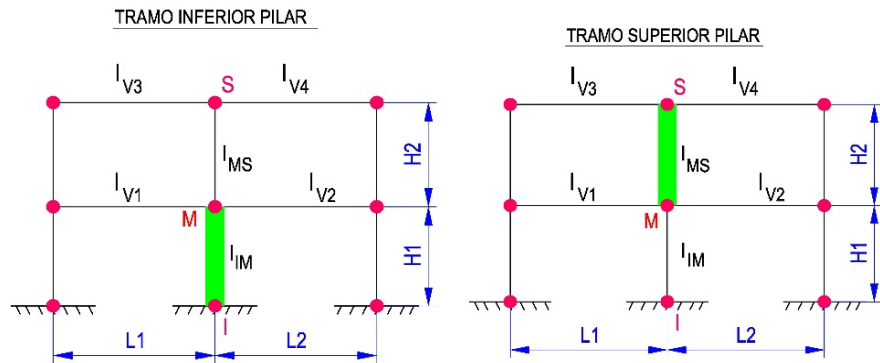
PANDEO PERPEND PLANO DEL PÓRTICO (eje débil)

DATOS PILAR: HL 920x449 (pilares A y C)

IIM (cm4)=	53.970
IMS (cm4)=	53.970
H1 (m)=	6,40
H2 (m)=	6,71

DATOS ARRIOSTRAMIENTOS (TC 150x4)

lv1 (cm4)=	800
lv2 (cm4)=	800
lv3 (cm4)=	800
lv4 (cm4)=	800
L1 (m)=	10,40
L2 (m)=	10,40



$$\beta_{IM} = \frac{1 + 0,145(\eta_I + \eta_M) - 0,265\eta_I \cdot \eta_M}{2 - 0,364(\eta_I + \eta_M) - 0,247\eta_I \cdot \eta_M}$$

$$\beta_{MS} = \frac{1 + 0,145(\eta_M + \eta_S) - 0,265\eta_M \cdot \eta_S}{2 - 0,364(\eta_M + \eta_S) - 0,247\eta_M \cdot \eta_S}$$

CÁLCULO β TRAMO INFERIOR

$\beta_{IM} =$

$\eta_I =$	0 (empotramiento)
$\eta_M =$	0,9954
$\gamma =$	0,5 (coeficiente de rigidez eficaz de los arriost)

$$\eta_M = \frac{\frac{I_{IM}}{H_1} + \frac{I_{MS}}{H_2}}{\frac{I_{IM}}{H_1} + \frac{I_{MS}}{H_2} + \gamma \frac{I_{v1}}{L_1} + \gamma \frac{I_{v2}}{L_2}}$$

CÁLCULO β TRAMO SUPERIOR

$\beta_{MS} =$

$\eta_M =$	0,9954
$\eta_S =$	0,9905
$\gamma =$	0,5 (coeficiente de rigidez eficaz de los arriost)

$$\eta_S = \frac{\frac{I_{MS}}{H_2}}{\frac{I_{MS}}{H_2} + \gamma \frac{I_{v3}}{L_1} + \gamma \frac{I_{v4}}{L_2}}$$



CÁLCULO PANDEO INTRASLACIONAL PILARES. MÉTODO DE WOOD

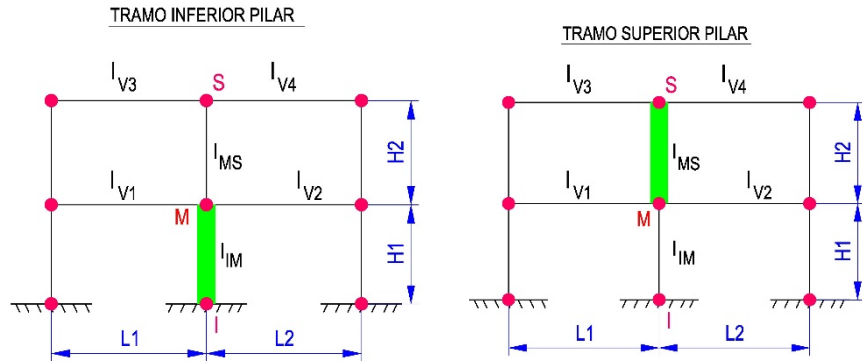
PANDEO PERPEND PLANO DEL PÓRTICO (eje débil)

DATOS PILAR: HL 920x344 (pilar B)

IIM (cm4)=	39.010
IMS (cm4)=	39.010
H1 (m)=	6,40
H2 (m)=	6,71

DATOS ARRIOSTRAMIENTOS (TC 150x4)

Iv1 (cm4)=	800
Iv2 (cm4)=	800
Iv3 (cm4)=	800
Iv4 (cm4)=	800
L1 (m)=	10,40
L2 (m)=	10,40



$$\beta_{IM} = \frac{1 + 0,145(\eta_I + \eta_M) - 0,265\eta_I \cdot \eta_M}{2 - 0,364(\eta_I + \eta_M) - 0,247\eta_I \cdot \eta_M}$$

$$\beta_{MS} = \frac{1 + 0,145(\eta_M + \eta_S) - 0,265\eta_M \cdot \eta_S}{2 - 0,364(\eta_M + \eta_S) - 0,247\eta_M \cdot \eta_S}$$

CÁLCULO β TRAMO INFERIOR

$\beta_{IM} =$

$\eta_I =$	0 (empotramiento)
$\eta_M =$	0,9936
$\gamma =$	0,5 (coeficiente de rigidez eficaz de los arriost)

$$\eta_M = \frac{\frac{I_{IM}}{H_1} + \frac{I_{MS}}{H_2}}{\frac{I_{IM}}{H_1} + \frac{I_{MS}}{H_2} + \gamma \frac{I_{v1}}{L_1} + \gamma \frac{I_{v2}}{L_2}}$$

CÁLCULO β TRAMO SUPERIOR

$\beta_{MS} =$

$\eta_M =$	0,9936
$\eta_S =$	0,9869
$\gamma =$	0,5 (coeficiente de rigidez eficaz de los arriost)

$$\eta_S = \frac{\frac{I_{MS}}{H_2}}{\frac{I_{MS}}{H_2} + \gamma \frac{I_{v3}}{L_1} + \gamma \frac{I_{v4}}{L_2}}$$

IV.- CÁLCULO ESTRUCTURA.

APÉNDICE 7

CÁLCULO CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS SECCIONES DOBLE T

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u>		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 7 CÁLCULO CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS SECCIONES DOBLE T	FORMATO: A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO Nº:</u> CE-AP7-1

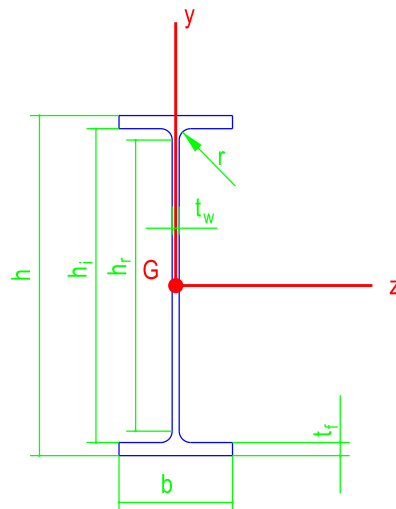
1.-DEFINICIÓN GEOMETRIA VIGA. VIGA SIN REFUERZO

y,z: ejes principales de inercia (ejes de simetría)

G: cdg de la sección

z: eje fuerte

y: eje débil



h : Altura viga

b : Ancho

t_f : Espesor ala

t_w : Espesor alma

r : Radio chaflan ala-alma

$$h_i = h - 2 t_f \quad (\text{Altura interior entre alas})$$

$$h_r = h - 2 t_f - 2 r \quad (\text{Altura parte plana del alma})$$

DEFINICIONES:

A : Area de la sección

A_{Vz} : Area reducida de cortante dirección z

A_{Vy} : Area reducida de cortante dirección y

g : Peso por unidad de longitud

i_y : Radio de giro respecto al eje y

i_z : Radio de giro respecto al eje z

I_y : Momento de inercia respecto al eje Y

I_z : Momento de inercia respecto al eje Z

I_T : Momento de inercia (módulo) de torsión

I_a : Momento de inercia (módulo) de alabeo

$W_{el,y}$: Módulo resistente a flexión elástica respecto eje y

$W_{el,z}$: Módulo resistente a flexión elástica respecto eje z

$W_{pl,y}$: Módulo resistente a flexión plástica respecto eje y

$W_{pl,z}$: Módulo resistente a flexión plástica respecto eje z

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 7
CÁLCULO CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS
SECCIONES DOBLE T

FORMATO: A4

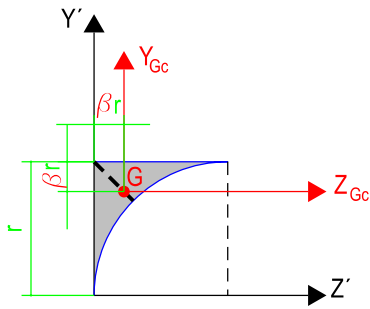
ESCALA:

PLANO Nº:

CE-AP7-2

2.- VALORES ESTÁTICOS CHAFLAN:

Para el cálculo de áreas y momentos de inercia:



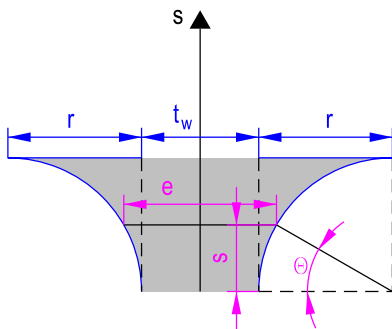
$$\text{Area} = r^2 \left[1 - \frac{\pi}{4} \right]$$

$$\beta = \frac{10 - 3\pi}{12 - 3\pi} = 0,223367939$$

$$I_{Z_{Gc}} = I_{Y_{Gc}} = \alpha r^4$$

$$\alpha = \left[\frac{12\pi + 64 - 9\pi^2}{144\pi} \right] + \left(\frac{\pi - 4}{4\pi} \right) \left[\frac{3\pi - 8}{12 - 3\pi} \right]^2 = 0,007545115642$$

Para el cálculo del módulo de torsión: (por pareja de chaflanes)



$$s(\theta) = r \text{ Sen}(\theta) \Rightarrow ds = r \text{ Cos}(\theta) d\theta$$

$$e(\theta) = t_w + 2r \left[1 - \text{Cos}(\theta) \right]$$

$$I_T = \frac{1}{3} \int_{\Gamma} e^3(s) ds = \frac{1}{3} \int_0^r e^3(s) ds = \frac{1}{3} \int_0^{\pi/2} e^3(\theta) r \text{ Cos}(\theta) d\theta =$$

$$= \frac{1}{3} \int_0^{\pi/2} \left[t_w + 2r \left[1 - \text{Cos}(\theta) \right] \right]^3 r \text{ Cos}(\theta) d\theta = \frac{1}{3} \left\{ \frac{3}{2} \left[16 - 5\pi \right] r^4 + 2 \left[10 - 3\pi \right] t_w r^3 + r t_w^3 \right\}$$

$$I_T = \frac{1}{3} \left\{ \frac{3}{2} \left[16 - 5\pi \right] r^4 + 2 \left[10 - 3\pi \right] t_w r^3 + r t_w^3 \right\}$$

$$\lambda = \frac{3}{2} \left[16 - 5\pi \right] = 0,43805$$

(pareja de chaflanes)

$$\mu = 2 \left[10 - 3\pi \right] = 1,15044$$

$$I_T = \frac{1}{3} \left\{ \lambda r^4 + \mu t_w r^3 + r t_w^3 \right\}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO: APÉNDICE 7
CÁLCULO CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS
SECCIONES DOBLE T

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO Nº:

CE-AP7-3

3.- VALORES ESTÁTICOS VIGA SIN REFUERZO (2 ejes de simetría)

$$A = 2 b t_f + (h - 2 t_f) t_w + (4 - \pi) r^2$$

$$g = A \rho_a$$

$$\rho_a = 7,85 \text{ gr/cm}^3$$

$$A_{Vy} = A - 2 b t_f + (t_w + 2r) t_f$$

$$A_{Vz} = \frac{5}{3} b t_f$$

$$I_z = \frac{b t_f}{6} [t_f^2 + 3(h - t_f)^2] + \frac{t_w}{12} (h - 2 t_f)^3 + 4 \alpha r^4 + (4 - \pi) r^2 \left[\frac{(h - 2 t_f)}{2} - \beta r \right]^2$$

$$I_y = \frac{b^3 t_f}{6} + \frac{t_w^3}{12} (h - 2 t_f) + 4 \alpha r^4 + (4 - \pi) r^2 \left[\frac{t_w}{2} + \beta r \right]^2$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$W_{ely} = \frac{2 I_y}{h}$$

$$W_{elz} = \frac{2 I_z}{b}$$

$$W_{pl,z} = b t_f (h - t_f) + \frac{1}{4} (h - 2 t_f)^2 t_w + \frac{1}{2} (4 - \pi) r^2 (h - 2 t_f - 2 \beta r)$$

$$W_{pl,y} = \frac{1}{2} b^2 t_f + \frac{1}{4} (h - 2 t_f) t_w^2 + \frac{1}{2} (4 - \pi) r^2 (t_w + 2 \beta r)$$

$$I_T = J = \frac{1}{3} [2 b t_f^3 + (h - 2 t_f - 2 r) t_w^3 + 3 r^4 (16 - 5 \pi) + 4 r^3 t_w (10 - 3 \pi) + 2 r t_w^3]$$

$$I_a = I_w = \frac{1}{24} [t_f (h - t_f)^2 b^3]$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 7
CÁLCULO CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS
SECCIONES DOBLE T

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO N°:

CE-AP7-4



$\alpha =$ 0,0075
 $\beta =$ 0,2234
 $\rho a =$ 7,85 (Kp/l)

SERIE HL

NOBRE COMERCIAL	GEOMETRIA					G (Kg/m)	AL (m2/ml)	AG (m2/Tn)	AXIL	CORTANTE		FLECTOR z (eje Fuerte)				FLECTOR y (Eje Débil)				TORSIÓN	
	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r (mm)				A (cm2)	Av,y (cm2)	Av,z (cm2)	Iz (cm4)	Wel,z (cm3)	Wpl,z (cm3)	iz (cm)	Iy (cm4)	Wel,y (cm3)	Wpl,y (cm3)	iy (cm)	It (cm4)	Ia (cm6)
HL 920x344	927	418	19,3	32,0	19	343,18	3,455	10,07	437,18	187,99	222,93	644.984,39	13.915,52	15.697,43	38,41	39.009,88	1.866,50	2.880,25	9,45	1.133,90	7,80E+07
HL 920x368	931	419	20,3	34,3	19	365,50	3,465	9,48	465,60	198,16	239,53	692.227,24	14.870,62	16.793,86	38,56	42.118,77	2.010,44	3.104,18	9,51	1.382,17	8,45E+07
HL 920x390	936	420	21,3	36,6	19	388,04	3,477	8,96	494,32	208,58	256,20	741.740,29	15.849,15	17.922,00	38,74	45.270,43	2.155,73	3.330,60	9,57	1.665,72	9,14E+07
HL 920x420	943	422	22,5	39,9	19	419,25	3,496	8,34	534,07	221,46	280,63	813.340,16	17.250,06	19.529,92	39,02	50.065,48	2.372,77	3.666,83	9,68	2.130,45	1,02E+08
HL 920x449	948	423	24,0	42,7	19	448,52	3,507	7,82	571,36	236,60	301,04	874.725,36	18.454,12	20.948,43	39,13	53.971,83	2.551,86	3.949,38	9,72	2.609,41	1,10E+08
HL 920x491	957	422	25,9	47,0	19	489,29	3,518	7,19	623,30	256,65	330,57	966.338,04	20.195,15	23.003,72	39,37	59.003,14	2.796,36	4.335,03	9,73	3.438,11	1,22E+08
HL 920x537	965	425	28,4	51,1	19	535,75	3,541	6,61	682,48	282,06	361,96	1.065.545,29	22.083,84	25.265,40	39,51	65.554,36	3.084,91	4.794,66	9,80	4.458,13	1,37E+08
HL 920x588	975	427	31,0	55,9	19	587,24	3,563	6,07	748,08	309,26	397,82	1.181.231,91	24.230,40	27.845,34	39,74	72.761,20	3.408,02	5.309,60	9,86	5.849,77	1,53E+08
HL 920x656	987	431	34,5	62,0	19	655,69	3,596	5,48	835,27	345,78	445,37	1.335.356,32	27.058,89	31.273,88	39,98	83.041,78	3.853,45	6.022,05	9,97	8.051,18	1,77E+08
HL 920x725	999	434	38,1	68,1	19	724,50	3,625	5,00	922,93	383,65	492,59	1.492.464,05	29.879,16	34.736,13	40,21	93.197,14	4.294,80	6.733,85	10,05	10.752,22	2,01E+08
HL 920x787	1011	437	40,9	73,9	19	786,60	3,656	4,65	1.002,03	414,45	538,24	1.645.789,76	32.557,66	38.014,21	40,53	103.298,28	4.727,61	7.424,95	10,15	13.751,66	2,26E+08
HL 920x970	1043	446	50,0	89,9	19	970,74	3,737	3,85	1.236,61	513,81	668,26	2.100.185,82	40.272,02	47.661,28	41,21	133.853,00	6.002,38	9.489,84	10,40	25.230,20	3,02E+08
HL 920x1077	1061	451	55,0	99,1	19	1.076,64	3,783	3,51	1.371,52	569,80	744,90	2.375.016,97	44.769,41	53.359,45	41,61	152.741,60	6.773,46	10.740,85	10,55	34.079,84	3,50E+08
HL 920x1194	1081	457	60,5	109,0	19	1.194,36	3,836	3,21	1.521,47	632,58	830,22	2.692.693,24	49.818,56	59.815,27	42,07	175.019,74	7.659,51	12.182,66	10,73	45.861,09	4,10E+08
HL 920x1269	1093	461	64,0	115,1	19	1.268,96	3,869	3,05	1.616,51	672,69	884,35	2.897.010,35	53.010,25	63.931,60	42,33	189.869,22	8.237,28	13.125,32	10,84	54.440,33	4,49E+08
HL 920x1377	1093	473	76,7	115,1	19	1.376,66	3,892	2,83	1.753,71	796,89	907,37	3.031.332,17	55.468,11	67.645,82	41,58	206.306,22	8.723,31	14.157,74	10,85	61.104,65	4,85E+08

4.- VALORES ESTÁTICOS VIGA CON REFUERZO

(1 eje de simetría = y)

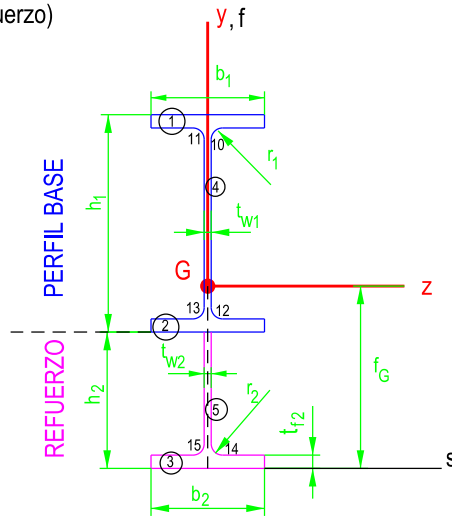
y,z: ejes principales de inercia
y es eje de simetría

G: cdg de la sección (con refuerzo)

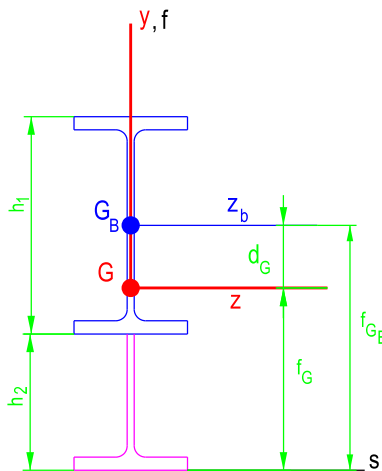
z: eje fuerte
y: eje débil

Subelementos

- 1 Ala superior perfil base
- 2 Ala inferior perfil base
- 3 Ala refuerzo
- 4 Alma perfil base
- 5 Alma refuerzo
- 10 Chaflán sup der perfil base (r1)
- 11 Chaflán sup izq perfil base (r1)
- 12 Chaflán inf der perfil base (r1)
- 13 Chaflán inf izq perfil base (r1)
- 14 Chaflán der refuerzo (r2)
- 15 Chaflán izq refuerzo (r2)



G_B: cdg perfil base (sin refuerzo)



$$f_{G_B} = h_2 + 0,5 h_1$$

$$d_G = f_{G_B} - f_G$$

Los esfuerzos de cálculo : N_{Ed} V_{Ed} $M_{z,Ed}$ han sido calculados en G_B

Cuando comprobamos resistencia de las secciones, los esfuerzos deben estar aplicados en G : ()*

$$N_{Ed}^* = N_{Ed}$$

$$V_{Ed}^* = V_{Ed}$$

$$M_{z,Ed}^* = M_{z,Ed} + d_G N_{Ed}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 7
CÁLCULO CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS
SECCIONES DOBLE T

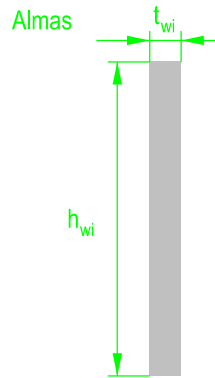
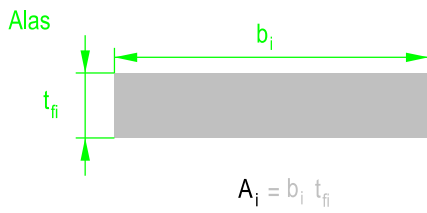
FORMATO : A4

ESCALA:

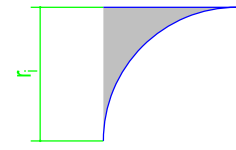
PLANO N° :

CE-AP7-6

1) Calculamos para cada subelemento de la sección el area :



Chaflanes



$$A_i = r_i^2 \left[1 - \frac{\pi}{4} \right]$$

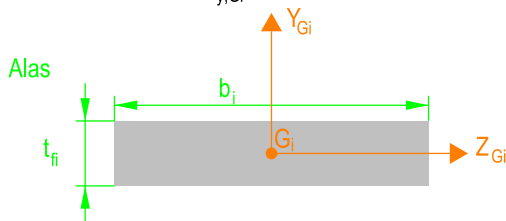
2) Calculamos para cada subelemento de la sección las distancias f_i, s_i de su centro de gravedad G_i a los ejes de referencia f, s

3) Calculamos la posición del centro de gravedad de la sección con refuerzo G : (el eje y es de simetría) f_G

4) Calculamos para cada subelemento de la sección las distancias y_i, z_i de su centro de gravedad G_i a los ejes y, z :

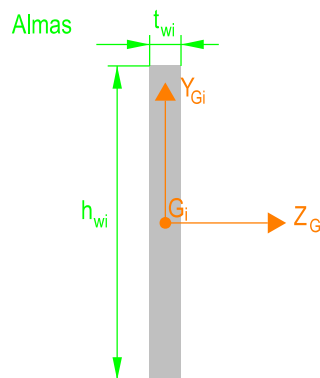
5) Calculamos la distancia entre el centro de gravedad de la sección con refuerzo (G) al centro de gravedad de la sección del perfil base (G_B): d_G

6) Calculamos para cada subelemento los momentos de inercia respecto a ejes paralelos a y, z que pasan por el cdg de cada subelemento: $I_{z, Gi}, I_{y, Gi}$



$$I_{z, Gi} = \frac{1}{12} b_i t_{fi}^3$$

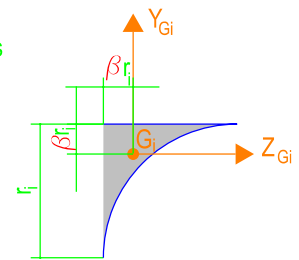
$$I_{y, Gi} = \frac{1}{12} t_{fi} b_i^3$$



$$I_{z, Gi} = \frac{1}{12} t_{wi} h_{wi}^3$$

$$I_{y, Gi} = \frac{1}{12} h_{wi} t_{wi}^3$$

Chaflanes



$$I_{z, Gi} = I_{y, Gi} = \alpha r_i^4$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

APÉNDICE 7

CÁLCULO CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS
SECCIONES DOBLE T

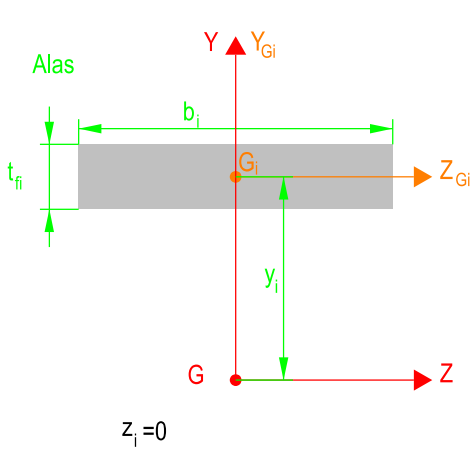
FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO N°:

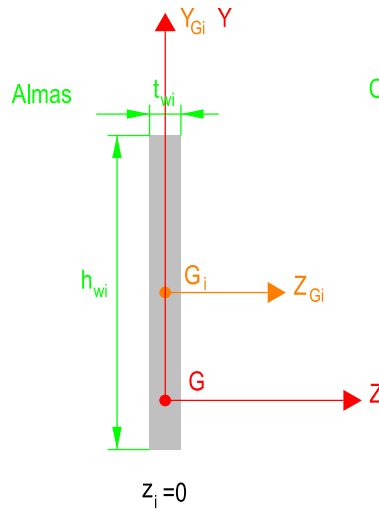
CE-AP7-7

7) Aplicando el teorema de Steiner, calculamos los momentos de inercia de cada subelemento respecto a los ejes y, z : $I_{z,i}$ $I_{y,i}$



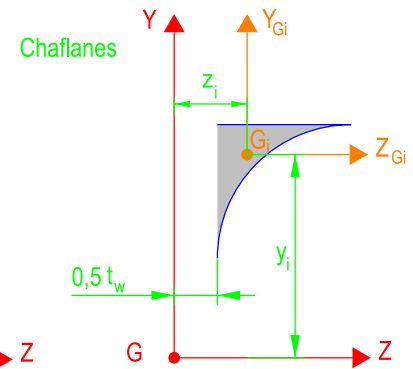
$$I_{z,i} = I_{z,G_i} + A_i y_i^2$$

$$I_{y,i} = I_{y,G_i}$$



$$I_{z,i} = I_{z,G_i} + A_i y_i^2$$

$$I_{y,i} = I_{y,G_i}$$



$$I_{z,i} = I_{z,G_i} + A_i y_i^2$$

$$I_{y,i} = I_{y,G_i} + A_i z_i^2$$

8) Para los momentos estáticos de las "semisecciones" lo primero que hacemos es ver donde está G.

La posición de G variará desde G_B (cuando no hay refuerzo) hasta un máximo del borde inferior del ala inferior del perfil base (esto pasaría si el refuerzo consiste en el mismo perfil base, que no es habitual). Lo normal es que como máximo esté a aproximadamente a mitad del ala inferior del perfil base.

El momento estático S_y es (y es eje de simetría) el de una semisección.

Para el cálculo del momento estático S_z debemos distinguir en la "semisección" que está por encima de G y la que está por debajo.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: APÉNDICE 7 CÁLCULO CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS SECCIONES DOBLE T		FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>
		PLANO N° : CE-AP7-8	

9) Para el cálculo del área a cortante en dirección y : A_{Vy}

$$A_{Vy} = A - \sum b_i t_{fi} + (t_{w1} + 2r_1)t_{f1} + \left(\frac{t_{w2}}{2} + r_2 \right)t_{f2} \quad (\text{el perfil base tiene dos alas y el refuerzo una})$$

10) Para el cálculo del área a cortante en dirección z : A_{Vz}

$$A_{Vz} = \frac{5}{6} \sum b_i t_{fi}$$

11) Para el cálculo del módulo de torsión : I_T

$$I_T = J = \frac{1}{3} \left[\sum b_i t_{fi}^3 + (\text{alas}) \right. \\ + (h_1 - 2t_{f1} - 2r_1)t_{w1}^3 + (\text{alma perfil base}) \\ + (h_2 - t_{f2} - r_2)t_{w2}^3 + (\text{alma refuerzo}) \\ + 3r_1^4(16 - 5\pi) + 4r_1^3 t_{w1}(10 - 3\pi) + 2r_1 t_{w1}^3 + (\text{chaflanes perfil base: 4 uds}) \\ \left. + \frac{3}{2}r_2^4(16 - 5\pi) + 2r_2^3 t_{w2}(10 - 3\pi) + r_2 t_{w2}^3 \right] (\text{chaflanes refuerzo: 2 uds})$$

12) Para el cálculo del módulo de alabeo:

$$I_a = I_w \approx \frac{1}{24} \left[t_{f1} (h_1 + h_2 - t_{f1})^2 b_1^3 \right]$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 7
CÁLCULO CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS
SECCIONES DOBLE T

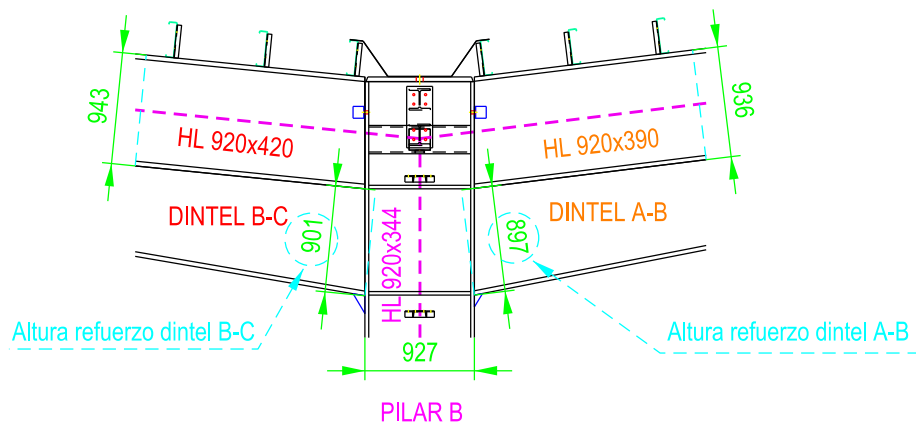
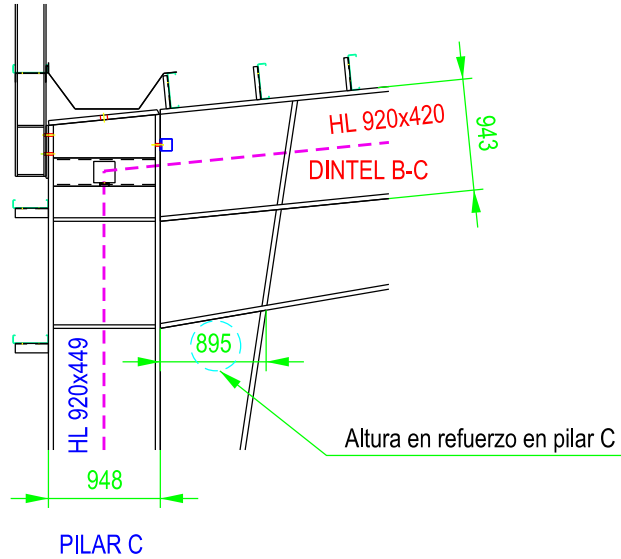
FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO N°:

CE-AP7-9

ALTURAS DE LOS REFUERZOS UTILIZADAS



----- EJES CÁLCULO (TRICALC)

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 7
CÁLCULO CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS
SECCIONES DOBLE T

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO Nº:

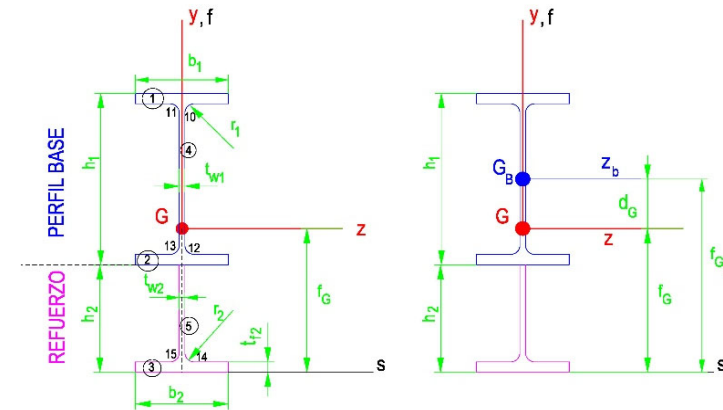
CE-AP7-10



GEOMETRIA SECCIÓN (mm)			
PERFIL BASE: HL 920x449 (PILAR C)			
h1=	948,00	hw1=	862,60
b1=	423,00		
tf1=	42,70		
tw1=	24,00		
r1=	19,00		
REFUERZO: 1/2 HL 920x449 (cabeza pilar)			
h2=	895,00		
b2=	423,00		
tf2=	42,70		
tw2=	24,00		
r2=	19,00		
CONSTANTES (chaflanes)			
α=	0,00754512	λ=	0,43806
β=	0,22336794	μ=	1,15044
pa=	7,85 (Kp/l)		

RESULTADOS	
fG (mm)=	920,62
Zsup(mm)=	922,38
Zinf(mm)=	-920,62
A (cm2)=	958,09
Avy(cm2)=	455,94
Avz(cm2)=	451,55
Iz (cm4)=	4.037.490,40
Iy (cm4)=	81.006,25
iz (cm)=	64,92
iy(cm)=	9,20
Wel,z,sup (cm3)=	43.772,40
Wel,z,inf (cm3)=	43.856,34
Wel,z (cm3)=	43.772,40
Wpl,z (cm3)=	51.731,05
Wel,y (cm3)=	3.830,08
Wpl,y (cm3)=	5.984,70
IT (cm4)=	4.108,12
IA (cm6)=	4,3644E+08

dG (mm)=	448,4		
hw1Sg (mm)=	862,60	Ygi(mm)=	448,38
tf1Sg (mm)=	-1,62	Ygi(mm)=	-0,81
hw1lg (mm)=	0,00	Ygi(mm)=	0,00
tf1lg (mm)=	44,32	Ygi(mm)=	-22,16



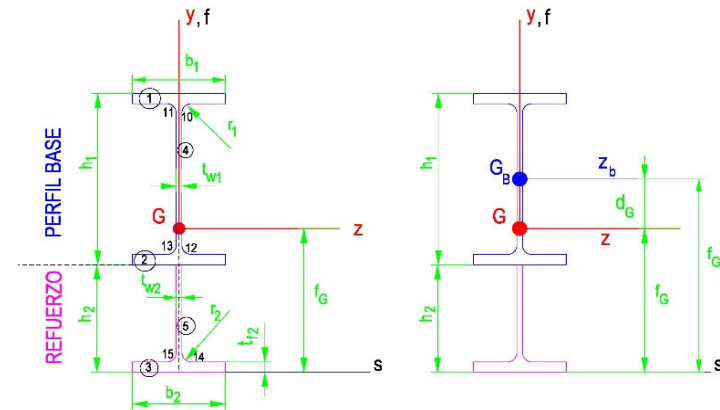
ELEMENTO i POSICIÓN	Ai (cm2)	fi (cm)	si =Zgi (cm)	Aixfi (cm3)	IzGi (cm4)	IyGi (cm4)	Ygi (cm)	Izi (cm4)	Iyi (cm4)	Iti (cm4)=	Sz,sup(cm3)	Sz,inf(cm3)	Sy(cm3)
1 ALA SUP	180,62	182,17	0	32.902,82	274,44	26.931,95	90,10	1.466.664,09	26.931,95	1.097,75	16.274,54	0,00	955,03
2 ALA INT	180,62	91,64	0	16.551,21	274,44	26.931,95	-0,43	307,33	26.931,95	1.097,75	0,55	415,39	955,03
3 ALA INF	180,62	2,14	0	385,63	274,44	26.931,95	-89,93	1.460.923,23	26.931,95	1.097,75	0,00	16.242,66	955,03
4 ALMA SUP	207,02	136,90	0	28.341,59	128.368,47	99,37	44,84	544.584,18	99,37	379,98	9.282,60	0,00	62,11
5 ALMA INF	204,55	46,89	0	9.590,42	123.824,75	98,18	-45,18	541.302,40	98,18	383,98	0,00	9.240,99	61,37
6													
7													
8													
9													
10 CHAF SUP D	0,77	179,61	1,62	139,14	0,10	0,10	87,54	5.937,44	2,14	8,49	67,82	0,00	1,26
11 CHAF SUP I	0,77	179,61	-1,62	139,14	0,10	0,10	87,54	5.937,44	2,14	8,49	67,82	0,00	0,00
12 CHAF INT D	0,77	94,19	1,62	72,97	0,10	0,10	2,13	3,62	2,14	8,49	0,00	1,65	1,26
13 CHAF INT I	0,77	94,19	-1,62	72,97	0,10	0,10	2,13	3,62	2,14	8,49	0,00	1,65	0,00
14 CHAF INF D	0,77	4,69	1,62	3,64	0,10	0,10	-87,37	5.913,52	2,14	8,49	0,00	67,68	1,26
15 CHAF INF I	0,77	4,69	-1,62	3,64	0,10	0,10	-87,37	5.913,52	2,14	8,49	0,00	67,68	0,00



GEOMETRIA SECCIÓN (mm)			
PERFIL BASE:		HL 920x420	(DINTEL B-C)
h1=	943,00	hw1=	863,20
b1=	422,00		
tf1=	39,90		
tw1=	22,50		
r1=	19,00		
REFUERZO: 1/2 HL 920x420		(extremo)	
h2=	901,00		
b2=	422,00		
tf2=	39,90		
tw2=	22,50		
r2=	19,00		
CONSTANTES (chaflanes)			
α=	0,00754512	λ=	0,43806
β=	0,22336794	μ=	1,15044
pa=	7,85 (Kp/l)		

RESULTADOS	
fG (mm)=	921,85
Zsup(mm)=	922,15
Zinf(mm)=	-921,85
A (cm2)=	897,75
Avy(cm2)=	428,83
Avz(cm2)=	420,95
Iz (cm4)=	3.794.257,01
Iy (cm4)=	75.138,99
iz (cm)=	65,01
iy(cm)=	9,15
Wel,z,sup (cm3)=	41.145,92
Wel,z,inf (cm3)=	41.159,00
Wel,z (cm3)=	41.145,92
Wpl,z (cm3)=	48.460,34
Wel,y (cm3)=	3.561,09
Wpl,y (cm3)=	5.554,60
IT (cm4)=	3.358,75
IA (cm6)=	4,0665E+08

dG (mm)=	450,6	
hw1Sg (mm)=	863,20	Ygi(mm)= 450,65
tf1Sg (mm)=	1,65	Ygi(mm)= 0,82
hw1lg (mm)=	0,00	Ygi(mm)= 0,00
tf1lg (mm)=	38,25	Ygi(mm)= -19,13



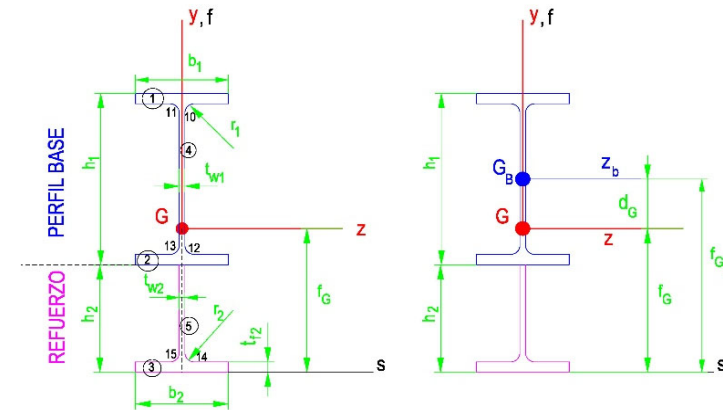
ELEMENTO i POSICIÓN	Ai (cm2)	fi (cm)	si =Zgi (cm)	Aixfi (cm3)	IzGi (cm4)	IyGi (cm4)	Ygi (cm)	Izi (cm4)	Iyi (cm4)	Iti (cm4)=	Sz,sup(cm3)	Sz,inf(cm3)	Sy(cm3)
1 ALA SUP	168,38	182,41	0	30.712,99	223,38	24.987,86	90,22	1.370.750,43	24.987,86	893,53	15.191,00	0,00	888,19
2 ALA INT	168,38	92,10	0	15.506,77	223,38	24.987,86	-0,09	224,76	24.987,86	893,53	0,57	308,76	888,19
3 ALA INF	168,38	2,00	0	335,91	223,38	24.987,86	-90,19	1.369.860,45	24.987,86	893,53	0,00	15.186,07	888,19
4 ALMA SUP	194,22	137,25	0	26.656,70	120.596,74	81,94	45,06	515.023,10	81,94	313,32	8.752,46	0,00	54,62
5 ALMA INF	193,75	47,05	0	9.114,85	119.718,71	81,74	-45,14	514.508,56	81,74	319,73	0,00	8.745,83	54,49
6													
7													
8													
9													
10 CHAF SUP D	0,77	179,99	1,55	139,44	0,10	0,10	87,80	5.972,27	1,96	7,52	68,02	0,00	1,20
11 CHAF SUP I	0,77	179,99	-1,55	139,44	0,10	0,10	87,80	5.972,27	1,96	7,52	68,02	0,00	0,00
12 CHAF INT D	0,77	94,51	1,55	73,22	0,10	0,10	2,33	4,30	1,96	7,52	0,00	1,80	1,20
13 CHAF INT I	0,77	94,51	-1,55	73,22	0,10	0,10	2,33	4,30	1,96	7,52	0,00	1,80	0,00
14 CHAF INF D	0,77	4,41	1,55	3,42	0,10	0,10	-87,77	5.968,28	1,96	7,52	0,00	68,00	1,20
15 CHAF INF I	0,77	4,41	-1,55	3,42	0,10	0,10	-87,77	5.968,28	1,96	7,52	0,00	68,00	0,00



GEOMETRIA SECCIÓN (mm)			
PERFIL BASE:		HL 920x390	(DINTEL A-B)
h1=	936,00	hw1=	862,80
b1=	420,00		
tf1=	36,60		
tw1=	21,30		
r1=	19,00		
REFUERZO:		1/2 HL 920x390	(extremo)
h2=	897,00		
b2=	420,00		
tf2=	36,60		
tw2=	21,30		
r2=	19,00		
CONSTANTES (chaflanes)			
α=	0,00754512	λ=	0,43806
β=	0,22336794	μ=	1,15044
pa=	7,85 (Kp/l)		

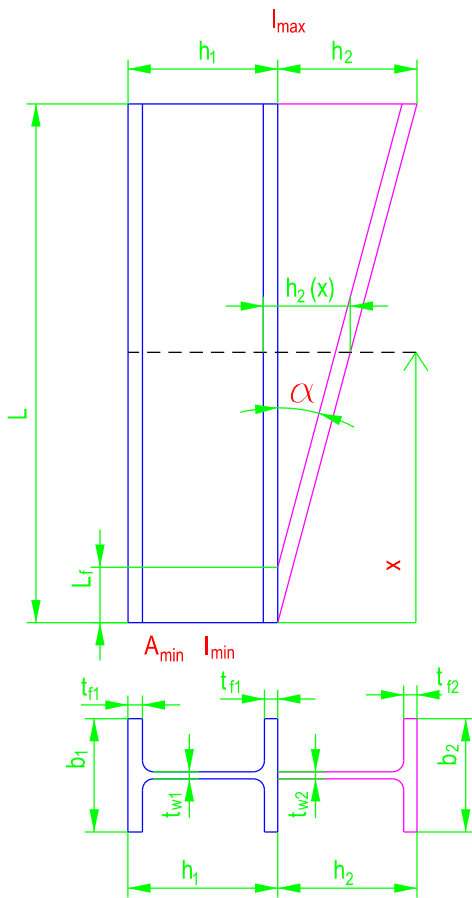
RESULTADOS	
fG (mm)=	916,33
Zsup(mm)=	916,67
Zinf(mm)=	-916,33
A (cm2)=	832,85
Avy(cm2)=	404,25
Avz(cm2)=	384,30
Iz (cm4)=	3.471.950,05
Iy (cm4)=	67.940,19
iz (cm)=	64,57
iy(cm)=	9,03
Wel,z,sup (cm3)=	37.875,66
Wel,z,inf (cm3)=	37.889,76
Wel,z (cm3)=	37.875,66
Wpl,z (cm3)=	44.625,41
Wel,y (cm3)=	3.235,25
Wpl,y (cm3)=	5.044,55
IT (cm4)=	2.636,77
IA (cm6)=	3,6461E+08

dG (mm)=	448,7		
hw1Sg (mm)=	862,80	Ygi(mm)=	448,67
tf1Sg (mm)=	1,97	Ygi(mm)=	0,99
hw1lg (mm)=	0,00	Ygi(mm)=	0,00
tf1lg (mm)=	34,63	Ygi(mm)=	-17,31



ELEMENTO i POSICIÓN	Ai (cm2)	fi (cm)	si =Zgi (cm)	Aixfi (cm3)	IzGi (cm4)	IyGi (cm4)	Ygi(cm)	Izi (cm4)	Iyi (cm4)	Iti (cm4)=	Sz,sup(cm3)	Sz,inf(cm3)	Sy(cm3)
1 ALA SUP	153,72	181,47	0	27.895,57	171,60	22.596,84	89,84	1.240.799,04	22.596,84	686,39	13.809,75	0,00	807,03
2 ALA INT	153,72	91,53	0	14.069,99	171,60	22.596,84	-0,10	173,23	22.596,84	686,39	0,82	251,83	807,03
3 ALA INF	153,72	1,83	0	281,31	171,60	22.596,84	-89,80	1.239.857,15	22.596,84	686,39	0,00	13.804,51	807,03
4 ALMA SUP	183,78	136,50	0	25.085,48	114.006,28	69,48	44,87	483.957,83	69,48	265,68	8.245,51	0,00	48,93
5 ALMA INF	183,27	46,68	0	8.554,82	113.057,55	69,29	-44,95	483.393,87	69,29	271,03	0,00	8.238,31	48,79
6													
7													
8													
9													
10 CHAF SUP D	0,77	179,22	1,49	138,84	0,10	0,10	87,58	5.942,70	1,82	6,81	67,85	0,00	1,15
11 CHAF SUP I	0,77	179,22	-1,49	138,84	0,10	0,10	87,58	5.942,70	1,82	6,81	67,85	0,00	0,00
12 CHAF INT D	0,77	93,78	1,49	72,66	0,10	0,10	2,15	3,68	1,82	6,81	0,00	1,67	1,15
13 CHAF INT I	0,77	93,78	-1,49	72,66	0,10	0,10	2,15	3,68	1,82	6,81	0,00	1,67	0,00
14 CHAF INF D	0,77	4,08	1,49	3,16	0,10	0,10	-87,55	5.938,08	1,82	6,81	0,00	67,82	1,15
15 CHAF INF I	0,77	4,08	-1,49	3,16	0,10	0,10	-87,55	5.938,08	1,82	6,81	0,00	67,82	0,00

5.- OBTENCIÓN A_m PARA CALCULO PANDEO EN PIEZAS DE INERCIA VARIABLE



$$D = \sqrt{h_2^2 + L^2}$$

$$L_f = D \frac{t_{f2}}{h_2}$$

$$A_m = \frac{1}{L} \int_0^L A(x) dx = \frac{1}{L} \left\{ \int_0^{L_f} A(x) dx + \int_{L_f}^L A(x) dx \right\}$$

$$A_m = A_{min} + b_2 t_{f2} - t_{f2} t_{w2} + \frac{t_{w2} h_2}{2} - \frac{L_f}{L} [b_2 t_{f2} - t_{f2} t_{w2}] + \frac{L_f^2}{L} \frac{b_2 h_2}{2D} - \left[\frac{L_f}{L} \right]^2 \frac{t_{w2} h_2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{I_{min}}{I_{max}}}$$

v	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
c	0,121	0,220	0,316	0,412	0,509	0,606	0,703	0,801	0,900	1,000

$$a=0$$

$$i_{eq} = \sqrt{\frac{c I_{max}}{A_m}}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 7
CÁLCULO CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS
SECCIONES DOBLE T

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO Nº:

CE-AP7-14



CÁLCULO DE A_m PARA PANDEO PIEZAS DE INERCIA VARIABLE

REFUERZO														
PERFIL	L	h2	Amin	b2	tw2	tf2	Dz	Lfz	Am	Izmin	Izmax	v	c	izeq
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ⁴)	(cm ⁴)			(cm)
HL 920x390	1.272,00	89,70	494,32	42,00	2,13	3,66	1.275,16	52,03	740,58	741.740,29	3.471.950,05	0,46	0,470	46,94
HL 920x420	1.248,00	90,10	534,07	42,20	2,25	3,99	1.251,25	55,41	800,28	813.340,16	3.794.257,01	0,46	0,470	47,21
HL 920x449	671,00	89,50	571,36	42,30	2,40	4,27	676,94	32,30	855,28	874.725,36	4.037.490,40	0,47	0,480	47,60

v	0,00	0,10	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,00
c	0,00	0,121	0,220	0,316	0,412	0,509	0,606	0,703	0,801	0,900	1,000

IV.- CÁLCULO ESTRUCTURA.

APÉNDICE 8

DETERMINACIÓN CLASE DE SECCIÓN

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> APÉNDICE 8	FORMATO: A4	<u>PLANO Nº:</u>
	DETERMINACIÓN CLASE DE SECCIÓN	ESCALA: <input type="text"/>	CE-AP8-1

INDICE

1.- TABLA GENERAL

- 1.1. Proporciones máximas ancho-espesor en almas.
- 1.2. Proporciones máximas ancho-espesor en alas.

2.- TABLAS PARA ACEROS CON $f_y = 255 \text{ N/mm}^2$ HL 920x449 HL 920x588

- 2.1. Proporciones máximas ancho-espesor en almas.
- 2.2. Proporciones máximas ancho-espesor en alas.

3.- TABLAS PARA ACEROS CON $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ HL 920x344 HL 920x390 HL 920x420

- 3.1. Proporciones máximas ancho-espesor en almas.
- 3.2. Proporciones máximas ancho-espesor en alas.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 8	FORMATO: A4	PLANO N°:
	DETERMINACIÓN CLASE DE SECCIÓN	ESCALA: <input type="text"/>	CE-AP8-2

IV.- CÁLCULO ESTRUCTURA.

APÉNDICE 8

DETERMINACIÓN CLASE DE SECCIÓN

1.- TABLA GENERAL

- 1.1. Proporciones máximas ancho-espesor en almas.
- 1.2. Proporciones máximas ancho-espesor en alas.

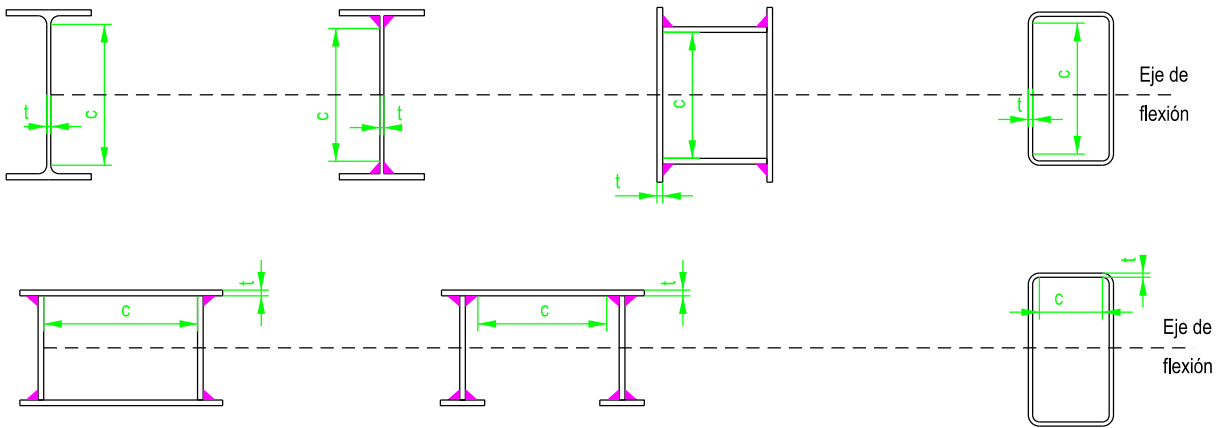
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 8	FORMATO: A4	PLANO Nº:
	DETERMINACIÓN CLASE DE SECCIÓN	ESCALA: <input type="text"/>	CE-AP8-3

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

TABLA GENERAL

TABLA 1.1.

CLASE DE SECCIÓN: ELEMENTOS INTERIORES



+ : compresión - : tracción

CLASE	Chapa flectada	Chapa comprimida	Chapa flexo-comprimida
Ley de tensiones en las chapas			
1	$\frac{c}{t} \leq \xi_{1M} = 72 \varepsilon$	$\frac{c}{t} \leq \xi_{1N} = 33 \varepsilon$	Si $\alpha > 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \xi_{1NM} = \frac{396 \varepsilon}{13 \alpha - 1}$
			Si $\alpha \leq 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \xi_{1NM} = \frac{36 \varepsilon}{\alpha}$
2	$\frac{c}{t} \leq \xi_{2M} = 83 \varepsilon$	$\frac{c}{t} \leq \xi_{2N} = 38 \varepsilon$	Si $\alpha > 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \xi_{2NM} = \frac{456 \varepsilon}{13 \alpha - 1}$
			Si $\alpha \leq 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \xi_{2NM} = \frac{41,5 \varepsilon}{\alpha}$
Para clases 1 y 2: $\alpha = 0,5 + \frac{N}{2c f_y t}$ N + si es compresión			
Ley de tensiones en las chapas			
3	$\frac{c}{t} \leq \xi_{3M} = 124 \varepsilon$ $\psi = -1$	$\frac{c}{t} \leq \xi_{3N} = 42 \varepsilon$ $\psi = 1$	Si $\psi > -1$: $\frac{c}{t} \leq \xi_{3NM} = \frac{42 \varepsilon}{0,67 + 0,33 \psi}$
			Si $\psi \leq -1$: $\frac{c}{t} \leq \xi_{3NM} = 62 \varepsilon (1 - \psi) \sqrt{-\psi}$
$\sigma_N = \frac{N}{A}$ $\sigma_M = \frac{M}{W_{el}}$		$\sigma_1 = \sigma_N + \sigma_M$ σ_1 : la tensión más comprimida $\sigma_2 = \sigma_N - \sigma_M$ σ_2 : la tensión menos comprimida N + si es compresión	
		$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$ (*) Siempre y cuando: $\sigma_1 \leq f_y$ $\varepsilon_2 > \frac{f_y}{E}$	

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

deformacion

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 8

FORMATO : A4

PLANO Nº :

DETERMINACIÓN CLASE DE SECCIÓN

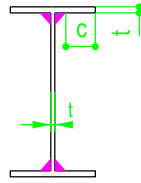
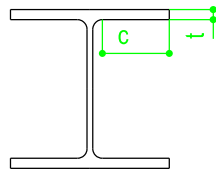
ESCALA:

CE-AP8-4

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

TABLA GENERAL

TABLA 1.2.
CLASE DE SECCIÓN: ELEMENTOS VOLADOS



+ : compresión
- : tracción

CLASE	Chapa comprimida	Chapa flexo-comprimida	
		Extremo libre comprimido	Extremo libre traccionado
Ley de tensiones en las chapas			
1	$\frac{c}{t} \leq \zeta_{1N} = 9\varepsilon$	$\frac{c}{t} \leq \zeta_{1Ma} = \frac{9\varepsilon}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \leq \zeta_{1Mb} = \frac{9\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
2	$\frac{c}{t} \leq \zeta_{2N} = 10\varepsilon$	$\frac{c}{t} \leq \zeta_{2Ma} = \frac{10\varepsilon}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \leq \zeta_{2Mb} = \frac{10\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
Ley de tensiones en las chapas			
3	$\frac{c}{t} \leq \zeta_{3N} = 14\varepsilon$	$\frac{c}{t} \leq \zeta_{3M} = 21\varepsilon\sqrt{k_\sigma}$	
	σ_1 : la tensión más comprimida σ_2 : la tensión menos comprimida $\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$ k_σ Ver anejo 25	$1 \geq \psi \geq -3$ $k_\sigma = 0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$ $\psi = 1 : k_\sigma = 0,43$ $\psi = 0 : k_\sigma = 0,57$ $\psi = -1 : k_\sigma = 0,85$	$1 \geq \psi \geq 0$ $k_\sigma = \frac{0,578}{\psi + 0,34}$ <hr/> $0 \geq \psi \geq -1$ $k_\sigma = 1,70 - 5\psi + 17,1\psi^2$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 8

FORMATO : A4

PLANO Nº :

DETERMINACIÓN CLASE DE SECCIÓN

ESCALA:

CE-AP8-5

IV.- CÁLCULO ESTRUCTURA.

APÉNDICE 8

DETERMINACIÓN CLASE DE SECCIÓN

2.- TABLAS PARA ACEROS CON $f_y = 255 \text{ N/mm}^2$ HL 920x449 HL 920x588

2.1. Proporciones máximas ancho-espesor en almas.

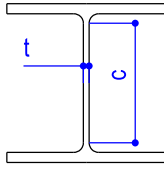
2.2. Proporciones máximas ancho-espesor en alas.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TÍTULO PLANO: APÉNDICE 8	FORMATO: A4	PLANO Nº:
	DETERMINACIÓN CLASE DE SECCIÓN	ESCALA: <input type="text"/>	CE-AP8-6

$f_y = 255 \text{ N/mm}^2$

HL 920x449
HL 920x588

TABLA 2.1.
CLASE DE SECCIÓN: ALMA



HL 920x449
c= 825
t= 24
 $\frac{c}{t} = 34,37$

HL 920x588
c= 825
t= 31
 $\frac{c}{t} = 26,61$ (clase 1)

+ : compresión
- : tracción

CLASE	Chapa flectada	Chapa comprimida	Chapa flexo-comprimida
Ley de tensiones en las chapas			
1	$\frac{c}{t} \leq \xi_{1M} = 69,12$	$\frac{c}{t} \leq \xi_{1N} = 31,68$	Si $\alpha > 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{380,16}{13\alpha - 1}$ Si $\alpha \leq 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{34,56}{\alpha}$
2	$\frac{c}{t} \leq \xi_{2M} = 79,68$	$\frac{c}{t} \leq \xi_{2N} = 36,48$	Si $\alpha > 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{437,76}{13\alpha - 1}$ Si $\alpha \leq 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{39,84}{\alpha}$
Ley de tensiones en las chapas			
3	$\frac{c}{t} \leq \xi_{3M} = 119,04$ $\psi = -1$	$\frac{c}{t} \leq \xi_{3N} = 40,32$ $\psi = 1$	Si $\psi > -1$: $\frac{c}{t} \leq \frac{40,32}{0,67 + 0,33\psi}$ Si $\psi \leq -1$: $\frac{c}{t} \leq 59,52 (1 - \psi) \sqrt{-\psi}$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,96$$

σ_1 : la tensión más comprimida
 σ_2 : la tensión menos comprimida

$$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$$

(*) Siempre y cuando:
 $\sigma_1 \leq f_y$

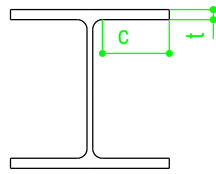
$$\varepsilon_2 > \frac{f_y}{E}$$

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		deformacion	
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "			
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 8		FORMATO: A4	PLANO Nº:
DETERMINACIÓN CLASE DE SECCIÓN		ESCALA: <input type="text"/>	CE-AP8-7	

$f_y = 255 \text{ N/mm}^2$

HL 920x449
HL 920x588

TABLA 2.2.
CLASE DE SECCIÓN: ALAS



HL 920x449

$c = 181$
 $t = 43$

$\frac{c}{t} = 4,20$ (clase 1)

HL 920x588

$c = 179$
 $t = 56$

$\frac{c}{t} = 3,19$ (clase 1)

+ : compresión
- : tracción

CLASE	Chapa comprimida	Chapa flexo-comprimida	
		Extremo libre comprimido	Extremo libre traccionado
Ley de tensiones en las chapas			
1	$\frac{c}{t} \leq \xi_{1N} = 8,64$	$\frac{c}{t} \leq \xi_{1Ma} = \frac{8,64}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \leq \frac{8,64}{\alpha \sqrt{\alpha}}$
2	$\frac{c}{t} \leq \xi_{2N} = 9,60$	$\frac{c}{t} \leq \xi_{2Ma} = \frac{9,60}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \leq \frac{9,60}{\alpha \sqrt{\alpha}}$
Ley de tensiones en las chapas			
3	$\frac{c}{t} \leq \xi_{3N} = 13,44$	$\frac{c}{t} \leq \xi_{3M} = 20,16 \sqrt{k_\sigma}$	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,96$ </div> <p>σ_1 : la tensión más comprimida σ_2 : la tensión menos comprimida</p> <p>$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$</p>	<p>$1 \geq \psi \geq -3$</p> <p>$k_\sigma = 0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$</p> <p>$\psi = 1 : k_\sigma = 0,43$ $\psi = 0 : k_\sigma = 0,57$ $\psi = -1 : k_\sigma = 0,85$</p> <p>$k_\sigma$ Ver anejo 25</p>	<p>$1 \geq \psi \geq 0$</p> <p>$k_\sigma = \frac{0,578}{\psi + 0,34}$</p> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <p>$0 \geq \psi \geq -1$</p> <p>$k_\sigma = 1,70 - 5\psi + 17,1\psi^2$</p>	

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 8

FORMATO : A4

PLANO Nº :

DETERMINACIÓN CLASE DE SECCIÓN

ESCALA:

CE-AP8-8

IV.- CÁLCULO ESTRUCTURA.

APÉNDICE 8

DETERMINACIÓN CLASE DE SECCIÓN

3.- TABLAS PARA ACEROS CON $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ HL 920x344 HL 920x390 HL 920x420

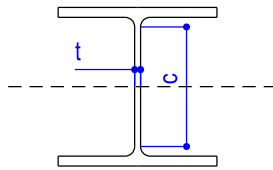
- 3.1. Proporciones máximas ancho-espesor en almas.
- 3.2. Proporciones máximas ancho-espesor en alas.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 8	FORMATO: A4	PLANO Nº:
	DETERMINACIÓN CLASE DE SECCIÓN	ESCALA: <input type="text"/>	CE-AP8-9

$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$

HL 920x344
HL 920x390
HL 920x420

TABLA 3.1.
CLASE DE SECCIÓN: ALMA



	HL 920x344	HL 920x390	HL 920x420
$c =$	825	825	825
$t =$	19.3	21	23
$\frac{c}{t} =$	42,74	39,28	35,86
Compresión pura:	clase 4	clase 4	clase 3
Flexión pura:	clase 1	clase 1	clase 1

+ : compresión
- : tracción

CLASE	Chapa flectada	Chapa comprimida	Chapa flexo-comprimida
Ley de tensiones en las chapas			
1	$\frac{c}{t} \leq \xi_{1M} = 66,528$	$\frac{c}{t} \leq \xi_{1N} = 30,492$	Si $\alpha > 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{365,904}{13\alpha - 1}$ Si $\alpha \leq 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{33,264}{\alpha}$
2	$\frac{c}{t} \leq \xi_{2M} = 76,692$	$\frac{c}{t} \leq \xi_{2N} = 35,112$	Si $\alpha > 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{421,344}{13\alpha - 1}$ Si $\alpha \leq 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{38,346}{\alpha}$
Ley de tensiones en las chapas			
3	$\frac{c}{t} \leq \xi_{3M} = 114,576$ $\psi = -1$	$\frac{c}{t} \leq \xi_{3N} = 38,808$ $\psi = 1$	Si $\psi > -1$: $\frac{c}{t} \leq \frac{38,808}{0,67 + 0,33\psi}$ Si $\psi \leq -1$: $\frac{c}{t} \leq 57,288 (1 - \psi) \sqrt{-\psi}$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,924$$

σ_1 : la tensión más comprimida
 σ_2 : la tensión menos comprimida

$$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$$

(*) Siempre y cuando:
 $\sigma_1 \leq f_y$ deformación $\varepsilon_2 > \frac{f_y}{E}$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 8

FORMATO : A4

PLANO N° :

DETERMINACIÓN CLASE DE SECCIÓN

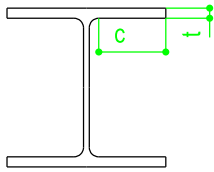
ESCALA:

CE-AP8-10

$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$

HL 920x390
HL 920x420

TABLA 3.2.
CLASE DE SECCIÓN: ALAS



HL 920x344

c= 180
t= 32

$\frac{c}{t} = 5,62$ (clase 1)

HL 920x390

c= 180
t= 37

$\frac{c}{t} = 4,86$ (clase 1)

HL 920x420

c= 181
t= 40

$\frac{c}{t} = 4,52$ (clase 1)

+ : compresión
- : tracción

CLASE	Chapa comprimida	Chapa flexo-comprimida	
		Extremo libre comprimido	Extremo libre traccionado
Ley de tensiones en las chapas			
1	$\frac{c}{t} \leq \xi_{1N} = 8,316$	$\frac{c}{t} \leq \xi_{1Ma} = \frac{8,316}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \leq \frac{8,316}{\alpha \sqrt{\alpha}}$
2	$\frac{c}{t} \leq \xi_{2N} = 9,240$	$\frac{c}{t} \leq \xi_{2Ma} = \frac{9,240}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \leq \frac{9,240}{\alpha \sqrt{\alpha}}$
Ley de tensiones en las chapas			
3	$\frac{c}{t} \leq \xi_{3N} = 12,936$	$\frac{c}{t} \leq \xi_{3M} = 19,404 \sqrt{k_\sigma}$	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $\epsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,924$ </div> <p>σ_1 : la tensión más comprimida σ_2 : la tensión menos comprimida $\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$</p>	$1 \geq \psi \geq -3$ $k_\sigma = 0,57 - 0,21 \psi + 0,07 \psi^2$ $\psi = 1 : k_\sigma = 0,43$ $\psi = 0 : k_\sigma = 0,57$ $\psi = -1 : k_\sigma = 0,85$		$1 \geq \psi \geq 0$ $k_\sigma = \frac{0,578}{\psi + 0,34}$ <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> $0 \geq \psi \geq -1$ $k_\sigma = 1,70 - 5 \psi + 17,1 \psi^2$
	k_σ Ver anejo 25		

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 8

FORMATO : A4

PLANO Nº :

DETERMINACIÓN CLASE DE SECCIÓN

ESCALA:

CE-AP8-11

IV.- CÁLCULO ESTRUCTURA.

APÉNDICE 9

AMPLIFICACION DE LOS MOMENTOS PRIMARIOS POR EL AXIL.

COEFICIENTE DE MOMENTO EQUIVALENTE UNIFORME

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u>		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: APÉNDICE 9 AMPLIFICACION DE LOS MOMENTOS PRIMARIOS COEFICIENTE DE MOMENTO UNIFORME	FORMATO: A4 ESCALA: <input type="text"/>	PLANO Nº : CE-AP9-1

1.- INTRODUCCIÓN.

Si no se realiza un análisis global en 2º orden teniendo en cuenta todas las imperfecciones, se debe realizar la comprobación a pandeo por compresión y flexión.

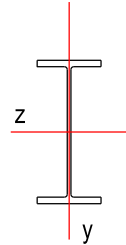
La comprobación a pandeo de un elemento de sección constante comprimido y flectado según el eje fuerte z se puede expresar: (6.3.3. Anejo 22 CE)

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\chi_{LT} M_{b,z,Rd}} \leq 1$$

$$N_{Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{\chi_{LT} M_{z,Rd}} \leq 1$$

$$M_{z,Rd} = \frac{W_z f_y}{\gamma_{M1}}$$



siendo N_{Ed} y $M_{z,Ed}$ los esfuerzos máximos a lo largo de la pieza.

χ_z : Coeficiente de reducción de pandeo por compresión con flexión en z

χ_y : Coeficiente de reducción de pandeo por compresión con flexión en y

χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo por flexión en el eje fuerte (vuelco lateral)

k_{zz} : Coeficiente de interacción en la flexión z con pandeo en z.

k_{yz} : Coeficiente de interacción en la flexión z con pandeo en y.

$\frac{N_{Ed}}{\chi_z}$: Suma del esfuerzo axial principal más el flector secundario en z

$\frac{N_{Ed}}{\chi_y}$: Suma del esfuerzo axial principal más el flector secundario en y

$\frac{M_{z,Ed}}{\chi_{LT}}$: Suma del esfuerzo flector z principal más el flector secundario en y

k_{zz} k_{yz} : Amplifica los momentos en z principales por la presencia del axial de compresión.

La comprobación a pandeo supone que:

- 1) El axial máximo, el flector secundario por compresión, el flector principal y amplificado coinciden en la misma sección.
- 2) En esa supuesta sección el cortante es despreciable.

La 2) es razonable (el cortante es nulo en las secciones de momento máximo). La 1) no es evidente, pero nos da igual porque la sección es constante.

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: APÉNDICE 9	FORMATO: A4	PLANO Nº:
AMPLIFICACION DE LOS MOMENTOS PRIMARIOS COEFICIENTE DE MOMENTO UNIFORME		ESCALA: <input type="text"/>	CE-AP9-2

Calcularemos los momentos amplificados en presencia de axil separando dos casos:

- 1) Ley de momentos primarios lineal.
- 2) Ley de momentos primarios parabólica.

En este segundo caso distinguiremos si el máximo momento está en un extremo o en la zona central.

Para el caso de ley de momentos lineales, calcularemos el coeficiente de momento equivalente uniforme.

Este lo obtenemos de la siguiente manera:

Si llamamos (en el desarrollo se justifica): $k^2 = \frac{N}{EI}$ $\alpha = \frac{N}{N_{crit}}$ $u = kL = \sqrt{\alpha} \pi$

1º. Calculamos los momento amplificados máximo para el caso de momento uniforme ($\psi = 1$) : $M_{max1} = M_{max1}(u)$

2º) Calculamos el momento amplificado máximo en función de ψ .Tambien dependerán del parámetro u:

$$M_{max\psi} = M_{max\psi}(u, \psi)$$

3º) Se define como momento equivalente uniforme, cm, el valor por el que hay que multiplicar el momento primario (que tiene una variación lineal en función de ψ) máximo M_A , para que supuesto un momento primario UNIFORME de valor cm M_A tenga el mismo momento amplificado máximo que se da en la ley lineal de momentos primarios:

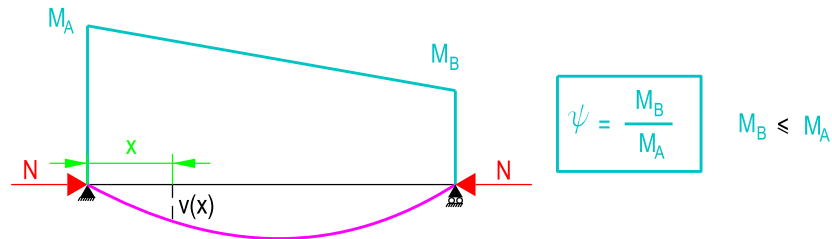
$$cm = cm(u, \psi) = \frac{M_{max\psi}(u, \psi, M_A)}{M_{max1}(u, 1, cmM_A)} = \frac{M_{max\psi}(u, \psi)}{M_{max1}(u)}$$

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: APÉNDICE 9 AMPLIFICACION DE LOS MOMENTOS PRIMARIOS COEFICIENTE DE MOMENTO UNIFORME	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	PLANO Nº : CE-AP9-3

2.- AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL AXIL. BARRA BIARTICULADA. LEY DE MOMENTOS LINEAL

Ley de Momentos exteriores:

$$M_0(x) = M_A \left[1 - \frac{x}{L} (1 - \psi) \right]$$



Momento interno en una sección x: $M_i(x) = -E I v''(x)$

Estableciendo el equilibrio en la configuración deformada:

Momento exterior total: $M_e(x) = M_0(x) + N v(x)$

$$M_i(x) = M_e(x) \Rightarrow -E I v''(x) = M_0(x) + N v(x)$$

$$\Rightarrow v''(x) + \frac{N}{EI} v(x) = -\frac{M_A}{EI} \left[1 - \frac{x}{L} (1 - \psi) \right]$$

Llamemos:

$$k^2 = \frac{N}{EI}$$

$$b(x) = -\frac{M_A}{EI} \left[1 - \frac{x}{L} (1 - \psi) \right]$$

$$v''(x) + k^2 v(x) = b(x)$$

$k^2 < 0$ si N es compresión

Ecuación diferencial de 2º orden no homogénea de coeficientes constante

RESOLUCIÓN PROBLEMA HOMOGENEO ASOCIADO:

$$v_h''(x) + \frac{N}{EI} v_h(x) = 0$$

Polinomio característico:

$$r^2 + k^2 = 0$$

\Rightarrow

$$r = \pm ki$$

$$i = \sqrt{-1}$$

Sistema generador de soluciones: $e^{kxi}, e^{-kxi} \Rightarrow$

$$\text{Sen}(kx) = \frac{e^{kxi} - e^{-kxi}}{2}$$

$$\text{Cos}(kx) = \frac{e^{kxi} + e^{-kxi}}{2}$$

(también son un sistema generador de soluciones)

$$v_h(x) = A \text{Sen}(kx) + B \text{Cos}(kx)$$

Solución general del problema homogéneo

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 9

FORMATO: A4

PLANO Nº:

AMPLIFICACION DE LOS MOMENTOS PRIMARIOS
COEFICIENTE DE MOMENTO UNIFORME

ESCALA:

CE-AP9-4

SOLUCIÓN PARTICULAR DEL PROBLEMA NO HOMOGÉNEO

$$k^2 = \frac{N}{EI}$$

$$v_p(x) = Cx + D$$

$$v_p'(x) = C$$

$$v_p''(x) + k^2 v_p(x) = b(x) \Rightarrow k^2 [Cx + D] = -\frac{M_A}{EI} \left[1 - \frac{x}{L} (1 - \psi) \right]$$

$$v_p''(x) = 0$$

$$k^2 C = \frac{M_A}{EI} \frac{(1 - \psi)}{L} \Rightarrow C = \frac{M_A}{NL} (1 - \psi)$$

$$k^2 D = -\frac{M_A}{EI} \Rightarrow D = -\frac{M_A}{N}$$

$$v_p(x) = \frac{M_A}{NL} (1 - \psi) x - \frac{M_A}{N}$$

RESOLUCIÓN PROBLEMA NO HOMOGÉNEO :

$$v(x) = v_h(x) + v_p(x)$$

$$v(x) = A \operatorname{Sen}(kx) + B \operatorname{Cos}(kx) + \frac{M_A}{NL} (1 - \psi) x - \frac{M_A}{N}$$

Condiciones contorno;

$$v(0) = 0 \Rightarrow B - \frac{M_A}{N} = 0 \Rightarrow B = \frac{M_A}{N}$$

$$v(L) = 0 \Rightarrow \text{Llamemos } \boxed{u = kL} \quad A \operatorname{Sen}(u) + \frac{M_A}{N} \operatorname{Cos}(u) + \frac{M_A}{N} (1 - \psi) - \frac{M_A}{N} = 0$$

$$\Rightarrow A = \frac{M_A}{N} \left[\frac{\psi - \operatorname{Cos}(u)}{\operatorname{Sen}(u)} \right]$$

$$v(x) = \frac{M_A}{N} \left[\left[\frac{\psi - \operatorname{Cos}(u)}{\operatorname{Sen}(u)} \right] \operatorname{Sen}(kx) + \operatorname{Cos}(kx) + (1 - \psi) x - 1 \right]$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 9

FORMATO: A4

PLANO Nº:

AMPLIFICACION DE LOS MOMENTOS PRIMARIOS
COEFICIENTE DE MOMENTO UNIFORME

ESCALA:

CE-AP9-5

OBTENCIÓN DE LA LEY DE MOMENTOS AMPLIFICADOS

$$k^2 = \frac{N}{EI}$$

$$M(x) = -EI v''(x)$$

$$v'(x) = \frac{M_A}{N} \left[k \left[\frac{\psi - \cos(u)}{\sin(u)} \right] \cos(kx) - k \sin(kx) + (1 - \psi) \right]$$

$$v''(x) = -k^2 \frac{M_A}{N} \left[\left[\frac{\psi - \cos(u)}{\sin(u)} \right] \sin(kx) + \cos(kx) \right]$$

$$M(x) = M_A \left[\left[\frac{\psi - \cos(u)}{\sin(u)} \right] \sin(kx) + \cos(kx) \right]$$

OBTENCIÓN DEL MOMENTO MÁXIMO AMPLIFICADO.

Deseamos conocer no sólo su valor, sino también la posición.

Llamemos x_m la abscisa donde el momento es máximo. $M_m = M(x_m)$

$$x_m = x / \frac{d}{dx} M(x) = 0$$

$$\frac{d}{dx} M(x) = k M_A \left[\left[\frac{\psi - \cos(u)}{\sin(u)} \right] \cos(kx) - \sin(kx) \right] = 0$$

$$\sin(kx_m) = \left[\frac{\psi - \cos(u)}{\sin(u)} \right] \cos(kx_m)$$

$$\tan(kx_m) = \left[\frac{\psi - \cos(u)}{\sin(u)} \right] \implies x_m = \frac{1}{k} \operatorname{arccotg} \left[\frac{\psi - \cos(u)}{\sin(u)} \right]$$

$$M_m = M_A \left[\left[\frac{\psi - \cos(u)}{\sin(u)} \right] \sin(kx_m) + \cos(kx_m) \right]$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 9
AMPLIFICACION DE LOS MOMENTOS PRIMARIOS
COEFICIENTE DE MOMENTO UNIFORME

FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO Nº :

CE-AP9-6

RESUMEN DE FÓRMULAS

Utilicemos las variables adimensionales:

$$\xi = \frac{x}{L}$$

$$\alpha = \frac{N}{N_{\text{crit}}}$$

$$\xi_m = \frac{x_m}{L}$$

$$N_{\text{crit}} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

$$k^2 = \frac{N}{EI}$$

$$u = kL = \sqrt{\alpha} \pi$$

$$k = \frac{\sqrt{\alpha} \pi}{L}$$

$$kx = u\xi$$

$$M(\xi) = M_A \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha} \pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha} \pi)} \right] \text{Sen}(\sqrt{\alpha} \pi \xi) + \text{Cos}(\sqrt{\alpha} \pi \xi)$$

$$\xi_m = \frac{1}{\sqrt{\alpha} \pi} \text{arccotg} \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha} \pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha} \pi)} \right]$$

Calculemos en una excel los valores de K_{zz} para varios casos de α y ψ

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 9
AMPLIFICACION DE LOS MOMENTOS PRIMARIOS
COEFICIENTE DE MOMENTO UNIFORME

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO N°:

CE-AP9-7



AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (LINEAL)

MA (un mom)=	1
MB (un mom)=	1
ψ =	1,000
u _{lim} =	0,0000
α _{lim} =	0,00

DIMENSIONES VIGA

L (m)=	
$\xi=X/L$	
ξ_m	Punto de momento amplificado máximo
X=0:	PUNTO DONDE ES MA
$\alpha=N/N_{crit}$	

M0: momentos primarios

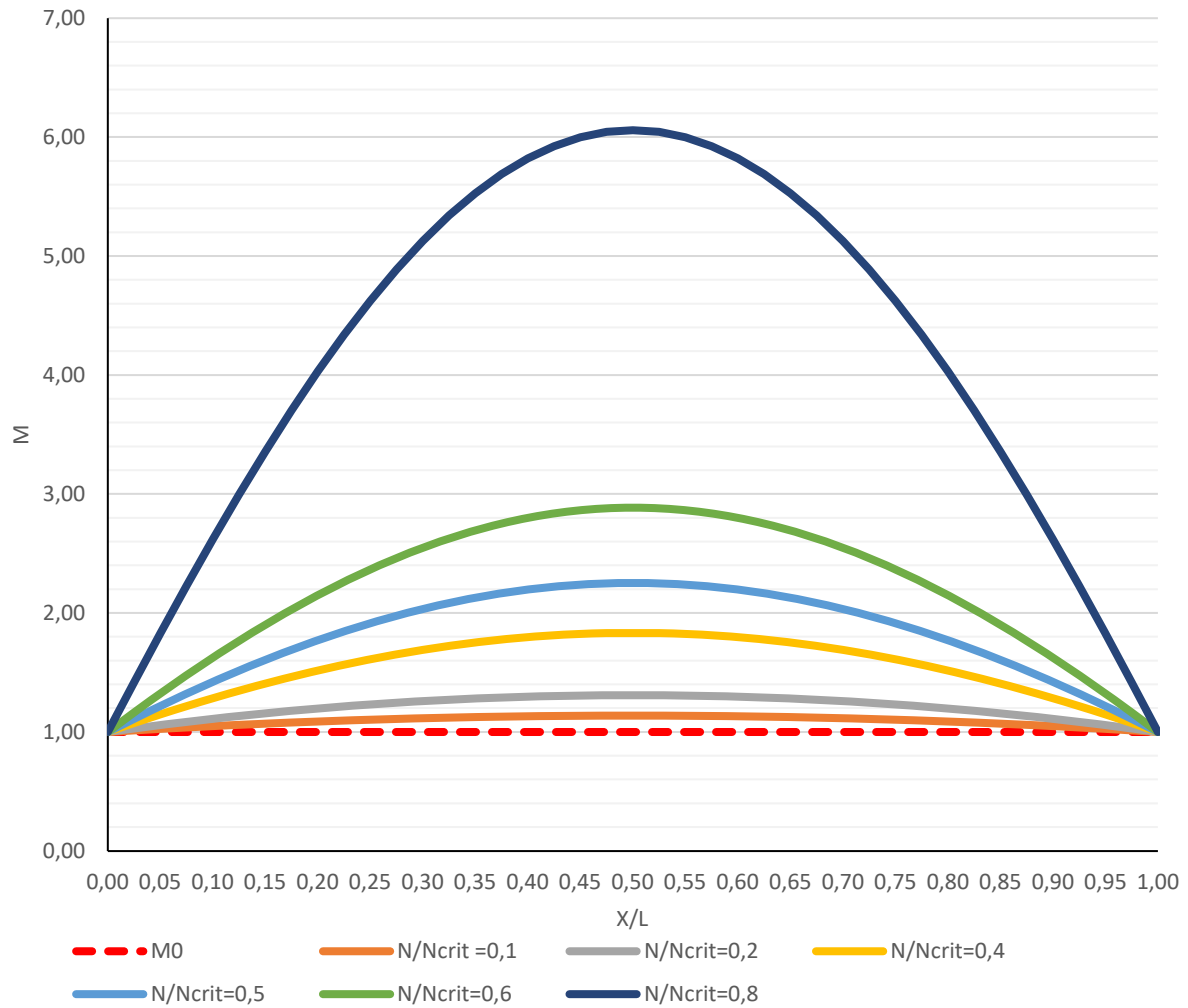
M : momentos amplificados por el axil

M max: momento amplificado máximo = M* (ξ_m)

$\alpha \Rightarrow$		0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
$u \text{ (rad)} \Rightarrow$		0,9935	1,4050	1,9869	2,2214	2,4335	2,8099
$K_{zz}=M_{max} \Rightarrow$		1,14	1,31	1,83	2,25	2,88	6,06
$\xi_m \Rightarrow$		0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
ξ	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
0,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,025	1,00	1,013	1,03	1,075	1,110	1,163	1,417
0,050	1,00	1,026	1,06	1,147	1,218	1,321	1,827
0,075	1,00	1,038	1,08	1,217	1,321	1,474	2,228
0,100	1,00	1,049	1,11	1,283	1,420	1,622	2,618
0,125	1,00	1,059	1,13	1,347	1,515	1,764	2,995
0,150	1,00	1,069	1,15	1,407	1,605	1,900	3,357
0,175	1,00	1,079	1,18	1,463	1,690	2,028	3,703
0,200	1,00	1,087	1,20	1,516	1,770	2,149	4,030
0,225	1,00	1,095	1,21	1,565	1,845	2,262	4,337
0,250	1,00	1,103	1,23	1,611	1,914	2,367	4,624
0,275	1,00	1,109	1,25	1,652	1,977	2,463	4,887
0,300	1,00	1,115	1,26	1,689	2,034	2,549	5,126
0,325	1,00	1,120	1,27	1,723	2,084	2,627	5,340
0,350	1,00	1,125	1,28	1,751	2,128	2,694	5,528
0,375	1,00	1,129	1,29	1,776	2,166	2,752	5,688
0,400	1,00	1,132	1,30	1,796	2,197	2,799	5,820
0,425	1,00	1,134	1,30	1,812	2,221	2,836	5,924
0,450	1,00	1,136	1,31	1,823	2,238	2,863	5,998
0,475	1,00	1,137	1,31	1,830	2,249	2,879	6,043
0,500	1,00	1,137	1,31	1,832	2,252	2,884	6,058
0,525	1,00	1,137	1,31	1,830	2,249	2,879	6,043
0,550	1,00	1,136	1,31	1,823	2,238	2,863	5,998
0,575	1,00	1,134	1,30	1,812	2,221	2,836	5,924
0,600	1,00	1,132	1,30	1,796	2,197	2,799	5,820
0,625	1,00	1,129	1,29	1,776	2,166	2,752	5,688
0,650	1,00	1,125	1,28	1,751	2,128	2,694	5,528
0,675	1,00	1,120	1,27	1,723	2,084	2,627	5,340
0,700	1,00	1,115	1,26	1,689	2,034	2,549	5,126
0,725	1,00	1,109	1,25	1,652	1,977	2,463	4,887
0,750	1,00	1,103	1,23	1,611	1,914	2,367	4,624
0,775	1,00	1,095	1,21	1,565	1,845	2,262	4,337
0,800	1,00	1,087	1,20	1,516	1,770	2,149	4,030
0,825	1,00	1,079	1,18	1,463	1,690	2,028	3,703
0,850	1,00	1,069	1,15	1,407	1,605	1,900	3,357
0,875	1,00	1,059	1,13	1,347	1,515	1,764	2,995
0,900	1,00	1,049	1,11	1,283	1,420	1,622	2,618
0,925	1,00	1,038	1,08	1,217	1,321	1,474	2,228
0,950	1,00	1,026	1,06	1,147	1,218	1,321	1,827
0,975	1,00	1,013	1,03	1,075	1,110	1,163	1,417
1,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000



AMPLIFICACIÓN MOMENTOS PRIMARIOS EN PRESENCIA DE AXIL . $\psi=1$



$$M(\xi) = M_A \left\{ \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right] \text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) + \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) \right\}$$

$$\xi_m = \frac{1}{\sqrt{\alpha}\pi} \text{Arcotg} \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right]$$

$$\alpha_{lim} = \left[\frac{\text{Arccos}(\psi)}{\pi} \right]^2$$

Si $\alpha \leq \alpha_{lim} \implies M_{max} = M_A$ en $x=0$



AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (LINEAL)	
MA (un mom)=	1
MB (un mom)=	0,75
ψ =	0,750
u _{lim} =	0,7227
α _{lim} =	0,05

DIMENSIONES VIGA	
L (m)=	
$\xi=X/L$	
ξ_m	Punto de momento amplificado máximo
X=0:	PUNTO DONDE ES MA
$\alpha=N/N_{crit}$	

M0: momentos primarios

M : momentos amplificados por el axil

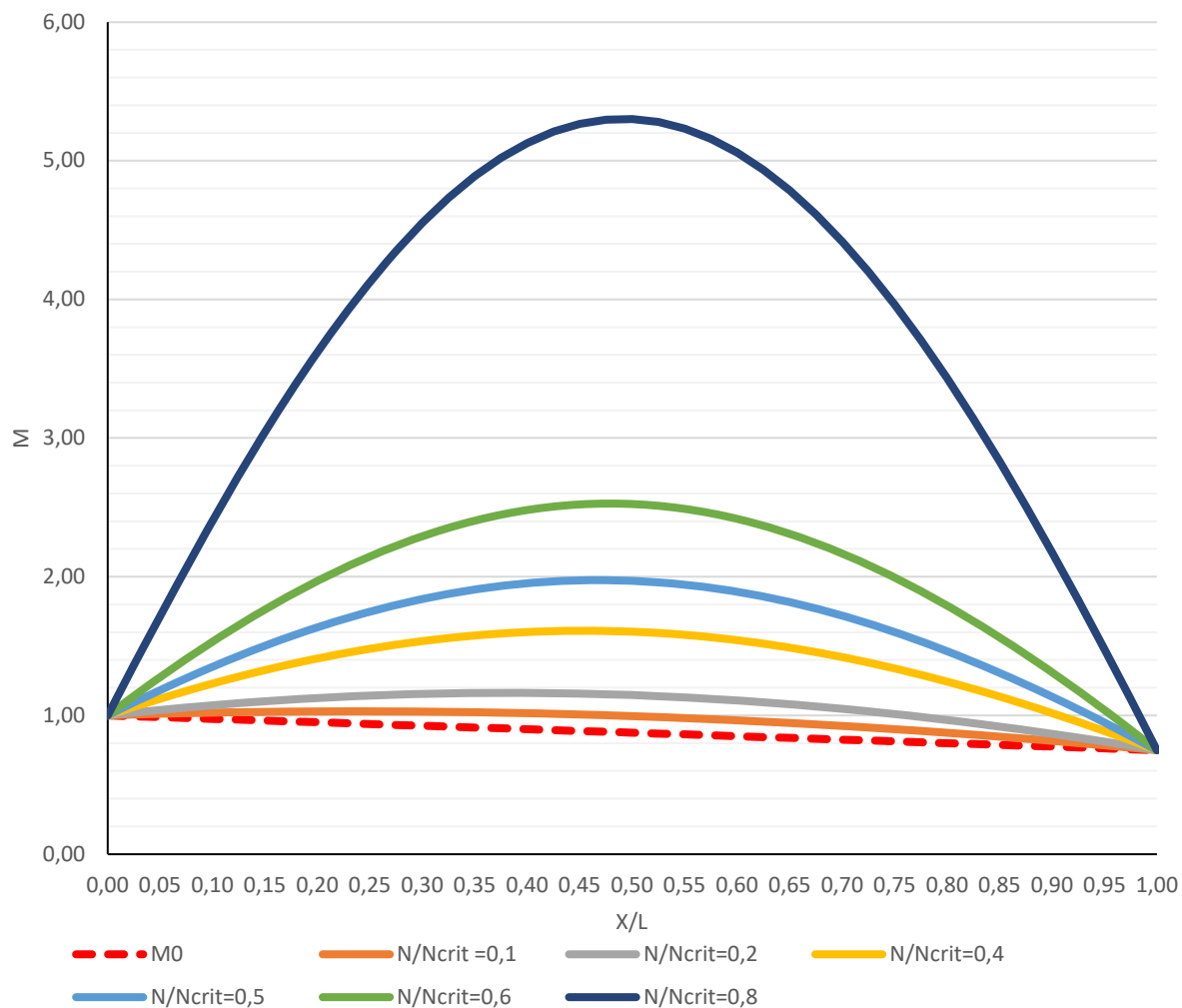
M max: momento amplificado máximo = M* (ξ_m)

$\alpha \Rightarrow$	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
u (rad) =>	0,9935	1,4050	1,9869	2,2214	2,4335	2,8099
K _{zz} =M _{max} =>	1,03	1,16	1,61	1,98	2,53	5,30
$\xi_m \Rightarrow$	0,24	0,38	0,45	0,47	0,48	0,49

ξ	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
0,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,025	0,99	1,006	1,02	1,061	1,093	1,139	1,363
0,050	0,99	1,011	1,04	1,120	1,183	1,274	1,719
0,075	0,98	1,015	1,06	1,176	1,269	1,405	2,067
0,100	0,98	1,019	1,07	1,229	1,351	1,530	2,405
0,125	0,97	1,022	1,09	1,280	1,429	1,649	2,730
0,150	0,96	1,025	1,10	1,326	1,502	1,763	3,043
0,175	0,96	1,027	1,11	1,370	1,571	1,869	3,340
0,200	0,95	1,028	1,13	1,410	1,635	1,969	3,621
0,225	0,94	1,029	1,13	1,447	1,694	2,062	3,884
0,250	0,94	1,029	1,14	1,481	1,748	2,147	4,128
0,275	0,93	1,029	1,15	1,510	1,796	2,224	4,351
0,300	0,93	1,027	1,16	1,536	1,839	2,293	4,553
0,325	0,92	1,026	1,16	1,558	1,876	2,353	4,732
0,350	0,91	1,023	1,16	1,576	1,908	2,405	4,889
0,375	0,91	1,020	1,16	1,591	1,933	2,448	5,021
0,400	0,90	1,016	1,16	1,601	1,953	2,481	5,128
0,425	0,89	1,012	1,16	1,608	1,966	2,506	5,210
0,450	0,89	1,007	1,16	1,610	1,974	2,521	5,266
0,475	0,88	1,001	1,15	1,609	1,975	2,527	5,296
0,500	0,88	0,995	1,15	1,603	1,971	2,524	5,301
0,525	0,87	0,988	1,14	1,594	1,960	2,511	5,279
0,550	0,86	0,981	1,13	1,580	1,943	2,489	5,231
0,575	0,86	0,973	1,12	1,563	1,920	2,458	5,157
0,600	0,85	0,964	1,11	1,542	1,891	2,417	5,058
0,625	0,84	0,955	1,09	1,517	1,857	2,368	4,933
0,650	0,84	0,945	1,08	1,489	1,817	2,310	4,785
0,675	0,83	0,935	1,06	1,456	1,771	2,243	4,613
0,700	0,83	0,924	1,05	1,421	1,719	2,168	4,418
0,725	0,82	0,912	1,03	1,381	1,663	2,085	4,201
0,750	0,81	0,900	1,01	1,338	1,601	1,995	3,964
0,775	0,81	0,888	0,99	1,292	1,534	1,897	3,707
0,800	0,80	0,874	0,97	1,243	1,463	1,792	3,432
0,825	0,79	0,861	0,94	1,191	1,387	1,680	3,139
0,850	0,79	0,846	0,92	1,135	1,307	1,562	2,832
0,875	0,78	0,832	0,89	1,077	1,222	1,438	2,510
0,900	0,78	0,816	0,87	1,016	1,134	1,309	2,176
0,925	0,77	0,800	0,84	0,953	1,043	1,176	1,831
0,950	0,76	0,784	0,81	0,888	0,948	1,037	1,478
0,975	0,76	0,767	0,78	0,820	0,850	0,895	1,117
1,000	0,75	0,750	0,75	0,750	0,750	0,750	0,750



AMPLIFICACIÓN MOMENTOS PRIMARIOS EN PRESENCIA DE AXIL . $\psi=0,75$



$$M(\xi) = M_A \left\{ \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right] \text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) + \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) \right\}$$

$$\xi_m = \frac{1}{\sqrt{\alpha}\pi} \text{Arcotg} \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right]$$

$$\alpha_{lim} = \left[\frac{\text{Arccos}(\psi)}{\pi} \right]^2$$

Si $\alpha \leq \alpha_{lim} \implies M_{max} = M_A$ en $x=0$



AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (LINEAL)

MA (un mom)=	1
MB (un mom)=	0,5
ψ =	0,500
u _{lim} =	1,0472
α _{lim} =	0,11

DIMENSIONES VIGA

L (m)=	
$\xi=X/L$	
ξ_m	Punto de momento amplificado máximo
X=0:	PUNTO DONDE ES MA
$\alpha=N/N_{crit}$	

M0: momentos primarios

M : momentos amplificados por el axil

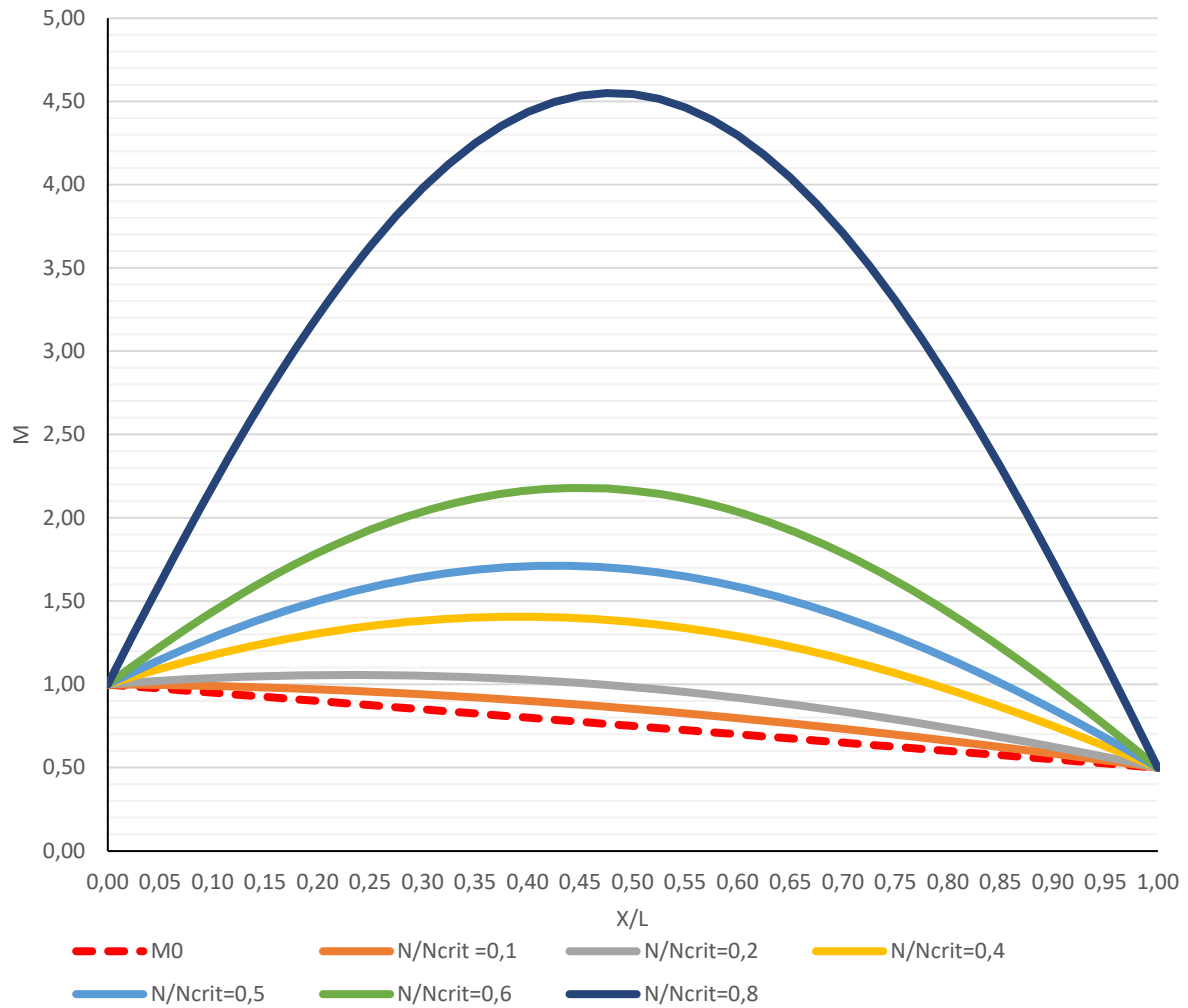
M max: momento amplificado máximo = M* (ξ_m)

$\alpha \Rightarrow$	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
u (rad) \Rightarrow	0,9935	1,4050	1,9869	2,2214	2,4335	2,8099
K _{zz} =M _{max} \Rightarrow	1,00	1,06	1,41	1,71	2,18	4,55
$\xi_m \Rightarrow$	0,00	0,23	0,39	0,43	0,45	0,48

ξ	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
0,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,025	0,99	0,998	1,01	1,048	1,076	1,116	1,309
0,050	0,98	0,996	1,02	1,093	1,148	1,228	1,612
0,075	0,96	0,993	1,03	1,136	1,217	1,335	1,907
0,100	0,95	0,990	1,04	1,175	1,282	1,437	2,192
0,125	0,94	0,986	1,04	1,212	1,343	1,534	2,466
0,150	0,93	0,981	1,05	1,246	1,400	1,625	2,729
0,175	0,91	0,975	1,05	1,277	1,452	1,711	2,978
0,200	0,90	0,970	1,05	1,305	1,500	1,790	3,212
0,225	0,89	0,963	1,06	1,329	1,544	1,862	3,430
0,250	0,88	0,956	1,06	1,350	1,582	1,927	3,631
0,275	0,86	0,948	1,05	1,368	1,616	1,986	3,815
0,300	0,85	0,940	1,05	1,383	1,645	2,037	3,980
0,325	0,84	0,931	1,05	1,394	1,669	2,080	4,125
0,350	0,83	0,922	1,04	1,401	1,687	2,116	4,249
0,375	0,81	0,912	1,04	1,405	1,701	2,144	4,353
0,400	0,80	0,901	1,03	1,406	1,709	2,164	4,436
0,425	0,79	0,890	1,02	1,403	1,712	2,176	4,496
0,450	0,78	0,878	1,01	1,397	1,710	2,180	4,534
0,475	0,76	0,866	1,00	1,387	1,702	2,175	4,550
0,500	0,75	0,853	0,98	1,374	1,689	2,163	4,543
0,525	0,74	0,840	0,97	1,358	1,671	2,143	4,514
0,550	0,73	0,826	0,95	1,338	1,648	2,115	4,463
0,575	0,71	0,812	0,94	1,315	1,619	2,079	4,390
0,600	0,70	0,797	0,92	1,288	1,586	2,035	4,295
0,625	0,69	0,782	0,90	1,259	1,548	1,984	4,179
0,650	0,68	0,766	0,88	1,226	1,505	1,926	4,042
0,675	0,66	0,749	0,86	1,190	1,457	1,860	3,885
0,700	0,65	0,733	0,84	1,152	1,405	1,787	3,710
0,725	0,64	0,716	0,81	1,110	1,349	1,708	3,515
0,750	0,63	0,698	0,79	1,066	1,288	1,623	3,304
0,775	0,61	0,680	0,76	1,019	1,224	1,531	3,076
0,800	0,60	0,661	0,74	0,970	1,155	1,434	2,833
0,825	0,59	0,643	0,71	0,918	1,083	1,332	2,576
0,850	0,58	0,623	0,68	0,864	1,008	1,224	2,307
0,875	0,56	0,604	0,65	0,808	0,930	1,112	2,026
0,900	0,55	0,584	0,63	0,750	0,848	0,996	1,735
0,925	0,54	0,563	0,60	0,690	0,765	0,877	1,435
0,950	0,53	0,542	0,56	0,628	0,678	0,754	1,128
0,975	0,51	0,521	0,53	0,565	0,590	0,628	0,816
1,000	0,50	0,500	0,50	0,500	0,500	0,500	0,500



AMPLIFICACIÓN MOMENTOS PRIMARIOS EN PRESENCIA DE AXIL . $\psi=0,50$



$$M(\xi) = M_A \left\{ \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right] \text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) + \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) \right\}$$

$$\xi_m = \frac{1}{\sqrt{\alpha}\pi} \text{Arcotg} \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right]$$

$$\alpha_{lim} = \left[\frac{\text{Arccos}(\psi)}{\pi} \right]^2$$

Si $\alpha \leq \alpha_{lim} \implies M_{max} = M_A$ en $x=0$



AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (LINEAL)

MA (un mom)=	1
MB (un mom)=	-0,5
ψ =	-0,500

DIMENSIONES VIGA

L (m)=	
$\xi=X/L$	
ξ_m	Punto de momento amplificado máximo
X=0:	PUNTO DONDE ES MA
$\alpha=N/N_{crit}$	

M0: momentos primarios

M : momentos amplificados por el axil

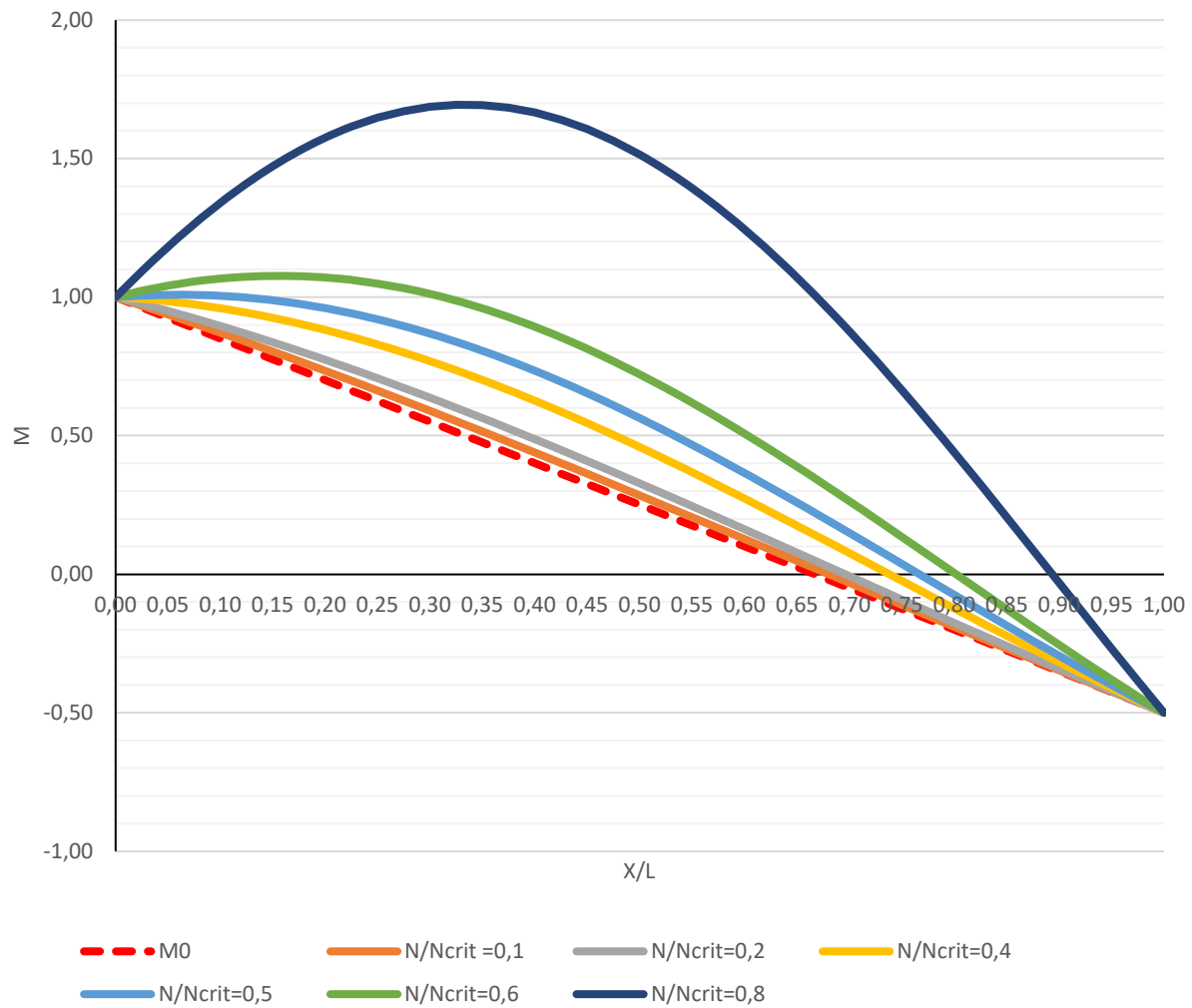
M max: momento amplificado máximo = M* (ξ_m)

$\alpha \Rightarrow$	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
u (rad) \Rightarrow	0,9935	1,4050	1,9869	2,2214	2,4335	2,8099
$K_{zz}=M_{max} \Rightarrow$	1,00	1,00	1,00	1,01	1,08	1,69
$\xi_m \Rightarrow$	0,00	0,00	0,00	0,06	0,16	0,33

ξ	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
0,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,025	0,96	0,969	0,98	0,994	1,006	1,022	1,094
0,050	0,93	0,937	0,95	0,985	1,009	1,041	1,182
0,075	0,89	0,904	0,92	0,973	1,008	1,056	1,264
0,100	0,85	0,871	0,90	0,960	1,005	1,067	1,340
0,125	0,81	0,838	0,87	0,944	0,998	1,074	1,410
0,150	0,78	0,804	0,84	0,925	0,988	1,077	1,472
0,175	0,74	0,769	0,81	0,904	0,976	1,076	1,528
0,200	0,70	0,734	0,77	0,882	0,960	1,071	1,575
0,225	0,66	0,698	0,74	0,856	0,941	1,062	1,615
0,250	0,63	0,663	0,71	0,829	0,920	1,049	1,647
0,275	0,59	0,626	0,67	0,800	0,895	1,032	1,671
0,300	0,55	0,589	0,64	0,769	0,868	1,011	1,687
0,325	0,51	0,552	0,60	0,736	0,838	0,987	1,694
0,350	0,48	0,515	0,56	0,701	0,806	0,959	1,693
0,375	0,44	0,477	0,53	0,664	0,771	0,927	1,684
0,400	0,40	0,439	0,49	0,626	0,734	0,892	1,666
0,425	0,36	0,401	0,45	0,586	0,694	0,854	1,640
0,450	0,33	0,362	0,41	0,545	0,652	0,813	1,606
0,475	0,29	0,323	0,37	0,502	0,609	0,768	1,564
0,500	0,25	0,284	0,33	0,458	0,563	0,721	1,514
0,525	0,21	0,245	0,29	0,413	0,516	0,671	1,457
0,550	0,18	0,206	0,25	0,367	0,467	0,619	1,393
0,575	0,14	0,166	0,20	0,320	0,416	0,564	1,322
0,600	0,10	0,127	0,16	0,272	0,365	0,507	1,244
0,625	0,06	0,087	0,12	0,224	0,312	0,448	1,160
0,650	0,02	0,048	0,08	0,175	0,258	0,388	1,071
0,675	-0,01	0,008	0,04	0,126	0,204	0,326	0,976
0,700	-0,05	-0,032	-0,01	0,076	0,149	0,263	0,876
0,725	-0,09	-0,072	-0,05	0,026	0,093	0,199	0,772
0,750	-0,13	-0,111	-0,09	-0,024	0,037	0,135	0,665
0,775	-0,16	-0,151	-0,13	-0,074	-0,019	0,070	0,554
0,800	-0,20	-0,190	-0,18	-0,123	-0,075	0,004	0,440
0,825	-0,24	-0,230	-0,22	-0,173	-0,131	-0,061	0,324
0,850	-0,28	-0,269	-0,26	-0,222	-0,186	-0,127	0,206
0,875	-0,31	-0,308	-0,30	-0,270	-0,241	-0,191	0,088
0,900	-0,35	-0,347	-0,34	-0,318	-0,295	-0,256	-0,031
0,925	-0,39	-0,386	-0,38	-0,365	-0,348	-0,319	-0,150
0,950	-0,43	-0,424	-0,42	-0,411	-0,400	-0,381	-0,268
0,975	-0,46	-0,462	-0,46	-0,456	-0,451	-0,441	-0,385
1,000	-0,50	-0,500	-0,50	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500



AMPLIFICACIÓN MOMENTOS PRIMARIOS EN PRESENCIA DE AXIL . $\psi = -0,5$



$$M(\xi) = M_A \left\{ \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right] \text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) + \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) \right\}$$

$$\xi_m = \frac{1}{\sqrt{\alpha}\pi} \text{Arcotg} \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right]$$



AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (LINEAL)	
MA (un mom)=	1
MB (un mom)=	0,25
ψ =	0,250
u _{lim} =	1,3181
α _{lim} =	0,18

DIMENSIONES VIGA	
L (m)=	
$\xi=X/L$	
ξ_m	Punto de momento amplificado máximo
X=0:	PUNTO DONDE ES MA
$\alpha=N/N_{crit}$	

M0: momentos primarios

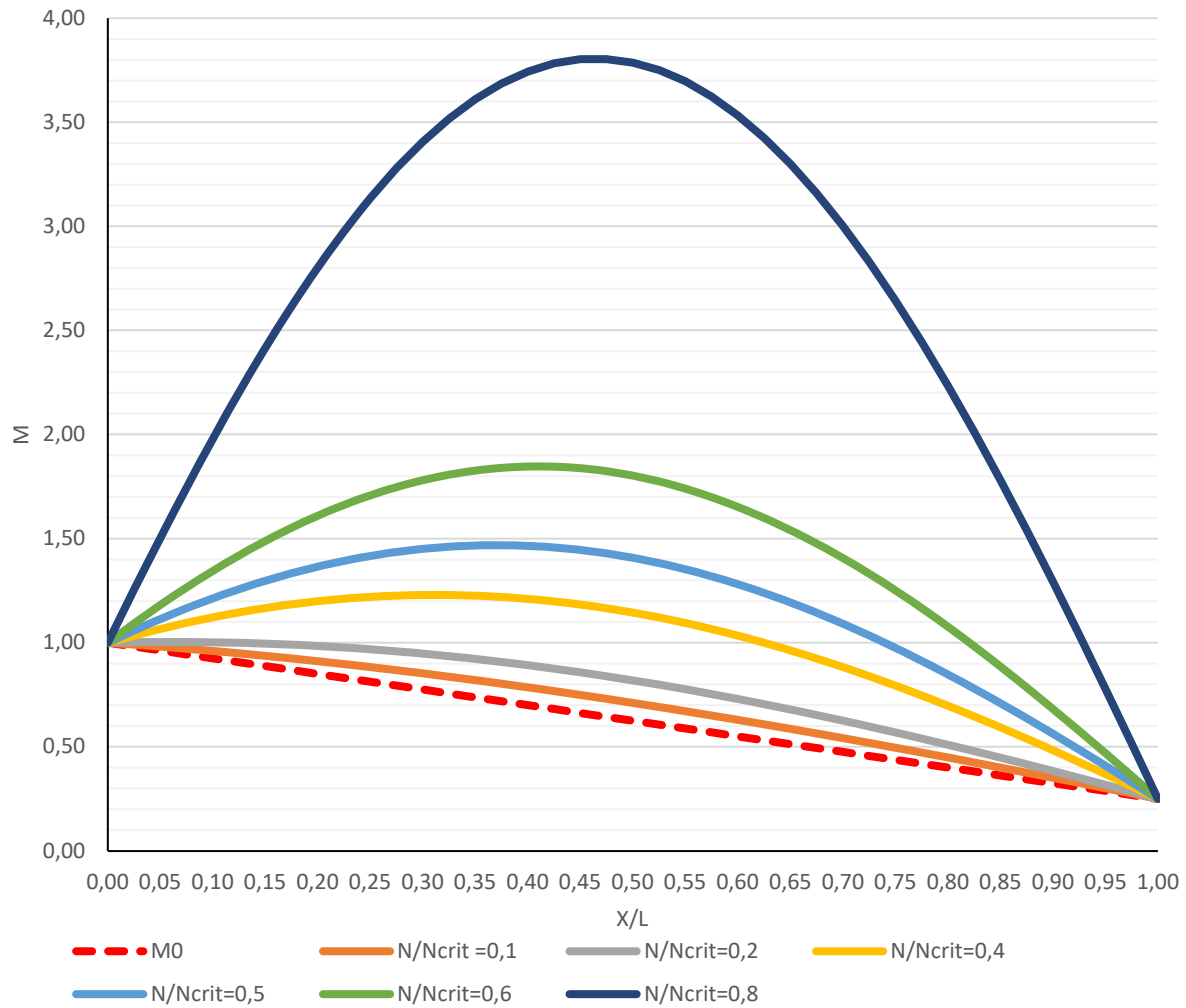
M : momentos amplificados por el axil

M max: momento amplificado máximo = M (ξ_m)

	$\alpha \Rightarrow$	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
u (rad) \Rightarrow		0,9935	1,4050	1,9869	2,2214	2,4335	2,8099
K _{zz} =M _{max} \Rightarrow		1,00	1,00	1,23	1,47	1,85	3,81
$\xi_m \Rightarrow$		0,00	0,06	0,31	0,37	0,41	0,46
ξ	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
0,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,025	0,98	0,991	1,00	1,034	1,058	1,093	1,255
0,050	0,96	0,981	1,00	1,066	1,113	1,181	1,504
0,075	0,94	0,971	1,00	1,095	1,164	1,265	1,746
0,100	0,93	0,960	1,00	1,122	1,212	1,345	1,979
0,125	0,91	0,949	1,00	1,145	1,256	1,419	2,202
0,150	0,89	0,937	1,00	1,166	1,297	1,488	2,415
0,175	0,87	0,924	0,99	1,184	1,333	1,552	2,615
0,200	0,85	0,911	0,98	1,199	1,365	1,610	2,803
0,225	0,83	0,897	0,98	1,211	1,393	1,662	2,976
0,250	0,81	0,883	0,97	1,220	1,417	1,708	3,135
0,275	0,79	0,868	0,96	1,226	1,436	1,747	3,279
0,300	0,78	0,852	0,95	1,229	1,451	1,780	3,406
0,325	0,76	0,836	0,94	1,229	1,461	1,807	3,517
0,350	0,74	0,820	0,92	1,226	1,467	1,827	3,610
0,375	0,72	0,803	0,91	1,220	1,468	1,840	3,686
0,400	0,70	0,785	0,89	1,211	1,465	1,846	3,743
0,425	0,68	0,768	0,88	1,199	1,458	1,845	3,782
0,450	0,66	0,749	0,86	1,184	1,445	1,838	3,802
0,475	0,64	0,730	0,84	1,166	1,429	1,824	3,804
0,500	0,63	0,711	0,82	1,145	1,408	1,803	3,786
0,525	0,61	0,691	0,80	1,121	1,382	1,775	3,750
0,550	0,59	0,671	0,78	1,095	1,353	1,741	3,696
0,575	0,57	0,650	0,75	1,066	1,319	1,700	3,623
0,600	0,55	0,629	0,73	1,034	1,281	1,653	3,532
0,625	0,53	0,608	0,70	1,000	1,239	1,600	3,424
0,650	0,51	0,586	0,68	0,963	1,193	1,541	3,299
0,675	0,49	0,564	0,65	0,924	1,144	1,476	3,158
0,700	0,48	0,542	0,63	0,883	1,091	1,406	3,001
0,725	0,46	0,519	0,60	0,839	1,035	1,331	2,830
0,750	0,44	0,496	0,57	0,793	0,975	1,251	2,644
0,775	0,42	0,472	0,54	0,746	0,913	1,166	2,446
0,800	0,40	0,449	0,51	0,696	0,848	1,077	2,235
0,825	0,38	0,425	0,48	0,645	0,780	0,983	2,013
0,850	0,36	0,400	0,45	0,592	0,710	0,887	1,782
0,875	0,34	0,376	0,42	0,538	0,637	0,786	1,541
0,900	0,33	0,351	0,38	0,483	0,563	0,683	1,293
0,925	0,31	0,326	0,35	0,426	0,487	0,578	1,039
0,950	0,29	0,301	0,32	0,368	0,409	0,470	0,779
0,975	0,27	0,276	0,28	0,309	0,330	0,361	0,516
1,000	0,25	0,250	0,25	0,250	0,250	0,250	0,250



AMPLIFICACIÓN MOMENTOS PRIMARIOS EN PRESENCIA DE AXIL . $\psi=0,25$



$$M(\xi) = M_A \left\{ \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right] \text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) + \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) \right\}$$

$$\xi_m = \frac{1}{\sqrt{\alpha}\pi} \text{Arcotg} \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right]$$

$$\alpha_{lim} = \left[\frac{\text{Arccos}(\psi)}{\pi} \right]^2$$

Si $\alpha \leq \alpha_{lim} \implies M_{max} = M_A$ en $x=0$



AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (LINEAL)	
MA (un mom)=	1
MB (un mom)=	0
ψ =	0,000
ulim=	1,5708
α lim=	0,25

DIMENSIONES VIGA	
L (m)=	
$\xi=X/L$	
ξ_m	Punto de momento amplificado máximo
X=0:	PUNTO DONDE ES MA
$\alpha=N/N_{crit}$	

M0: momentos primarios

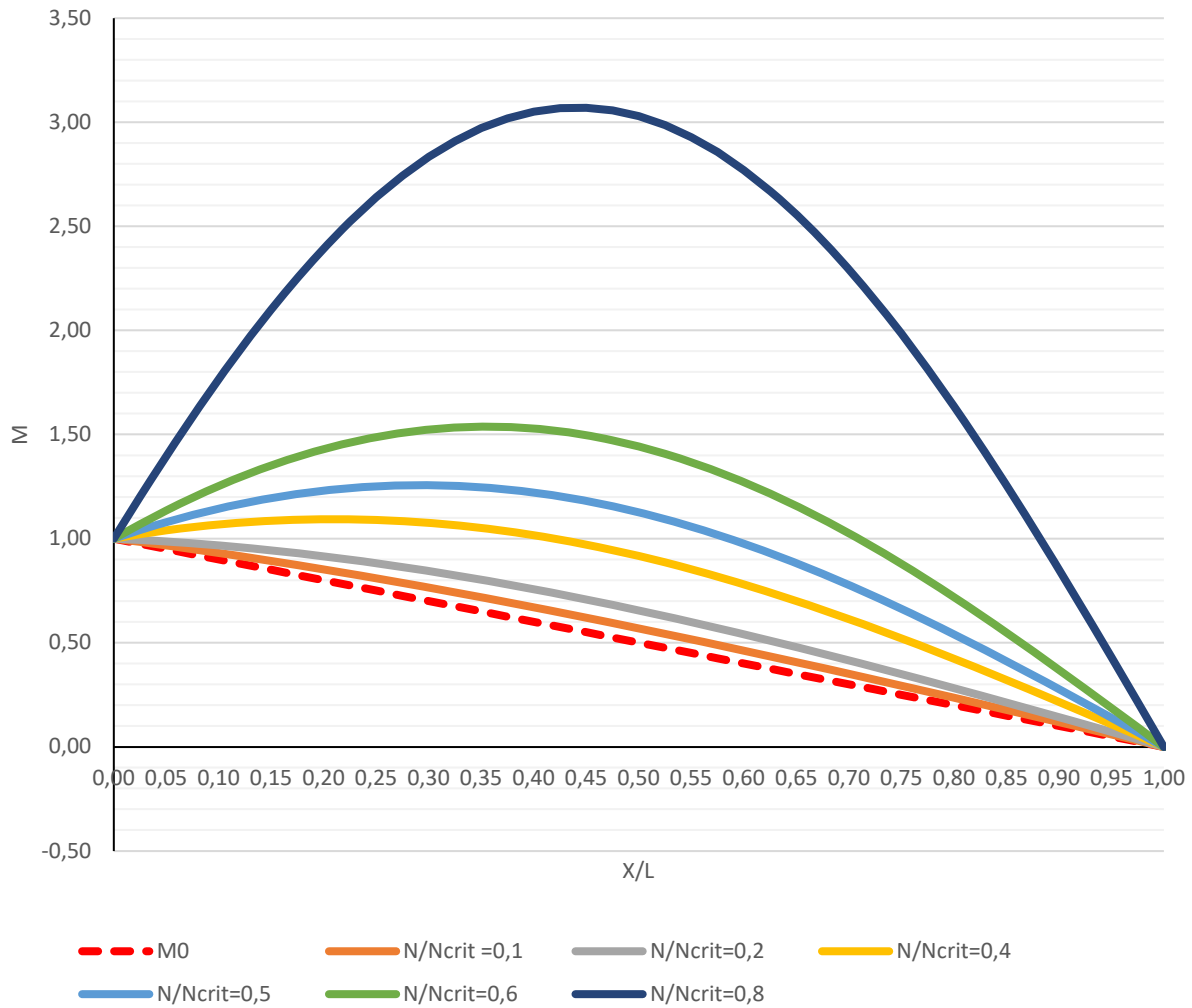
M : momentos amplificados por el axil

M max: momento amplificado máximo = M (ξ_m)

	$\alpha \Rightarrow$	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
u (rad) \Rightarrow		0,9935	1,4050	1,9869	2,2214	2,4335	2,8099
Kzz=Mmax \Rightarrow		1,00	1,00	1,09	1,26	1,54	3,07
$\xi_m \Rightarrow$		0,00	0,00	0,21	0,29	0,35	0,44
ξ	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
0,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,025	0,98	0,984	0,99	1,021	1,041	1,069	1,201
0,050	0,95	0,966	0,99	1,039	1,078	1,134	1,397
0,075	0,93	0,949	0,98	1,055	1,112	1,195	1,585
0,100	0,90	0,930	0,97	1,068	1,143	1,252	1,766
0,125	0,88	0,912	0,96	1,078	1,170	1,304	1,938
0,150	0,85	0,892	0,94	1,086	1,194	1,351	2,100
0,175	0,83	0,872	0,93	1,091	1,214	1,393	2,253
0,200	0,80	0,852	0,91	1,093	1,230	1,430	2,393
0,225	0,78	0,831	0,90	1,093	1,242	1,462	2,523
0,250	0,75	0,809	0,88	1,090	1,251	1,488	2,639
0,275	0,73	0,787	0,86	1,084	1,256	1,509	2,743
0,300	0,70	0,765	0,84	1,076	1,257	1,524	2,833
0,325	0,68	0,742	0,82	1,065	1,254	1,534	2,909
0,350	0,65	0,718	0,80	1,051	1,247	1,537	2,971
0,375	0,63	0,694	0,78	1,035	1,236	1,536	3,018
0,400	0,60	0,670	0,76	1,016	1,221	1,528	3,051
0,425	0,58	0,645	0,73	0,995	1,203	1,515	3,068
0,450	0,55	0,620	0,71	0,971	1,181	1,496	3,070
0,475	0,53	0,595	0,68	0,945	1,155	1,472	3,057
0,500	0,50	0,569	0,66	0,916	1,126	1,442	3,029
0,525	0,48	0,543	0,63	0,885	1,093	1,407	2,986
0,550	0,45	0,516	0,60	0,852	1,057	1,367	2,928
0,575	0,43	0,489	0,57	0,817	1,018	1,321	2,856
0,600	0,40	0,462	0,54	0,780	0,975	1,271	2,770
0,625	0,38	0,434	0,51	0,741	0,930	1,216	2,670
0,650	0,35	0,407	0,48	0,700	0,882	1,157	2,556
0,675	0,33	0,379	0,45	0,658	0,831	1,093	2,431
0,700	0,30	0,350	0,41	0,614	0,777	1,025	2,293
0,725	0,28	0,322	0,38	0,568	0,721	0,954	2,144
0,750	0,25	0,293	0,35	0,521	0,663	0,879	1,984
0,775	0,23	0,265	0,32	0,473	0,602	0,800	1,815
0,800	0,20	0,236	0,28	0,423	0,540	0,719	1,636
0,825	0,18	0,206	0,25	0,373	0,476	0,635	1,450
0,850	0,15	0,177	0,21	0,321	0,411	0,549	1,256
0,875	0,13	0,148	0,18	0,269	0,345	0,460	1,057
0,900	0,10	0,118	0,14	0,216	0,277	0,370	0,852
0,925	0,07	0,089	0,11	0,162	0,208	0,279	0,642
0,950	0,05	0,059	0,07	0,108	0,139	0,187	0,430
0,975	0,02	0,030	0,04	0,054	0,070	0,093	0,216
1,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000



AMPLIFICACIÓN MOMENTOS PRIMARIOS EN PRESENCIA DE AXIL . $\psi=0$



$$M(\xi) = M_A \left\{ \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right] \text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) + \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) \right\}$$

$$\xi_m = \frac{1}{\sqrt{\alpha}\pi} \text{Arcotg} \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right]$$

$$\alpha_{lim} = \left[\frac{\text{Arccos}(\psi)}{\pi} \right]^2$$

Si $\alpha \leq \alpha_{lim} \implies M_{max} = M_A$ en $x=0$



AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (LINEAL)

MA (un mom)=	1
MB (un mom)=	-0,25
ψ =	-0,250
u _{lim} =	1,8235
α _{lim} =	0,34

DIMENSIONES VIGA

L (m)=	
$\xi=X/L$	
ξ_m	Punto de momento amplificado máximo
X=0:	PUNTO DONDE ES MA
$\alpha=N/N_{crit}$	

M0: momentos primarios

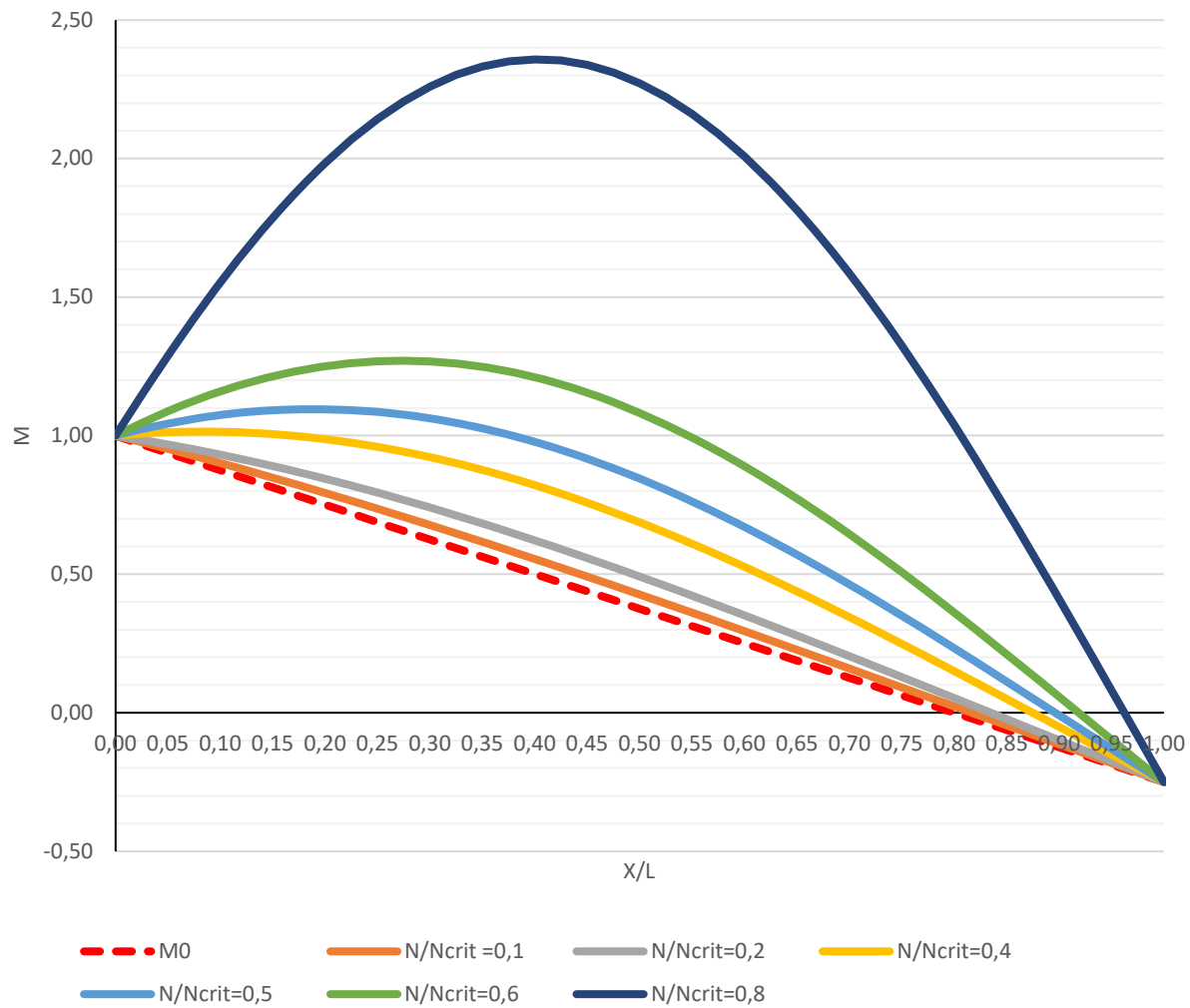
M : momentos amplificados por el axil

M max: momento amplificado máximo = M (ξ_m)

	$\alpha \Rightarrow$	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
	u (rad) =>	0,9935	1,4050	1,9869	2,2214	2,4335	2,8099
	K _{zz} =M _{max} =>	1,00	1,00	1,01	1,10	1,27	2,36
	$\xi_m \Rightarrow$	0,00	0,00	0,08	0,19	0,27	0,40
ξ	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
0,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,025	0,97	0,976	0,98	1,007	1,023	1,046	1,147
0,050	0,94	0,952	0,97	1,012	1,043	1,088	1,289
0,075	0,91	0,927	0,95	1,014	1,060	1,126	1,425
0,100	0,88	0,901	0,93	1,014	1,074	1,159	1,553
0,125	0,84	0,875	0,91	1,011	1,084	1,189	1,674
0,150	0,81	0,848	0,89	1,005	1,091	1,214	1,786
0,175	0,78	0,821	0,87	0,998	1,095	1,234	1,890
0,200	0,75	0,793	0,84	0,987	1,095	1,250	1,984
0,225	0,72	0,765	0,82	0,975	1,092	1,262	2,069
0,250	0,69	0,736	0,79	0,959	1,085	1,268	2,143
0,275	0,66	0,707	0,77	0,942	1,076	1,270	2,207
0,300	0,63	0,677	0,74	0,922	1,062	1,268	2,260
0,325	0,59	0,647	0,71	0,900	1,046	1,260	2,302
0,350	0,56	0,617	0,68	0,876	1,026	1,248	2,332
0,375	0,53	0,586	0,65	0,849	1,003	1,232	2,351
0,400	0,50	0,555	0,62	0,821	0,977	1,210	2,358
0,425	0,47	0,523	0,59	0,790	0,949	1,185	2,354
0,450	0,44	0,491	0,56	0,758	0,917	1,154	2,338
0,475	0,41	0,459	0,52	0,723	0,882	1,120	2,311
0,500	0,38	0,427	0,49	0,687	0,845	1,082	2,272
0,525	0,34	0,394	0,46	0,649	0,805	1,039	2,222
0,550	0,31	0,361	0,42	0,610	0,762	0,993	2,161
0,575	0,28	0,328	0,39	0,569	0,717	0,943	2,089
0,600	0,25	0,294	0,35	0,526	0,670	0,889	2,007
0,625	0,22	0,261	0,31	0,483	0,621	0,832	1,915
0,650	0,19	0,227	0,28	0,438	0,570	0,772	1,814
0,675	0,16	0,193	0,24	0,392	0,517	0,710	1,703
0,700	0,13	0,159	0,20	0,345	0,463	0,644	1,585
0,725	0,09	0,125	0,17	0,297	0,407	0,577	1,458
0,750	0,06	0,091	0,13	0,249	0,350	0,507	1,324
0,775	0,03	0,057	0,09	0,199	0,292	0,435	1,184
0,800	0,00	0,023	0,05	0,150	0,233	0,362	1,038
0,825	-0,03	-0,012	0,01	0,100	0,173	0,287	0,887
0,850	-0,06	-0,046	-0,02	0,050	0,113	0,211	0,731
0,875	-0,09	-0,080	-0,06	-0,001	0,052	0,135	0,572
0,900	-0,13	-0,114	-0,10	-0,051	-0,009	0,057	0,410
0,925	-0,16	-0,148	-0,14	-0,101	-0,070	-0,020	0,246
0,950	-0,19	-0,182	-0,18	-0,151	-0,130	-0,097	0,081
0,975	-0,22	-0,216	-0,21	-0,201	-0,190	-0,174	-0,085
1,000	-0,25	-0,250	-0,25	-0,250	-0,250	-0,250	-0,250



AMPLIFICACIÓN MOMENTOS PRIMARIOS EN PRESENCIA DE AXIL . $\psi = -0,25$



$$M(\xi) = M_A \left\{ \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right] \text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) + \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) \right\}$$

$$\xi_m = \frac{1}{\sqrt{\alpha}\pi} \text{Arcotg} \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right]$$

$$\alpha_{lim} = \left[\frac{\text{Arccos}(\psi)}{\pi} \right]^2$$

Si $\alpha \leq \alpha_{lim} \implies M_{max} = M_A$ en $x=0$



AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (LINEAL)

MA (un mom)=	1
MB (un mom)=	-0,5
ψ =	-0,500
u _{lim} =	2,0944
α _{lim} =	0,44

DIMENSIONES VIGA

L (m)=	
$\xi=X/L$	
ξ_m	Punto de momento amplificado máximo
X=0:	PUNTO DONDE ES MA
$\alpha=N/N_{crit}$	

M0: momentos primarios

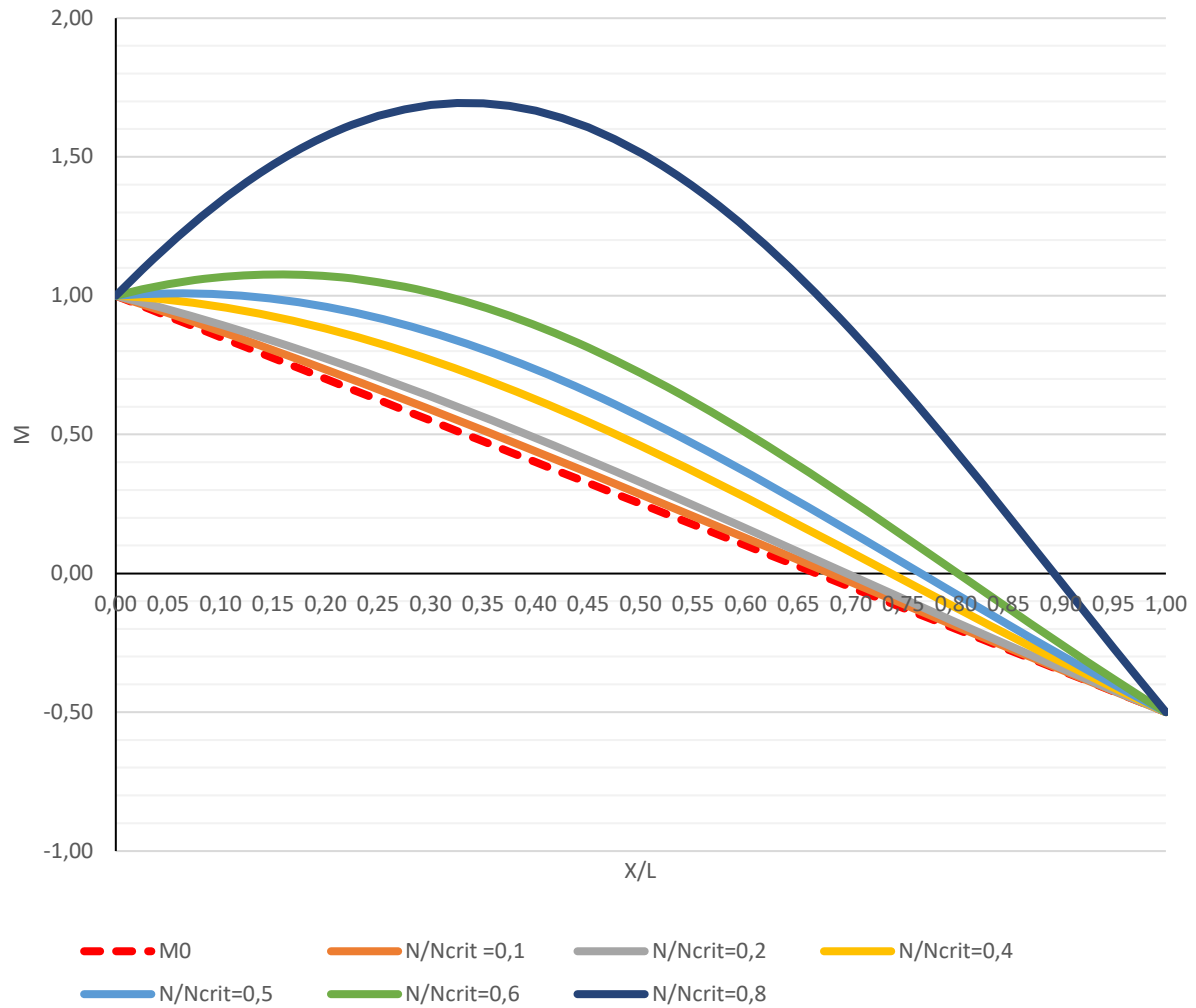
M : momentos amplificados por el axil

M max: momento amplificado máximo = M (ξ_m)

	$\alpha \Rightarrow$	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
	u (rad) =>	0,9935	1,4050	1,9869	2,2214	2,4335	2,8099
	K _{zz} =M _{max} =>	1,00	1,00	1,00	1,01	1,08	1,69
	$\xi_m \Rightarrow$	0,00	0,00	0,00	0,06	0,16	0,33
ξ	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
0,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,025	0,96	0,969	0,98	0,994	1,006	1,022	1,094
0,050	0,93	0,937	0,95	0,985	1,009	1,041	1,182
0,075	0,89	0,904	0,92	0,973	1,008	1,056	1,264
0,100	0,85	0,871	0,90	0,960	1,005	1,067	1,340
0,125	0,81	0,838	0,87	0,944	0,998	1,074	1,410
0,150	0,78	0,804	0,84	0,925	0,988	1,077	1,472
0,175	0,74	0,769	0,81	0,904	0,976	1,076	1,528
0,200	0,70	0,734	0,77	0,882	0,960	1,071	1,575
0,225	0,66	0,698	0,74	0,856	0,941	1,062	1,615
0,250	0,63	0,663	0,71	0,829	0,920	1,049	1,647
0,275	0,59	0,626	0,67	0,800	0,895	1,032	1,671
0,300	0,55	0,589	0,64	0,769	0,868	1,011	1,687
0,325	0,51	0,552	0,60	0,736	0,838	0,987	1,694
0,350	0,48	0,515	0,56	0,701	0,806	0,959	1,693
0,375	0,44	0,477	0,53	0,664	0,771	0,927	1,684
0,400	0,40	0,439	0,49	0,626	0,734	0,892	1,666
0,425	0,36	0,401	0,45	0,586	0,694	0,854	1,640
0,450	0,33	0,362	0,41	0,545	0,652	0,813	1,606
0,475	0,29	0,323	0,37	0,502	0,609	0,768	1,564
0,500	0,25	0,284	0,33	0,458	0,563	0,721	1,514
0,525	0,21	0,245	0,29	0,413	0,516	0,671	1,457
0,550	0,18	0,206	0,25	0,367	0,467	0,619	1,393
0,575	0,14	0,166	0,20	0,320	0,416	0,564	1,322
0,600	0,10	0,127	0,16	0,272	0,365	0,507	1,244
0,625	0,06	0,087	0,12	0,224	0,312	0,448	1,160
0,650	0,02	0,048	0,08	0,175	0,258	0,388	1,071
0,675	-0,01	0,008	0,04	0,126	0,204	0,326	0,976
0,700	-0,05	-0,032	-0,01	0,076	0,149	0,263	0,876
0,725	-0,09	-0,072	-0,05	0,026	0,093	0,199	0,772
0,750	-0,13	-0,111	-0,09	-0,024	0,037	0,135	0,665
0,775	-0,16	-0,151	-0,13	-0,074	-0,019	0,070	0,554
0,800	-0,20	-0,190	-0,18	-0,123	-0,075	0,004	0,440
0,825	-0,24	-0,230	-0,22	-0,173	-0,131	-0,061	0,324
0,850	-0,28	-0,269	-0,26	-0,222	-0,186	-0,127	0,206
0,875	-0,31	-0,308	-0,30	-0,270	-0,241	-0,191	0,088
0,900	-0,35	-0,347	-0,34	-0,318	-0,295	-0,256	-0,031
0,925	-0,39	-0,386	-0,38	-0,365	-0,348	-0,319	-0,150
0,950	-0,43	-0,424	-0,42	-0,411	-0,400	-0,381	-0,268
0,975	-0,46	-0,462	-0,46	-0,456	-0,451	-0,441	-0,385
1,000	-0,50	-0,500	-0,50	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500



AMPLIFICACIÓN MOMENTOS PRIMARIOS EN PRESENCIA DE AXIL . $\psi = -0,50$



$$M(\xi) = M_A \left\{ \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right] \text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) + \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) \right\}$$

$$\xi_m = \frac{1}{\sqrt{\alpha}\pi} \text{Arcotg} \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right]$$

$$\alpha_{lim} = \left[\frac{\text{Arccos}(\psi)}{\pi} \right]^2$$

Si $\alpha \leq \alpha_{lim} \implies M_{max} = M_A$ en $x=0$



AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (LINEAL)

MA (un mom)=	1
MB (un mom)=	-0,75
ψ =	-0,750
u _{lim} =	2,4189
α _{lim} =	0,59

DIMENSIONES VIGA

L (m)=	
$\xi=X/L$	
ξ_m	Punto de momento amplificado máximo
X=0:	PUNTO DONDE ES MA
$\alpha=N/N_{crit}$	

M0: momentos primarios

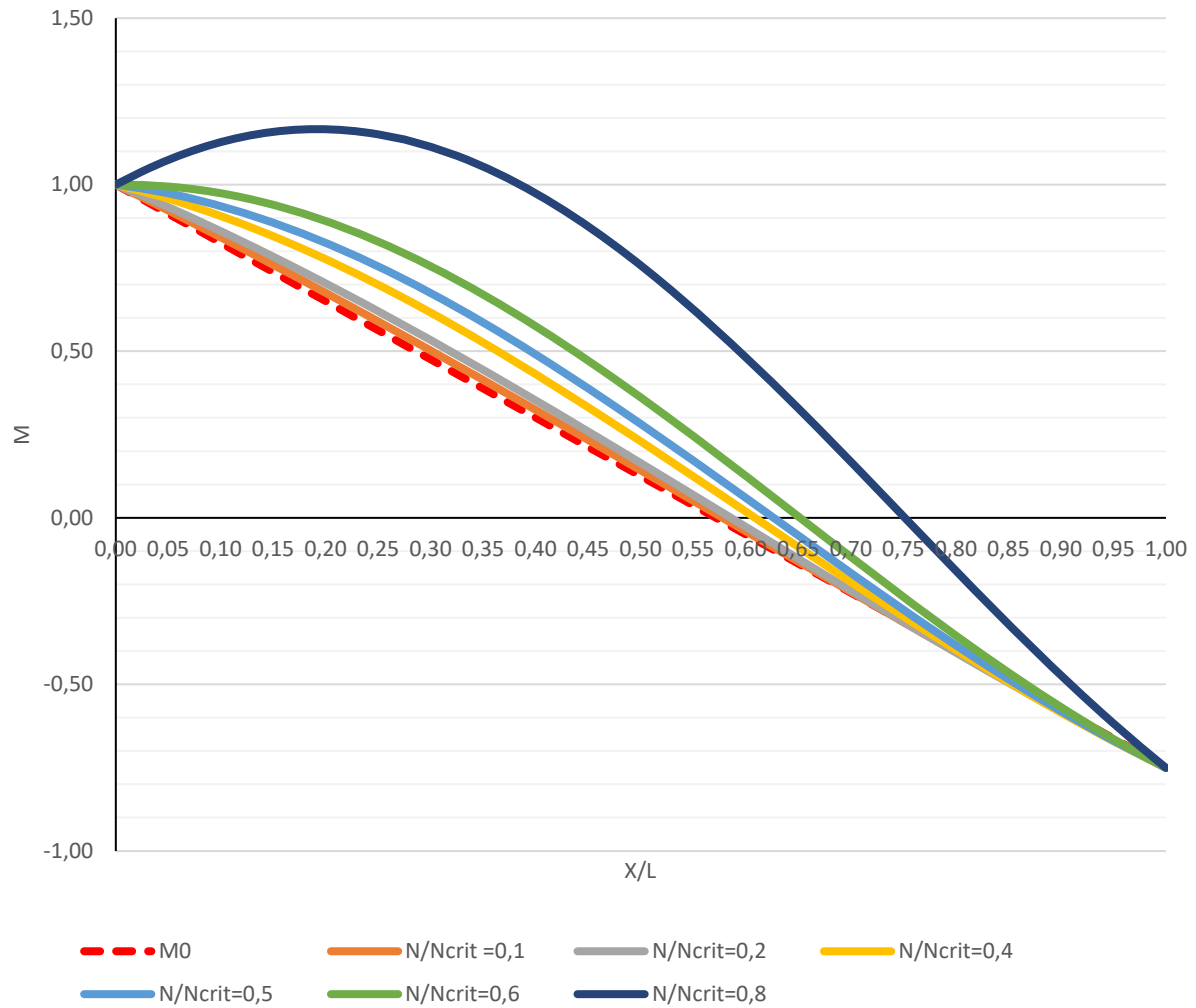
M : momentos amplificados por el axil

M max: momento amplificado máximo = M (ξ_m)

	$\alpha \Rightarrow$	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
	u (rad) =>	0,9935	1,4050	1,9869	2,2214	2,4335	2,8099
	K _{zz} =M _{max} =>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,17
	$\xi_m \Rightarrow$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,19
ξ	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
0,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,025	0,96	0,961	0,97	0,980	0,988	0,999	1,040
0,050	0,91	0,922	0,93	0,958	0,974	0,994	1,074
0,075	0,87	0,882	0,90	0,933	0,956	0,986	1,103
0,100	0,83	0,842	0,86	0,906	0,935	0,974	1,127
0,125	0,78	0,801	0,82	0,876	0,912	0,959	1,146
0,150	0,74	0,759	0,78	0,845	0,886	0,939	1,158
0,175	0,69	0,717	0,74	0,811	0,857	0,917	1,165
0,200	0,65	0,675	0,70	0,776	0,825	0,891	1,166
0,225	0,61	0,632	0,66	0,738	0,791	0,861	1,162
0,250	0,56	0,589	0,62	0,699	0,754	0,829	1,151
0,275	0,52	0,546	0,58	0,658	0,715	0,793	1,135
0,300	0,48	0,502	0,53	0,615	0,674	0,755	1,114
0,325	0,43	0,458	0,49	0,571	0,631	0,714	1,086
0,350	0,39	0,413	0,44	0,526	0,585	0,670	1,054
0,375	0,34	0,369	0,40	0,479	0,538	0,623	1,016
0,400	0,30	0,324	0,35	0,431	0,490	0,575	0,974
0,425	0,26	0,278	0,31	0,382	0,440	0,524	0,926
0,450	0,21	0,233	0,26	0,331	0,388	0,471	0,874
0,475	0,17	0,188	0,21	0,281	0,335	0,417	0,818
0,500	0,13	0,142	0,16	0,229	0,282	0,361	0,757
0,525	0,08	0,097	0,12	0,177	0,227	0,303	0,693
0,550	0,04	0,051	0,07	0,124	0,172	0,245	0,626
0,575	-0,01	0,005	0,02	0,071	0,116	0,185	0,555
0,600	-0,05	-0,041	-0,03	0,018	0,059	0,125	0,482
0,625	-0,09	-0,086	-0,08	-0,035	0,003	0,065	0,406
0,650	-0,14	-0,132	-0,12	-0,088	-0,053	0,004	0,328
0,675	-0,18	-0,178	-0,17	-0,141	-0,110	-0,057	0,249
0,700	-0,23	-0,223	-0,22	-0,193	-0,166	-0,118	0,168
0,725	-0,27	-0,268	-0,27	-0,245	-0,221	-0,178	0,087
0,750	-0,31	-0,314	-0,31	-0,296	-0,276	-0,237	0,005
0,775	-0,36	-0,358	-0,36	-0,347	-0,330	-0,296	-0,077
0,800	-0,40	-0,403	-0,40	-0,397	-0,382	-0,353	-0,159
0,825	-0,44	-0,448	-0,45	-0,446	-0,434	-0,410	-0,239
0,850	-0,49	-0,492	-0,50	-0,493	-0,484	-0,464	-0,319
0,875	-0,53	-0,536	-0,54	-0,540	-0,533	-0,517	-0,397
0,900	-0,58	-0,579	-0,58	-0,585	-0,580	-0,568	-0,473
0,925	-0,62	-0,623	-0,63	-0,629	-0,626	-0,617	-0,547
0,950	-0,66	-0,666	-0,67	-0,671	-0,669	-0,664	-0,618
0,975	-0,71	-0,708	-0,71	-0,711	-0,711	-0,708	-0,685
1,000	-0,75	-0,750	-0,75	-0,750	-0,750	-0,750	-0,750



AMPLIFICACIÓN MOMENTOS PRIMARIOS EN PRESENCIA DE AXIL . $\psi = -0,75$



$$M(\xi) = M_A \left\{ \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right] \text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) + \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) \right\}$$

$$\xi_m = \frac{1}{\sqrt{\alpha}\pi} \text{Arcotg} \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right]$$

$$\alpha_{lim} = \left[\frac{\text{Arccos}(\psi)}{\pi} \right]^2$$

Si $\alpha \leq \alpha_{lim} \implies M_{max} = M_A$ en $x=0$



AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (LINEAL)

MA (un mom)=	1
MB (un mom)=	-1
ψ =	-1,000
u _{lim} =	3,1416
α _{lim} =	1,00

DIMENSIONES VIGA

L (m)=	
$\xi=X/L$	
ξ_m	Punto de momento amplificado máximo
X=0:	PUNTO DONDE ES MA
$\alpha=N/N_{crit}$	

M0: momentos primarios

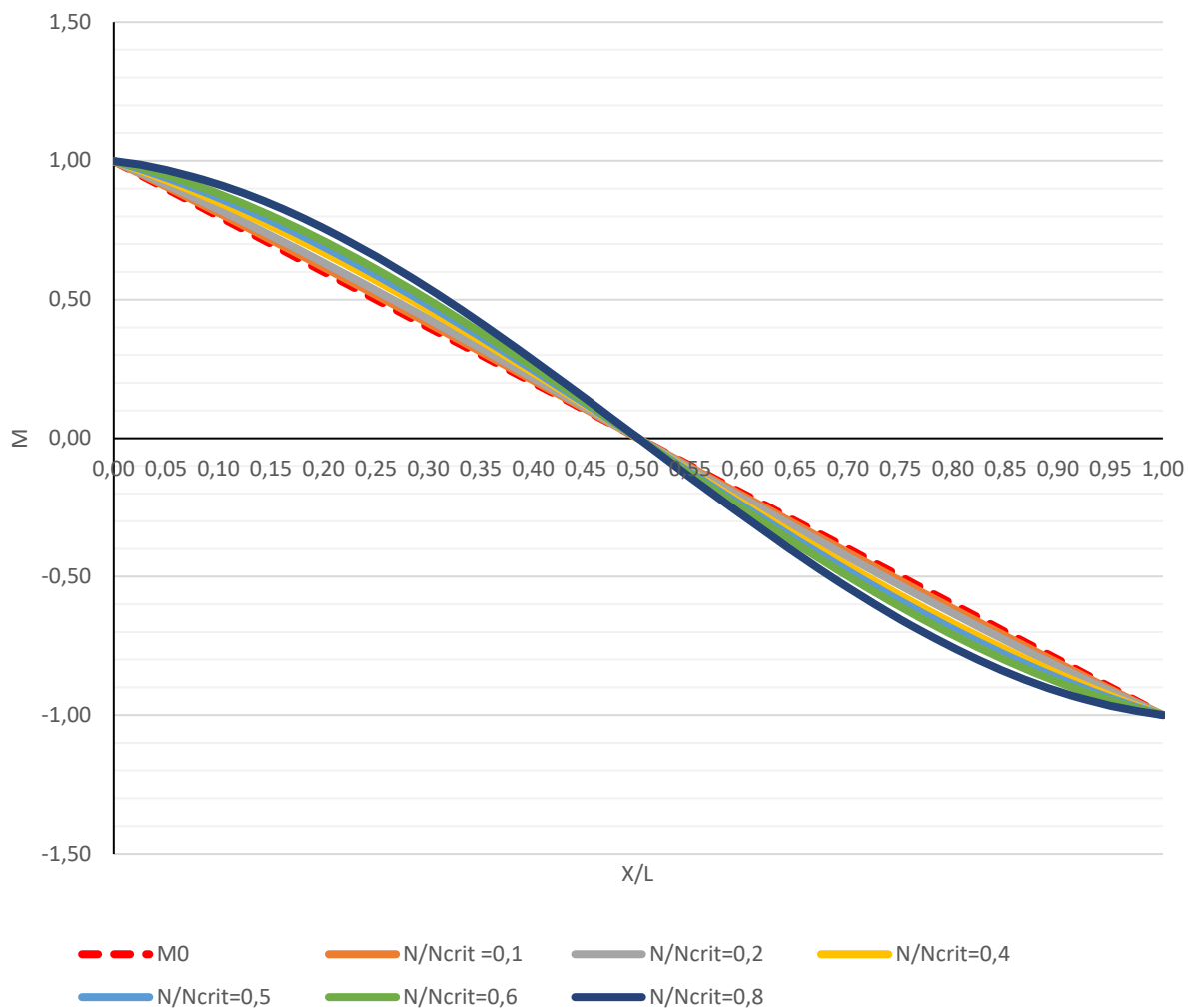
M : momentos amplificados por el axil

M max: momento amplificado máximo = M (ξ_m)

	$\alpha \Rightarrow$	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
	u (rad) =>	0,9935	1,4050	1,9869	2,2214	2,4335	2,8099
	K _{zz} =M _{max} =>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	$\xi_m \Rightarrow$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ξ	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
0,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,025	0,95	0,954	0,96	0,966	0,971	0,976	0,986
0,050	0,90	0,907	0,91	0,930	0,939	0,948	0,967
0,075	0,85	0,860	0,87	0,892	0,904	0,916	0,943
0,100	0,80	0,812	0,82	0,852	0,866	0,881	0,914
0,125	0,75	0,764	0,78	0,809	0,826	0,843	0,881
0,150	0,70	0,715	0,73	0,765	0,783	0,802	0,844
0,175	0,65	0,666	0,68	0,718	0,738	0,758	0,802
0,200	0,60	0,616	0,63	0,670	0,690	0,711	0,757
0,225	0,55	0,566	0,58	0,620	0,640	0,661	0,708
0,250	0,50	0,516	0,53	0,569	0,588	0,609	0,655
0,275	0,45	0,465	0,48	0,516	0,535	0,555	0,599
0,300	0,40	0,414	0,43	0,462	0,480	0,499	0,540
0,325	0,35	0,363	0,38	0,407	0,423	0,440	0,479
0,350	0,30	0,312	0,32	0,350	0,365	0,381	0,415
0,375	0,25	0,260	0,27	0,293	0,306	0,319	0,349
0,400	0,20	0,208	0,22	0,236	0,246	0,257	0,281
0,425	0,15	0,156	0,16	0,177	0,185	0,194	0,212
0,450	0,10	0,104	0,11	0,118	0,124	0,129	0,142
0,475	0,05	0,052	0,05	0,059	0,062	0,065	0,071
0,500	0,00	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
0,525	-0,05	-0,052	-0,05	-0,059	-0,062	-0,065	-0,071
0,550	-0,10	-0,104	-0,11	-0,118	-0,124	-0,129	-0,142
0,575	-0,15	-0,156	-0,16	-0,177	-0,185	-0,194	-0,212
0,600	-0,20	-0,208	-0,22	-0,236	-0,246	-0,257	-0,281
0,625	-0,25	-0,260	-0,27	-0,293	-0,306	-0,319	-0,349
0,650	-0,30	-0,312	-0,32	-0,350	-0,365	-0,381	-0,415
0,675	-0,35	-0,363	-0,38	-0,407	-0,423	-0,440	-0,479
0,700	-0,40	-0,414	-0,43	-0,462	-0,480	-0,499	-0,540
0,725	-0,45	-0,465	-0,48	-0,516	-0,535	-0,555	-0,599
0,750	-0,50	-0,516	-0,53	-0,569	-0,588	-0,609	-0,655
0,775	-0,55	-0,566	-0,58	-0,620	-0,640	-0,661	-0,708
0,800	-0,60	-0,616	-0,63	-0,670	-0,690	-0,711	-0,757
0,825	-0,65	-0,666	-0,68	-0,718	-0,738	-0,758	-0,802
0,850	-0,70	-0,715	-0,73	-0,765	-0,783	-0,802	-0,844
0,875	-0,75	-0,764	-0,78	-0,809	-0,826	-0,843	-0,881
0,900	-0,80	-0,812	-0,82	-0,852	-0,866	-0,881	-0,914
0,925	-0,85	-0,860	-0,87	-0,892	-0,904	-0,916	-0,943
0,950	-0,90	-0,907	-0,91	-0,930	-0,939	-0,948	-0,967
0,975	-0,95	-0,954	-0,96	-0,966	-0,971	-0,976	-0,986
1,000	-1,00	-1,000	-1,00	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000



AMPLIFICACIÓN MOMENTOS PRIMARIOS EN PRESENCIA DE AXIL . $\psi = -1$



$$M(\xi) = M_A \left\{ \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right] \text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) + \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi\xi) \right\}$$

$$\xi_m = \frac{1}{\sqrt{\alpha}\pi} \text{Arcotg} \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right]$$

$$\alpha_{lim} = \left[\frac{\text{Arccos}(\psi)}{\pi} \right]^2$$

Si $\alpha \leq \alpha_{lim} \implies M_{max} = M_A$ en $x=0$

Sacamos las siguientes conclusiones:

1) Cuando $\psi = -1$ para cualquier valor del axil, el momento amplificado es menor que los momentos primarios en los extremos.

2) Si llamamos m_0 a la pendiente del momento amplificado en $x=0$:

2.1. Si el signo de m_0 es el mismo que el de M_A \implies El momento máximo amplificado es mayor que M_A y no se encuentra, por tanto, en $x=0$.

2.2. Si el signo de m_0 es distinto que el de M_A \implies El momento máximo amplificado es menor que M_A y se encuentra, por tanto, en $x=0$.

Esto se puede expresar matemáticamente como:

Si $\psi \leq \cos(u)$ \implies $M_{\text{máximo}} = M_A$ (en $x=0$)

Si $\psi > \cos(u)$ \implies $M_{\text{máximo}} = M_m$ (en $x = x_m$)

Conocido un ψ habrá un axil N_{lim} que haga que:

Si $N \leq N_{\text{lim}}$ \implies $\psi \leq \cos(u_{\text{lim}})$ \implies $M_{\text{máximo}} = M_A$ (en $x=0$)
 $\alpha \leq \alpha_{\text{lim}}$

$$u_{\text{lim}} = \text{ArcCos}(\psi)$$

$$\alpha_{\text{lim}} = \left[\frac{u_{\text{lim}}}{\pi} \right]^2$$

$$k_{\text{lim}} = \frac{u_{\text{lim}}}{L}$$

$$N_{\text{lim}} = EI (k_{\text{lim}})^2$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 9
AMPLIFICACION DE LOS MOMENTOS PRIMARIOS
COEFICIENTE DE MOMENTO UNIFORME

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO N°:

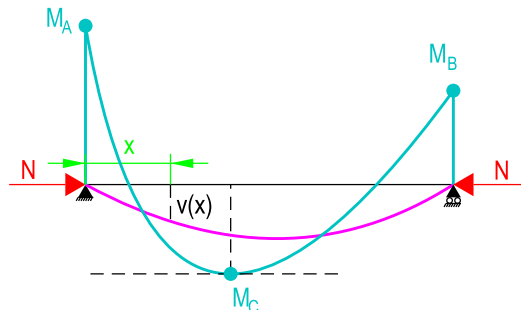
CE-AP9-28

3.- AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL AXIL. BARRA BIARTICULADA. LEY DE MOMENTOS PARABÓLICA

Ley de Momentos exteriores:

$$M_0(x) = a x^2 + b x + c$$

Los coeficientes de la parábola: a,b,c se obtienen en función de los momentos en los extremos: M_A y M_B y del momento máximo relativo en la zona central: M_C



Supongamos que conocemos a,b y c. (después los calcularemos)

Momento interno en una sección x: $M_i(x) = -E I v''(x)$

Estableciendo el equilibrio en la configuración deformada:

$$M_i(x) = M_e(x) \Rightarrow -E I v''(x) = M_0(x) + N v(x)$$

Momento exterior total: $M_e(x) = M_0(x) + N v(x)$

$$\Rightarrow v''(x) + \frac{N}{EI} v(x) = -\frac{M_0(x)}{EI}$$

Llamemos:

$$k^2 = \frac{N}{EI}$$

$$b(x) = -\frac{1}{EI} [a x^2 + b x + c]$$

$$v''(x) + k^2 v(x) = b(x)$$

$k^2 < 0$ si N es compresión

Ecuación diferencial de 2º orden no homogénea de coeficientes constante

RESOLUCIÓN PROBLEMA HOMOGÉNEO ASOCIADO: (igual que en el caso anterior, cambia $b(x)$)

$$v_h''(x) + \frac{N}{EI} v_h(x) = 0$$

Polinomio característico:

$$r^2 + k^2 = 0$$

\Rightarrow

$$r = \pm k i$$

$$i = \sqrt{-1}$$

$$v_h(x) = A \text{ Sen}(kx) + B \text{ Cos}(kx)$$

Solución general del problema homogéneo

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 9

AMPLIFICACION DE LOS MOMENTOS PRIMARIOS
COEFICIENTE DE MOMENTO UNIFORME

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO Nº:

CE-AP9-29

SOLUCIÓN PARTICULAR DEL PROBLEMA NO HOMOGÉNEO Al ser $b(x)$ parabólica, probaremos con $v_p(x)$ parabólica.

$$k^2 = \frac{N}{EI}$$

$$v_p(x) = Px^2 + Qx + R$$

$$v_p'(x) = 2Px + Q$$

$$v_p''(x) = 2P$$

$$v_p''(x) + k^2 v_p(x) = b(x) \Rightarrow 2P + k^2 [Px^2 + Qx + R] = -\frac{1}{EI} [ax^2 + bx + c]$$

$$P = -\frac{a}{N}$$

$$Q = -\frac{b}{N}$$

$$R = \frac{1}{N} \left[\frac{2a}{k^2} - c \right]$$

$$v_p(x) = Px^2 + Qx + R$$

RESOLUCIÓN PROBLEMA NO HOMOGÉNEO :

$$v(x) = v_h(x) + v_p(x)$$

$$v(x) = A \operatorname{Sen}(kx) + B \operatorname{Cos}(kx) + Px^2 + Qx + R$$

Condiciones contorno;

$$v(0) = 0 \Rightarrow B - R = 0 \Rightarrow B = R \Rightarrow B = \frac{1}{N} \left[c - \frac{2a}{k^2} \right]$$

$$v(L) = 0 \Rightarrow \text{Llamemos } u = kL \quad A \operatorname{Sen}(u) + B \operatorname{Cos}(u) + PL^2 + QL + R = 0$$

$$\Rightarrow A = \frac{-R - QL - PL - B \operatorname{Cos}(u)}{\operatorname{Sen}(u)}$$

$$v(x) = \left[\frac{-R - QL - PL - \frac{1}{N} \left[c - \frac{2a}{k^2} \right] \operatorname{Cos}(u)}{\operatorname{Sen}(u)} \right] \operatorname{Sen}(kx) + \frac{1}{N} \left[c - \frac{2a}{k^2} \right] \operatorname{Cos}(kx) + Px^2 + Qx + R$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 9

FORMATO: A4

PLANO N°:

AMPLIFICACION DE LOS MOMENTOS PRIMARIOS
COEFICIENTE DE MOMENTO UNIFORME

ESCALA:

CE-AP9-30

OBTENCIÓN DE LA LEY DE MOMENTOS AMPLIFICADOS

$$k^2 = \frac{N}{EI}$$

$$M(x) = -EI v''(x)$$

$$v(x) = A \text{ Sen}(kx) + B \text{ Cos}(kx) + Px^2 + Qx + R$$

$$v'(x) = k A \text{ Cos}(kx) - k B \text{ Sen}(kx) + 2Px + Q$$

$$v''(x) = -k^2 A \text{ Sen}(kx) - k^2 B \text{ Cos}(kx) + 2P$$

$$M(x) = -EI v''(x) = EI k^2 A \text{ Sen}(kx) + EI k^2 B \text{ Cos}(kx) - 2EIP$$

$$EI k^2 = N$$

$$M(x) = NA \text{ Sen}(kx) + NB \text{ Cos}(kx) + \frac{2a}{N} EI$$

$$M(x) = \left[\frac{\left[c - \frac{2a}{k^2} \right] \left[1 - \text{Cos}(u) \right] + aL^2 + bL}{\text{Sen}(u)} \right] \text{Sen}(kx) + \left[c - \frac{2a}{k^2} \right] \text{Cos}(kx) + \frac{2a}{k^2}$$

$$M(x) = F(u) \text{ Sen}(kx) + G(u) \text{ Cos}(kx) + \frac{2a}{k^2}$$

Llamemos x_m la abscisa donde el momento es máximo. $M_m = M(x_m)$

$$x_m = x \quad / \quad \frac{d}{dx} M(x) = 0$$

$$\frac{d}{dx} M(x) = k F(u) \text{ Cos}(kx) - k G(u) \text{ Sen}(kx) = 0 \Rightarrow x_m = \frac{1}{k} \text{Arcotg} \left[\frac{F(u)}{G(u)} \right]$$

$$x_m = \frac{1}{k} \text{Arcotg} \left[\frac{\left[c - \frac{2a}{k^2} \right] \left[1 - \text{Cos}(u) \right] + aL^2 + bL}{\text{Sen}(u) \left[c - \frac{2a}{k^2} \right]} \right]$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 9
AMPLIFICACION DE LOS MOMENTOS PRIMARIOS
COEFICIENTE DE MOMENTO UNIFORME

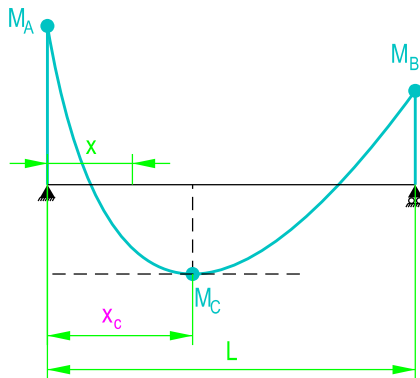
FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO Nº:

CE-AP9-31

3.1. OBTENCION DE a, b, c CUANDO EL MOMENTO PRIMARIO MÁXIMO ESTÁ EN UN EXTREMO.



$$M_0(x) = ax^2 + bx + c$$

$$|M_0 \max| = |M_A|$$

$$M_B = \psi M_A \quad -1 \leq \psi \leq 1$$

$$M_C = \alpha_s M_A \quad -1 \leq \alpha_s < 1$$

$$\left. \frac{d}{dx} M_0(x) \right|_{x=x_c} = 0$$

x_c lo tenemos que calcular (en función de α_s y ψ)

Cálculo de los coeficientes de la parábola: $M_0(x) = ax^2 + bx + c$

1) $M_0(0) = M_A \Rightarrow c = M_A$

2) $M_0(L) = M_B = \psi M_A \Rightarrow a = -\frac{M_A}{L^2} [1 - \psi] - \frac{b}{L}$

3) $\frac{d}{dx} M_0(x_c) = 0 \Rightarrow x_c = -\frac{b}{2a}$

4) $M_0(x_c) = M_C = \alpha_s M_A \Rightarrow a = \frac{b^2}{4 M_A [1 - \alpha_s]}$

$$b^2 L^2 + b [4 M_A [1 - \alpha_s] L] + 4 M_A^2 [1 - \alpha_s] [1 - \psi] = 0$$

Ecuación de 2º grado en b

$$b = -2 \frac{M_A}{L} \left[[1 - \alpha_s] + \sqrt{[1 - \alpha_s] [1 - \psi]} \right]$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 9

FORMATO: A4

PLANO Nº:

AMPLIFICACION DE LOS MOMENTOS PRIMARIOS
COEFICIENTE DE MOMENTO UNIFORME

ESCALA:

CE-AP9-32

Obtenido b, podemos calcular a:

$$a = \frac{M_A}{L^2} \left[1 + \psi - 2\alpha_s + 2 \sqrt{[1-\alpha_s][1-\psi]} \right]$$

Conocidos a y b, podemos calcular x_c

$$x_c = L \frac{[1-\alpha_s] + \sqrt{[1-\alpha_s][1-\psi]}}{1 + \psi - 2\alpha_s + 2 \sqrt{[1-\alpha_s][1-\psi]}}$$

A continuación se muestran los resultados para varios valores de α_s y ψ usando momentos relativos ($MA=1$) y usando la variable adimensional $\xi = \frac{x}{L}$

Más que el módulo del momento amplificado máximo, lo que buscamos es su posición.

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23</p> <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: APÉNDICE 9	FORMATO: A4	PLANO N°:
AMPLIFICACION DE LOS MOMENTOS PRIMARIOS COEFICIENTE DE MOMENTO UNIFORME		ESCALA: <input type="text"/>	CE-AP9-33



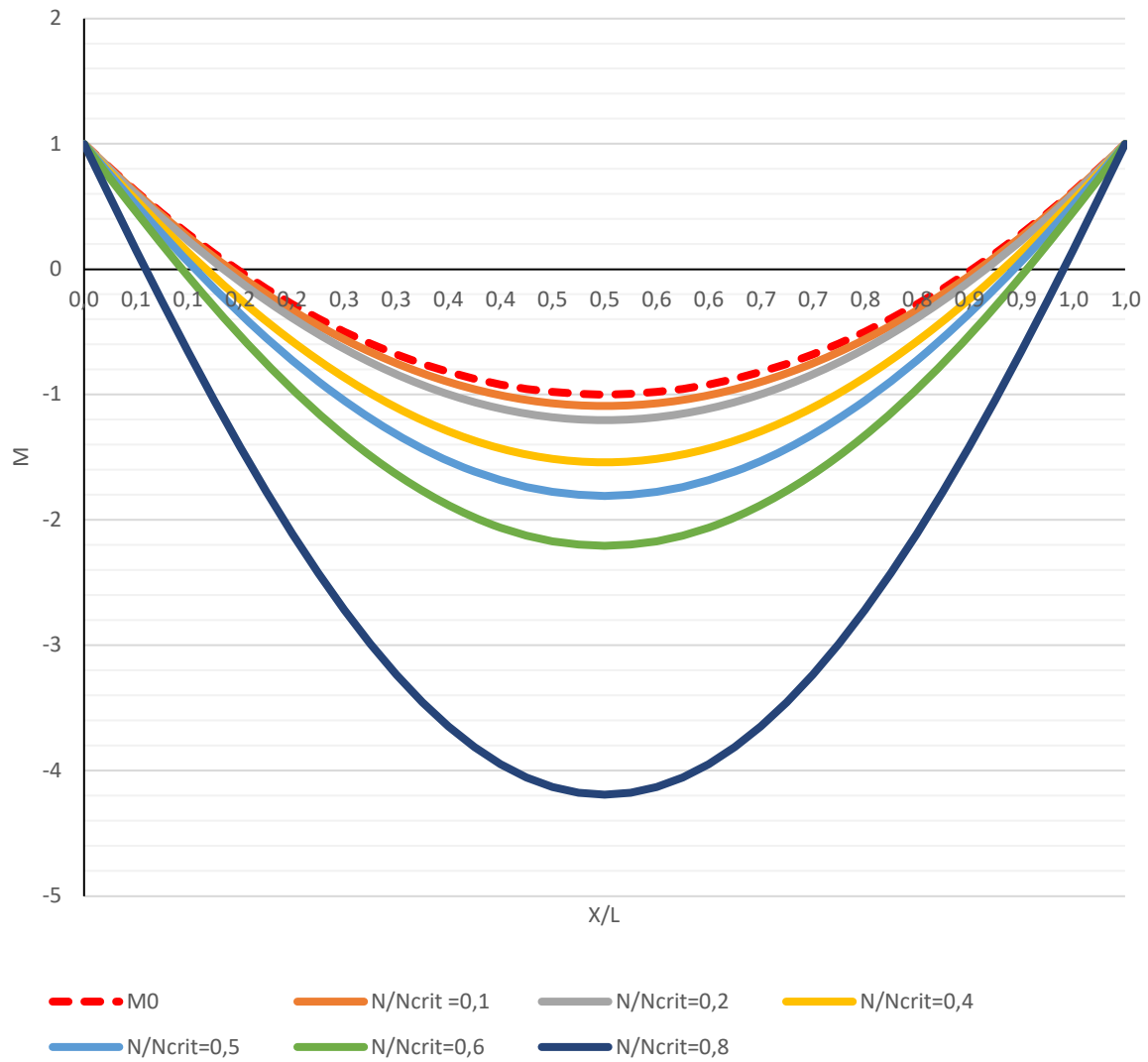
AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION. LEY PARABOLICA

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (PARÁBOLA CON MAXIMO EN EXTREMO A)		LEY PARABOLICA MOMENTOS PRIMARIOS	
MA (un mom)=	1 (MÁXIMO)	a=	8,000
MB (un mom)=	1,0	b=	-8,000
MC (un mom)	-1,0	c=	1,000
ψ =	1,00	$M_0(\xi) = a\xi^2 + b\xi + c$	
α s=	-1,00		
ξ c=	0,50 (punto con MC)	L=	(longitud viga)

ξ	M0(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
0,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,025	0,81	0,800	0,79	0,771	0,752	0,723	0,572
0,050	0,62	0,609	0,60	0,550	0,512	0,454	0,151
0,075	0,45	0,428	0,41	0,338	0,281	0,193	-0,260
0,100	0,28	0,257	0,23	0,135	0,058	-0,059	-0,660
0,125	0,13	0,096	0,06	-0,058	-0,154	-0,301	-1,047
0,150	-0,02	-0,056	-0,10	-0,242	-0,357	-0,531	-1,419
0,175	-0,16	-0,197	-0,25	-0,414	-0,548	-0,750	-1,774
0,200	-0,28	-0,328	-0,39	-0,576	-0,727	-0,956	-2,110
0,225	-0,40	-0,449	-0,52	-0,726	-0,894	-1,148	-2,426
0,250	-0,50	-0,560	-0,64	-0,865	-1,049	-1,326	-2,719
0,275	-0,60	-0,661	-0,74	-0,991	-1,190	-1,489	-2,990
0,300	-0,68	-0,751	-0,84	-1,105	-1,317	-1,637	-3,235
0,325	-0,76	-0,830	-0,92	-1,206	-1,431	-1,768	-3,455
0,350	-0,82	-0,899	-1,00	-1,294	-1,530	-1,883	-3,647
0,375	-0,88	-0,958	-1,06	-1,369	-1,614	-1,981	-3,812
0,400	-0,92	-1,006	-1,11	-1,431	-1,684	-2,062	-3,948
0,425	-0,96	-1,043	-1,15	-1,479	-1,738	-2,125	-4,054
0,450	-0,98	-1,070	-1,18	-1,513	-1,777	-2,171	-4,130
0,475	-1,00	-1,086	-1,20	-1,534	-1,800	-2,198	-4,176
0,500	-1,00	-1,091	-1,20	-1,541	-1,808	-2,207	-4,192
0,525	-1,00	-1,086	-1,20	-1,534	-1,800	-2,198	-4,176
0,550	-0,98	-1,070	-1,18	-1,513	-1,777	-2,171	-4,130
0,575	-0,96	-1,043	-1,15	-1,479	-1,738	-2,125	-4,054
0,600	-0,92	-1,006	-1,11	-1,431	-1,684	-2,062	-3,948
0,625	-0,88	-0,958	-1,06	-1,369	-1,614	-1,981	-3,812
0,650	-0,82	-0,899	-1,00	-1,294	-1,530	-1,883	-3,647
0,675	-0,75	-0,830	-0,92	-1,206	-1,431	-1,768	-3,455
0,700	-0,68	-0,751	-0,84	-1,105	-1,317	-1,637	-3,235
0,725	-0,59	-0,661	-0,74	-0,991	-1,190	-1,489	-2,990
0,750	-0,50	-0,560	-0,64	-0,865	-1,049	-1,326	-2,719
0,775	-0,39	-0,449	-0,52	-0,726	-0,894	-1,148	-2,426
0,800	-0,28	-0,328	-0,39	-0,576	-0,727	-0,956	-2,110
0,825	-0,15	-0,197	-0,25	-0,414	-0,548	-0,750	-1,774
0,850	-0,02	-0,056	-0,10	-0,242	-0,357	-0,531	-1,419
0,875	0,13	0,096	0,06	-0,058	-0,154	-0,301	-1,047
0,900	0,28	0,257	0,23	0,135	0,058	-0,059	-0,660
0,925	0,45	0,428	0,41	0,338	0,281	0,193	-0,260
0,950	0,62	0,609	0,60	0,550	0,512	0,454	0,151
0,975	0,81	0,800	0,79	0,771	0,752	0,723	0,572
1,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000



AMPLIFICACIÓN MOMENTOS PRIMARIOS CON AXIL. LEY
 PARABÓLICA MAX EN A $\psi=1$ $\alpha s=-1$



$$M(\xi) = \left[\frac{[1 - \cos(u)] \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] + a + b}{\text{Sen}(u)} \right] \text{Sen}(u\xi) + \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] \cos(u\xi) + \frac{2a}{u^2}$$

$$u = \sqrt{\alpha} \pi$$

$$\alpha = \frac{N}{N_{crit}}$$

$$\xi_m = \frac{1}{u} \text{Arcotg} \left[\frac{[1 - \cos(u)] \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] + a + b}{\text{Sen}(u) \left[c - \frac{2a}{u^2} \right]} \right]$$



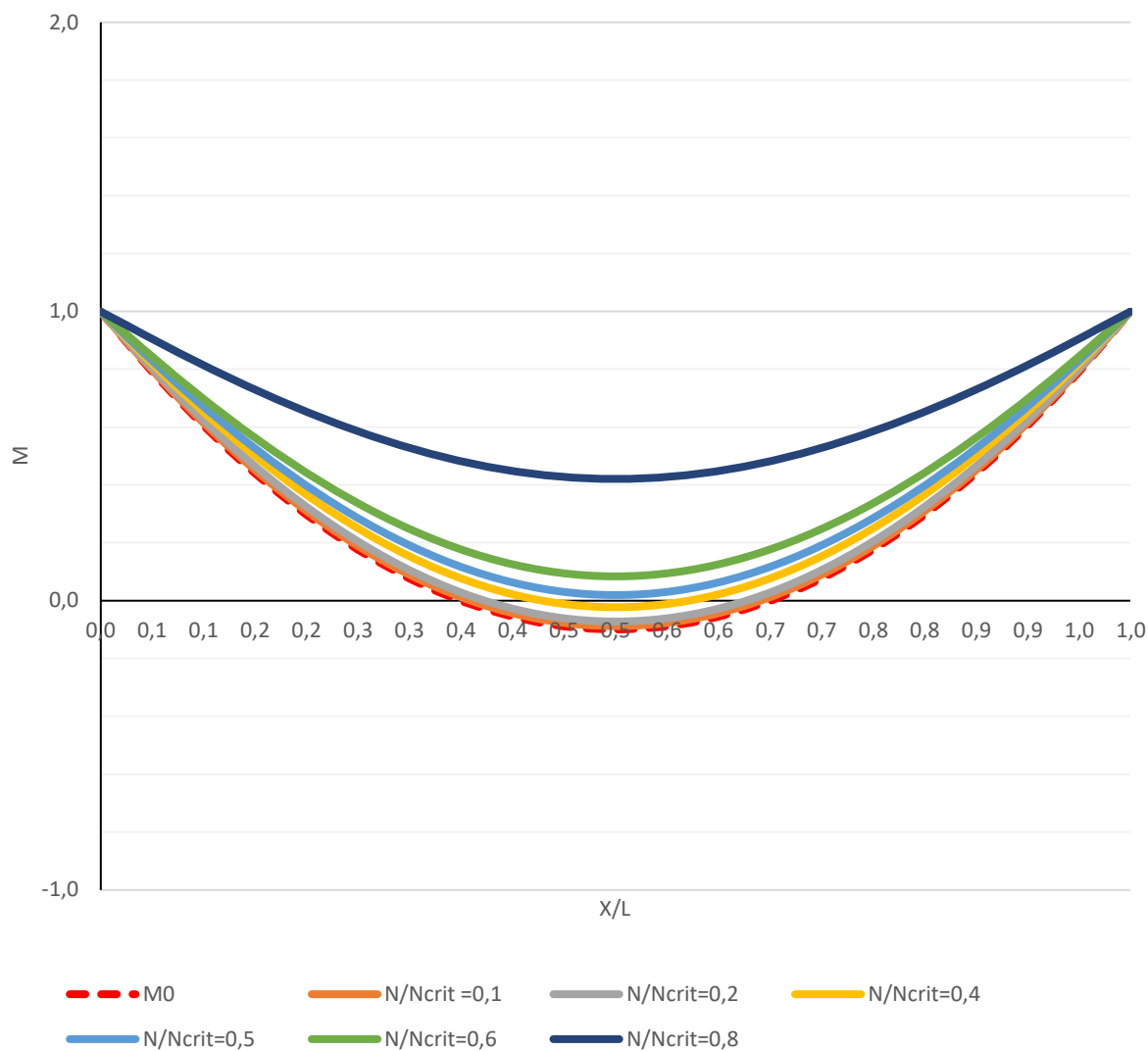
AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION. LEY PARABOLICA

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (PARÁBOLA CON MAXIMO EN EXTREMO A)		LEY PARABOLICA MOMENTOS PRIMARIOS	
MA (un mom)=	1 (MÁXIMO)	a=	4,400
MB (un mom)=	1,0	b=	-4,400
MC (un mom)	-0,1	c=	1,000
ψ =	1,00	$M_0(\xi) = a\xi^2 + b\xi + c$	
α s=	-0,10		
ξ c=	0,50 (punto con MC)		
		L=	(longitud viga)

ξ	M0(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
0,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,025	0,89	0,896	0,90	0,908	0,913	0,921	0,952
0,050	0,79	0,797	0,80	0,819	0,830	0,844	0,905
0,075	0,69	0,703	0,71	0,733	0,749	0,769	0,859
0,100	0,60	0,613	0,62	0,652	0,671	0,697	0,815
0,125	0,52	0,529	0,54	0,574	0,597	0,628	0,772
0,150	0,44	0,451	0,46	0,500	0,526	0,563	0,730
0,175	0,36	0,377	0,39	0,431	0,459	0,500	0,690
0,200	0,30	0,309	0,32	0,366	0,397	0,441	0,653
0,225	0,23	0,246	0,26	0,305	0,338	0,387	0,618
0,250	0,18	0,188	0,20	0,249	0,284	0,336	0,585
0,275	0,12	0,136	0,15	0,198	0,235	0,289	0,555
0,300	0,08	0,089	0,10	0,153	0,190	0,247	0,527
0,325	0,03	0,048	0,06	0,112	0,151	0,209	0,503
0,350	0,00	0,012	0,03	0,076	0,116	0,177	0,481
0,375	-0,03	-0,019	0,00	0,046	0,087	0,149	0,463
0,400	-0,06	-0,044	-0,03	0,021	0,063	0,125	0,448
0,425	-0,08	-0,063	-0,05	0,002	0,044	0,107	0,436
0,450	-0,09	-0,077	-0,06	-0,012	0,030	0,095	0,428
0,475	-0,10	-0,085	-0,07	-0,020	0,022	0,087	0,422
0,500	-0,10	-0,088	-0,07	-0,023	0,019	0,084	0,421
0,525	-0,10	-0,085	-0,07	-0,020	0,022	0,087	0,422
0,550	-0,09	-0,077	-0,06	-0,012	0,030	0,095	0,428
0,575	-0,08	-0,063	-0,05	0,002	0,044	0,107	0,436
0,600	-0,06	-0,044	-0,03	0,021	0,063	0,125	0,448
0,625	-0,03	-0,019	0,00	0,046	0,087	0,149	0,463
0,650	0,00	0,012	0,03	0,076	0,116	0,177	0,481
0,675	0,03	0,048	0,06	0,112	0,151	0,209	0,503
0,700	0,08	0,089	0,10	0,153	0,190	0,247	0,527
0,725	0,12	0,136	0,15	0,198	0,235	0,289	0,555
0,750	0,18	0,188	0,20	0,249	0,284	0,336	0,585
0,775	0,23	0,246	0,26	0,305	0,338	0,387	0,618
0,800	0,30	0,309	0,32	0,366	0,397	0,441	0,653
0,825	0,36	0,377	0,39	0,431	0,459	0,500	0,690
0,850	0,44	0,451	0,46	0,500	0,526	0,563	0,730
0,875	0,52	0,529	0,54	0,574	0,597	0,628	0,772
0,900	0,60	0,613	0,62	0,652	0,671	0,697	0,815
0,925	0,69	0,703	0,71	0,733	0,749	0,769	0,859
0,950	0,79	0,797	0,80	0,819	0,830	0,844	0,905
0,975	0,89	0,896	0,90	0,908	0,913	0,921	0,952
1,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000



AMPLIFICACIÓN MOMENTOS PRIMARIOS CON AXIL. LEY PARABÓLICA MAX EN A $\psi=1$ $\alpha s=-0,1$



$$M(\xi) = \left[\frac{[1 - \cos(u)] \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] + a + b}{\text{Sen}(u)} \right] \text{Sen}(u\xi) + \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] \cos(u\xi) + \frac{2a}{u^2}$$

$$u = \sqrt{\alpha} \pi$$

$$\alpha = \frac{N}{N_{crit}}$$

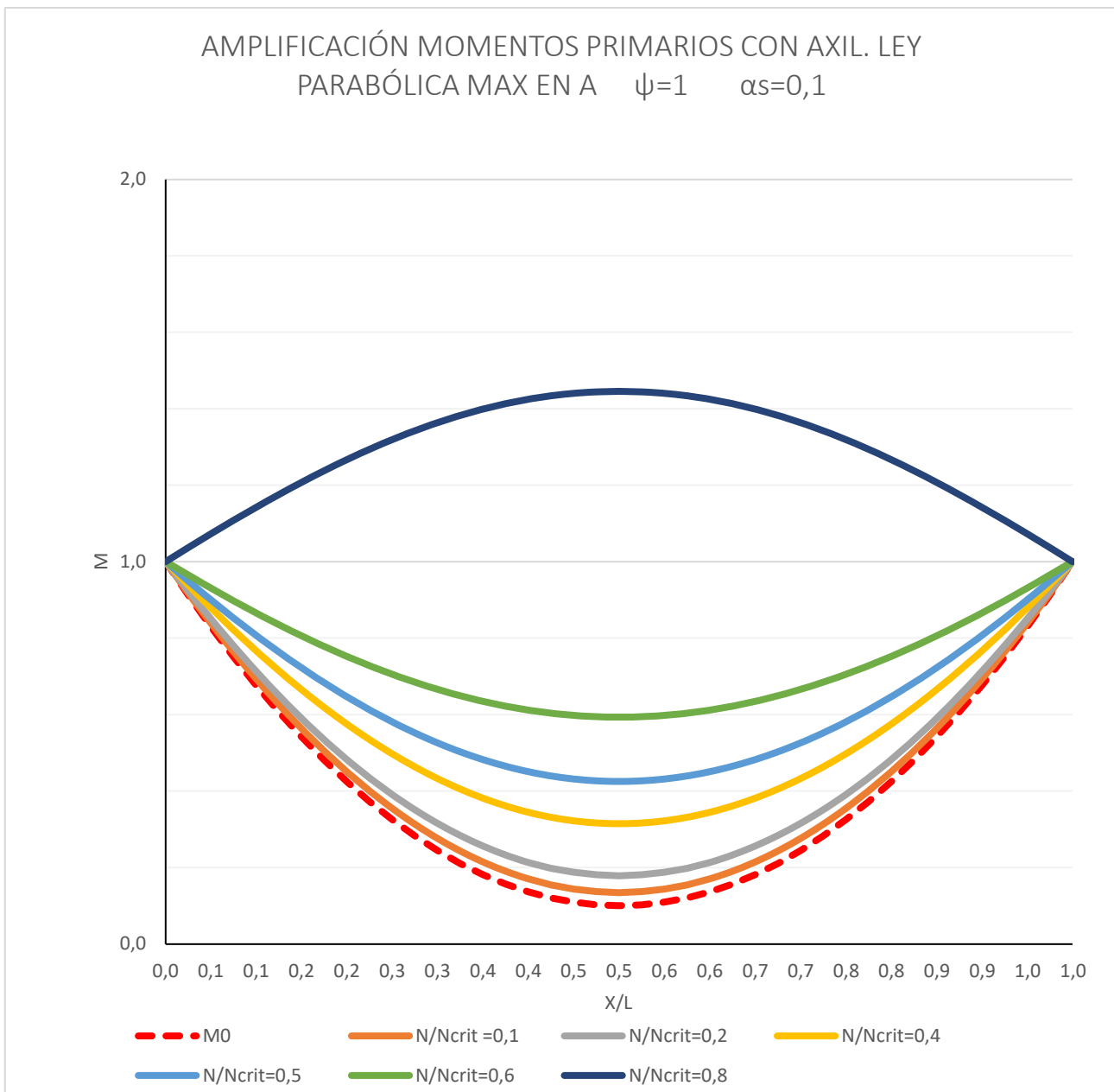
$$\xi_m = \frac{1}{u} \text{Arcotg} \left[\frac{[1 - \cos(u)] \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] + a + b}{\text{Sen}(u) \left[c - \frac{2a}{u^2} \right]} \right]$$



AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION. LEY PARABOLICA

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (PARÁBOLA CON MAXIMO EN EXTREMO A)		LEY PARABOLICA MOMENTOS PRIMARIOS	
MA (un mom)=	1 (MÁXIMO)	a=	3,600
MB (un mom)=	1,0	b=	-3,600
MC (un mom)	0,1	c=	1,000
ψ =	1,00	$M_0(\xi) = a\xi^2 + b\xi + c$	
α s=	0,10		
ξ c=	0,50 (punto con MC)		
		L=	(longitud viga)

ξ	M0(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
0,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,025	0,91	0,917	0,92	0,938	0,949	0,965	1,037
0,050	0,83	0,838	0,85	0,879	0,900	0,931	1,073
0,075	0,75	0,763	0,78	0,821	0,853	0,898	1,108
0,100	0,68	0,693	0,71	0,767	0,807	0,866	1,143
0,125	0,61	0,626	0,65	0,714	0,764	0,835	1,176
0,150	0,54	0,563	0,59	0,665	0,722	0,806	1,208
0,175	0,48	0,505	0,53	0,618	0,683	0,778	1,238
0,200	0,42	0,450	0,48	0,575	0,646	0,752	1,267
0,225	0,37	0,400	0,43	0,534	0,612	0,728	1,294
0,250	0,33	0,354	0,39	0,497	0,581	0,705	1,319
0,275	0,28	0,313	0,35	0,463	0,552	0,684	1,342
0,300	0,24	0,276	0,31	0,432	0,526	0,666	1,364
0,325	0,21	0,243	0,28	0,405	0,502	0,649	1,382
0,350	0,18	0,214	0,26	0,381	0,482	0,634	1,399
0,375	0,16	0,190	0,23	0,361	0,465	0,622	1,413
0,400	0,14	0,170	0,21	0,344	0,451	0,612	1,425
0,425	0,12	0,154	0,20	0,331	0,440	0,604	1,434
0,450	0,11	0,143	0,19	0,322	0,432	0,598	1,440
0,475	0,10	0,137	0,18	0,316	0,427	0,594	1,444
0,500	0,10	0,135	0,18	0,314	0,425	0,593	1,446
0,525	0,10	0,137	0,18	0,316	0,427	0,594	1,444
0,550	0,11	0,143	0,19	0,322	0,432	0,598	1,440
0,575	0,12	0,154	0,20	0,331	0,440	0,604	1,434
0,600	0,14	0,170	0,21	0,344	0,451	0,612	1,425
0,625	0,16	0,190	0,23	0,361	0,465	0,622	1,413
0,650	0,18	0,214	0,26	0,381	0,482	0,634	1,399
0,675	0,21	0,243	0,28	0,405	0,502	0,649	1,382
0,700	0,24	0,276	0,31	0,432	0,526	0,666	1,364
0,725	0,28	0,313	0,35	0,463	0,552	0,684	1,342
0,750	0,33	0,354	0,39	0,497	0,581	0,705	1,319
0,775	0,37	0,400	0,43	0,534	0,612	0,728	1,294
0,800	0,42	0,450	0,48	0,575	0,646	0,752	1,267
0,825	0,48	0,505	0,53	0,618	0,683	0,778	1,238
0,850	0,54	0,563	0,59	0,665	0,722	0,806	1,208
0,875	0,61	0,626	0,65	0,714	0,764	0,835	1,176
0,900	0,68	0,693	0,71	0,767	0,807	0,866	1,143
0,925	0,75	0,763	0,78	0,821	0,853	0,898	1,108
0,950	0,83	0,838	0,85	0,879	0,900	0,931	1,073
0,975	0,91	0,917	0,92	0,938	0,949	0,965	1,037
1,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000



$$M(\xi) = \left[\frac{[1 - \cos(u)] \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] + a + b}{\text{Sen}(u)} \right] \text{Sen}(u\xi) + \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] \cos(u\xi) + \frac{2a}{u^2}$$

$$u = \sqrt{\alpha} \pi$$

$$\alpha = \frac{N}{N_{crit}}$$

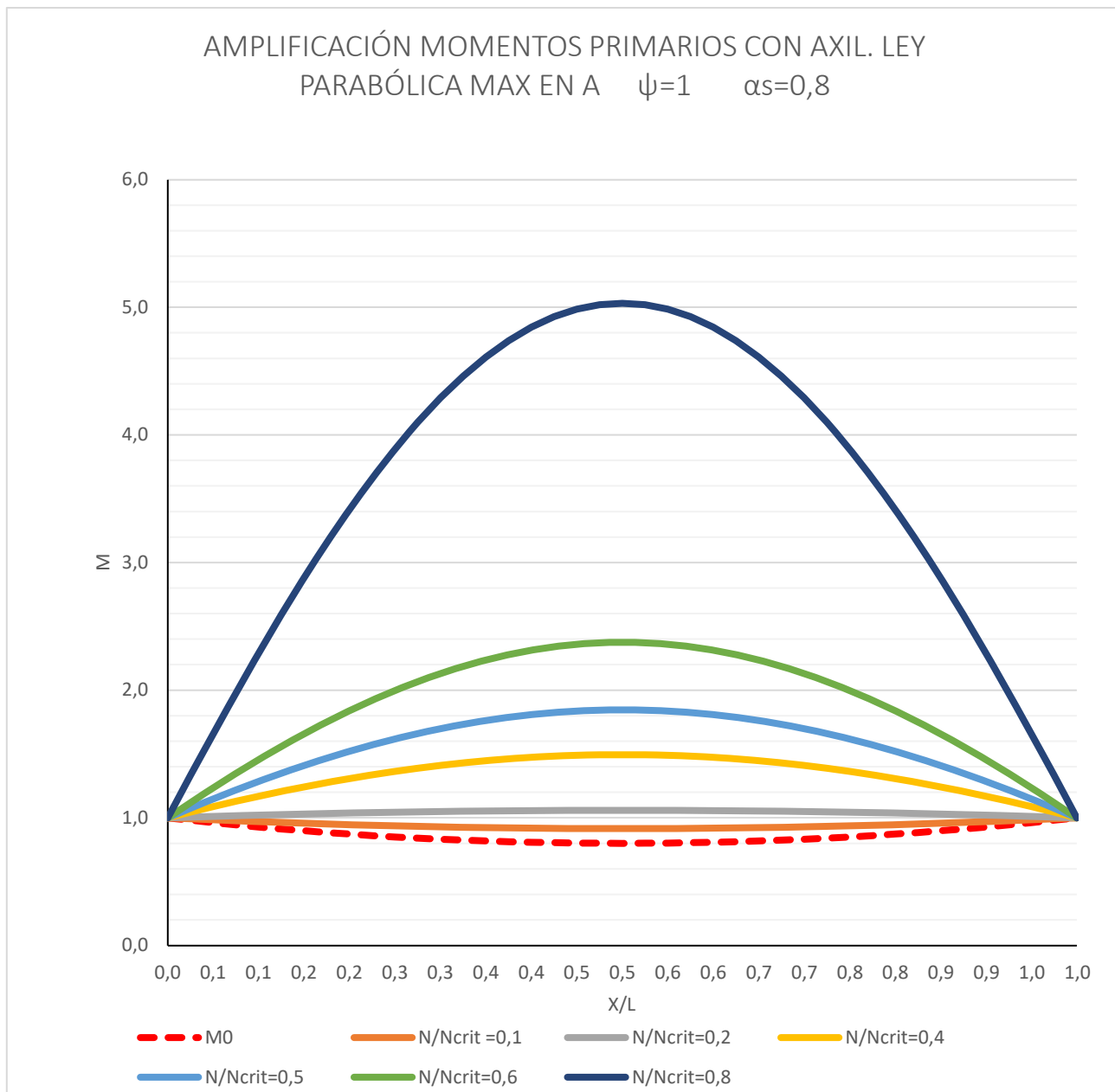
$$\xi_m = \frac{1}{u} \text{Arcotg} \left[\frac{[1 - \cos(u)] \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] + a + b}{\text{Sen}(u) \left[c - \frac{2a}{u^2} \right]} \right]$$



AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION. LEY PARABOLICA

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (PARÁBOLA CON MAXIMO EN EXTREMO A)		LEY PARABOLICA MOMENTOS PRIMARIOS	
MA (un mom)=	1 (MÁXIMO)	a=	0,800
MB (un mom)=	1,0	b=	-0,800
MC (un mom)	0,8	c=	1,000
ψ =	1,00	$M_0(\xi) = a\xi^2 + b\xi + c$	
α s=	0,80		
ξ c=	0,50 (punto con MC)		
		L=	(longitud viga)

ξ	M0(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
		0,91	1,06	1,49	1,85	2,38	5,03
		ξ mMat =>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
		α =>	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6
		u (rad) =>	0,9935	1,4050	1,9869	2,2214	2,4335
		Kzz=Mmax =>	1,00	1,06	1,49	1,85	2,38
		ξ m =>	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50
0,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,025	0,98	0,992	1,01	1,045	1,075	1,119	1,332
0,050	0,96	0,984	1,01	1,088	1,147	1,234	1,659
0,075	0,94	0,977	1,02	1,129	1,217	1,346	1,979
0,100	0,93	0,970	1,02	1,169	1,284	1,454	2,290
0,125	0,91	0,963	1,03	1,206	1,348	1,558	2,590
0,150	0,90	0,957	1,03	1,242	1,409	1,657	2,879
0,175	0,88	0,951	1,03	1,276	1,466	1,750	3,155
0,200	0,87	0,946	1,04	1,307	1,521	1,839	3,416
0,225	0,86	0,941	1,04	1,336	1,571	1,921	3,661
0,250	0,85	0,936	1,04	1,363	1,617	1,997	3,889
0,275	0,84	0,932	1,05	1,388	1,660	2,067	4,099
0,300	0,83	0,929	1,05	1,410	1,698	2,131	4,290
0,325	0,82	0,925	1,05	1,430	1,733	2,187	4,461
0,350	0,82	0,922	1,05	1,447	1,762	2,236	4,610
0,375	0,81	0,920	1,05	1,461	1,788	2,279	4,738
0,400	0,81	0,918	1,06	1,473	1,809	2,313	4,843
0,425	0,80	0,917	1,06	1,483	1,825	2,340	4,926
0,450	0,80	0,915	1,06	1,490	1,837	2,360	4,985
0,475	0,80	0,915	1,06	1,494	1,844	2,371	5,021
0,500	0,80	0,915	1,06	1,495	1,846	2,375	5,033
0,525	0,80	0,915	1,06	1,494	1,844	2,371	5,021
0,550	0,80	0,915	1,06	1,490	1,837	2,360	4,985
0,575	0,80	0,917	1,06	1,483	1,825	2,340	4,926
0,600	0,81	0,918	1,06	1,473	1,809	2,313	4,843
0,625	0,81	0,920	1,05	1,461	1,788	2,279	4,738
0,650	0,82	0,922	1,05	1,447	1,762	2,236	4,610
0,675	0,82	0,925	1,05	1,430	1,733	2,187	4,461
0,700	0,83	0,929	1,05	1,410	1,698	2,131	4,290
0,725	0,84	0,932	1,05	1,388	1,660	2,067	4,099
0,750	0,85	0,936	1,04	1,363	1,617	1,997	3,889
0,775	0,86	0,941	1,04	1,336	1,571	1,921	3,661
0,800	0,87	0,946	1,04	1,307	1,521	1,839	3,416
0,825	0,88	0,951	1,03	1,276	1,466	1,750	3,155
0,850	0,90	0,957	1,03	1,242	1,409	1,657	2,879
0,875	0,91	0,963	1,03	1,206	1,348	1,558	2,590
0,900	0,93	0,970	1,02	1,169	1,284	1,454	2,290
0,925	0,94	0,977	1,02	1,129	1,217	1,346	1,979
0,950	0,96	0,984	1,01	1,088	1,147	1,234	1,659
0,975	0,98	0,992	1,01	1,045	1,075	1,119	1,332
1,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000



$$M(\xi) = \left[\frac{[1 - \cos(u)] \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] + a + b}{\text{Sen}(u)} \right] \text{Sen}(u\xi) + \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] \cos(u\xi) + \frac{2a}{u^2}$$

$$u = \sqrt{\alpha} \pi$$

$$\alpha = \frac{N}{N_{crit}}$$

$$\xi_m = \frac{1}{u} \text{Arcotg} \left[\frac{[1 - \cos(u)] \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] + a + b}{\text{Sen}(u) \left[c - \frac{2a}{u^2} \right]} \right]$$



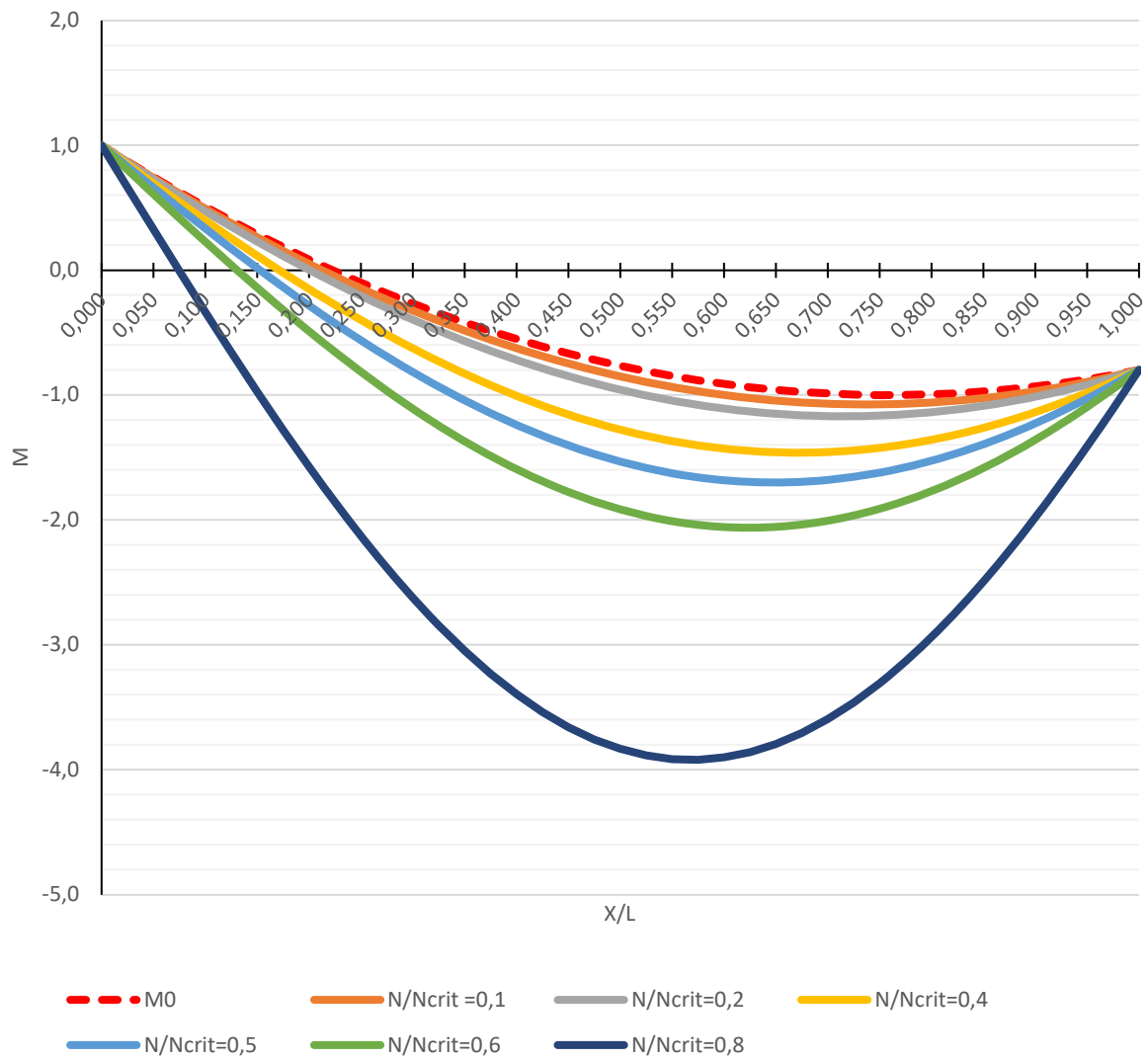
AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION. LEY PARABOLICA

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (PARÁBOLA CON MAXIMO EN EXTREMO A)		LEY PARABOLICA MOMENTOS PRIMARIOS	
MA (un mom)=	1 (MÁXIMO)	a=	3,465
MB (un mom)=	-0,8	b=	-5,265
MC (un mom)	-1,0	c=	1,000
ψ =	-0,80	$M_0(\xi) = a\xi^2 + b\xi + c$	
α s=	-1,00		
ξ c=	0,76 (punto con MC)		
		L=	(longitud viga)

ξ	M0(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
0,000	1,00	1,000	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,025	0,87	0,867	0,86	0,846	0,830	0,804	0,663
0,050	0,75	0,739	0,73	0,694	0,661	0,609	0,327
0,075	0,62	0,614	0,60	0,544	0,495	0,417	-0,006
0,100	0,51	0,493	0,47	0,398	0,332	0,227	-0,335
0,125	0,40	0,376	0,35	0,254	0,172	0,041	-0,658
0,150	0,29	0,263	0,23	0,115	0,015	-0,141	-0,973
0,175	0,18	0,155	0,11	-0,021	-0,137	-0,318	-1,279
0,200	0,09	0,050	0,00	-0,152	-0,284	-0,490	-1,575
0,225	-0,01	-0,050	-0,10	-0,278	-0,426	-0,656	-1,858
0,250	-0,10	-0,146	-0,21	-0,399	-0,562	-0,814	-2,128
0,275	-0,19	-0,237	-0,30	-0,515	-0,692	-0,966	-2,384
0,300	-0,27	-0,324	-0,40	-0,626	-0,816	-1,109	-2,623
0,325	-0,35	-0,406	-0,48	-0,730	-0,933	-1,244	-2,844
0,350	-0,42	-0,484	-0,57	-0,828	-1,043	-1,371	-3,048
0,375	-0,49	-0,557	-0,65	-0,920	-1,145	-1,487	-3,232
0,400	-0,55	-0,625	-0,72	-1,006	-1,240	-1,594	-3,396
0,425	-0,61	-0,689	-0,79	-1,084	-1,326	-1,691	-3,538
0,450	-0,67	-0,748	-0,85	-1,156	-1,404	-1,777	-3,659
0,475	-0,72	-0,802	-0,91	-1,220	-1,473	-1,853	-3,758
0,500	-0,77	-0,851	-0,96	-1,278	-1,533	-1,917	-3,833
0,525	-0,81	-0,896	-1,00	-1,327	-1,584	-1,969	-3,886
0,550	-0,85	-0,936	-1,04	-1,369	-1,626	-2,010	-3,915
0,575	-0,88	-0,970	-1,08	-1,403	-1,659	-2,039	-3,920
0,600	-0,91	-1,000	-1,11	-1,430	-1,682	-2,057	-3,902
0,625	-0,94	-1,025	-1,13	-1,449	-1,696	-2,062	-3,860
0,650	-0,96	-1,045	-1,15	-1,459	-1,700	-2,056	-3,794
0,675	-0,98	-1,059	-1,16	-1,462	-1,695	-2,037	-3,706
0,700	-0,99	-1,069	-1,17	-1,457	-1,680	-2,007	-3,595
0,725	-1,00	-1,074	-1,17	-1,444	-1,655	-1,965	-3,462
0,750	-1,00	-1,074	-1,16	-1,423	-1,621	-1,911	-3,308
0,775	-1,00	-1,069	-1,15	-1,394	-1,578	-1,846	-3,132
0,800	-0,99	-1,059	-1,14	-1,358	-1,526	-1,770	-2,938
0,825	-0,99	-1,044	-1,11	-1,313	-1,464	-1,683	-2,724
0,850	-0,97	-1,024	-1,09	-1,261	-1,394	-1,585	-2,492
0,875	-0,95	-0,999	-1,05	-1,202	-1,315	-1,477	-2,244
0,900	-0,93	-0,969	-1,01	-1,136	-1,227	-1,359	-1,981
0,925	-0,91	-0,934	-0,97	-1,062	-1,132	-1,232	-1,703
0,950	-0,87	-0,894	-0,92	-0,981	-1,029	-1,096	-1,413
0,975	-0,84	-0,850	-0,86	-0,894	-0,918	-0,952	-1,111
1,000	-0,80	-0,800	-0,80	-0,800	-0,800	-0,800	-0,800



AMPLIFICACIÓN MOMENTOS PRIMARIOS CON AXIL. LEY
 PARABÓLICA MAX EN A $\psi=-0,8$ $\alpha s=-1$



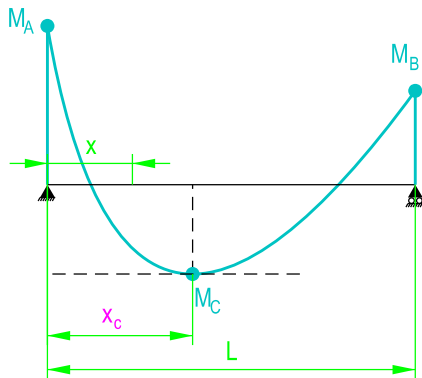
$$M(\xi) = \left[\frac{[1 - \cos(u)] \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] + a + b}{\text{Sen}(u)} \right] \text{Sen}(u\xi) + \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] \cos(u\xi) + \frac{2a}{u^2}$$

$$u = \sqrt{\alpha} \pi$$

$$\alpha = \frac{N}{N_{crit}}$$

$$\xi_m = \frac{1}{u} \text{Arcotg} \left[\frac{[1 - \cos(u)] \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] + a + b}{\text{Sen}(u) \left[c - \frac{2a}{u^2} \right]} \right]$$

3.2. OBTENCION DE a , b , c CUANDO EL MOMENTO PRIMARIO MÁXIMO ESTÁ LA ZONA CENTRAL



$$M_0(x) = ax^2 + bx + c$$

$$|M_0 \text{ max}| = |M_C|$$

$$M_B = \psi M_A \quad -1 \leq \psi \leq 1$$

$$M_A = \alpha_h M_C \quad -1 \leq \alpha_h < 1$$

$$\left. \frac{d}{dx} M_0(x) \right|_{x=x_c} = 0$$

x_c lo tenemos que calcular (en función de α_h y ψ)

Cálculo de los coeficientes de la parábola: $M_0(x) = ax^2 + bx + c$

$$1) \quad M_0(0) = M_A \Rightarrow c = M_A = \alpha_h M_C \Rightarrow \boxed{c = \alpha_h M_C}$$

$$2) \quad M_0(L) = M_B = \psi M_A = \psi \alpha_h M_C \Rightarrow \boxed{a = -\frac{M_C}{L^2} \alpha_h [1 - \psi] - \frac{b}{L}}$$

$$3) \quad \frac{d}{dx} M_0(x_c) = 0 \Rightarrow \boxed{x_c = -\frac{b}{2a}}$$

$$4) \quad M_0(x_c) = M_C \Rightarrow \boxed{a = \frac{-b^2}{4 M_C [1 - \alpha_h]}}$$

$$b^2 L^2 - b [4 M_C [1 - \alpha_h] L] - 4 \alpha_h M_C^2 [1 - \alpha_h] [1 - \psi] = 0$$

Ecuación de 2º grado en b

$$\boxed{b = 2 \frac{M_C}{L} \left[[1 - \alpha_h] + \sqrt{[1 - \alpha_h] [2 - \alpha_h - \psi]} \right]}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 9

FORMATO: A4

PLANO Nº:

AMPLIFICACION DE LOS MOMENTOS PRIMARIOS
COEFICIENTE DE MOMENTO UNIFORME

ESCALA:

CE-AP9-44

Obtenido b, podemos calcular a:

$$a = \frac{M_C}{L^2} \left[-2 + \alpha_h [1 + \psi] - 2 \sqrt{[1 - \alpha_h][2 - \alpha_h - \psi]} \right]$$

Conocidos a y b, podemos calcular x_c

$$x_c = L \frac{-1 + \alpha_h - \sqrt{[1 - \alpha_h][2 - \alpha_h - \psi]}}{-2 + \alpha_h [1 + \psi] - 2 \sqrt{[1 - \alpha_h][2 - \alpha_h - \psi]}}$$

A continuación se muestran los resultados para varios valores de α_h y ψ usando momentos relativos (MC=1) y usando la variable adimensional $\xi = \frac{x}{L}$

Más que el módulo del momento amplificado máximo, lo que buscamos es su posición.

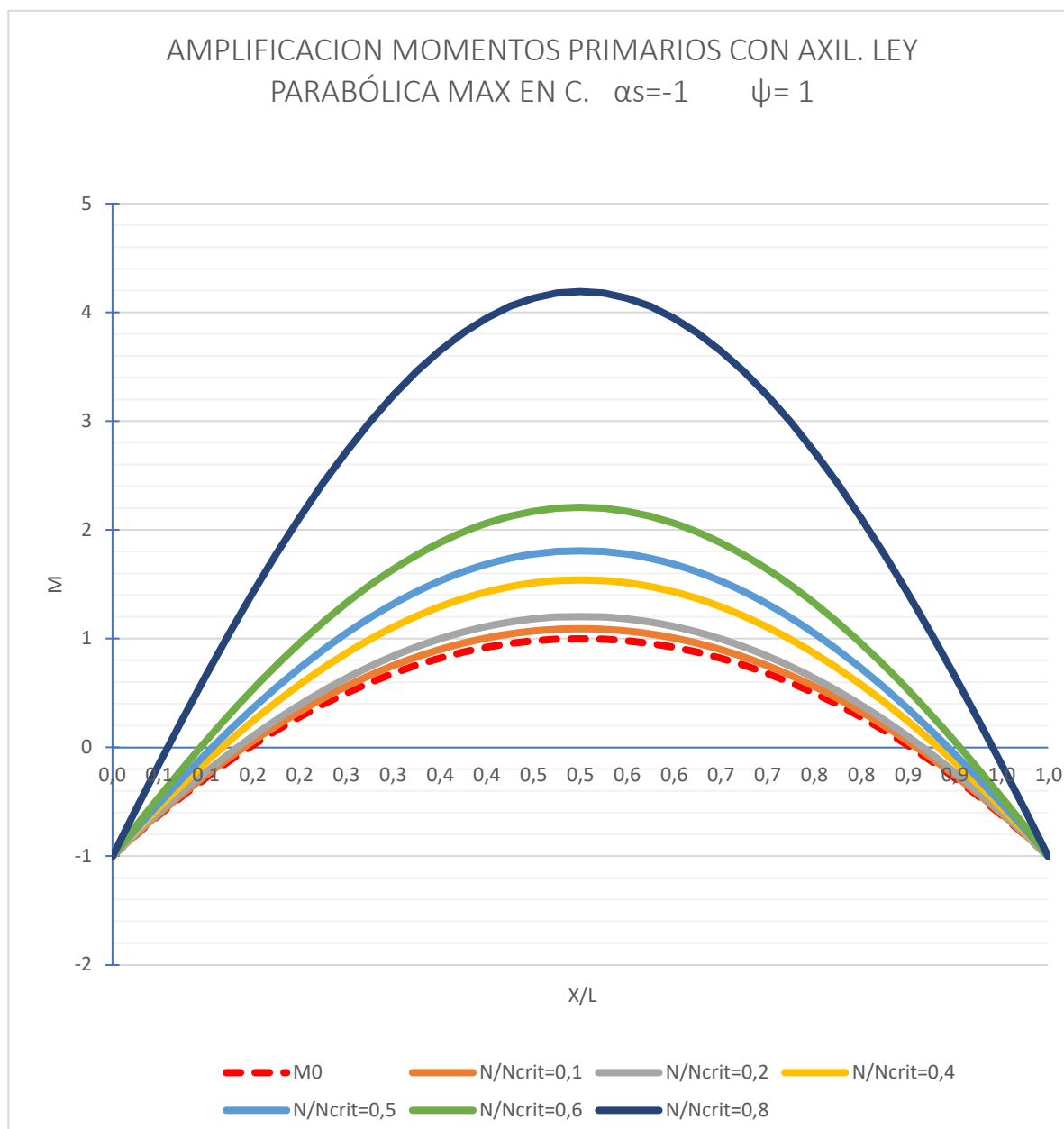
<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23</p> <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: APÉNDICE 9	FORMATO: A4	PLANO N°:
AMPLIFICACION DE LOS MOMENTOS PRIMARIOS COEFICIENTE DE MOMENTO UNIFORME		ESCALA: <input type="text"/>	CE-AP9-45



AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION. LEY PARABOLICA

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (PARÁBOLA CON MAXIMO EN Z CENTRAL C)		LEY PARABOLICA MOMENTOS PRIMARIOS	
MA (un mom)=	-1,0	a=	-8,000
MB (un mom)=	-1,0	b=	8,000
MC (un mom)	1	c=	-1,000
ψ =	1,00	$M_0(\xi) = a\xi^2 + b\xi + c$	
α h=	-1,00	L=	(longitud viga)
ξ c=	0,50 (punto con MC)		

	Mmax Mat =>	1,09	1,20	1,54	1,81	2,21	4,19
	ξ mMat =>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	α =>	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
	u (rad) =>	0,9935	1,4050	1,9869	2,2214	2,4335	2,8099
	Kzz=Mmax =>	1,09	1,20	1,54	1,81	2,21	4,19
	ξ m =>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
ξ	M0(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
0,000	-1,00	-1,000	-1,00	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000
0,025	-0,81	-0,800	-0,79	-0,771	-0,752	-0,723	-0,572
0,050	-0,62	-0,609	-0,60	-0,550	-0,512	-0,454	-0,151
0,075	-0,45	-0,428	-0,41	-0,338	-0,281	-0,193	0,260
0,100	-0,28	-0,257	-0,23	-0,135	-0,058	0,059	0,660
0,125	-0,13	-0,096	-0,06	0,058	0,154	0,301	1,047
0,150	0,02	0,056	0,10	0,242	0,357	0,531	1,419
0,175	0,16	0,197	0,25	0,414	0,548	0,750	1,774
0,200	0,28	0,328	0,39	0,576	0,727	0,956	2,110
0,225	0,40	0,449	0,52	0,726	0,894	1,148	2,426
0,250	0,50	0,560	0,64	0,865	1,049	1,326	2,719
0,275	0,60	0,661	0,74	0,991	1,190	1,489	2,990
0,300	0,68	0,751	0,84	1,105	1,317	1,637	3,235
0,325	0,76	0,830	0,92	1,206	1,431	1,768	3,455
0,350	0,82	0,899	1,00	1,294	1,530	1,883	3,647
0,375	0,88	0,958	1,06	1,369	1,614	1,981	3,812
0,400	0,92	1,006	1,11	1,431	1,684	2,062	3,948
0,425	0,96	1,043	1,15	1,479	1,738	2,125	4,054
0,450	0,98	1,070	1,18	1,513	1,777	2,171	4,130
0,475	1,00	1,086	1,20	1,534	1,800	2,198	4,176
0,500	1,00	1,091	1,20	1,541	1,808	2,207	4,192
0,525	1,00	1,086	1,20	1,534	1,800	2,198	4,176
0,550	0,98	1,070	1,18	1,513	1,777	2,171	4,130
0,575	0,96	1,043	1,15	1,479	1,738	2,125	4,054
0,600	0,92	1,006	1,11	1,431	1,684	2,062	3,948
0,625	0,88	0,958	1,06	1,369	1,614	1,981	3,812
0,650	0,82	0,899	1,00	1,294	1,530	1,883	3,647
0,675	0,75	0,830	0,92	1,206	1,431	1,768	3,455
0,700	0,68	0,751	0,84	1,105	1,317	1,637	3,235
0,725	0,59	0,661	0,74	0,991	1,190	1,489	2,990
0,750	0,50	0,560	0,64	0,865	1,049	1,326	2,719
0,775	0,39	0,449	0,52	0,726	0,894	1,148	2,426
0,800	0,28	0,328	0,39	0,576	0,727	0,956	2,110
0,825	0,15	0,197	0,25	0,414	0,548	0,750	1,774
0,850	0,02	0,056	0,10	0,242	0,357	0,531	1,419
0,875	-0,13	-0,096	-0,06	0,058	0,154	0,301	1,047
0,900	-0,28	-0,257	-0,23	-0,135	-0,058	0,059	0,660
0,925	-0,45	-0,428	-0,41	-0,338	-0,281	-0,193	0,260
0,950	-0,62	-0,609	-0,60	-0,550	-0,512	-0,454	-0,151
0,975	-0,81	-0,800	-0,79	-0,771	-0,752	-0,723	-0,572
1,000	-1,00	-1,000	-1,00	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000



$$M(\xi) = \left[\frac{[1 - \cos(u)] \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] + a + b}{\text{Sen}(u)} \right] \text{Sen}(u\xi) + \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] \cos(u\xi) + \frac{2a}{u^2}$$

$$u = \sqrt{\alpha} \pi$$

$$\alpha = \frac{N}{N_{crit}}$$

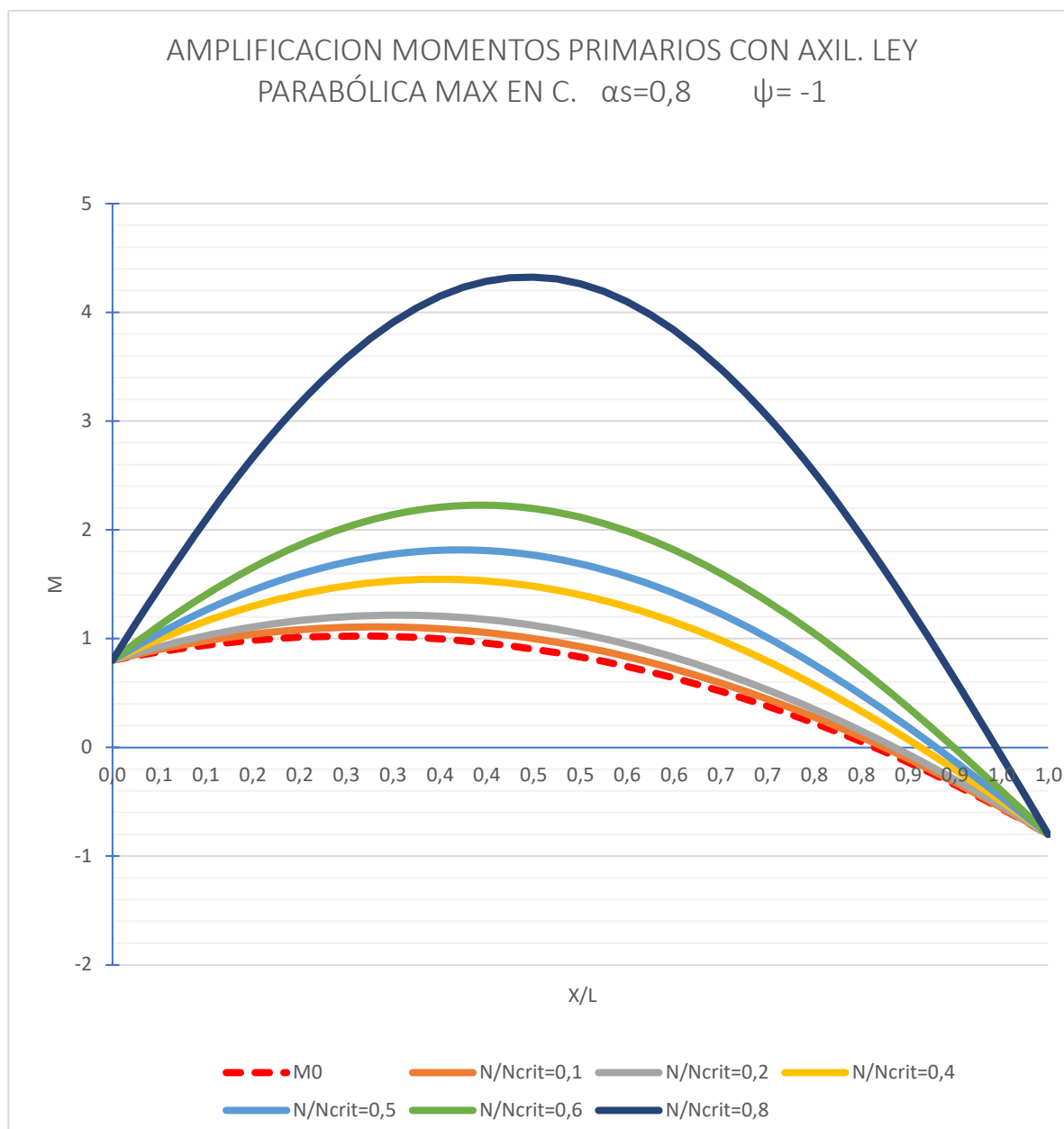
$$\xi_m = \frac{1}{u} \text{Arcotg} \left[\frac{[1 - \cos(u)] \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] + a + b}{\text{Sen}(u) \left[c - \frac{2a}{u^2} \right]} \right]$$



AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION. LEY PARABOLICA

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (PARÁBOLA CON MAXIMO EN Z CENTRAL C)		LEY PARABOLICA MOMENTOS PRIMARIOS	
MA (un mom)=	0,8	a=	-3,327
MB (un mom)=	-0,8	b=	1,727
MC (un mom)	1 (MÁXIMO)	c=	0,800
ψ =	-1,00	$M_0(\xi) = a\xi^2 + b\xi + c$	
αh =	0,80		
ξc =	0,26 (punto con MC)		
		L=	(longitud viga)

ξ	M0(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
0,000	0,80	0,800	0,80	0,800	0,800	0,800	0,800
0,025	0,84	0,852	0,86	0,900	0,926	0,963	1,140
0,050	0,88	0,899	0,92	0,993	1,044	1,119	1,470
0,075	0,91	0,941	0,98	1,079	1,156	1,266	1,789
0,100	0,94	0,979	1,03	1,159	1,259	1,404	2,095
0,125	0,96	1,012	1,07	1,232	1,355	1,534	2,386
0,150	0,98	1,040	1,11	1,297	1,442	1,653	2,661
0,175	1,00	1,063	1,14	1,355	1,521	1,762	2,919
0,200	1,01	1,082	1,17	1,406	1,590	1,860	3,159
0,225	1,02	1,095	1,19	1,449	1,651	1,947	3,379
0,250	1,02	1,104	1,20	1,484	1,703	2,023	3,578
0,275	1,02	1,108	1,21	1,512	1,745	2,087	3,755
0,300	1,02	1,107	1,22	1,531	1,777	2,140	3,909
0,325	1,01	1,101	1,21	1,543	1,800	2,180	4,040
0,350	1,00	1,091	1,21	1,547	1,813	2,208	4,147
0,375	0,98	1,076	1,19	1,542	1,817	2,224	4,229
0,400	0,96	1,055	1,18	1,530	1,810	2,227	4,287
0,425	0,93	1,030	1,15	1,510	1,794	2,218	4,319
0,450	0,90	1,001	1,12	1,482	1,768	2,197	4,325
0,475	0,87	0,966	1,09	1,446	1,733	2,163	4,306
0,500	0,83	0,927	1,05	1,402	1,688	2,117	4,262
0,525	0,79	0,883	1,00	1,351	1,634	2,059	4,192
0,550	0,74	0,834	0,95	1,293	1,571	1,990	4,098
0,575	0,69	0,780	0,89	1,227	1,498	1,908	3,979
0,600	0,64	0,722	0,83	1,153	1,417	1,816	3,837
0,625	0,58	0,660	0,76	1,073	1,327	1,713	3,671
0,650	0,52	0,592	0,69	0,986	1,229	1,599	3,483
0,675	0,45	0,521	0,61	0,892	1,123	1,475	3,274
0,700	0,38	0,444	0,53	0,792	1,010	1,342	3,045
0,725	0,30	0,364	0,44	0,686	0,889	1,199	2,796
0,750	0,22	0,279	0,35	0,574	0,761	1,048	2,529
0,775	0,14	0,189	0,25	0,457	0,627	0,889	2,246
0,800	0,05	0,096	0,15	0,334	0,487	0,722	1,948
0,825	-0,04	-0,002	0,05	0,206	0,341	0,549	1,635
0,850	-0,14	-0,104	-0,06	0,074	0,189	0,369	1,311
0,875	-0,24	-0,210	-0,18	-0,063	0,033	0,184	0,976
0,900	-0,34	-0,320	-0,29	-0,204	-0,127	-0,006	0,632
0,925	-0,45	-0,435	-0,41	-0,348	-0,291	-0,200	0,280
0,950	-0,56	-0,553	-0,54	-0,496	-0,458	-0,398	-0,077
0,975	-0,68	-0,674	-0,67	-0,647	-0,628	-0,598	-0,437
1,000	-0,80	-0,800	-0,80	-0,800	-0,800	-0,800	-0,800



$$M(\xi) = \left[\frac{[1 - \cos(u)] \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] + a + b}{\text{Sen}(u)} \right] \text{Sen}(u\xi) + \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] \cos(u\xi) + \frac{2a}{u^2}$$

$$u = \sqrt{\alpha} \pi$$

$$\alpha = \frac{N}{N_{crit}}$$

$$\xi_m = \frac{1}{u} \text{Arcotg} \left[\frac{[1 - \cos(u)] \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] + a + b}{\text{Sen}(u) \left[c - \frac{2a}{u^2} \right]} \right]$$



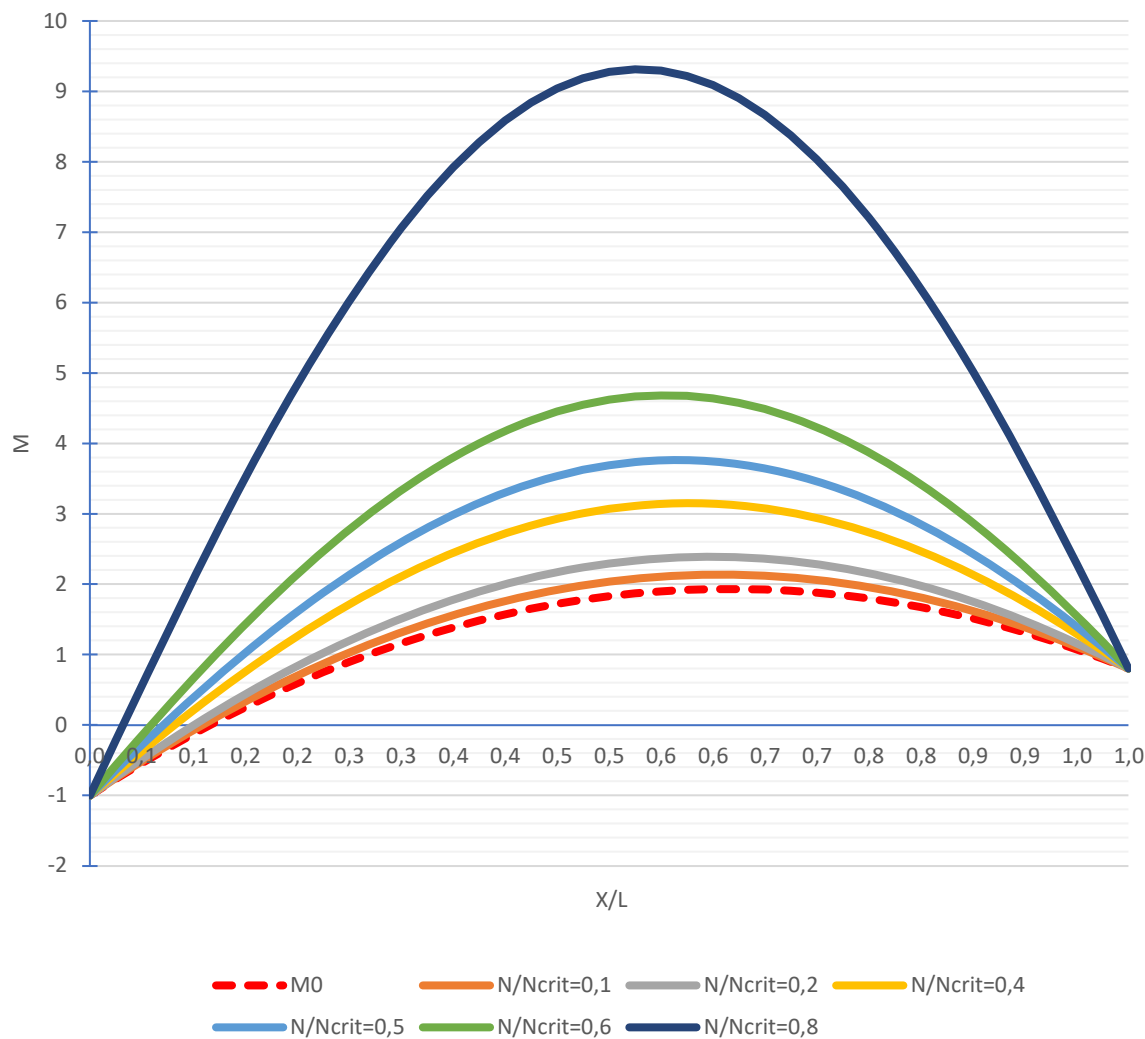
AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION. LEY PARABOLICA

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (PARÁBOLA CON MAXIMO EN Z CENTRAL C)		LEY PARABOLICA MOMENTOS PRIMARIOS	
MA (un mom)=	-1,0	a=	-7,714
MB (un mom)=	0,8	b=	9,514
MC (un mom)	1 (MÁXIMO)	c=	-1,000
ψ =	-0,80	$M_0(\xi) = a\xi^2 + b\xi + c$	
αh =	-1,00		
ξc =	0,62 (punto con MC)		
		L=	(longitud viga)

	Mmax Mat =>	2,14	2,39	3,15	3,76	4,68	9,31
	ξm_{Mat} =>	0,61	0,60	0,58	0,57	0,55	0,53
	α =>	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
	u (rad) =>	0,9935	1,4050	1,9869	2,2214	2,4335	2,8099
	Kzz=Mmax =>	2,14	2,39	3,15	3,76	4,68	9,31
	ξm =>	0,61	0,60	0,58	0,57	0,55	0,53
ξ	M0(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
0,000	-1,00	-1,000	-1,00	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000
0,025	-0,77	-0,754	-0,74	-0,684	-0,640	-0,571	-0,214
0,050	-0,54	-0,518	-0,48	-0,376	-0,287	-0,149	0,563
0,075	-0,33	-0,290	-0,24	-0,077	0,057	0,264	1,327
0,100	-0,13	-0,072	0,00	0,212	0,391	0,666	2,076
0,125	0,07	0,136	0,22	0,492	0,715	1,056	2,805
0,150	0,25	0,334	0,44	0,761	1,026	1,432	3,510
0,175	0,43	0,523	0,64	1,018	1,325	1,794	4,188
0,200	0,59	0,702	0,84	1,263	1,610	2,139	4,836
0,225	0,75	0,870	1,02	1,495	1,880	2,467	5,450
0,250	0,90	1,029	1,20	1,714	2,135	2,776	6,028
0,275	1,03	1,177	1,36	1,919	2,374	3,065	6,567
0,300	1,16	1,315	1,51	2,109	2,596	3,333	7,063
0,325	1,28	1,442	1,65	2,285	2,800	3,579	7,515
0,350	1,38	1,559	1,78	2,446	2,986	3,802	7,920
0,375	1,48	1,665	1,89	2,591	3,153	4,001	8,277
0,400	1,57	1,761	2,00	2,720	3,301	4,176	8,583
0,425	1,65	1,845	2,09	2,832	3,428	4,326	8,837
0,450	1,72	1,919	2,17	2,928	3,536	4,450	9,038
0,475	1,78	1,983	2,24	3,007	3,623	4,549	9,185
0,500	1,83	2,035	2,29	3,069	3,689	4,620	9,277
0,525	1,87	2,076	2,34	3,114	3,735	4,665	9,313
0,550	1,90	2,107	2,37	3,141	3,759	4,683	9,294
0,575	1,92	2,127	2,38	3,151	3,762	4,675	9,219
0,600	1,93	2,135	2,39	3,144	3,743	4,639	9,089
0,625	1,93	2,133	2,38	3,119	3,704	4,576	8,905
0,650	1,92	2,120	2,36	3,077	3,643	4,487	8,667
0,675	1,91	2,095	2,33	3,017	3,561	4,371	8,377
0,700	1,88	2,060	2,28	2,941	3,459	4,230	8,036
0,725	1,84	2,014	2,23	2,847	3,337	4,064	7,645
0,750	1,80	1,957	2,16	2,737	3,195	3,872	7,207
0,775	1,74	1,889	2,07	2,611	3,033	3,657	6,724
0,800	1,67	1,811	1,98	2,469	2,852	3,419	6,198
0,825	1,60	1,721	1,87	2,310	2,653	3,158	5,632
0,850	1,51	1,621	1,75	2,137	2,436	2,876	5,029
0,875	1,42	1,511	1,62	1,948	2,201	2,574	4,391
0,900	1,31	1,389	1,48	1,746	1,951	2,253	3,722
0,925	1,20	1,258	1,33	1,529	1,684	1,913	3,025
0,950	1,08	1,115	1,16	1,298	1,403	1,557	2,303
0,975	0,94	0,963	0,99	1,055	1,108	1,186	1,560
1,000	0,80	0,800	0,80	0,800	0,800	0,800	0,800



AMPLIFICACION MOMENTOS PRIMARIOS CON AXIL. LEY
 PARABÓLICA MAX EN C. $\alpha_s = -1$ $\psi = -0,8$



$$M(\xi) = \left[\frac{[1 - \cos(u)] \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] + a + b}{\text{Sen}(u)} \right] \text{Sen}(u\xi) + \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] \cos(u\xi) + \frac{2a}{u^2}$$

$$u = \sqrt{\alpha} \pi$$

$$\alpha = \frac{N}{N_{crit}}$$

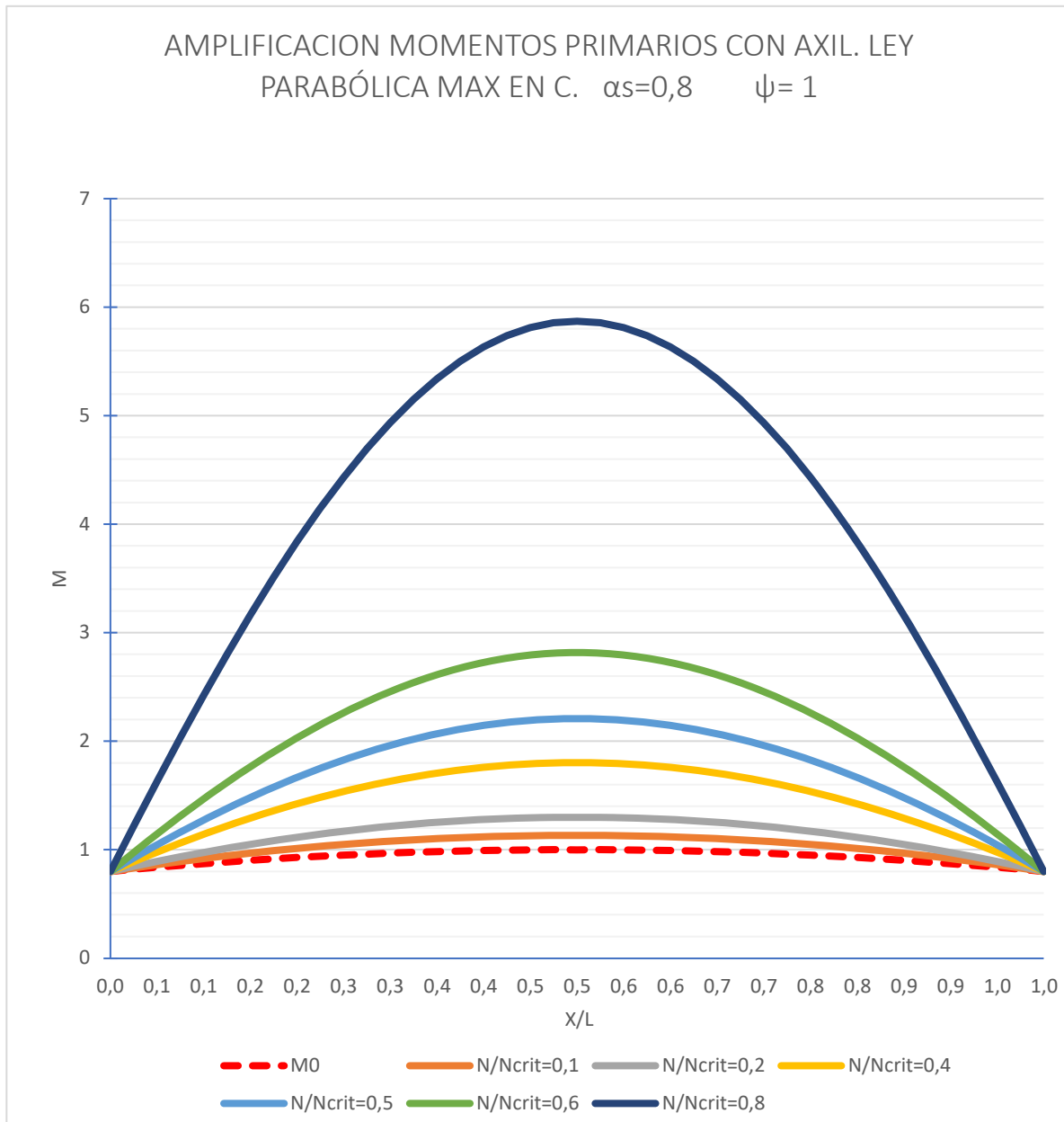
$$\xi_m = \frac{1}{u} \text{Arcotg} \left[\frac{[1 - \cos(u)] \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] + a + b}{\text{Sen}(u) \left[c - \frac{2a}{u^2} \right]} \right]$$



AMPLIFICACIÓN DE MOMENTOS POR EL ESFUERZO AXIL. MAGNITUD Y POSICION. LEY PARABOLICA

LEY DE MOMENTOS PRIMARIOS (PARÁBOLA CON MAXIMO EN Z CENTRAL C)		LEY PARABOLICA MOMENTOS PRIMARIOS	
MA (un mom)=	0,8	a=	-0,800
MB (un mom)=	0,8	b=	0,800
MC (un mom)	1 (MÁXIMO)	c=	0,800
ψ =	1,00	$M_0(\xi) = a\xi^2 + b\xi + c$	
αh =	0,80		
ξc =	0,50 (punto con MC)		
		L=	(longitud viga)

ξ	M0(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)	M(ξ)
0,000	0,80	0,800	0,80	0,800	0,800	0,800	0,800
0,025	0,82	0,832	0,85	0,890	0,924	0,974	1,218
0,050	0,84	0,862	0,89	0,978	1,045	1,143	1,629
0,075	0,86	0,891	0,93	1,061	1,161	1,308	2,031
0,100	0,87	0,918	0,98	1,142	1,272	1,466	2,422
0,125	0,89	0,944	1,01	1,218	1,379	1,618	2,800
0,150	0,90	0,968	1,05	1,290	1,480	1,763	3,163
0,175	0,92	0,991	1,08	1,358	1,576	1,900	3,510
0,200	0,93	1,011	1,11	1,422	1,666	2,030	3,838
0,225	0,94	1,031	1,14	1,481	1,750	2,151	4,146
0,250	0,95	1,048	1,17	1,536	1,827	2,263	4,433
0,275	0,96	1,064	1,20	1,586	1,898	2,365	4,697
0,300	0,97	1,079	1,22	1,631	1,962	2,458	4,937
0,325	0,98	1,091	1,24	1,671	2,019	2,541	5,152
0,350	0,98	1,102	1,25	1,706	2,068	2,613	5,340
0,375	0,99	1,112	1,27	1,735	2,111	2,675	5,500
0,400	0,99	1,119	1,28	1,760	2,146	2,726	5,633
0,425	1,00	1,125	1,29	1,779	2,173	2,765	5,737
0,450	1,00	1,129	1,29	1,792	2,192	2,794	5,811
0,475	1,00	1,132	1,30	1,800	2,204	2,811	5,856
0,500	1,00	1,133	1,30	1,803	2,208	2,816	5,871
0,525	1,00	1,132	1,30	1,800	2,204	2,811	5,856
0,550	1,00	1,129	1,29	1,792	2,192	2,794	5,811
0,575	1,00	1,125	1,29	1,779	2,173	2,765	5,737
0,600	0,99	1,119	1,28	1,760	2,146	2,726	5,633
0,625	0,99	1,112	1,27	1,735	2,111	2,675	5,500
0,650	0,98	1,102	1,25	1,706	2,068	2,613	5,340
0,675	0,98	1,091	1,24	1,671	2,019	2,541	5,152
0,700	0,97	1,079	1,22	1,631	1,962	2,458	4,937
0,725	0,96	1,064	1,20	1,586	1,898	2,365	4,697
0,750	0,95	1,048	1,17	1,536	1,827	2,263	4,433
0,775	0,94	1,031	1,14	1,481	1,750	2,151	4,146
0,800	0,93	1,011	1,11	1,422	1,666	2,030	3,838
0,825	0,92	0,991	1,08	1,358	1,576	1,900	3,510
0,850	0,90	0,968	1,05	1,290	1,480	1,763	3,163
0,875	0,89	0,944	1,01	1,218	1,379	1,618	2,800
0,900	0,87	0,918	0,98	1,142	1,272	1,466	2,422
0,925	0,86	0,891	0,93	1,061	1,161	1,308	2,031
0,950	0,84	0,862	0,89	0,978	1,045	1,143	1,629
0,975	0,82	0,832	0,85	0,890	0,924	0,974	1,218
1,000	0,80	0,800	0,80	0,800	0,800	0,800	0,800



$$M(\xi) = \left[\frac{[1 - \cos(u)] \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] + a + b}{\text{Sen}(u)} \right] \text{Sen}(u\xi) + \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] \cos(u\xi) + \frac{2a}{u^2}$$

$$u = \sqrt{\alpha}\pi$$

$$\alpha = \frac{N}{N_{crit}}$$

$$\xi_m = \frac{1}{u} \text{Arcotg} \left[\frac{[1 - \cos(u)] \left[c - \frac{2a}{u^2} \right] + a + b}{\text{Sen}(u) \left[c - \frac{2a}{u^2} \right]} \right]$$

4.- COEFICIENTE DE MOMENTO EQUIVALENTE UNIFORME PARA VARIACION LINEAL

Tal y como hemos comentado en la introducción:

Se define como momento equivalente uniforme, cm , el valor por el que hay que multiplicar el momento primario (que tiene una variación lineal en función de ψ) máximo M_A , para que supuesto un momento primario UNIFORME de valor $cm M_A$ tenga el mismo momento amplificado máximo que se da en la ley lineal de momentos primarios:

$$cm = cm(u, \psi) = \frac{M_{\max_{\psi}}(u, \psi, M_A)}{M_{\max 1}(u, 1, cm M_A)} = \frac{M_{\max_{\psi}}(u, \psi)}{M_{\max 1}(u)}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: APÉNDICE 9
AMPLIFICACION DE LOS MOMENTOS PRIMARIOS
COEFICIENTE DE MOMENTO UNIFORME

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO N°:

CE-AP9-54



COEFICIENTE DE MOMENTO EQUIVALENTE. Cm

CÁLCULO DE ξ_m (abcisa relativa donde se da el momento amplificado máximo)

$\alpha=N/N_{crit}$

$\alpha \Rightarrow$	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
u (rad) =>	0,9935	1,4050	1,9869	2,2214	2,4335	2,8099
$\xi_{m1} \Rightarrow$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$M_{max1} \Rightarrow$	1,137	1,310	1,832	2,252	2,884	6,058
ψ	$\xi_{m\psi}$	$\xi_{m\psi}$	$\xi_{m\psi}$	$\xi_{m\psi}$	$\xi_{m\psi}$	$\xi_{m\psi}$
-1,00	1,00	0,62	0,29	0,21	0,15	0,06
-0,95	1,00	0,60	0,27	0,18	0,12	0,00
-0,90	1,00	0,59	0,25	0,16	0,09	0,05
-0,85	1,00	0,57	0,23	0,13	0,06	0,10
-0,80	1,00	0,55	0,21	0,11	0,03	0,15
-0,75	1,00	0,53	0,18	0,08	0,01	0,19
-0,70	0,99	0,51	0,16	0,05	0,04	0,23
-0,65	0,97	0,49	0,13	0,03	0,07	0,26
-0,60	0,95	0,47	0,11	0,00	0,10	0,29
-0,55	0,92	0,45	0,08	0,03	0,13	0,31
-0,50	0,90	0,42	0,05	0,06	0,16	0,33
-0,45	0,88	0,40	0,03	0,09	0,18	0,35
-0,40	0,85	0,37	0,00	0,11	0,21	0,37
-0,35	0,82	0,34	0,03	0,14	0,23	0,38
-0,30	0,80	0,31	0,06	0,17	0,25	0,39
-0,25	0,76	0,28	0,08	0,19	0,27	0,40
-0,20	0,73	0,25	0,11	0,21	0,29	0,41
-0,15	0,70	0,22	0,14	0,23	0,31	0,42
-0,10	0,66	0,19	0,16	0,25	0,33	0,43
-0,05	0,62	0,15	0,19	0,27	0,34	0,43
0,00	0,58	0,12	0,21	0,29	0,35	0,44
0,05	0,54	0,08	0,23	0,31	0,37	0,45
0,10	0,49	0,05	0,25	0,33	0,38	0,45
0,15	0,44	0,01	0,27	0,34	0,39	0,46
0,20	0,39	0,03	0,29	0,36	0,40	0,46
0,25	0,34	0,06	0,31	0,37	0,41	0,46
0,30	0,29	0,10	0,33	0,38	0,42	0,47
0,35	0,23	0,13	0,35	0,39	0,43	0,47
0,40	0,17	0,17	0,36	0,41	0,44	0,47
0,45	0,11	0,20	0,38	0,42	0,44	0,48
0,50	0,05	0,23	0,39	0,43	0,45	0,48
0,55	0,01	0,26	0,41	0,44	0,46	0,48
0,60	0,07	0,30	0,42	0,44	0,46	0,49
0,65	0,12	0,33	0,43	0,45	0,47	0,49
0,70	0,18	0,35	0,44	0,46	0,47	0,49
0,75	0,24	0,38	0,45	0,47	0,48	0,49
0,80	0,30	0,41	0,46	0,48	0,48	0,49
0,85	0,35	0,43	0,47	0,48	0,49	0,50
0,90	0,40	0,46	0,48	0,49	0,49	0,50
0,95	0,45	0,48	0,49	0,49	0,50	0,50
1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

$$\xi_m = \frac{1}{\sqrt{\alpha\pi}} \operatorname{Arcotg} \left[\frac{\psi - \operatorname{Cos}(\sqrt{\alpha\pi})}{\operatorname{Sen}(\sqrt{\alpha\pi})} \right]$$



COEFICIENTE DE MOMENTO EQUIVALENTE. Cm

CÁLCULO DE Mmax

$\alpha \Rightarrow$	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
$u \text{ (rad)} \Rightarrow$	0,9935	1,4050	1,9869	2,2214	2,4335	2,8099
$\xi_{m1} \Rightarrow$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$M_{max1} \Rightarrow$	1,137	1,310	1,832	2,252	2,884	6,058
ψ	$M_{max\psi}$	$M_{max\psi}$	$M_{max\psi}$	$M_{max\psi}$	$M_{max\psi}$	$M_{max\psi}$
-1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
-0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
-0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01
-0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,04
-0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,10
-0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,17
-0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,25
-0,65	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,35
-0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,03	1,46
-0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	1,05	1,57
-0,50	1,00	1,00	1,00	1,01	1,08	1,69
-0,45	1,00	1,00	1,00	1,02	1,11	1,82
-0,40	1,00	1,00	1,00	1,03	1,14	1,95
-0,35	1,00	1,00	1,00	1,05	1,18	2,08
-0,30	1,00	1,00	1,01	1,07	1,22	2,22
-0,25	1,00	1,00	1,01	1,10	1,27	2,36
-0,20	1,00	1,00	1,02	1,12	1,32	2,50
-0,15	1,00	1,00	1,04	1,15	1,37	2,64
-0,10	1,00	1,00	1,05	1,18	1,42	2,78
-0,05	1,00	1,00	1,07	1,22	1,48	2,93
0,00	1,00	1,00	1,09	1,26	1,54	3,07
0,05	1,00	1,00	1,12	1,30	1,60	3,22
0,10	1,00	1,00	1,14	1,34	1,66	3,36
0,15	1,00	1,00	1,17	1,38	1,72	3,51
0,20	1,00	1,00	1,20	1,42	1,78	3,66
0,25	1,00	1,00	1,23	1,47	1,85	3,81
0,30	1,00	1,01	1,26	1,52	1,91	3,95
0,35	1,00	1,02	1,30	1,56	1,98	4,10
0,40	1,00	1,03	1,33	1,61	2,04	4,25
0,45	1,00	1,04	1,37	1,66	2,11	4,40
0,50	1,00	1,06	1,41	1,71	2,18	4,55
0,55	1,00	1,07	1,45	1,76	2,25	4,70
0,60	1,00	1,09	1,49	1,82	2,32	4,85
0,65	1,01	1,11	1,53	1,87	2,39	5,00
0,70	1,02	1,14	1,57	1,92	2,46	5,15
0,75	1,03	1,16	1,61	1,98	2,53	5,30
0,80	1,05	1,19	1,65	2,03	2,60	5,45
0,85	1,06	1,22	1,70	2,08	2,67	5,60
0,90	1,09	1,25	1,74	2,14	2,74	5,76
0,95	1,11	1,28	1,79	2,20	2,81	5,91
1,00	1,14	1,31	1,83	2,25	2,88	6,06

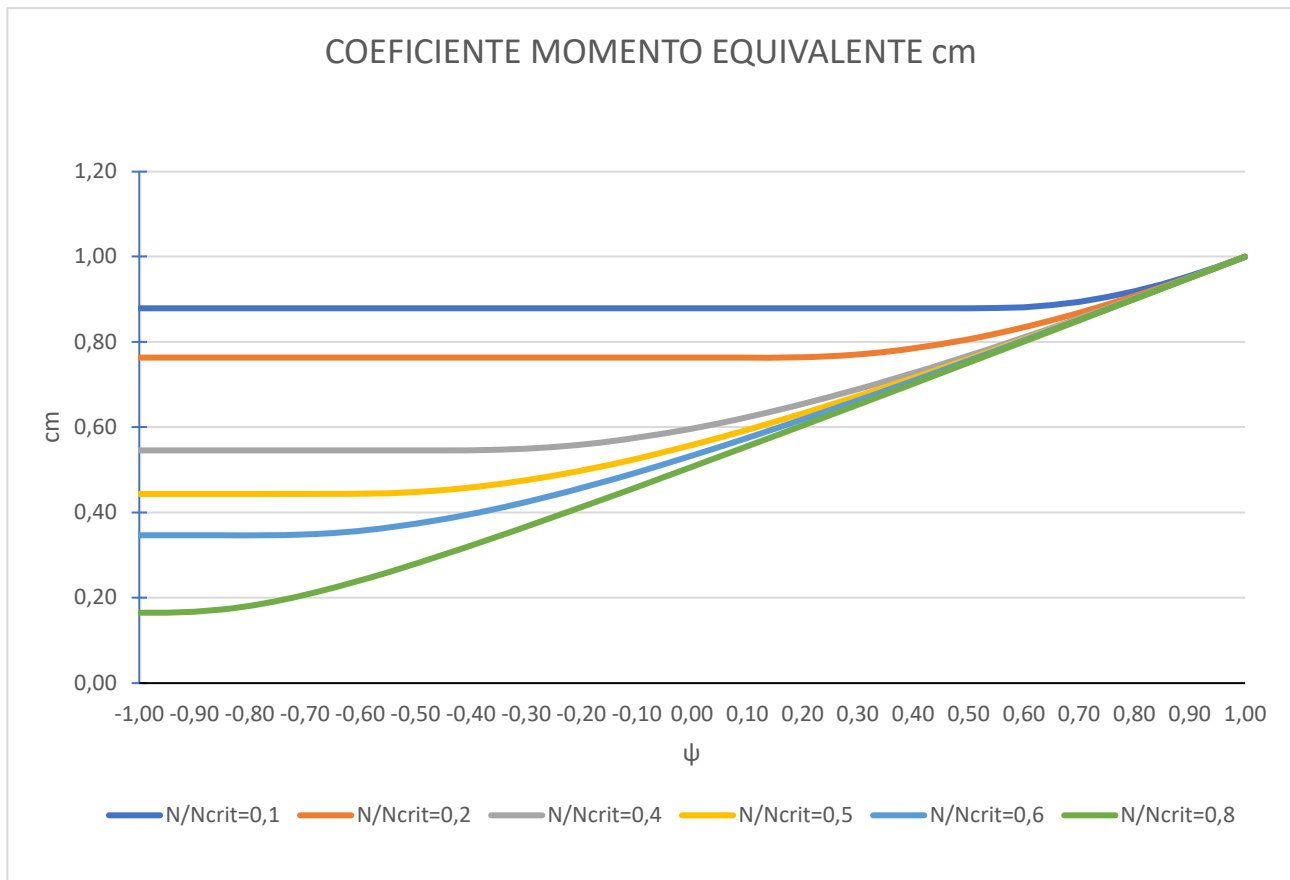
$$M_{max} = M(\xi_m) = M_A \left\{ \left[\frac{\psi - \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi)}{\text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi)} \right] \text{Sen}(\sqrt{\alpha}\pi\xi_m) + \text{Cos}(\sqrt{\alpha}\pi\xi_m) \right\}$$



COEFICIENTE DE MOMENTO EQUIVALENTE. Cm

CÁLCULO DE cm

$\alpha \Rightarrow$	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
$u \text{ (rad)} \Rightarrow$	0,9935	1,4050	1,9869	2,2214	2,4335	2,8099
$\xi m1 \Rightarrow$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$M_{max1} \Rightarrow$	1,137	1,310	1,832	2,252	2,884	6,058
ψ	cm	cm	cm	cm	cm	cm
-1,00	0,88	0,76	0,55	0,44	0,35	0,17
-0,95	0,88	0,76	0,55	0,44	0,35	0,17
-0,90	0,88	0,76	0,55	0,44	0,35	0,17
-0,85	0,88	0,76	0,55	0,44	0,35	0,17
-0,80	0,88	0,76	0,55	0,44	0,35	0,18
-0,75	0,88	0,76	0,55	0,44	0,35	0,19
-0,70	0,88	0,76	0,55	0,44	0,35	0,21
-0,65	0,88	0,76	0,55	0,44	0,35	0,22
-0,60	0,88	0,76	0,55	0,44	0,36	0,24
-0,55	0,88	0,76	0,55	0,45	0,36	0,26
-0,50	0,88	0,76	0,55	0,45	0,37	0,28
-0,45	0,88	0,76	0,55	0,45	0,38	0,30
-0,40	0,88	0,76	0,55	0,46	0,40	0,32
-0,35	0,88	0,76	0,55	0,47	0,41	0,34
-0,30	0,88	0,76	0,55	0,48	0,42	0,37
-0,25	0,88	0,76	0,55	0,49	0,44	0,39
-0,20	0,88	0,76	0,56	0,50	0,46	0,41
-0,15	0,88	0,76	0,57	0,51	0,48	0,44
-0,10	0,88	0,76	0,58	0,53	0,49	0,46
-0,05	0,88	0,76	0,59	0,54	0,51	0,48
0,00	0,88	0,76	0,60	0,56	0,53	0,51
0,05	0,88	0,76	0,61	0,58	0,55	0,53
0,10	0,88	0,76	0,62	0,59	0,57	0,56
0,15	0,88	0,76	0,64	0,61	0,60	0,58
0,20	0,88	0,76	0,65	0,63	0,62	0,60
0,25	0,88	0,77	0,67	0,65	0,64	0,63
0,30	0,88	0,77	0,69	0,67	0,66	0,65
0,35	0,88	0,78	0,71	0,69	0,69	0,68
0,40	0,88	0,78	0,73	0,72	0,71	0,70
0,45	0,88	0,79	0,75	0,74	0,73	0,73
0,50	0,88	0,81	0,77	0,76	0,76	0,75
0,55	0,88	0,82	0,79	0,78	0,78	0,78
0,60	0,88	0,83	0,81	0,81	0,80	0,80
0,65	0,89	0,85	0,83	0,83	0,83	0,83
0,70	0,89	0,87	0,86	0,85	0,85	0,85
0,75	0,90	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88
0,80	0,92	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90
0,85	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
0,90	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
0,95	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00



TOMO III

PLANOS

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u>	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> PG-01

TOMO III.- PLANOS

INDICE GENERAL

1.- PLANOS GENERALES.	PG-0A
2.- PLANOS DE OBRA CIVIL.	PO-0A
3.- PLANOS DE TALLER.	PT-0A
3.1. Pilares.	PT-0B
3.1.1. Pilares de pórtico.	PT-0C
3.1.1.1. Despiece.	PT-0D
3.1.1.2. Ensamblaje.	PT-32A
3.1.1.2.1. Pilares A.	PT-32B
3.1.1.2.2. Pilares B.	PT-39A
3.1.1.2.3. Pilares C.	PT-46A
3.1.1.2.4. Pilares A'.	PT-69A
3.1.2. Pilares hastiales.	PT-72A
3.1.2.1. Despiece.	PT-72B
3.1.2.2. Ensamblaje.	PT-77A
3.2. Dinteles	PT-86A
3.2.1. Despiece.	PT-86B
3.2.2. Ensamblaje.	PT-106A
3.2.2.1. Dinteles AB.	PT-106B
3.2.2.2. Dinteles A'B.	PT-109B
3.2.2.3. Dinteles BC.	PT-111A
3.3. Potelets.	PT-168A
3.3.1. Fachadas laterales.	PT-168B
3.3.1.1. Despiece.	PT-168C
3.3.1.2. Ensamblaje.	PT-182A
3.3.2. Fachadas frontales.	PT-205A
3.3.2.1. Despiece.	PT-205B
3.3.2.2. Ensamblaje.	PT-208A

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO: A4

PLANO Nº:

ESCALA:

PG-02

3.4. Arriostramientos.	-----	PT-219A
3.4.1. Fachadas.	-----	PT-219B
3.4.1.1. Longitudinal A-A	-----	PT-219C
3.4.1.2. Longitudinal B-B	-----	PT-229A
3.4.1.3. Longitudinal C-C	-----	PT-238A
3.4.1.4. Longitudinal A'-A'	-----	PT-248A
3.4.1.5. Frontales.	-----	PT-251A
3.4.2. Cubierta.	-----	PT-253A
3.4.2.1. AB	-----	PT-253B
3.4.2.2. BC	-----	PT-262A
3.5. Correas y tirantillos.	-----	PT-273A
3.5.1. Fachadas.	-----	PT-273B
3.5.1.1. Laterales.	-----	PT-273C
3.5.1.2. Frontales.	-----	PT-292A
3.5.2. Cubierta.	-----	PT-305A
4.- PLANOS DE MONTAJE.	-----	PM-0A
4.1. Plantas.	-----	PM-0B
4.2. Alzados.	-----	PM-7A
4.3. Secciones.	-----	PM-12A
4.4. Maniobras izado dinteles.	-----	PM-22A
4.5. Detalles soldaduras	-----	PM-30A

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO:	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	PLANO Nº : PG-03

INDICE DETALLADO

1.- PLANOS GENERALES.

Plano de situación	PG-1
Plano de emplazamiento dentro de la parcela	PG-2
Planta de alineaciones de pórticos obligatorias	PG-3
Estudio soluciones tipo de anclaje	PG-4

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO Nº :

ESCALA:

PG-04

INDICE DETALLADO

2.- PLANOS DE OBRA CIVIL.

Planta cimentación _ _ _ _ _	PO-1
Detalles alturas cimentación. anclajes _ _ _ _ _	PO-2
Detalle armado _ _ _ _ _	PO-3
Detalle sección transversal cerramiento lateral. _ _ _ _ _	PO-4
Pernos M39 anclajes pilares pórtico. _ _ _ _ _	PO-5
UPN 100 anclajes pilares pórtico simples _ _ _ _ _	PO-6
UPN 100 anclajes pilares pórtico dobles (junta dilatación) _ _ _ _ _	PO-7
Anclajes pilares pórtico tipo _ _ _ _ _	PO-8
Anclajes pilares pórtico dobles (junta dilatación) _ _ _ _ _	PO-9
Anclajes pilares pórtico inclinados . C14:C30 _ _ _ _ _	PO-10
Anclajes pilares hastiales (HEB 280) _ _ _ _ _	PO-11
Anclajes pilares A'25:A'30 (HEB 360) _ _ _ _ _	PO-12

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u>	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> PG-05

INDICE DETALLADO

3.- PLANOS DE TALLER.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u>	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> PG-06



INDICE DETALLADO PLANOS TALLER

PLANO Nº	DESCRIPCIÓN
PT-1	Definición geométrica secciones utilizadas en pilares
PT-2	Clase sección alma pilares pórtico HL 920x344
PT-3	Clase sección alas pilares pórtico HL 920x344
PT-4	Clase sección alma pilares pórtico HL 920x449 y HL 920x588
PT-5	Clase sección alas pilares pórtico HL 920x449 y HL 920x588
PT-6	Clase sección alma pilares pórtico HEB 360
PT-7	Clase sección alas pilares pórtico HEB 360
PT-8	Placas base pilares pórticos.
PT-9	Rigidizadores placas base pilares pórticos.
PT-10	Rigidizadores UPN 240 apoyo tubos atado en pilares pórtico HL
PT-11	Casquillos apoyo tubo atado en pilares pórtico.
PT-12	Rigidizadores e=30 mm pilares pórtico HL
PT-13	Rigidizadores e=15 mm pilares pórtico HEB 360
PT-14	Tapa cabeza pilares pórtico HL
PT-15	Rigidizadores e=30 mm especiales pilar A6
PT-16	Chapa en pilares B1 y B30 para potelet.
PT-17	Cartelas en pilares B para apoyo dinteles.
PT-18	Ejiones tipo pilares pórtico.
PT-19	Ejiones especiales (fachada inclinada) pilares pórtico. Pilares C14:C30
PT-20	Corte vigas pilares A.
PT-21	Corte vigas pilares B.
PT-22	Corte vigas pilares C (1 de 3)
PT-23	Corte vigas pilares C (2 de 3)
PT-24	Corte vigas pilares C (3 de 3)
PT-25	Corte refuerzo pilares A1:A4; A6; A8:A25 (HL 920x449)
PT-26	Corte refuerzo pilares A5 y A7 (HL 920x588)
PT-27	Corte refuerzo pilares C1:C4; C8:C13 (HL 920x449)
PT-28	Corte refuerzo pilares C5, C6 y C7 (HL 920x588)
PT-29	Corte refuerzo pilares C14:C21 (HL 920x449)
PT-30	Corte refuerzo pilares C22:C26 (HL 920x449)
PT-31	Corte refuerzo pilares C27:C30 (HL 920x449)
PT-32	Corte vigas pilares A'25 : A'30 (HEB 360)
PT-33	Ensamblaje pilar A1
PT-34	Ensamblaje pilares A2, A10, A11, A12, A13 y A24
PT-35	Ensamblaje pilares A3,A4,A8,A8 y A14:A23
PT-36	Ensamblaje pilar A5
PT-37	Ensamblaje pilar A6
PT-38	Ensamblaje pilar A7
PT-39	Ensamblaje pilar A25
PT-40	Ensamblaje pilar B1
PT-41	Ensamblaje pilares B2, B3, B10:B13, B23, B24 y B29
PT-42	Ensamblaje pilares B4, B8, B9, B14:B22 y B25:B28
PT-43	Ensamblaje pilar B5
PT-44	Ensamblaje pilar B6
PT-45	Ensamblaje pilar B7
PT-46	Ensamblaje pilar B30
PT-47	Ensamblaje pilar C1
PT-48	Ensamblaje pilares C2, C10, C11 y C12
PT-49	Ensamblaje pilares C3, C4, C8 y C9
PT-50	Ensamblaje pilares C5 y C7



INDICE DETALLADO PLANOS TALLER

PLANO Nº	DESCRIPCIÓN
PT-51	Ensamblaje pilar C6
PT-52	Ensamblaje pilar C13
PT-53	Ensamblaje pilar C14
PT-54	Ensamblaje pilar C15
PT-55	Ensamblaje pilar C16
PT-56	Ensamblaje pilar C17
PT-57	Ensamblaje pilar C18
PT-58	Ensamblaje pilar C19
PT-59	Ensamblaje pilar C20
PT-60	Ensamblaje pilar C21
PT-61	Ensamblaje pilar C22
PT-62	Ensamblaje pilar C23
PT-63	Ensamblaje pilar C24
PT-64	Ensamblaje pilar C25
PT-65	Ensamblaje pilar C26
PT-66	Ensamblaje pilar C27
PT-67	Ensamblaje pilar C28
PT-68	Ensamblaje pilar C29
PT-69	Ensamblaje pilar C30
PT-70	Ensamblaje pilar A'25
PT-71	Ensamblaje pilares A'26:A'29
PT-72	Ensamblaje pilar A'30
PT-73	Placa base pilares hastiales
PT-74	Rigidizadores UPN240 placa base pilares hastiales
PT-75	Ejiones pilares hastiales
PT-76	Placas para apoyo tubos atado pilares hastiales
PT-77	Corte vigas pilares hastiales (HEB 280)
PT-78	Ensamblaje pilares hastiales HE1, HE9 y HO9
PT-79	Ensamblaje pilares hastiales HE2, HE8 y HO8
PT-80	Ensamblaje pilares hastiales HE3, HE7 y HO7
PT-81	Ensamblaje pilares hastiales HE4, HE6, HO4 y HO6
PT-82	Ensamblaje pilares hastiales HE5 y HO5
PT-83	Ensamblaje pilares hastiales HE10, HE16, H10 y H16
PT-84	Ensamblaje pilares hastiales HE11, HE15, HO11 y HO15
PT-85	Ensamblaje pilares hastiales HE12, HE14, HO12 y HO14
PT-86	Ensamblaje pilares hastiales HE13 y HO13
PT-87	Definición geométrica secciones utilizadas en dinteles
PT-88	Clase de sección alma HL 920x390 y HL 920x420
PT-89	Clase de sección alas HL 920x390 y HL 920x420
PT-90	Clase de sección alma HL 920x491
PT-91	Clase de sección alas HL 920x491
PT-92	Ejiones dinteles.
PT-93	Angulares unión pilar-dintel
PT-94	Casquillos apoyo tubos atado
PT-95	Orejetas dinteles
PT-96	Rigidizadores UPN240 apoyo tubos atado dinteles
PT-97	Chapa sujecion tubos atado dinteles A'B en apoyo pilares A'
PT-98	Rigidizadores e=20 mm en dinteles A'B en apoyo pilares A'
PT-99	Corte vigas dinteles AB y A'B HL 920x390
PT-100	Corte vigas refuerzos dinteles AB . HL 920x390



INDICE DETALLADO PLANOS TALLER

PLANO Nº	DESCRIPCIÓN
PT-101	Corte vigas dinteles BC5 y BC7. HL 920x491
PT-102	Corte vigas refuerzos dinteles BC5 y BC7. HL 920x491
PT-103	Corte vigas dinteles "tipo" BC. HL 920x420
PT-104	Corte vigas extremos C especiales dinteles BC. HI 920X420
PT-105	Corte vigas refuerzos dinteles "tipo". HI 920X420. Extrem. B y C dinteles BC1:4, BC6 y BC8:13. Extrem B dinteles BC14:30
PT-106	Corte vigas refuerzos especiales HL 920x420. Extremos C dinteles BC14:21
PT-107	Ensamblaje extremos A/B dinteles AB1:4, BC6 y BC8:25. HL 920x390
PT-108	Ensamblaje claves dinteles AB1:25. HL 920x390
PT-109	Ensamblaje extremos A/B dinteles AB5 y AB7. HL 920x390
PT-110	Ensamblaje extremos B dinteles A'B26:30. HL 920x390
PT-111	Ensamblaje "semiclaves" dinteles A'B26:30. HL 920x390
PT-112	Ensamblaje extremos B dinteles BC5 y BC7. HL 920x491
PT-113	Ensamblaje clave dinteles BC5 y BC7. HL 920x491
PT-114	Ensamblaje extremos C dinteles BC5 y BC7. HL 920x491
PT-115	Ensamblaje extremos B/C dinteles BC1:4 y BC8:13 y extremo B dintel BC6. HL 920x420
PT-116	Ensamblaje claves dinteles BC1:4, BC6 y BC8:13 HL 920x420
PT-117	Ensamblaje extemo C dintel BC6. HL 920x420
PT-118	Ensamblaje extemo B dintel BC14. HL 920x420
PT-119	Ensamblaje eclave dintel BC14. HL 920x420
PT-120	Ensamblaje extemo C dintel BC14. HL 920x420
PT-121	Ensamblaje extemo B dintel BC15. HL 920x420
PT-122	Ensamblaje eclave dintel BC15. HL 920x420
PT-123	Ensamblaje extemo C dintel BC15. HL 920x420
PT-124	Ensamblaje extemo B dintel BC16. HL 920x420
PT-125	Ensamblaje eclave dintel BC16. HL 920x420
PT-126	Ensamblaje extemo C dintel BC16. HL 920x420
PT-127	Ensamblaje extemo B dintel BC17. HL 920x420
PT-128	Ensamblaje eclave dintel BC17. HL 920x420
PT-129	Ensamblaje extemo C dintel BC17. HL 920x420
PT-130	Ensamblaje extemo B dintel BC18. HL 920x420
PT-131	Ensamblaje eclave dintel BC18. HL 920x420
PT-132	Ensamblaje extemo C dintel BC18. HL 920x420
PT-133	Ensamblaje extemo B dintel BC19. HL 920x420
PT-134	Ensamblaje eclave dintel BC19. HL 920x420
PT-135	Ensamblaje extemo C dintel BC19. HL 920x420
PT-136	Ensamblaje extemo B dintel BC20. HL 920x420
PT-137	Ensamblaje eclave dintel BC20. HL 920x420
PT-138	Ensamblaje extemo C dintel BC20. HL 920x420
PT-139	Ensamblaje extemo B dintel BC21. HL 920x420
PT-140	Ensamblaje eclave dintel BC21. HL 920x420
PT-141	Ensamblaje extemo C dintel BC21. HL 920x420
PT-142	Ensamblaje extemo B dintel BC22. HL 920x420
PT-143	Ensamblaje eclave dintel BC22. HL 920x420
PT-144	Ensamblaje extemo C dintel BC22. HL 920x420
PT-145	Ensamblaje extemo B dintel BC23. HL 920x420
PT-146	Ensamblaje eclave dintel BC23. HL 920x420
PT-147	Ensamblaje extemo C dintel BC23. HL 920x420
PT-148	Ensamblaje extemo B dintel BC24. HL 920x420
PT-149	Ensamblaje eclave dintel BC24. HL 920x420
PT-150	Ensamblaje extemo C dintel BC24. HL 920x420



INDICE DETALLADO PLANOS TALLER

PLANO Nº	DESCRIPCIÓN
PT-151	Ensamblaje extemo B dintel BC25. HL 920x420
PT-152	Ensamblaje eclave dintel BC25. HL 920x420
PT-153	Ensamblaje extemo C dintel BC25. HL 920x420
PT-154	Ensamblaje extemo B dintel BC26. HL 920x420
PT-155	Ensamblaje eclave dintel BC26. HL 920x420
PT-156	Ensamblaje extemo C dintel BC26. HL 920x420
PT-157	Ensamblaje extemo B dintel BC27. HL 920x420
PT-158	Ensamblaje eclave dintel BC27. HL 920x420
PT-159	Ensamblaje extemo C dintel BC27. HL 920x420
PT-160	Ensamblaje extemo B dintel BC28. HL 920x420
PT-161	Ensamblaje eclave dintel BC28. HL 920x420
PT-162	Ensamblaje extemo C dintel BC28. HL 920x420
PT-163	Ensamblaje extemo B dintel BC29. HL 920x420
PT-164	Ensamblaje eclave dintel BC29. HL 920x420
PT-165	Ensamblaje extemo C dintel BC29. HL 920x420
PT-166	Ensamblaje extemo B dintel BC30. HL 920x420
PT-167	Ensamblaje eclave dintel BC30. HL 920x420
PT-168	Ensamblaje extemo C dintel BC30. HL 920x420
PT-169	Ejiones "tipo" poteles laterales pilares A y C.
PT-170	Ejiones especiales potelets de esquina A1, A25 y C1
PT-171	Ejiones especiales potelet de esquina C30 (1 de 2)
PT-172	Ejiones especiales potelet de esquina C30 (2 de 2)
PT-173	Ejiones especiales potelet A'25 (1 de 2)
PT-174	Ejiones especiales potele A'25 (2 de 2)
PT-175	Ejiones "tipo" potelets laterales pilares A'
PT-176	Ejiones especiales potelet de esquina A'30
PT-177	Rigidizador e=15 mm potelets laterales.
PT-178	Chapa conexión potelets laterales A1:A25 y C1:C13
PT-179	Chapa conexión potelets laterales C14:C30
PT-180	Chapa e=20 mm inclinación potelets laterales C14:C30
PT-181	Corte vigas potelets laterales HEB 260 (A y C)
PT-182	Corte vigas potelets laterales HEB 180 (A')
PT-183	Ensamblaje potelet A1
PT-184	Ensamblaje potelets A2:A24 y C2:C13
PT-185	Ensamblaje potelet A25 y C1
PT-186	Ensamblaje potelet C14
PT-187	Ensamblaje potelet C15
PT-188	Ensamblaje potelet C16
PT-189	Ensamblaje potelet C17
PT-190	Ensamblaje potelet C18
PT-191	Ensamblaje potelet C19
PT-192	Ensamblaje potelet C20
PT-193	Ensamblaje potelet C21
PT-194	Ensamblaje potelet C22
PT-195	Ensamblaje potelet C23
PT-196	Ensamblaje potelet C24
PT-197	Ensamblaje potelet C25
PT-198	Ensamblaje potelet C26
PT-199	Ensamblaje potelet C27
PT-200	Ensamblaje potelet C28



INDICE DETALLADO PLANOS TALLER

PLANO Nº	DESCRIPCIÓN
PT-201	Ensamblaje potelet C29
PT-202	Ensamblaje potelet C30
PT-203	Ensamblaje potelet A'25
PT-204	Ensamblaje potelets A'26:A'29
PT-205	Ensamblaje potelet A'30
PT-206	Chapa sujeción potelets frontales
PT-207	Ejiones potelets frontales
PT-208	Corte vigas potelets frontales (HEB 180)
PT-209	Ensamblaje potelets frontales HE1 y HE/O9
PT-210	Ensamblaje potelets frontales HE2 y HE/O8
PT-211	Ensamblaje potelets frontales HE3 y HE/O7
PT-212	Ensamblaje potelets frontales HE/O4 y HE/O6
PT-213	Ensamblaje potelets frontales HE/O5
PT-214	Ensamblaje potelets frontales HE/O10 y HE/O16
PT-215	Ensamblaje potelets frontales HE/O11 y HE/O15
PT-216	Ensamblaje potelets frontales HE/O12 y HE/O14
PT-217	Ensamblaje potelets frontales HE/O13
PT-218	Ensamblaje potelets frontales pilar B1
PT-219	Ensamblaje potelets frontales pilar B30
PT-220	Tubos atado TC150x4 fachada longitudinal A-A
PT-221	Tubos atado TC180x5 fachada longitudinal A-A
PT-222	Diagonales TC180x5 fachada longitudinal A-A
PT-223	Montantes y diagonales celosías TC 180x5 fachada longitudinal A-A
PT-224	Tubos atado TC180x8 fachada longitudinal A-A
PT-225	Diagonales TC180x8 fachada longitudinal A-A
PT-226	Celosía cruz "K" fachada longitudinal A-A. Vano A1-A2
PT-227	Celosía cruz "K" fachada longitudinal A-A. Vanos A10-A11 y A12-A13
PT-228	Celosía cruz "K" fachada longitudinal A-A. Vano A24-A25
PT-229	Viga apoyo pilares A6 y B6. 2xHEB600
PT-230	Tubos atado TC150x4 fachada longitudinal B-B
PT-231	Tubos atado TC180x5 fachada longitudinal B-B
PT-232	Diagonales TC180x5 fachada longitudinal B-B
PT-233	Montantes y diagonales celosías TC 180x5 fachada longitudinal B-B
PT-234	Tubos atado TC180x8 fachada longitudinal B-B
PT-235	Diagonales TC180x8 fachada longitudinal B-B
PT-236	Celosía cruz "K" fachada longitudinal B-B. Vano B2-B3 y B29-B30
PT-237	Celosía cruz "K" fachada longitudinal B-B. Vanos B10-B11 y B12-B13
PT-238	Celosía cruz "K" fachada longitudinal B-B. Vano B23-B24
PT-239	Tubos atado TC150x4 fachada longitudinal C-C
PT-240	Tubos atado TC180x5 fachada longitudinal C-C
PT-241	Diagonales TC180x5 fachada longitudinal C-C (1 de 2)
PT-242	Diagonales TC180x5 fachada longitudinal C-C (2 de 2)
PT-243	Montantes y diagonales celosías TC 180x5 fachada longitudinal C-C
PT-244	Tubos atado TC180x8 fachada longitudinal C-C
PT-245	Diagonales TC180x8 fachada longitudinal C-C
PT-246	Celosía cruz "K" fachada longitudinal C-C. Vano C1-C2
PT-247	Celosía cruz "K" fachada longitudinal C-C. Vanos C10-C11 y C12-C13
PT-248	Celosía cruz "K" fachada longitudinal C-C. Vano C24-C25
PT-249	Tubos atado fachada longitudinal A'-A'
PT-250	Diagonales inferiores fachada longitudinal A'-A'



INDICE DETALLADO PLANOS TALLER

PLANO Nº	DESCRIPCIÓN
PT-251	Diagonales superiores fachada longitudinal A'-A'
PT-252	Tubo atado TC 150x4 fachada frontal este
PT-253	tubo atado TC 150x4 fachada frontal oeste
PT-254	Tubo atado TC 150x4 cubierta AB
PT-255	Tubo atado TC 180x5 y 180x8 cubierta nave AB
PT-256	Diagonales largas TC 180x5 nave AB. Vanos 1-2 y 29-30
PT-257	Diagonales largas TC 180x5 nave AB. Vanos 10-11 y 12-13 (JD)
PT-258	Diagonales largas TC 180x5 nave AB. Vano 24-25
PT-259	Diagonales cortas TC 180x5 nave AB. Vanos 1-2 y 29-30
PT-260	Diagonales cortas TC 180x5 nave AB. Vanos 10-11 y 12-13 (JD)
PT-261	Diagonales cortas TC 180x5 nave AB. Vano 24-25
PT-262	Diagonales TC 180x8 cubierta AB. Vanos 5-6 y 6-7
PT-263	Tubo atado TC 150x4 cubierta BC
PT-264	Tubo atado especiales TC 150x4 cubierta BC
PT-265	Tubo atado TC 180x5 y 180x8 cubierta nave BC
PT-266	Diagonales largas TC 180x5 nave BC. Vanos 1-2 y 29-30
PT-267	Diagonales largas TC 180x5 nave BC. Vanos 10-11 y 12-13 (JD)
PT-268	Diagonales largas TC 180x5 nave BC. Vano 24-25
PT-269	Diagonales cortas TC 180x5 nave BC. Vanos 1-2
PT-270	Diagonales cortas TC 180x5 nave BC. Vanos 10-11 y 12-13 (JD)
PT-271	Diagonales cortas TC 180x5 nave BC. Vano 24-25
PT-272	Diagonales cortas TC 180x5 nave BC. Vanos 29-30
PT-273	Diagonales TC 180x8 nave BC. Vanos 5-6 y 6-7
PT-274	Correas de fachada lateral C300x4 lacadas al fuego RAL 7032 (1 de 3)
PT-275	Correas de fachada lateral C300x4 lacadas al fuego RAL 7032 (2 de 3)
PT-276	Correas de fachada lateral C300x4 lacadas al fuego RAL 7032 (3 de 3)
PT-277	Correas de fachada lateral C300x4 sin pintar (1 de 3)
PT-278	Correas de fachada lateral C300x4 sin pintar (2 de 3)
PT-279	Correas de fachada lateral C300x4 sin pintar (3 de 3)
PT-280	Celosias de fachada lateral vano 10.000 (A/C: 1-2, 2-3, 3-4 y 4-5)
PT-281	Celosias de fachada lateral vano 8.000 (A/C: 5-6 y 6-7)
PT-282	Celosias de fachada lateral vano 10.400 (A: 24-25 y A/C: 7-8, 8-9 y 9-10)
PT-283	Celosias de fachada lateral vano 9.9300 (A/C: 10-11 y 12-13)
PT-284	Celosias de fachada lateral vano 10.400 (C: 24-25)
PT-285	Celosias de fachada lateral vano 9.333 (C: 13-14)
PT-286	Celosias de fachada lateral vano 9.333 (C: 14-15 y 15-16)
PT-287	Celosias de fachada lateral vano 9.920 (C: 16-17, 17-18 y 18-19)
PT-288	Celosias de fachada lateral vano 10.222 (A: 20-21, 21-22, 22-23 y 23-24)
PT-289	Celosias de fachada lateral vano 10.222 (C: 20-21)
PT-290	Celosias de fachada lateral vano 10.000 (C: 25-26, 26-27, 27-28, 28-29 y 29-30)
PT-291	Celosias de fachada lateral vano 10.000 (A': 26-27, 27-28, 28-29 y 29-30)
PT-292	Celosias de fachada lateral vano 10.000 (A': 25-26)
PT-293	Correas de fachada frontal C225x3 lacadas al fuego RAL 7032 (1 de 2)
PT-294	Correas de fachada frontal C225x3 lacadas al fuego RAL 7032 (2 de 2)
PT-295	Correas de fachada frontal C225x3 sin pintar
PT-296	Celosia fachada frontal vano 6.212 (E: C1-HE1)
PT-297	Celosia fachada frontal vano 6.208 (E/O: HE1:HE9 y HO4:HO9)
PT-298	Celosia fachada frontal vano 6.202 (E/O: B-HE9 y B30-HO9)
PT-299	Celosia fachada frontal vano 6.300 (E/O: B1-HE10 y B30-HO10)
PT-300	Celosia fachada frontal vano 6.312 (E/O: HE10:HE16 y HO10:HO16)

INDICE DETALLADO

4.- PLANOS DE MONTAJE.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u>		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u>	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> PG-014



INDICE DETALLADO PLANOS MONTAJE

PLANO Nº	DESCRIPCIÓN
PM-1	Planta pilares.
PM-2	Detalle en planta descntramiento eje pialres-ejes de anclajes
PM-3	Detalle en planta ejiones pilares
PM-4	Detalle en planta pilares+potelets
PM-5	Planta dinteles + arriostramientos de cubierta
PM-6	Planta pilares+dinteles+correas de cubierta
PM-7	Planta cerramientos de cubierta
PM-8	Alzados fachadas longitudinales (estructura)
PM-9	Alzados fachadas longitudinales (correas)
PM-10	Alzado frontales este (estructura y correas)
PM-11	Alzado frontales oeste (estructura y correas). A25-A'25
PM-12	Alzado frontales este (estructura y correas). C30-A'30
PM-13	Secciones pórticos 30,29 y 28
PM-14	Secciones pórticos 27,26 y 25
PM-15	Secciones pórticos 24,23 y 22
PM-16	Secciones pórticos 21,20 y 19
PM-17	Secciones pórticos 18, 17 y 16
PM-18	Secciones pórticos 15,14 y 13
PM-19	Secciones pórticos 12,11 y 10
PM-20	Secciones pórticos 9,8 y 7
PM-21	Secciones pórticos 6,5 y 4
PM-22	Secciones pórticos 3,2 y 1
PM-23	Maniobra izado dinteles simétricos (AB1 a 25 y BC1 a 13)
PM-24	Maniobra izado dinteles asimétricos a tiro directo (A'B25 a 30)
PM-25	Maniobra izado dinteles asimétricos con dos poleas (dinteles BC30 a 26)
PM-26	Maniobra izado dinteles asimétricos con dos poleas (dinteles BC25 a 22)
PM-27	Maniobra izado dinteles asimétricos con dos poleas (dinteles BC21 a 18)
PM-28	Maniobra izado dinteles asimétricos con dos poleas (dinteles BC17 a 14)
PM-29	Distancia mínima posicionamiento grua dinteles AB
PM-30	Distancia mínima posicionamiento grua dinteles BC
PM-31	Detalles soldaduras en taller.
PM-32	Detalles soldaduras en obra.

TOMO III.- PLANOS

1.- PLANOS GENERALES

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción
de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

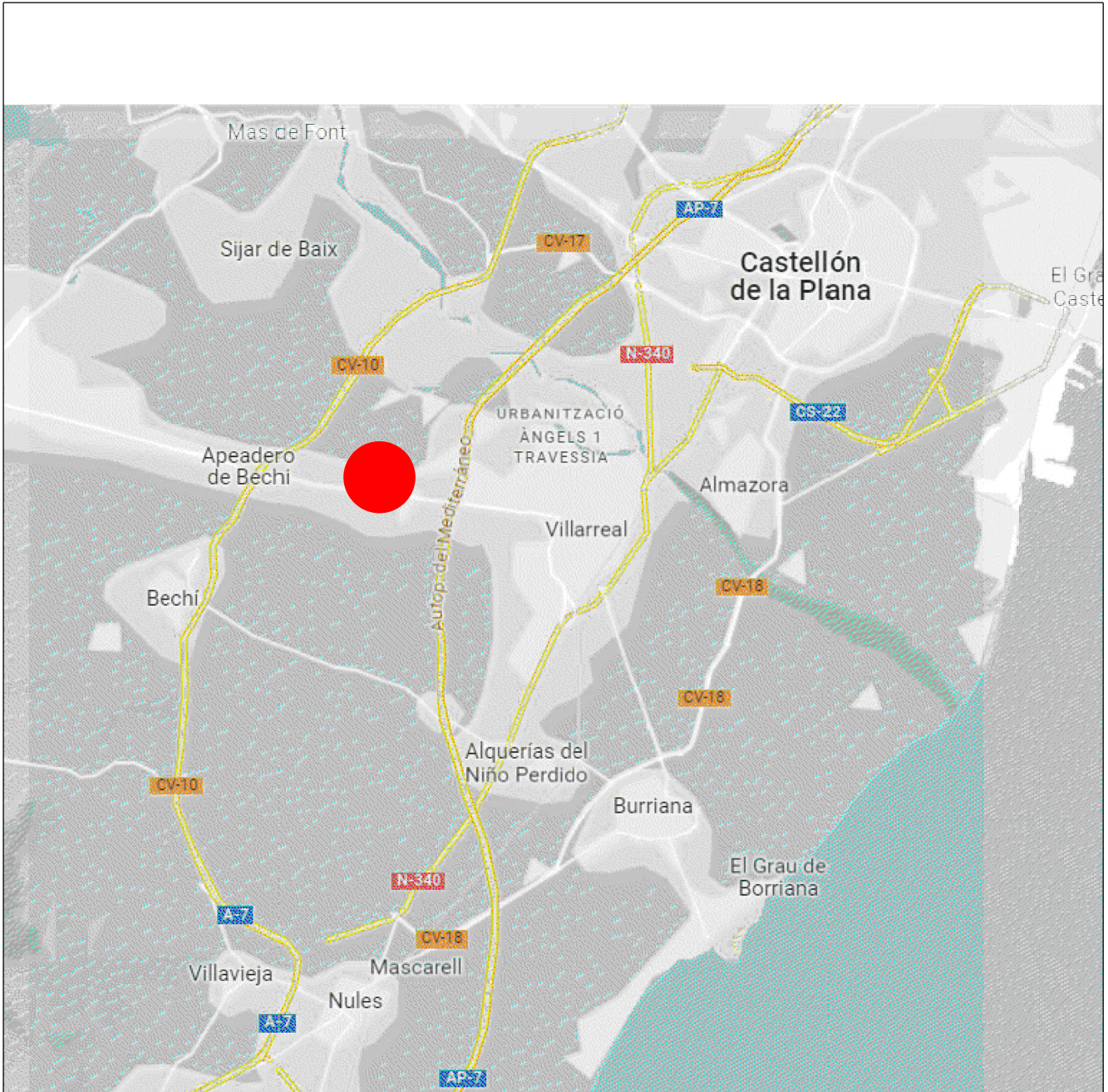
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

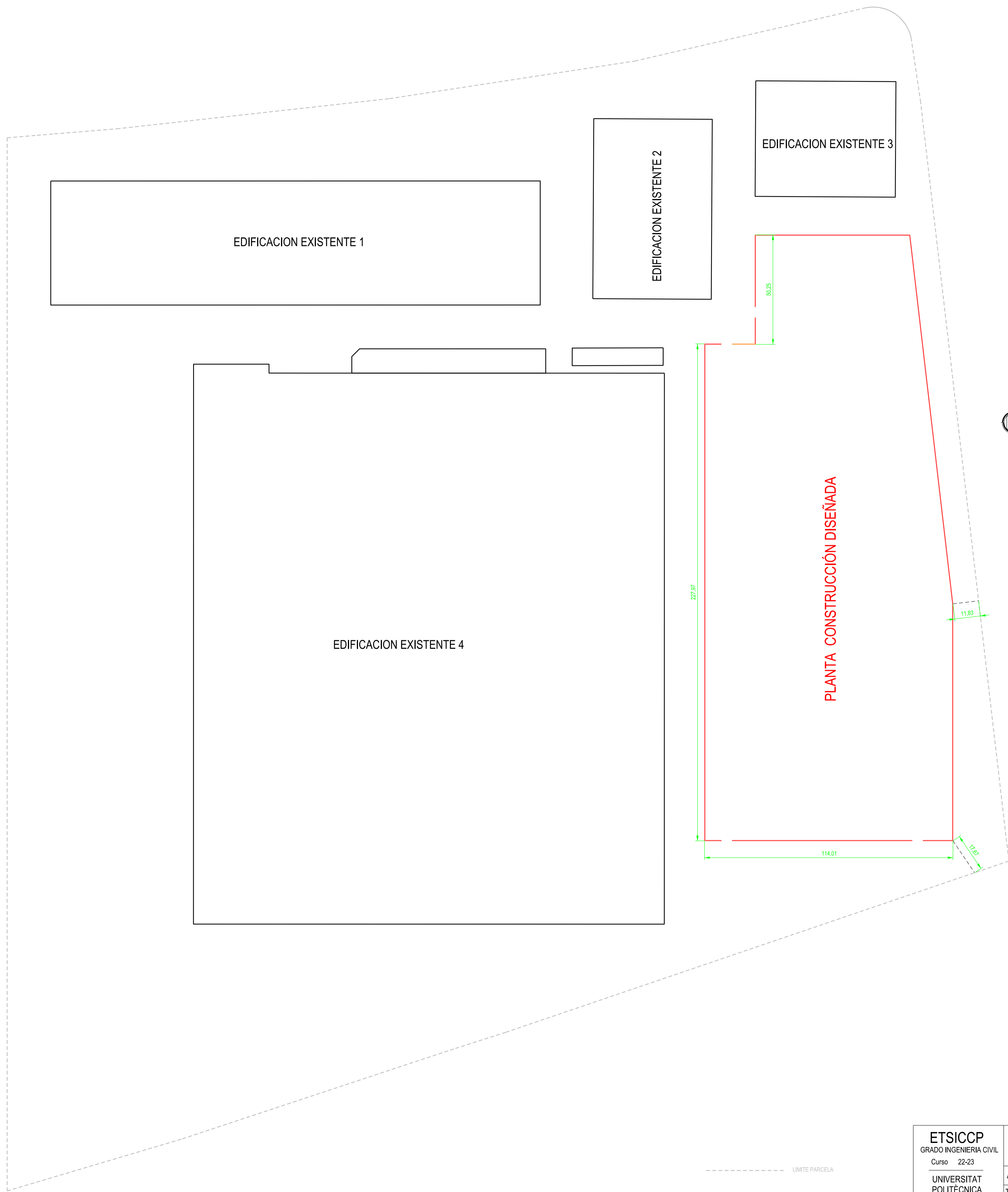
PLANO Nº :

ESCALA:

PG-016

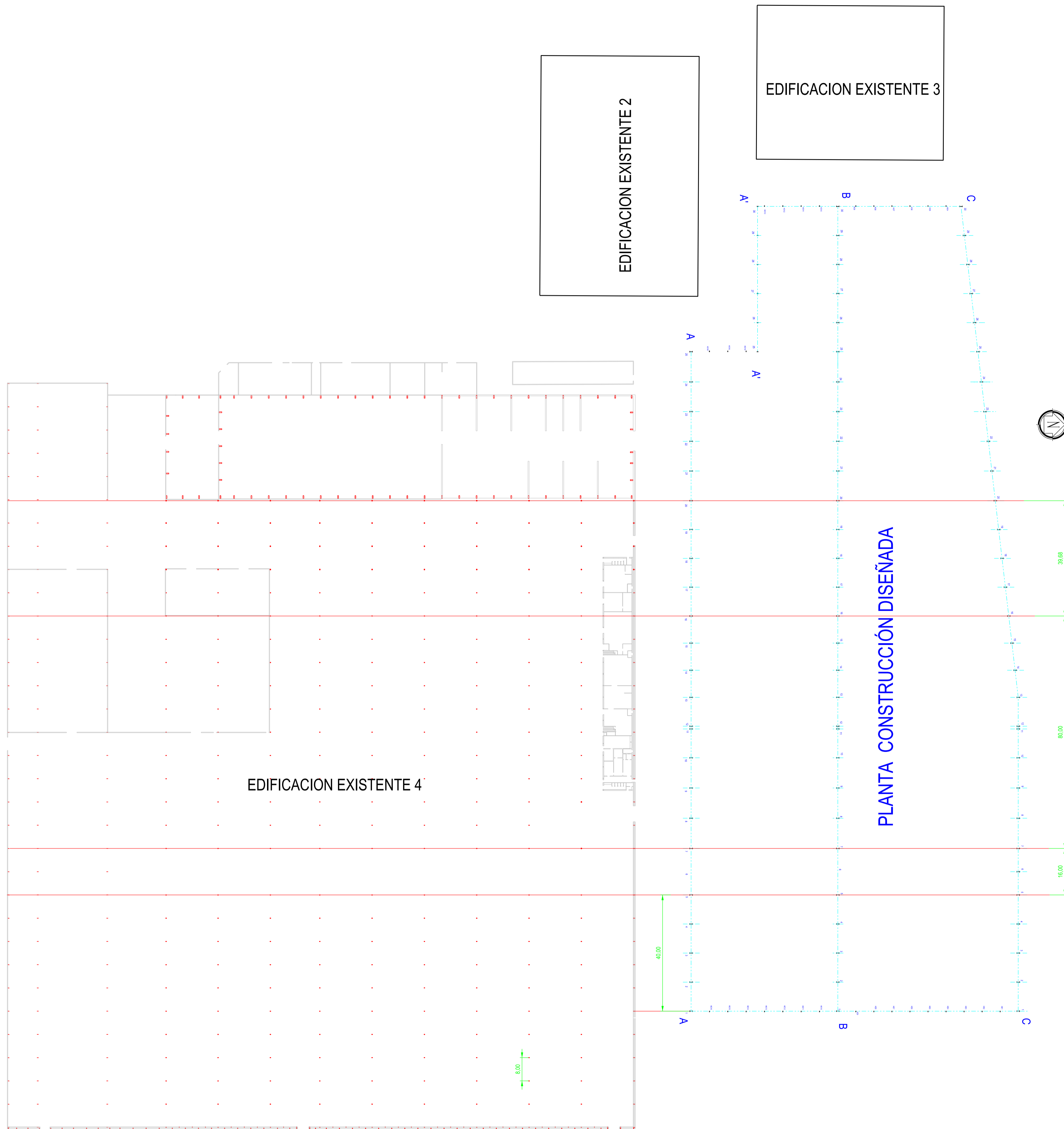


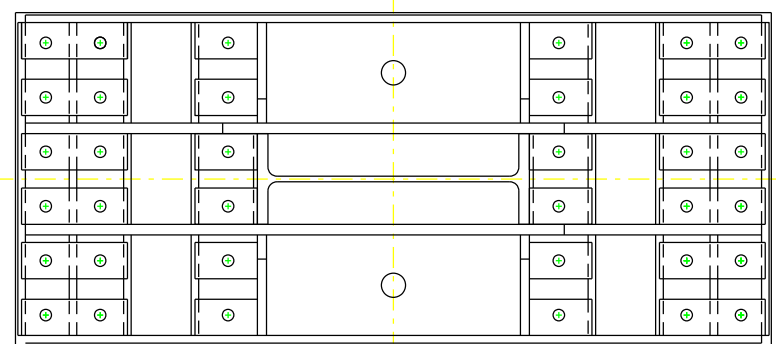
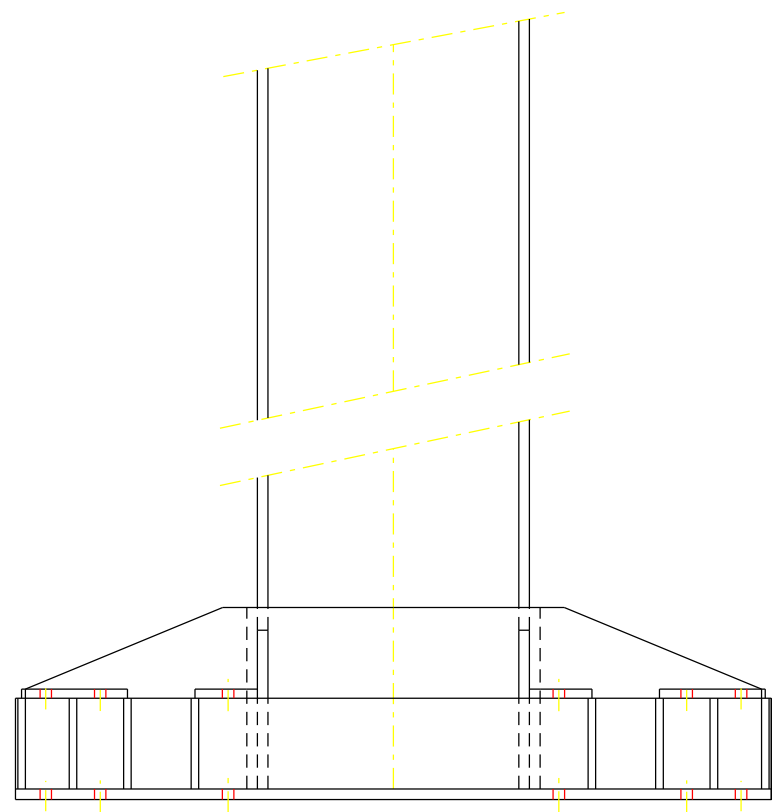
<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TÍTULO PLANO: PLANO DE SITUACIÓN	FORMATO: A4 ESCALA: 1/500	PLANO Nº: PG-1



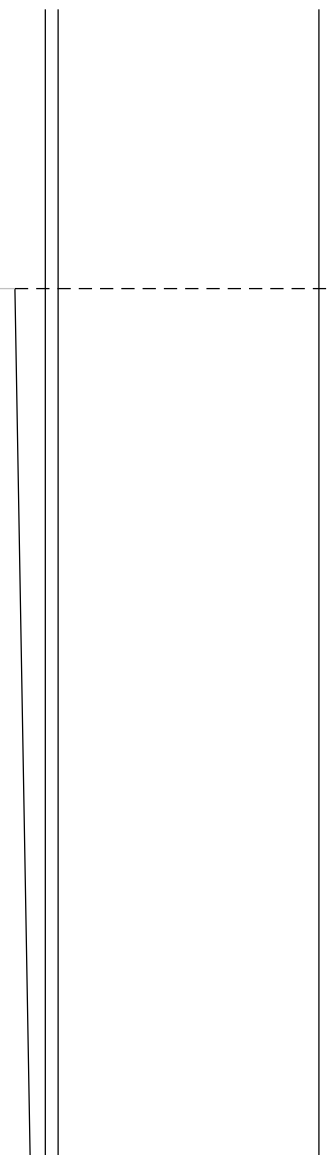
----- LIMITE PARCELA

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO * Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TÍTULO PLANO: PLANO DE EMPLAZAMIENTO DENTRO DE LA PARCELA	FORMATO: A1 ESCALA: 1/1000	PLANO Nº: 2 PG-2	





MÉTODO 1 Anclaje con bastidor competente



MÉTODO 2 Empotramiento por prolongación de fuste "tipo"

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ESTUDIO SOLUCIONES ANCLAJE

FORMATO: A3

ESCALA: 1/25

PLANO Nº:

PG-4

TOMO III.- PLANOS

2.- PLANOS DE OBRA CIVIL

Curso **ETSICCP** 22-23
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
GRADO INGENIERIA CIVIL
UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALENCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

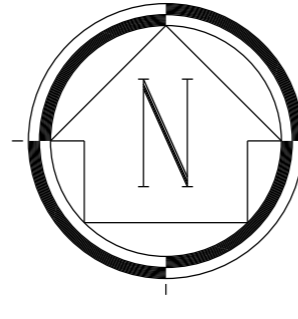
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

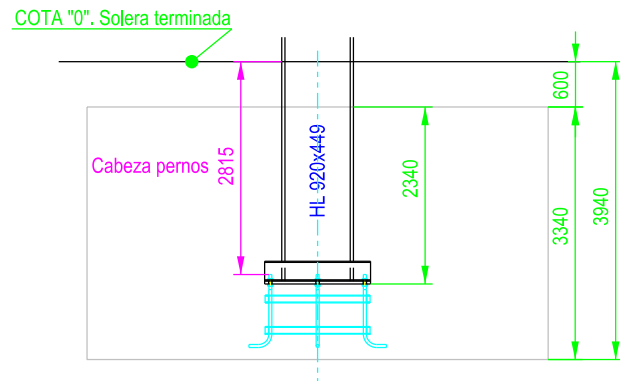
PLANO Nº :

ESCALA:

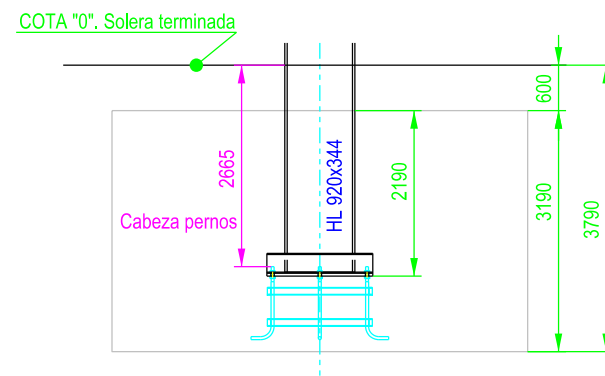
PO-0A



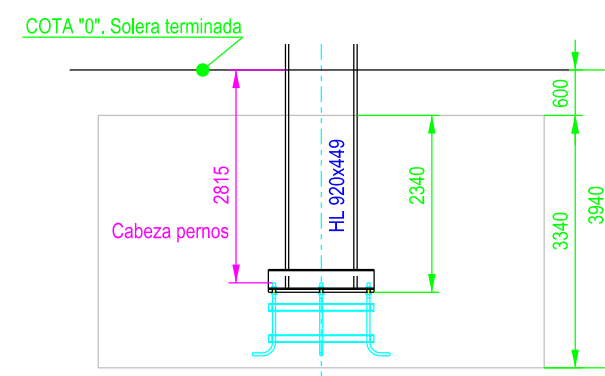
PILARES C (excepto C5, C6 y C7)



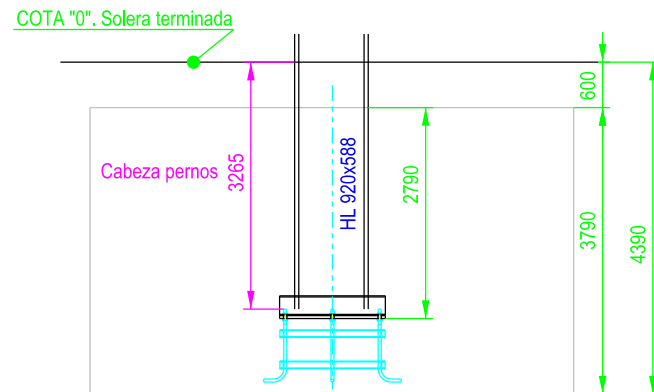
PILARES B (excepto B5 y B7)



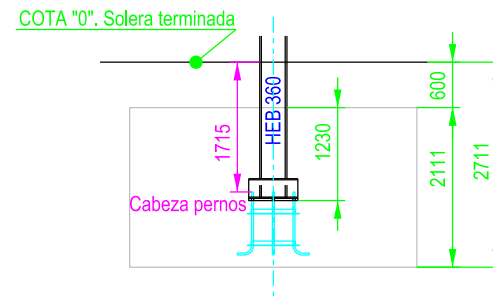
PILARES A (excepto A5 y A7)



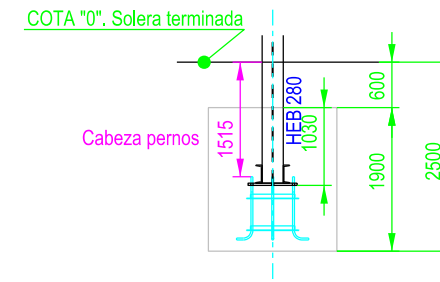
PILARES A5, A7, B5, B7, C5, C6 y C7



PILARES A'



PILARES HASTIALES



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

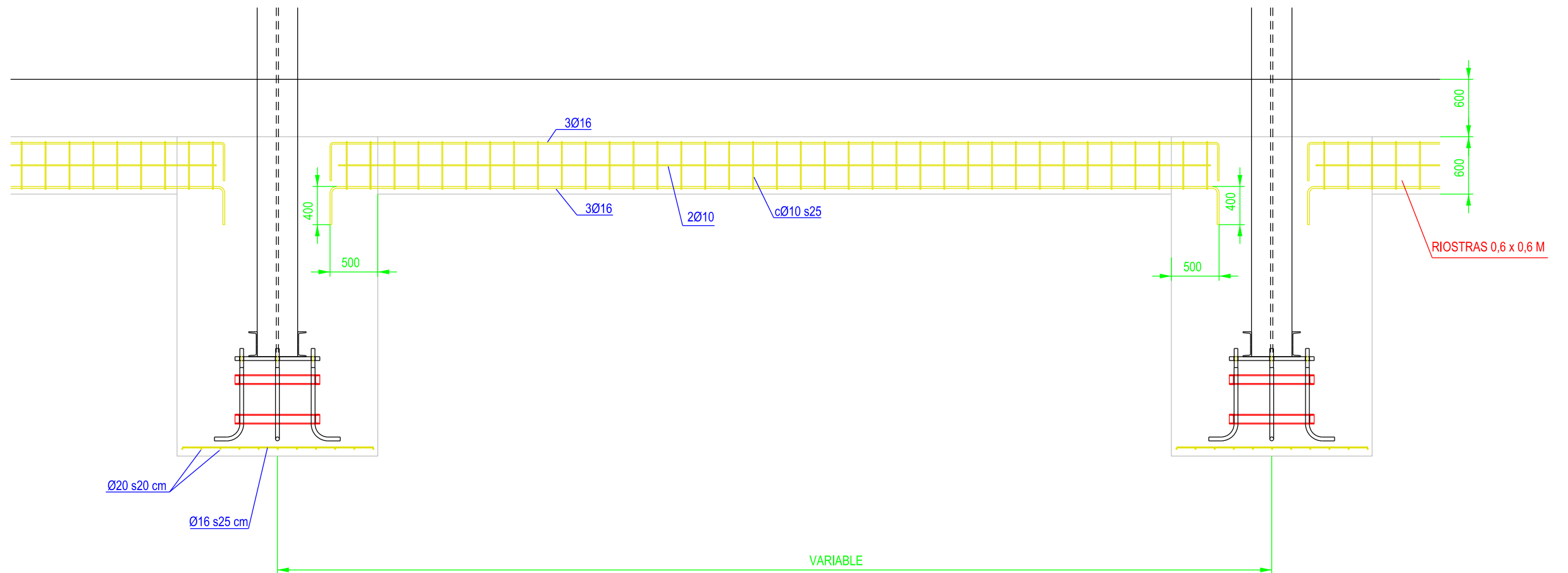
DETALLES ALTURAS CIMENTACIÓN. ANCLAJES

FORMATO: A3

ESCALA: 1/100

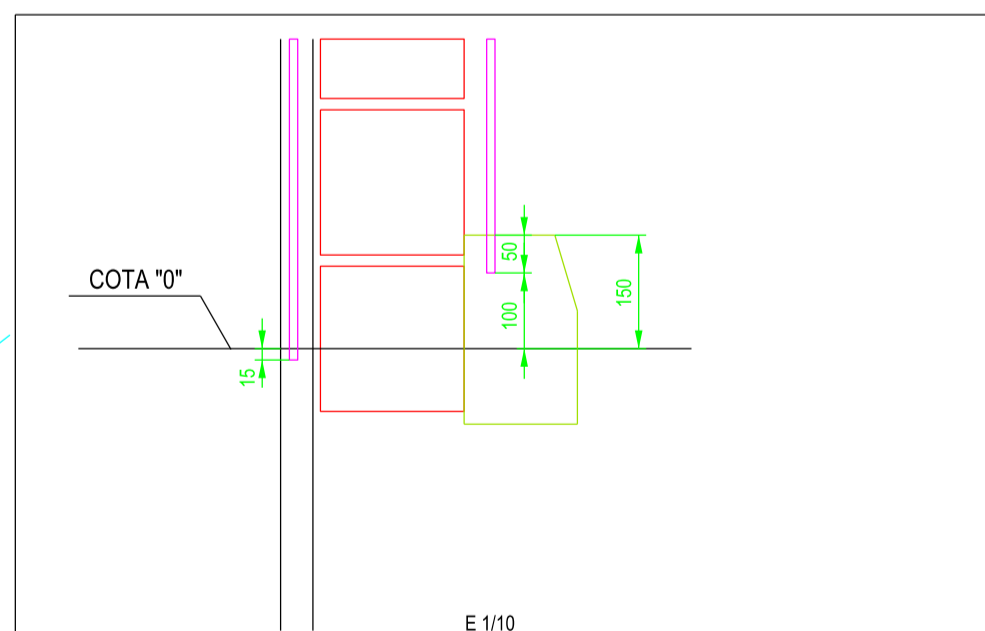
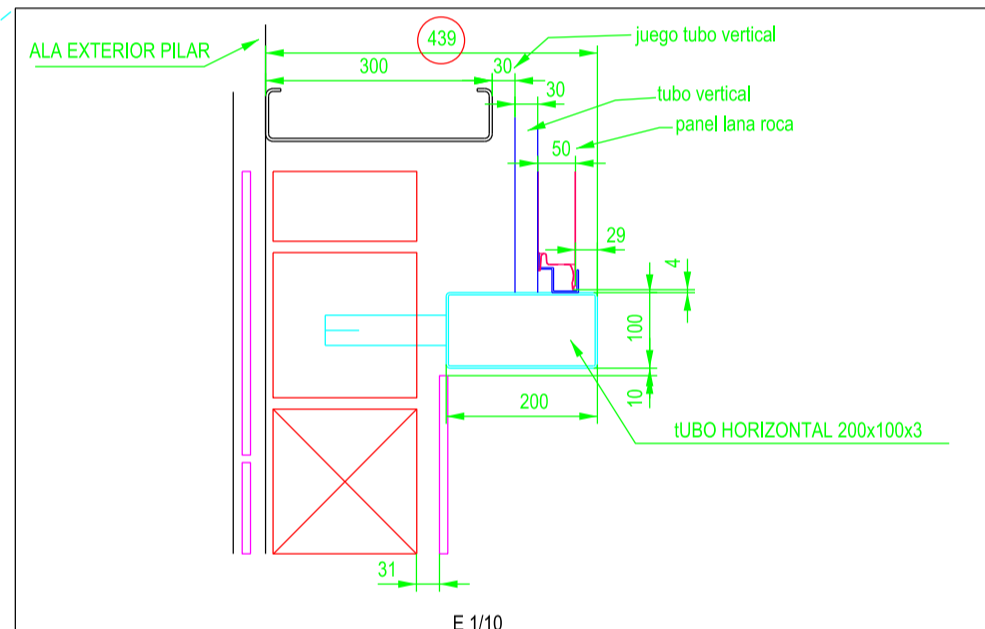
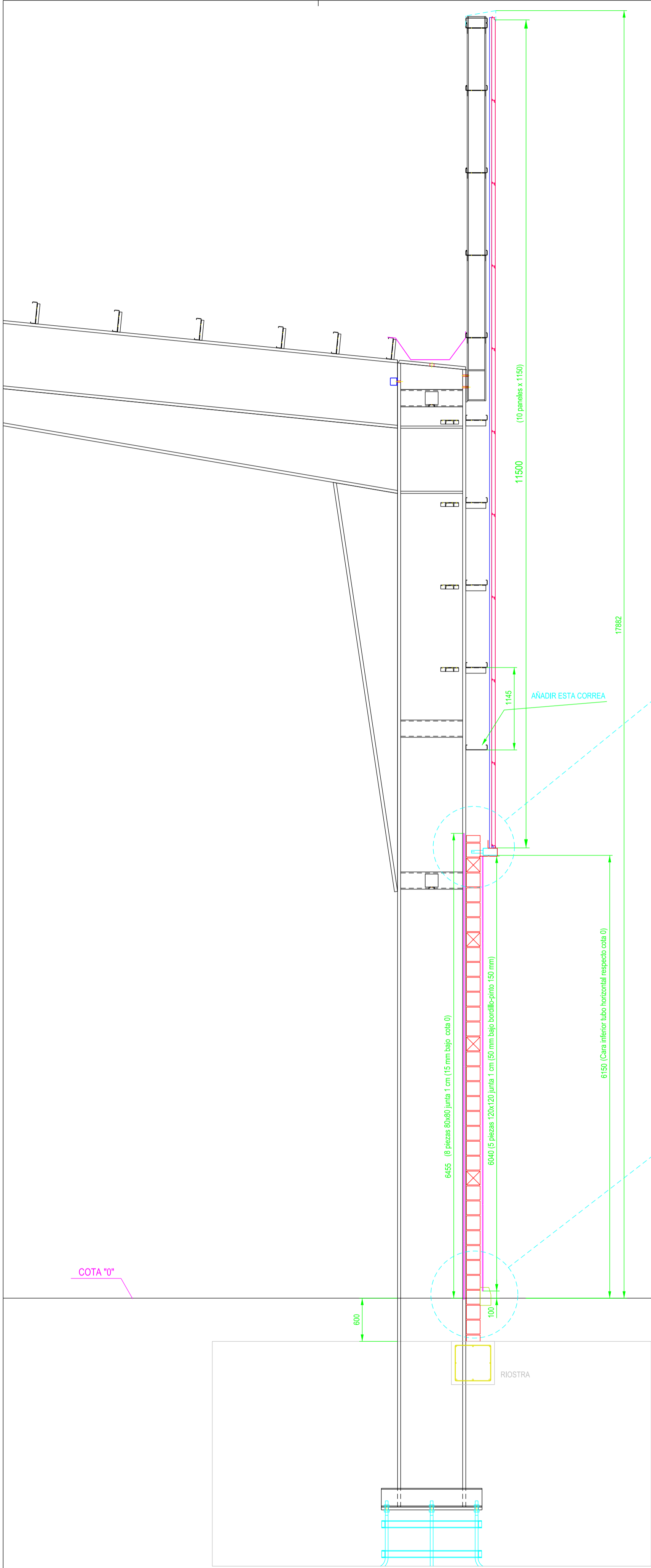
PLANO Nº:

PO-2



ACERO: B500 S
 HORMIGÓN: HA-25/B/20/XC2

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "			
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO:		FORMATO: A3	PLANO Nº:
	DETALLE ARMADO		ESCALA: 1/50	PO-3



TRABAJO FINAL DE GRADO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

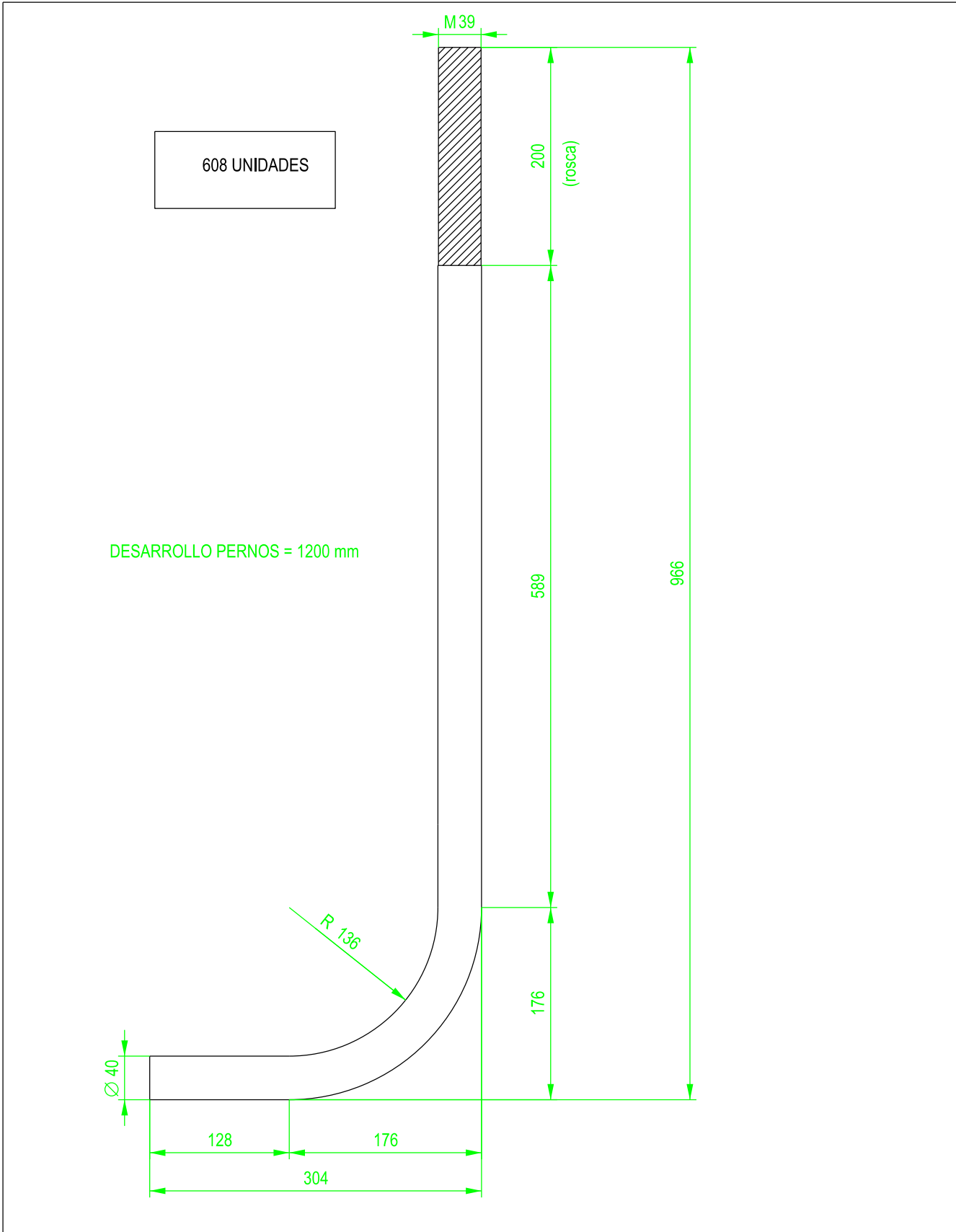
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:
DETALLE SECCIÓN TRANSVERSAL CERRAMIENTO

FORMATO: A2
ESCALA: 1/40
PLANO Nº.: PO-4



<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>TRABAJO FINAL DE GRADO</p> <p>" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "</p>		
	<p>AUTOR: Ramón Tercero Herreros</p>		<p>TUTOR: D. Julián Alcalá González</p>
	<p>TITULO PLANO: PERNOS M-39 ANCLAJES PILARES PÓRTICO</p>		<p>FORMATO : A4 ESCALA: 1/5</p>
	<p>PLANO Nº : PO-5</p>		

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción
de azulejos en el T.M. de Vila-Real
(Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO

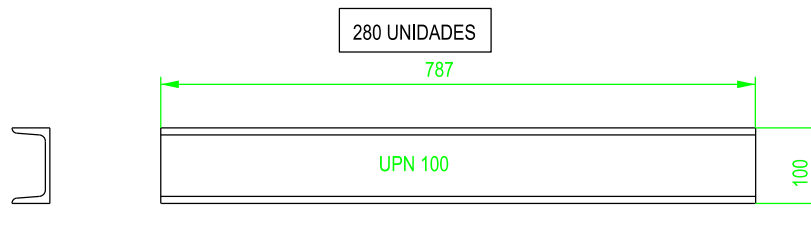
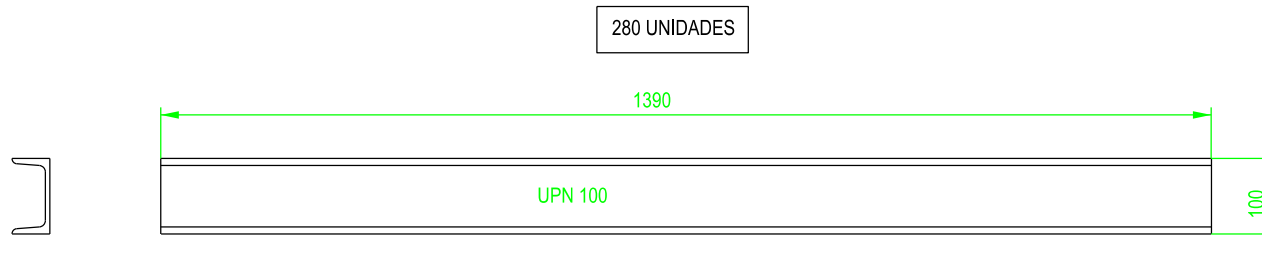
UPN 100 ANCLAJES PILARES PÓRTICO

FORMATO : A4

PLANO Nº :

ESCALA: 1/10

PO-6



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción
de azulejos en el T.M. de Vila-Real
(Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO

UPN 100 ANCLAJES PILARES PÓRTICO
JUNTA DILATACION

FORMATO : A4

PLANO Nº :

ESCALA:

1/10

PO-7

24 UNIDADES

1290

UPN 100

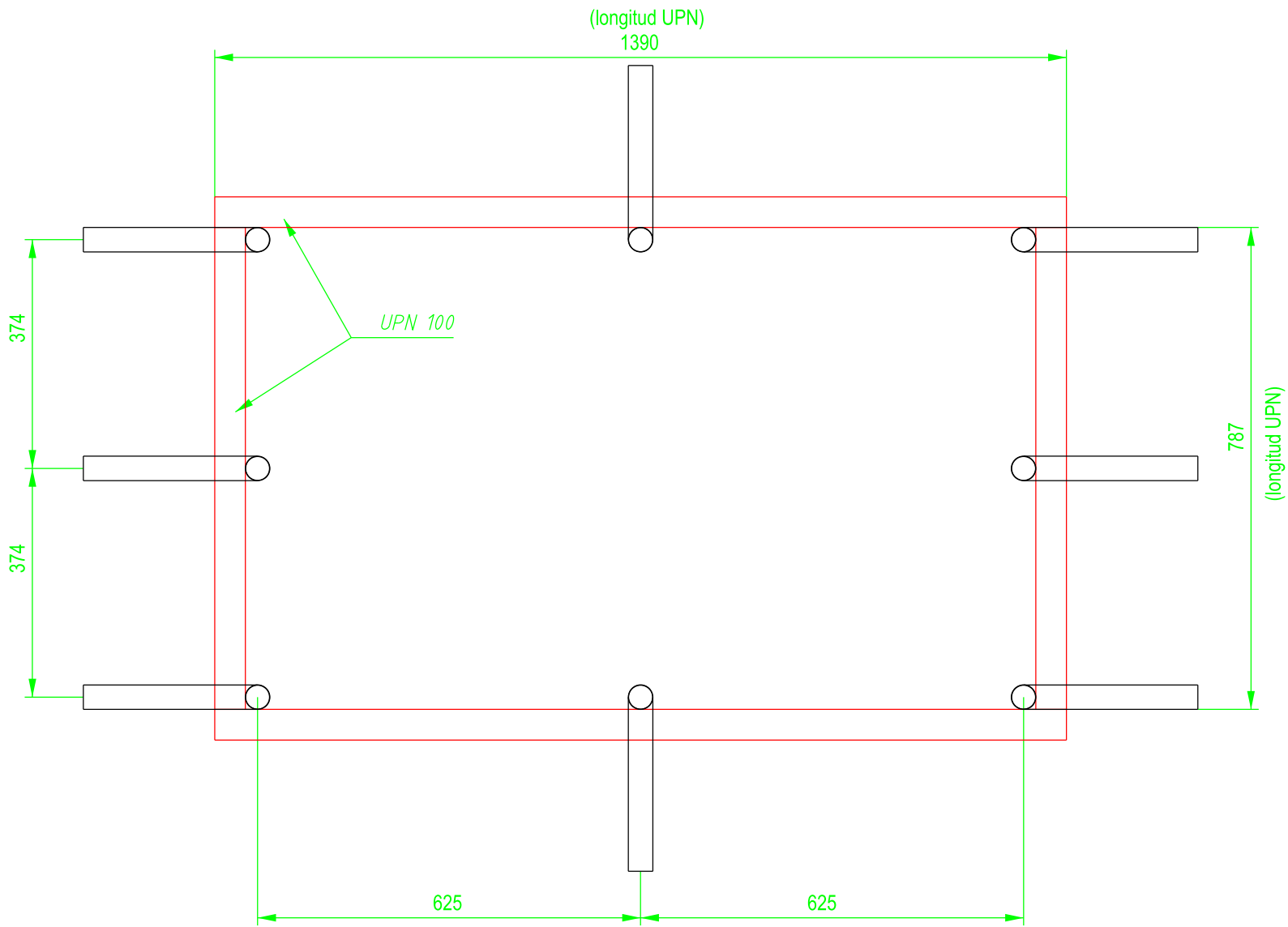
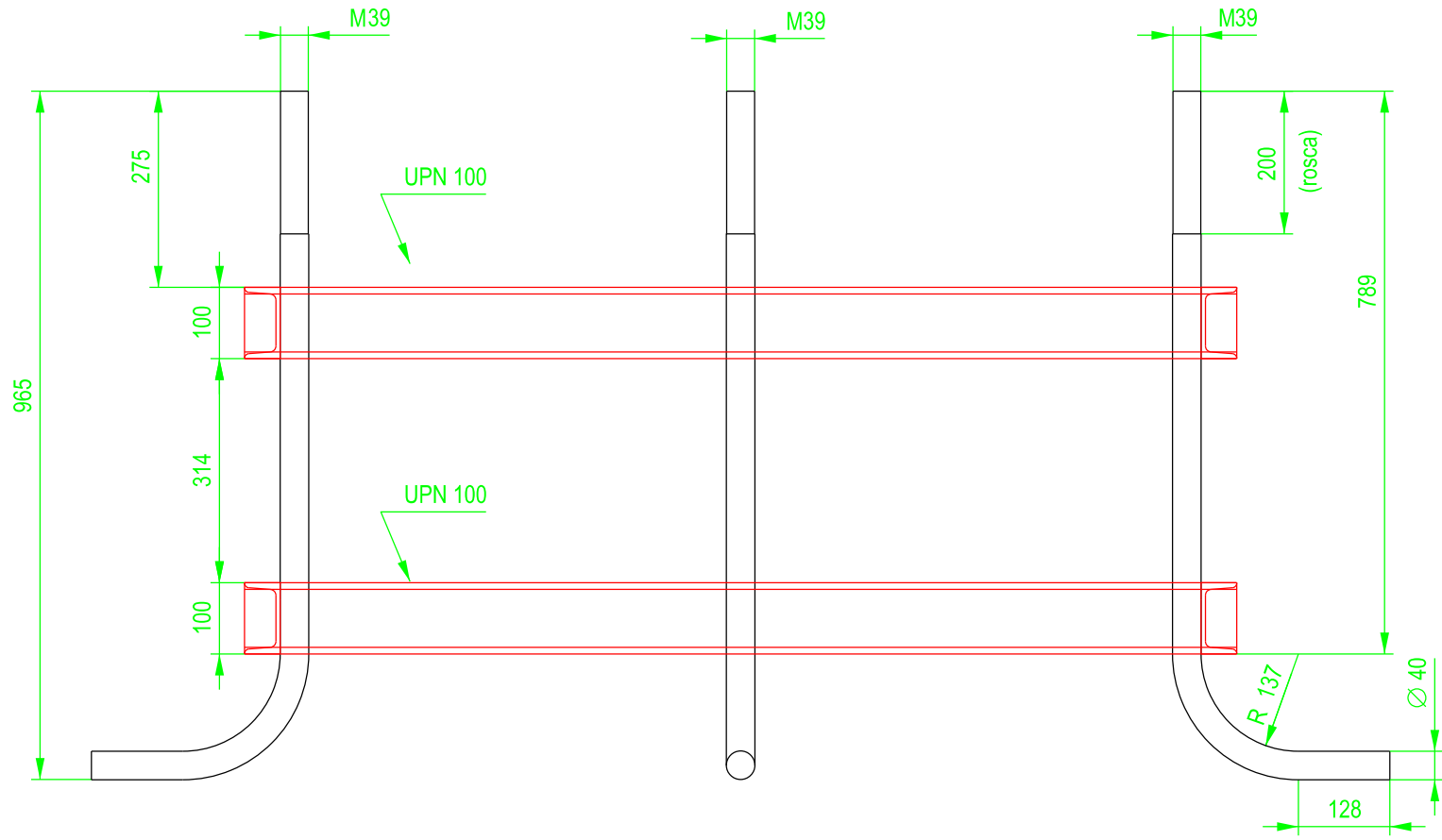
100

12 UNIDADES

1827

UPN 100

62 UNIDADES



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

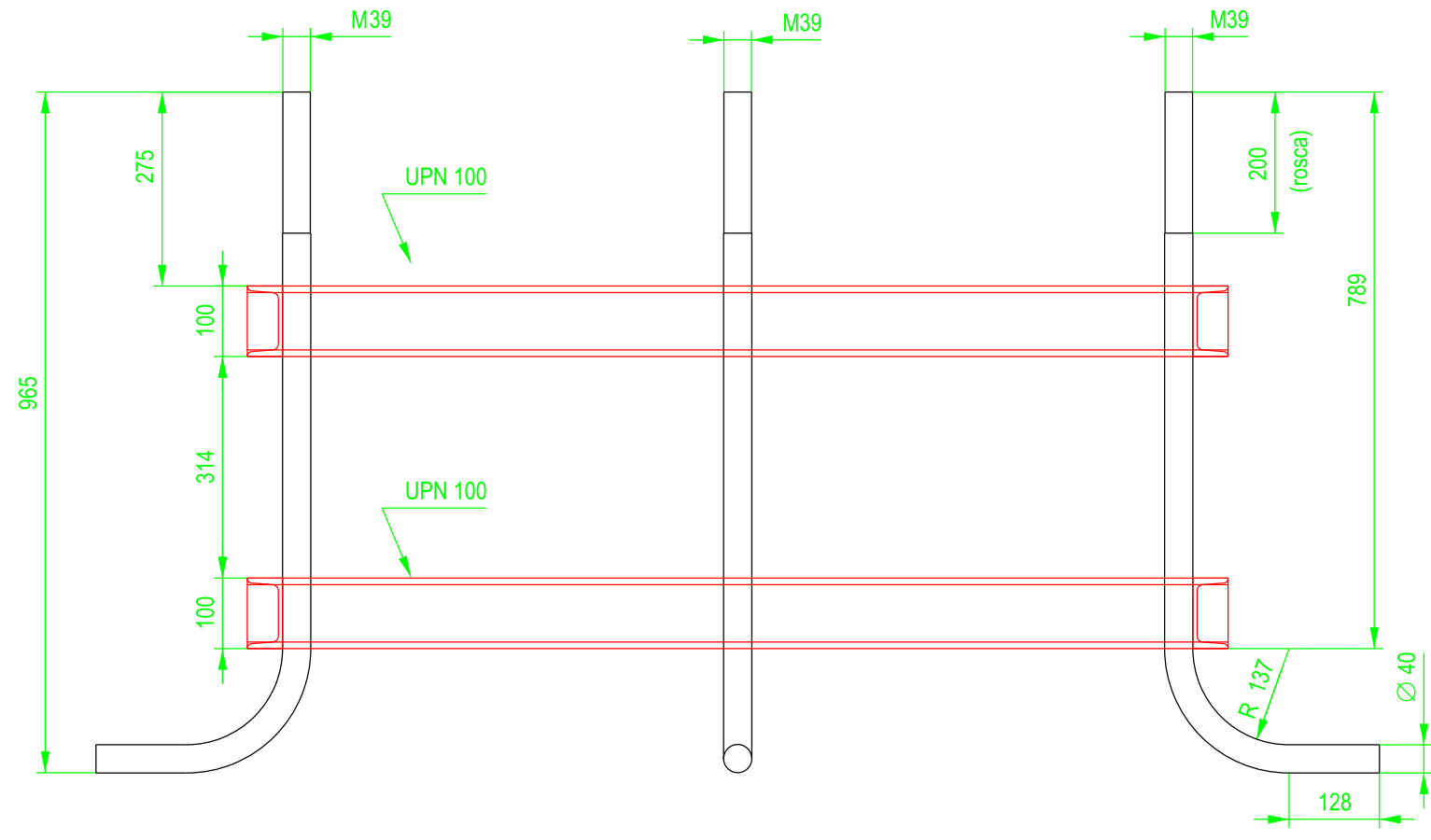
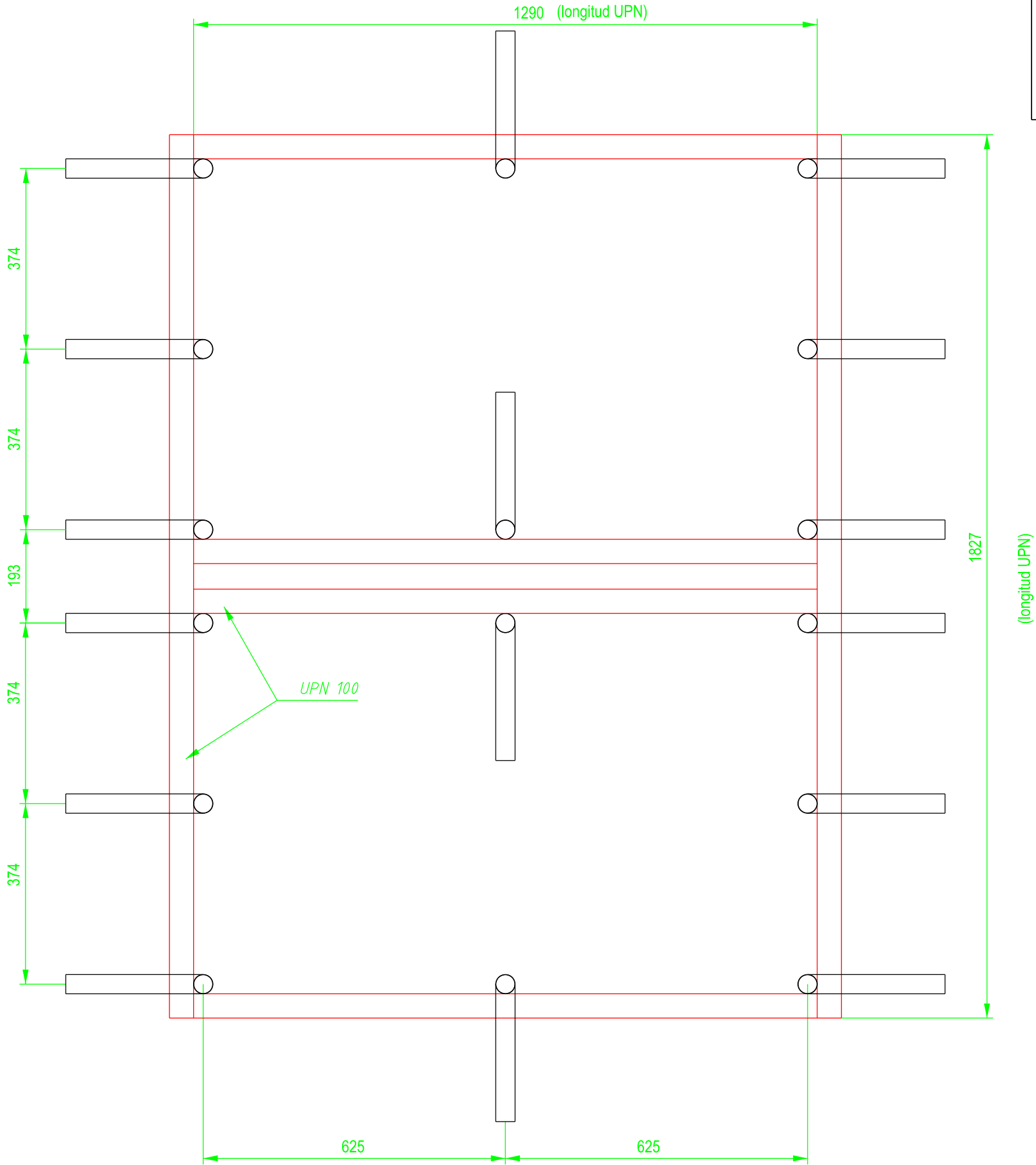
TUTOR: D. Julián Alcalá González

FORMATO: A3

PLANO Nº: PO-8

TITULO PLANO:
ANCLAJES PILARES TIPO PÓRTICO A1:A25; B1:B30 Y C1:C10
(excepto junta dilatación A11-12, B11-12)

ESCALA: 1/10



3 UNIDADES

ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23
 UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO:
 ANCLAJES DOBLES PILARES JUNTA DILATACION
 A11-12; B11-12 Y C11-12

FORMATO: A3

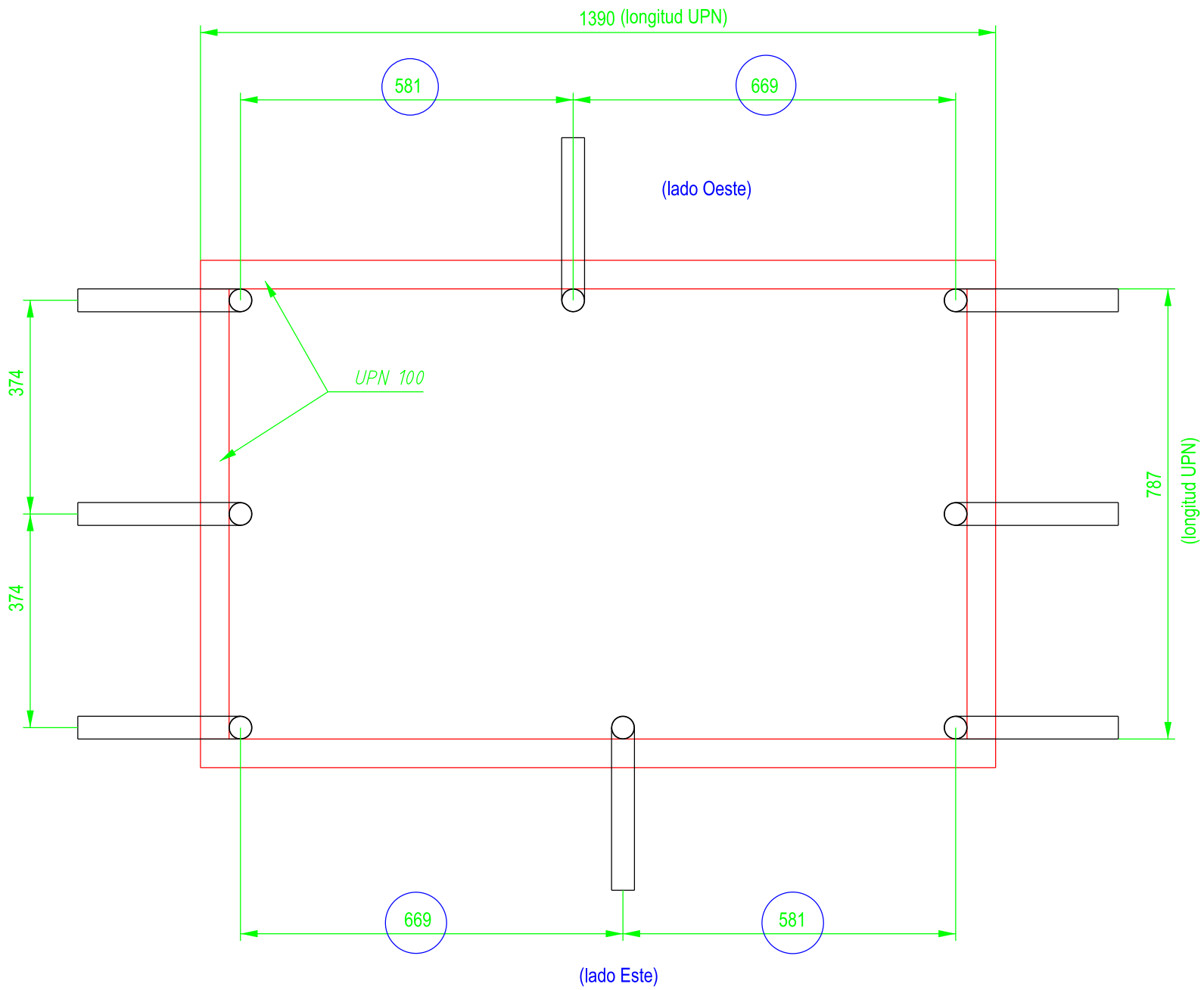
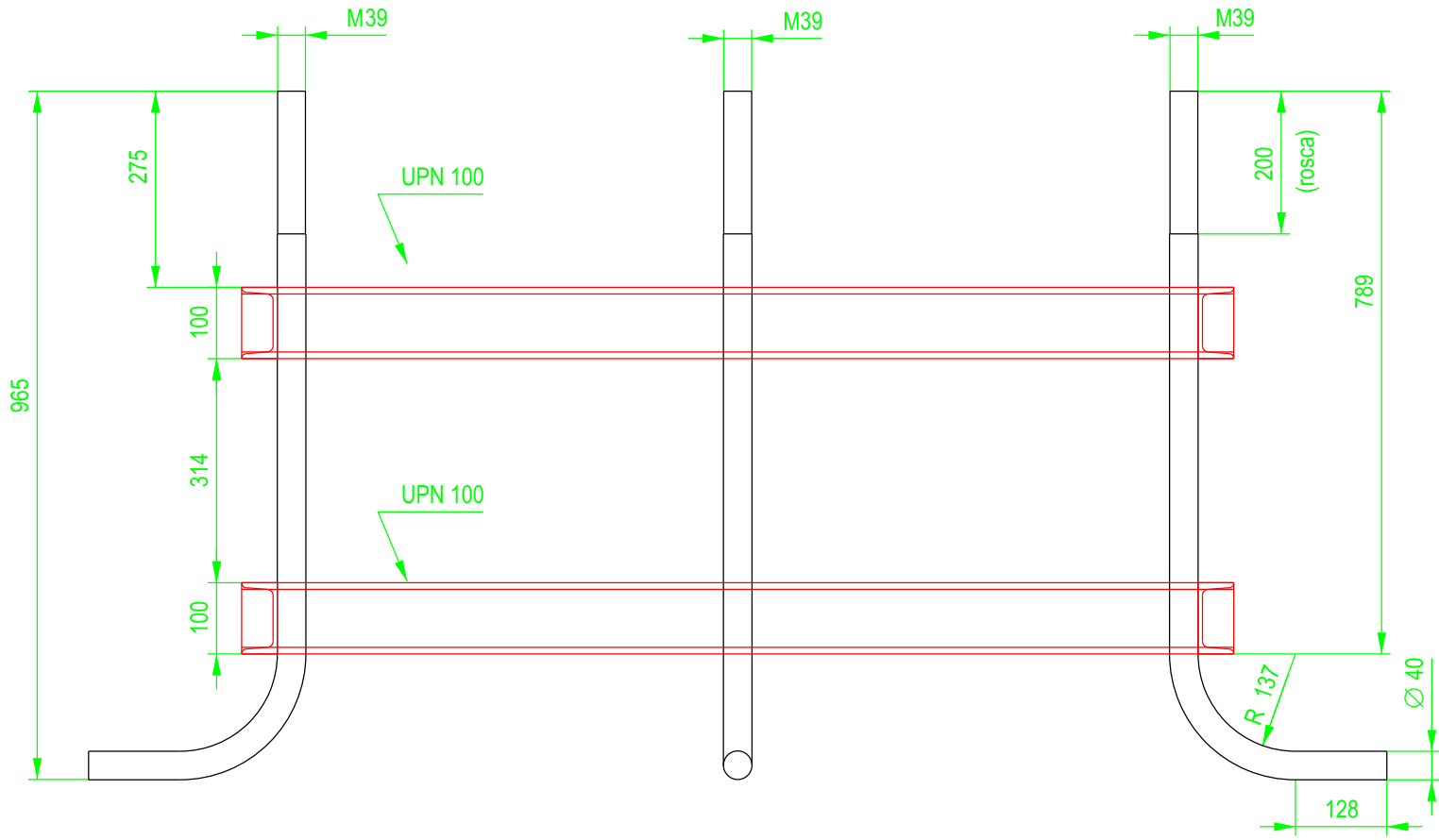
PLANO Nº:

ESCALA: 1/10

PO-9

Nº ORDEN: 727-16

17 UNIDADES



TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO: ANCLAJES INCLINADOS PILARES PÓRTICO C14-C30

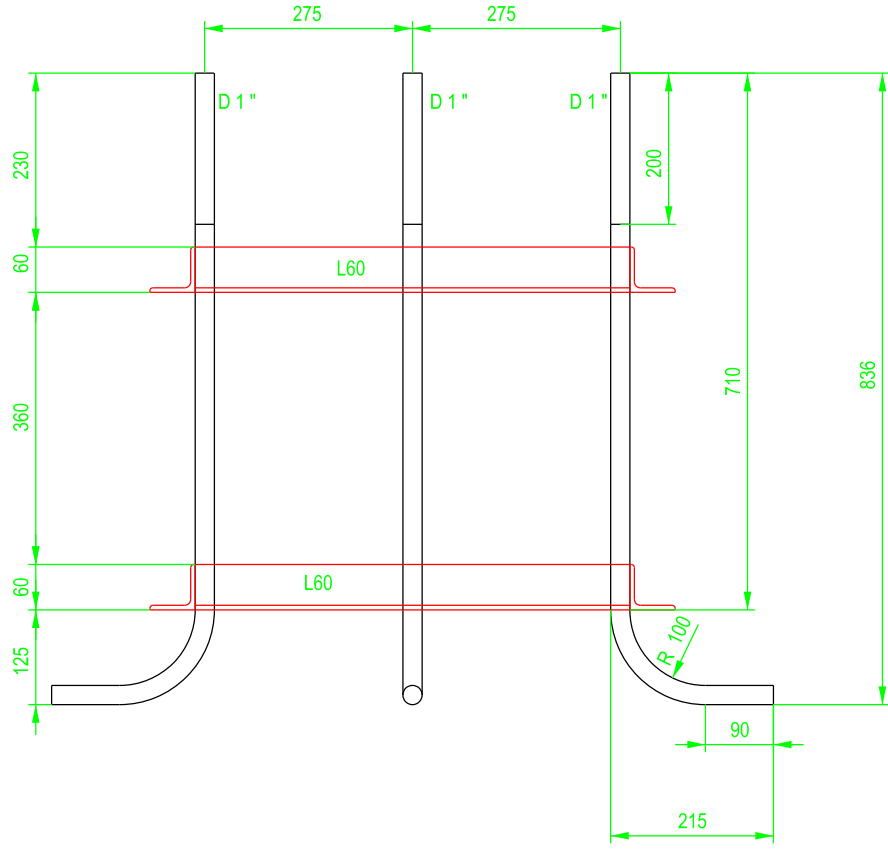
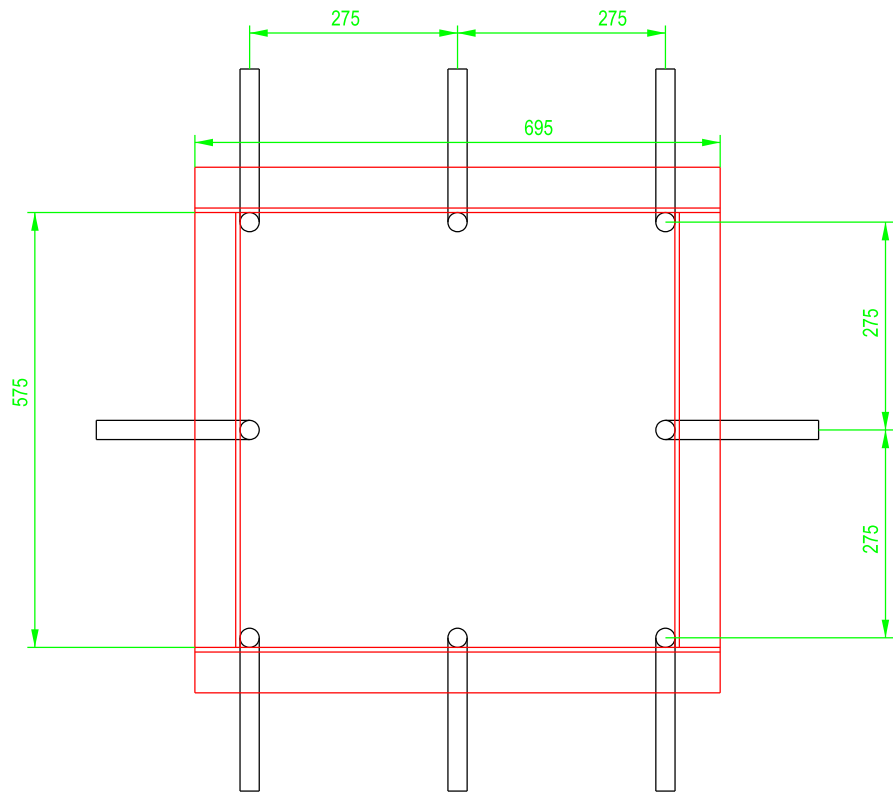
FORMATO: A3

ESCALA: 1/10

PLANO Nº:

PO-10

29 UNIDADES



TRABAJO FINAL DE GRADO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

FORMATO: A3

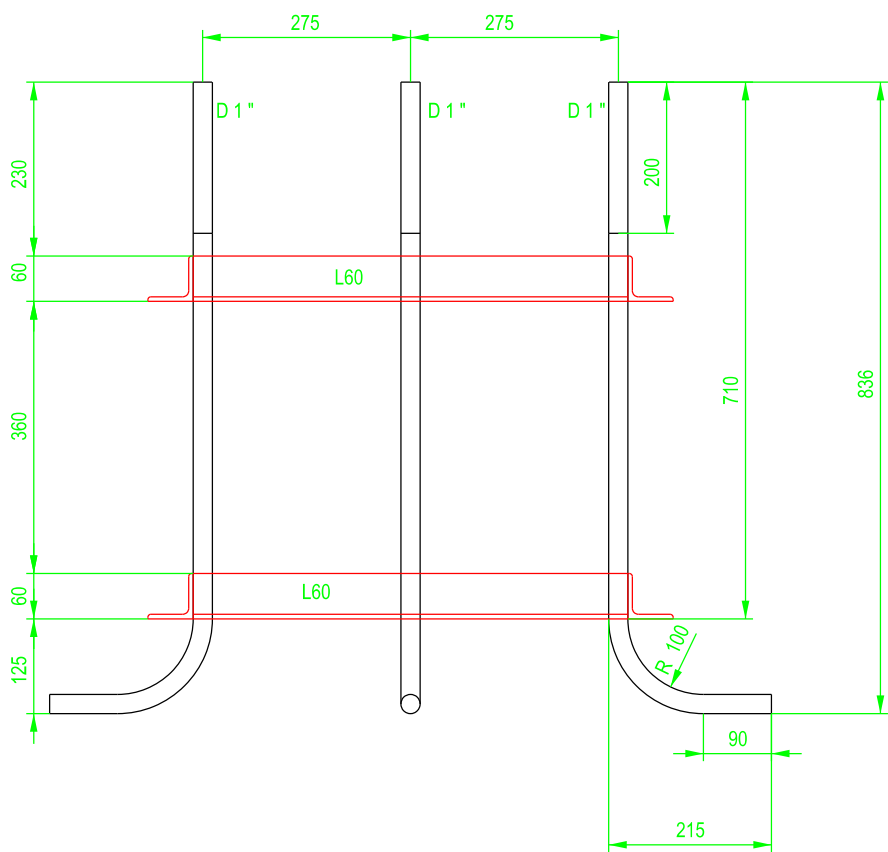
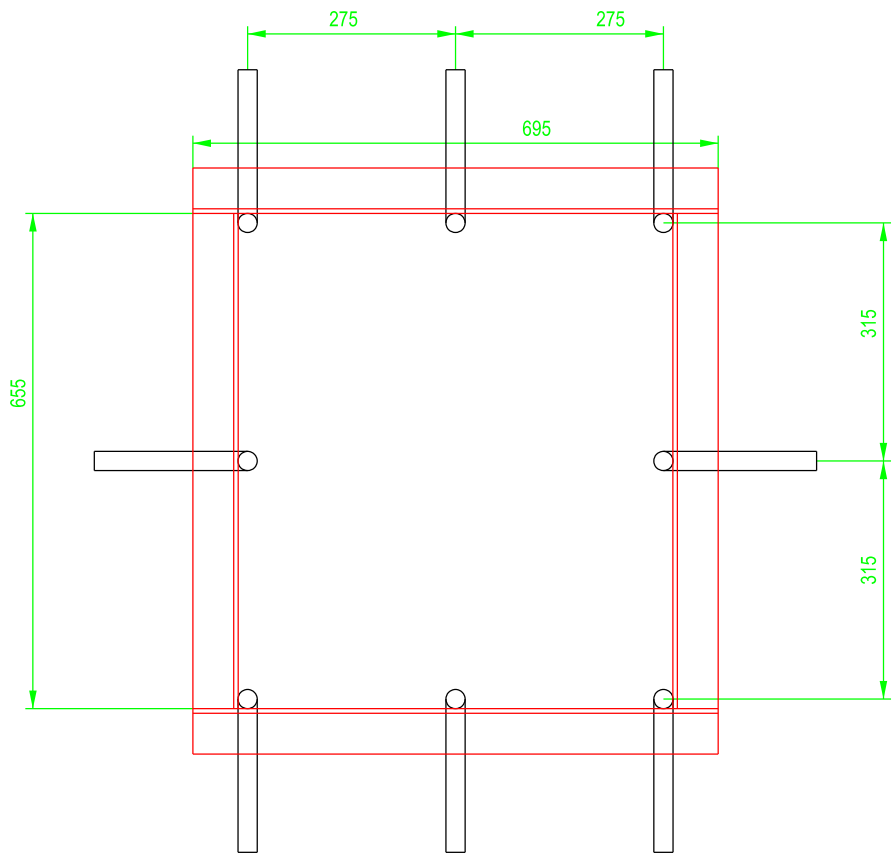
TÍTULO PLANO: ANCLAJES PILARES HASTIALES (HEB 280)

ESCALA: 1/10

PLANO Nº:

PO-11

6 UNIDADES



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: ANCLAJES PILARES A25-A30 (HEB 360)

FORMATO: A3

PLANO Nº:

ESCALA: 1/10

PO-12

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción
de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO Nº :

ESCALA:

PT-0A

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.1. Pilares.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO Nº :

ESCALA:

PT-0B

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.1. Pilares.

3.1.1. Pilares de pórtico.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PT-0C

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.1. Pilares.

3.1.1. Pilares de pórtico.

3.1.1.1. Despiece.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

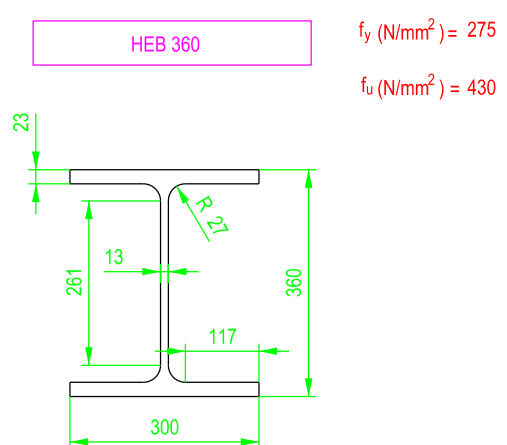
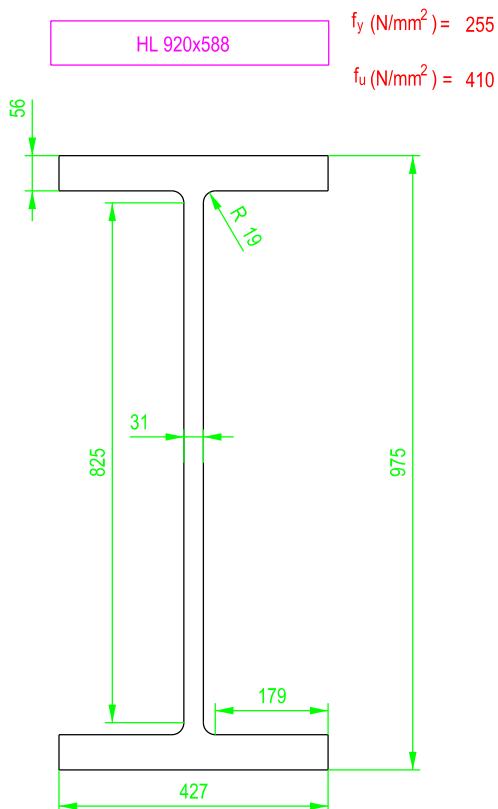
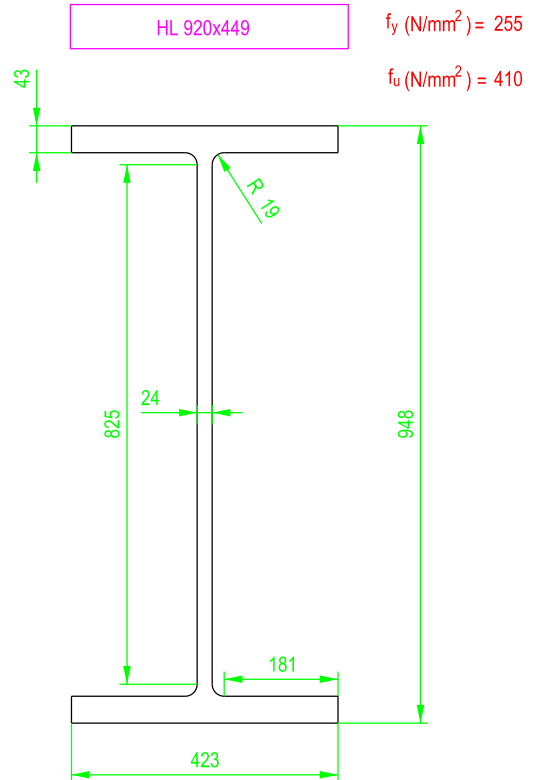
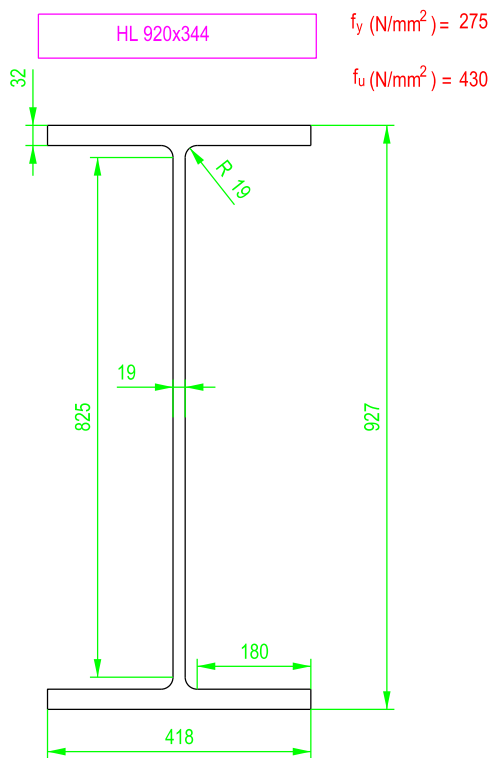
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO Nº :

ESCALA:

PT-0D



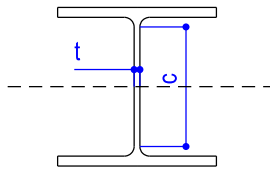
MATERIAL: S275
(UNE EN 10025-2)
Para los valores de f_y y f_u ver tabla A22.3.1 CE

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>TRABAJO FINAL DE GRADO</p> <p>" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "</p>		
	<p>AUTOR: Ramón Tercero Herreros</p>		<p>TUTOR: D. Julián Alcalá González</p>
	<p>TITULO PLANO: Definición geométrica secciones utilizadas</p> <p>PILARES PÓRTICOS</p>		<p>FORMATO : A4</p> <p>ESCALA: 1/12</p>
	<p>PLANO Nº : PT-1</p>		

$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$

HL 920x344

CLASE DE SECCIÓN: ALMA



$c = 825$

$t = 19$

$\frac{c}{t} = 43,42$

Flexión pura: clase 1

Compresión pura: clase 4

+ : compresión
- : tracción

CLASE	Chapa flectada	Chapa comprimida	Chapa flexo-comprimida
Ley de tensiones en las chapas			
1	$\frac{c}{t} \leq 66,528$	$\frac{c}{t} \leq 30,492$	Si $\alpha > 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{365,904}{13\alpha - 1}$ Si $\alpha \leq 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{363,264}{\alpha}$
2	$\frac{c}{t} \leq 76,692$	$\frac{c}{t} \leq 35,112$	Si $\alpha > 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{421,344}{13\alpha - 1}$ Si $\alpha \leq 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{38,346}{\alpha}$
Ley de tensiones en las chapas			
3	$\frac{c}{t} \leq 114,576$ $\psi = -1$	$\frac{c}{t} \leq 38,808$ $\psi = 1$	Si $\psi > -1$: $\frac{c}{t} \leq \frac{38,808}{0,67 + 0,33\psi}$ Si $\psi \leq -1$: $\frac{c}{t} \leq 57,288 (1 - \psi) \sqrt{-\psi}$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,924$$

σ_1 : la tensión más comprimida
 σ_2 : la tensión menos comprimida

$$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$$

(*) Siempre y cuando:
 $\sigma_1 \leq f_y$ deformación $\varepsilon_2 > \frac{f_y}{E}$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Clase sección alma
pilares pórtico HL 920x344

FORMATO : A4

ESCALA:

S/E

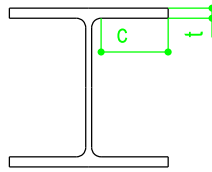
PLANO Nº :

PT-2

$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$

HL 920x344

CLASE DE SECCIÓN: ALAS



$c = 180$

$t = 32$

$\frac{c}{t} = 5,625$ (clase 1)

+ : compresión

- : tracción

CLASE	Chapa comprimida	Chapa flexo-comprimida	
		Extremo libre comprimido	Extremo libre traccionado
Ley de tensiones en las chapas			
1	$\frac{c}{t} \leq 8,316$	$\frac{c}{t} \leq \frac{8,316}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \leq \frac{8,316}{\alpha \sqrt{\alpha}}$
2	$\frac{c}{t} \leq 9,240$	$\frac{c}{t} \leq \frac{9,240}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \leq \frac{9,240}{\alpha \sqrt{\alpha}}$
Ley de tensiones en las chapas			
3	$\frac{c}{t} \leq 12,936$	$\frac{c}{t} \leq 19,404 \sqrt{k_\sigma}$	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $\epsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,924$ </div> <p>σ_1 : la tensión más comprimida σ_2 : la tensión menos comprimida $\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$</p>	$1 \geq \psi \geq -3$ $k_\sigma = 0,57 - 0,21 \psi + 0,07 \psi^2$ $\psi = 1 : k_\sigma = 0,43$ $\psi = 0 : k_\sigma = 0,57$ $\psi = -1 : k_\sigma = 0,85$	$1 \geq \psi \geq 0$ $k_\sigma = \frac{0,578}{\psi + 0,34}$ <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> $0 \geq \psi \geq -1$ $k_\sigma = 1,70 - 5 \psi + 17,1 \psi^2$	k_σ Ver anejo 25

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Clase sección alas
pilares pórtico HL 920x344

FORMATO : A4

ESCALA:

S/E

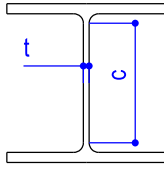
PLANO Nº :

PT-3

$f_y = 255 \text{ N/mm}^2$

HL 920x449
HL 920x588

CLASE DE SECCIÓN: ALMA



HL 920x449
c= 825
t= 24
 $\frac{c}{t} = 34,37$

HL 920x588
c= 825
t= 31
 $\frac{c}{t} = 26,61$ (clase 1)

+ : compresión
- : tracción

CLASE	Chapa flectada	Chapa comprimida	Chapa flexo-comprimida
Ley de tensiones en las chapas			
1	$\frac{c}{t} \leq 69,12$	$\frac{c}{t} \leq 31,68$	Si $\alpha > 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{380,16}{13\alpha - 1}$ Si $\alpha \leq 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{34,56}{\alpha}$
2	$\frac{c}{t} \leq 79,68$	$\frac{c}{t} \leq 36,48$	Si $\alpha > 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{437,76}{13\alpha - 1}$ Si $\alpha \leq 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{39,84}{\alpha}$
Ley de tensiones en las chapas			
3	$\frac{c}{t} \leq 119,04$ $\psi = -1$	$\frac{c}{t} \leq 40,32$ $\psi = 1$	Si $\psi > -1$: $\frac{c}{t} \leq \frac{40,32}{0,67 + 0,33\psi}$ Si $\psi \leq -1$: $\frac{c}{t} \leq 59,52 (1 - \psi) \sqrt{-\psi}$

$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,96$

σ_1 : la tensión más comprimida
 σ_2 : la tensión menos comprimida

$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$

(*) Siempre y cuando:
 $\sigma_1 \leq f_y$

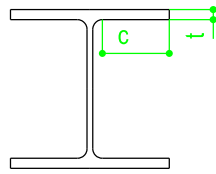
$\varepsilon_2 > \frac{f_y}{E}$

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>TRABAJO FINAL DE GRADO deformacion</p> <p>" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "</p>		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: Clase sección alma pilares pórtico HL 920x449 y HL 920x588	FORMATO : A4 ESCALA: S/E	PLANO N° : PT-4

$f_y = 255 \text{ N/mm}^2$

HL 920x449
HL 920x588

CLASE DE SECCIÓN: ALAS



HL 920x449

HL 920x588

$c = 181$

$c = 179$

$t = 43$

$t = 56$

$\frac{c}{t} = 4,20$ (clase 1)

$\frac{c}{t} = 3,19$ (clase 1)

+ : compresión

- : tracción

CLASE	Chapa comprimida	Chapa flexo-comprimida	
		Extremo libre comprimido	Extremo libre traccionado
Ley de tensiones en las chapas			
1	$\frac{c}{t} \leq 8,64$	$\frac{c}{t} \leq \frac{8,64}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \leq \frac{8,64}{\alpha \sqrt{\alpha}}$
2	$\frac{c}{t} \leq 9,60$	$\frac{c}{t} \leq \frac{9,60}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \leq \frac{9,60}{\alpha \sqrt{\alpha}}$
Ley de tensiones en las chapas			
3	$\frac{c}{t} \leq 13,44$	$\frac{c}{t} \leq 20,16 \sqrt{k_\sigma}$	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $\epsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,96$ </div> <p>σ_1 : la tensión más comprimida σ_2 : la tensión menos comprimida</p> <p>$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$</p>	<p>$1 \geq \psi \geq -3$</p> <p>$k_\sigma = 0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$</p> <p>$\psi = 1 : k_\sigma = 0,43$ $\psi = 0 : k_\sigma = 0,57$ $\psi = -1 : k_\sigma = 0,85$</p> <p>$k_\sigma$ Ver anejo 25</p>	<p>$1 \geq \psi \geq 0$</p> <p>$k_\sigma = \frac{0,578}{\psi + 0,34}$</p> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <p>$0 \geq \psi \geq -1$</p> <p>$k_\sigma = 1,70 - 5\psi + 17,1\psi^2$</p>	

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Clase sección alas
pilares pórtico HL 920x449 y HL 920x588

FORMATO : A4

ESCALA:

S/E

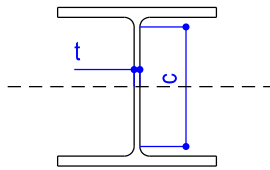
PLANO Nº :

PT-5

$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$

HEB 360

CLASE DE SECCIÓN: ALMA



$c = 261$

$t = 13$

$\frac{c}{t} = 20,07$

Clase 1

+ : compresión
- : tracción

CLASE	Chapa flectada	Chapa comprimida	Chapa flexo-comprimida
Ley de tensiones en las chapas			
1	$\frac{c}{t} \leq 66,528$	$\frac{c}{t} \leq 30,492$	Si $\alpha > 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{365,904}{13\alpha - 1}$ Si $\alpha \leq 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{363,264}{\alpha}$
2	$\frac{c}{t} \leq 76,692$	$\frac{c}{t} \leq 35,112$	Si $\alpha > 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{421,344}{13\alpha - 1}$ Si $\alpha \leq 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{38,346}{\alpha}$
Ley de tensiones en las chapas			
3	$\frac{c}{t} \leq 114,576$ $\psi = -1$	$\frac{c}{t} \leq 38,808$ $\psi = 1$	Si $\psi > -1$: $\frac{c}{t} \leq \frac{38,808}{0,67 + 0,33\psi}$ Si $\psi \leq -1$: $\frac{c}{t} \leq 57,288 (1 - \psi) \sqrt{-\psi}$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,924$$

σ_1 : la tensión más comprimida
 σ_2 : la tensión menos comprimida

$$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$$

(*) Siempre y cuando:
 $\sigma_1 \leq f_y$ deformación $\varepsilon_2 > \frac{f_y}{E}$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Clase sección alma
pilares pórtico HEB 360

FORMATO : A4

ESCALA:

S/E

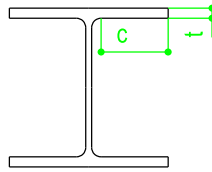
PLANO N° :

PT-6

$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$

HEB 360

CLASE DE SECCIÓN: ALAS



$c = 117$

$t = 23$

$\frac{c}{t} = 5,08$ (clase 1)

+ : compresión

- : tracción

CLASE	Chapa comprimida	Chapa flexo-comprimida	
		Extremo libre comprimido	Extremo libre traccionado
Ley de tensiones en las chapas			
1	$\frac{c}{t} \leq 8,316$	$\frac{c}{t} \leq \frac{8,316}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \leq \frac{8,316}{\alpha \sqrt{\alpha}}$
2	$\frac{c}{t} \leq 9,240$	$\frac{c}{t} \leq \frac{9,240}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \leq \frac{9,240}{\alpha \sqrt{\alpha}}$
Ley de tensiones en las chapas			
3	$\frac{c}{t} \leq 12,936$	$\frac{c}{t} \leq 19,404 \sqrt{k_\sigma}$	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,924$ </div> <p>σ_1 : la tensión más comprimida σ_2 : la tensión menos comprimida $\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$</p>	$1 \geq \psi \geq -3$ $k_\sigma = 0,57 - 0,21 \psi + 0,07 \psi^2$ $\psi = 1 : k_\sigma = 0,43$ $\psi = 0 : k_\sigma = 0,57$ $\psi = -1 : k_\sigma = 0,85$	$1 \geq \psi \geq 0$ $k_\sigma = \frac{0,578}{\psi + 0,34}$ <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> $0 \geq \psi \geq -1$ $k_\sigma = 1,70 - 5 \psi + 17,1 \psi^2$	k_σ Ver anejo 25

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Clase sección alas
pilares pórtico HEB 360

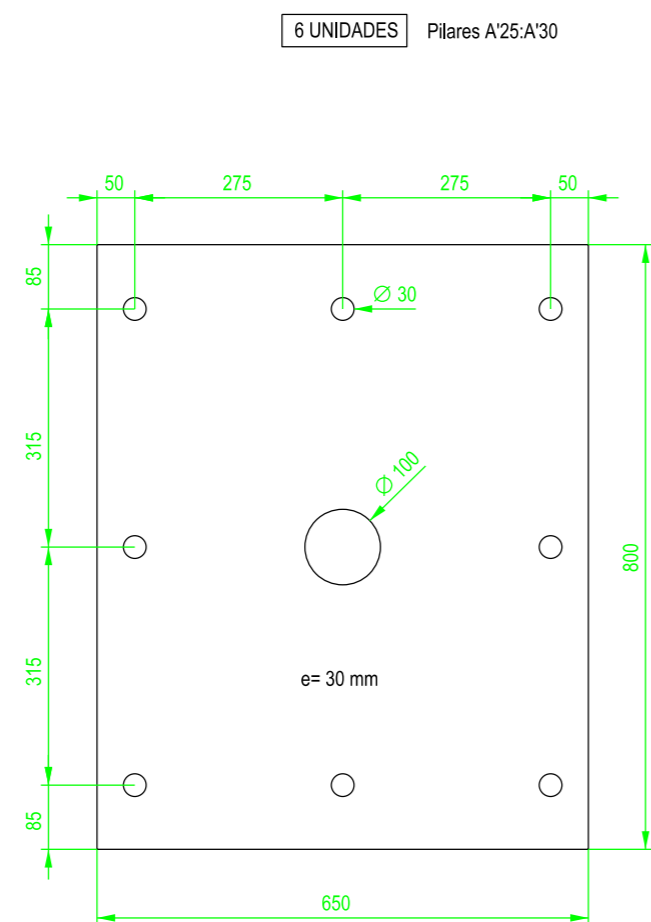
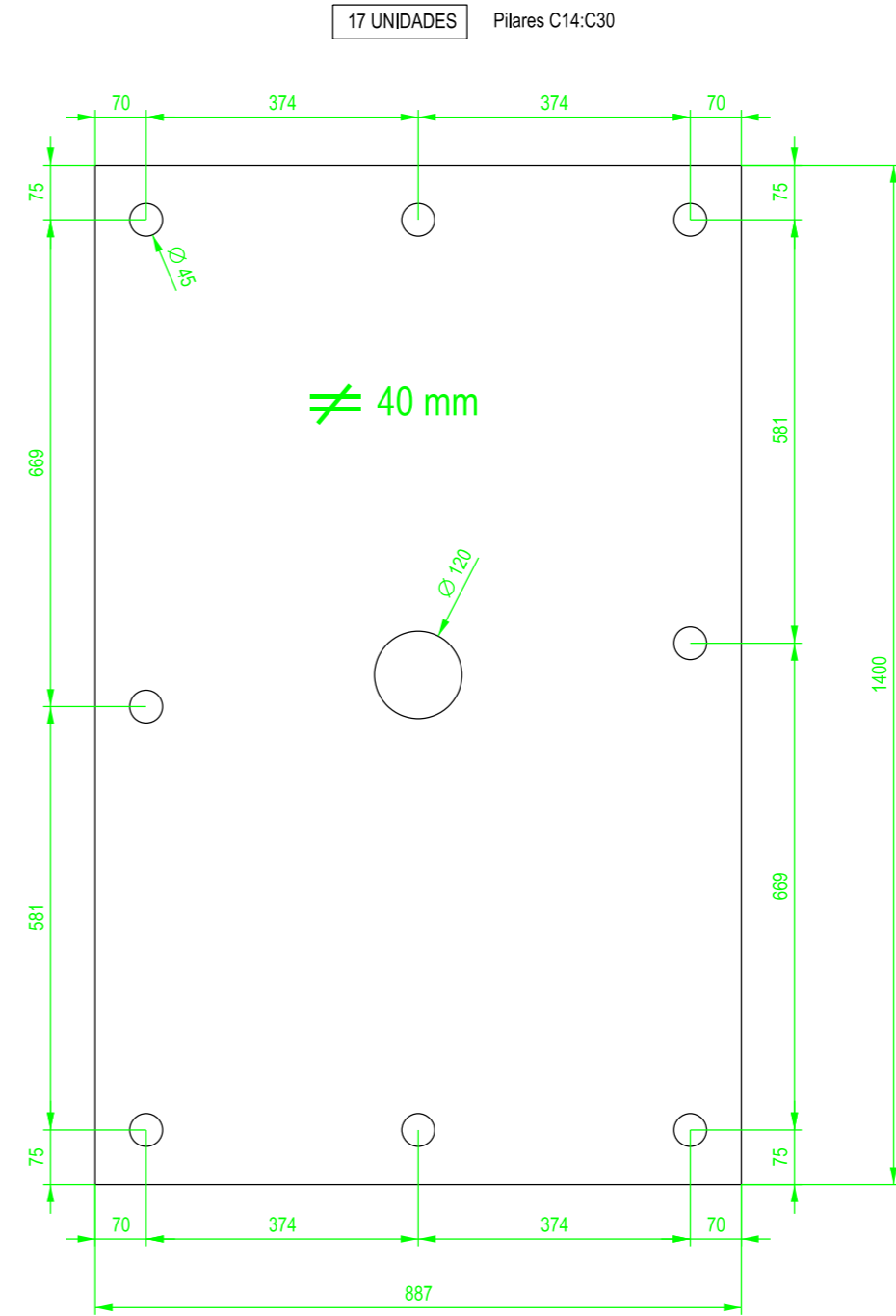
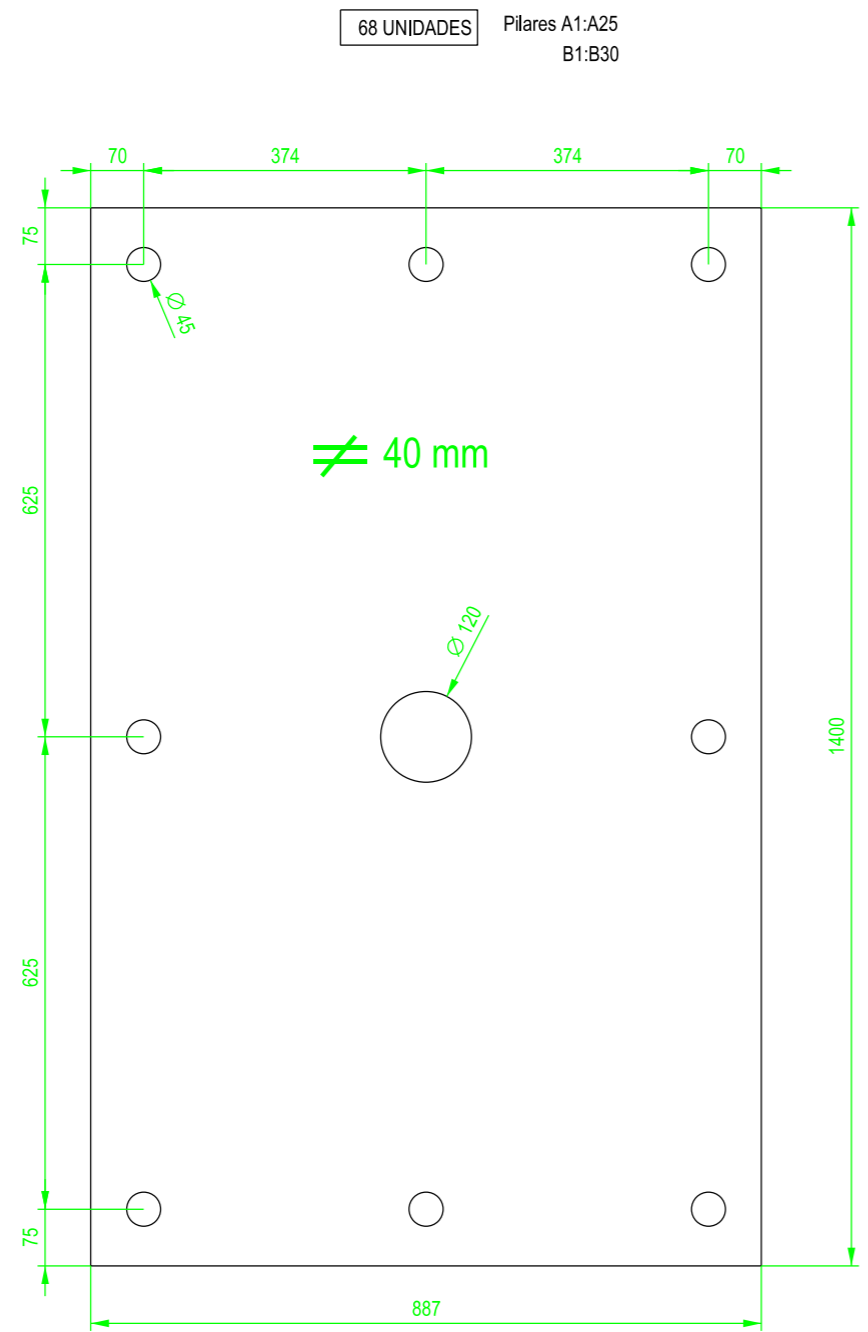
FORMATO : A4

ESCALA:

S/E

PLANO N° :

PT-7



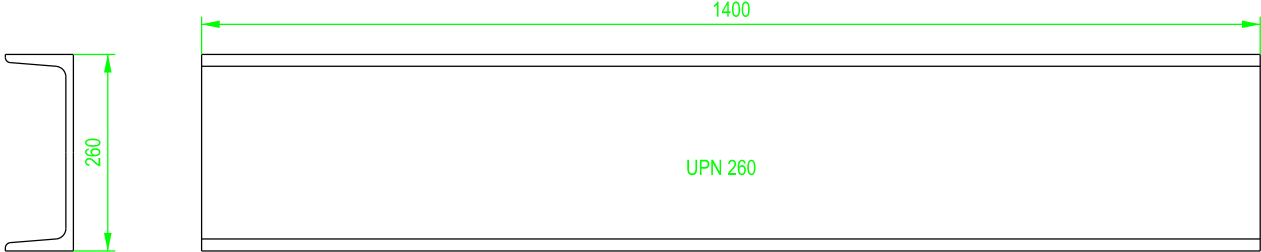
MATERIAL: S 275 JR

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO			
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "			
AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO:		FORMATO: A2	PLANO Nº:
Placas base pilares pórtico		ESCALA: 1/10	PT-8

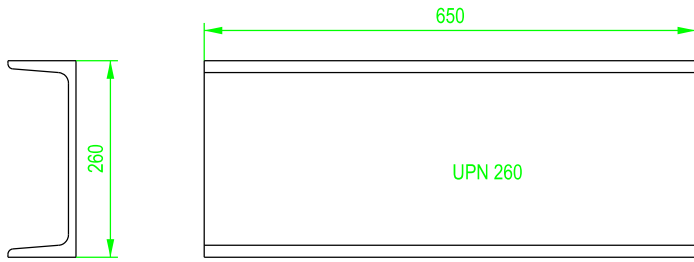
170 UNIDADES

Pilares A1:A25
B1:B30
C1:C30



12 UNIDADES

(PILARES A'25:A'30)



MATERIAL: S 275 JR

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

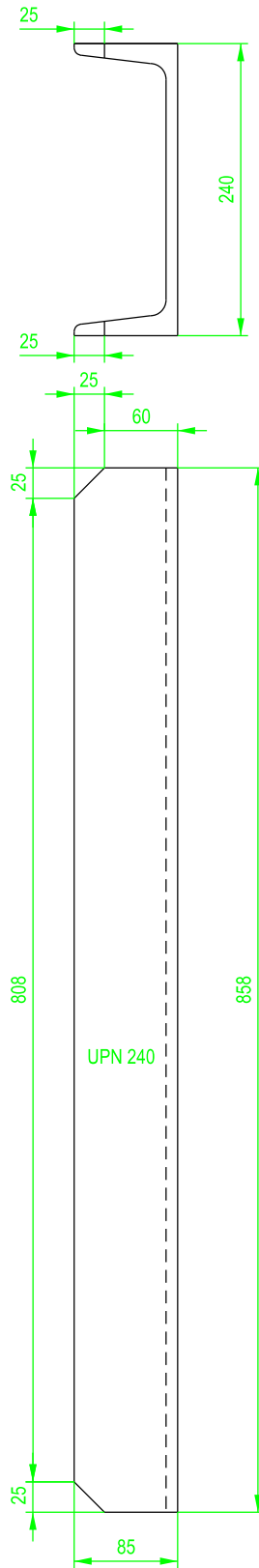
TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Rigidizadores placas base
pilares pórticos

FORMATO : A4
ESCALA: 1/10

PLANO Nº :
PT-9

340 UDS



MATERIAL: S 275 JR

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Rigidizadores UPN 240 apoyo tubos atado
Pilares pórtico HL

FORMATO : A4

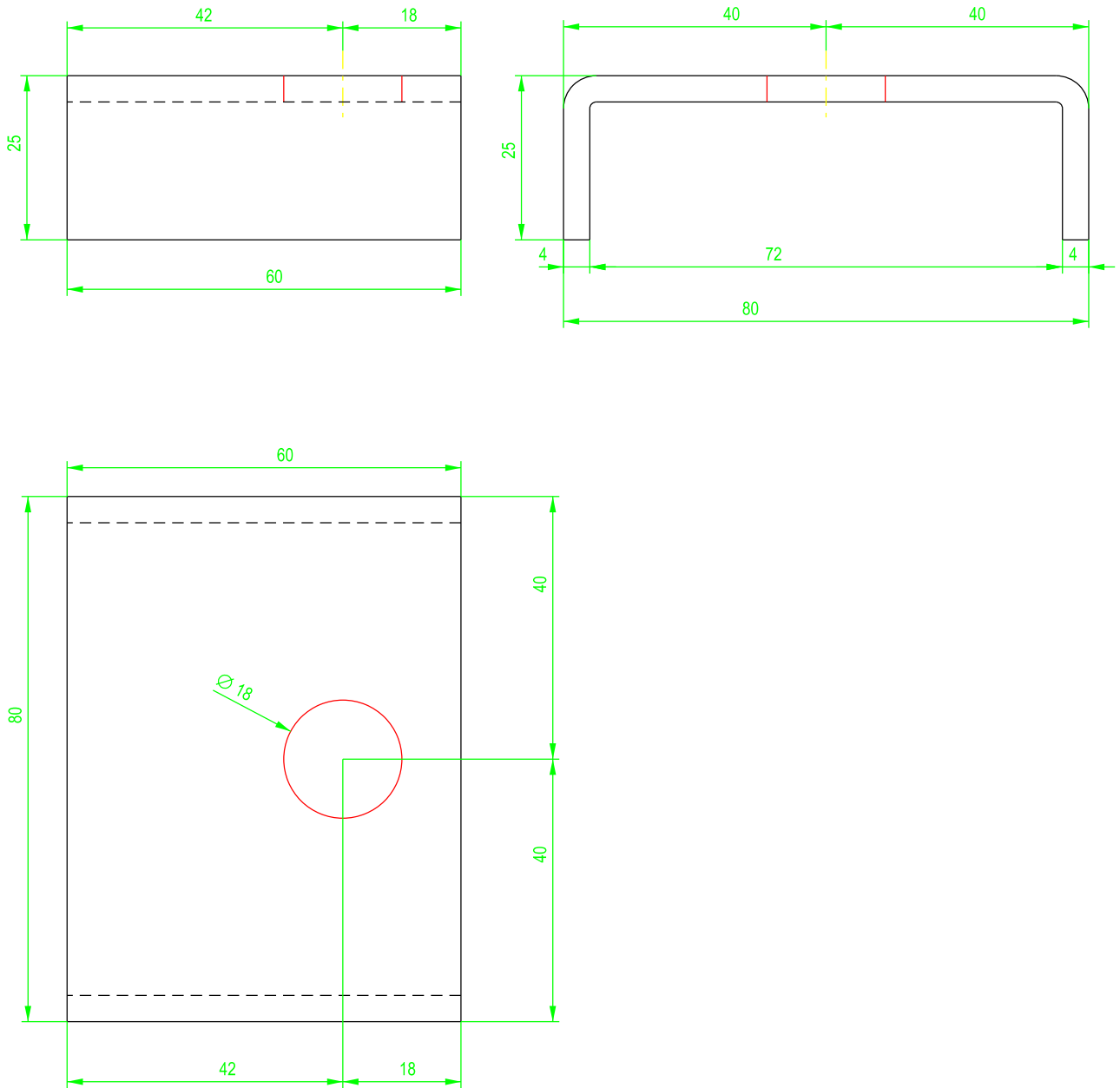
ESCALA:

1/6

PLANO N° :

PT-10

364 UNIDADES



MATERIAL: S275 JR

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Casquillo apoyo tubo atado
Pilares pórtico

FORMATO: A4

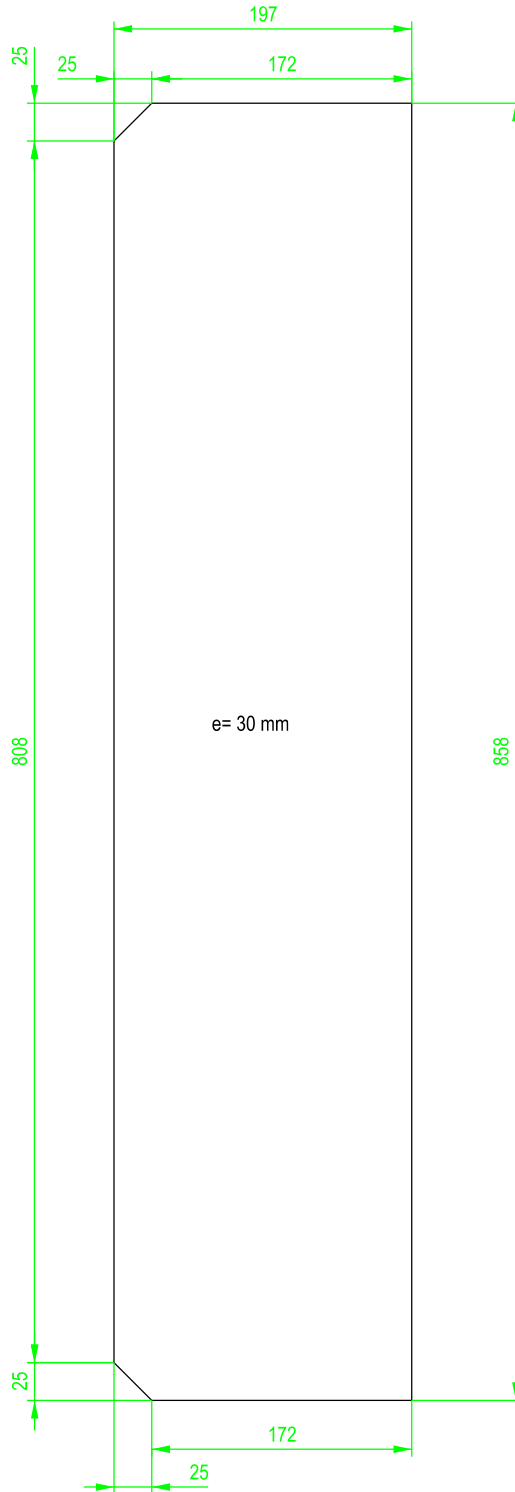
ESCALA:

1/1

PLANO N°:

PT-11

322 UNIDADES



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

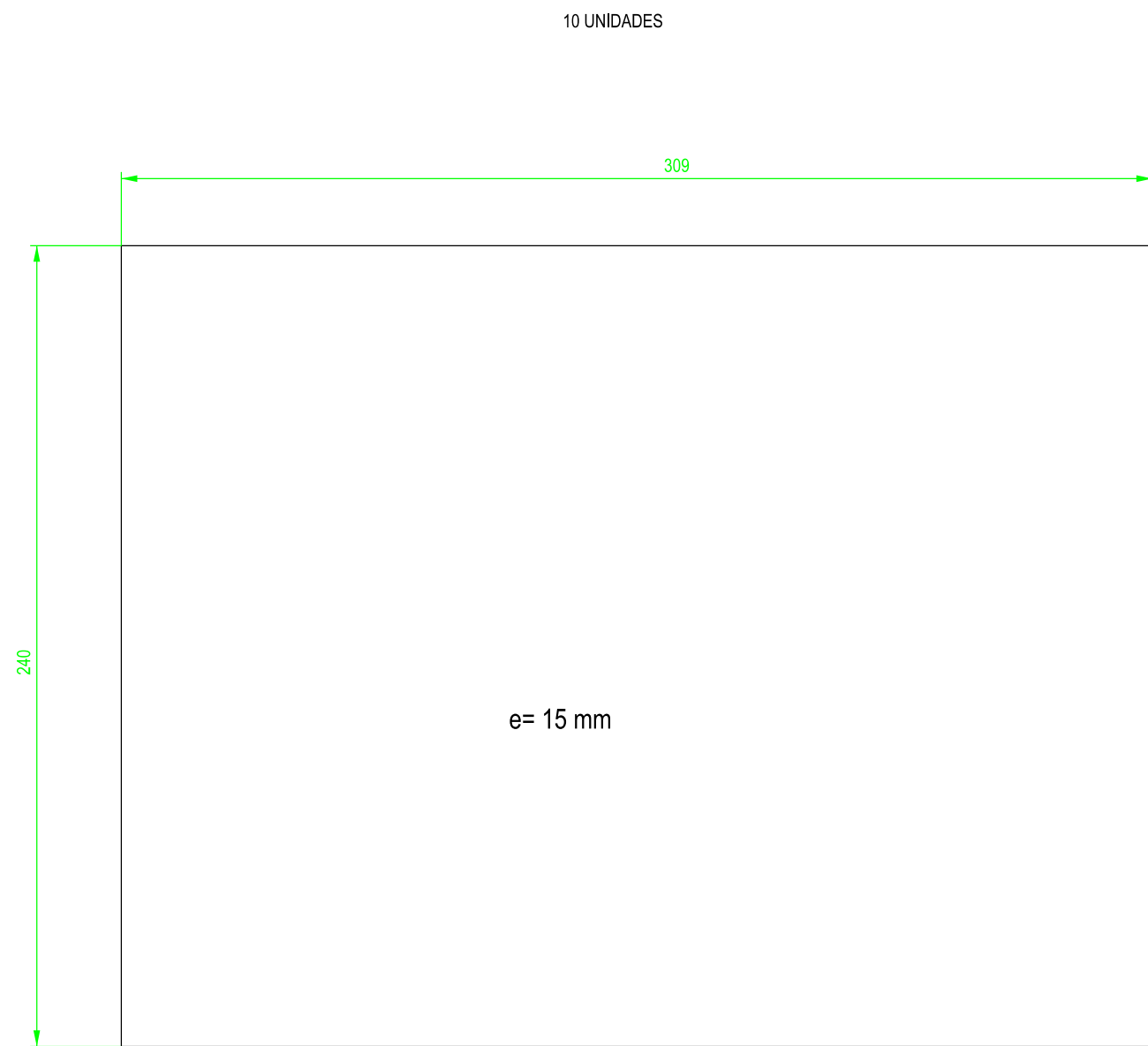
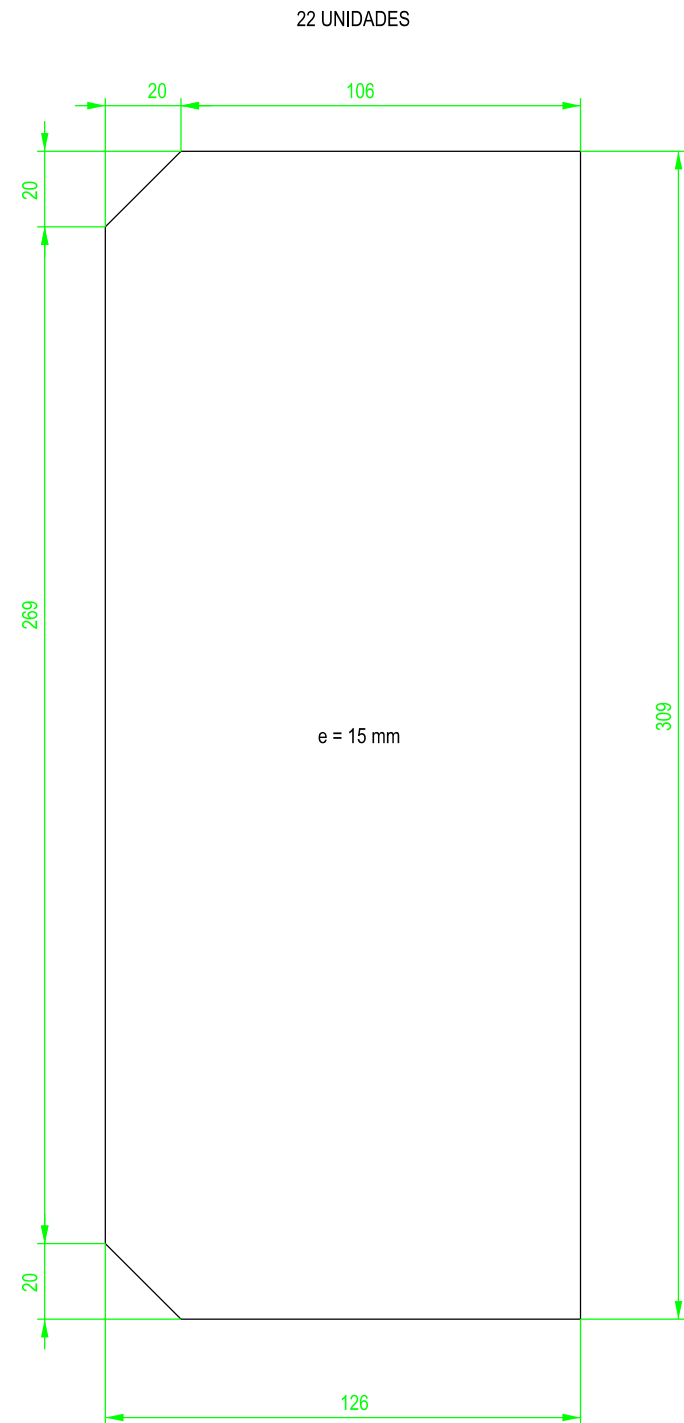
Rigidizadores $e=30 \text{ mm}$
Pilares pórtico HL

FORMATO : A4

ESCALA: 1/5

PLANO N° :

PT-12



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

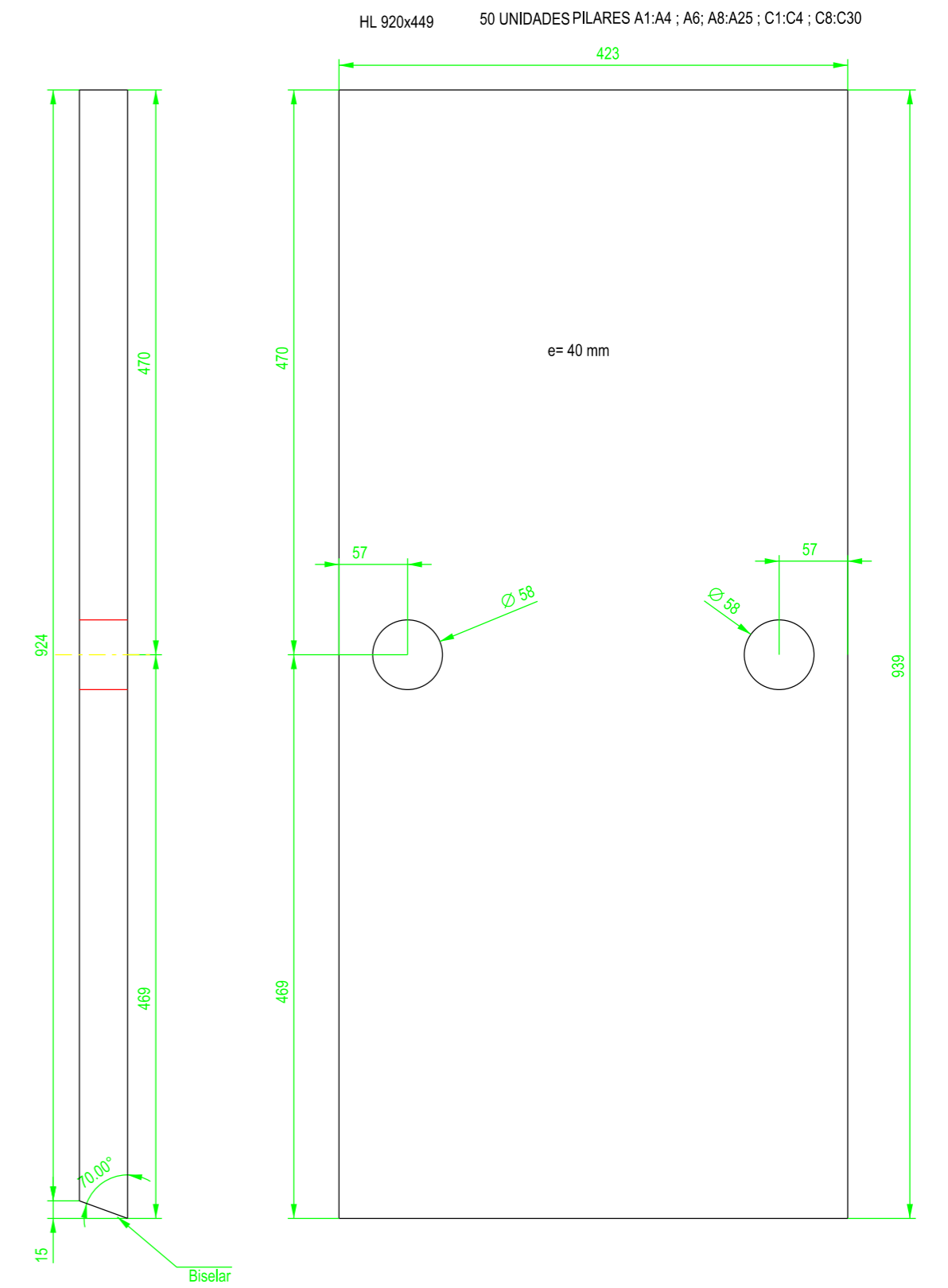
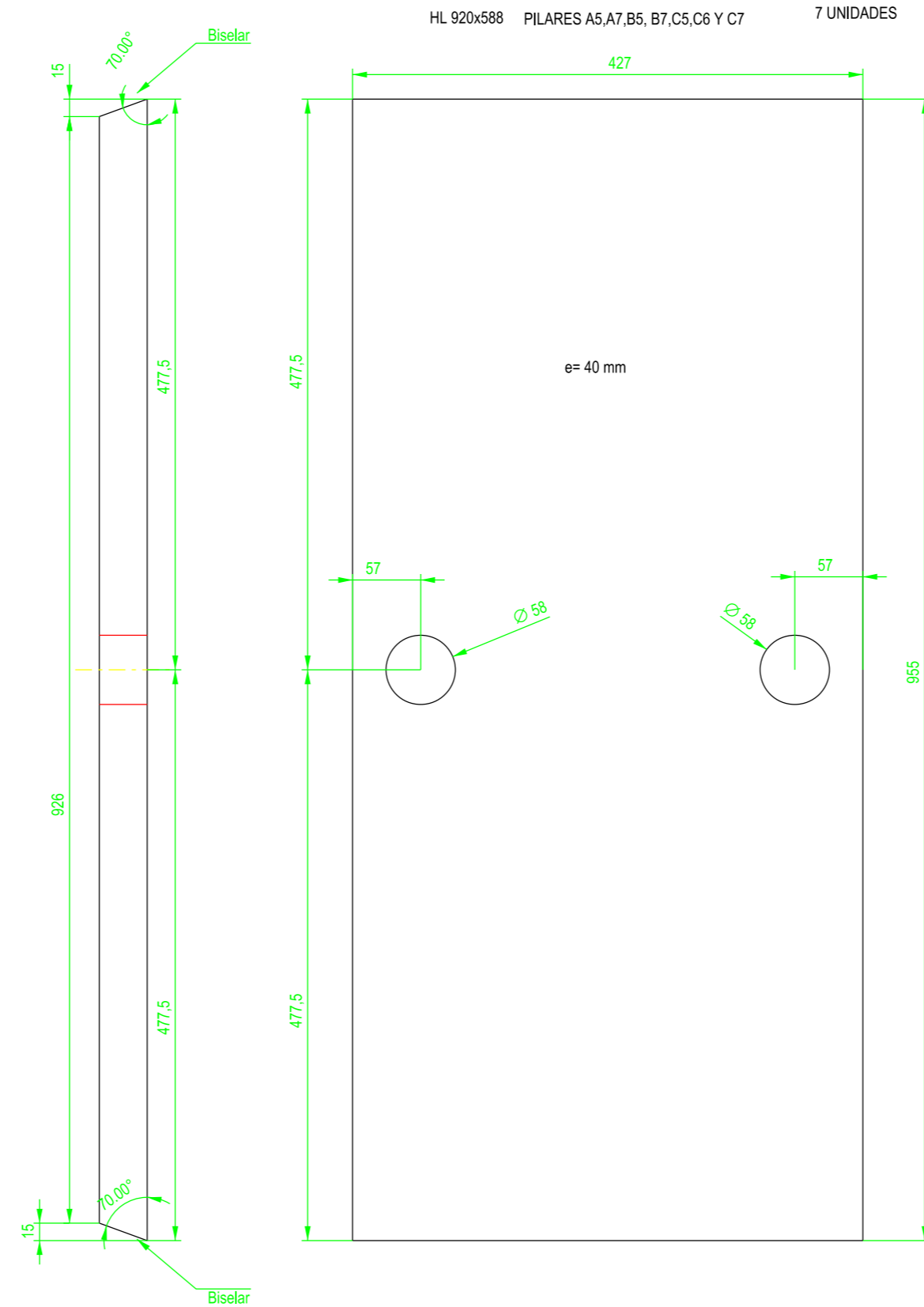
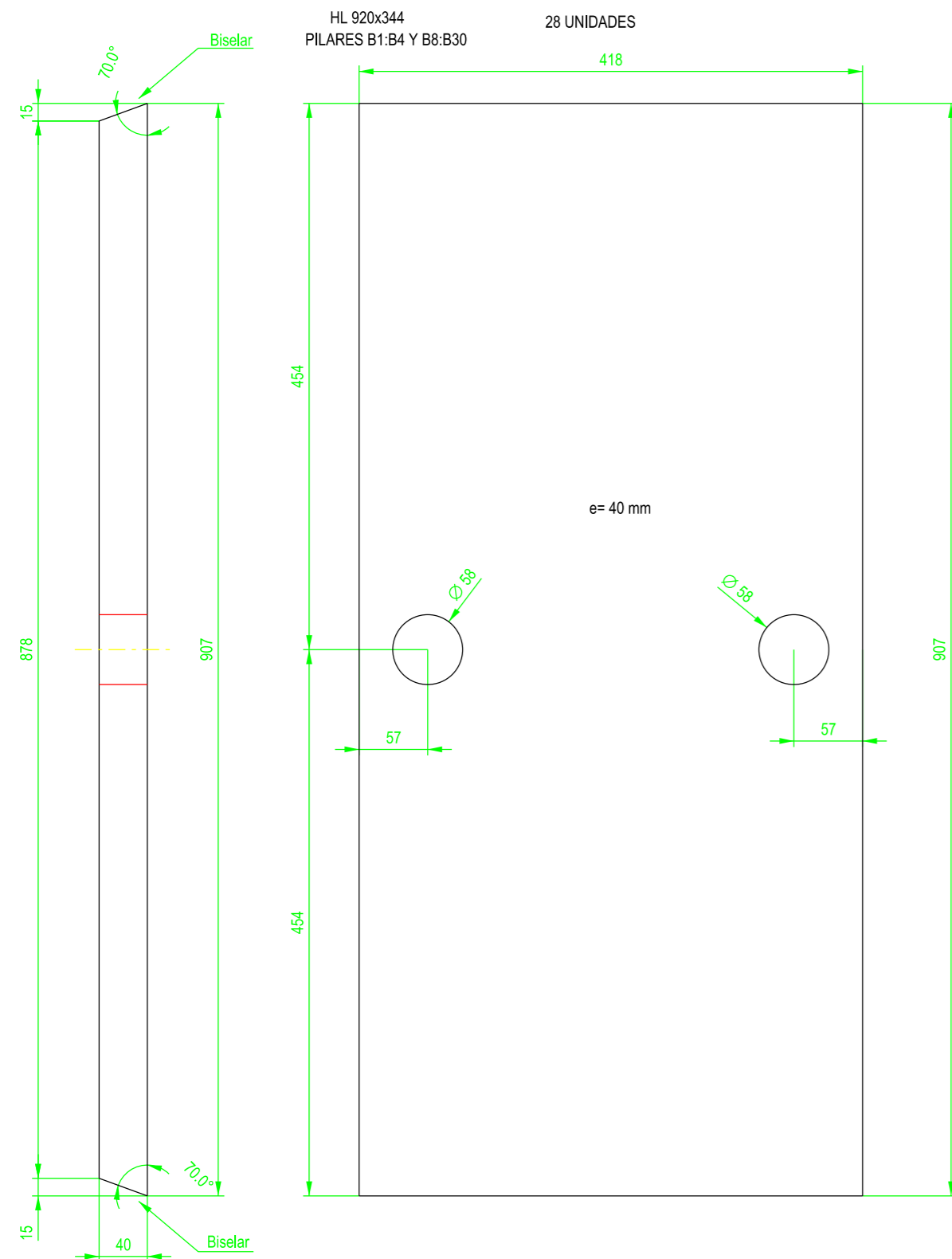
TITULO PLANO: Rigidizadores e=15 mm apoyo tubo atado
Pilares pórtico A'25:A'30 HEB 360

FORMATO: A3

ESCALA: 1/2

PLANO Nº:

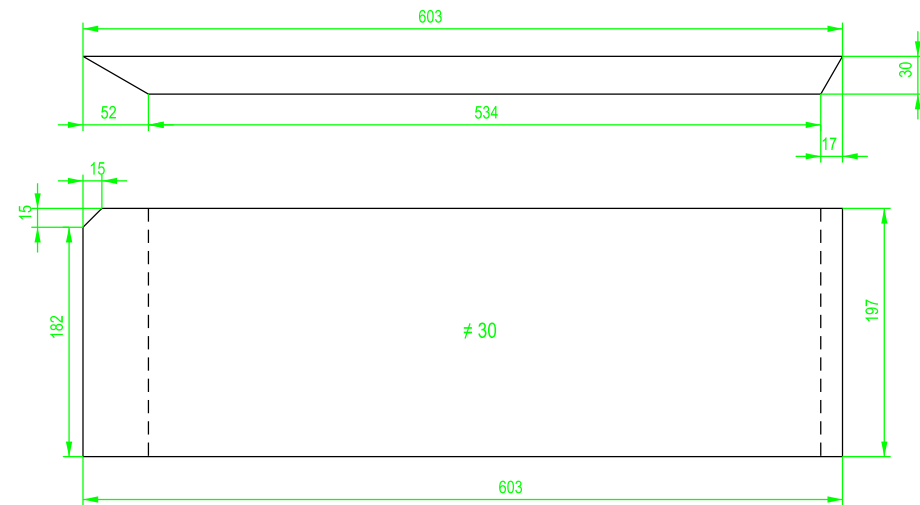
PT-13



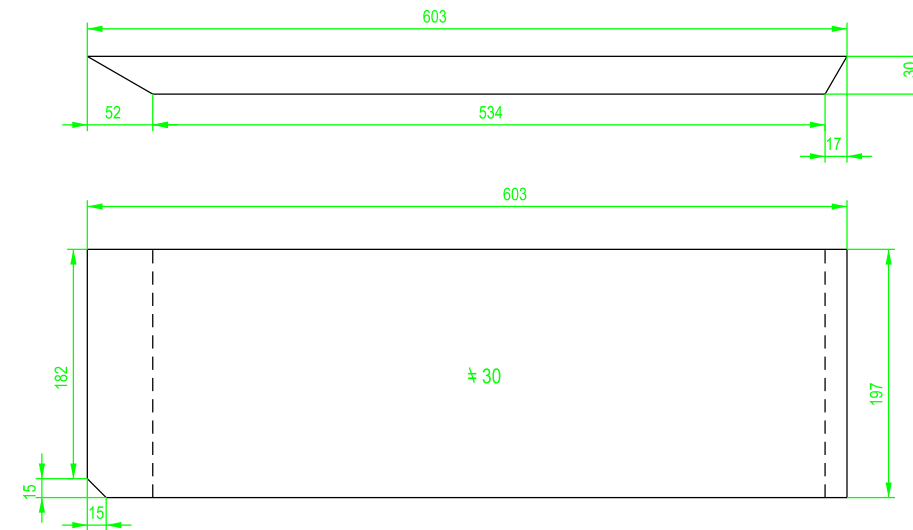
MATERIAL: S 275 JR

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Tapa cabeza pilares pórtico HL		FORMATO: A2 ESCALA: 1/5
			PLANO Nº: PT-14

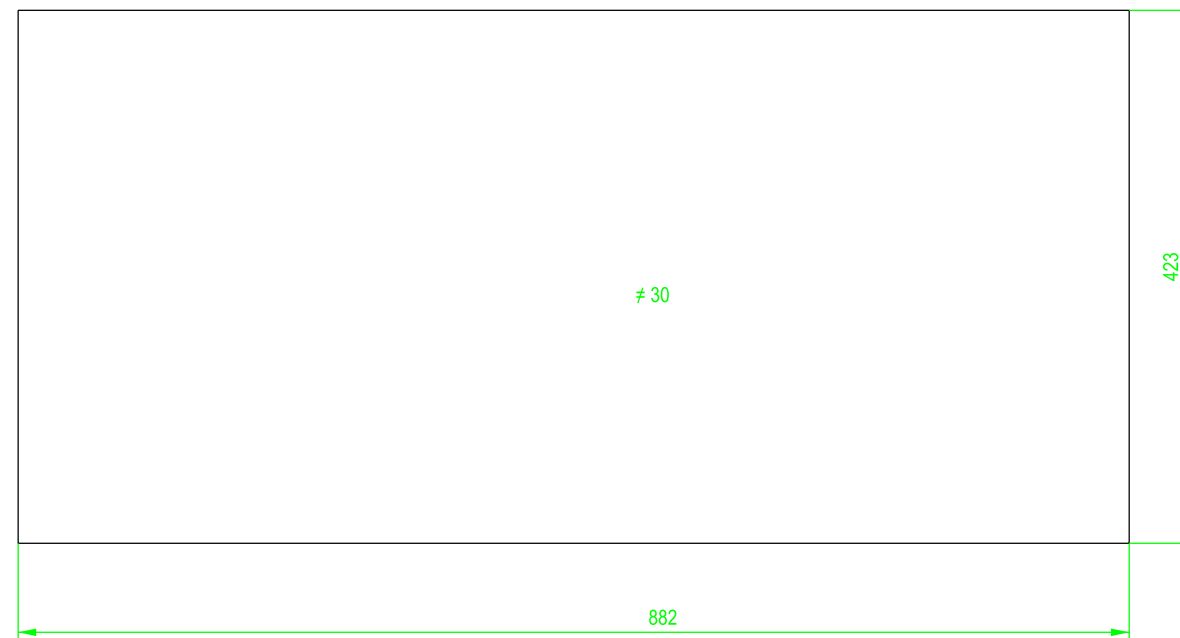
2 UNIDADES



2 UNIDADES



1 UNIDAD (MANDAR SUELTA A OBRA)



MATERIAL: S 275 JR

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Rigidizadores especiales e=30 mm pilar A6

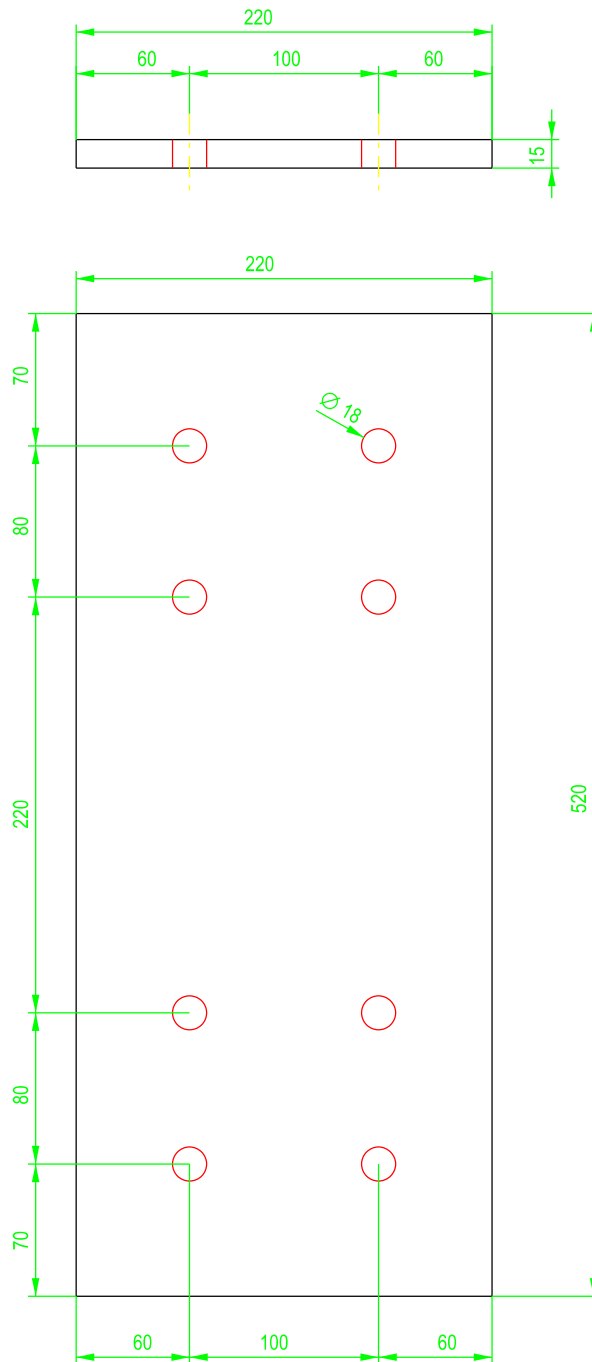
FORMATO: A3

ESCALA: 1/6

PLANO Nº:

PT-15

2 UNIDADES



MATERIAL: S 275 JR

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Chapa para potelet en pilares B1 y B30

FORMATO: A4

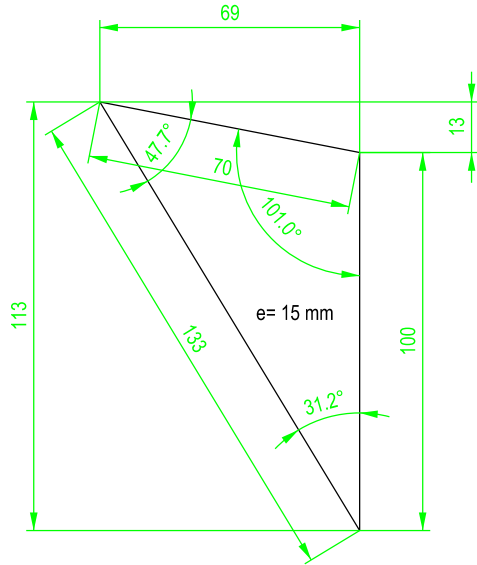
ESCALA:

1/4

PLANO Nº:

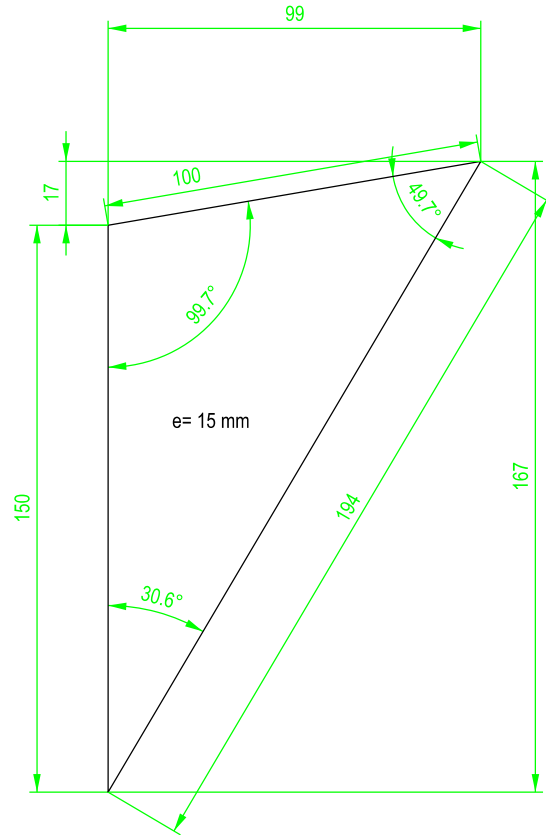
PT-16

CARTELA DINTEL AB



60 UNIDADES

CARTELA DINTEL BC



60 UNIDADES

MATERIAL: S 275 JR

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Cartelas en pilares B para apoyo dinteles

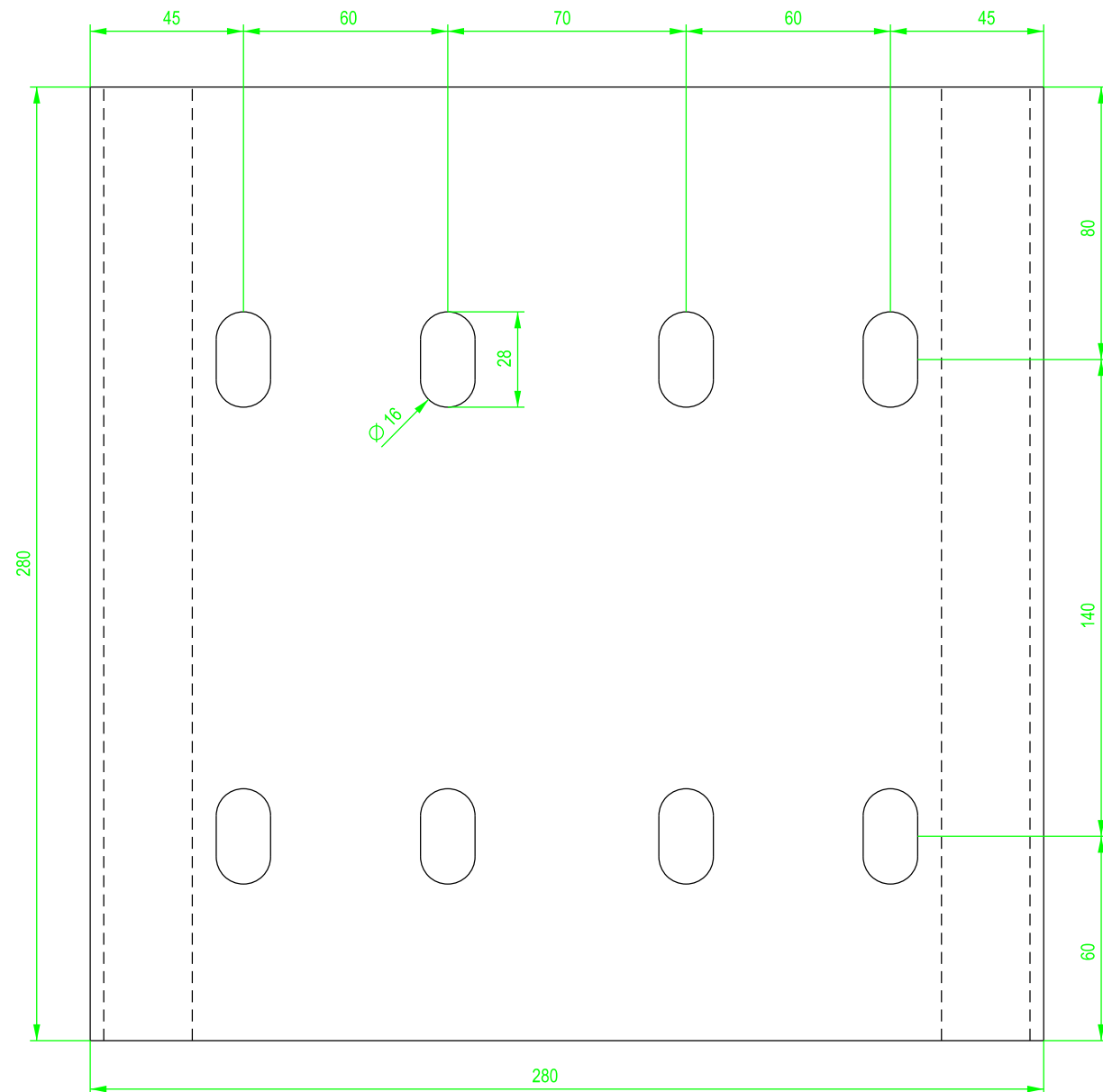
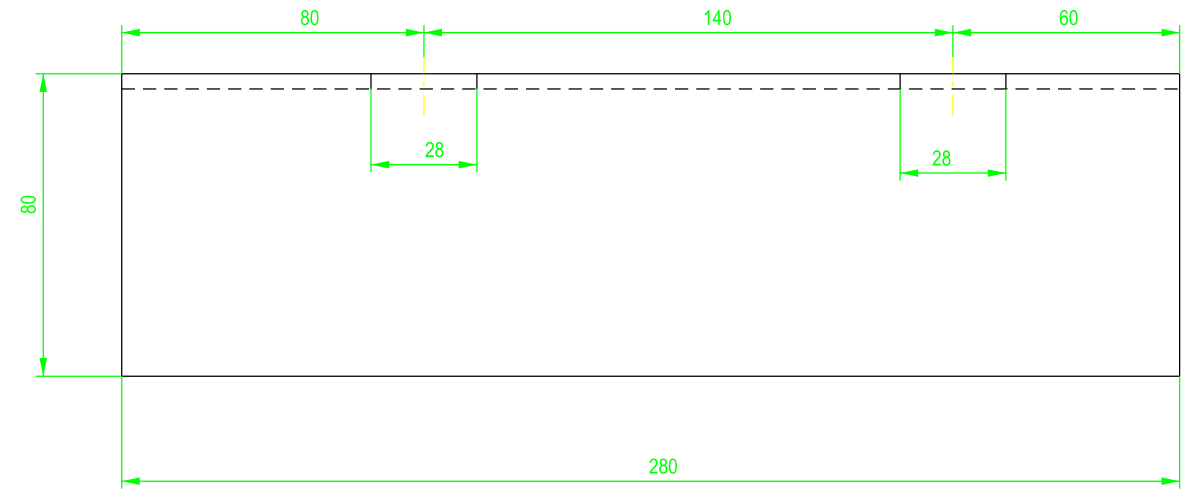
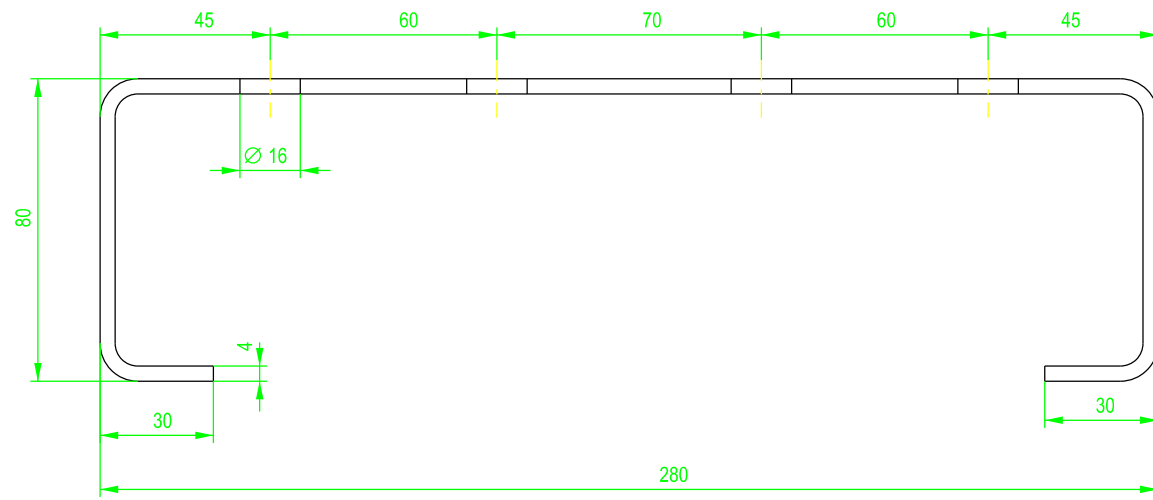
FORMATO : A4

ESCALA:

1/2

PLANO N° :

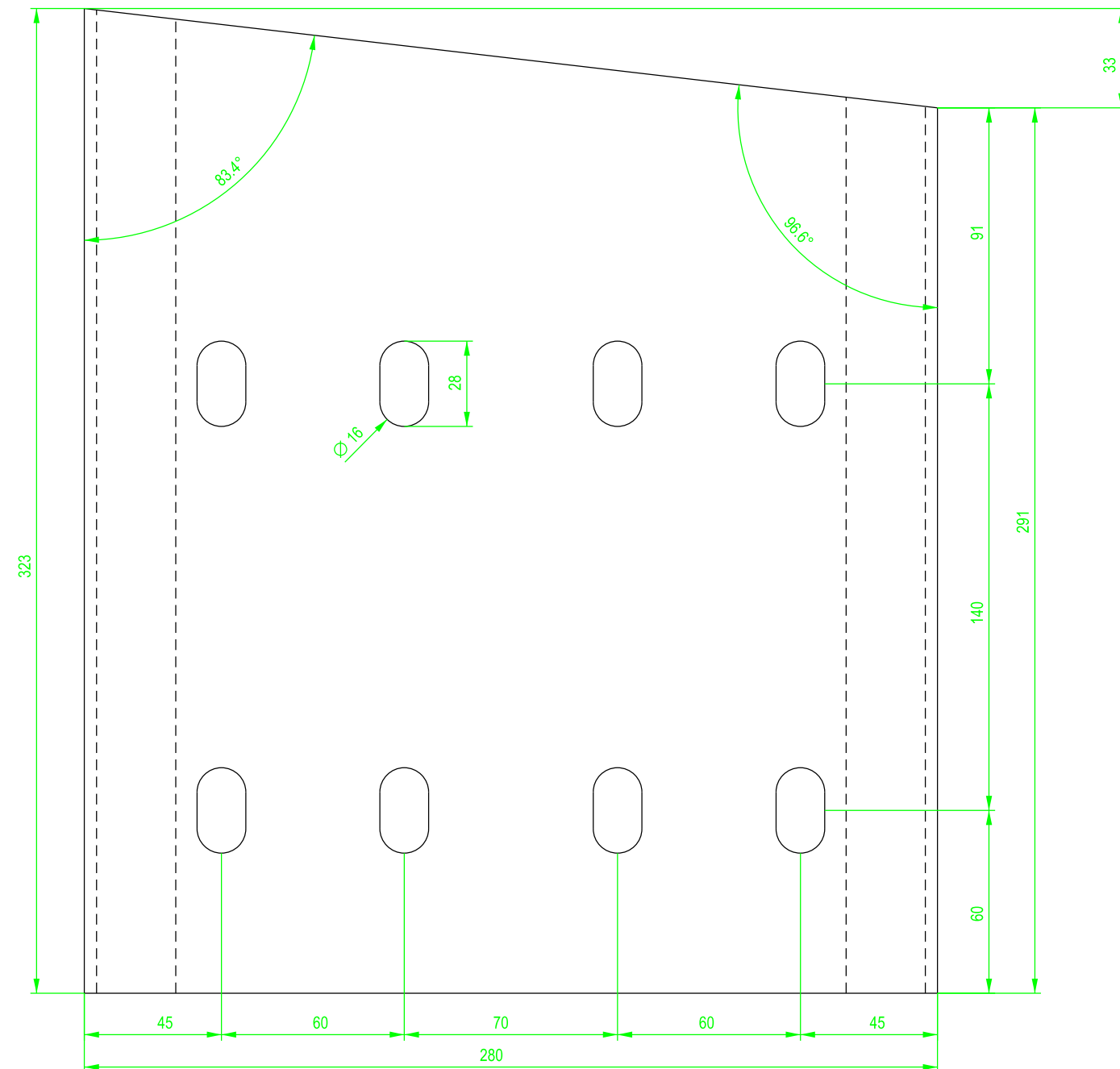
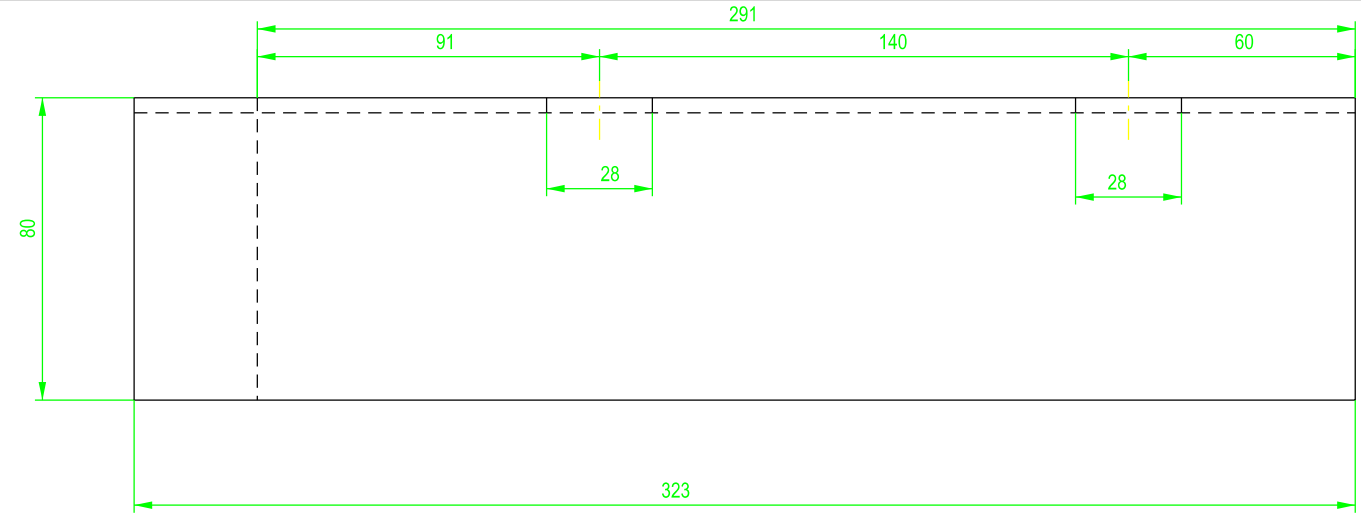
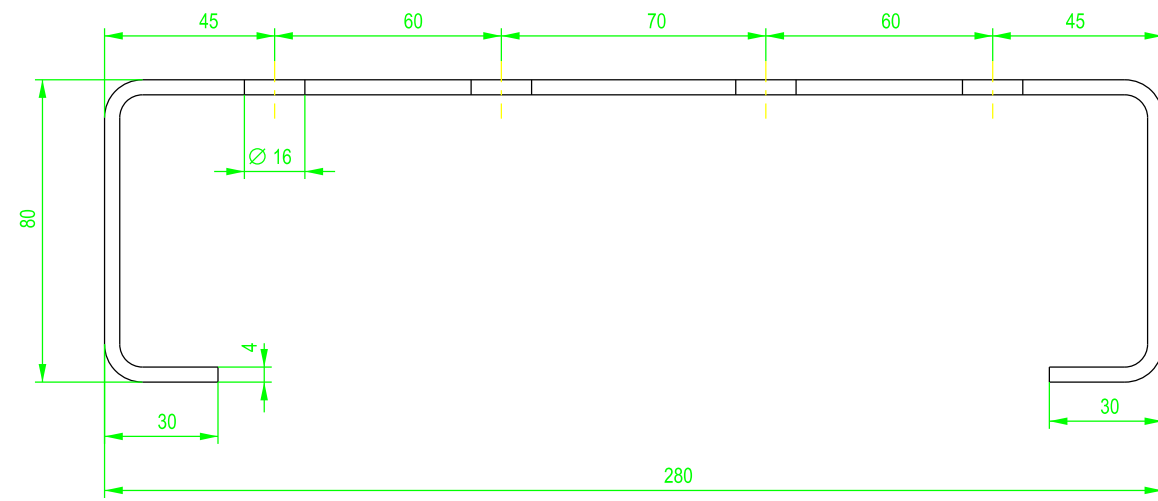
PT-17



255 UNIDADES

MATERIAL: S 235 JR

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Ejones tipo pilares pórtico		FORMATO: A3 ESCALA: 1/2
			PLANO Nº: PT-18



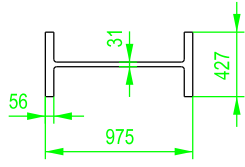
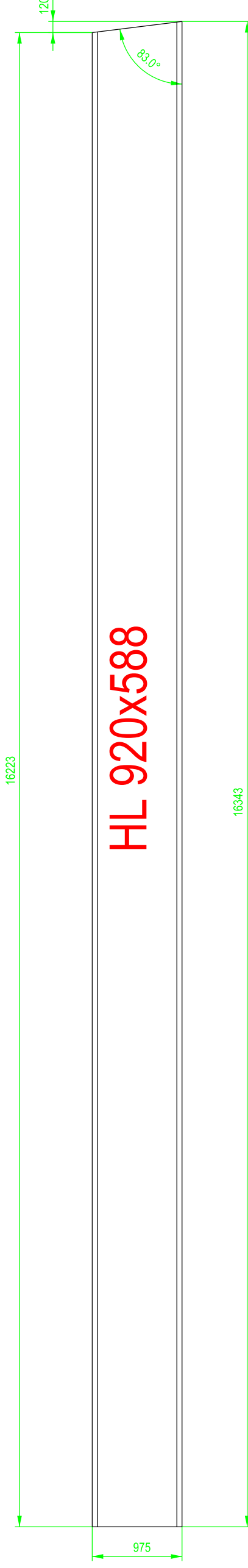
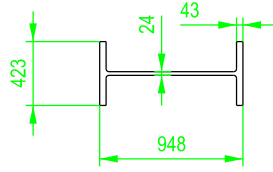
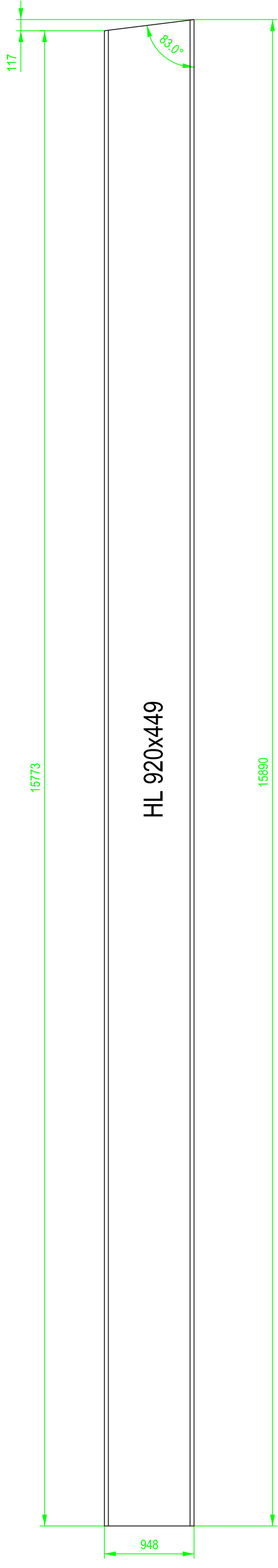
83 UNIDADES

MATERIAL: S 235 JR

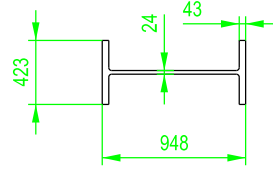
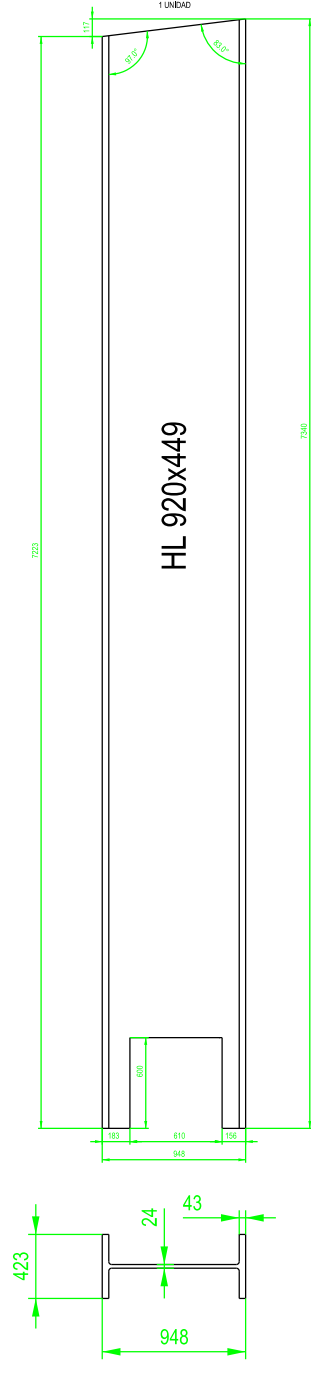
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Ejones especiales (fachada inclinada) pilares pórtico Pilares C14:C30		FORMATO: A3 ESCALA: 1/2
	PLANO Nº: PT-19		

22 UNIDADES A1:A4;A8:A25

2 UNIDADES A5 y A7



1 UNIDAD A6



MATERIAL: S 275 JO

TRABAJO FINAL DE GRADO

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

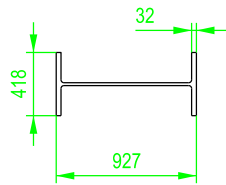
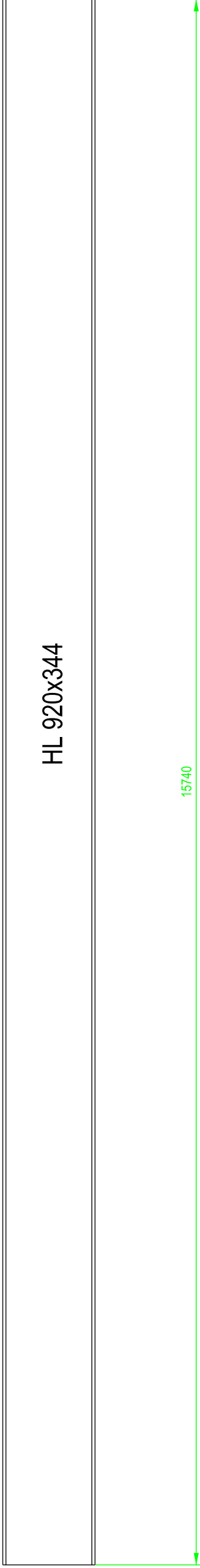
TÍTULO PLANO:
Corte vigas pilares A

FORMATO: A3

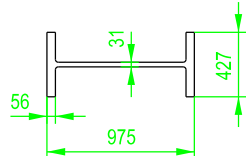
PLANO Nº:
PT-20

ESCALA:
1/50

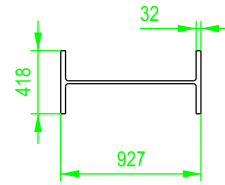
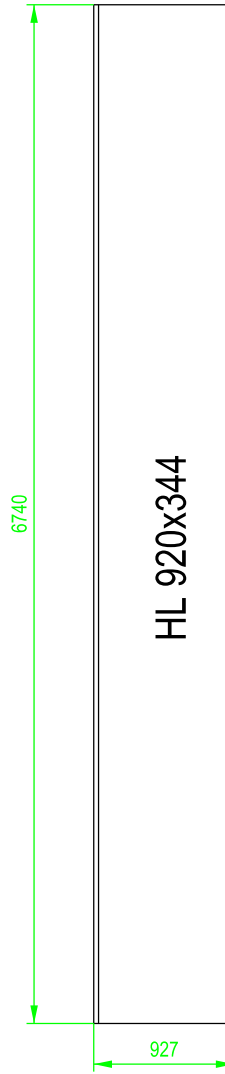
27 UNIDADES B1:B4;B8:B30



2 UNIDADES B5 y B7



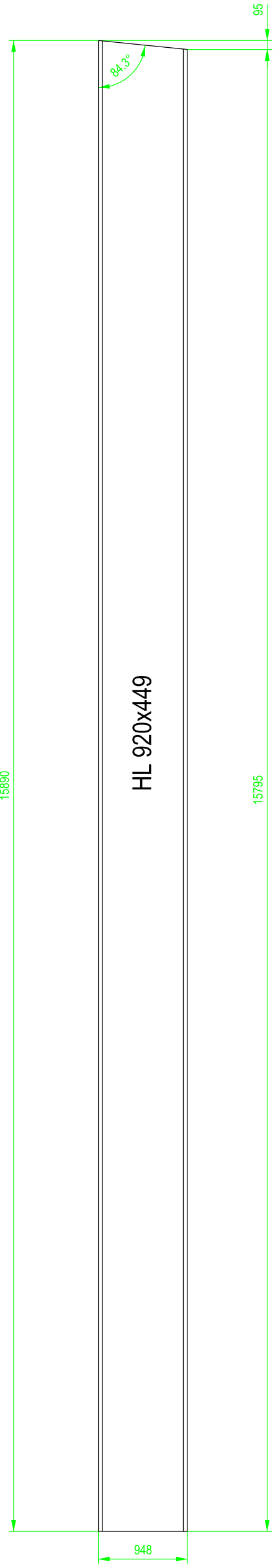
1 UNIDAD B6



MATERIAL: S 275 JO

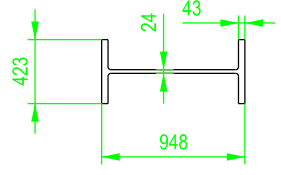
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23		TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TÍTULO PLANO: Corte vigas pilares B		FORMATO: A3	PLANO Nº: PT-21
		ESCALA: 1/50	

15890



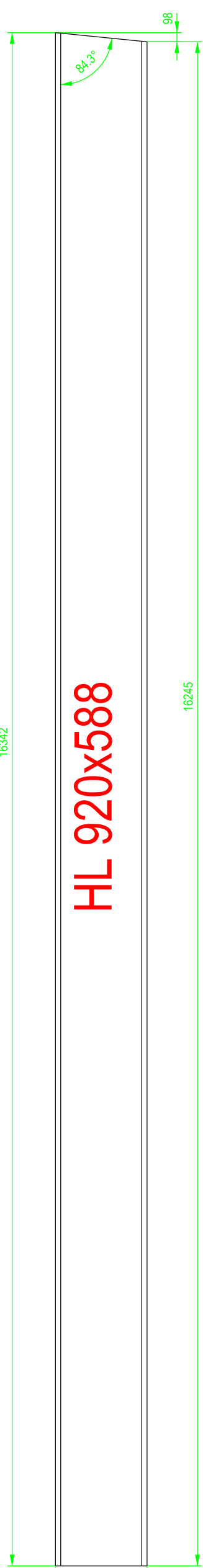
10 UNIDADES

C1:C4;C8:C13



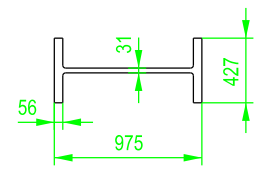
HL 920x449

16342



3 UNIDADES

C5,C6 y C7

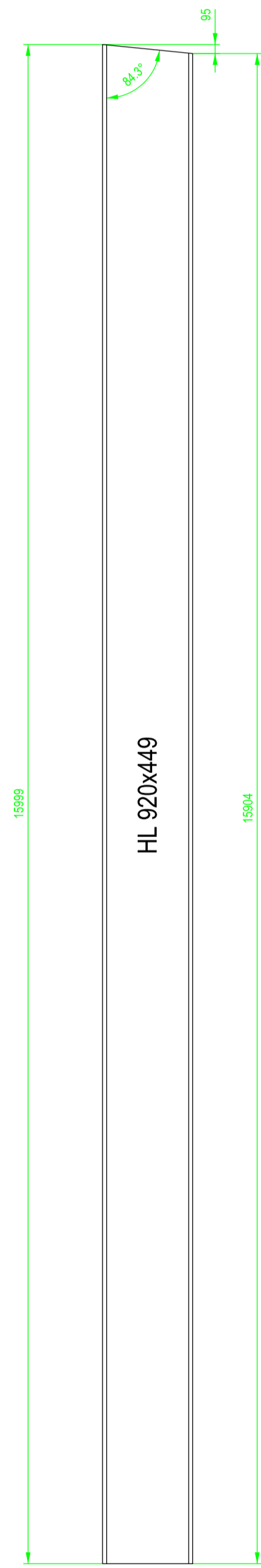


HL 920x588

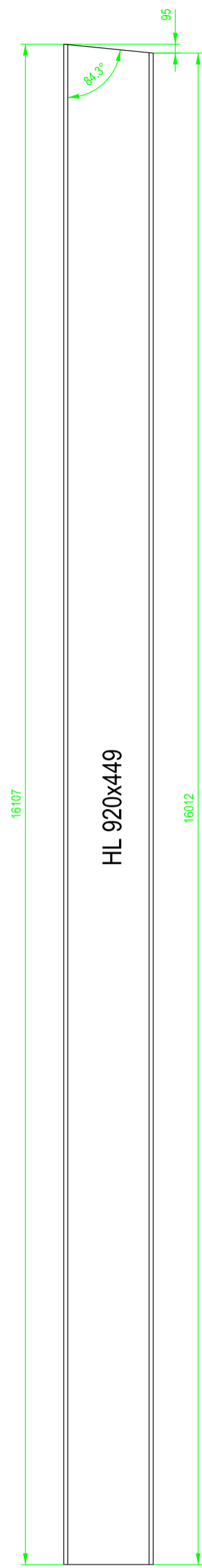
MATERIAL: S 275 JO

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros TUTOR: D. Julián Alcalá González	TÍTULO PLANO: Corte vigas pilares C (1 de 3)
	FORMATO: A3 ESCALA: 1/50	PLANO Nº: PT-22

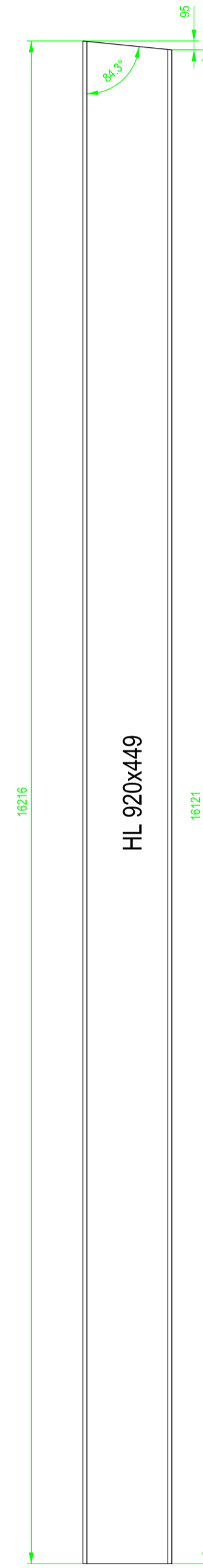
1 UNIDAD DE CADA LONGITUD



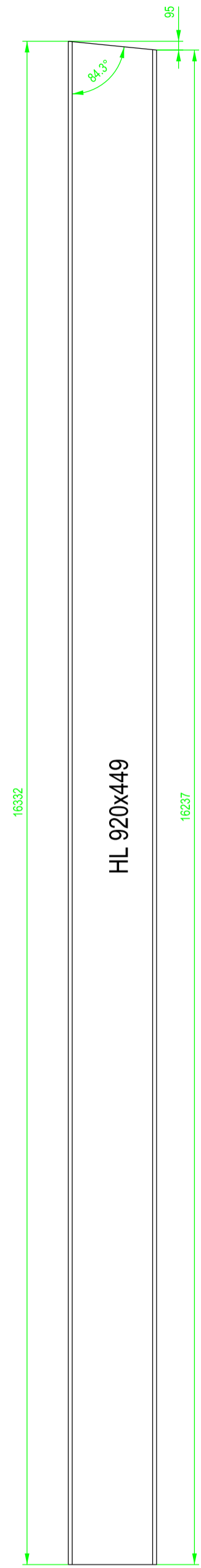
C14



C15



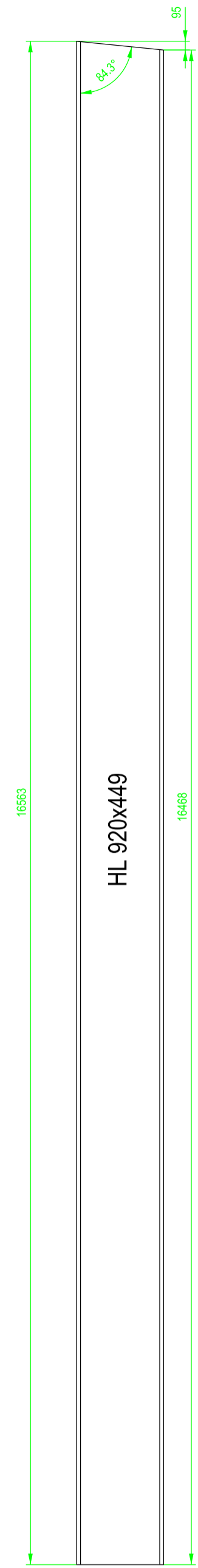
C16



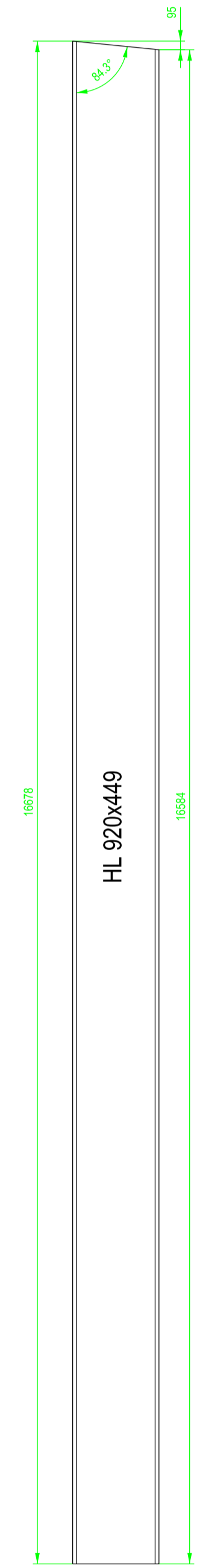
C17



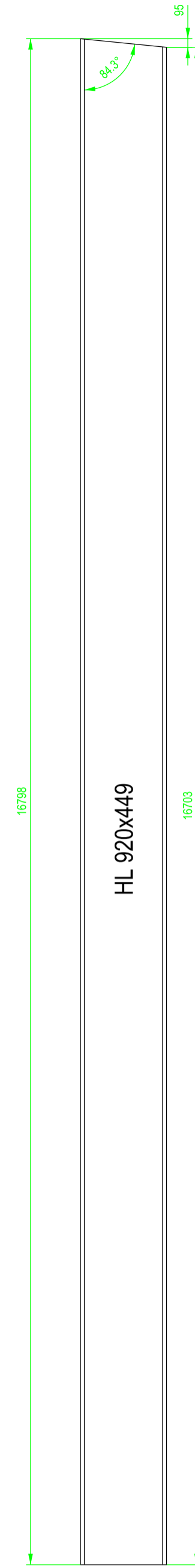
C18



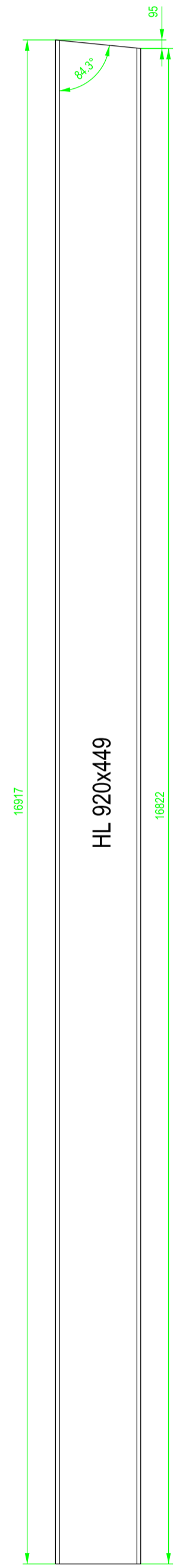
C19



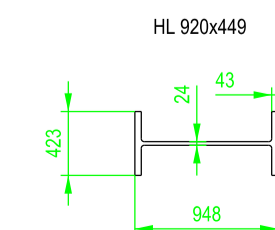
C20



C21

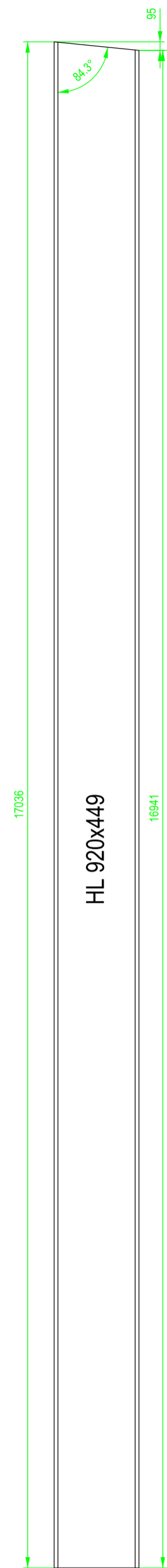


C22

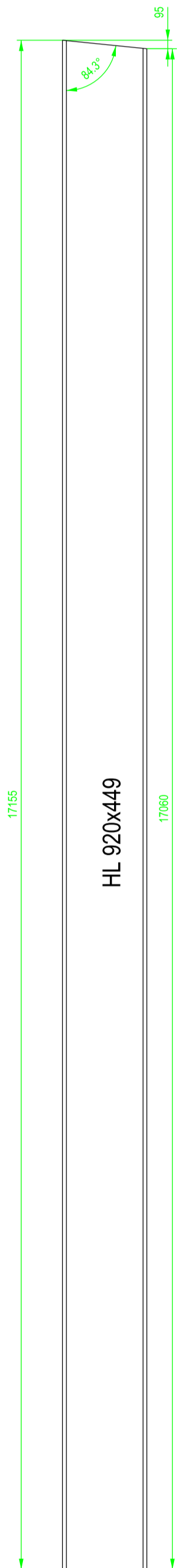


MATERIAL: S 275 JO

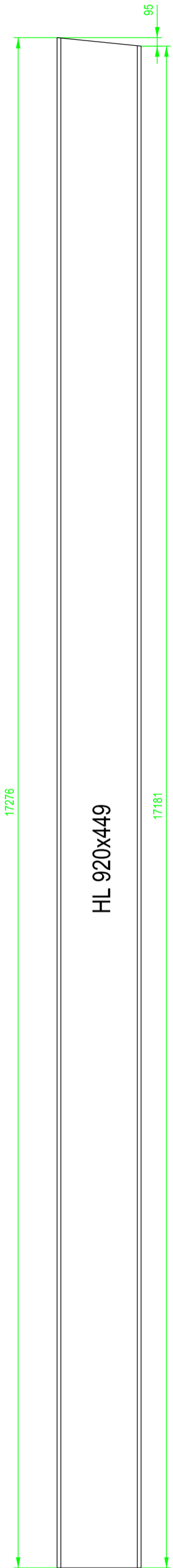
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO * Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *	
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TÍTULO PLANO: Corte vigas pilares C (2 de 3)	FORMATO: A1 ESCALA: 1/50	PLANO Nº.: PT-23



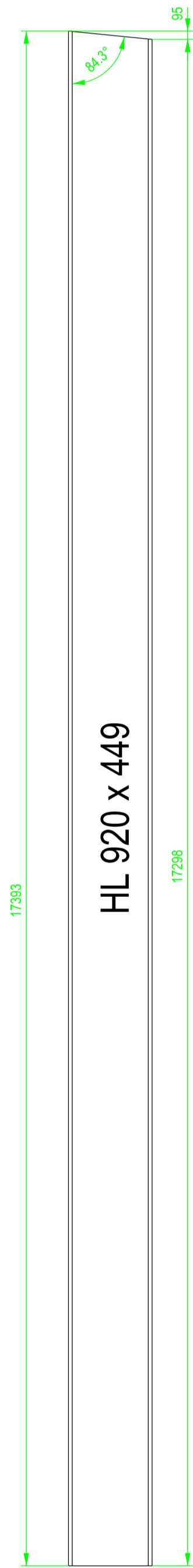
C23



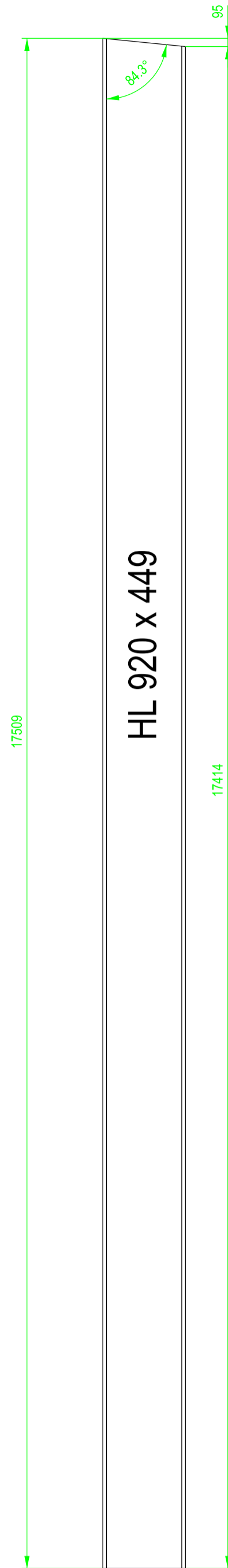
C24



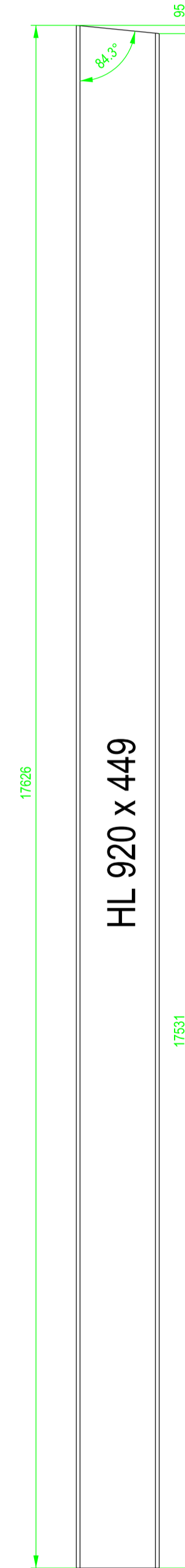
C25



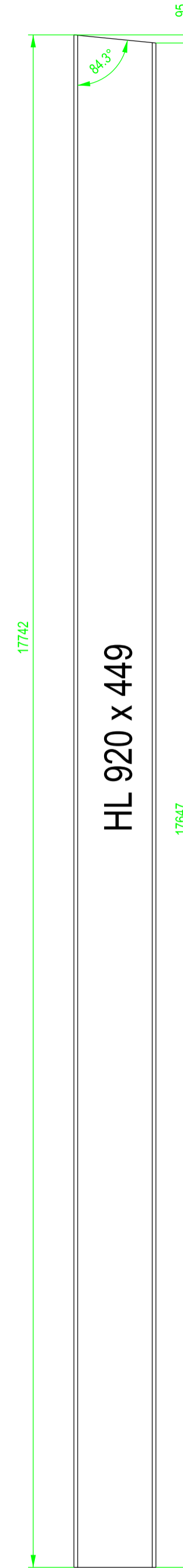
C 26



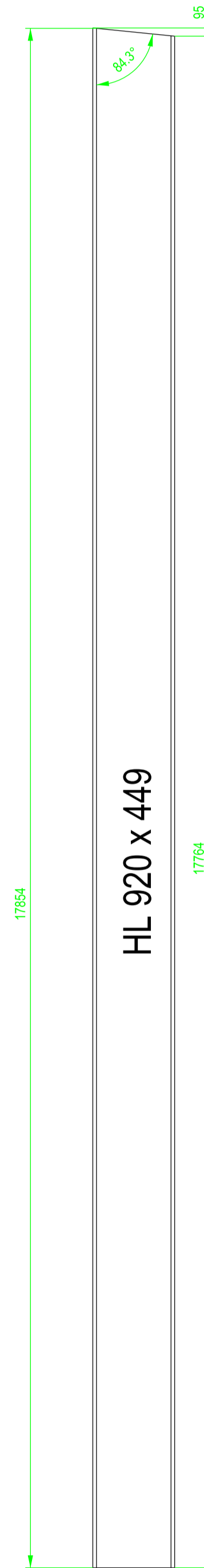
C 27



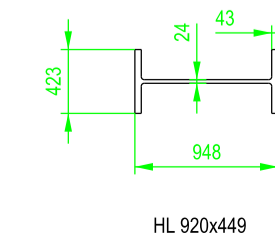
C 28



C 29



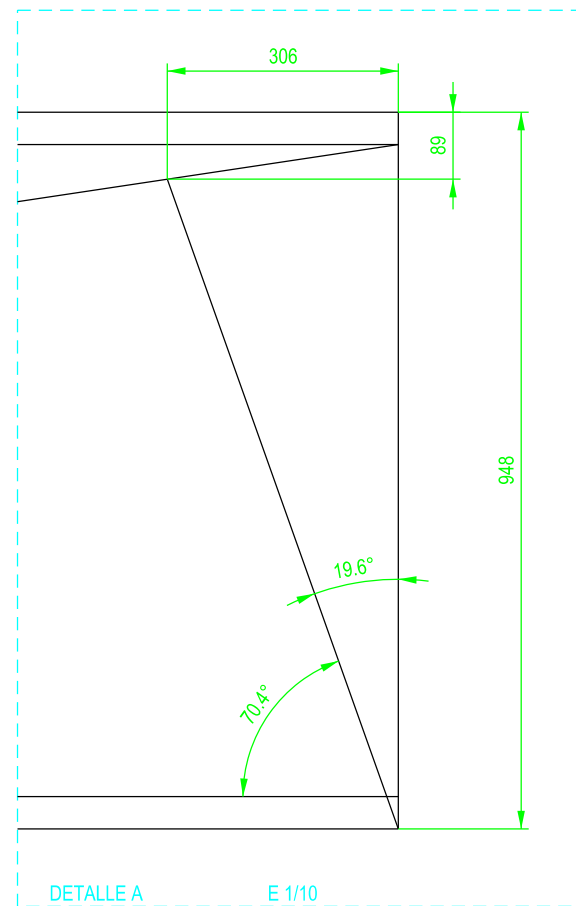
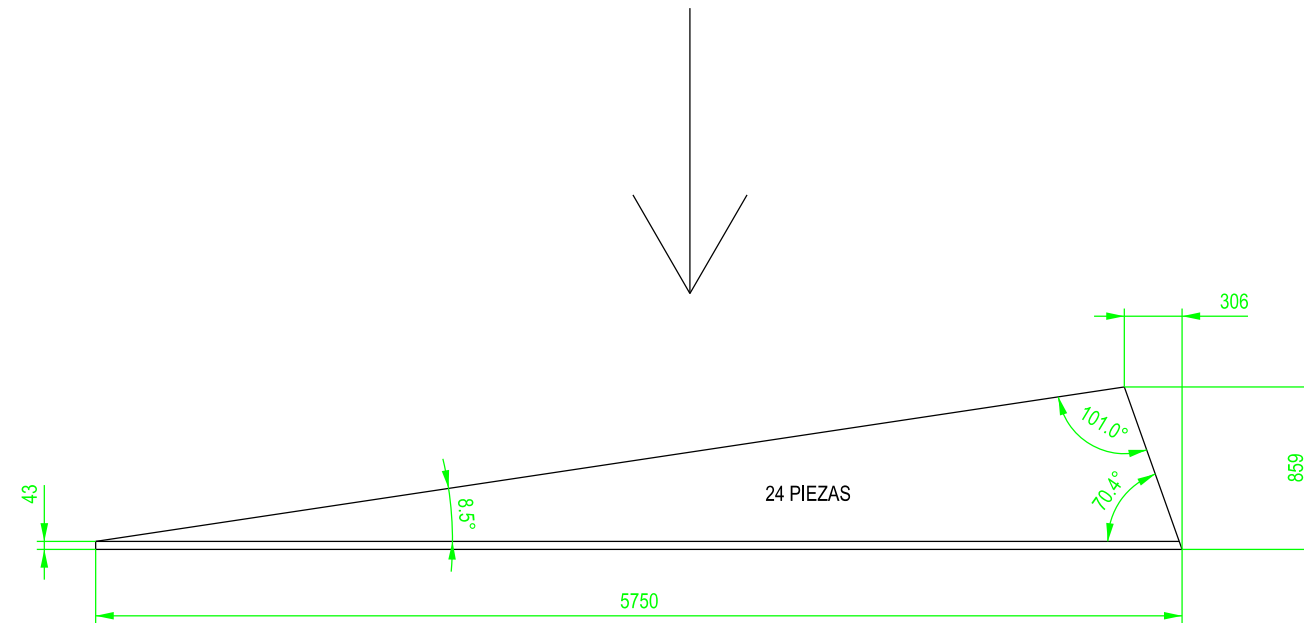
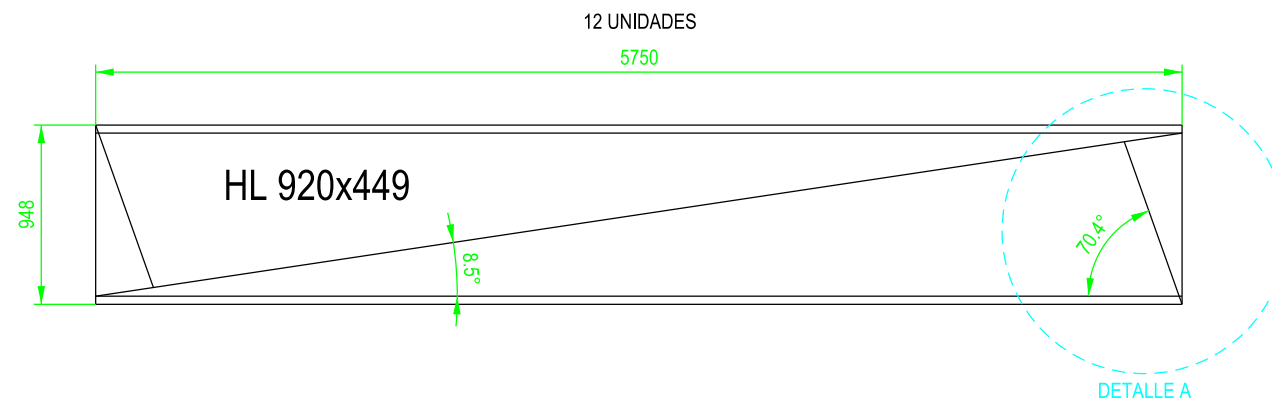
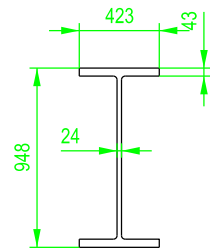
C 30



HL 920x449

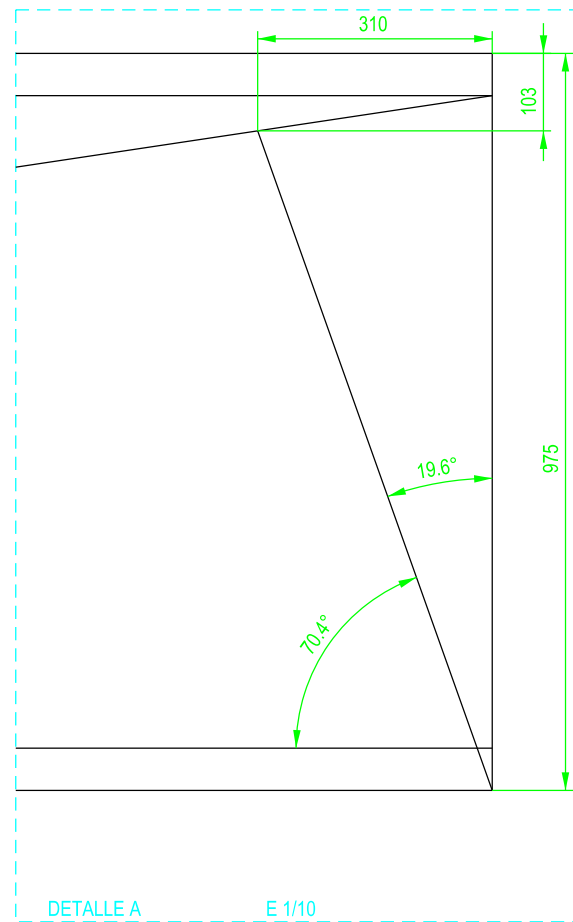
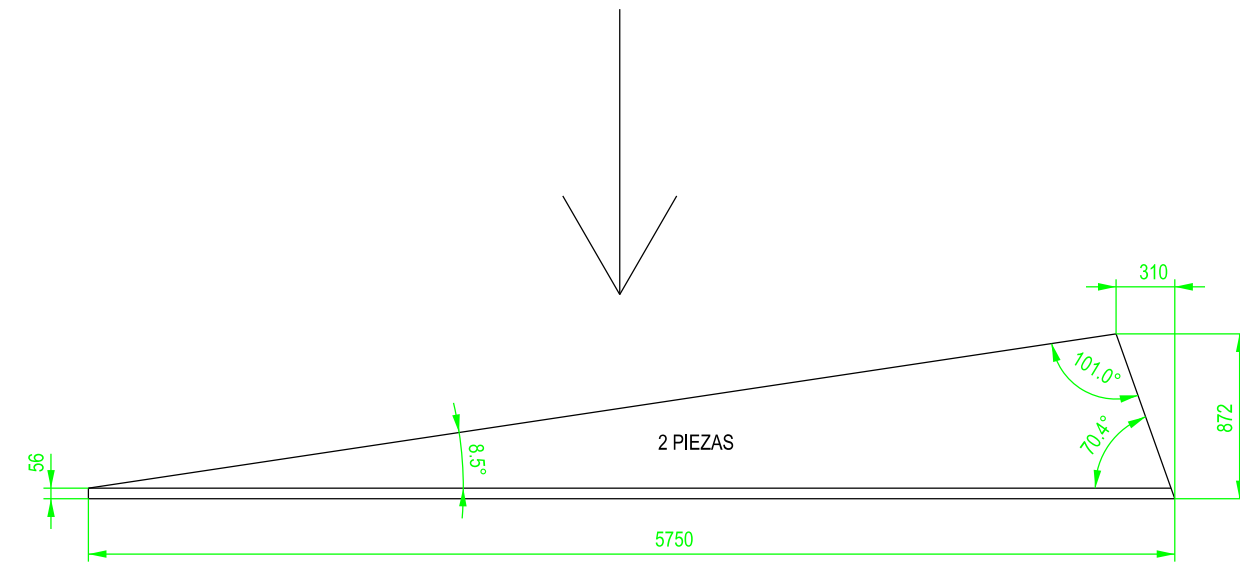
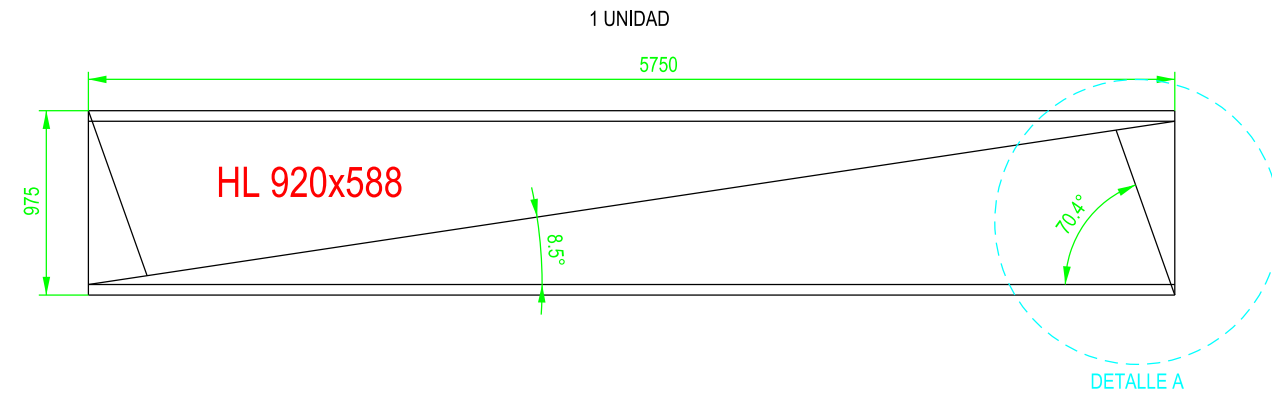
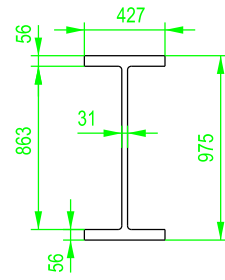
MATERIAL: S 275 JO

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO * Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *	
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TÍTULO PLANO: Corte vigas pilares C (3 de 3)	FORMATO: A1 ESCALA: 1/50	PLANO Nº: 2 PT-24



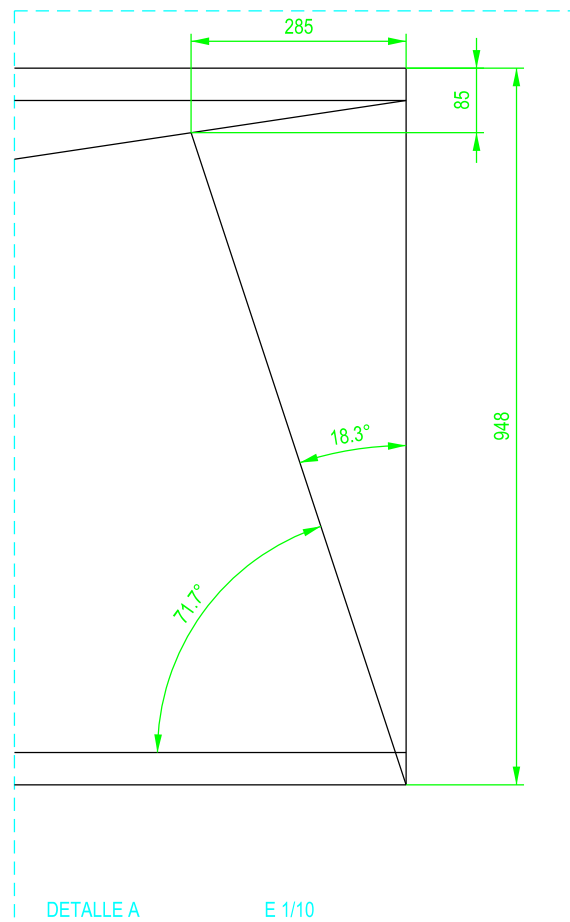
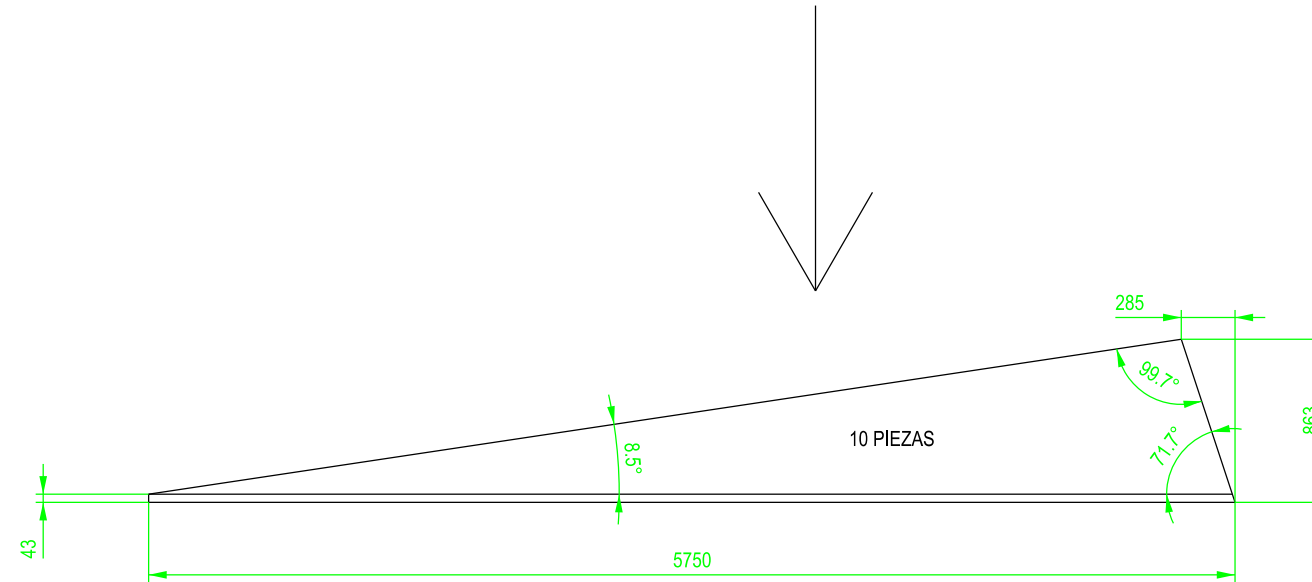
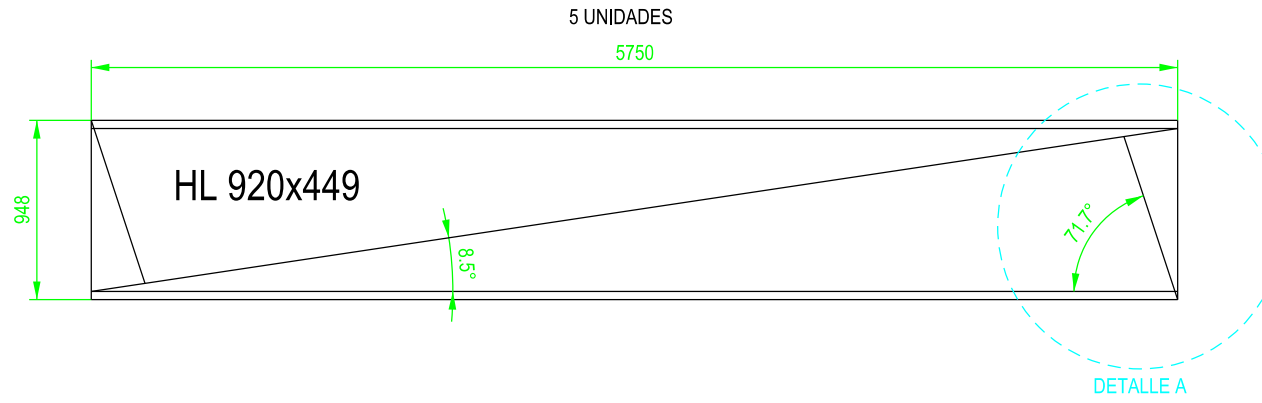
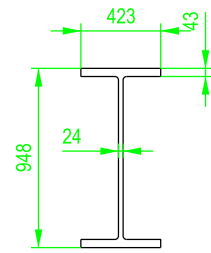
MATERIAL: S 275 JO

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Corte refuerzo pilares A1:A4 ; A6 ; A8:A25 (HL 920x449)		FORMATO: A3 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-25		



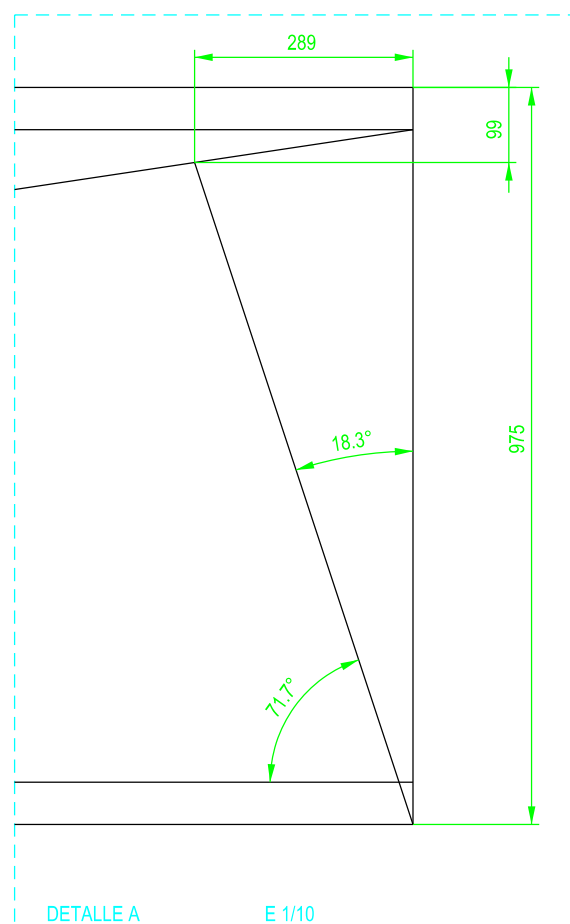
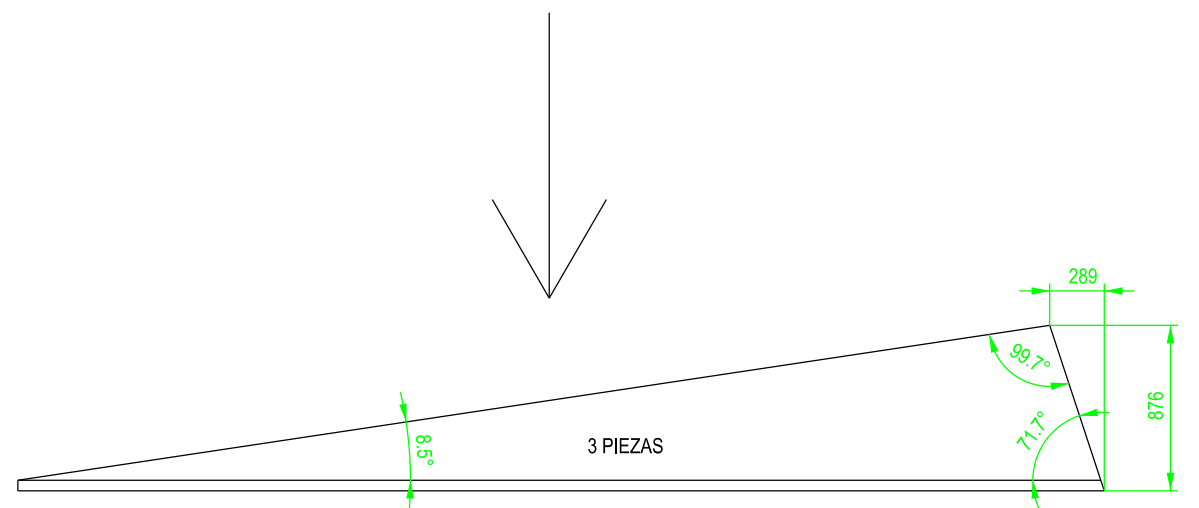
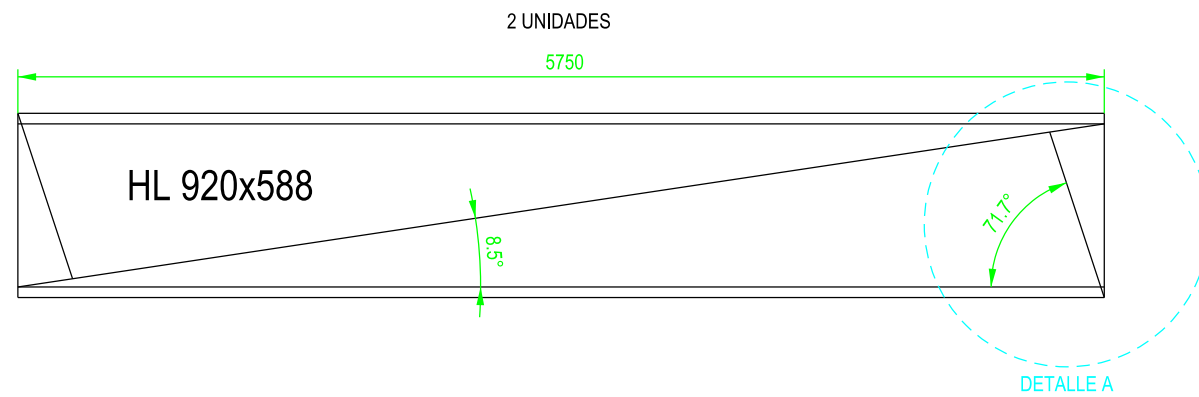
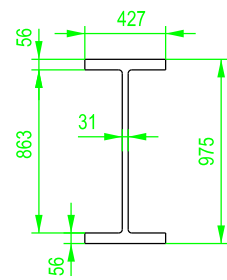
MATERIAL: S 275 JO

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Corte refuerzo pilares A5 y A7 (HL 920x588)		FORMATO: A3 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-26		



MATERIAL: S 275 JO

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Corte refuerzo pilares C1:C4 ; C8:C13 (HL 920x449)		FORMATO: A3 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-27		



MATERIAL: S 275 JO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

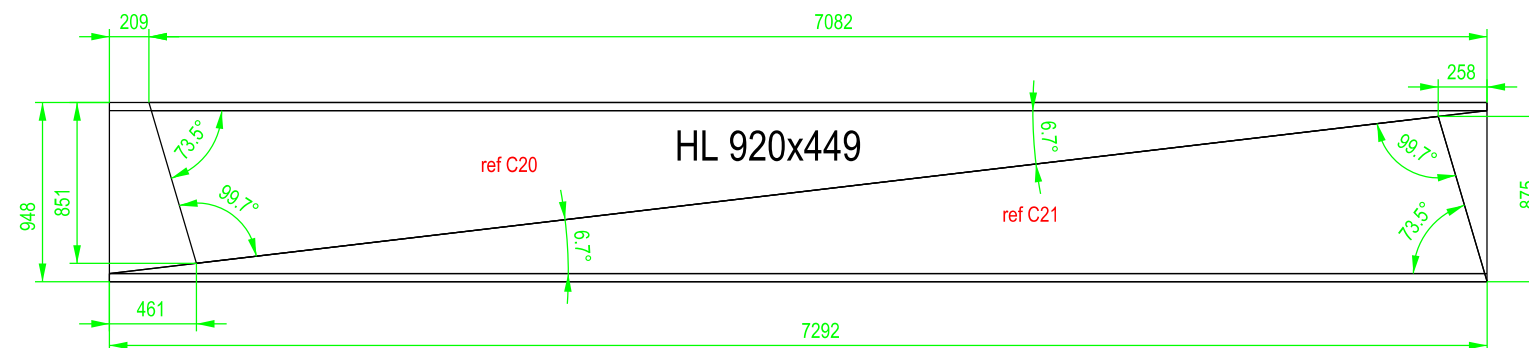
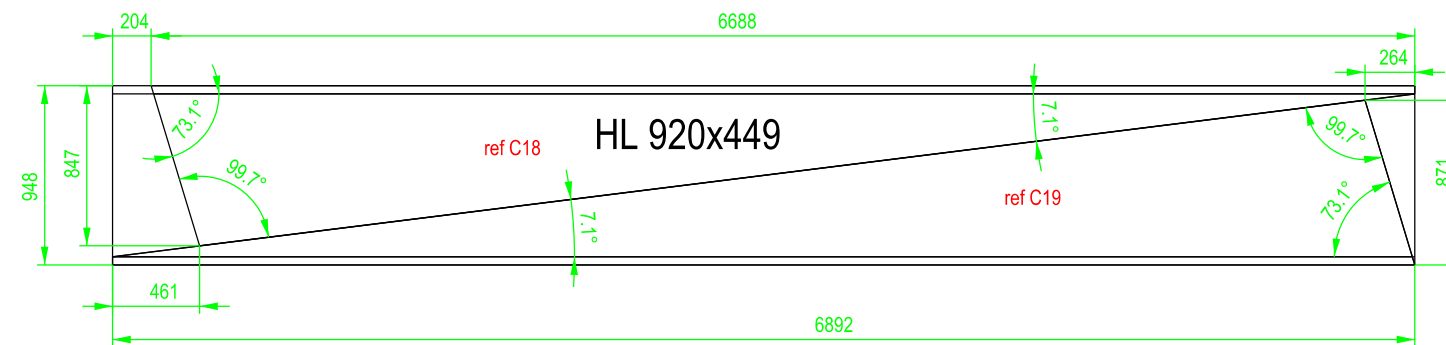
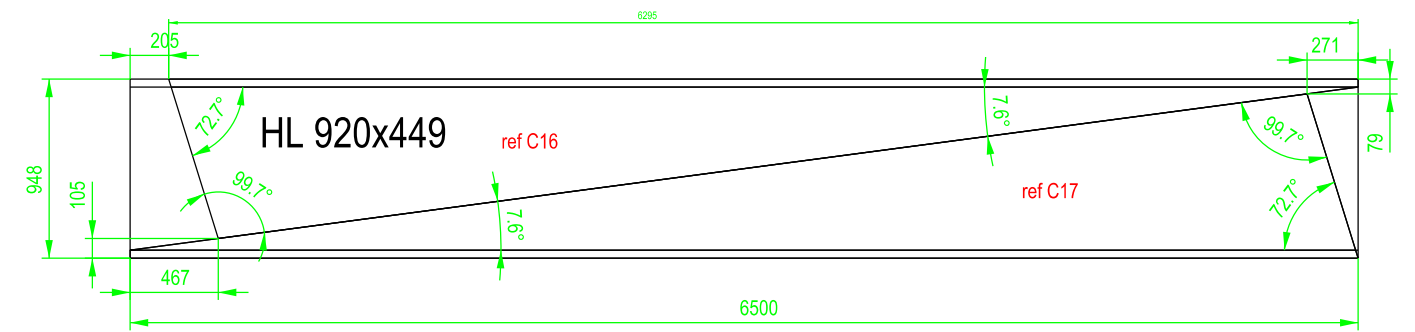
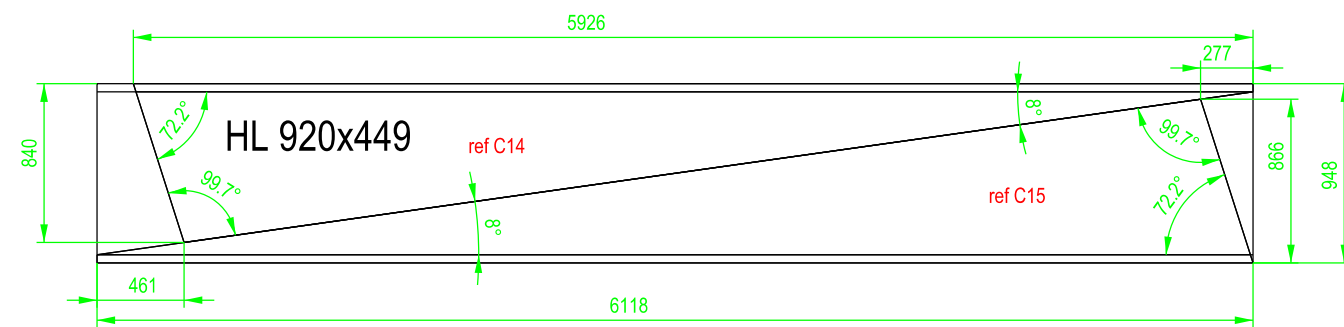
Corte refuerzo pilares
C5, C6 y C7
(HL 920x588)

FORMATO: A3

PLANO Nº:

ESCALA: 1/40

PT-28



MATERIAL: S 275 JO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

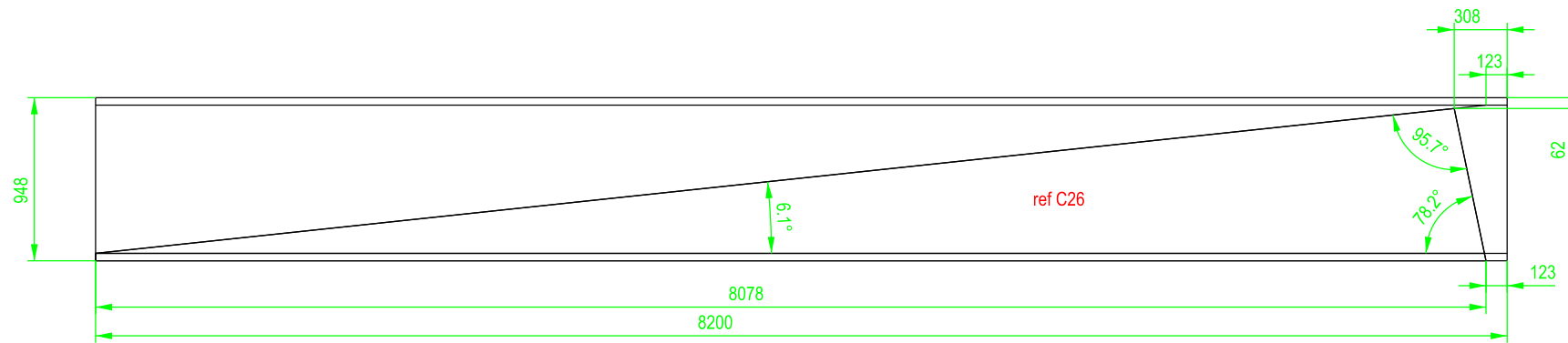
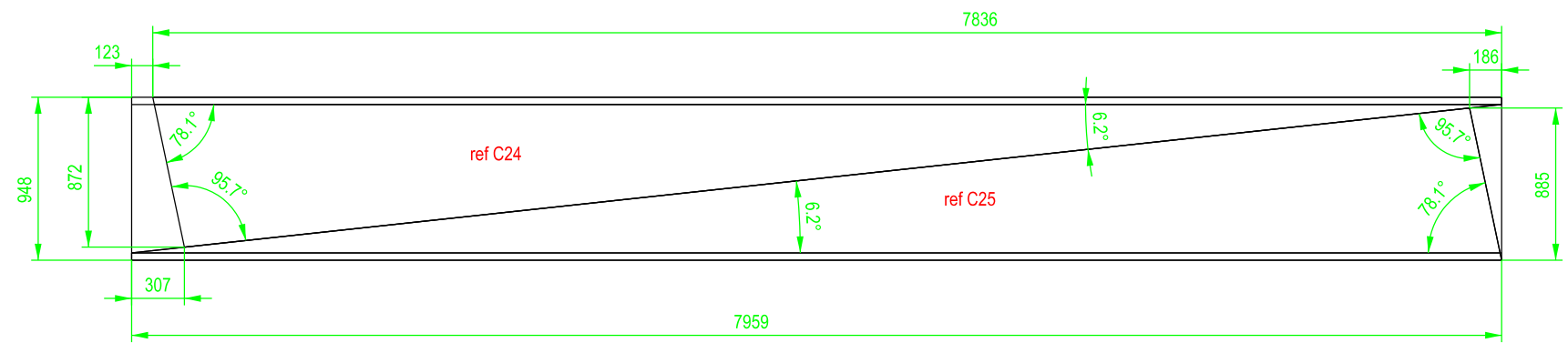
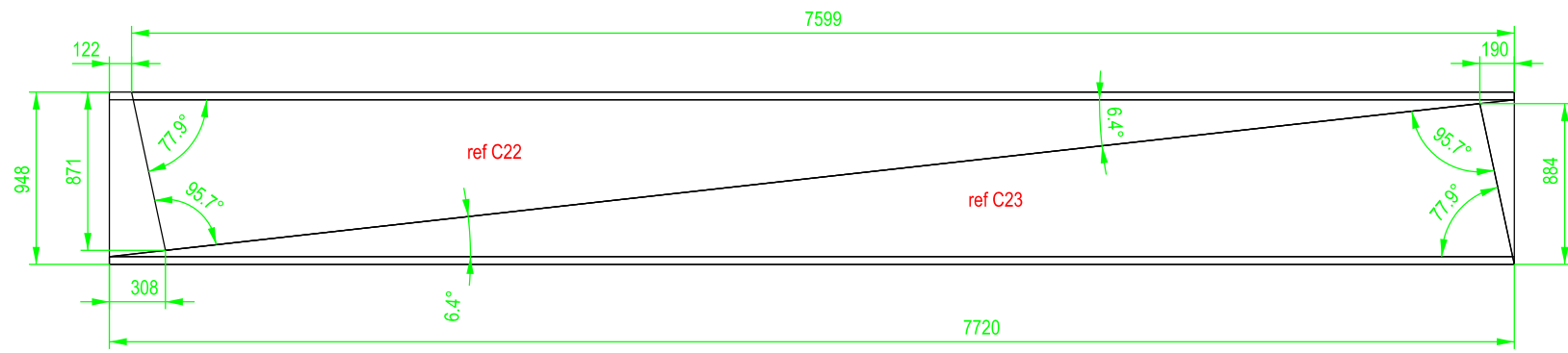
Corte refuerzo pilares
C14 - C21
(HL 920x449)

FORMATO: A3

ESCALA: 1/40

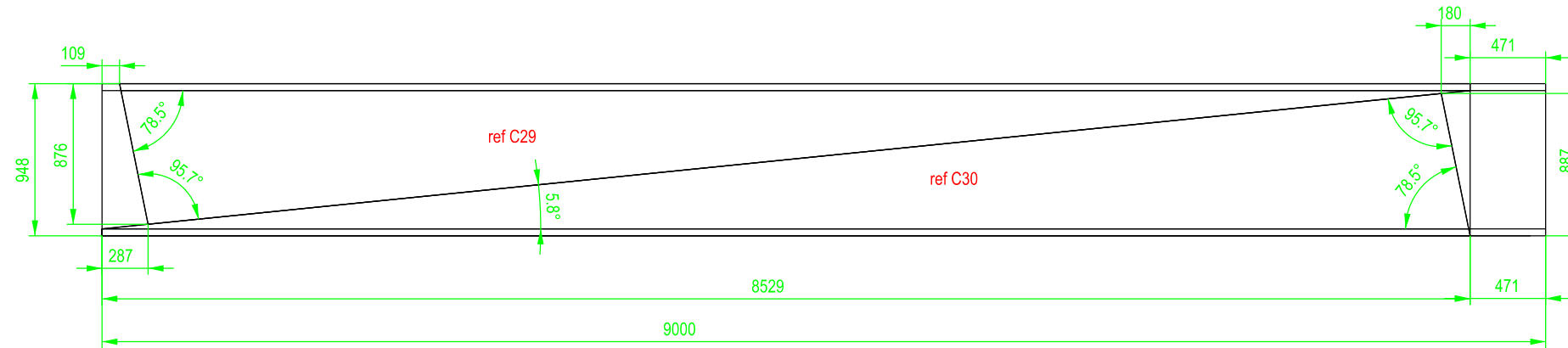
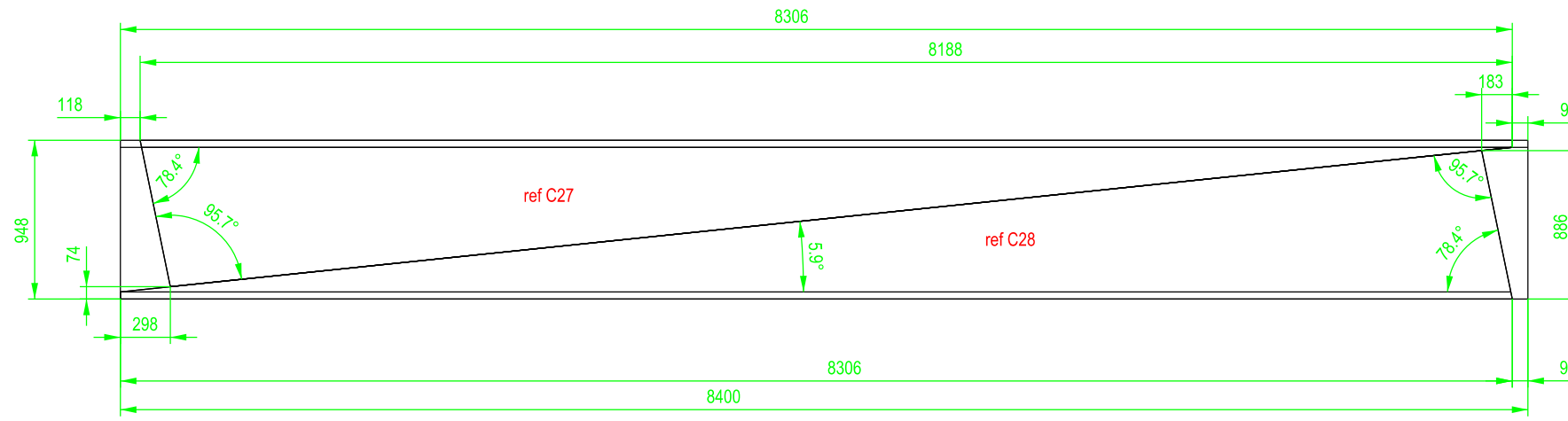
PLANO Nº:

PT-29



MATERIAL: S 275 JO

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Corte refuerzo pilares C22-C26 (HL 920x449)		FORMATO: A3 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-30		



MATERIAL: S 275 JO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

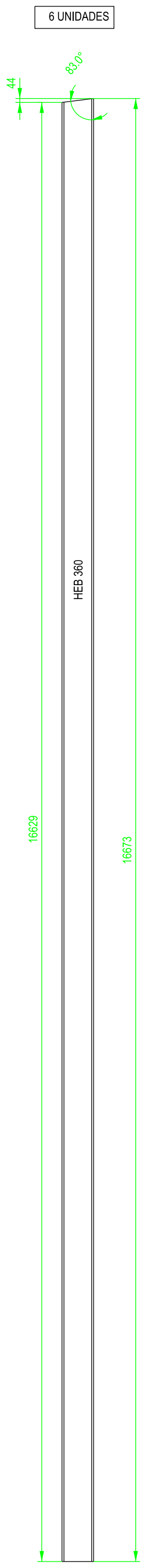
Corte refuerzo pilares
C27-C30
(HL 920x449)

FORMATO: A3

ESCALA: 1/40

PLANO Nº:

PT-31



MATERIAL: S275 JR

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23</p>	<p>TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "</p>
<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>AUTOR: Ramón Tercero Herrerros</p>
<p>TITULO PLANO: Corte vigas pilares A'25 : A'30 HEB 360</p>	<p>TUTOR: D. Julián Alcalá González</p>
<p>PLANO Nº: 1/50</p>	<p>ESCALA: 1/50</p>
<p>FORMATO : A3</p>	<p>PT-32</p>

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.1. Pilares.

3.1.1. Pilares de pórtico.

3.1.1.2. Ensamblaje.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO Nº :

ESCALA:

PT-32A

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.1. Pilares.

3.1.1. Pilares de pórtico.

3.1.1.2. Ensamblaje.

3.1.1.2.1. Pilares A.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

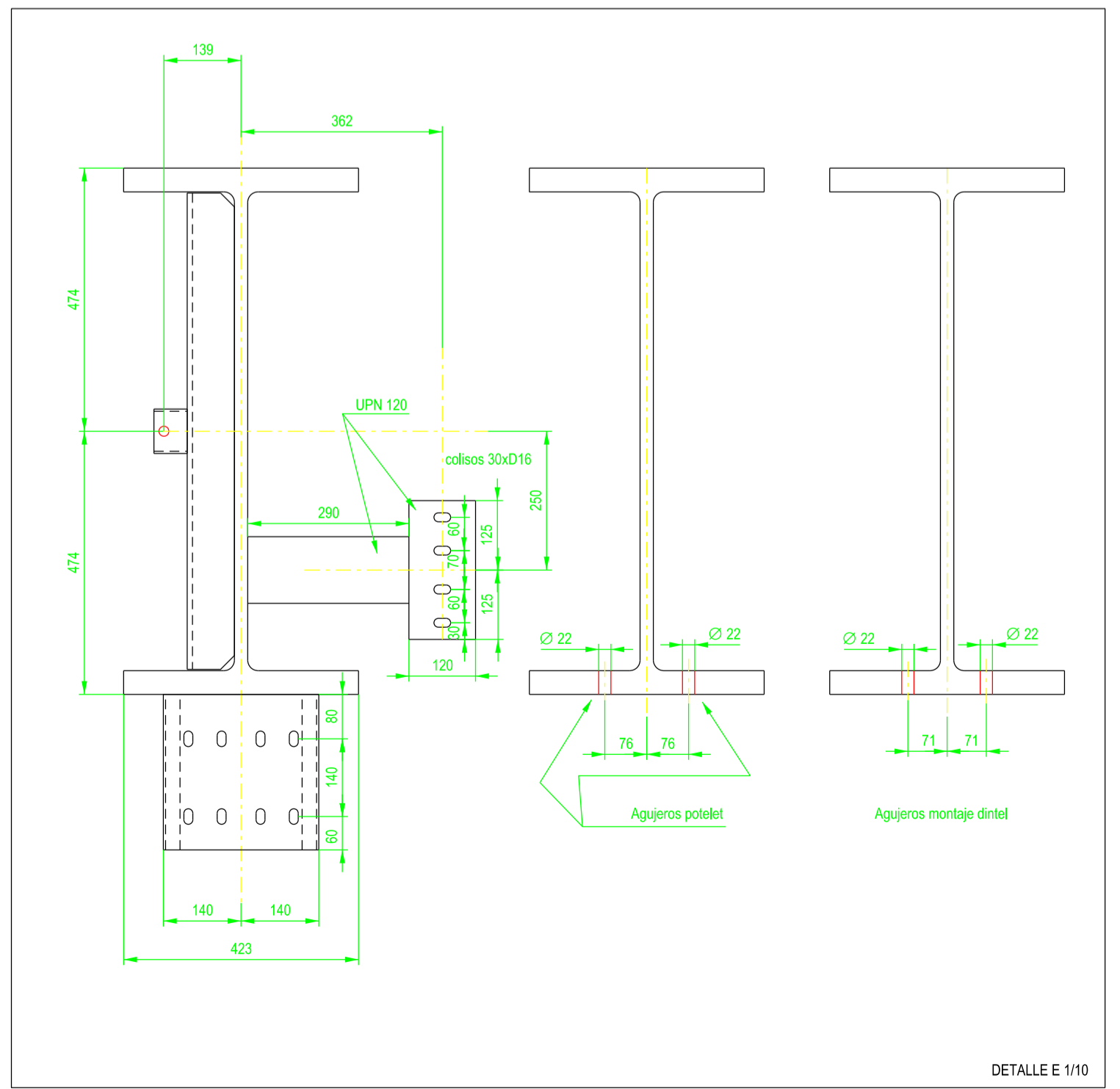
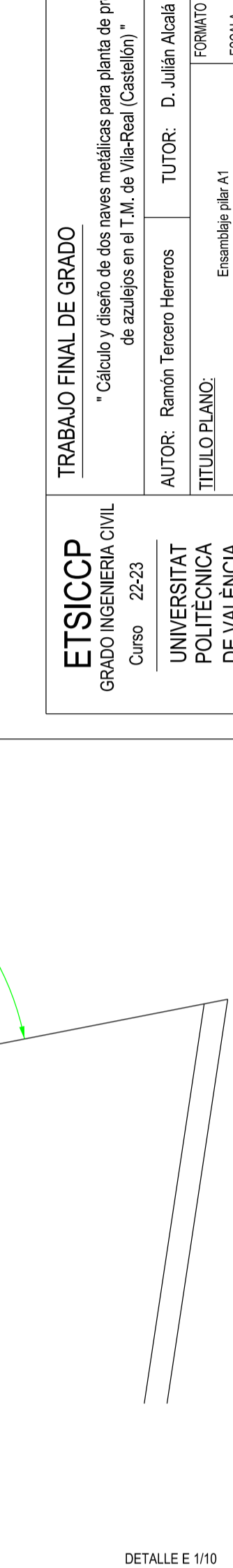
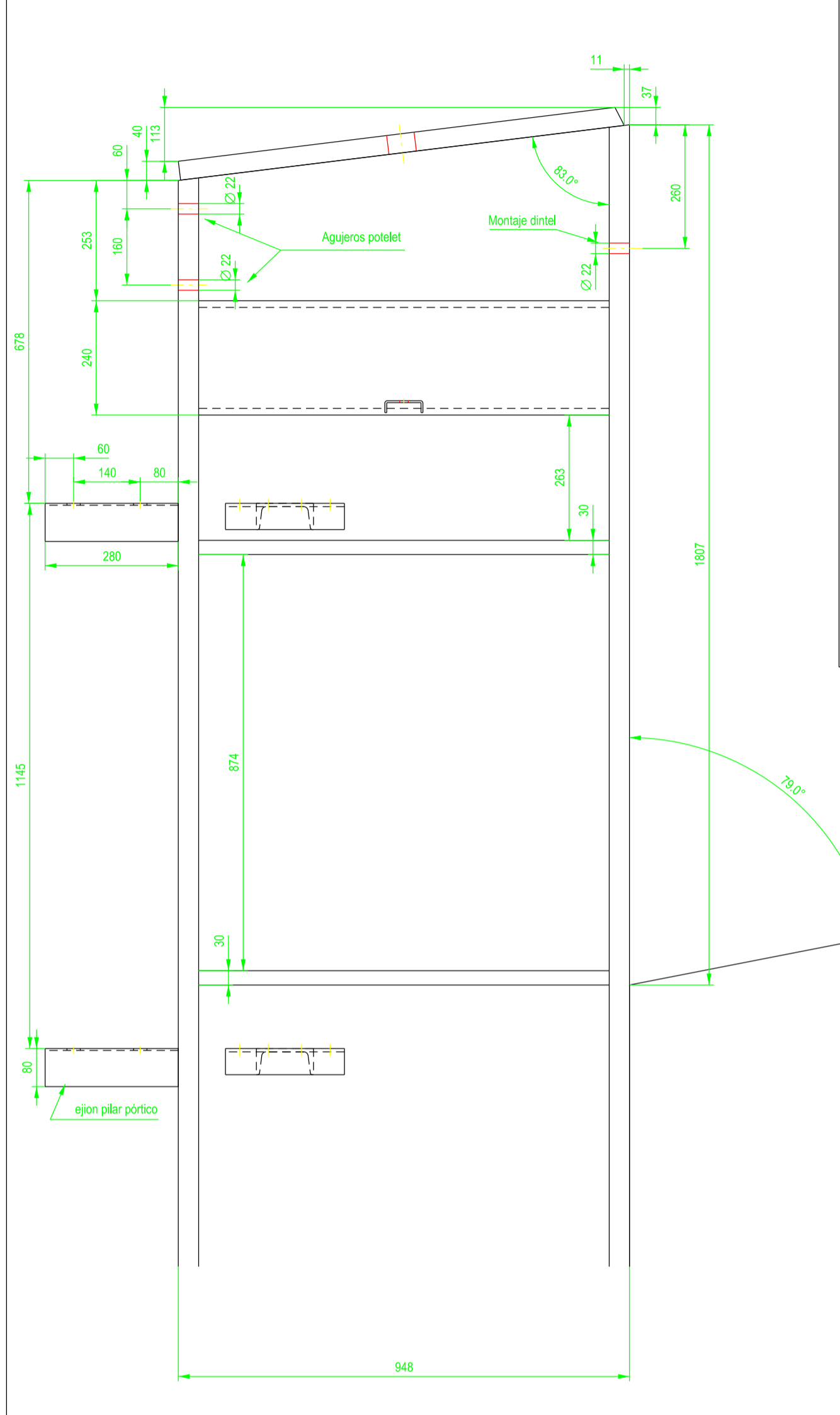
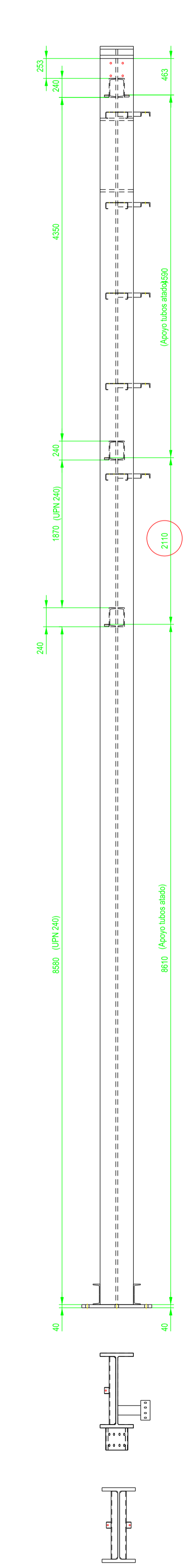
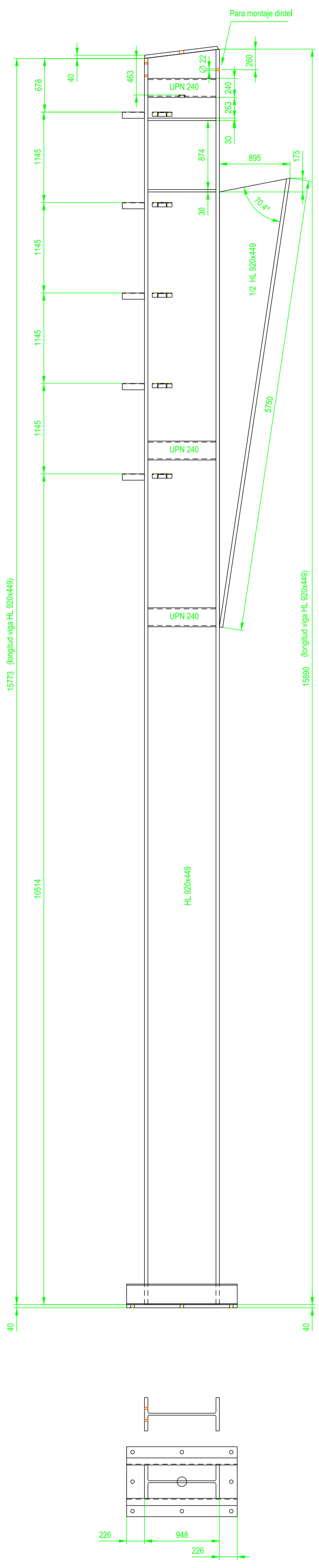
FORMATO : A4

PLANO Nº :

ESCALA:

PT-32B

1 UNIDAD



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González

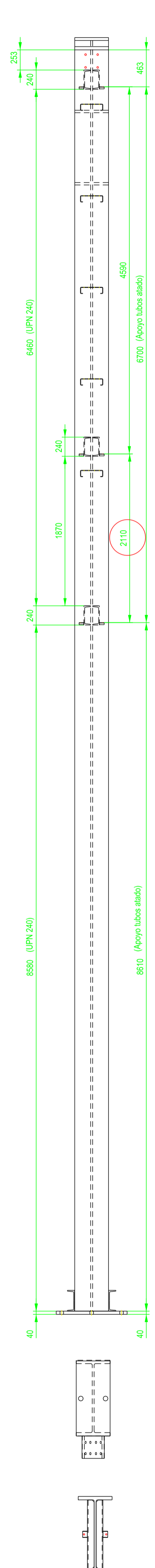
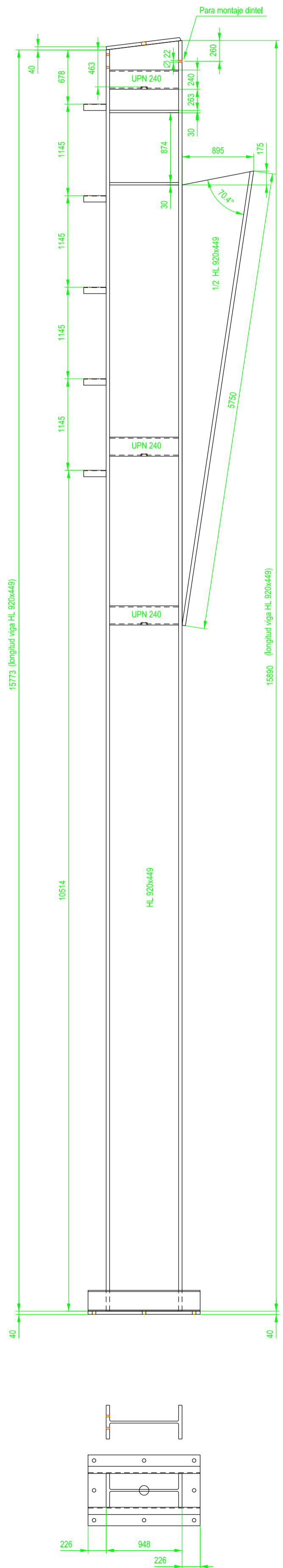
TÍTULO PLANO:
Ensamblaje pilar A1

FORMATO: A2
ESCALA: 1/40

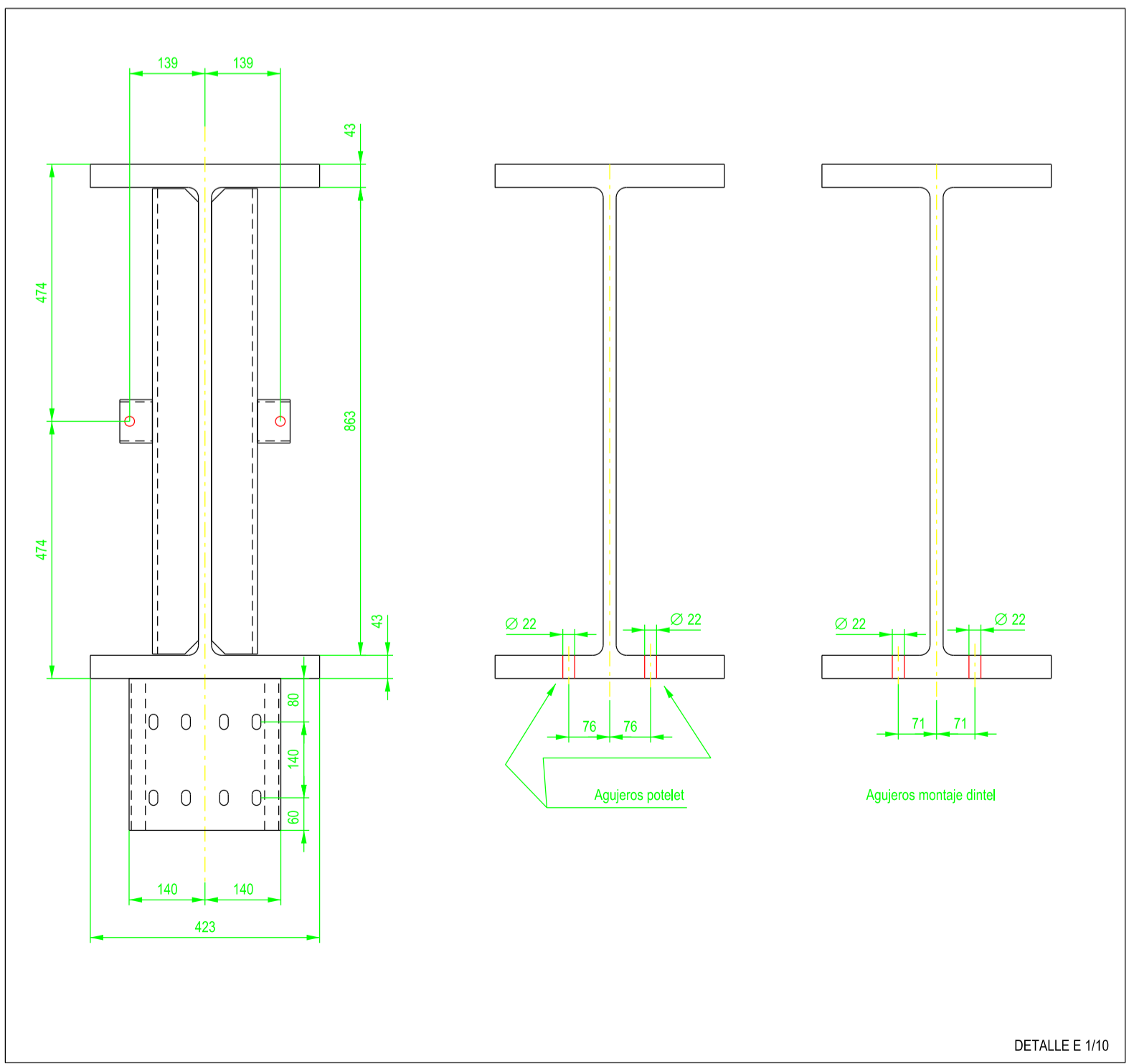
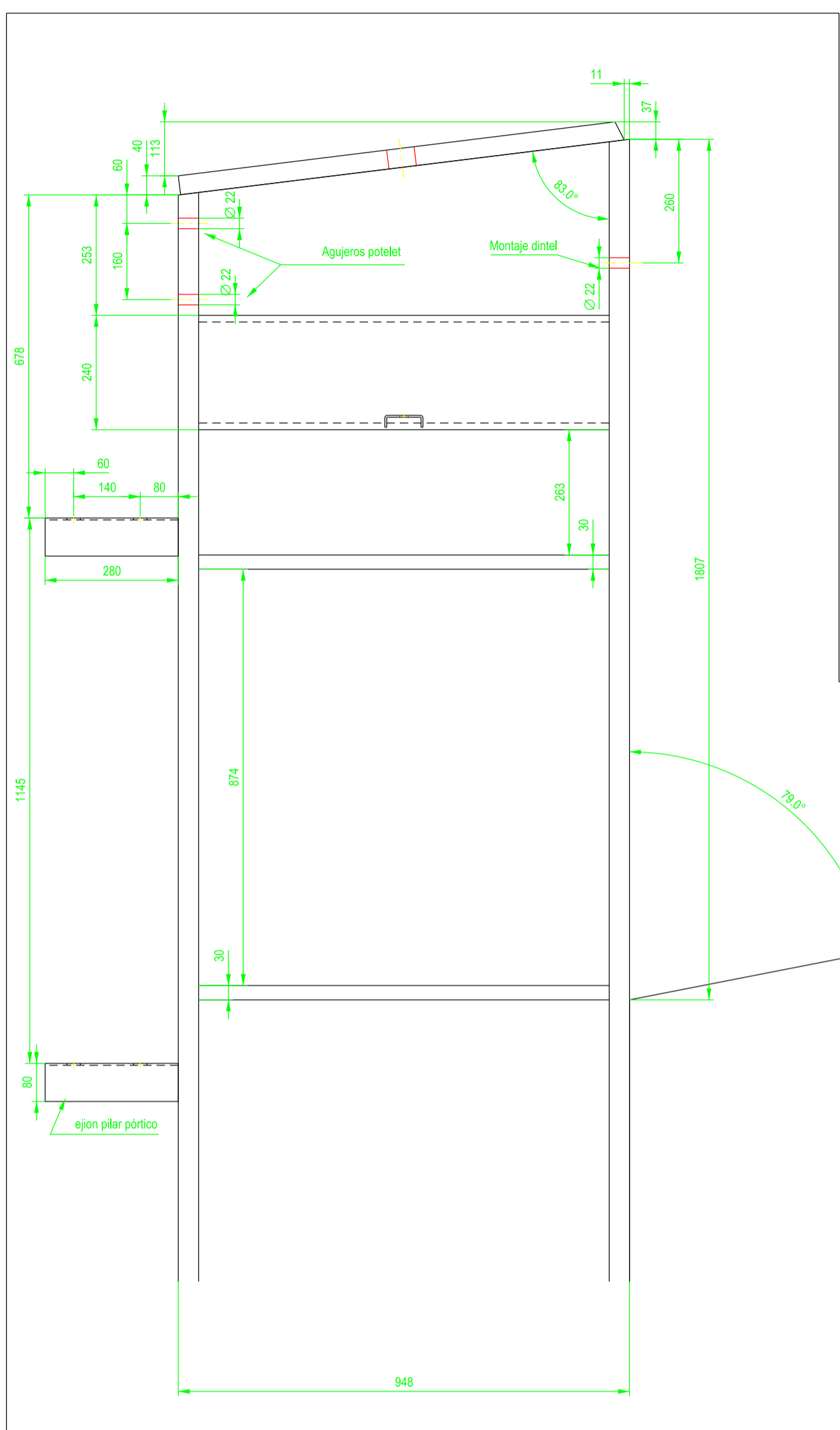
PLANO Nº.:
PT-33

DETALLE E 1/10

DETALLE E 1/10



6 UNIDADES



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

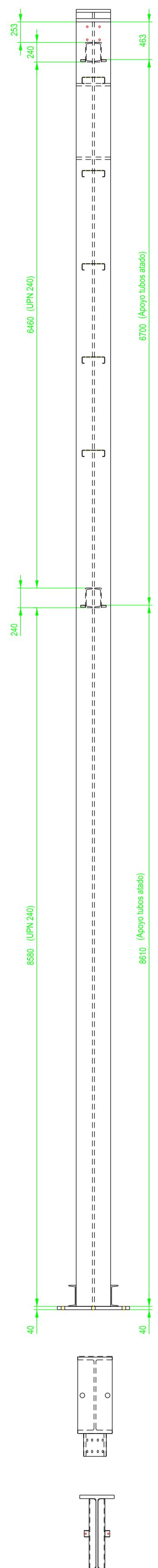
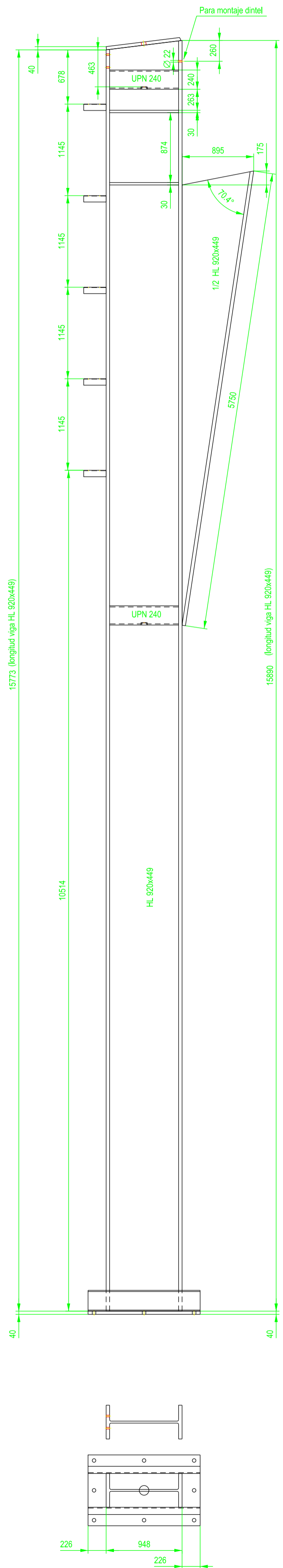
TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González

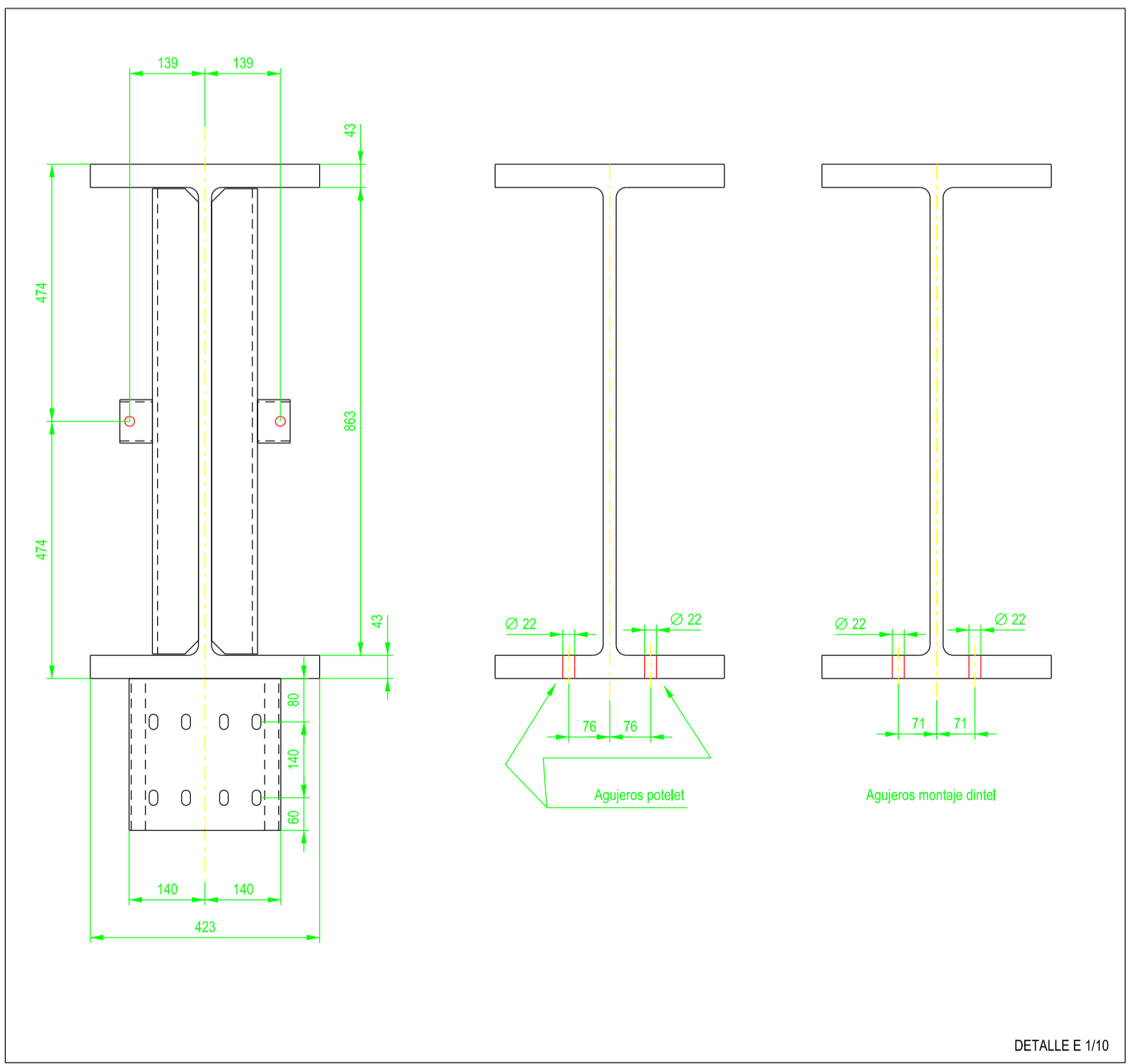
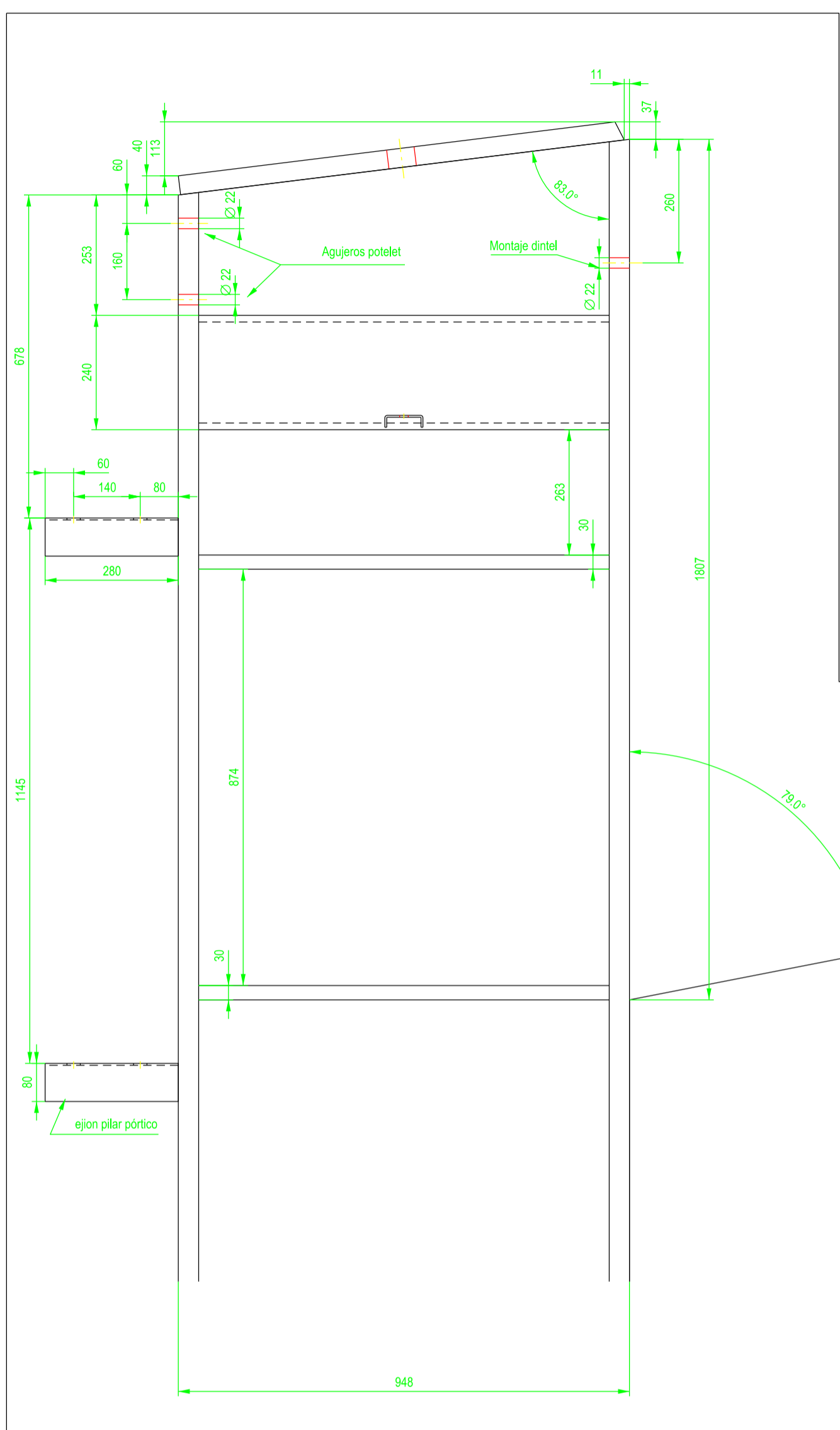
TÍTULO PLANO: Ensamblaje pilares A2, A10, A11, A12, A13 y A24
FORMATO: A2
ESCALA: 1/40
PLANO Nº.: PT-34

DETALLE E 1/10

DETALLE E 1/10



14 UNIDADES



TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

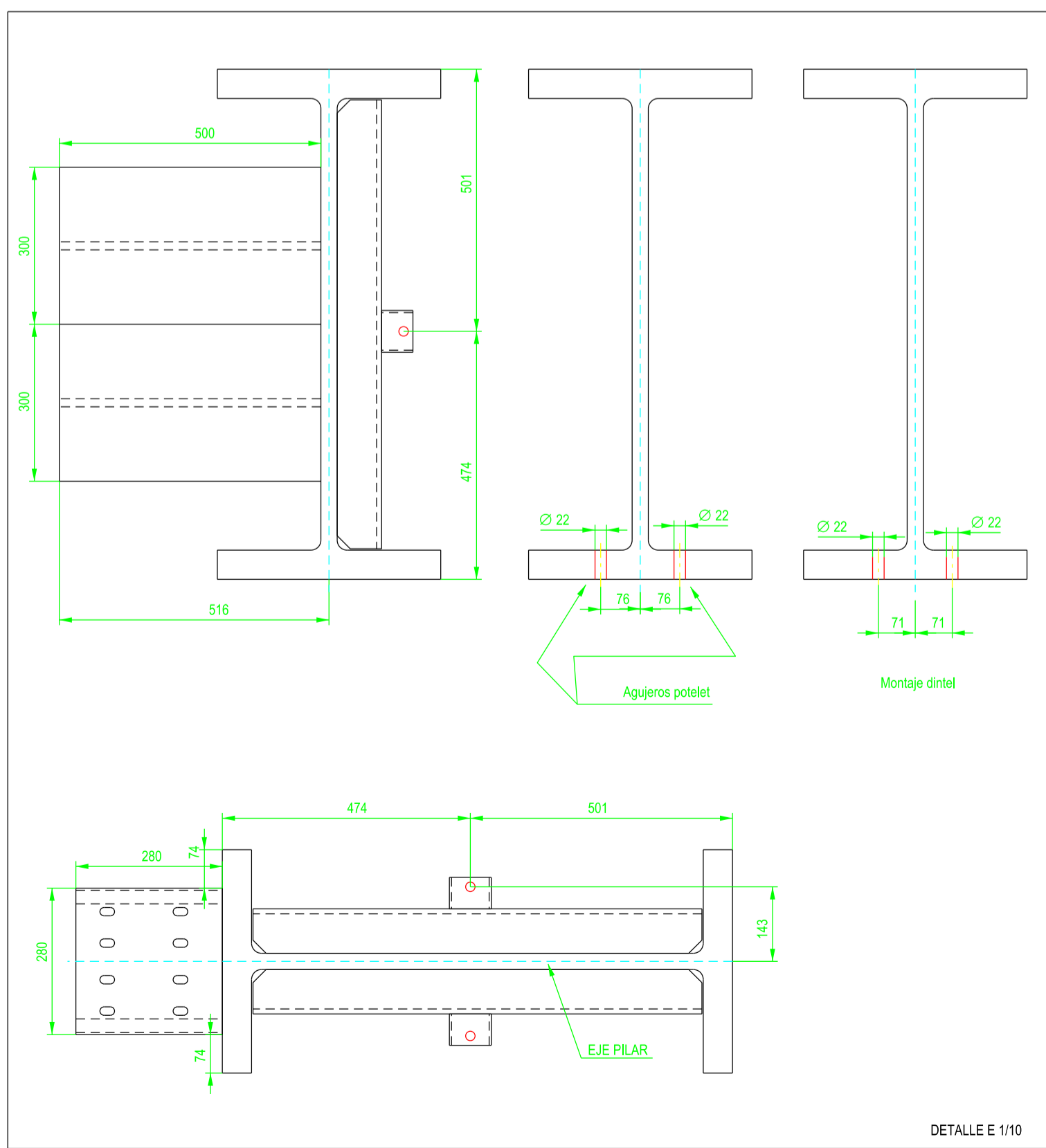
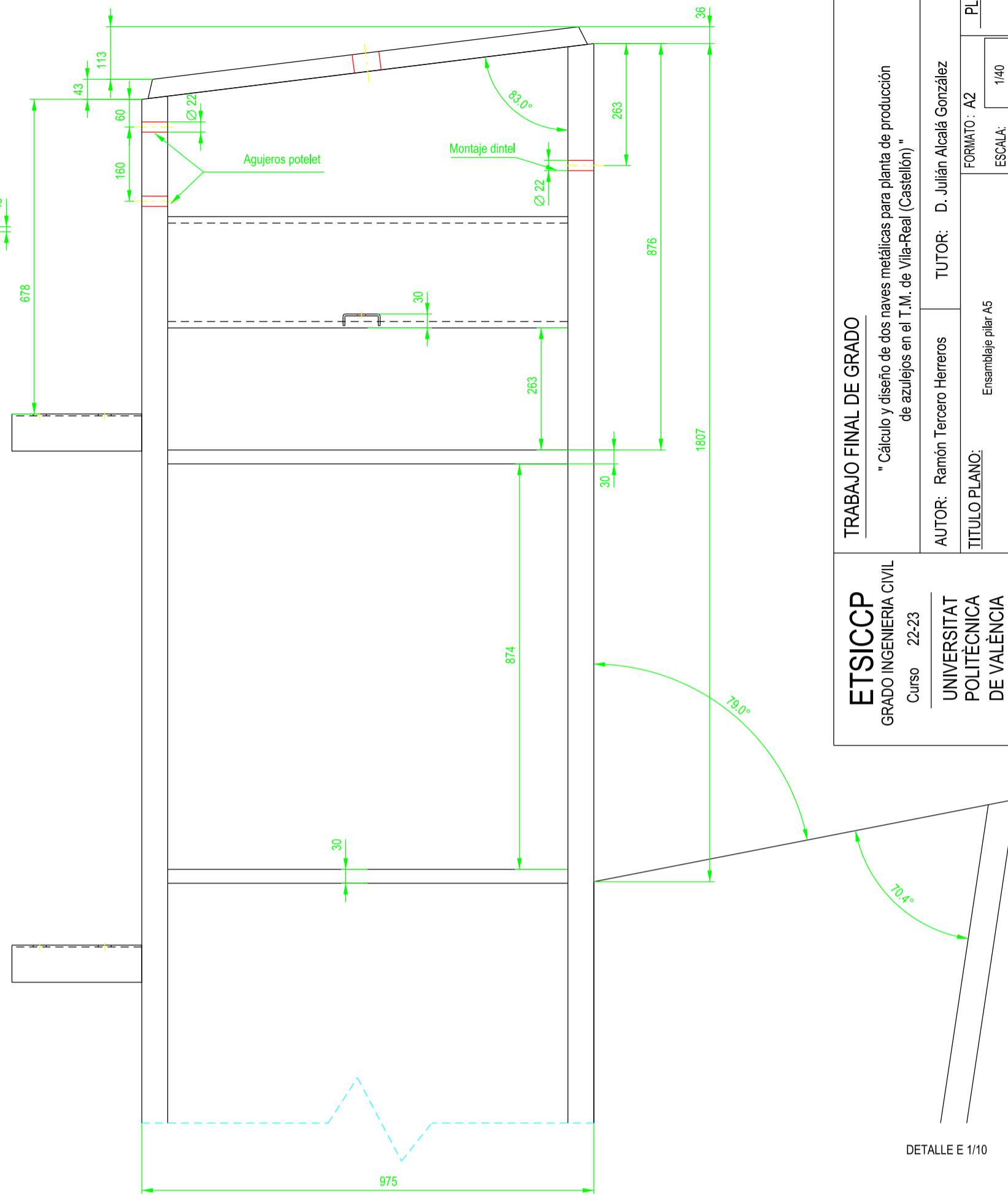
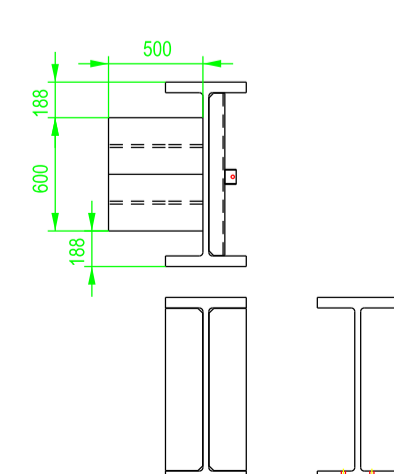
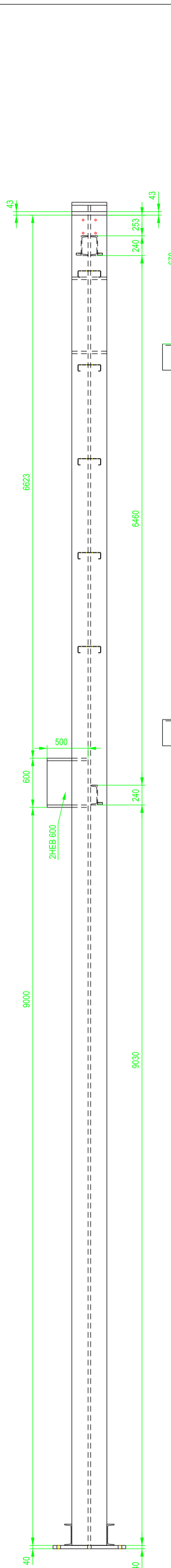
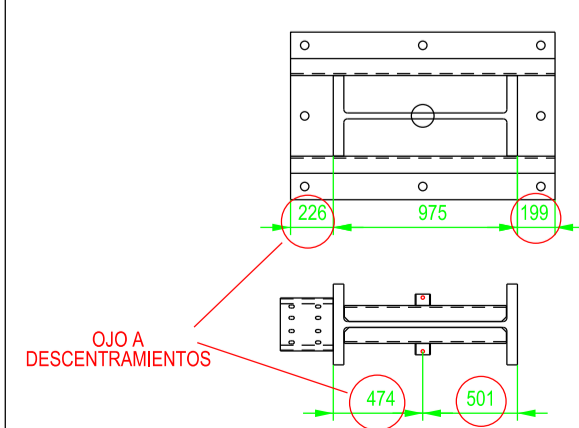
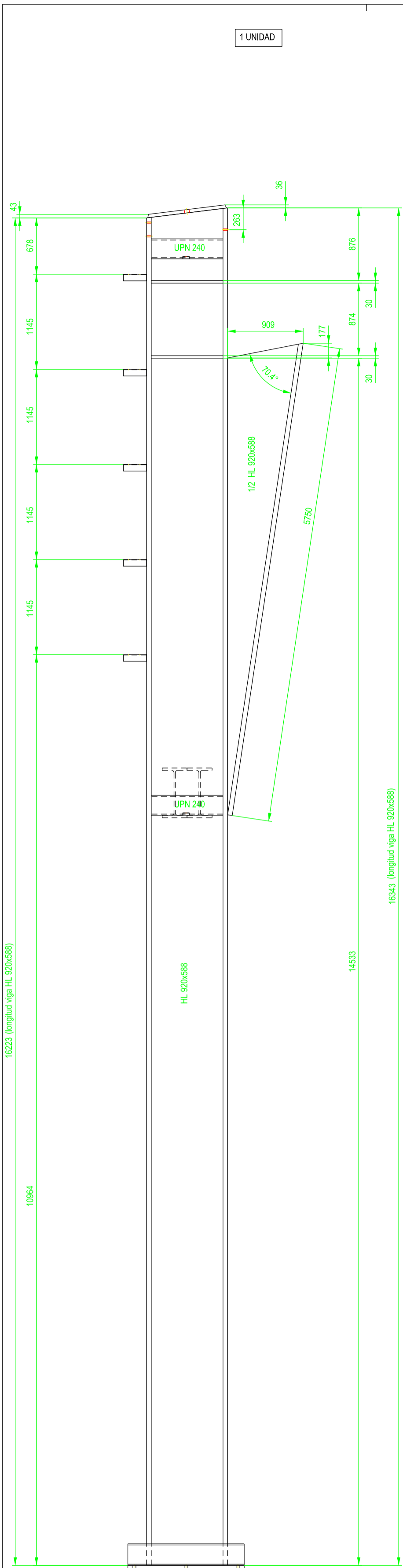
AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje pilares A3, A4 y A5-A6, A14-A23

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

FORMATO: A2
ESCALA: 1/40
PLANO Nº.: PT-35

DETALLE E 1/10

DETALLE E 1/10



TRABAJO FINAL DE GRADO
 " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

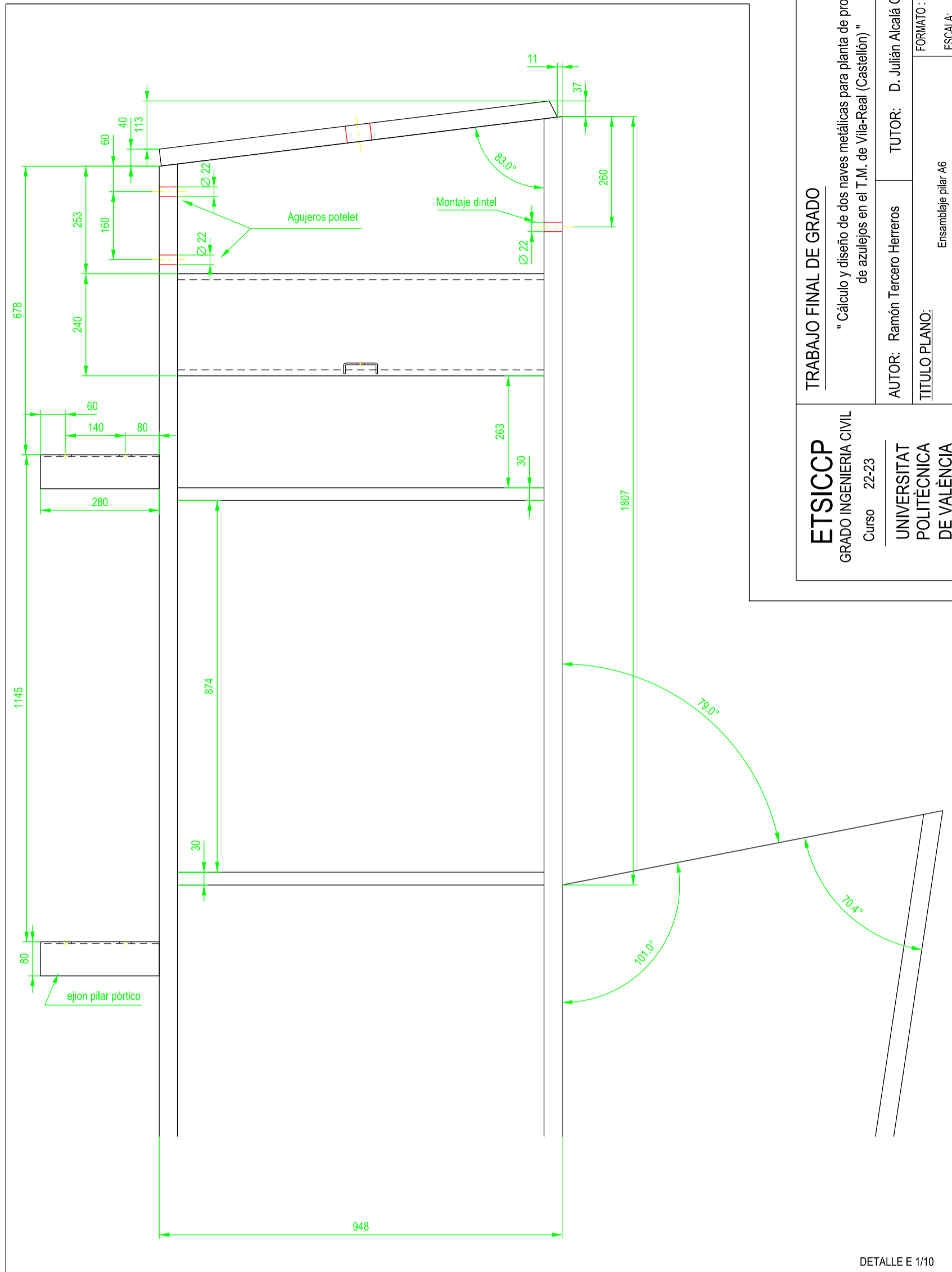
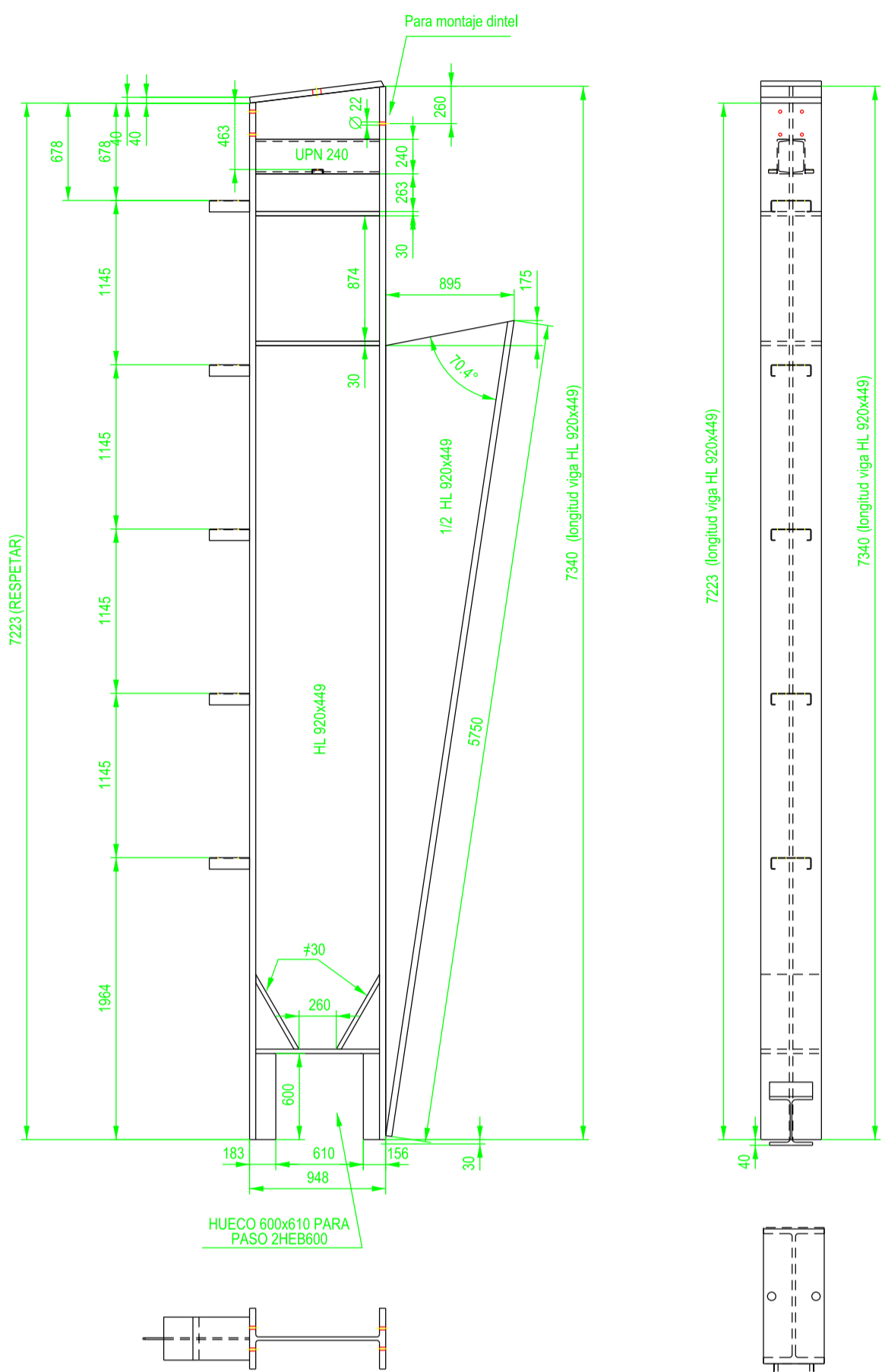
AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO: Ensamblaje pilar A5
FORMATO: A2
ESCALA: 1/40
PLANO Nº.: PT-36

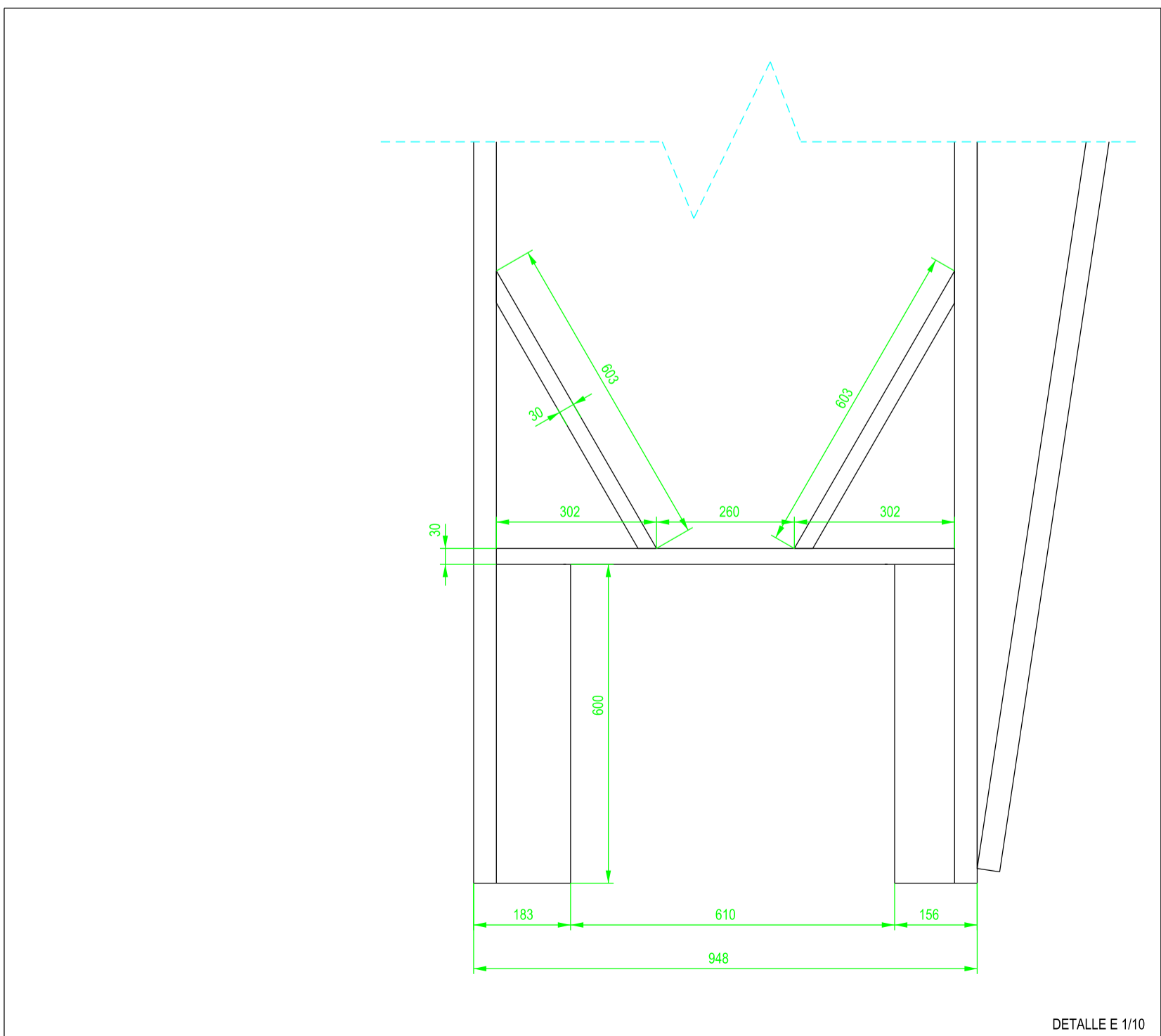
DETALLE E 1/10

DETALLE E 1/10

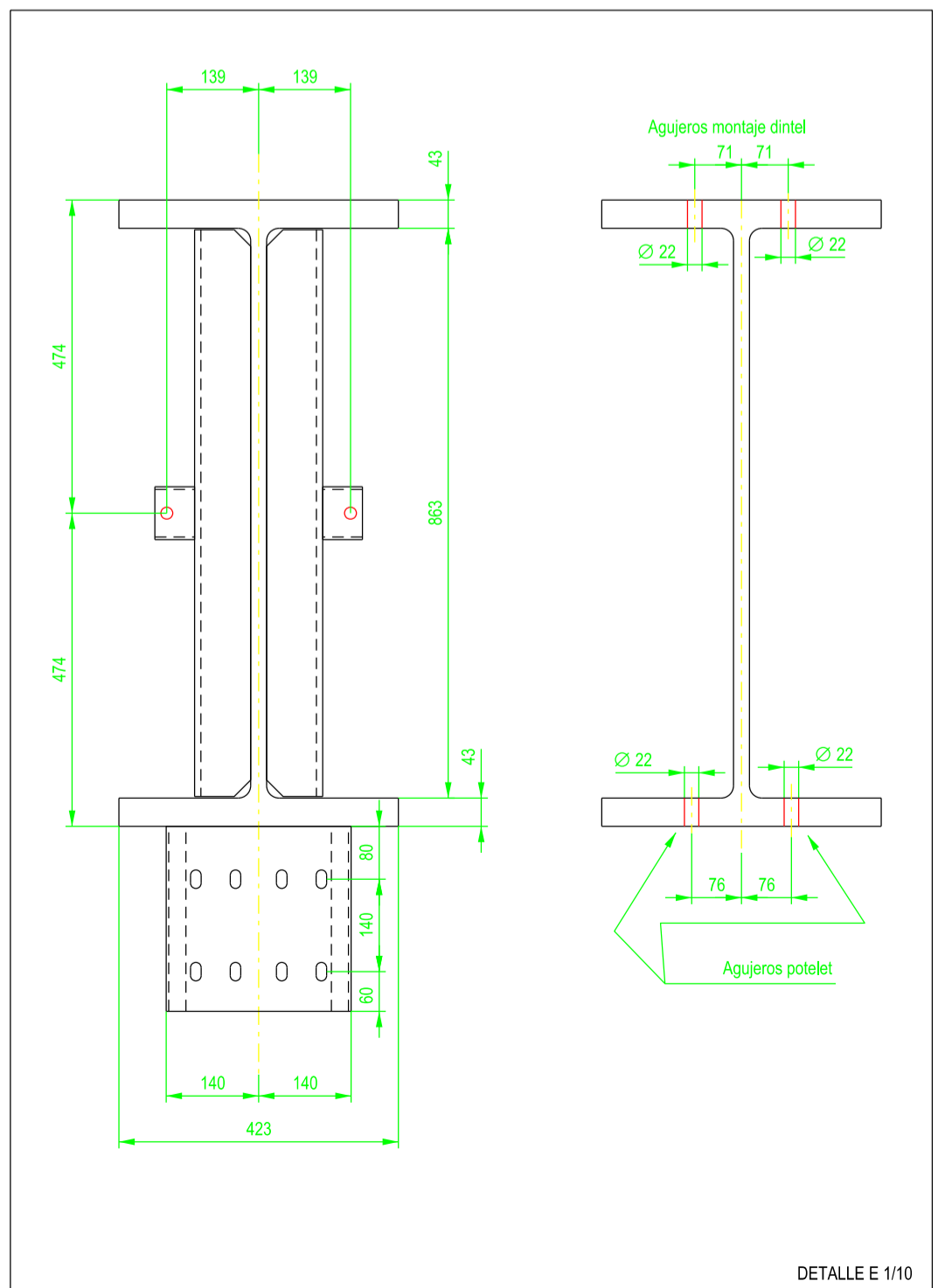
1 UNIDAD



DETALLE E 1/10



DETALLE E 1/10



DETALLE E 1/10

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

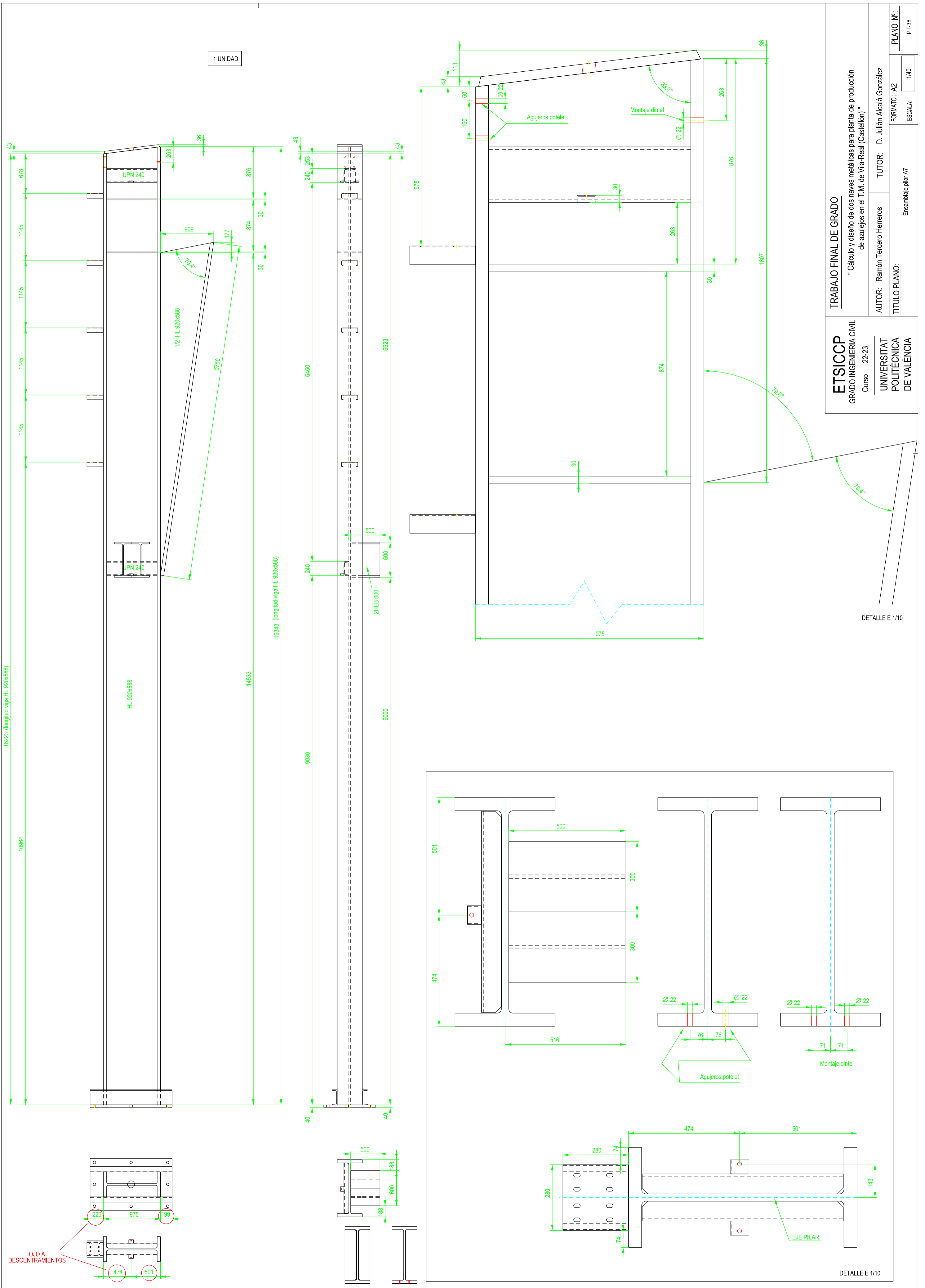
AUTOR: Ramón Tercero Herreros TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO: Ensamblaje pilar A6

FORMATO: A2

ESCALA: 1:40

PLANO Nº.: PT-37



TRABAJO FINAL DE GRADO
 " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

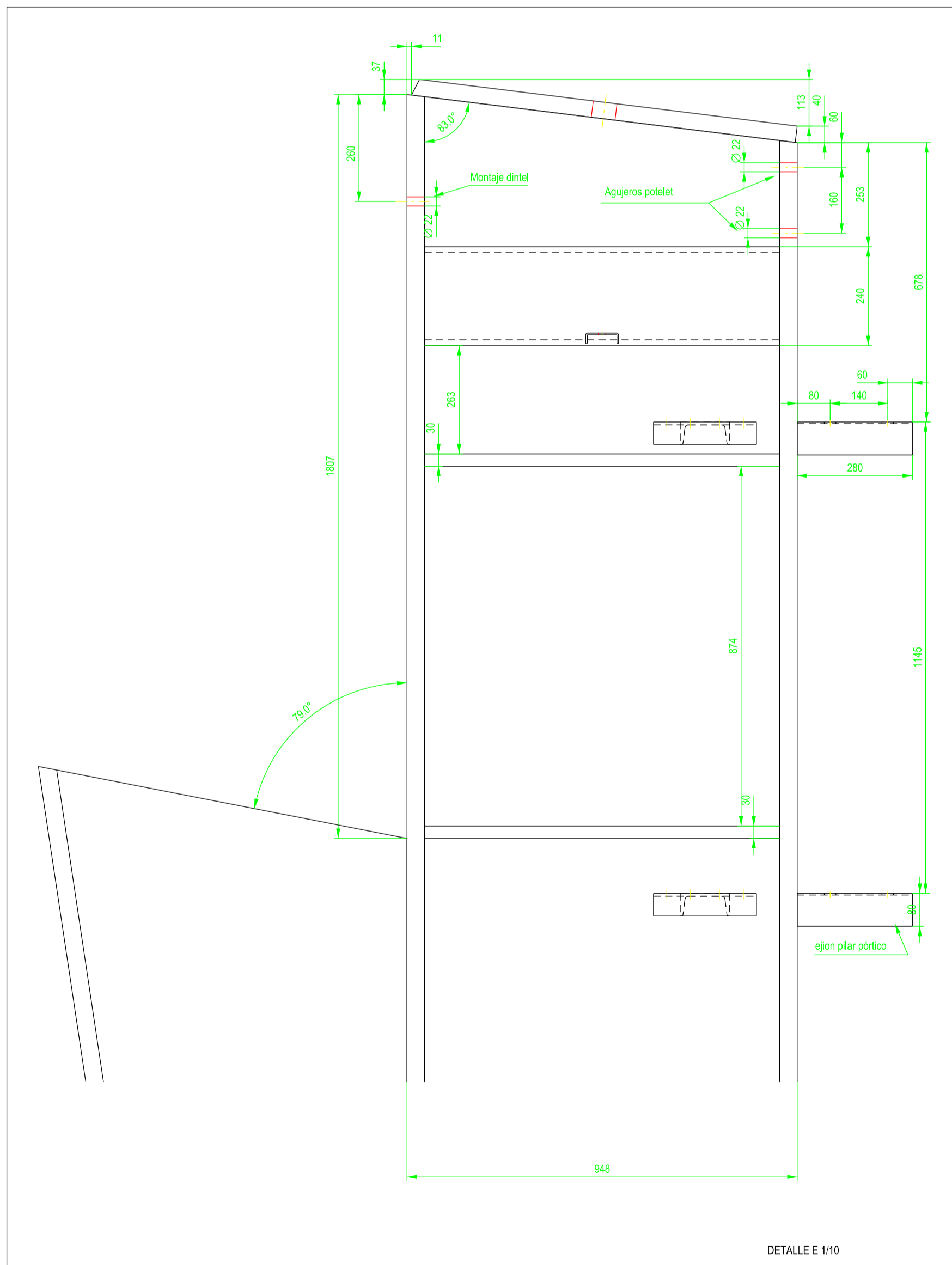
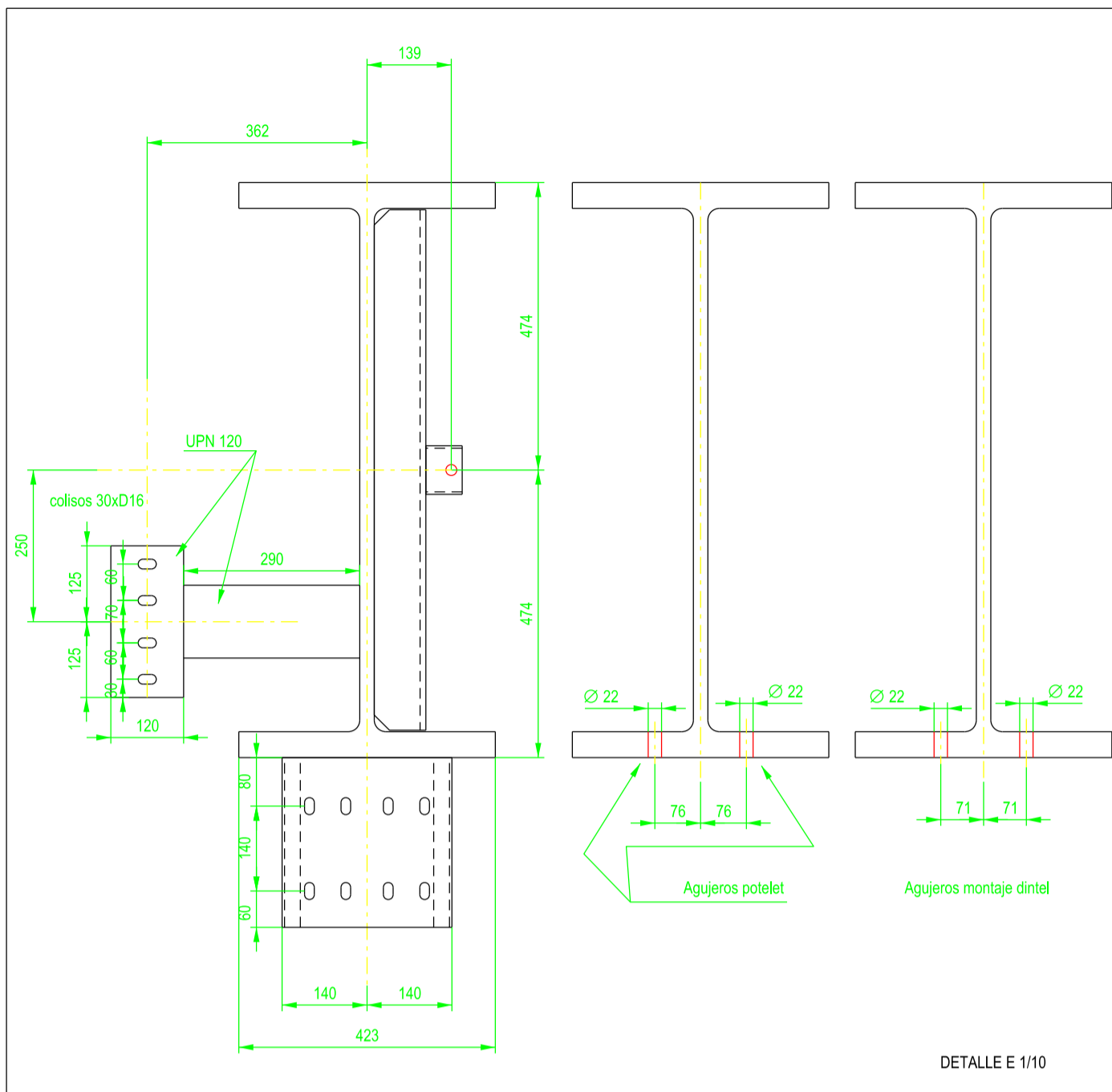
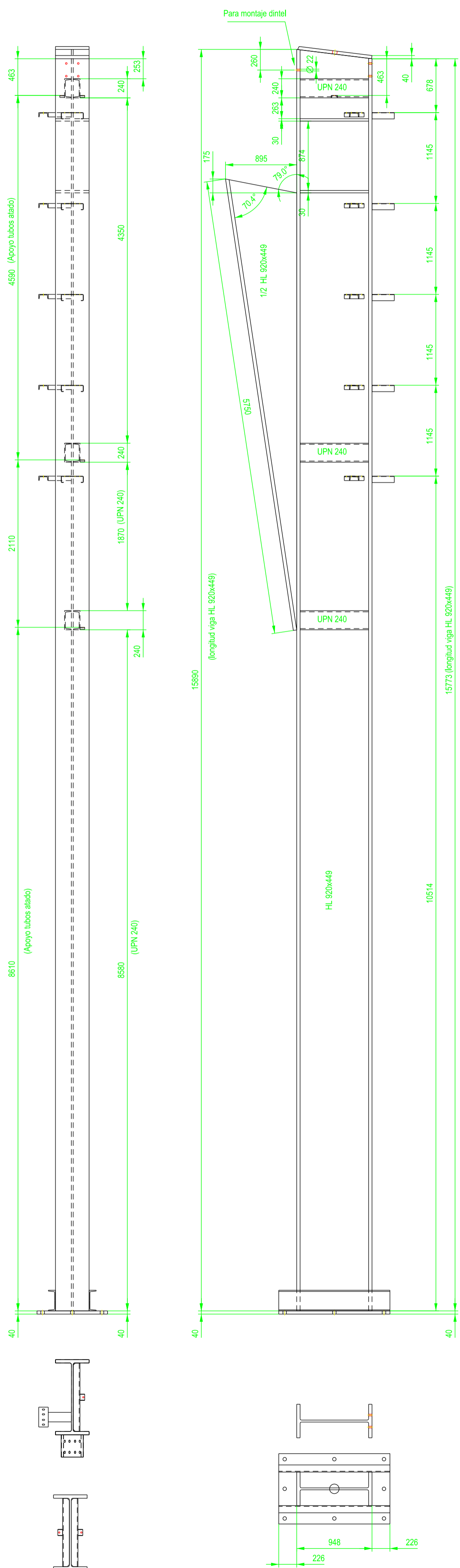
ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
 TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO: Ensamblaje pilar A7
 FORMATO: A2
 ESCALA: 1/40
 PLANO Nº.: PT-38

1 UNIDAD



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO:

Ensamblaje pilar A25

FORMATO: A2

ESCALA:

1/40

PLANO Nº.:

PT-39

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.1. Pilares.

3.1.1. Pilares de pórtico.

3.1.1.2. Ensamblaje.

3.1.1.2.2. Pilares B.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

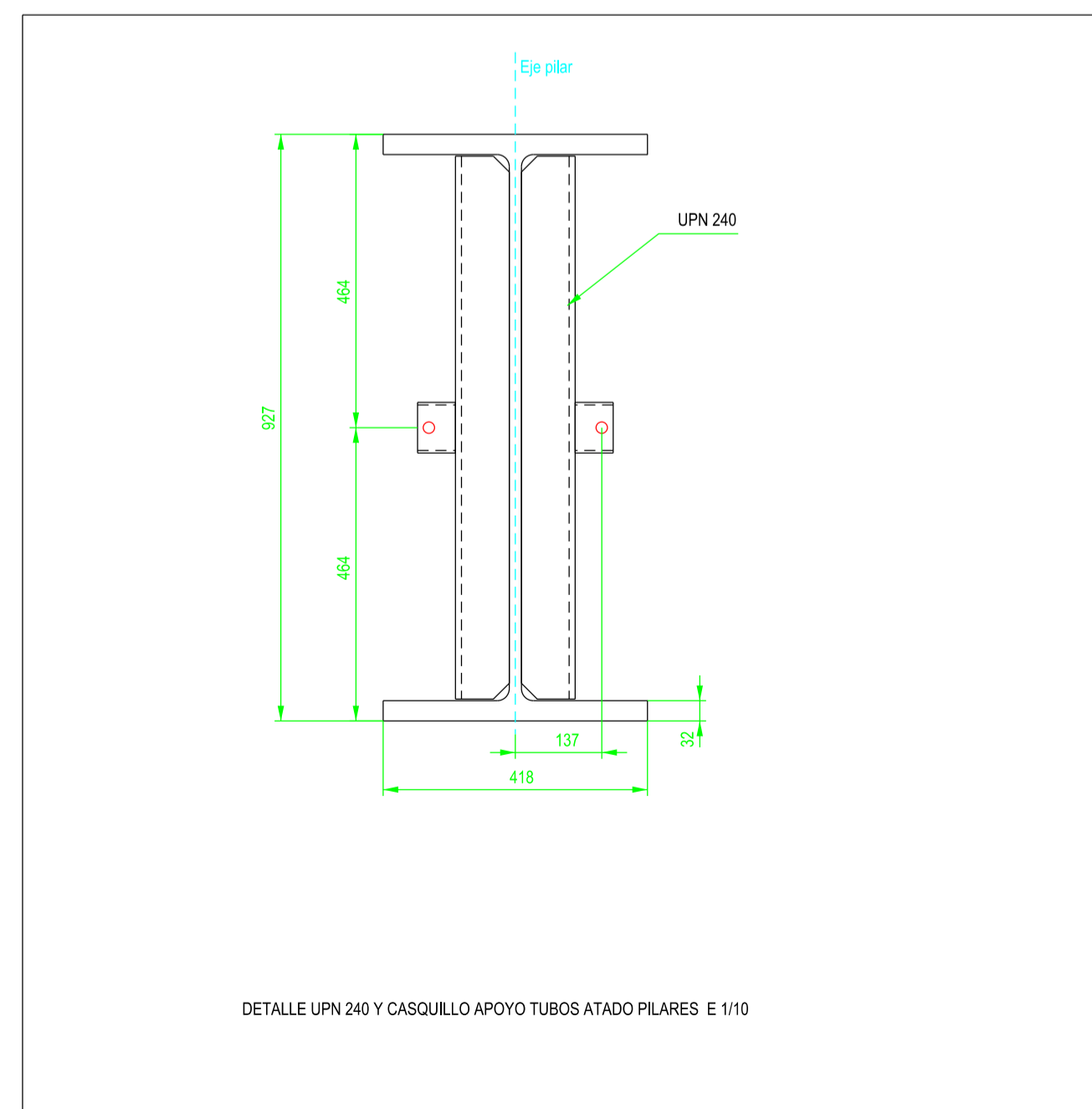
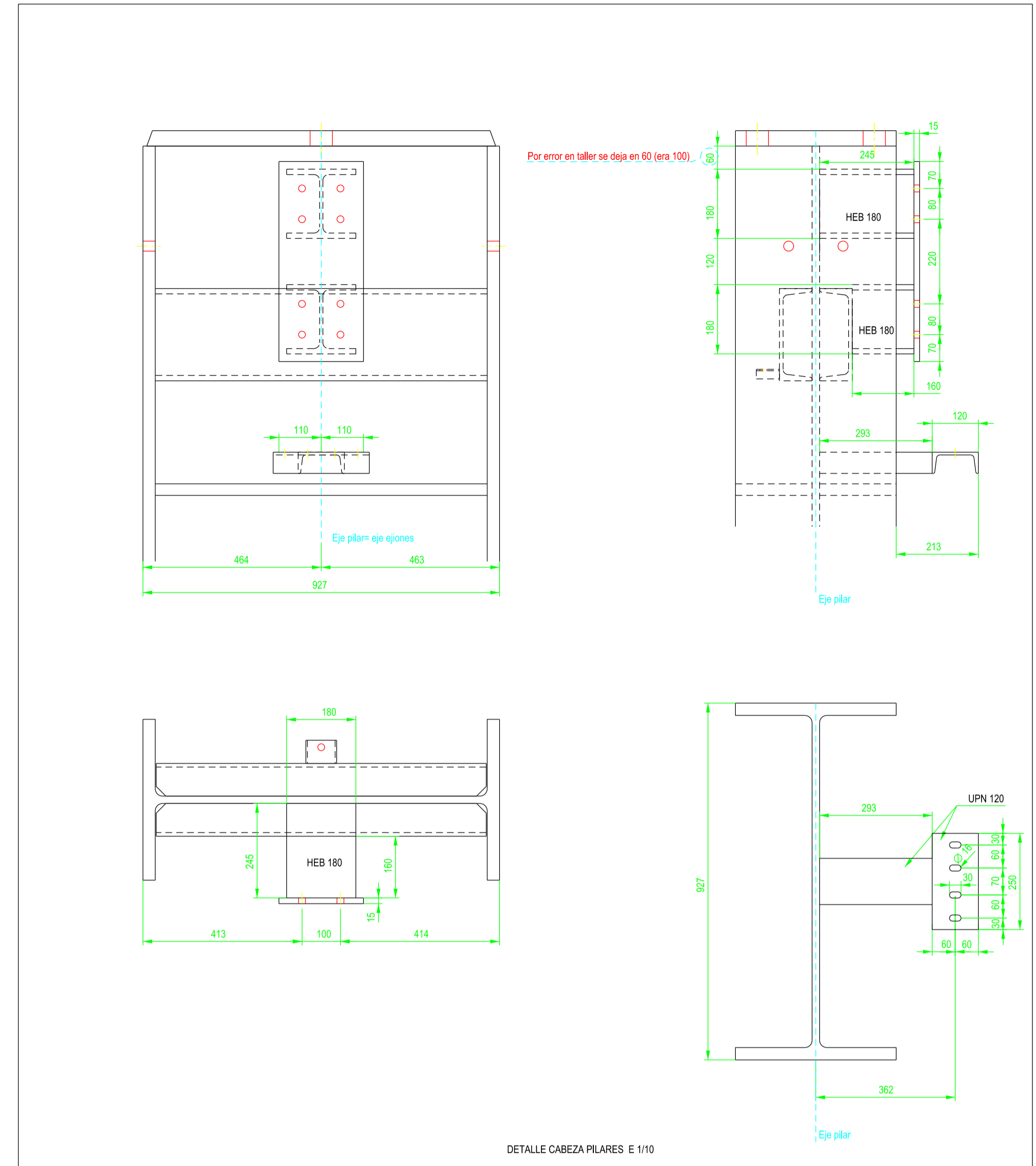
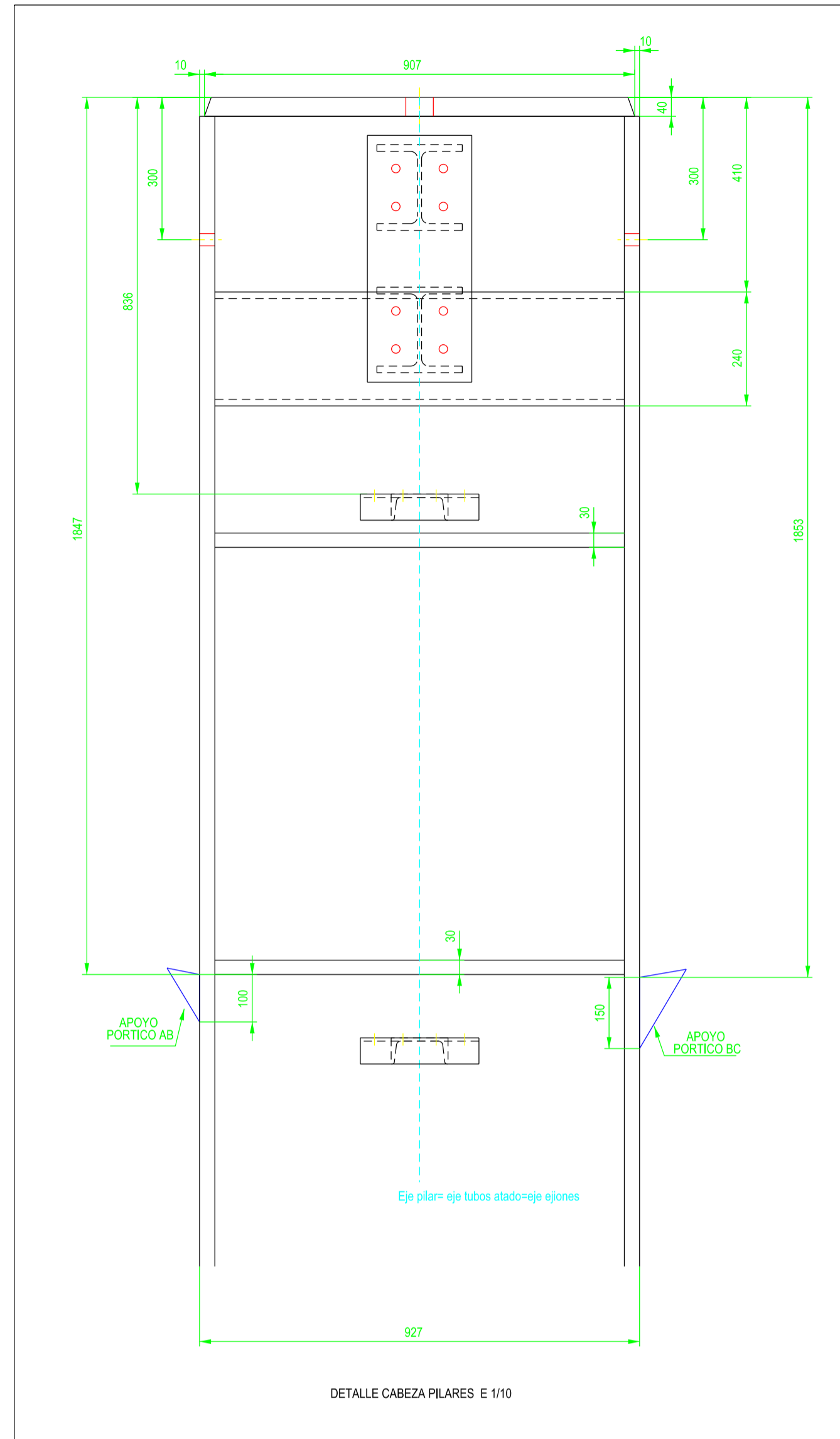
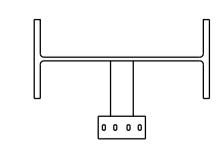
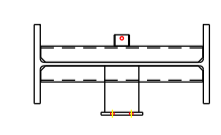
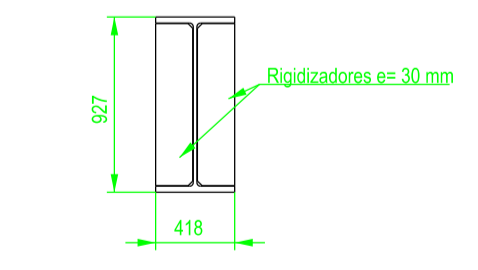
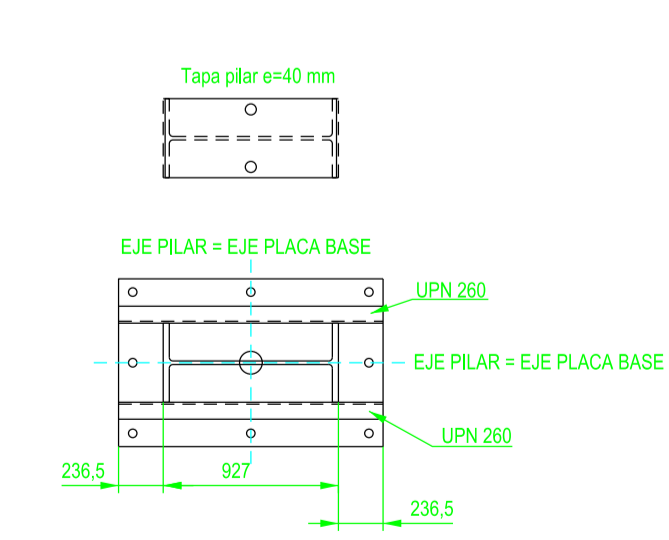
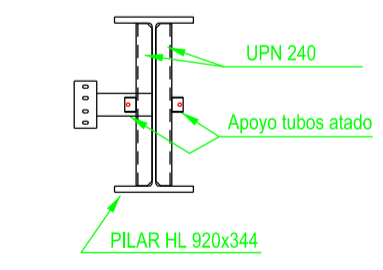
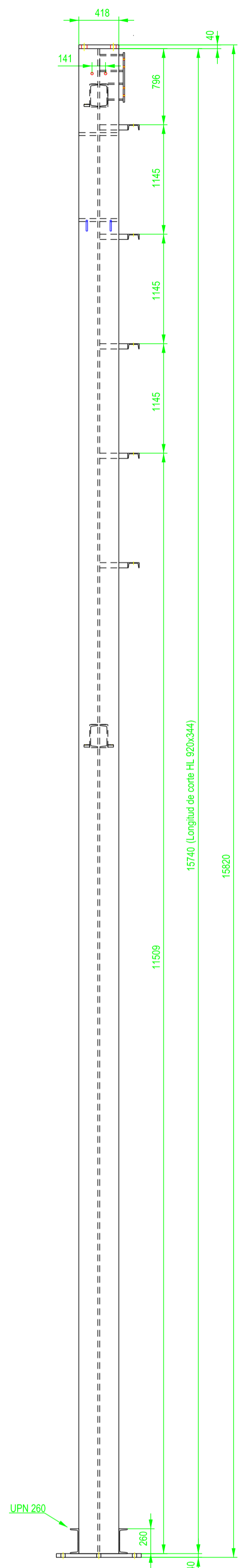
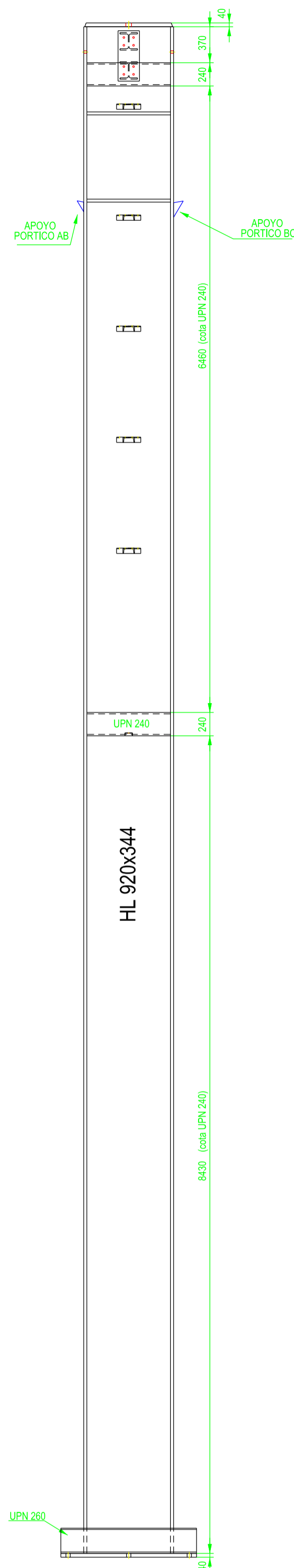
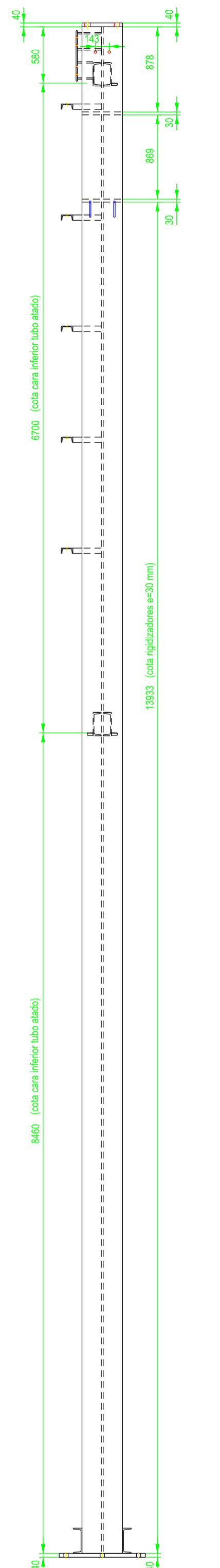
FORMATO : A4

PLANO Nº :

ESCALA:

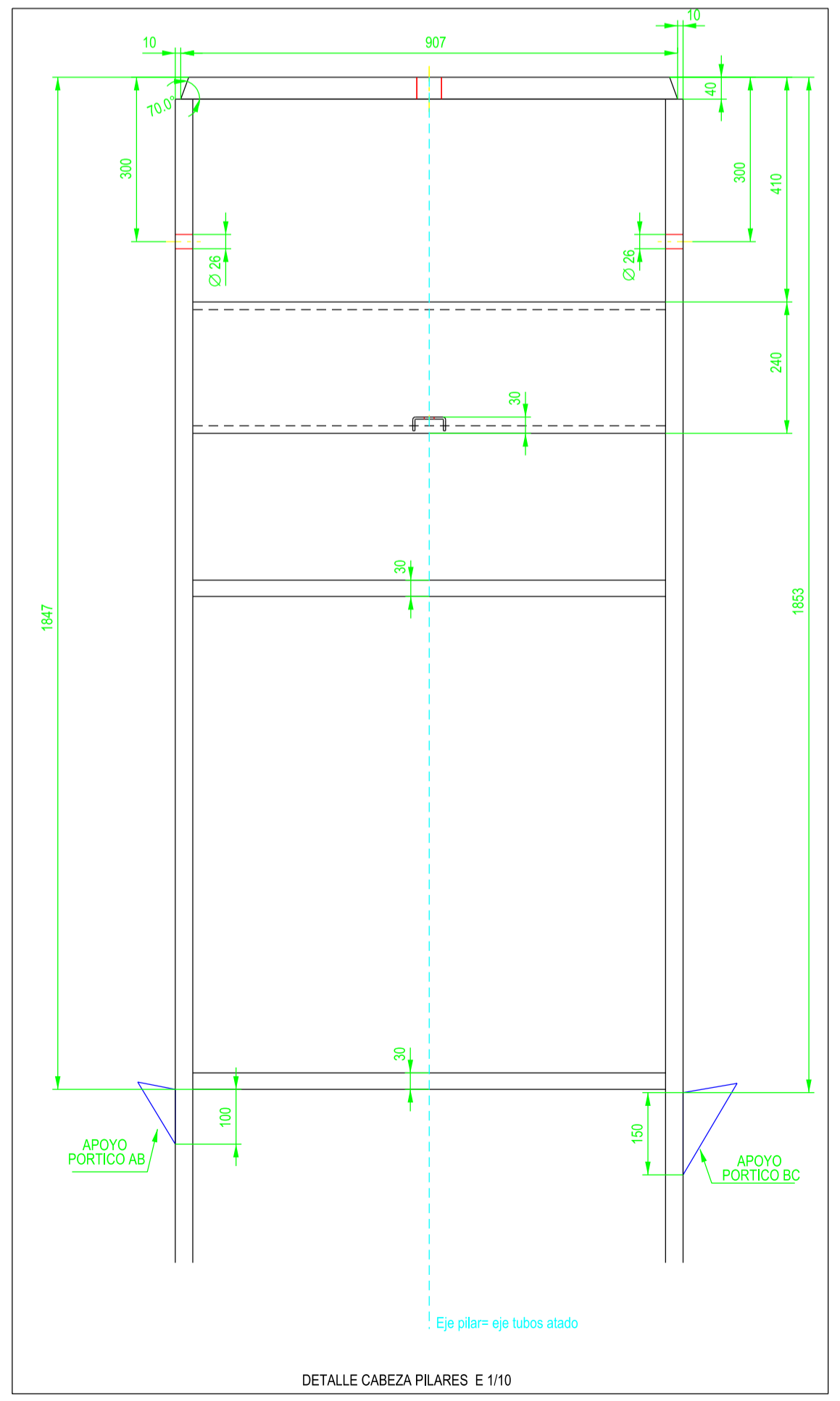
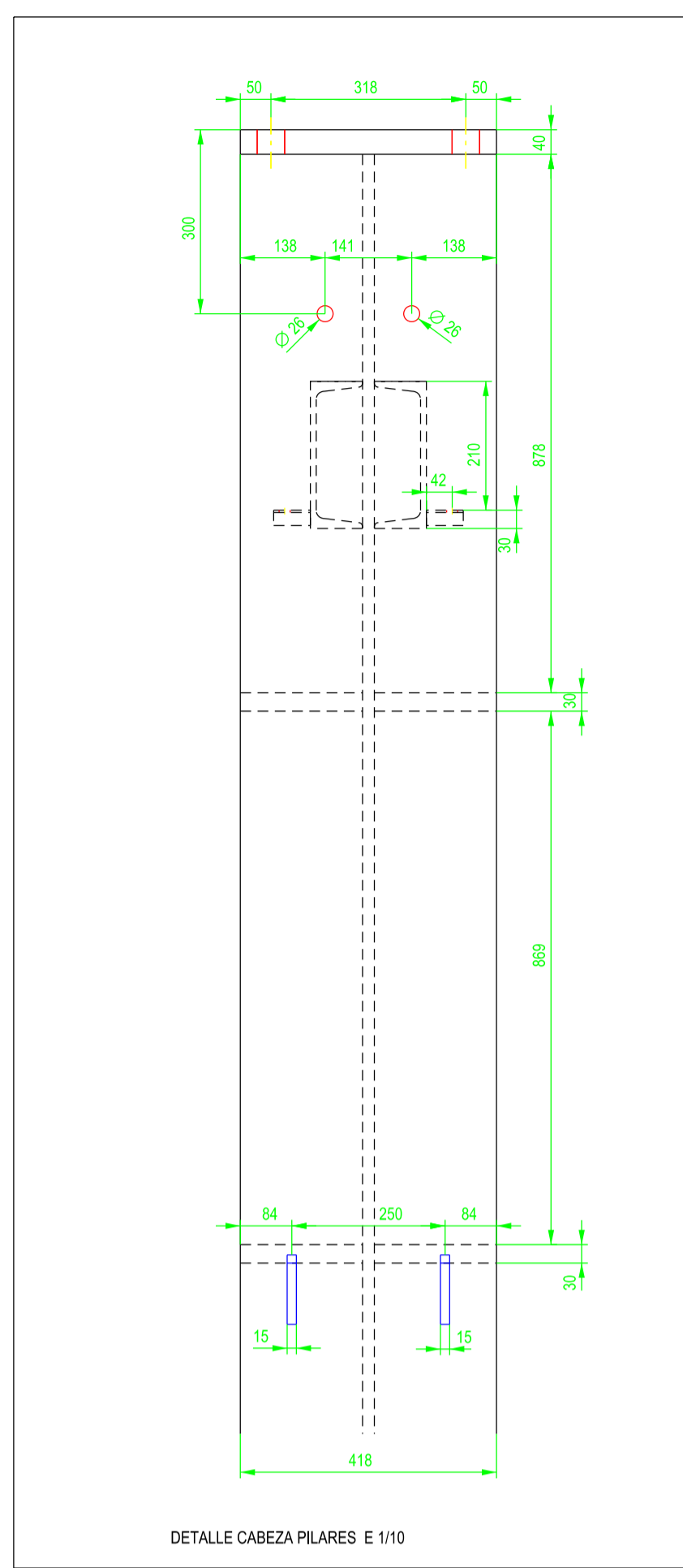
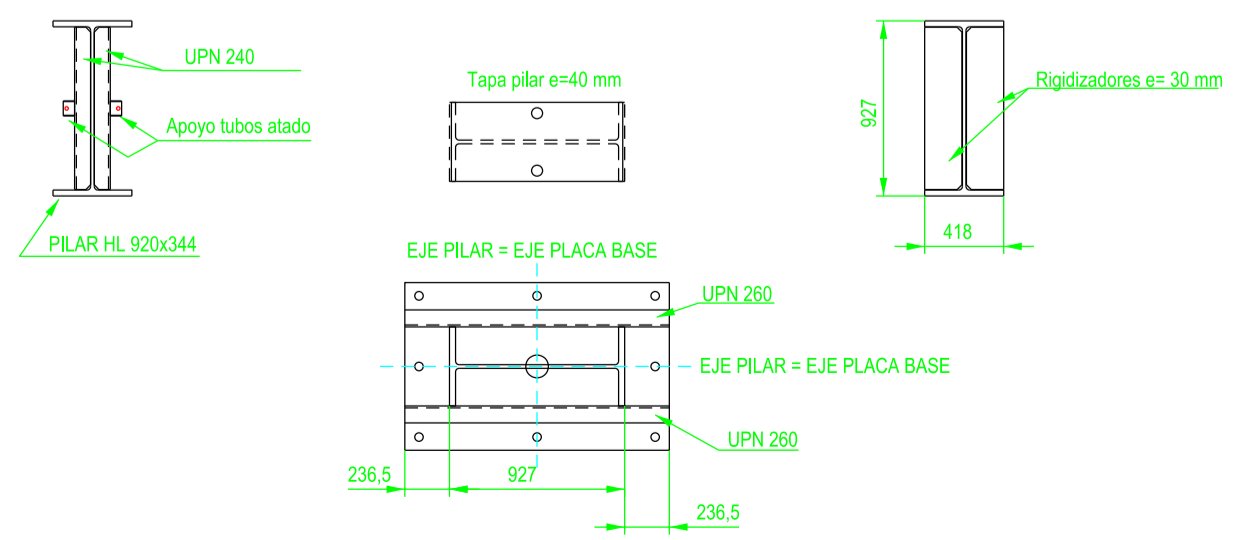
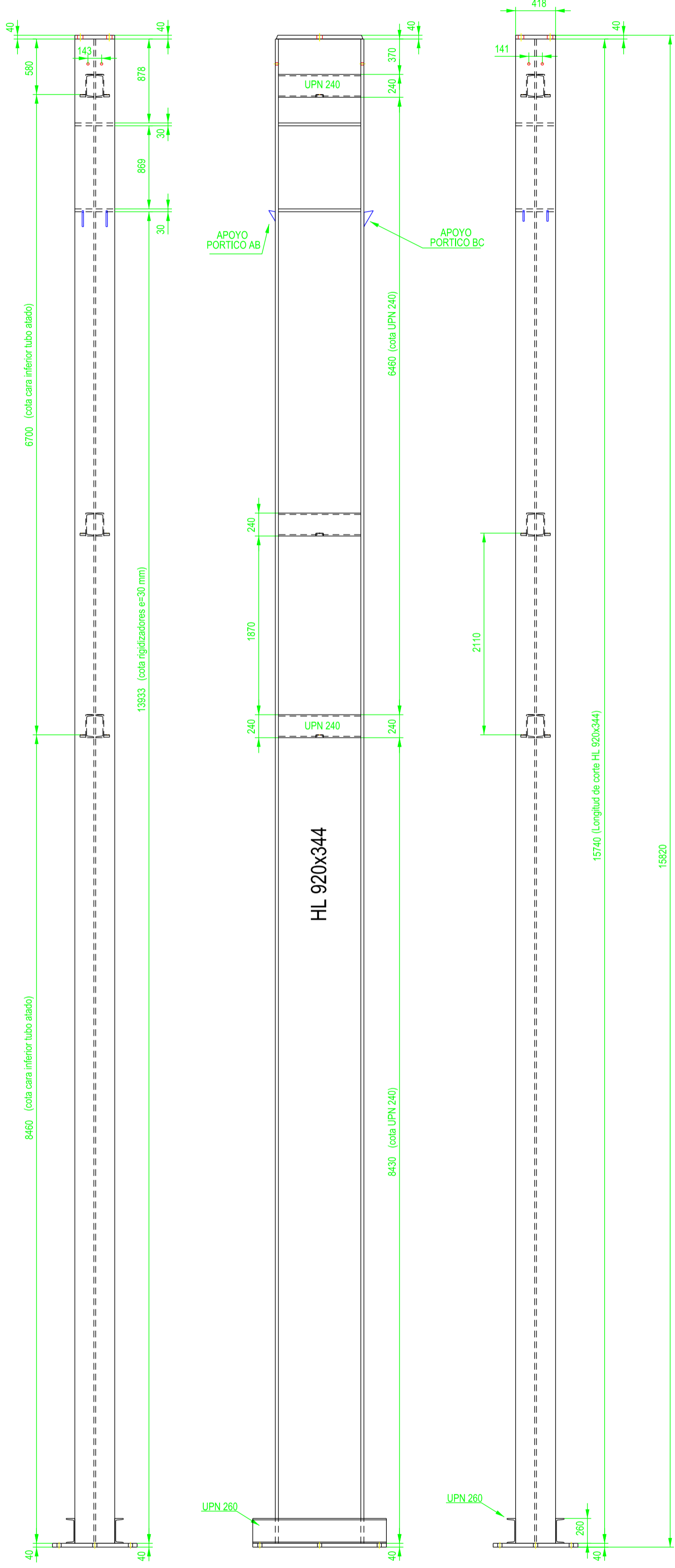
PT-39A

1 UNIDAD



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO * Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TÍTULO PLANO: Ensamblaje pilar B1	FORMATO: A1 ESCALA: 1/40	PLANO Nº.: PT-40

9 UNIDADES



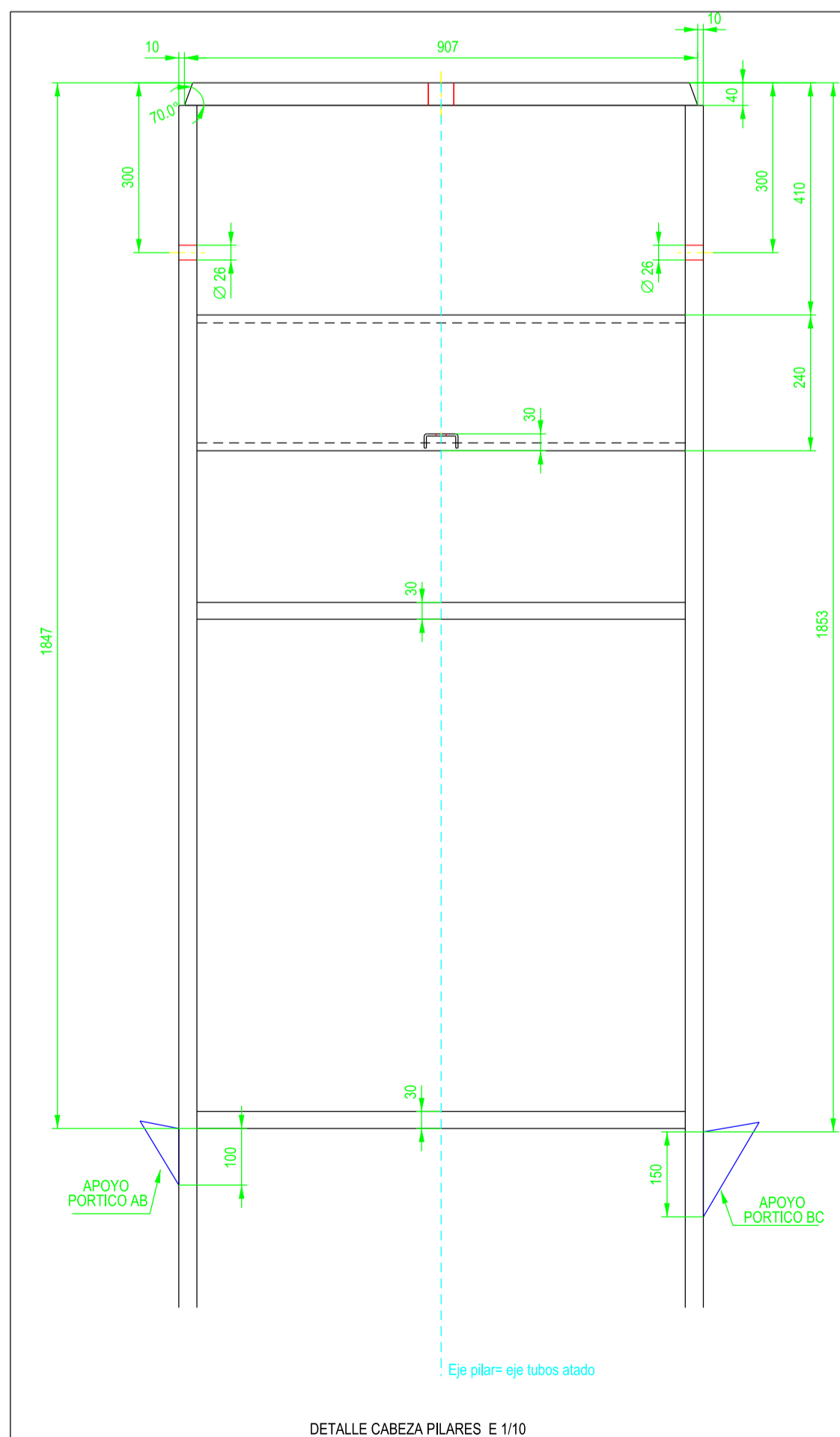
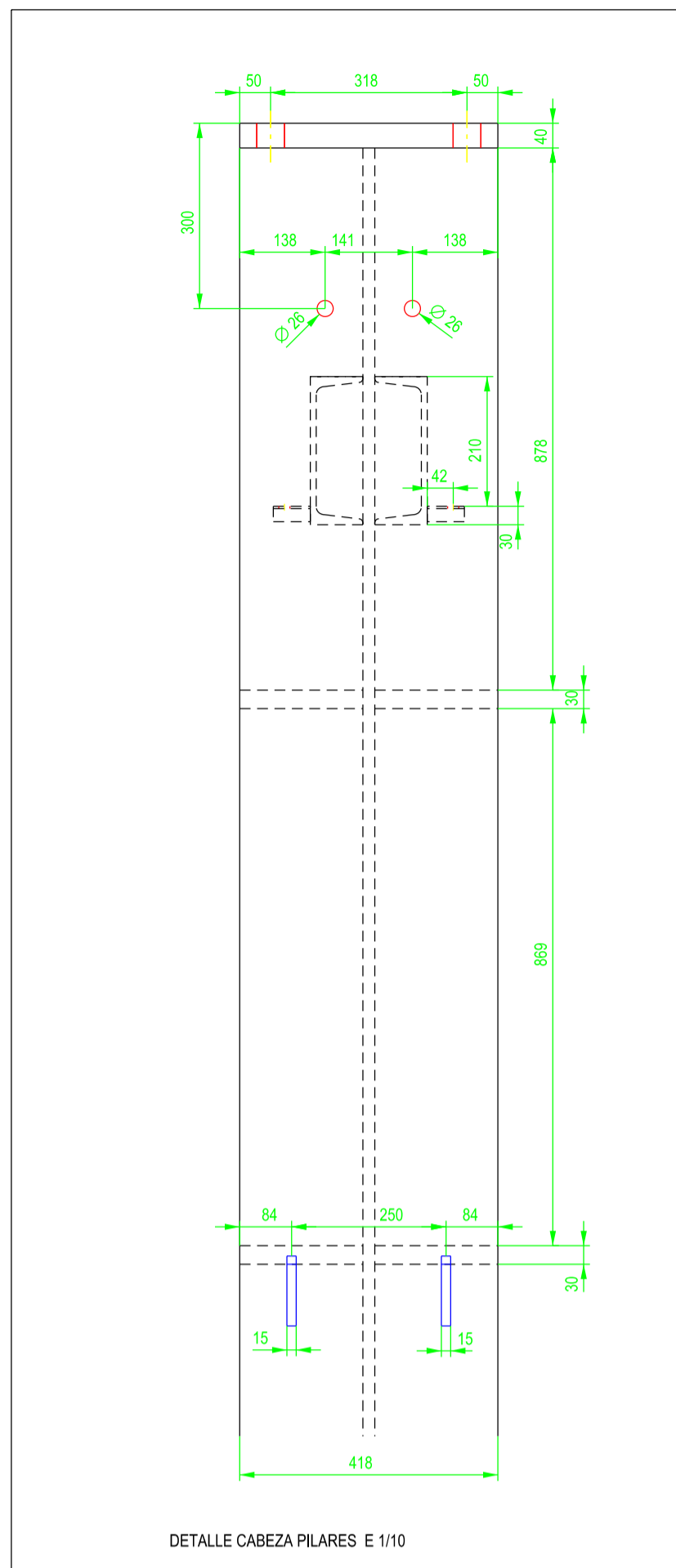
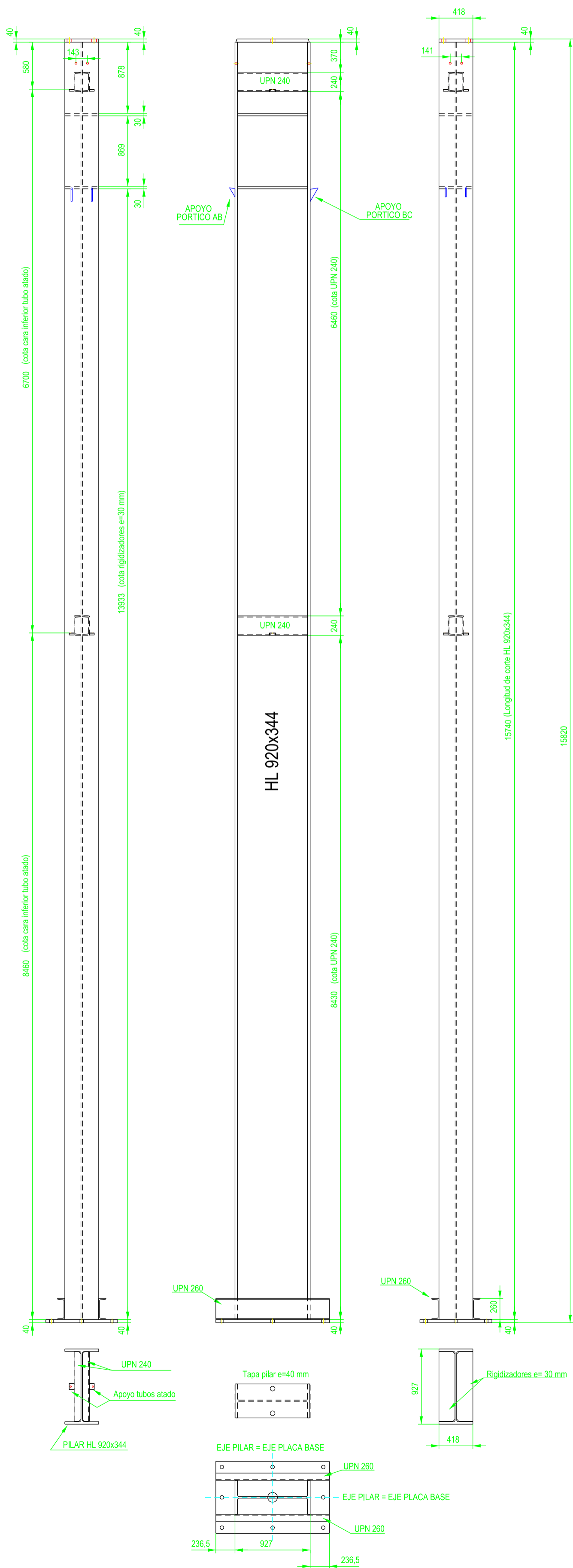
ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: Julián Alcalá González
TITULO PLANO:
Ensamblaje pilares B2, B3, B10, B13, B23, B24 y B29

FORMATO: A2
ESCALA: 1:40
PLANO Nº.: PT-41

16 UNIDADES



ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

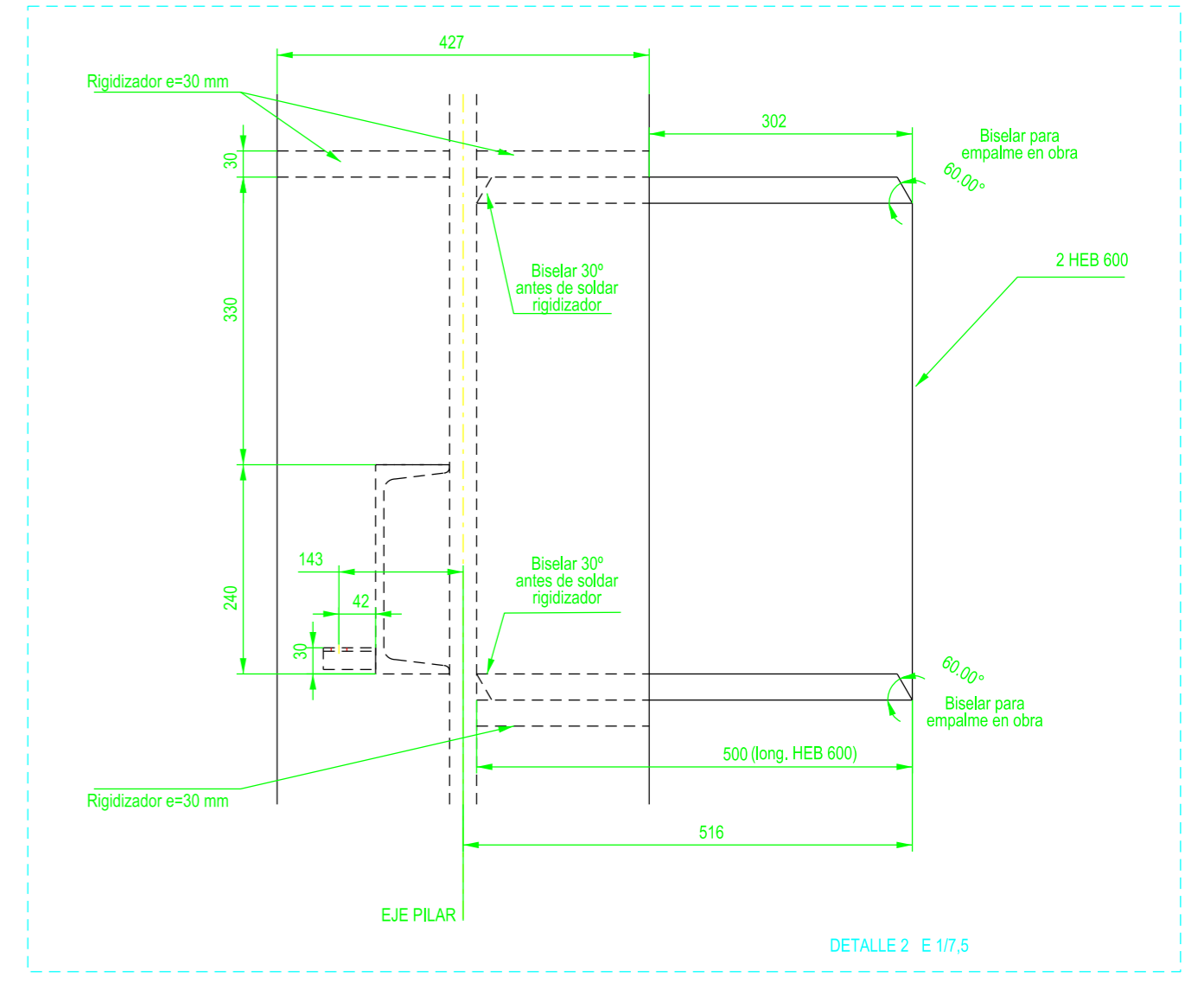
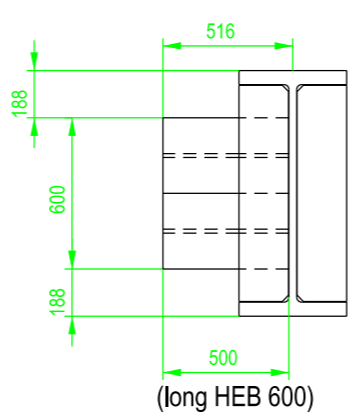
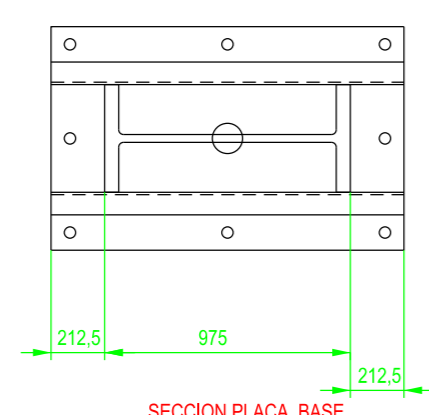
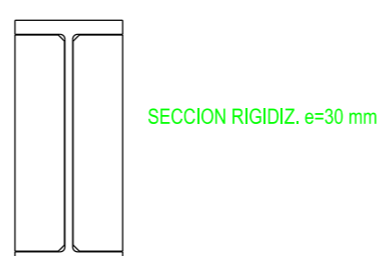
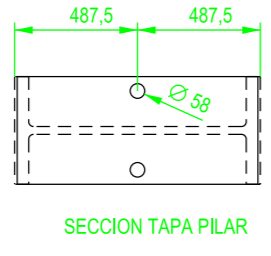
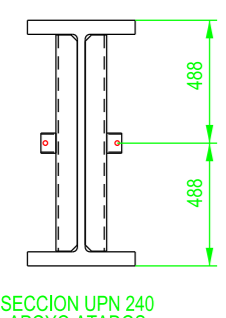
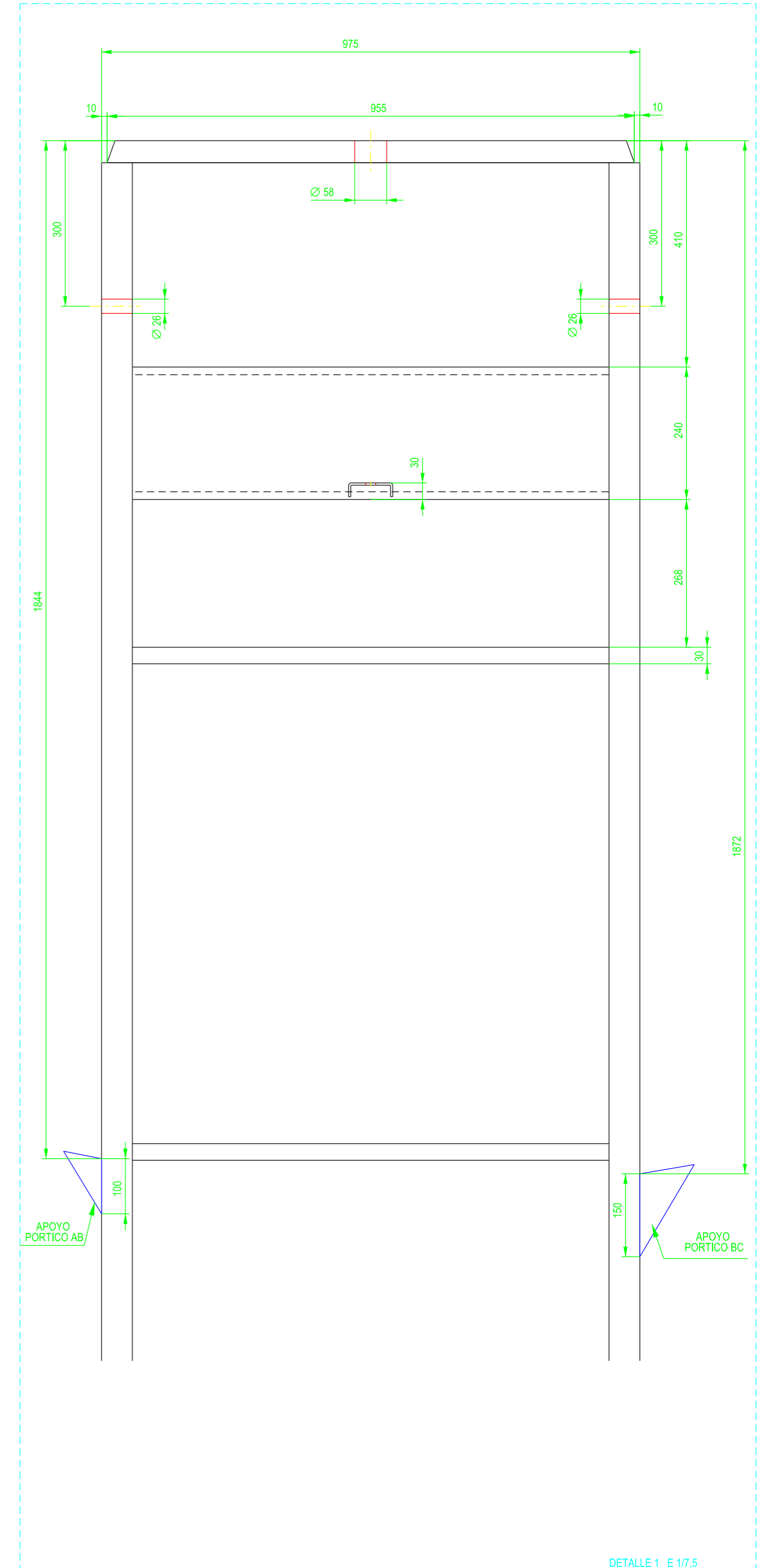
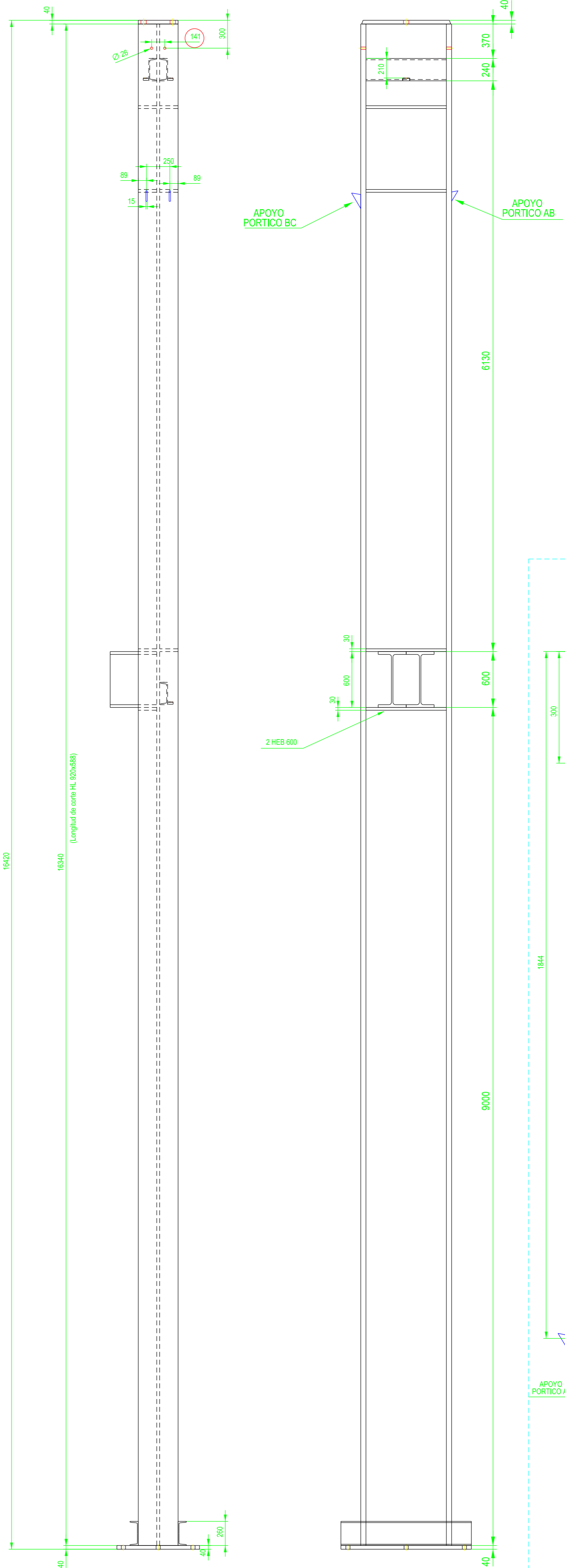
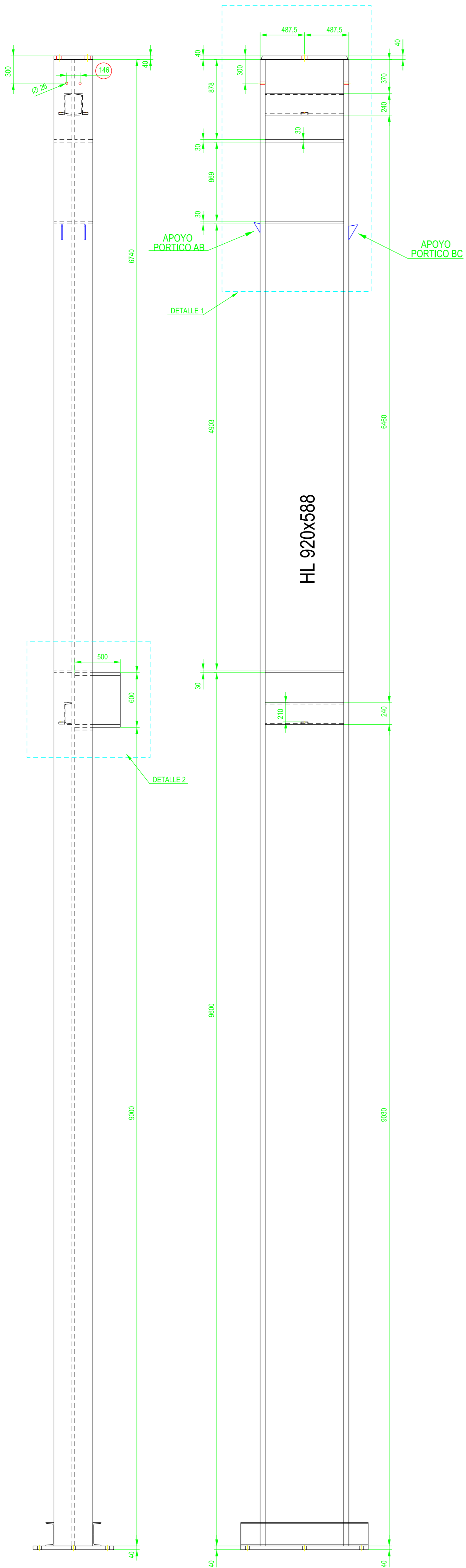
TRABAJO FINAL DE GRADO
 " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
 TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:
 Ensamblaje pilares B4, B8, B9, B14-B22, B25-B28

FORMATO: A2
 ESCALA: 1/40
 PLANO Nº.: PT-42

1 UNIDAD



ETSIICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-REAL (Castellón)*

AUTOR: Ramón Tercero Herrerías
TUTOR: D. Julián Alcalá González

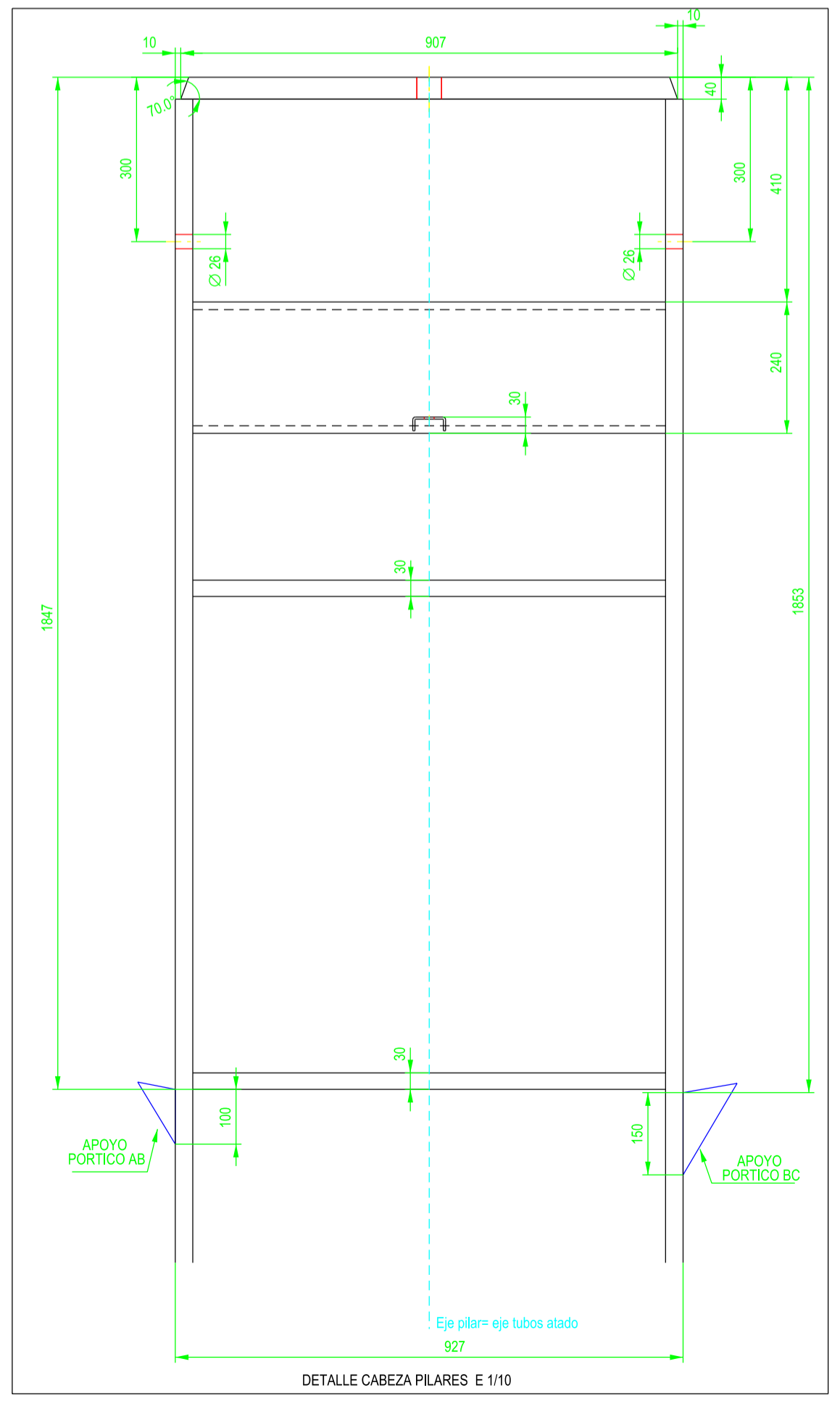
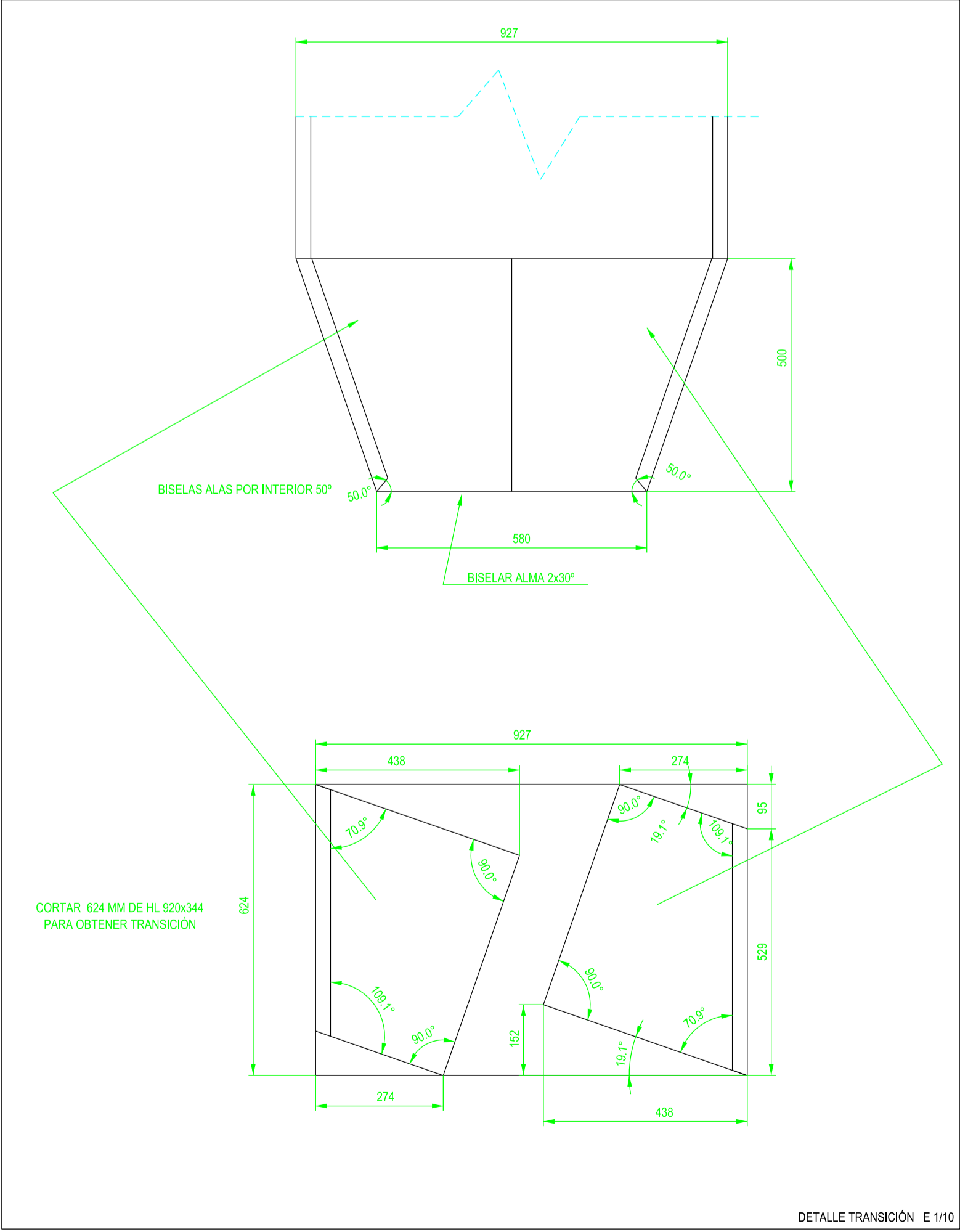
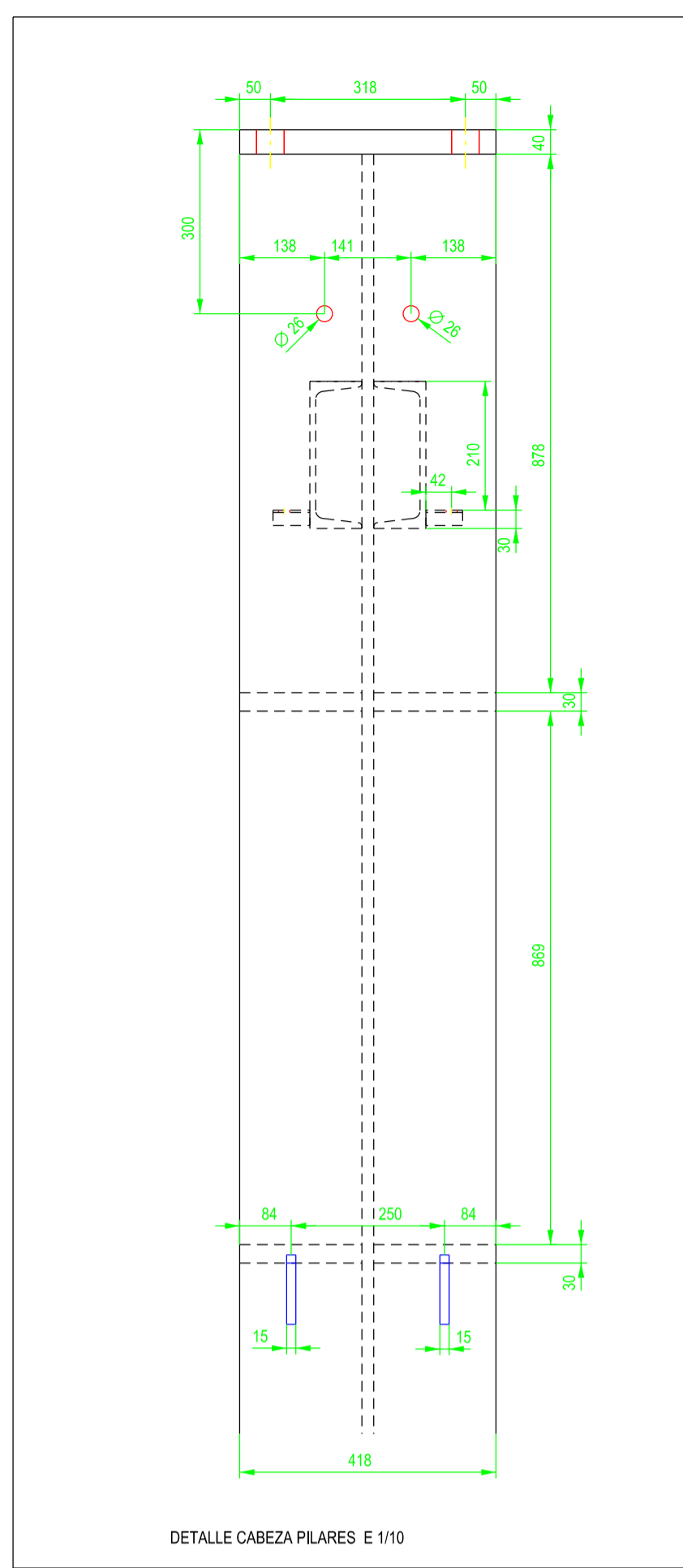
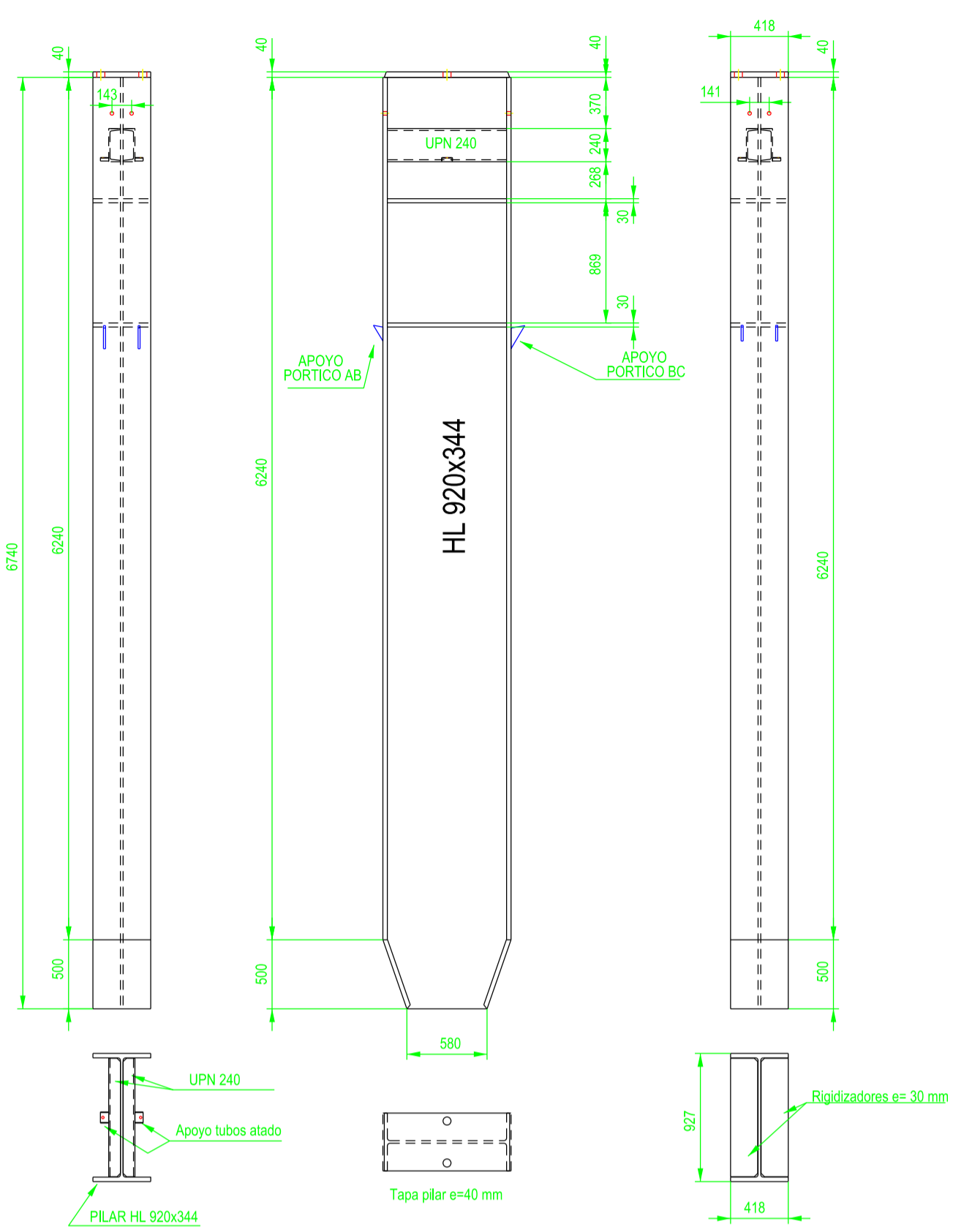
TÍTULO PLANO:
Ensamblaje pilar BS

FORMAIO: A1
ESCALA: 1:100

PLANO Nº.:
PT-43

197

1 UNIDAD



TRABAJO FINAL DE GRADO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

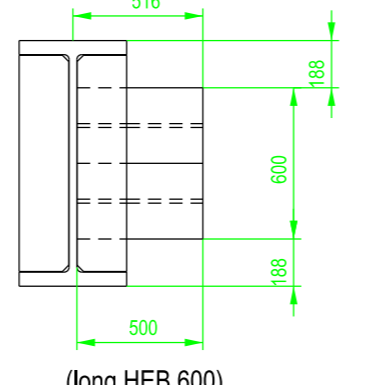
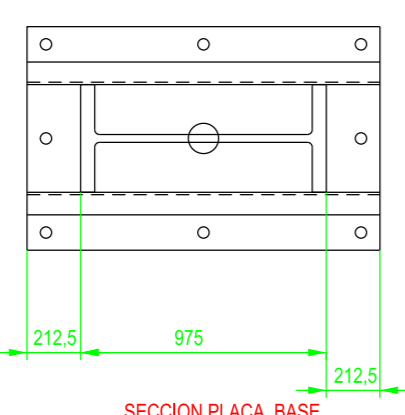
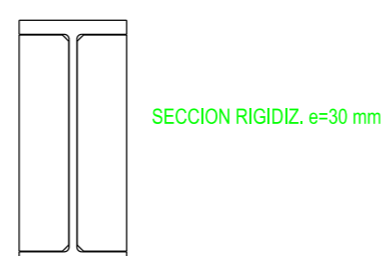
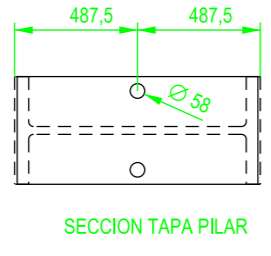
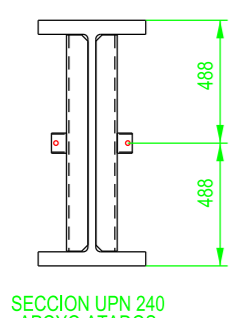
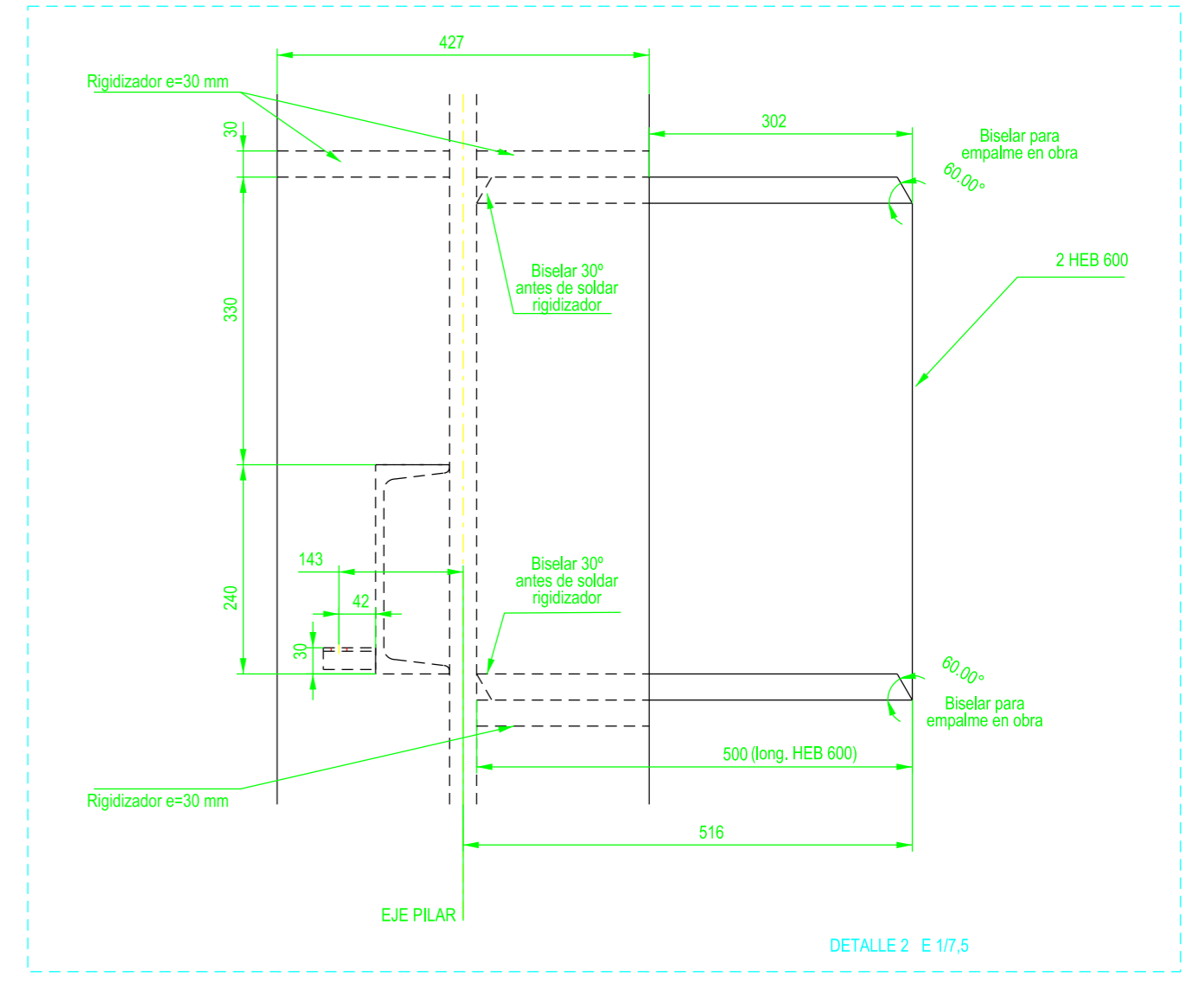
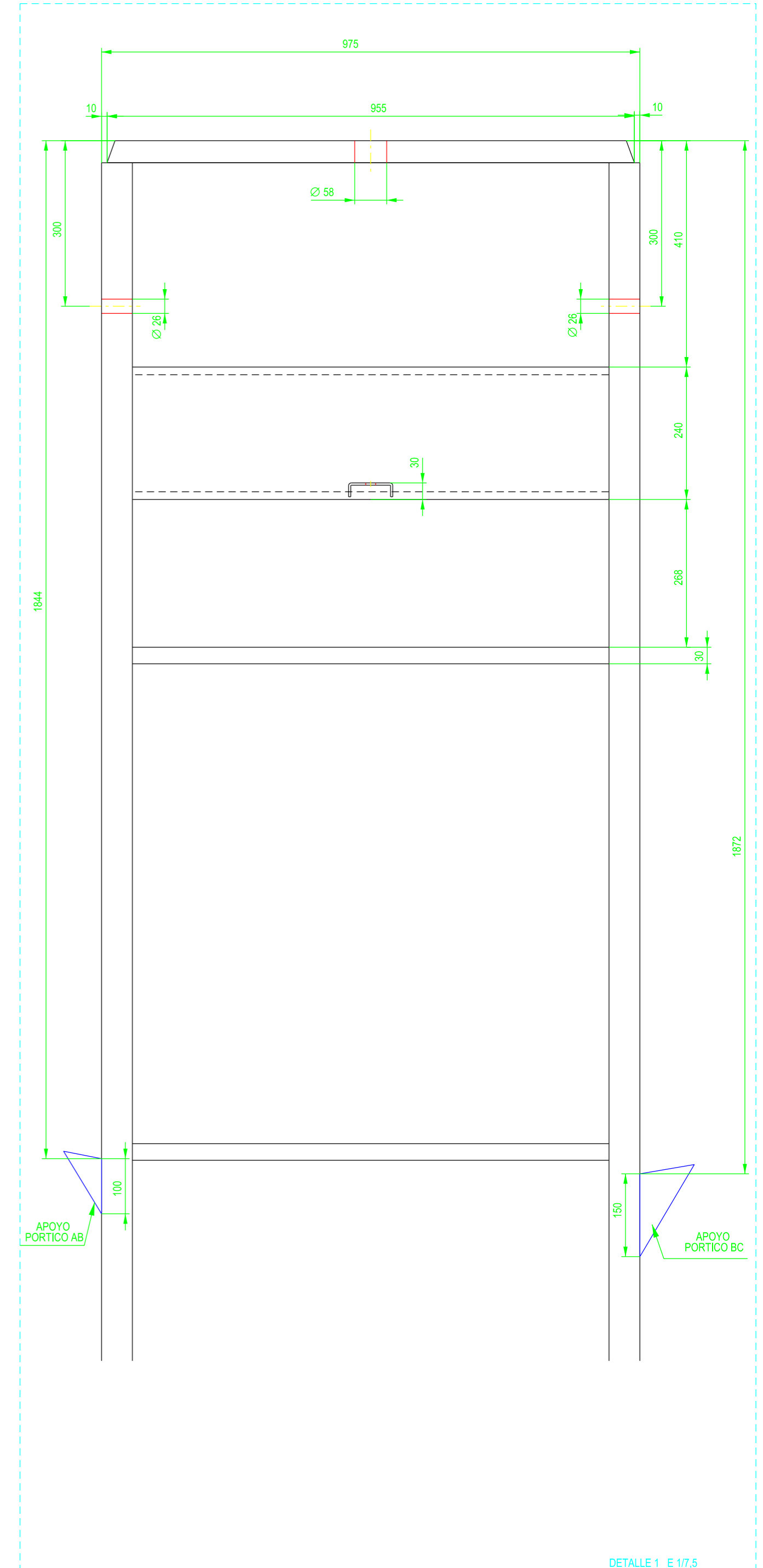
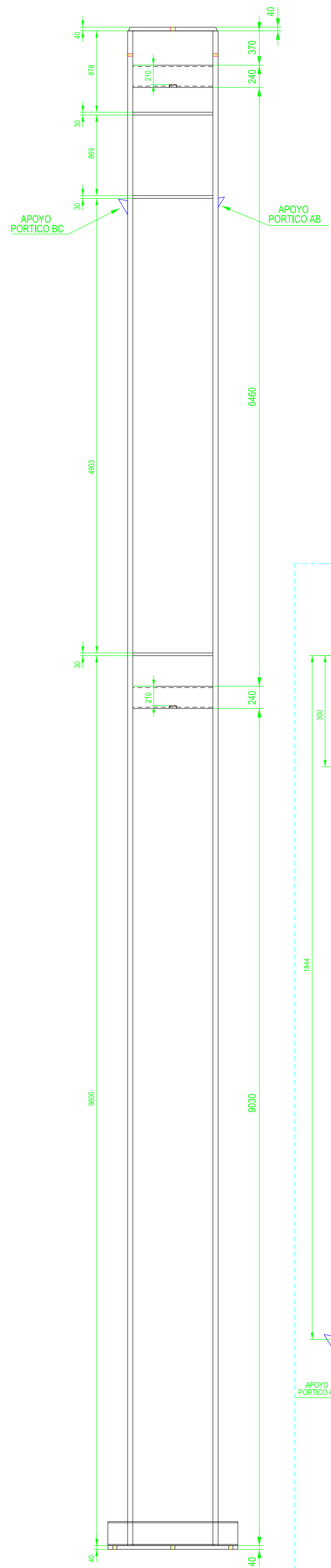
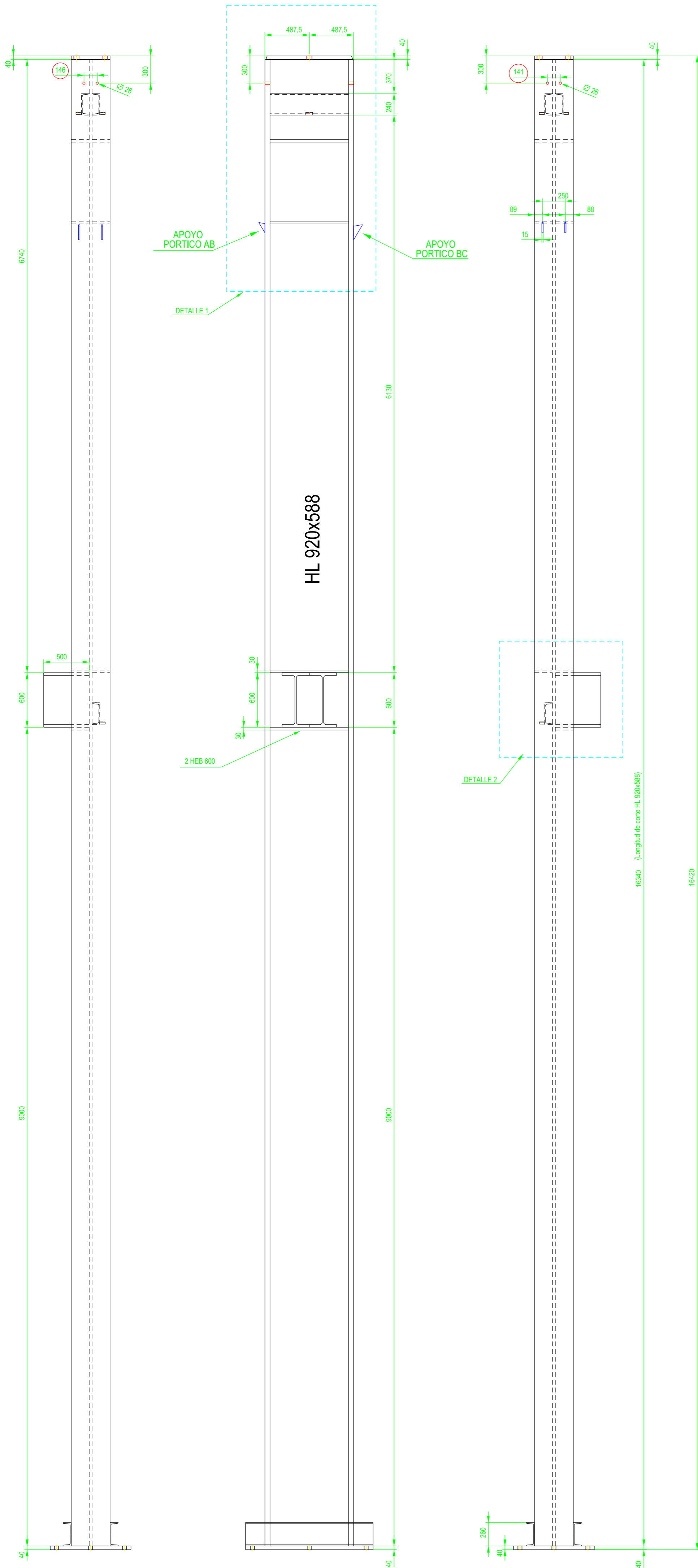
AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Ensamblaje pilar B6

FORMATO: A2
ESCALA: 1/40
PLANO Nº.: PT-44

1 UNIDAD

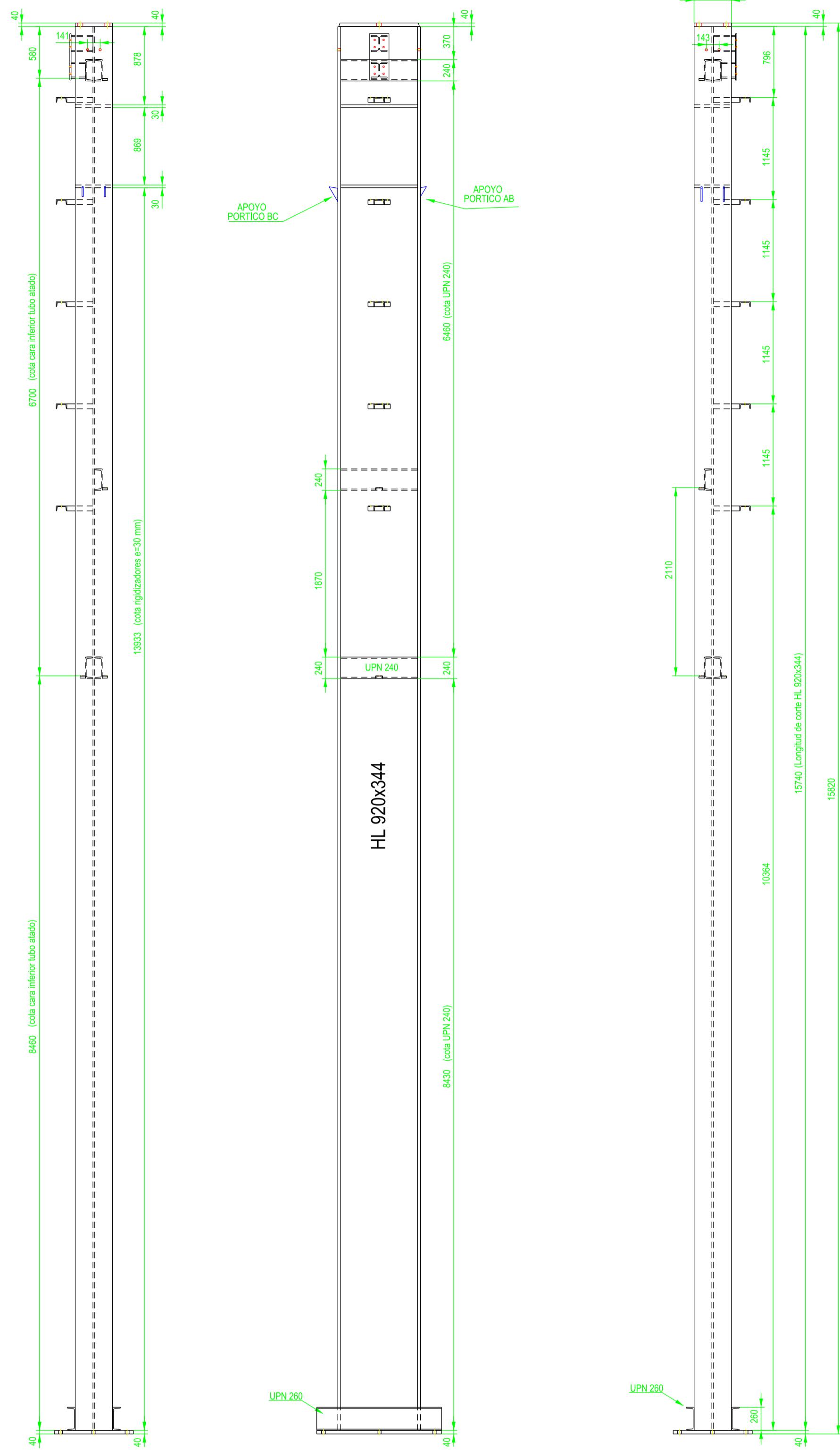


ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-REAL (Castellón)*
AUTOR: Ramón Tercero Herrerías
TUTOR: D. Julián Alcalá González
TÍTULO PLANO:
Ensamblaje pilar B7

FORMAIO: A1
ESCALA:
1:30
PLANO Nº.:
PT-45

1 UNIDAD



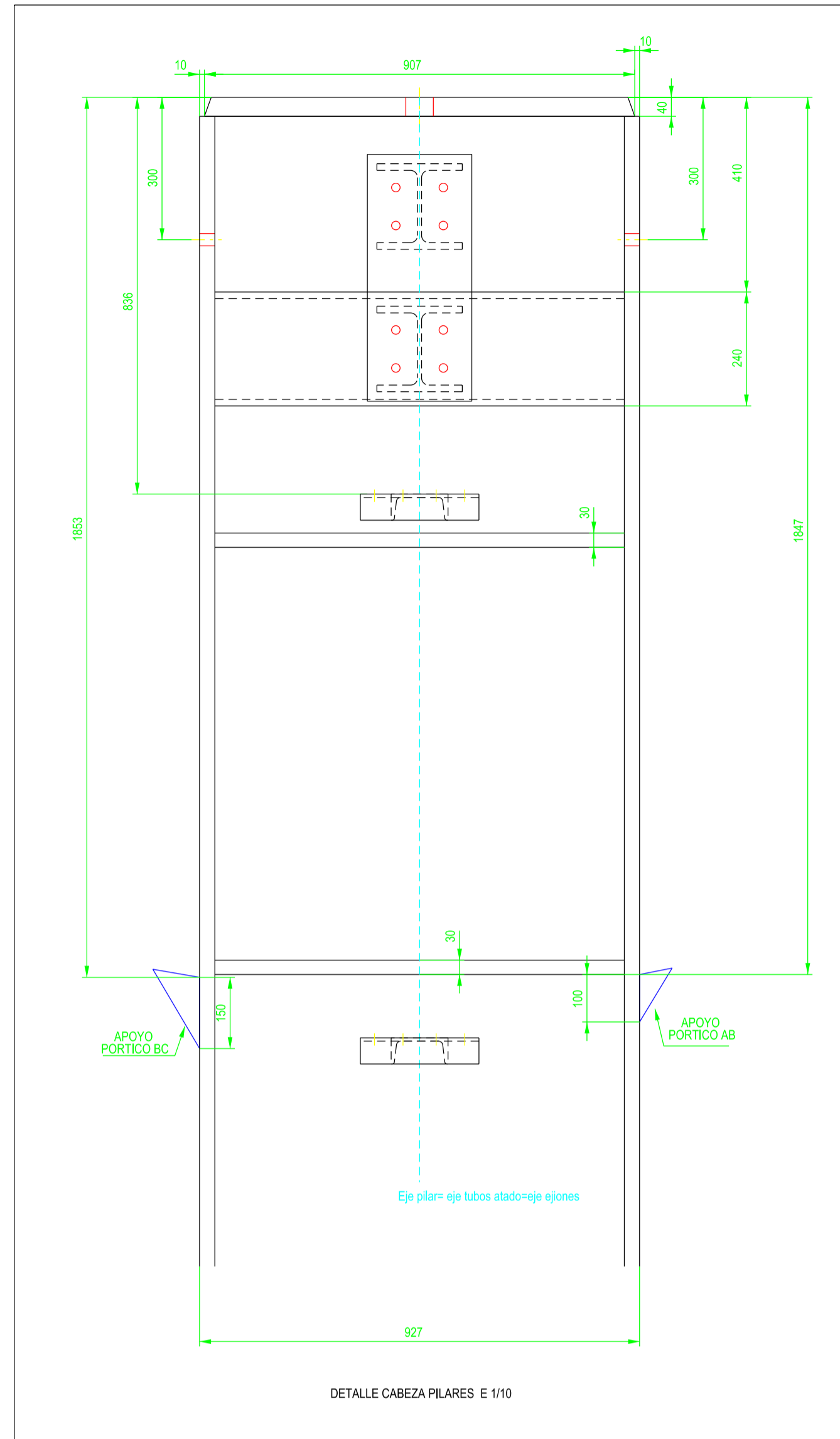
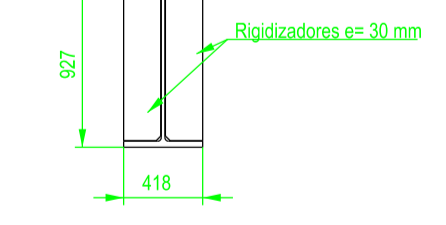
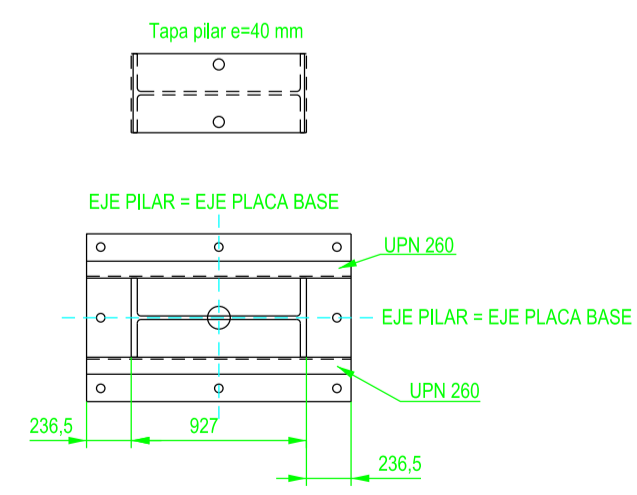
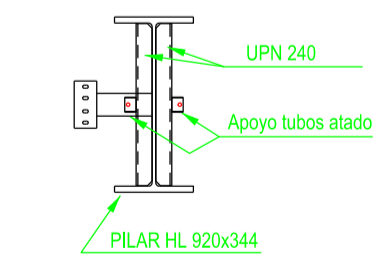
APOYO PORTICO BC

APOYO PORTICO AB

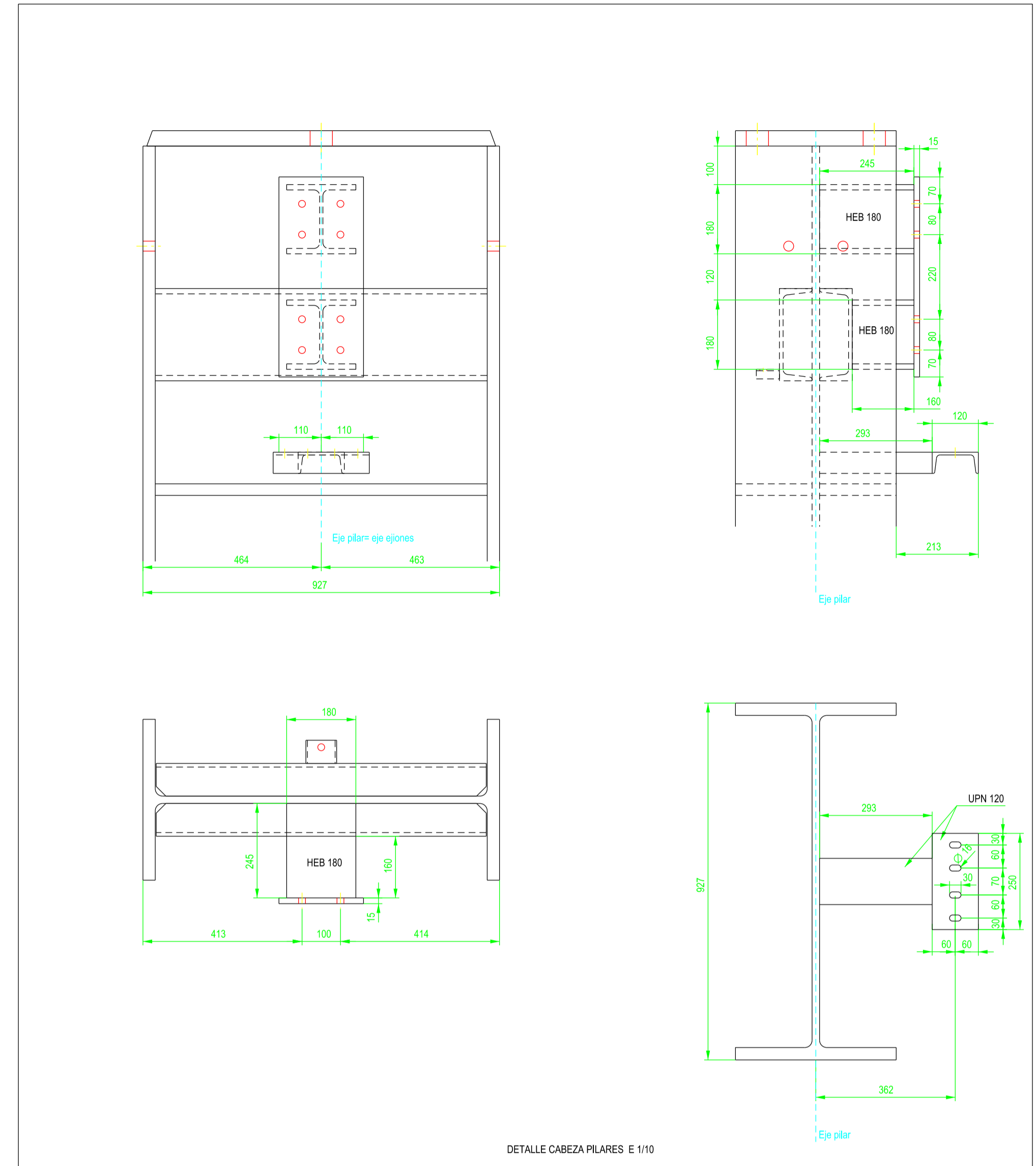
HL 920x344

UPN 260

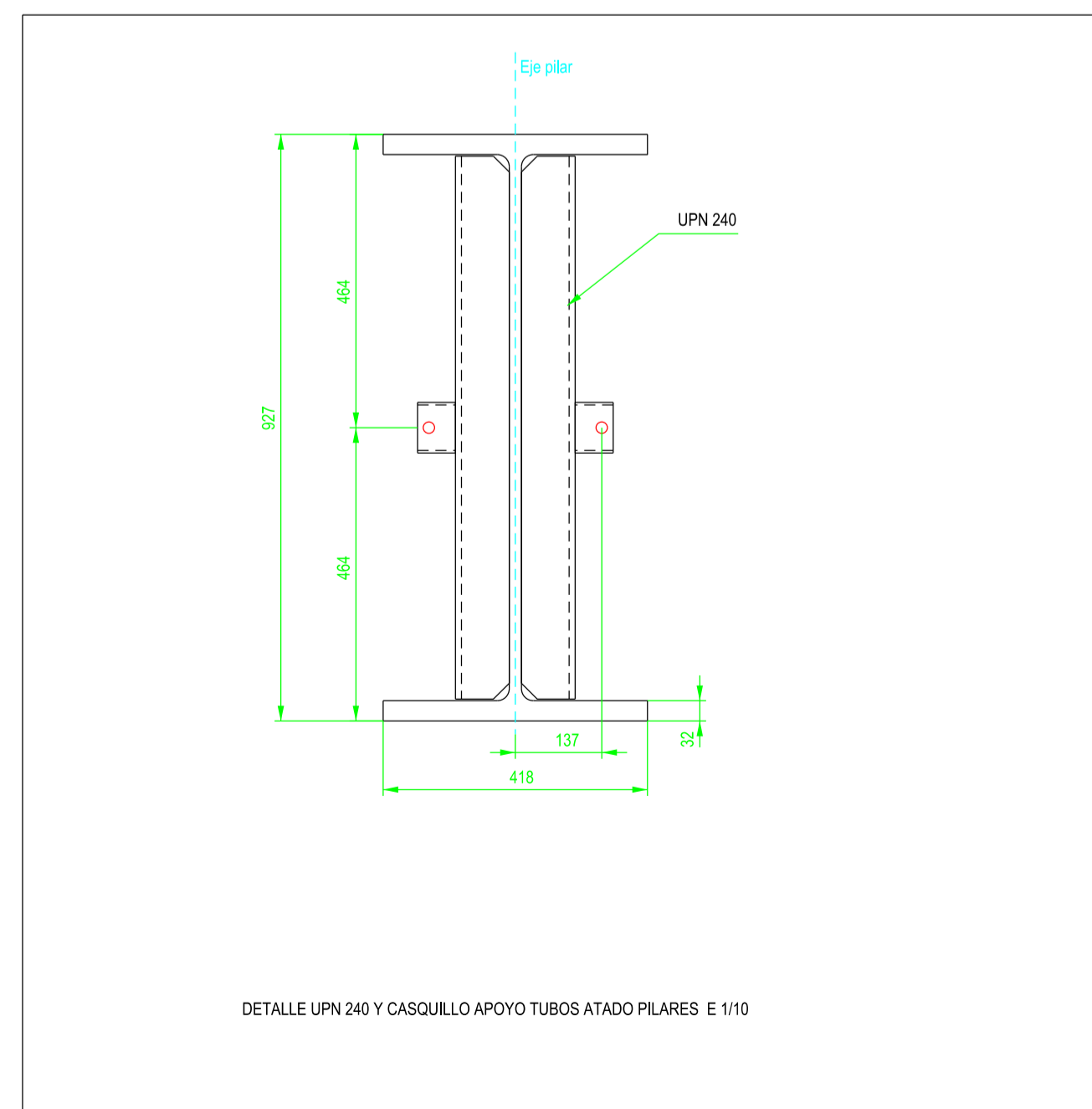
UPN 260



DETALLE CABEZA PILARES E 1/10



DETALLE CABEZA PILARES E 1/10



DETALLE UPN 240 Y CASQUILLO APOYO TUBOS ATADO PILARES E 1/10

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO * Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-REAL (Castellón) *		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TÍTULO PLANO: Ensamblaje pilar B30	FORMATO: A1 ESCALA: 1/40	PLANO Nº.: PT-46

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.1. Pilares.

3.1.1. Pilares de pórtico.

3.1.1.2. Ensamblaje.

3.1.1.2.3. Pilares C.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

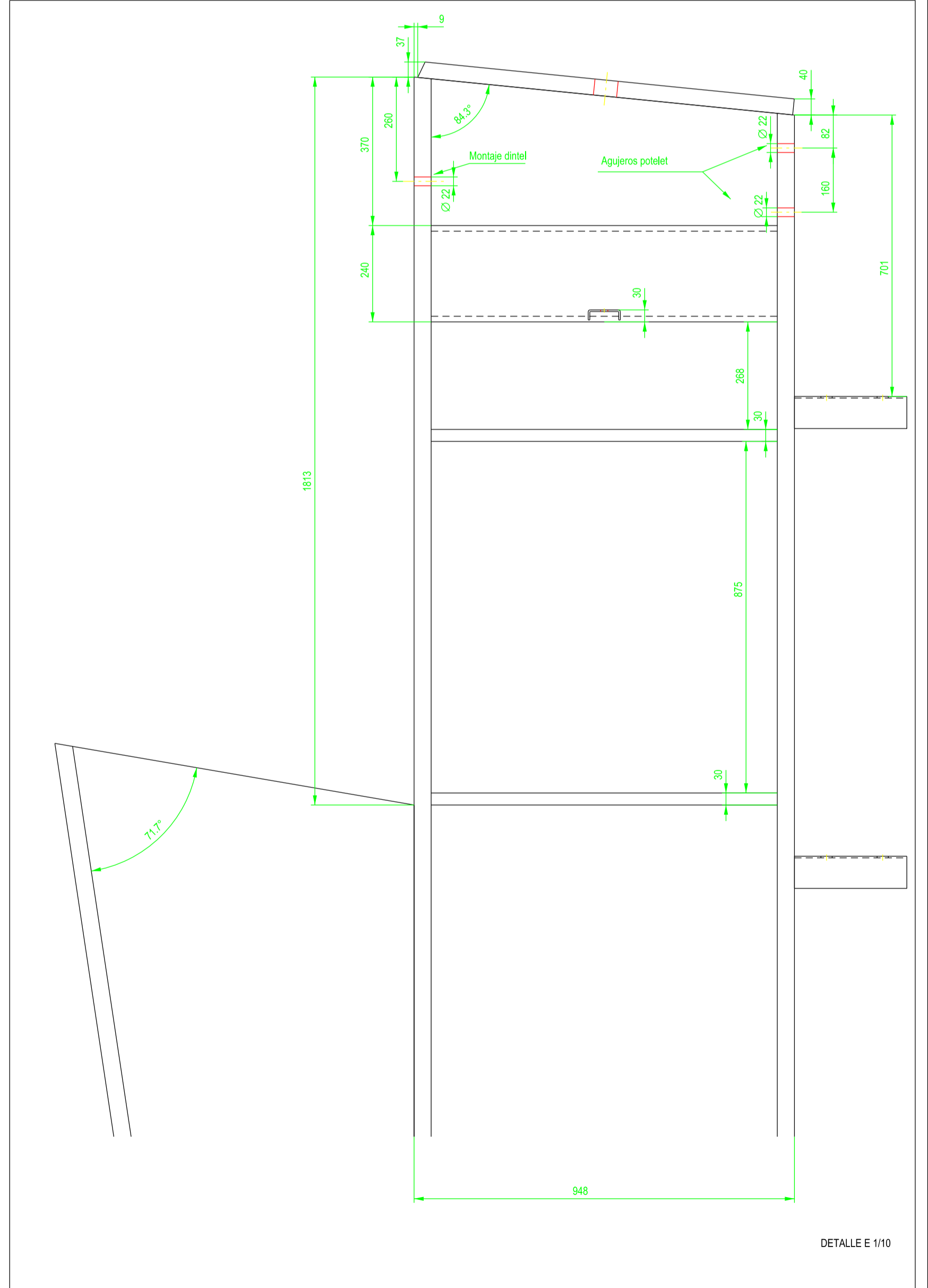
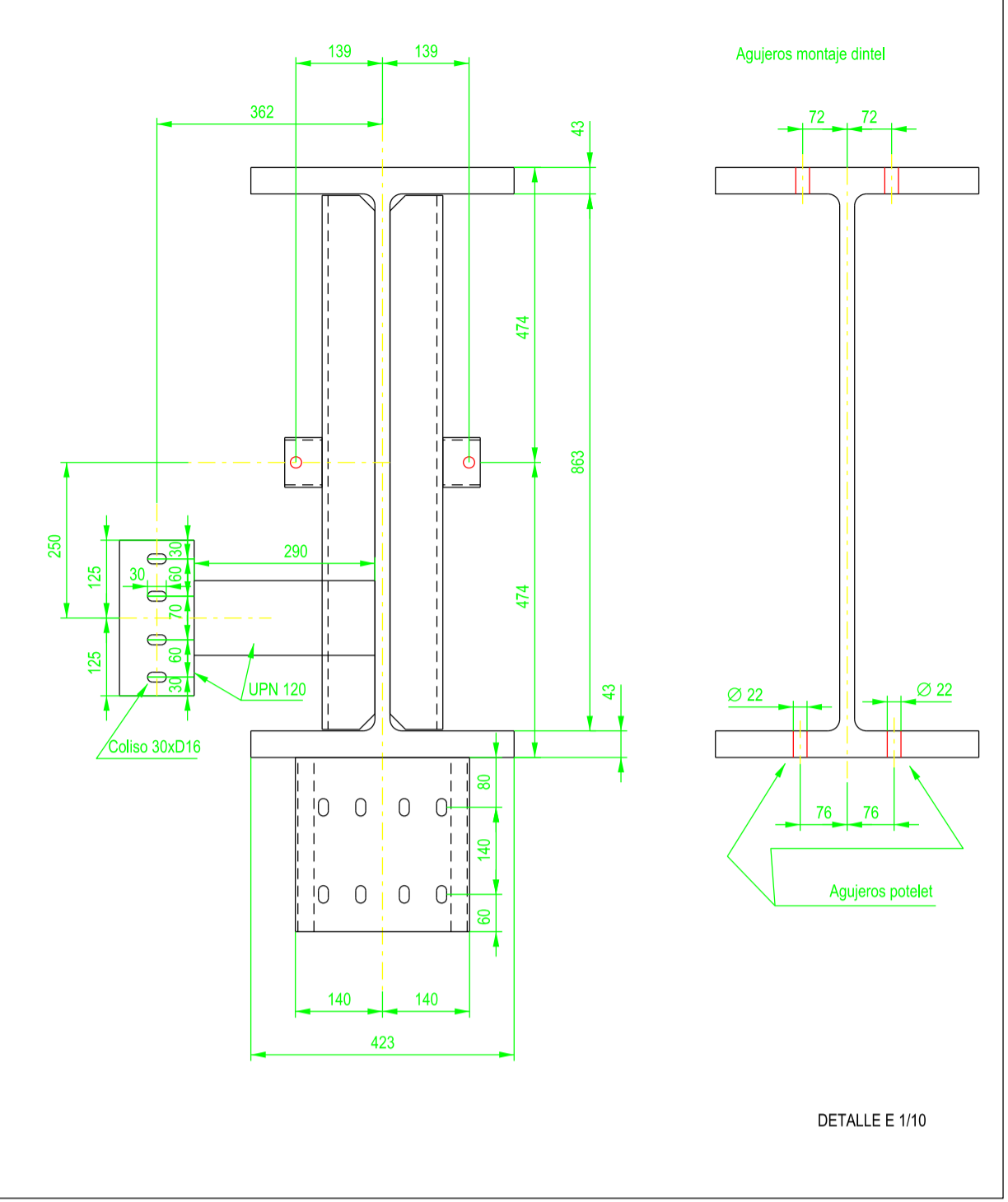
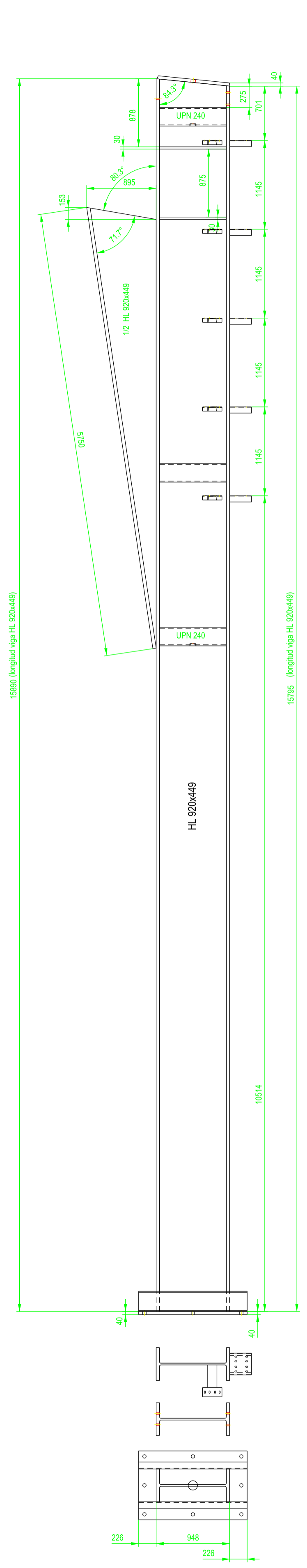
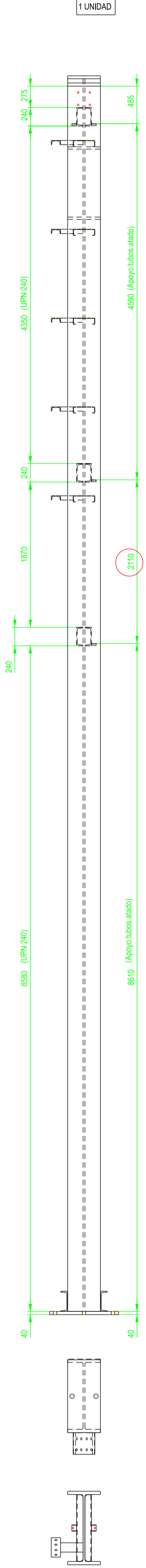
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PT-46A



TRABAJO FINAL DE GRADO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

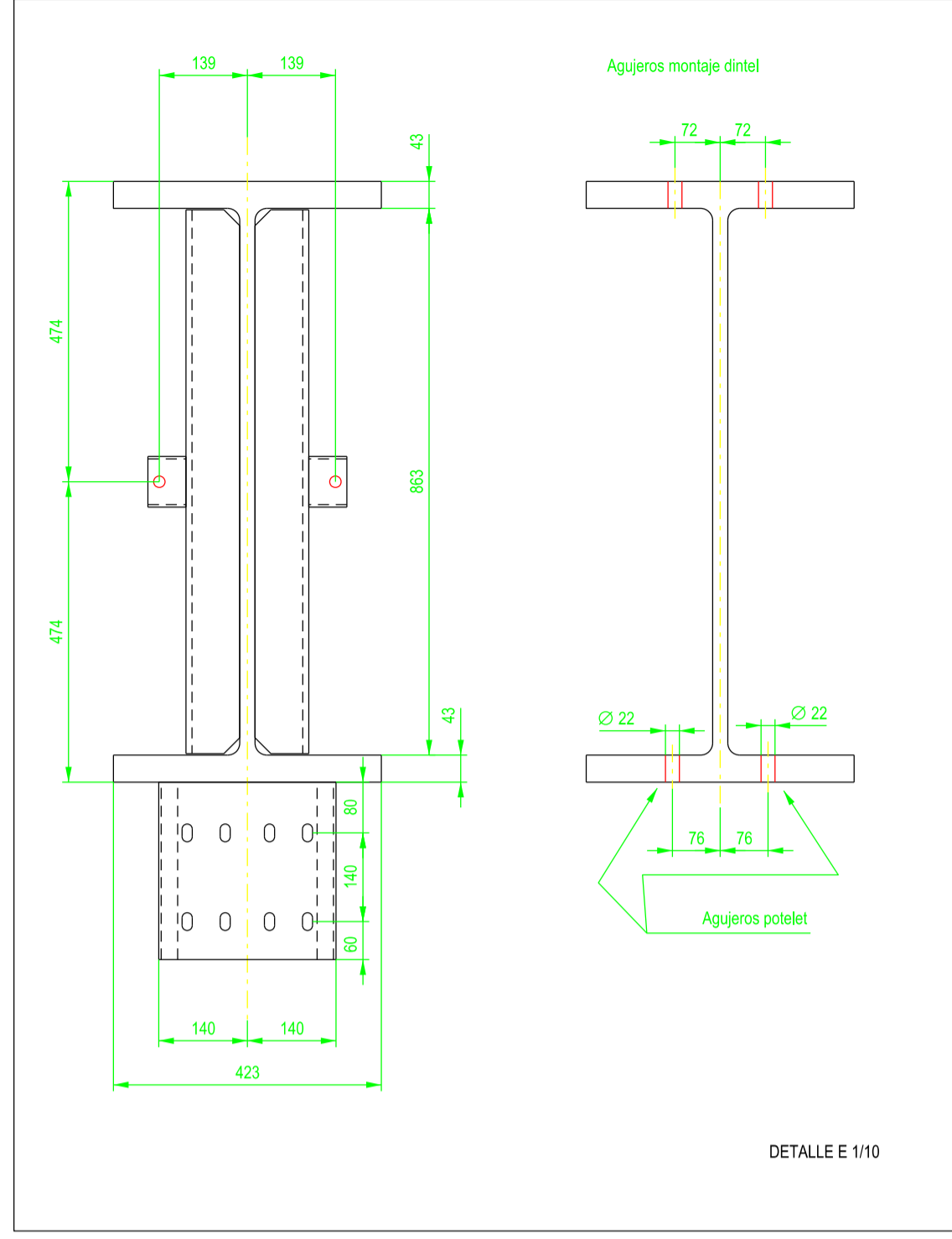
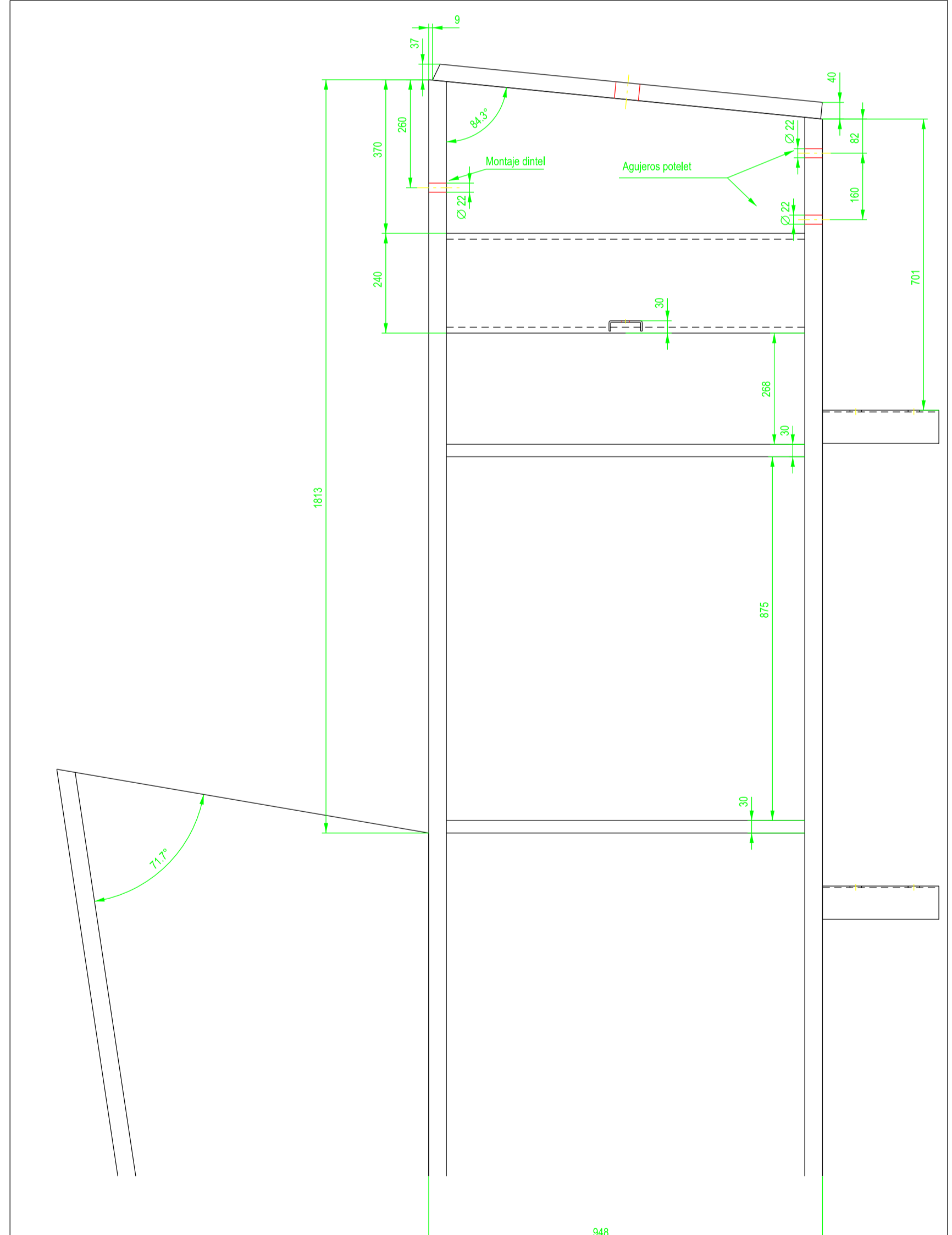
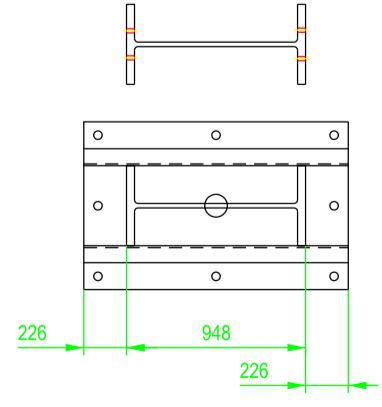
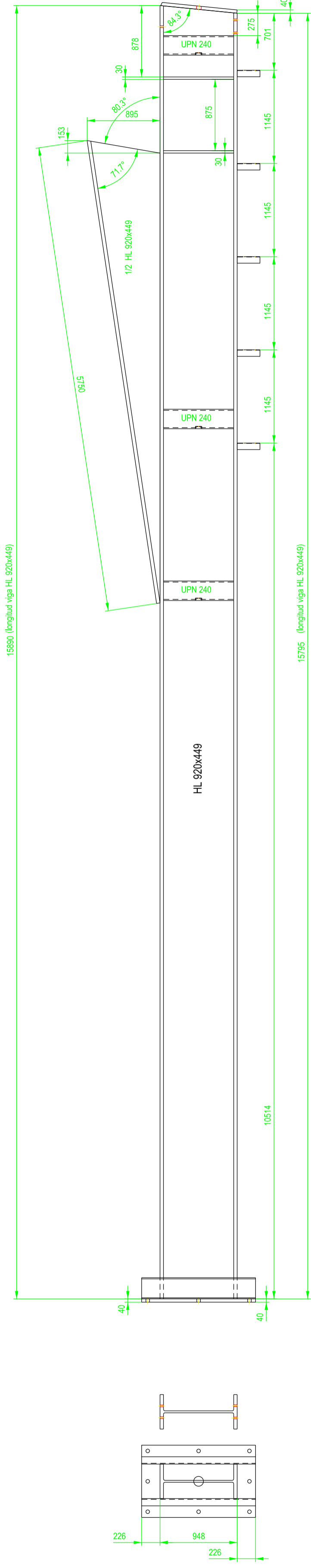
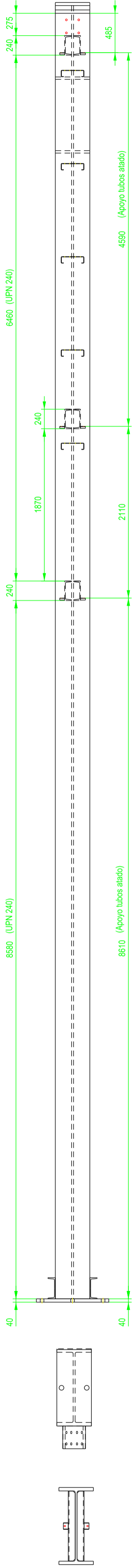
* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *

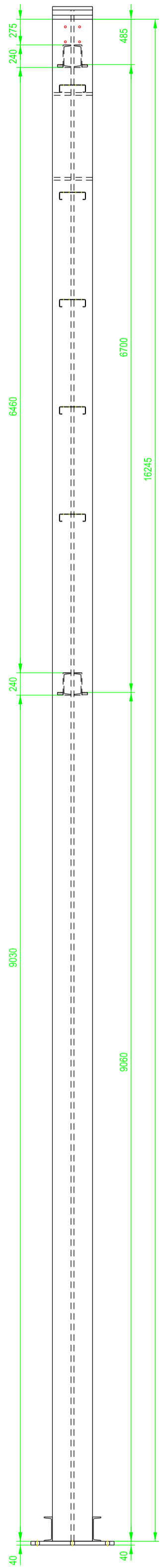
AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcala González
TITULO PLANO: Ensamblaje pilar C1

FORMATO: A2
ESCALA: 1/40
PLANO Nº.: PT-47

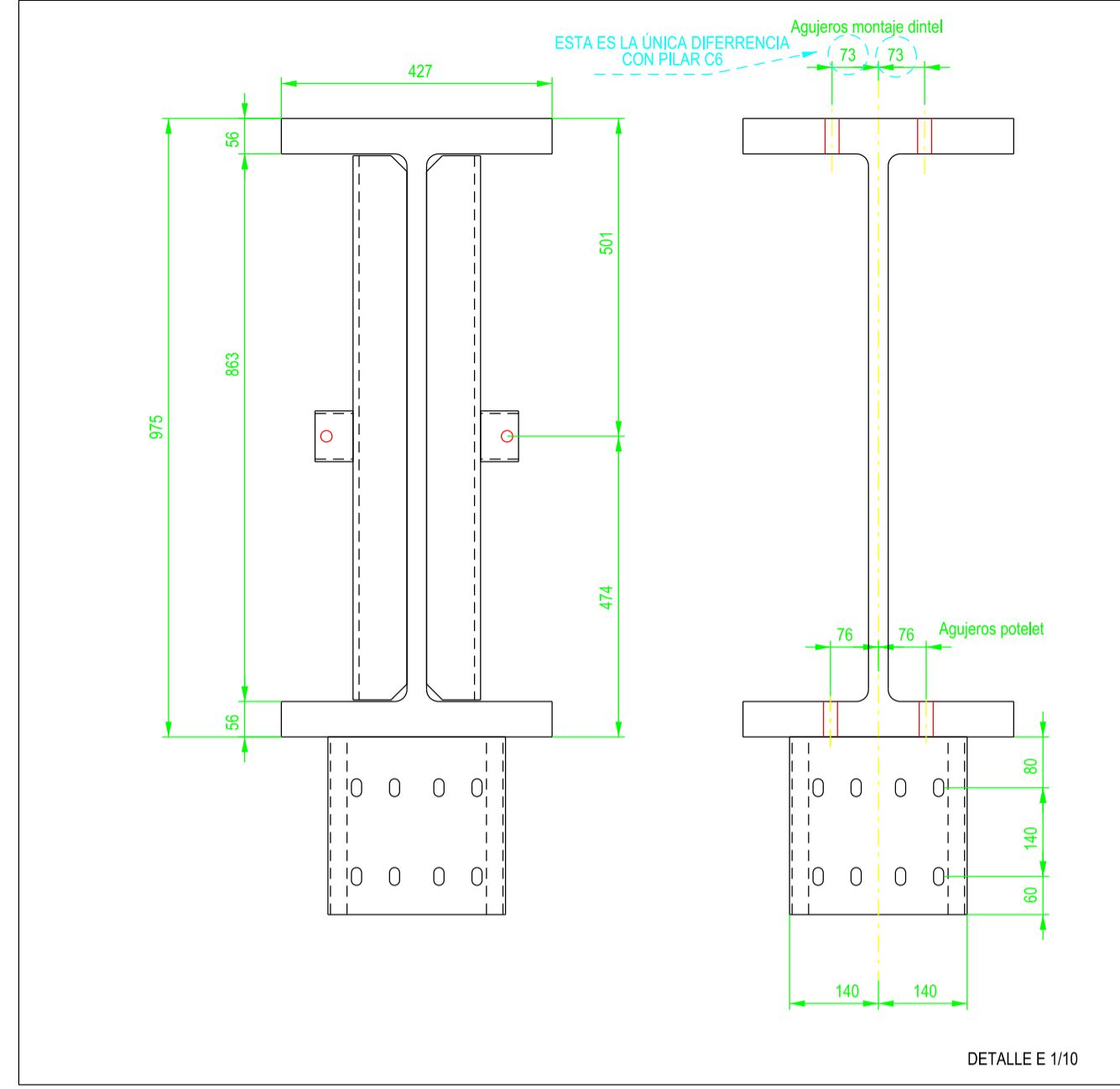
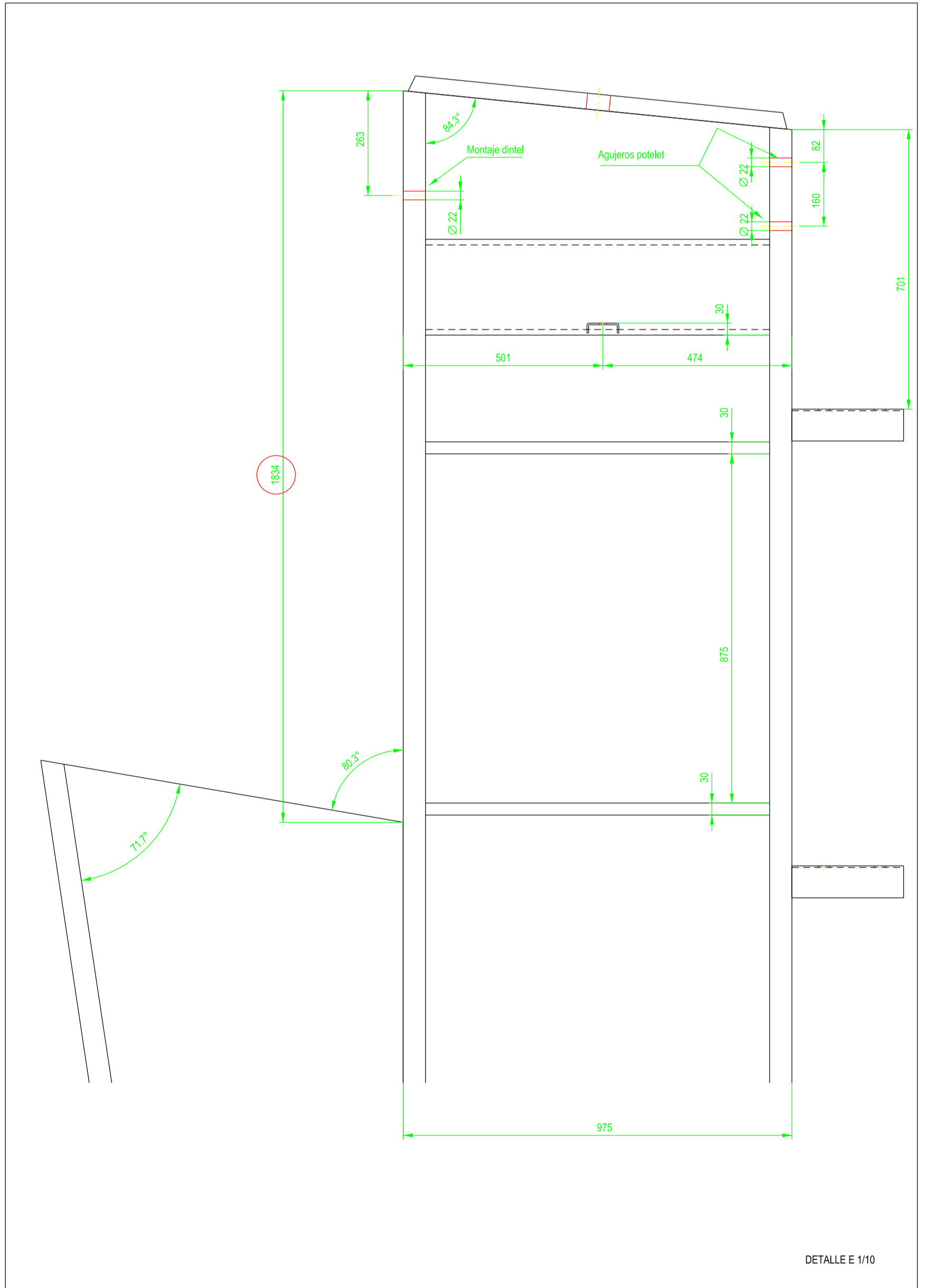
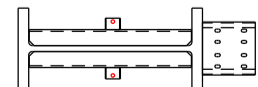
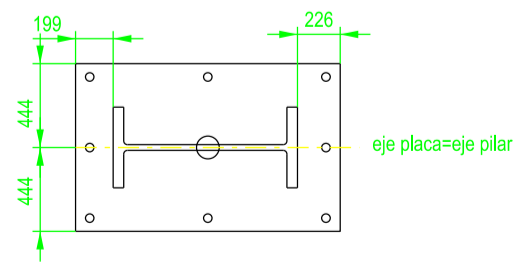
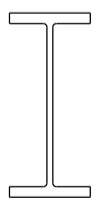
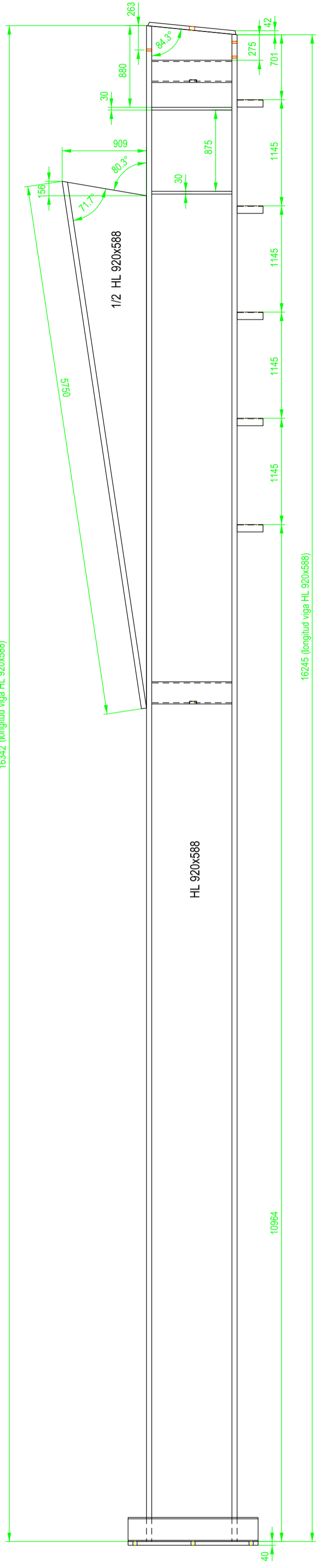
DETALLE E 1/10

4 UNIDADES





2 UNIDADES



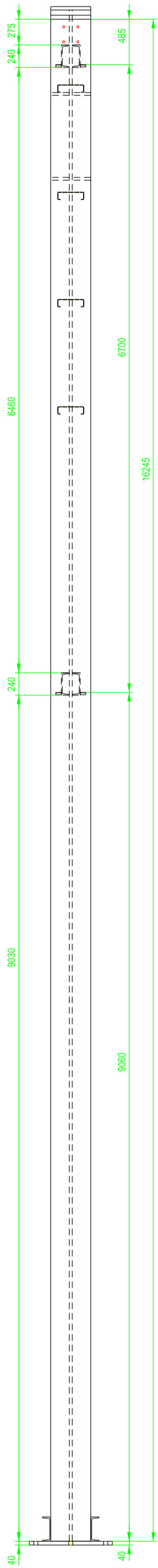
ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

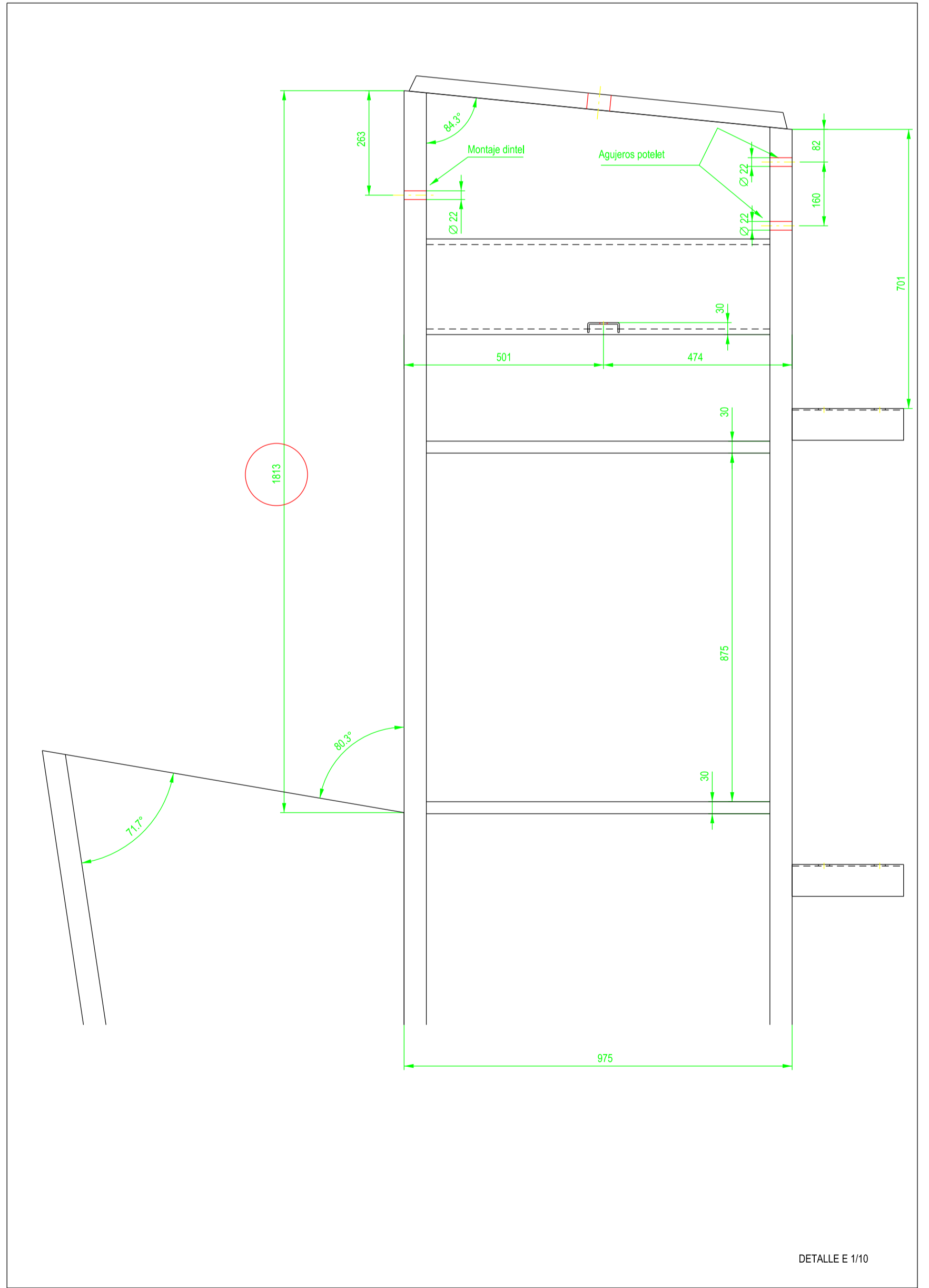
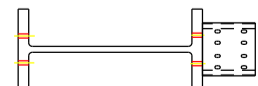
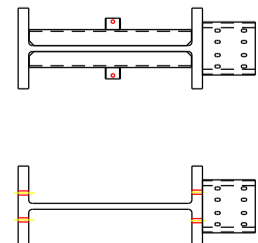
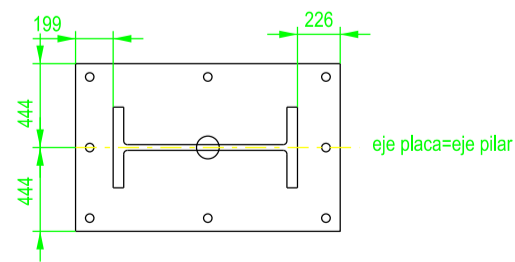
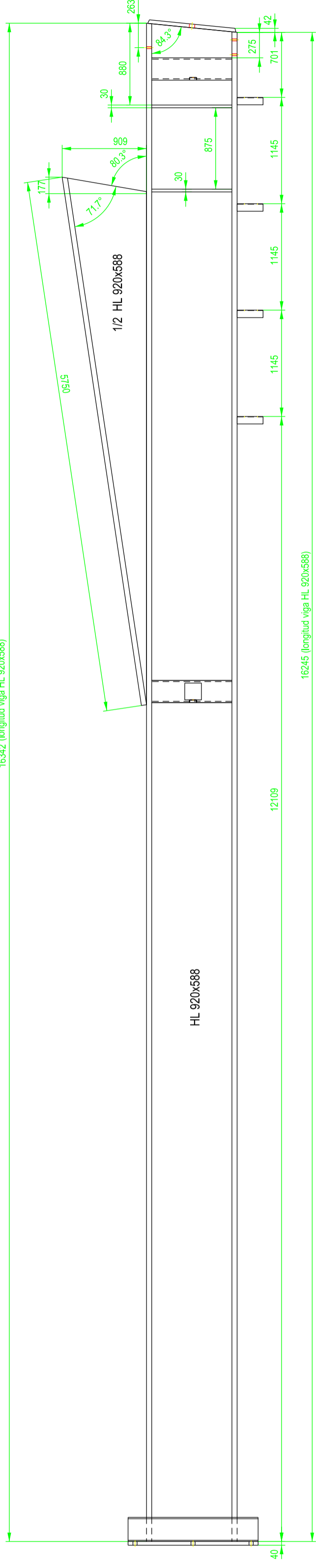
AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González
TÍTULO PLANO: Ensamblaje pilares C5 y C7

FORMATO: A2
ESCALA: 1/40
PLANO Nº.: PT-50

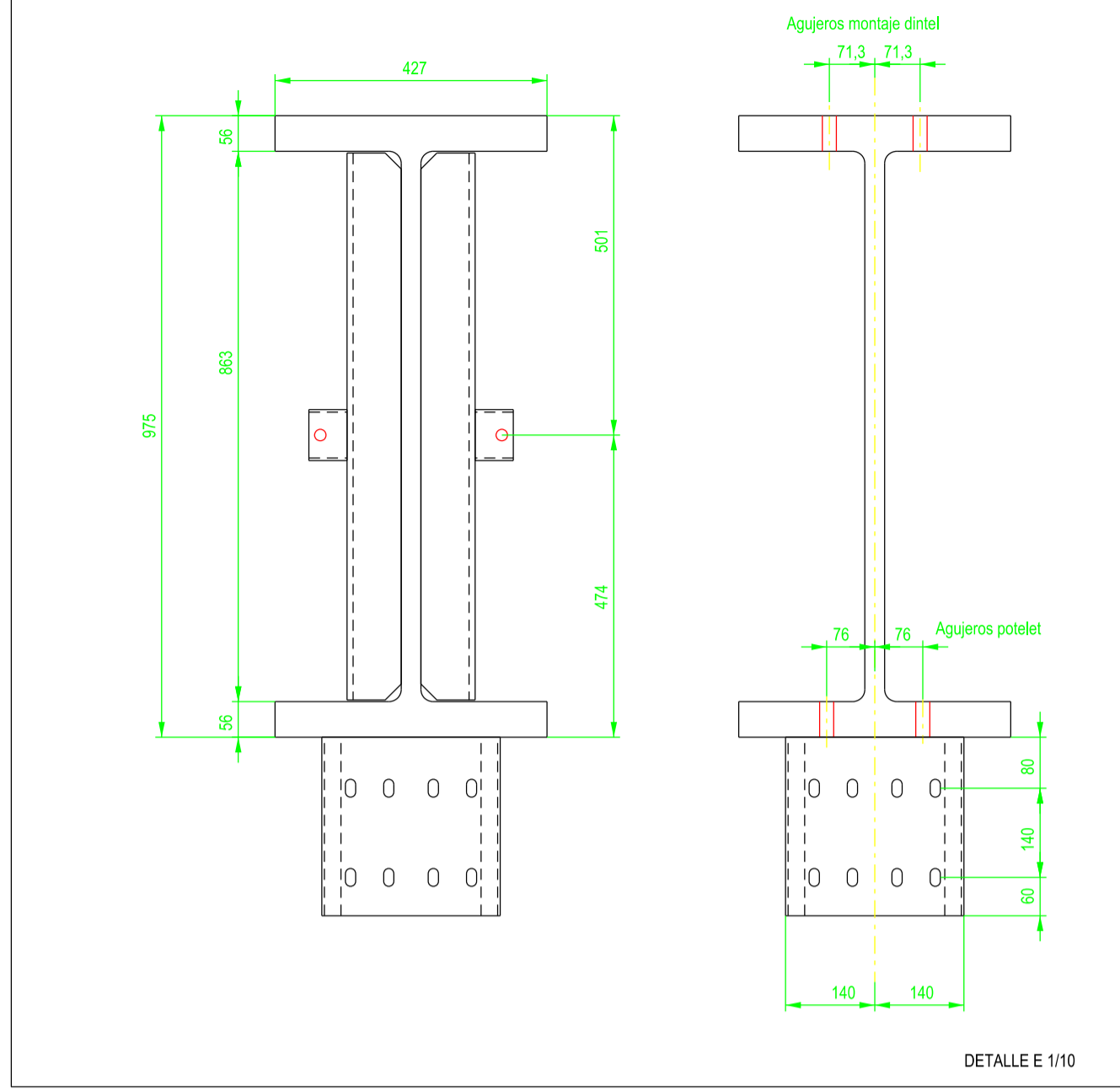
DETALLE E 1/10



16342 (longitud viga HL 920x588)



DETALLE E 1/10

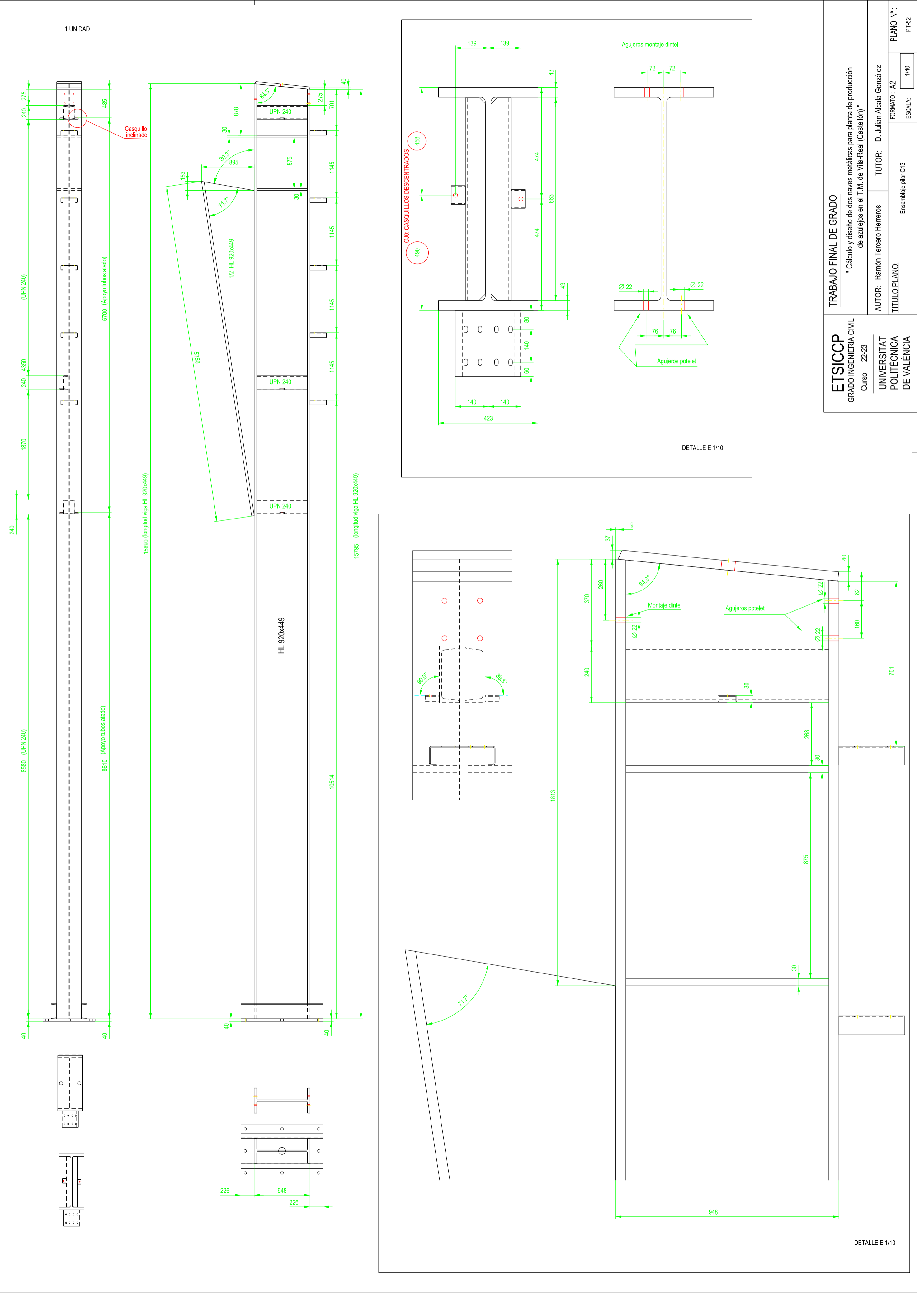


DETALLE E 1/10

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje pilar C6
FORMATO: A2
ESCALA: 1/40
PLANO Nº.: PT-51



1 UNIDAD

Casquillo inclinado

11/2 HL 920x449

HL 920x449

TRABAJO FINAL DE GRADO

ETSIICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TUTOR: D. Julián Alcalá González

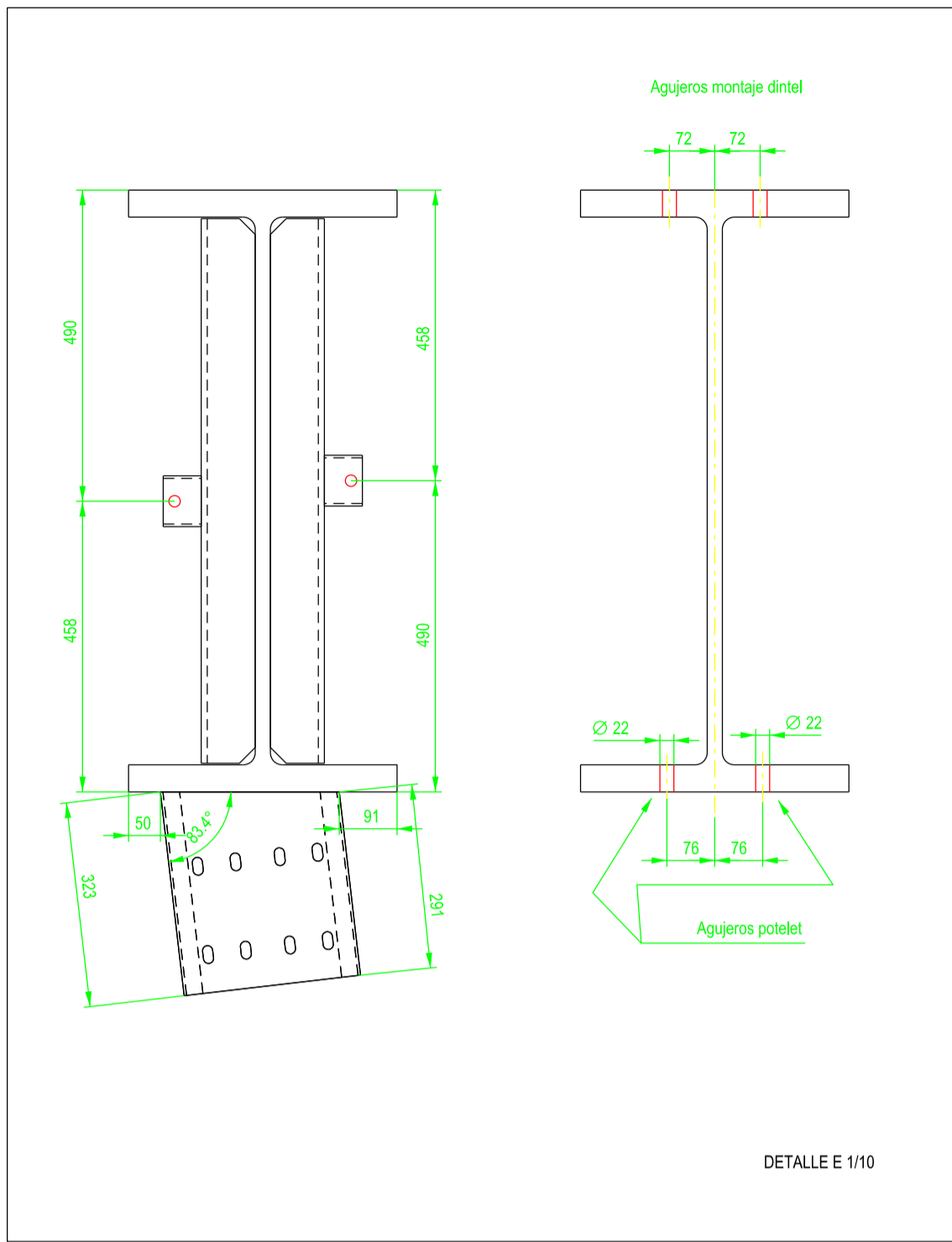
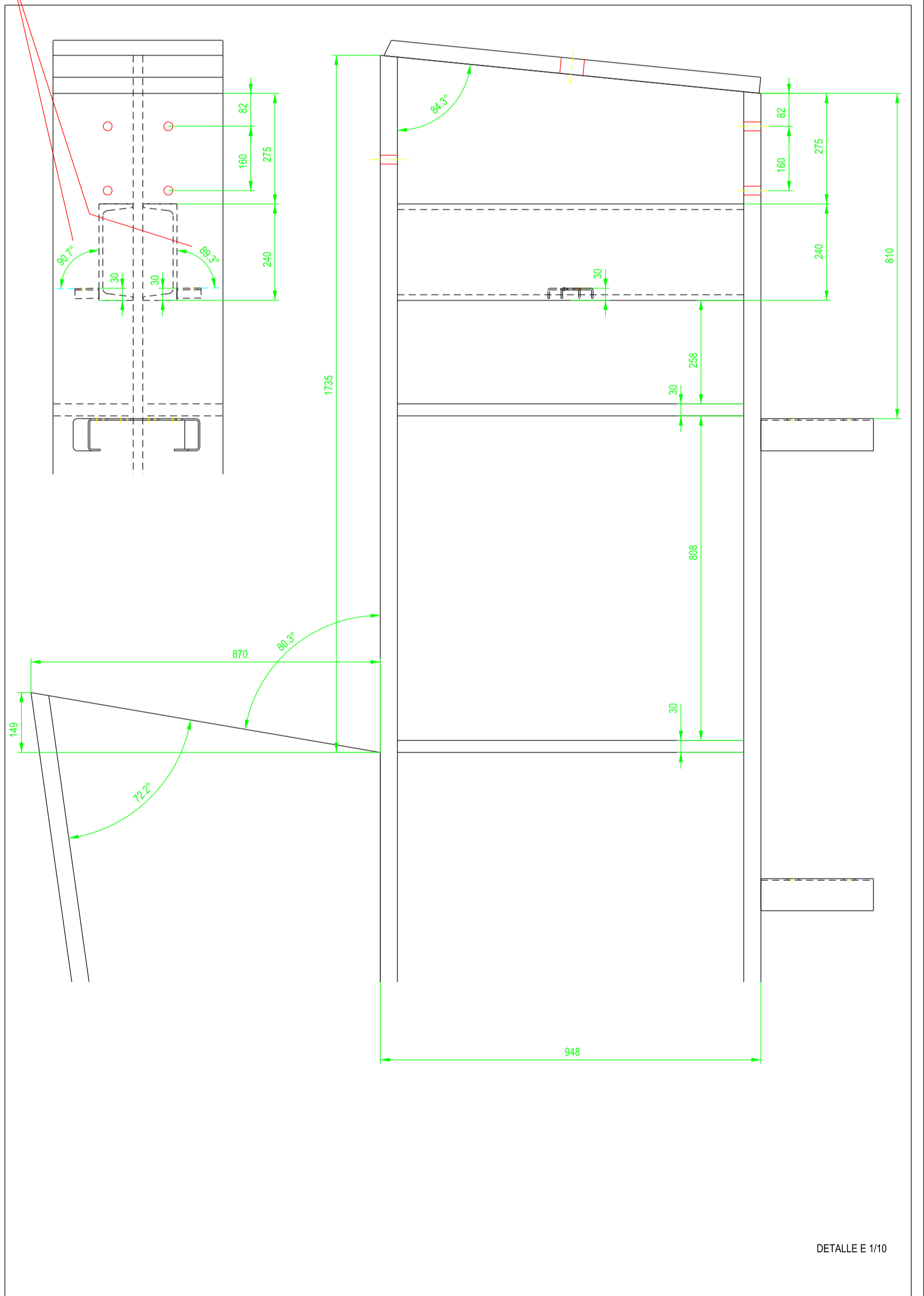
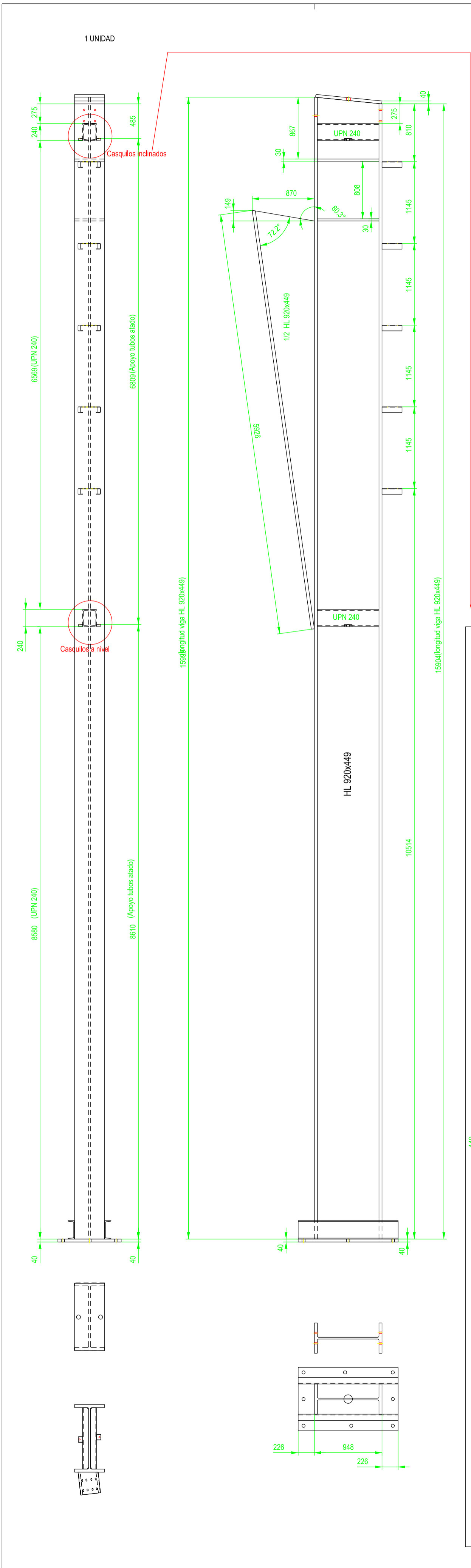
AUTOR: Ramón Tercero Herreros

FORMATO: A2
ESCALA: 1/40
PLANO Nº.: PT-52

TÍTULO PLANO: Ensamblaje pilar C13

DETALLE E 1/10

DETALLE E 1/10



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO:

Ensamblaje pilar C14

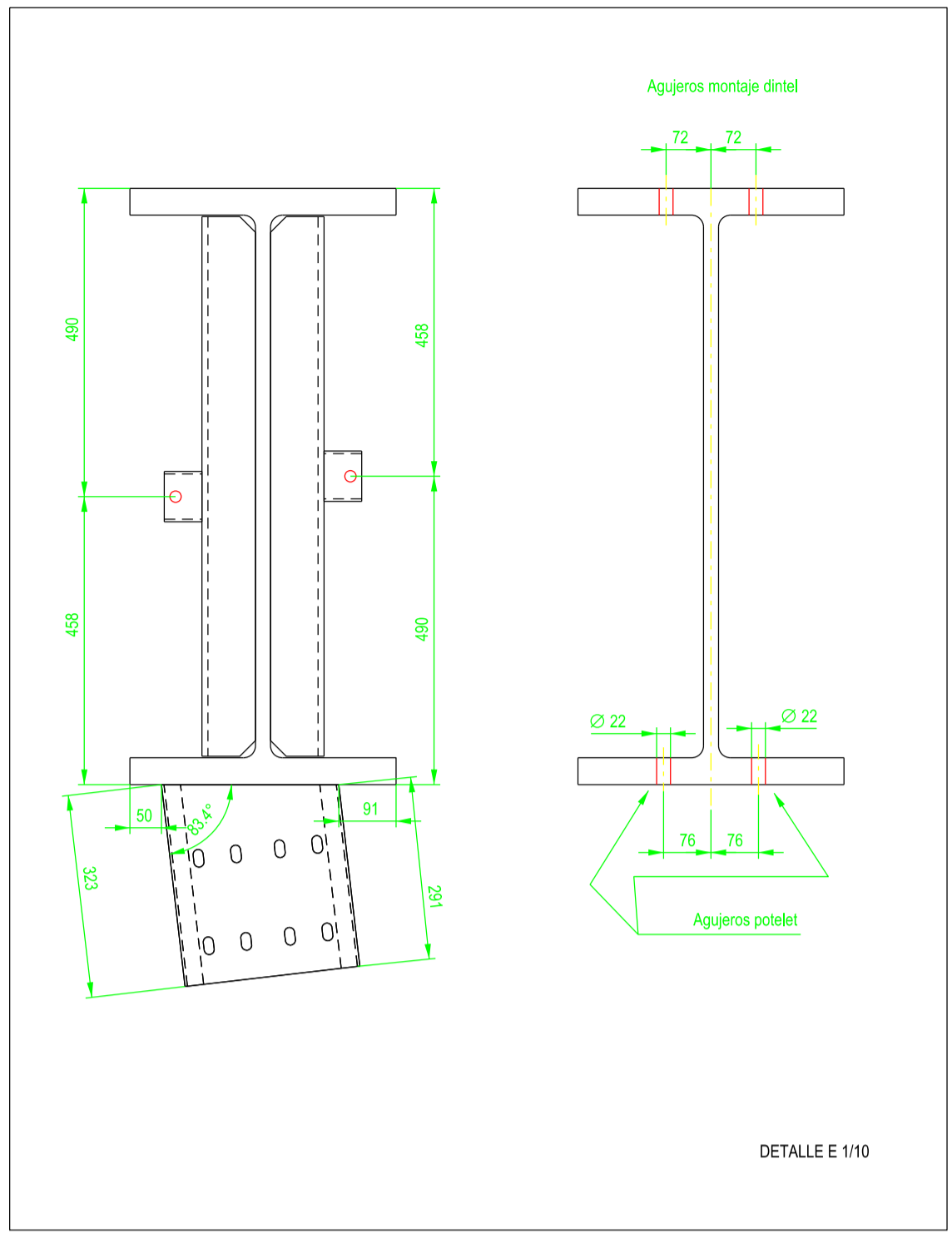
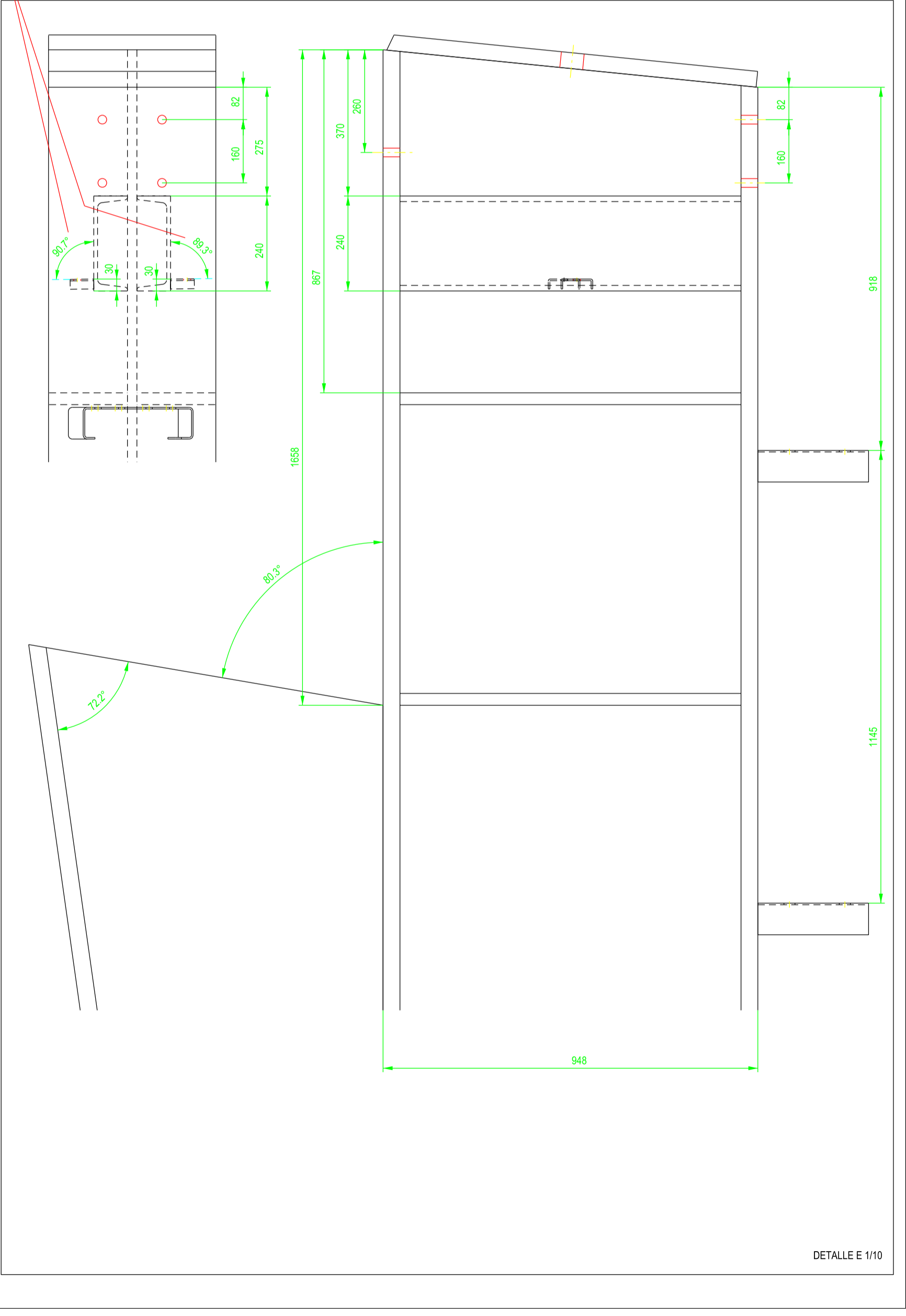
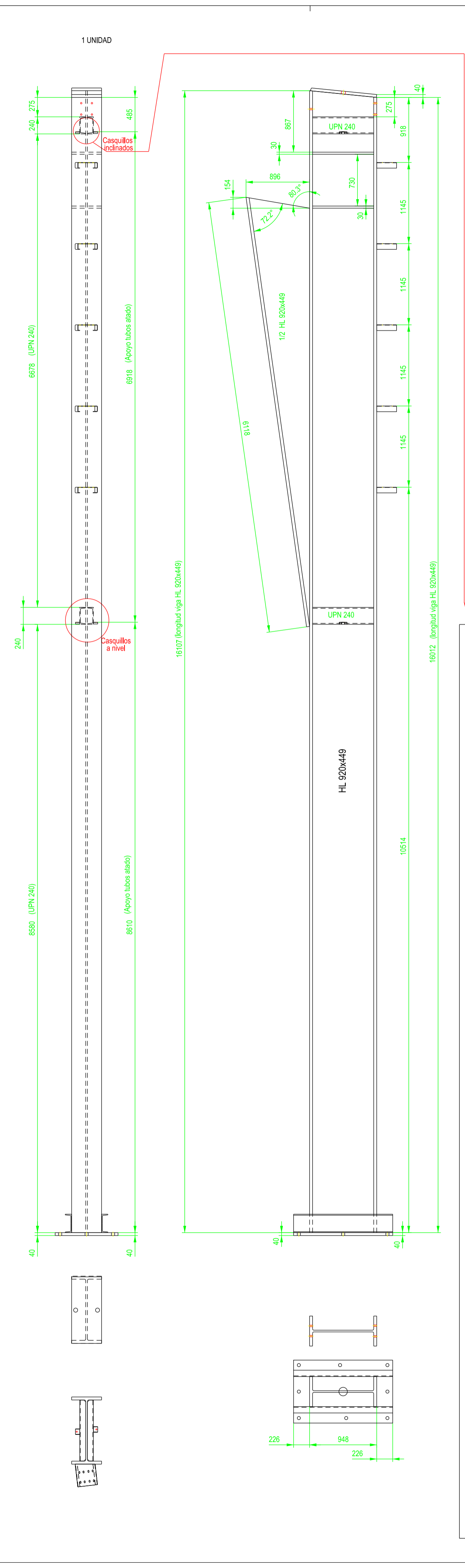
FORMATO: A2

PLANO Nº.:

1/40

PT-53

DETALLE E 1/10



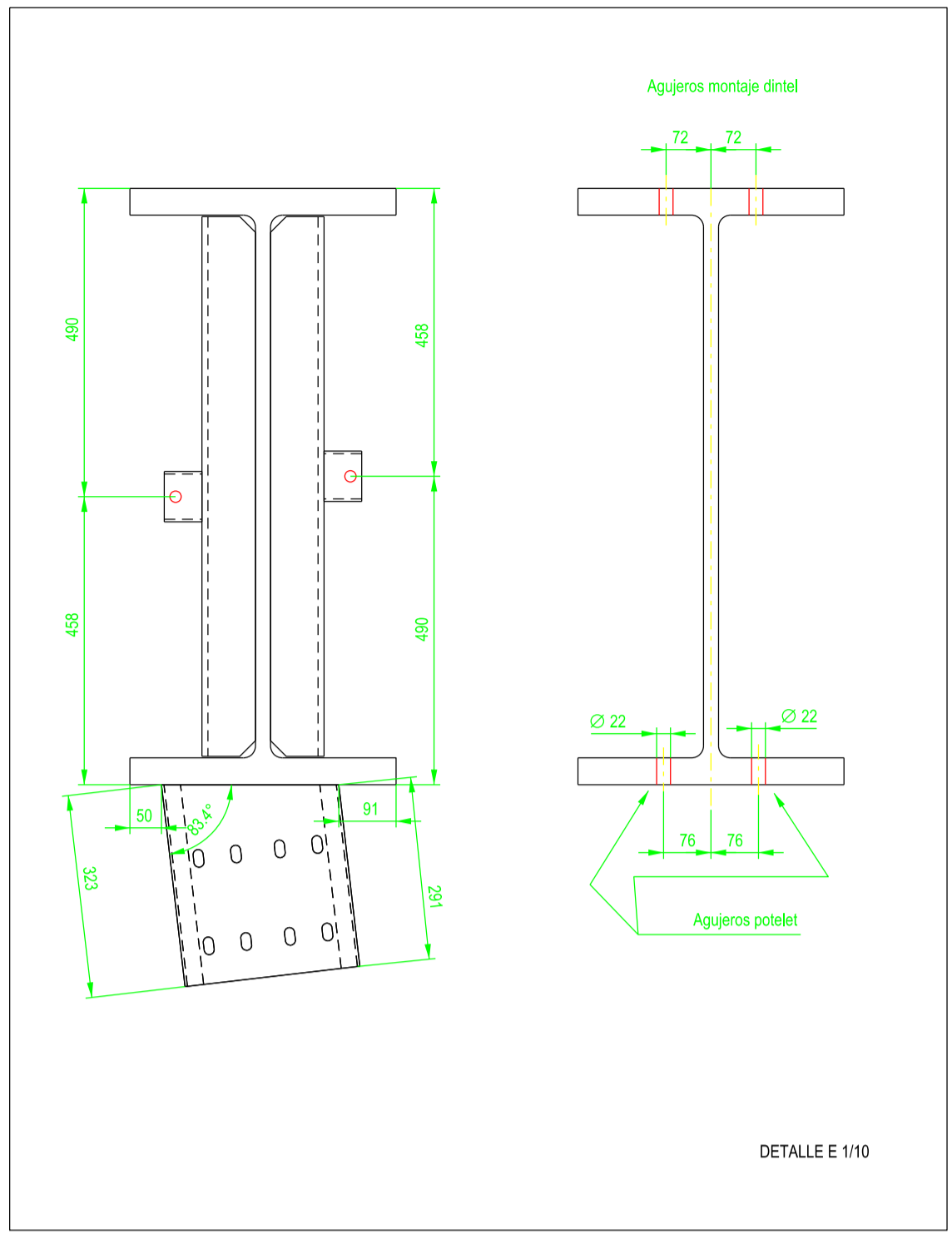
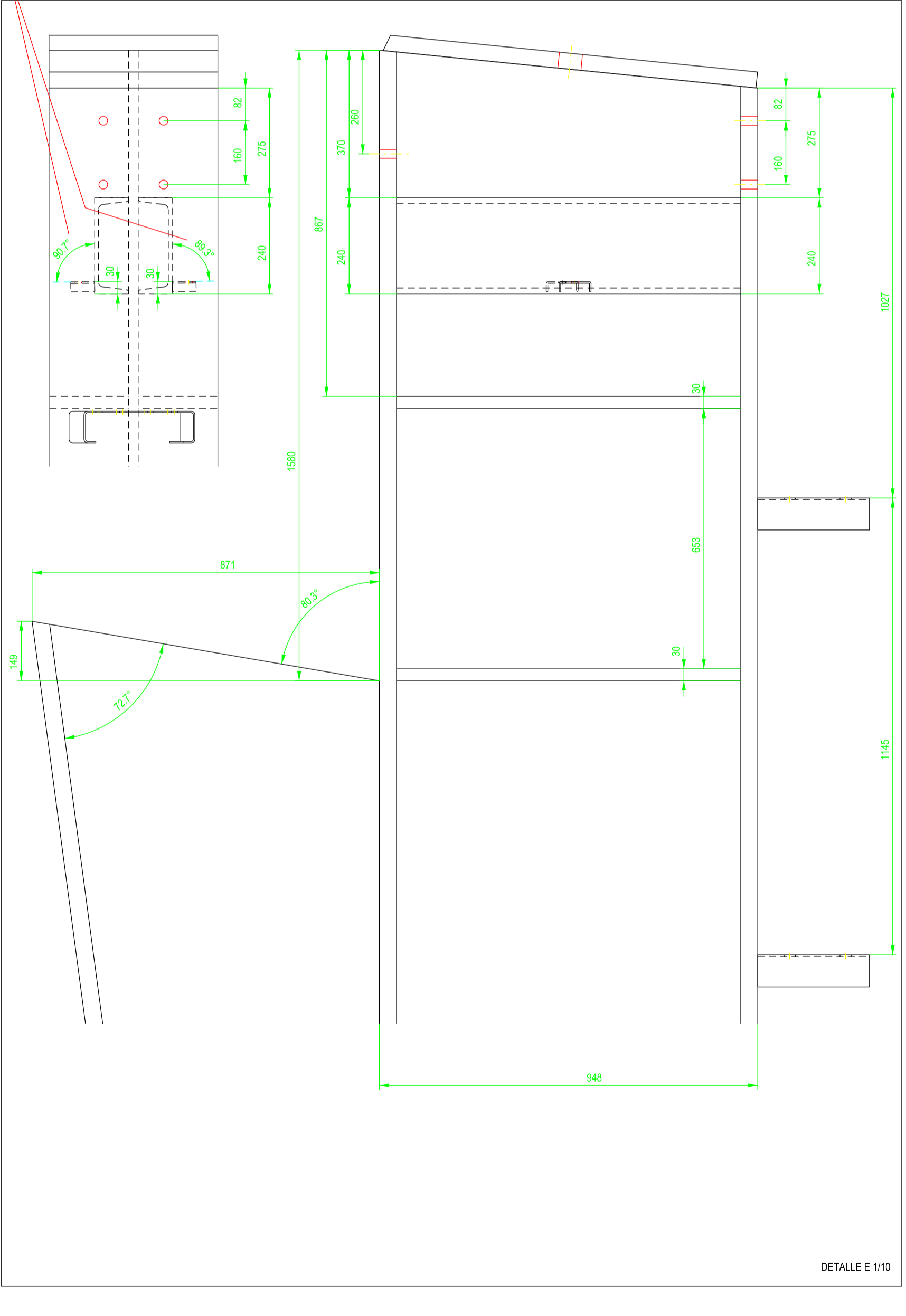
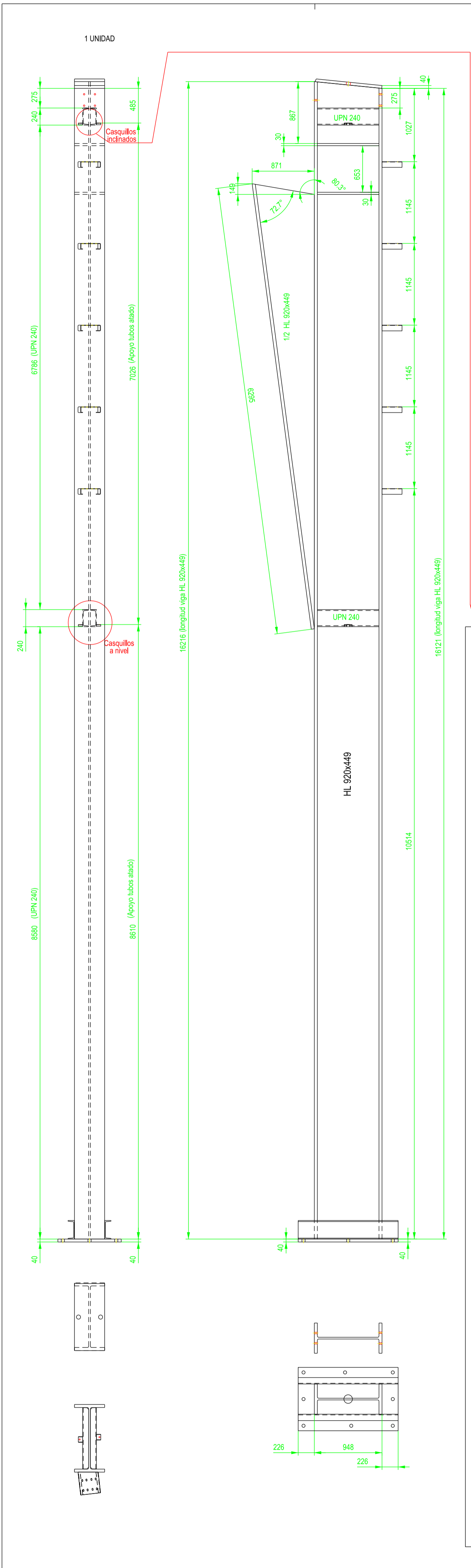
ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
 " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
 TUTOR: D. Julián Alcalá González

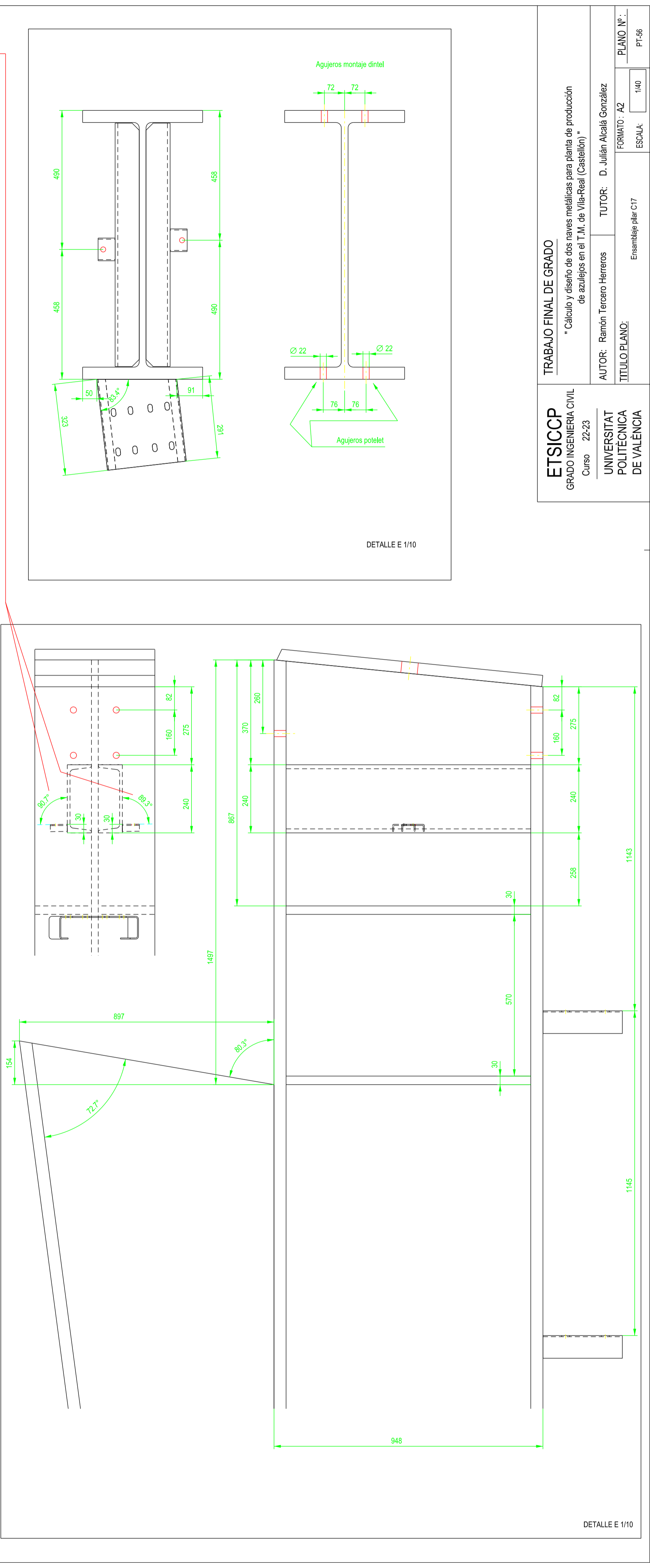
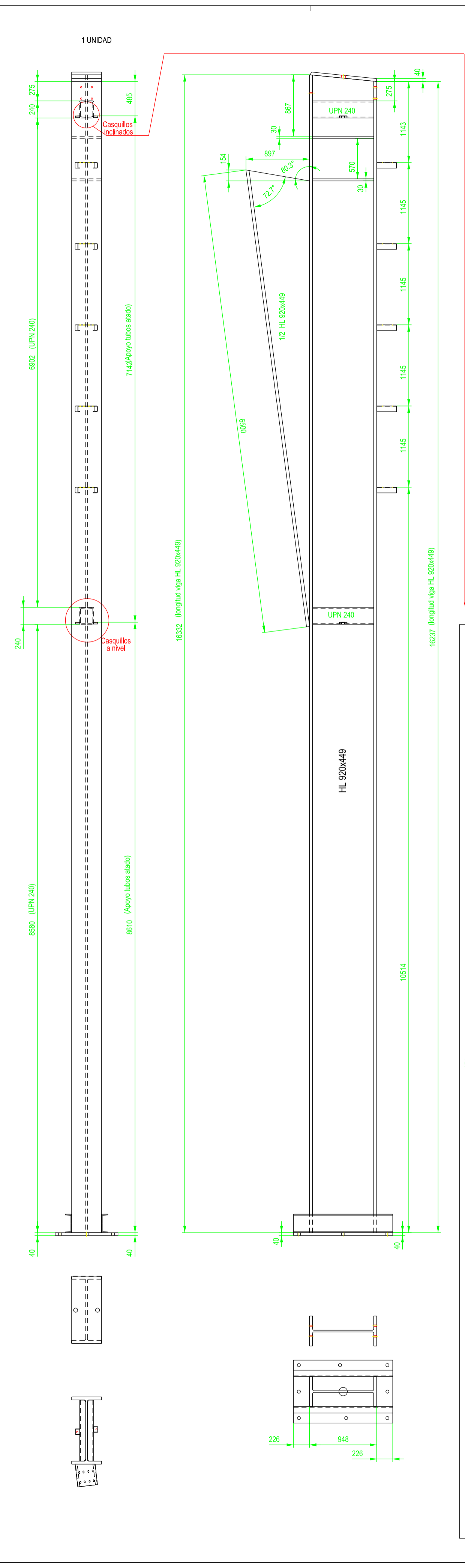
TÍTULO PLANO: Ensamblaje pilar C15
 FORMATO: A2
 ESCALA: 1/40
 PLANO Nº.: PT-54

DETALLE E 1/10



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23		TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	FORMATO: A2
	TÍTULO PLANO: Ensamblaje pilar C16		ESCALA: 1/40
			PLANO Nº.: PT-55

DETALLE E 1/10



ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23

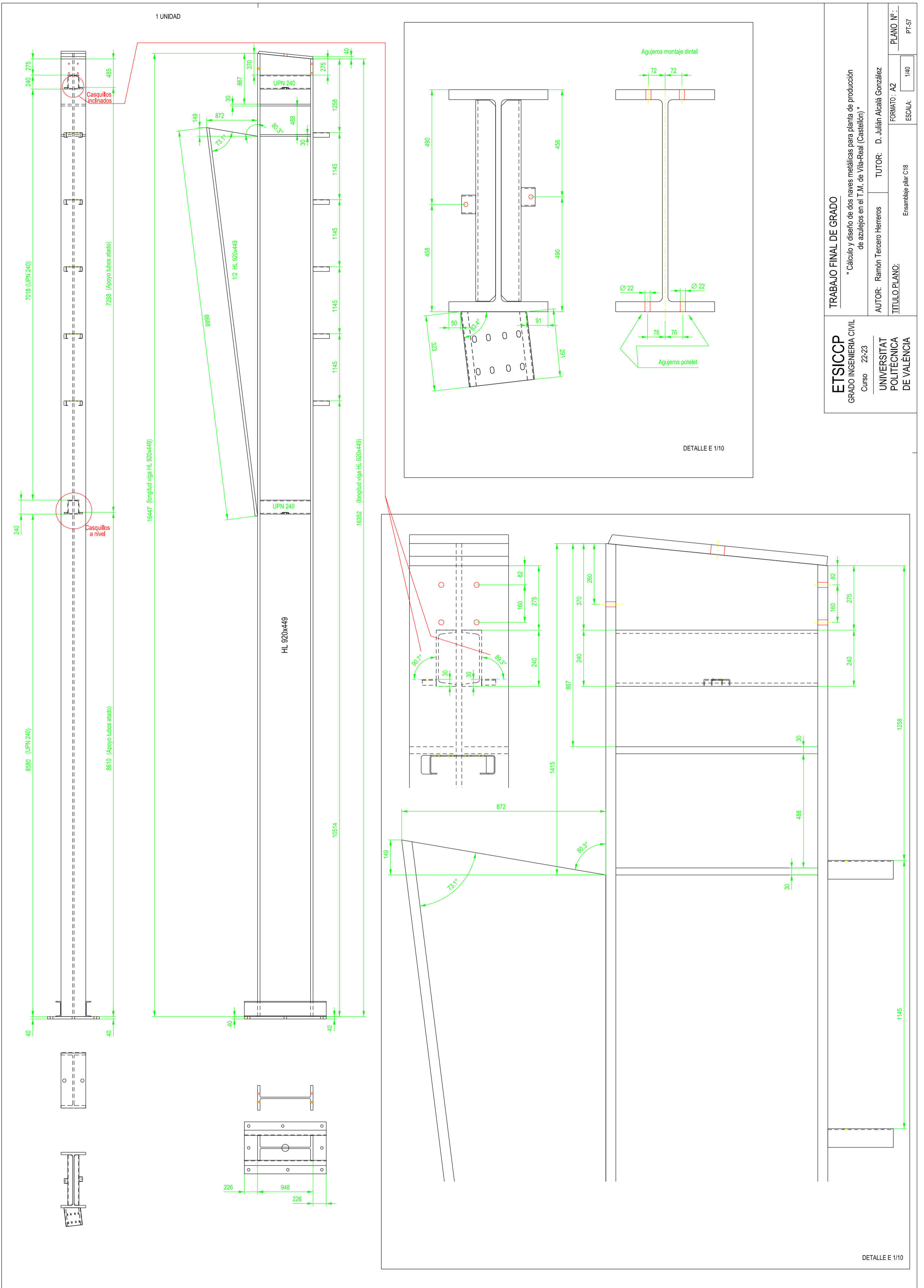
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
 * Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
 TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:
 Ensamblaje pilar C17

FORMATO: A2
 ESCALA: 1/40
 PLANO Nº.: PT-56



TRABAJO FINAL DE GRADO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

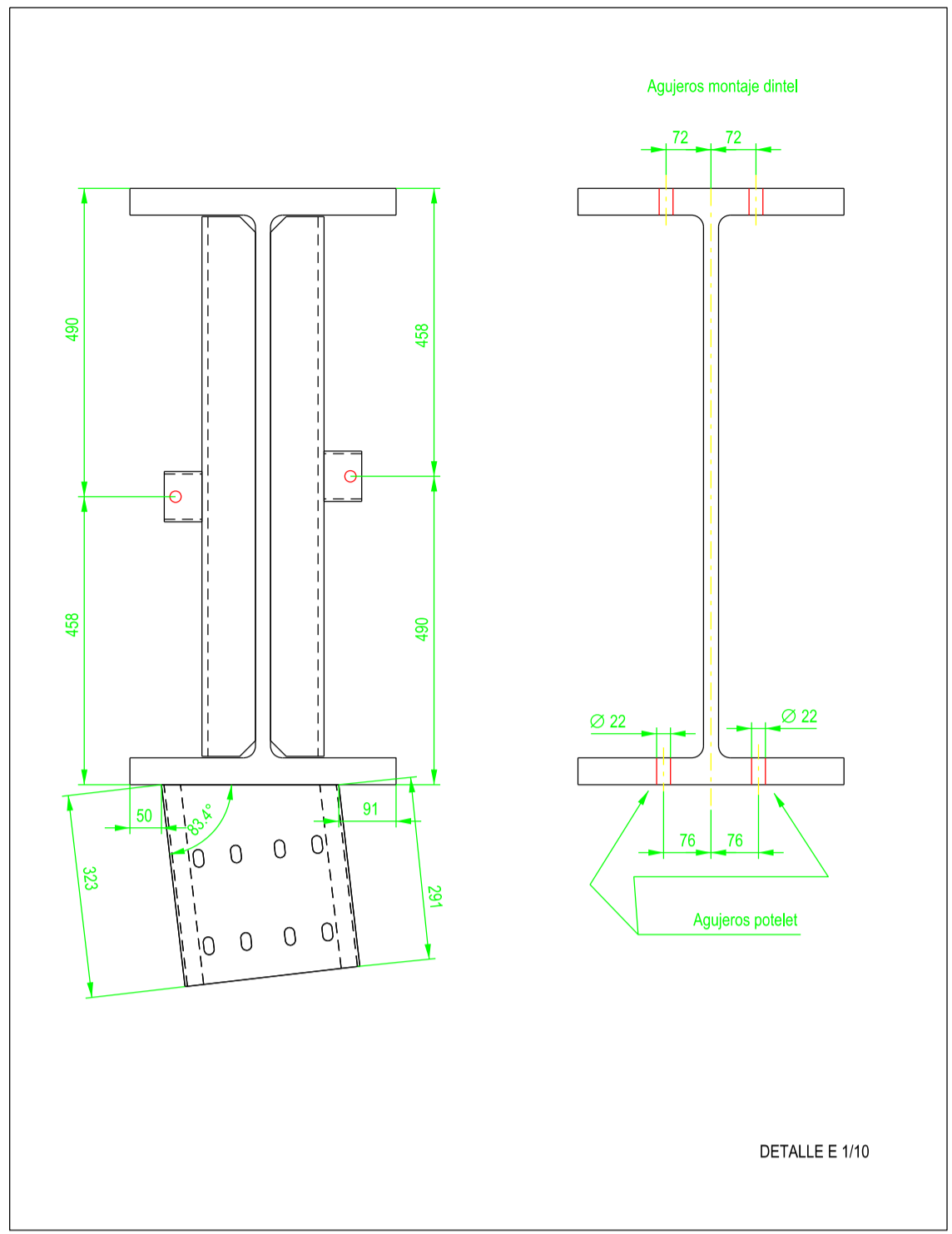
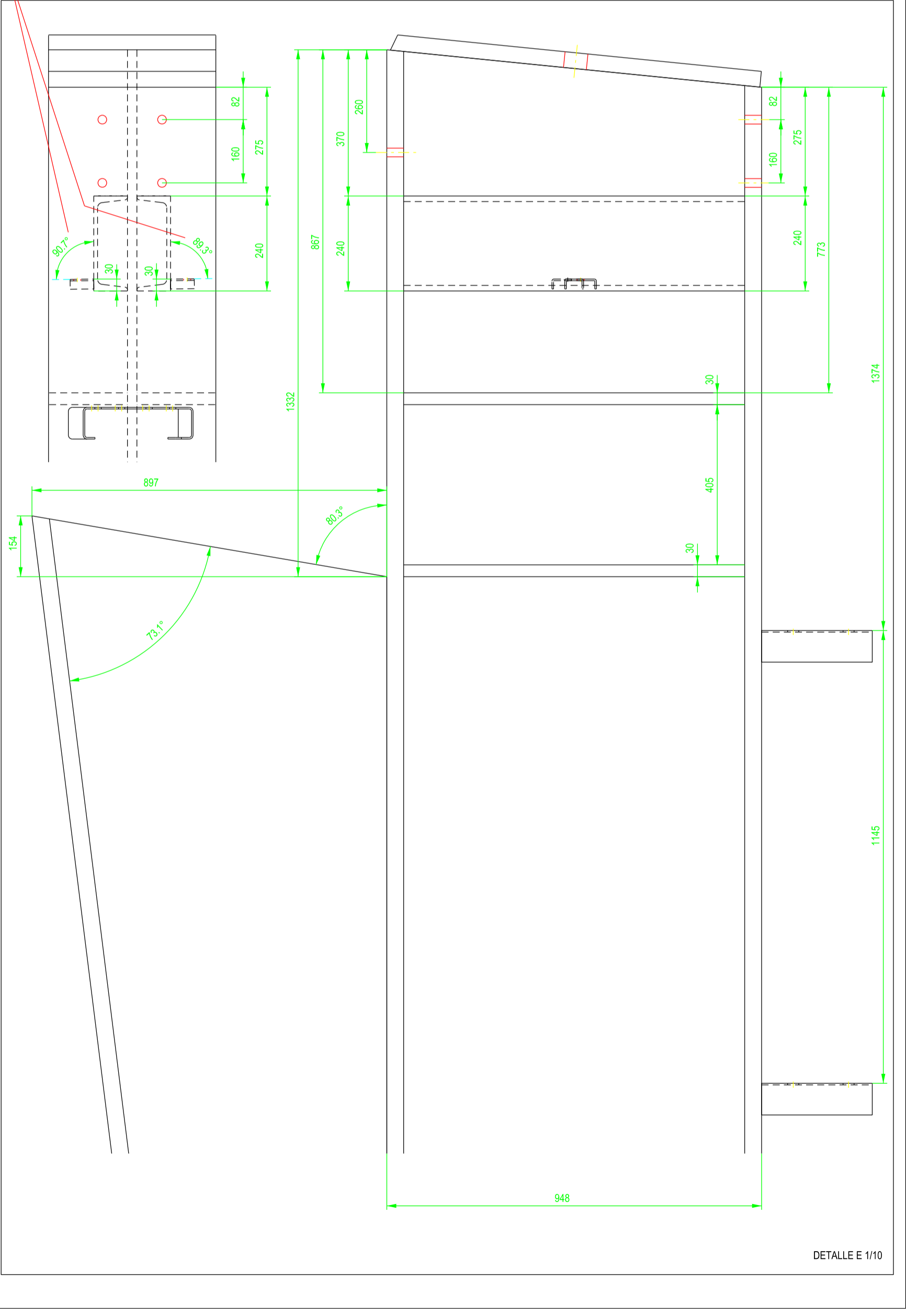
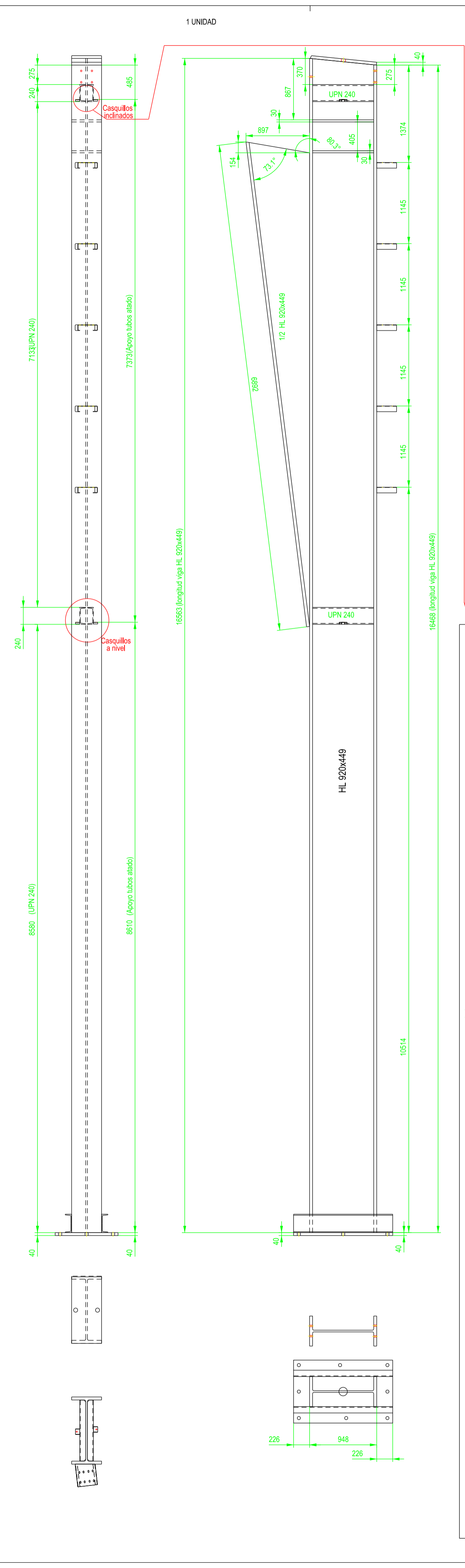
TUTOR: D. Julián Alcalá González

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TÍTULO PLANO: Ensamblaje pilar C18

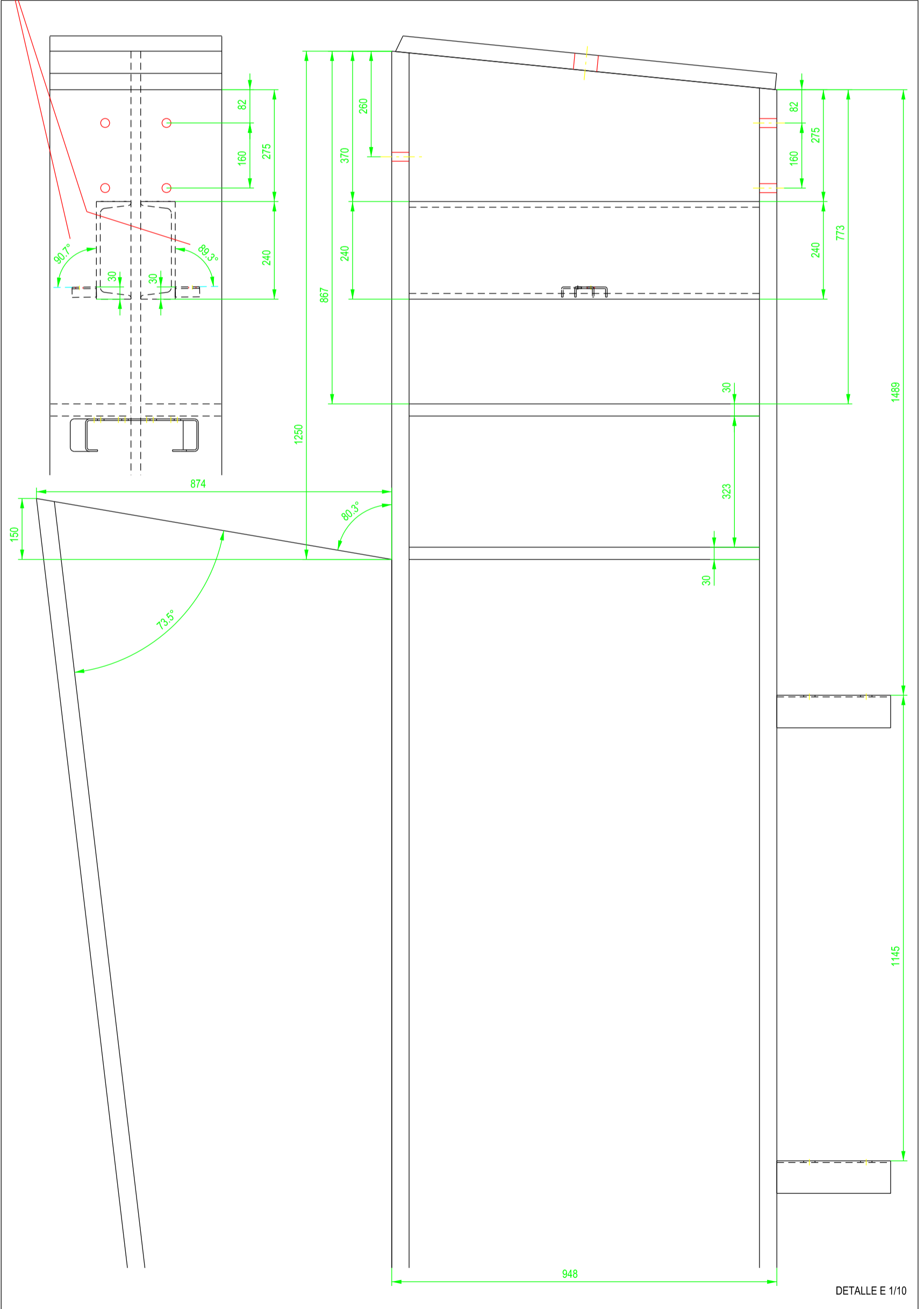
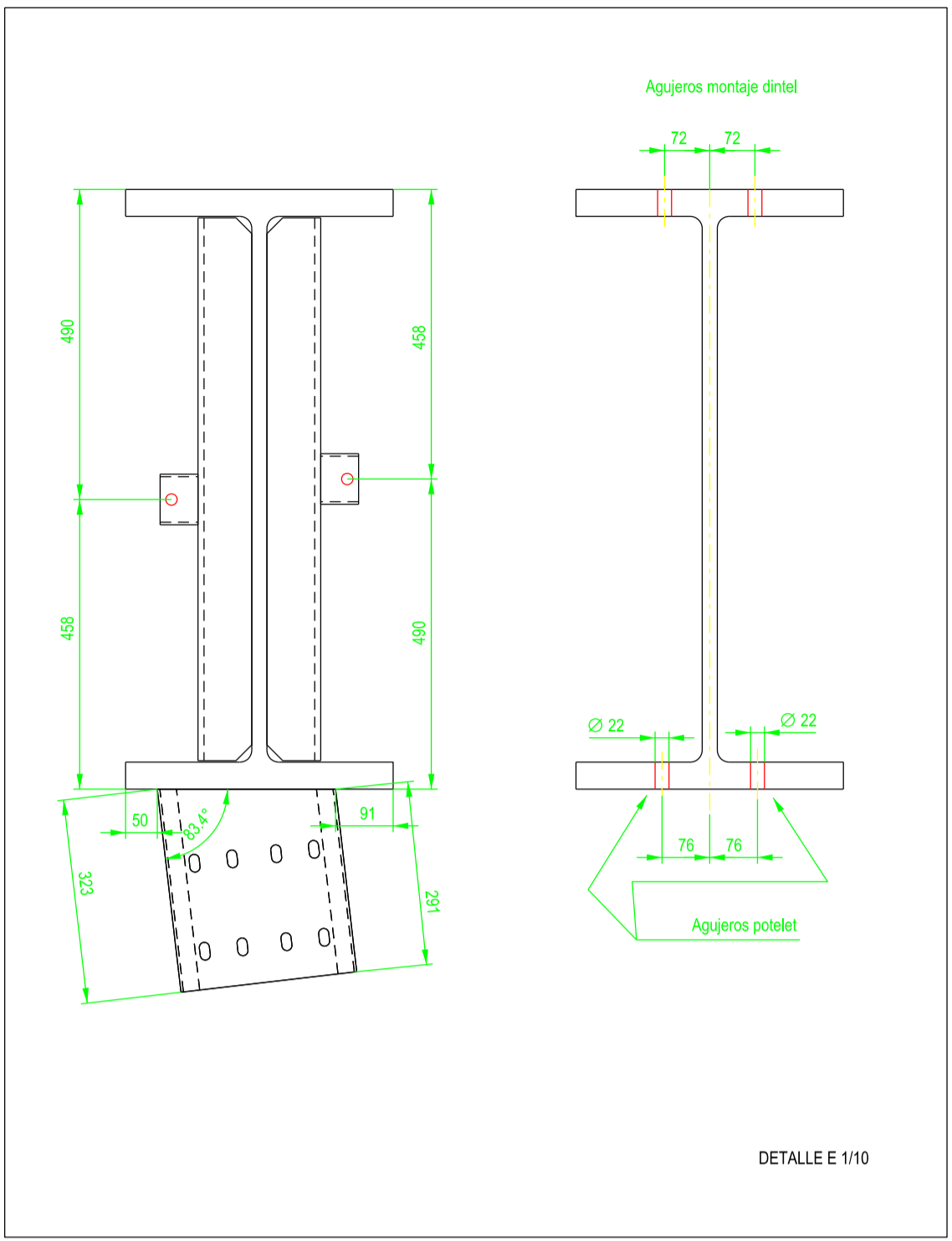
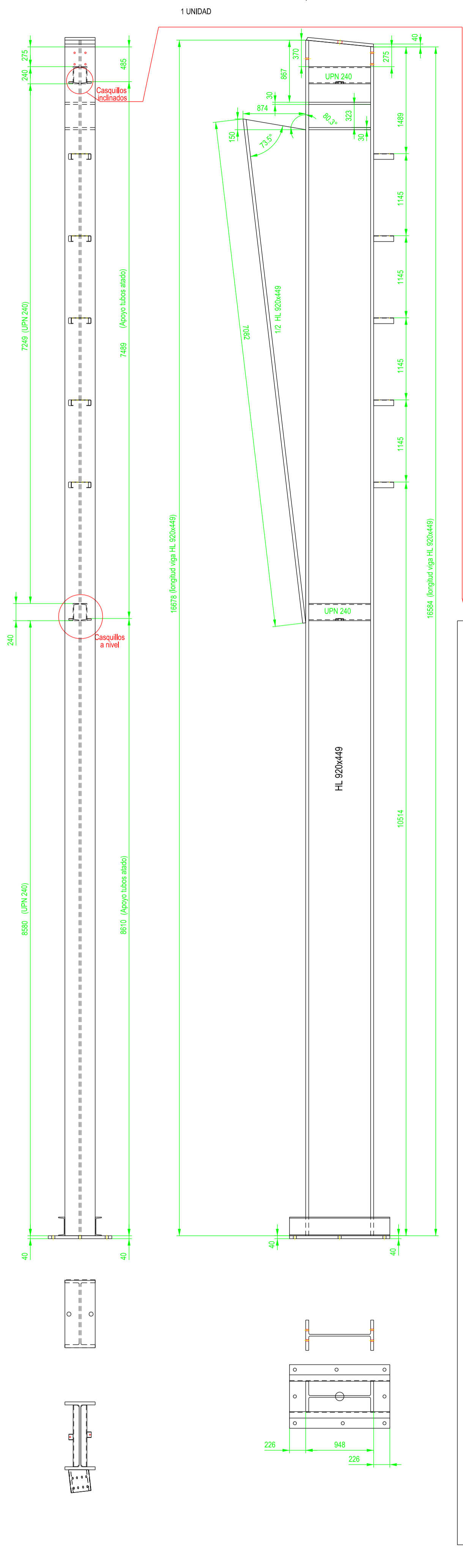
PLANO Nº.: 1/40

ESCALA: PT-57



ETSICCP		TRABAJO FINAL DE GRADO	
GRADO INGENIERIA CIVIL		" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
Curso 22-23	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	FORMATO: A2
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TÍTULO PLANO:	Ensamblaje pilar C19	PLANO Nº.: PT-58
		ESCALA:	1:40

DETAILLE E 1/10



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

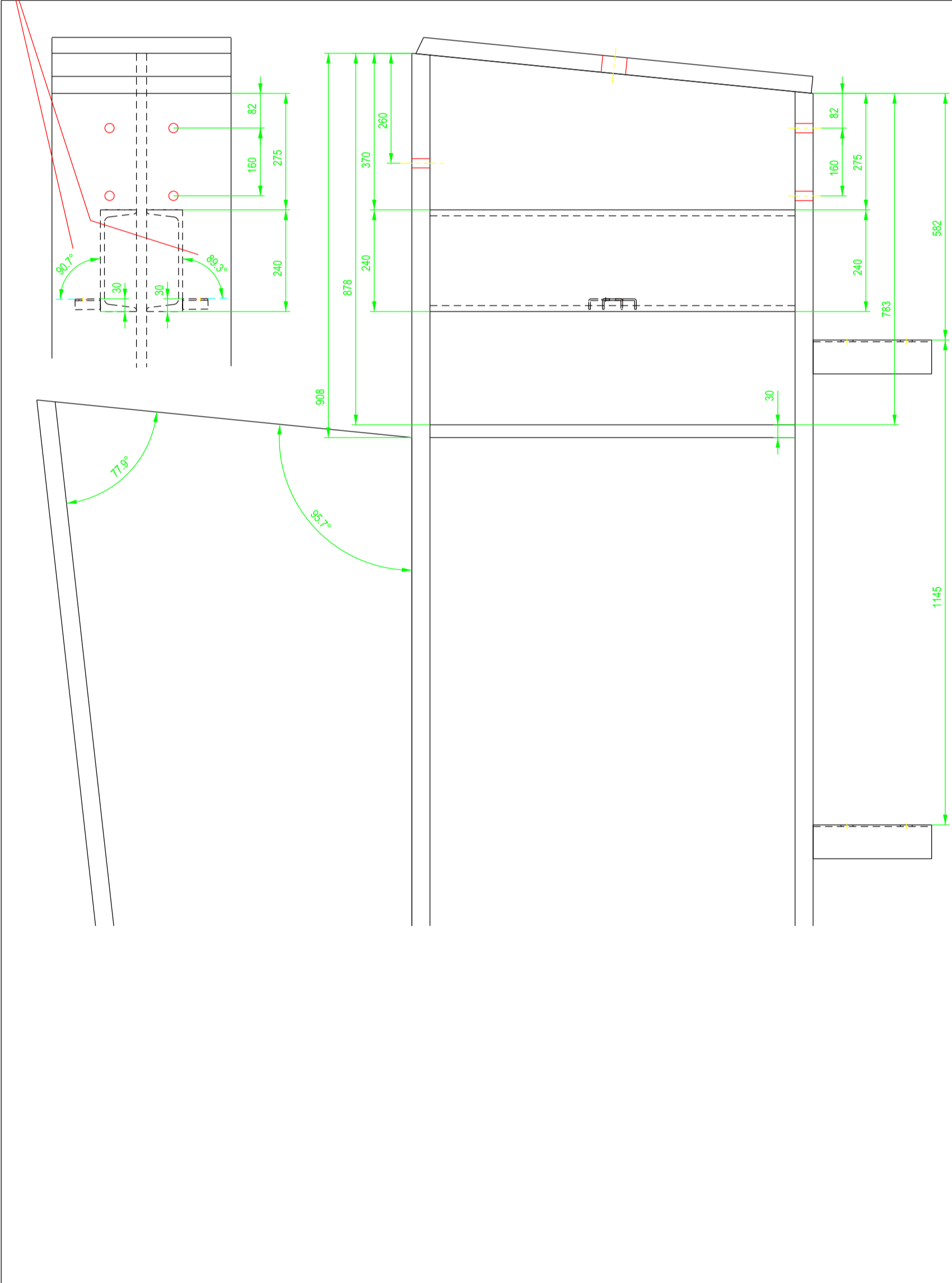
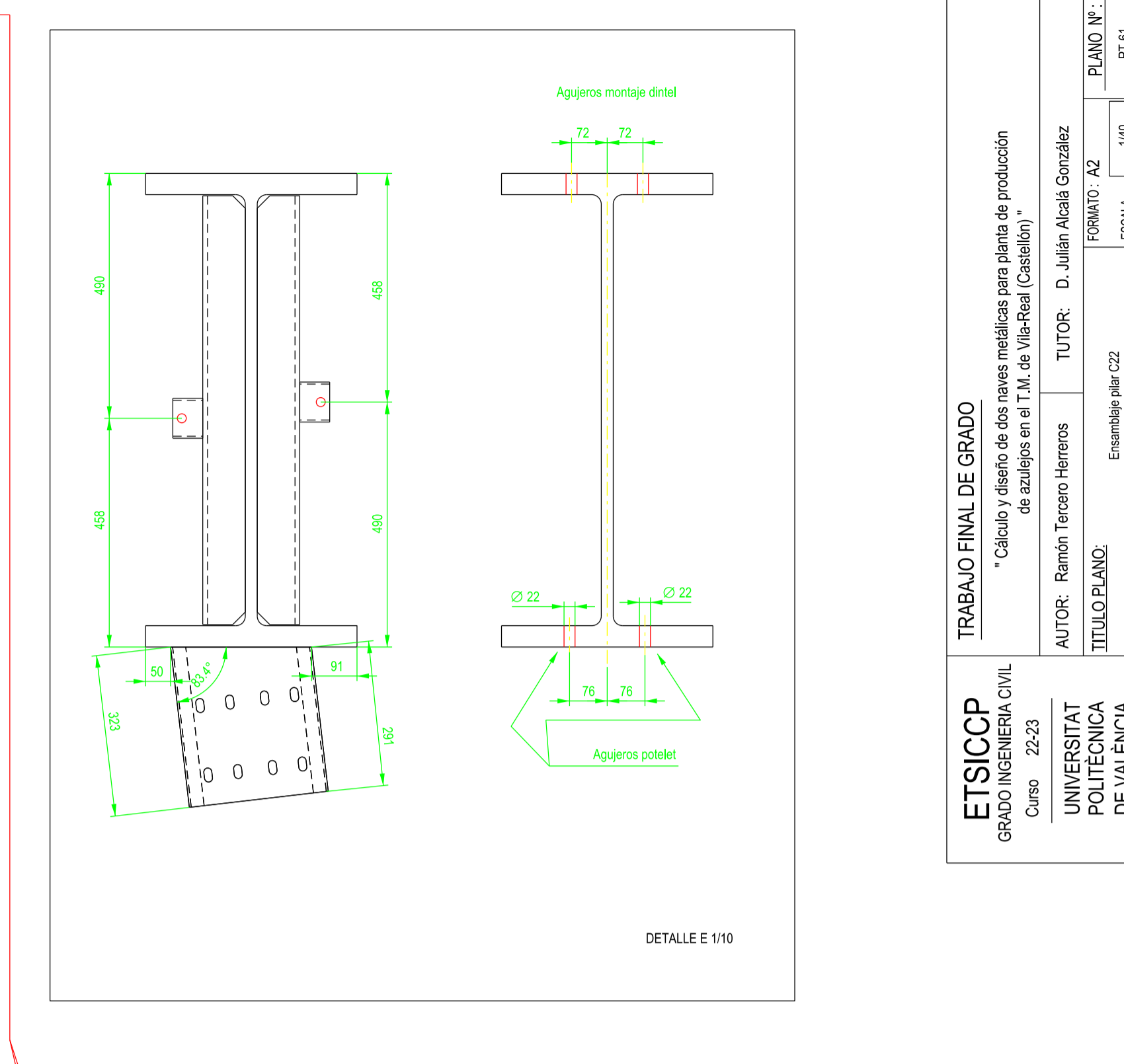
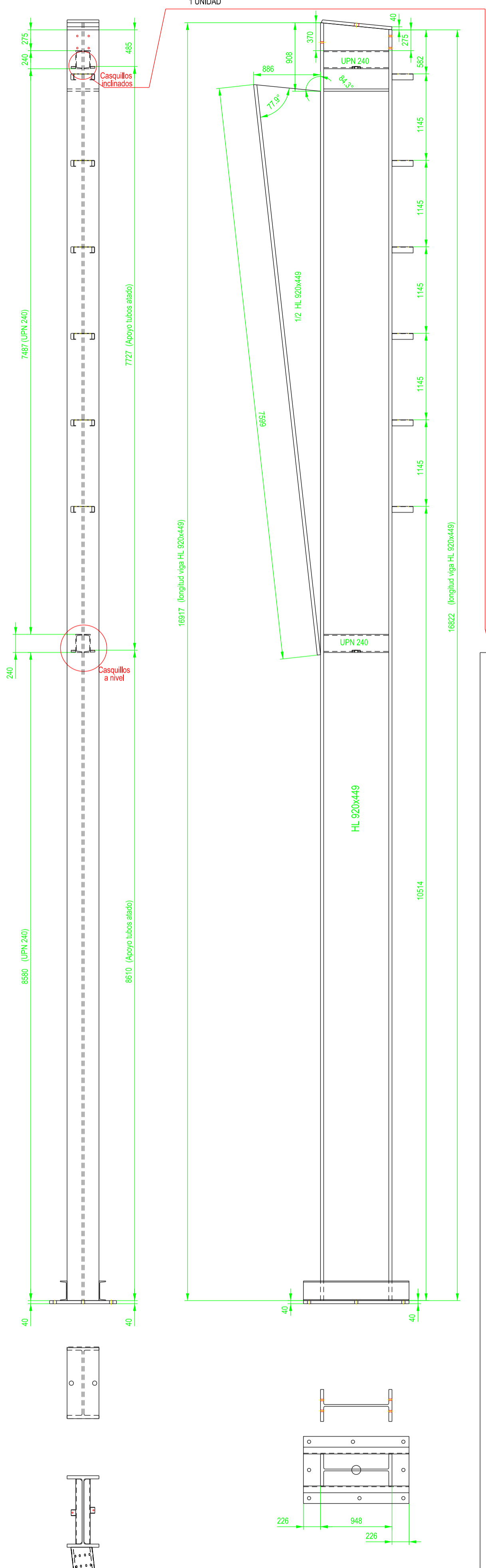
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González

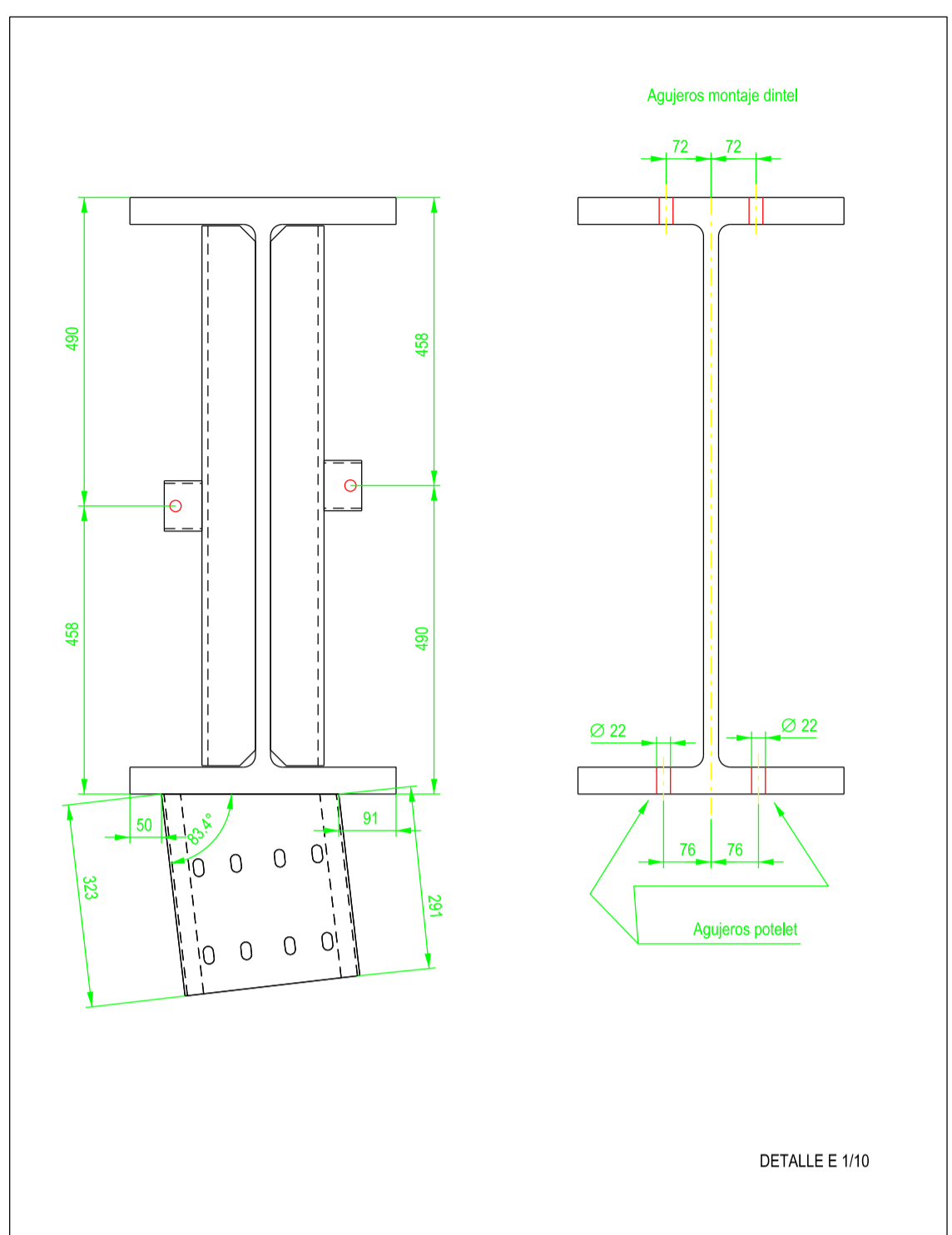
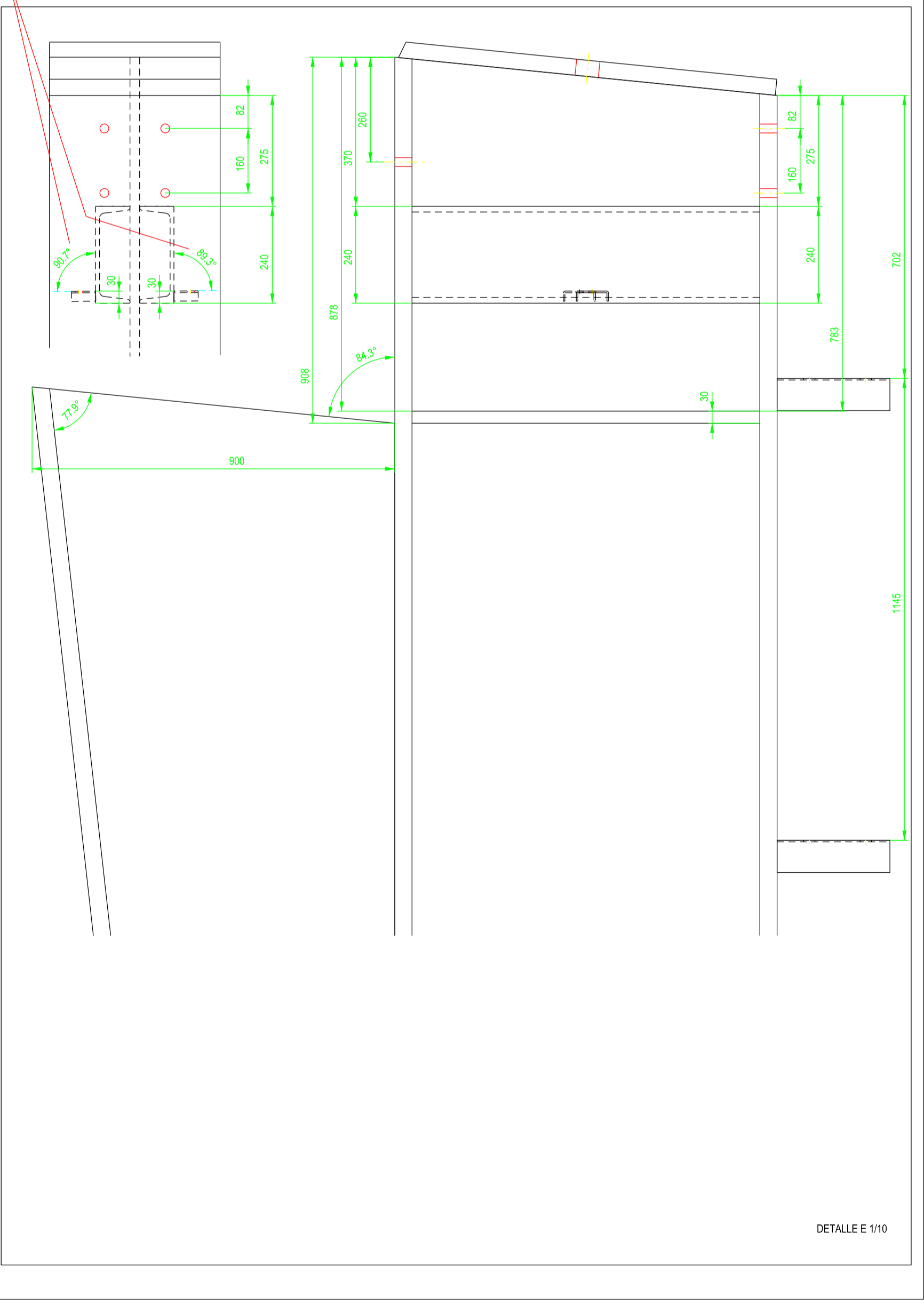
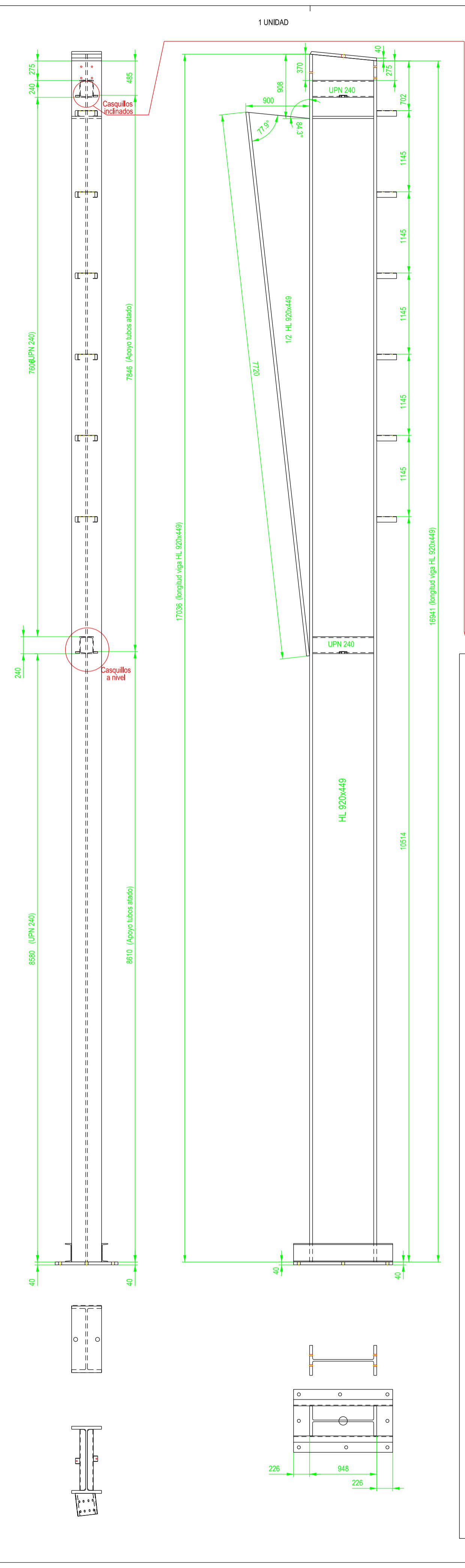
TÍTULO PLANO:
Ensamblaje pilar C20

FORMATO: A2
ESCALA: 1/40
PLANO Nº.: PT-59



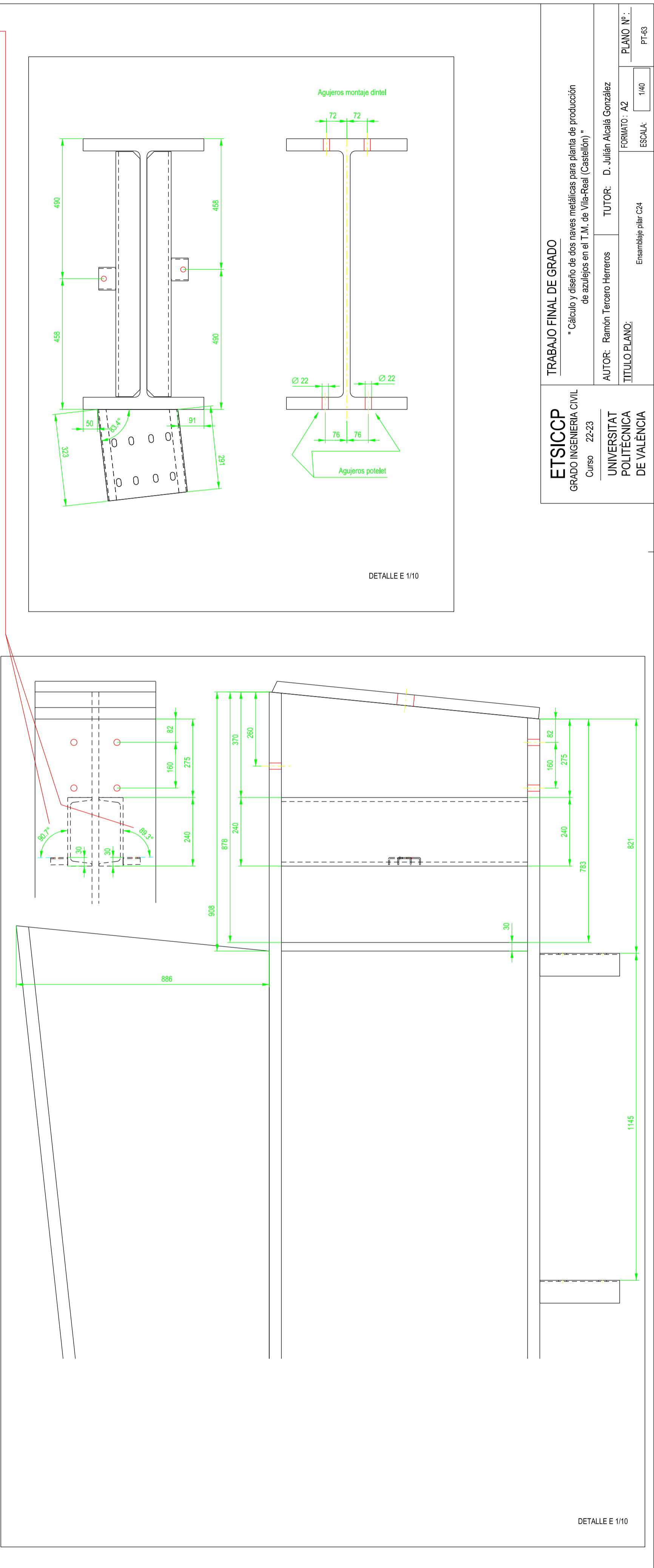
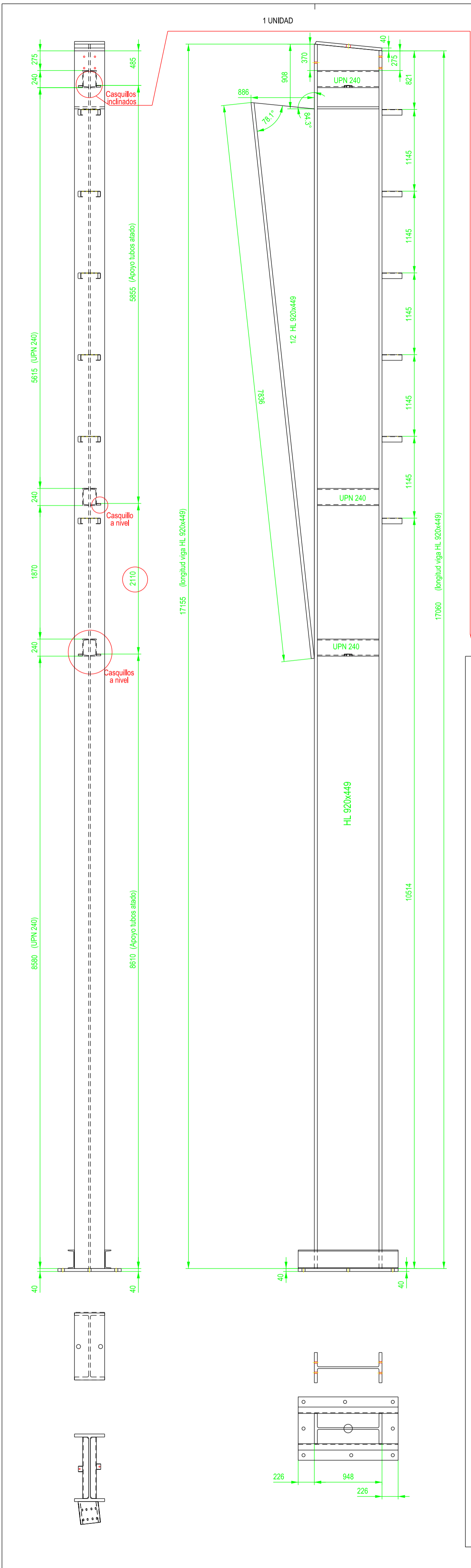
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23		TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO:		Ensamblaje pilar C22	FORMATO: A2
ESCALA:		1:40	PLANO Nº.: PT-61

DETALLE E 1/10



ETSIKCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23		TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TÍTULO PLANO: Ensamblaje pilar C23		FORMATO: A2	PLANO Nº.: 1/140
		ESCALA:	PT-62

DETALLE E 1/10



TRABAJO FINAL DE GRADO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

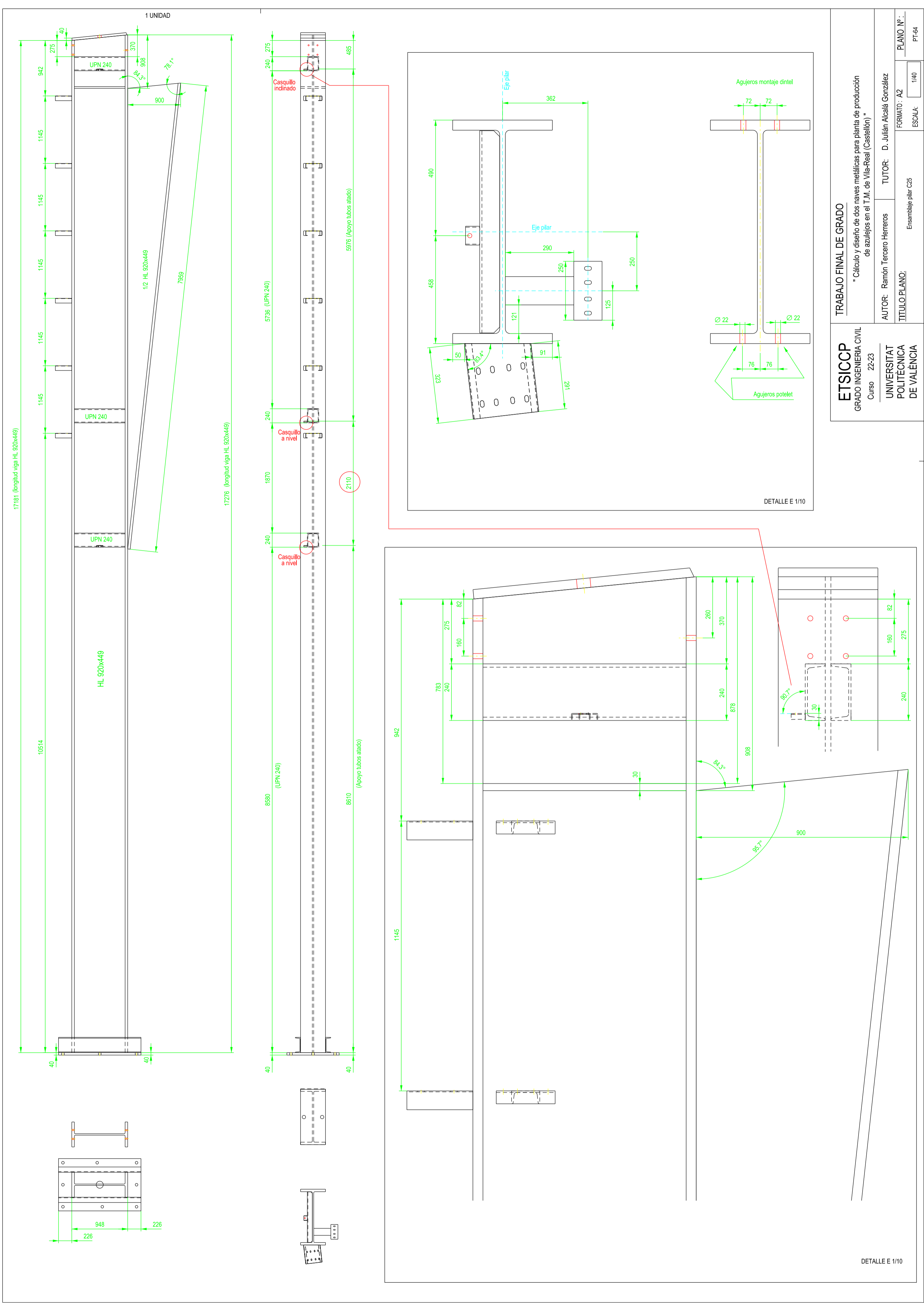
TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Ensamblaje pilar C24

FORMATO: A2

ESCALA: 1/40

PLANO Nº.: PT-63



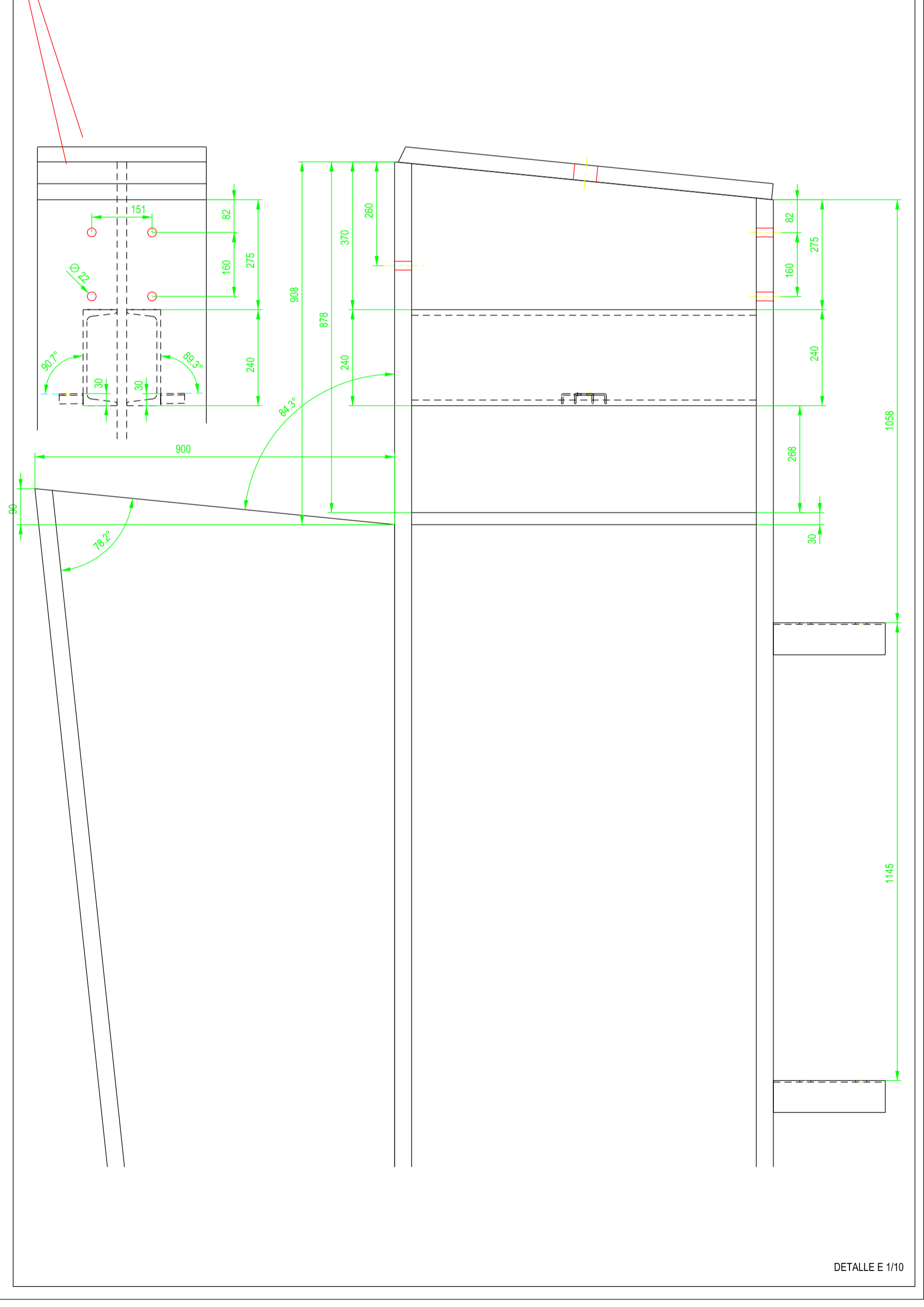
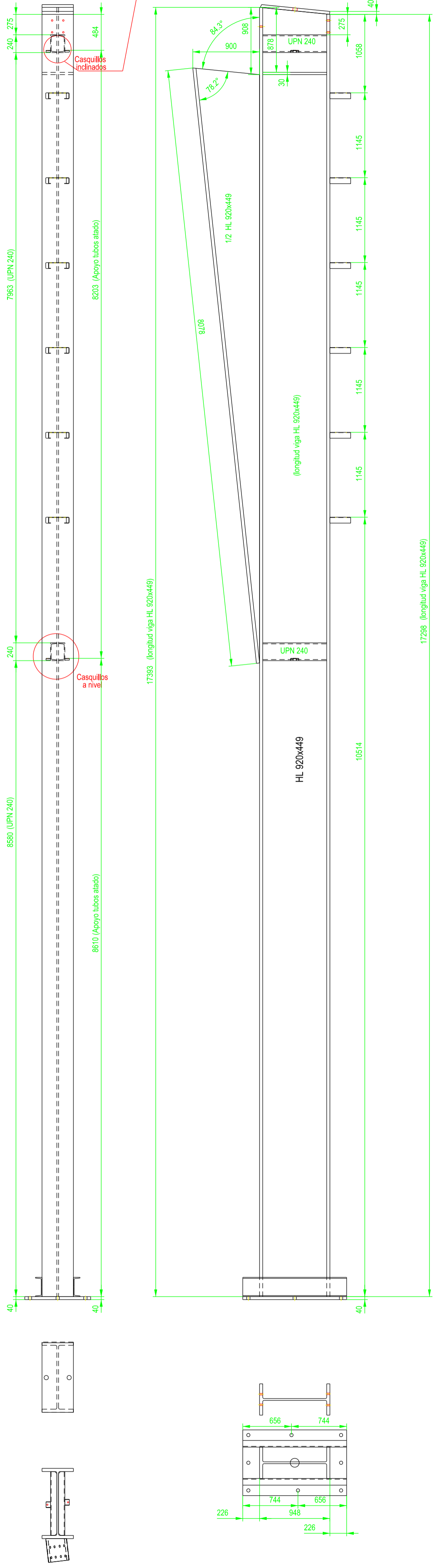
TRABAJO FINAL DE GRADO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL

* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *

Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González
TÍTULO PLANO: Ensamblaje pilar C25
FORMATO: A2
ESCALA: 1/40
PLANO Nº.: PT-64



TRABAJO FINAL DE GRADO

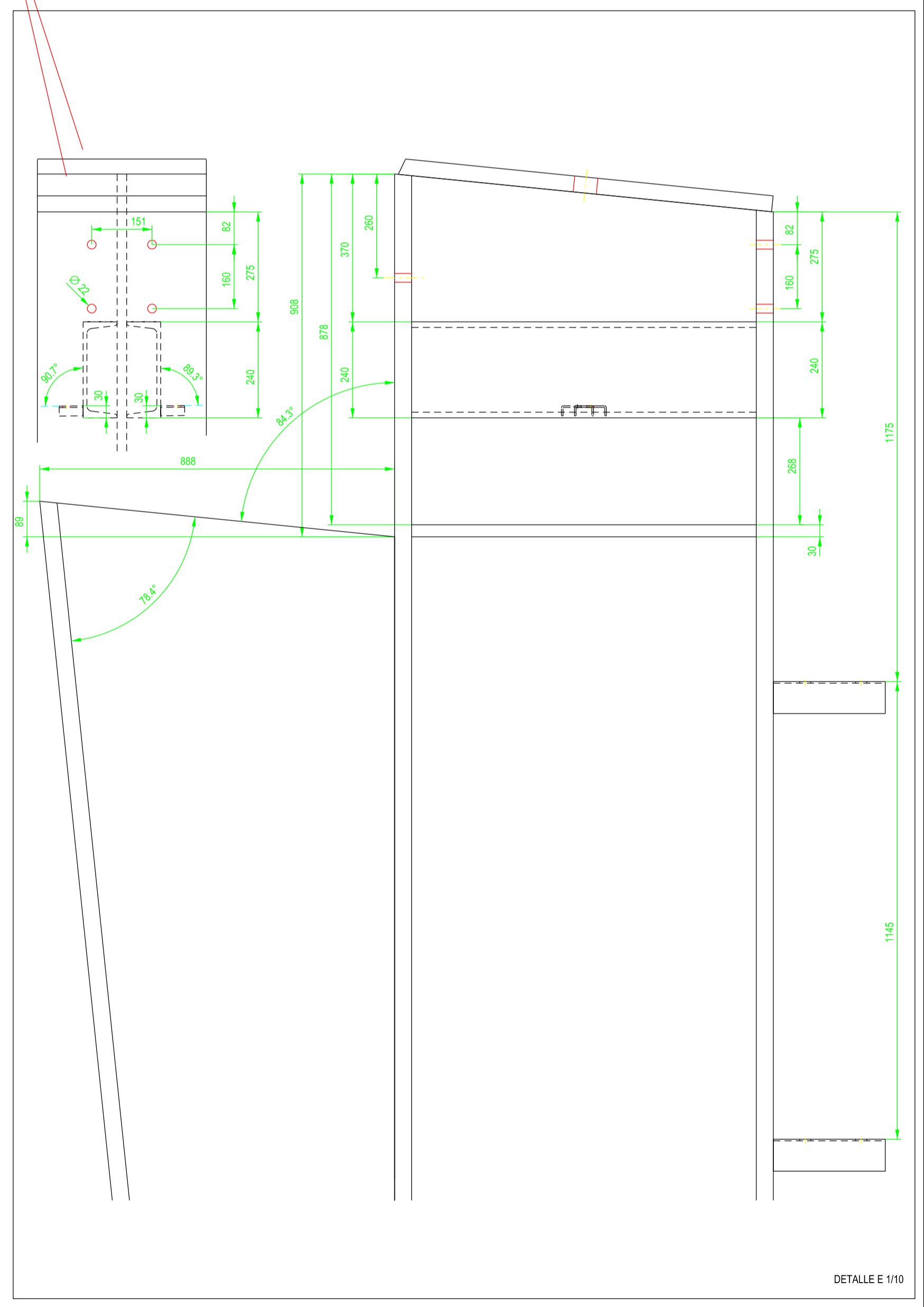
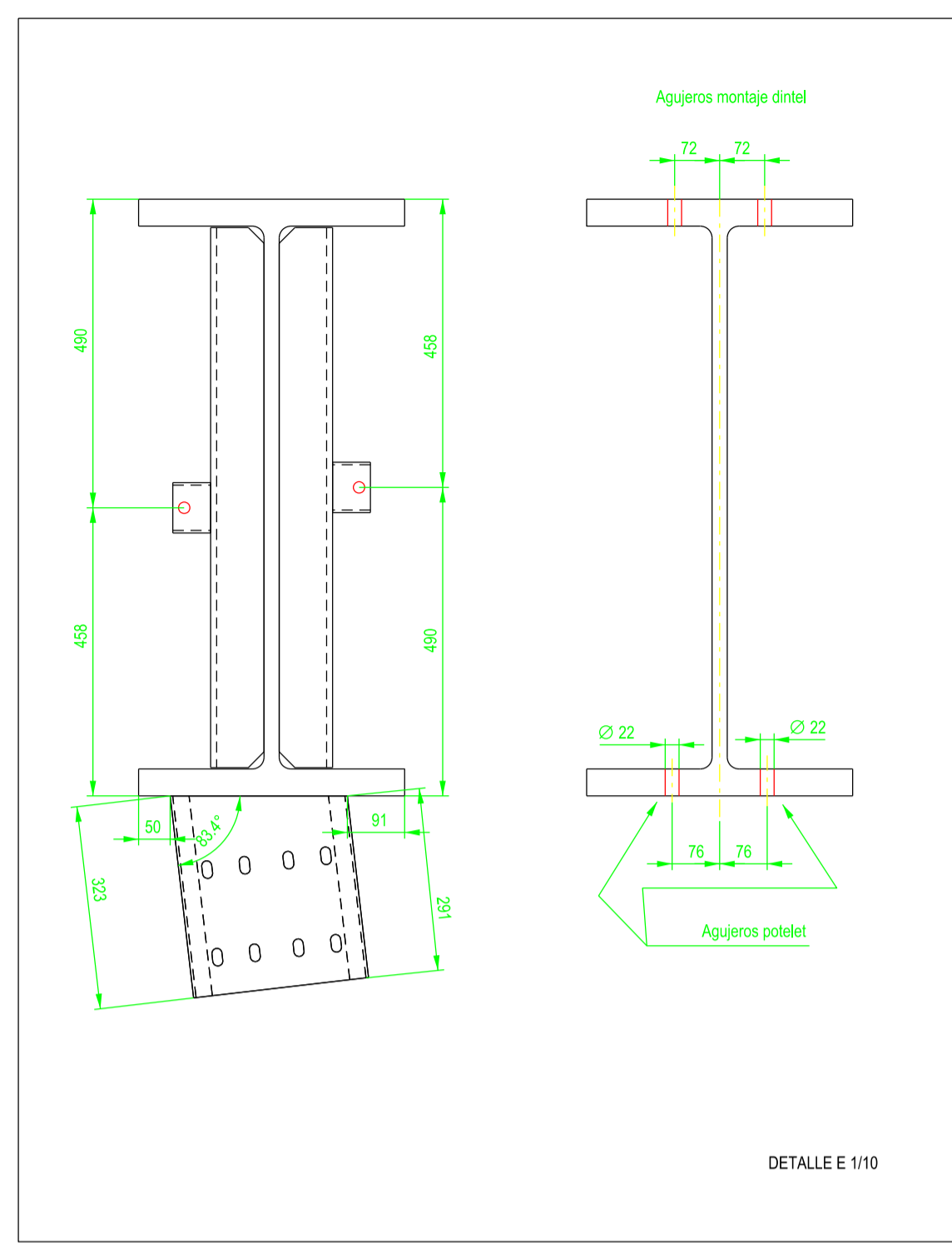
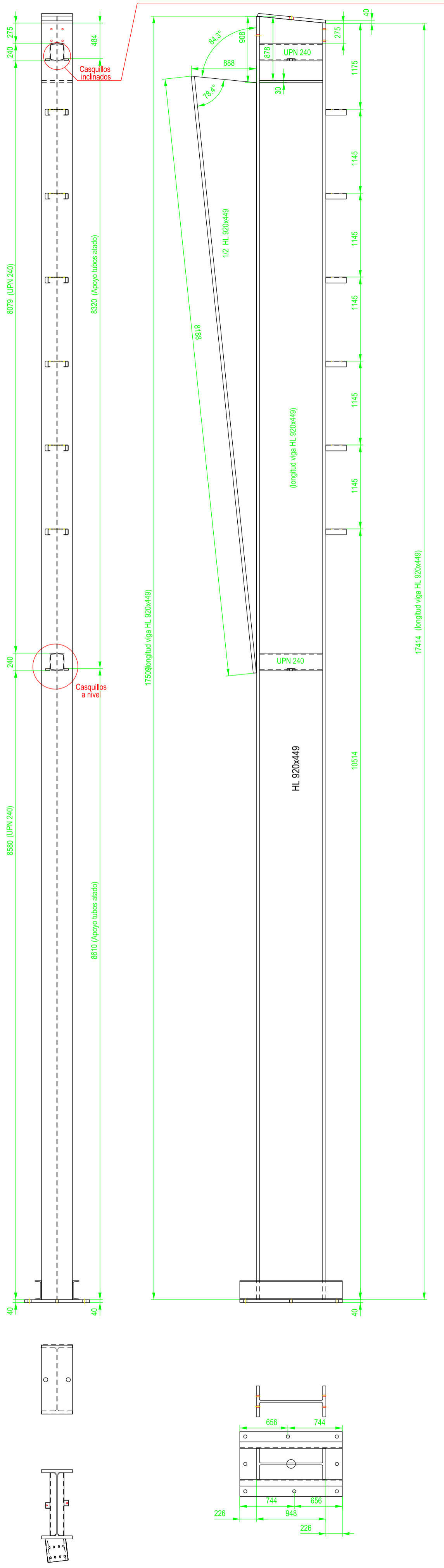
"Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón)"

ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
 TUTOR: Julián Alcalá González
 TITULO PLANO: Ensamblaje pilar C26

FORMATO: A2
 ESCALA: 1:40
 PLANO Nº.: PT-65

DETALLE E 1/10



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

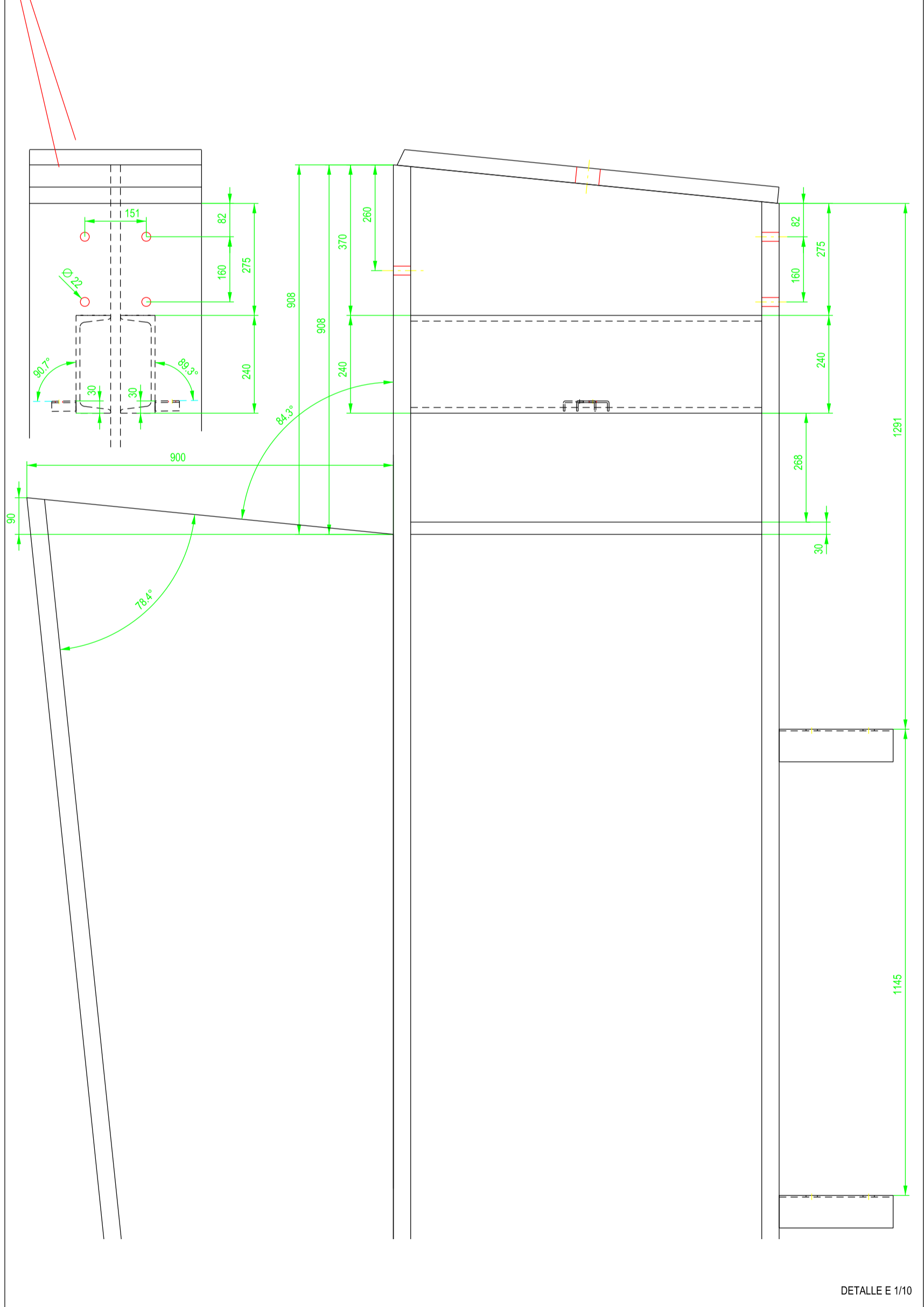
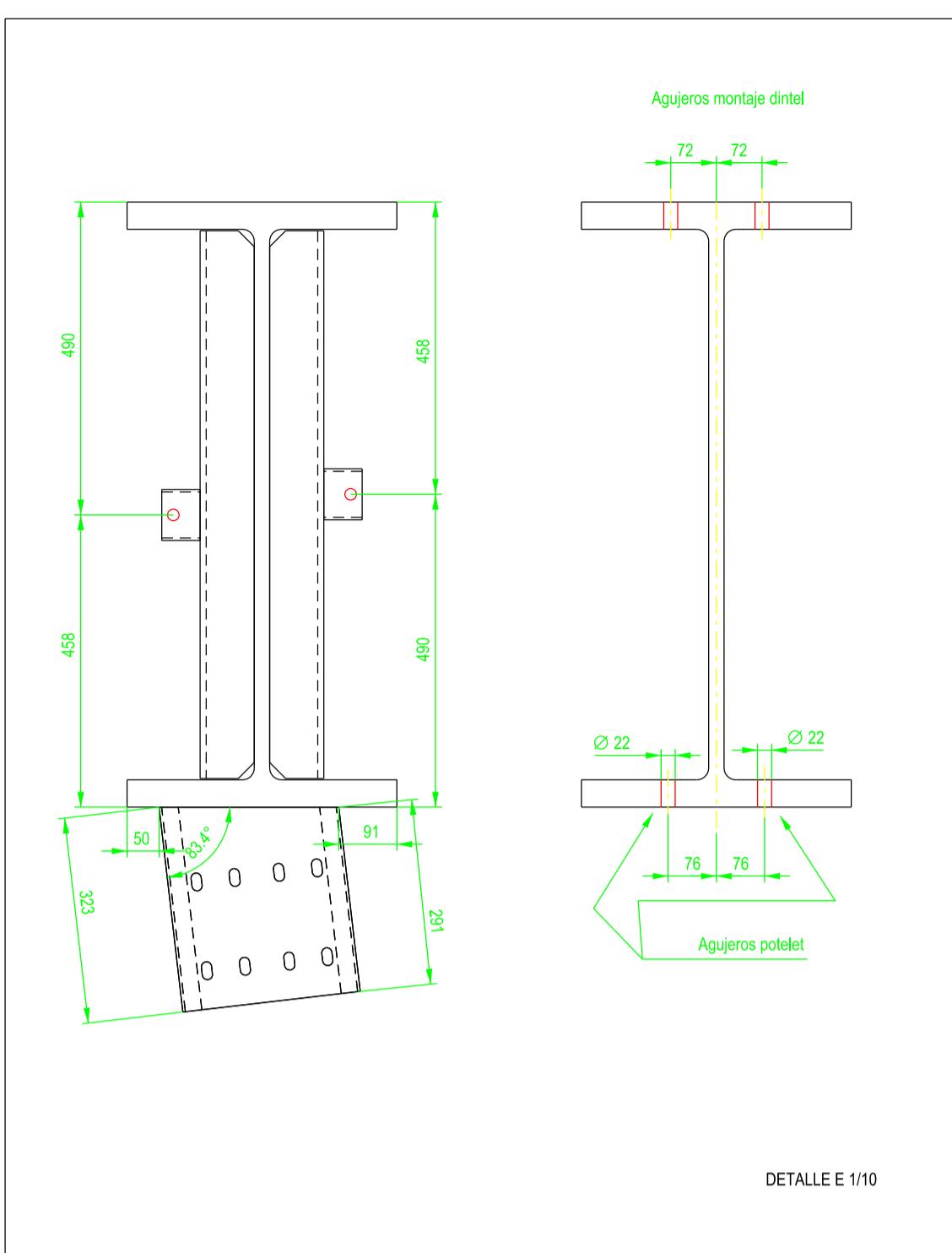
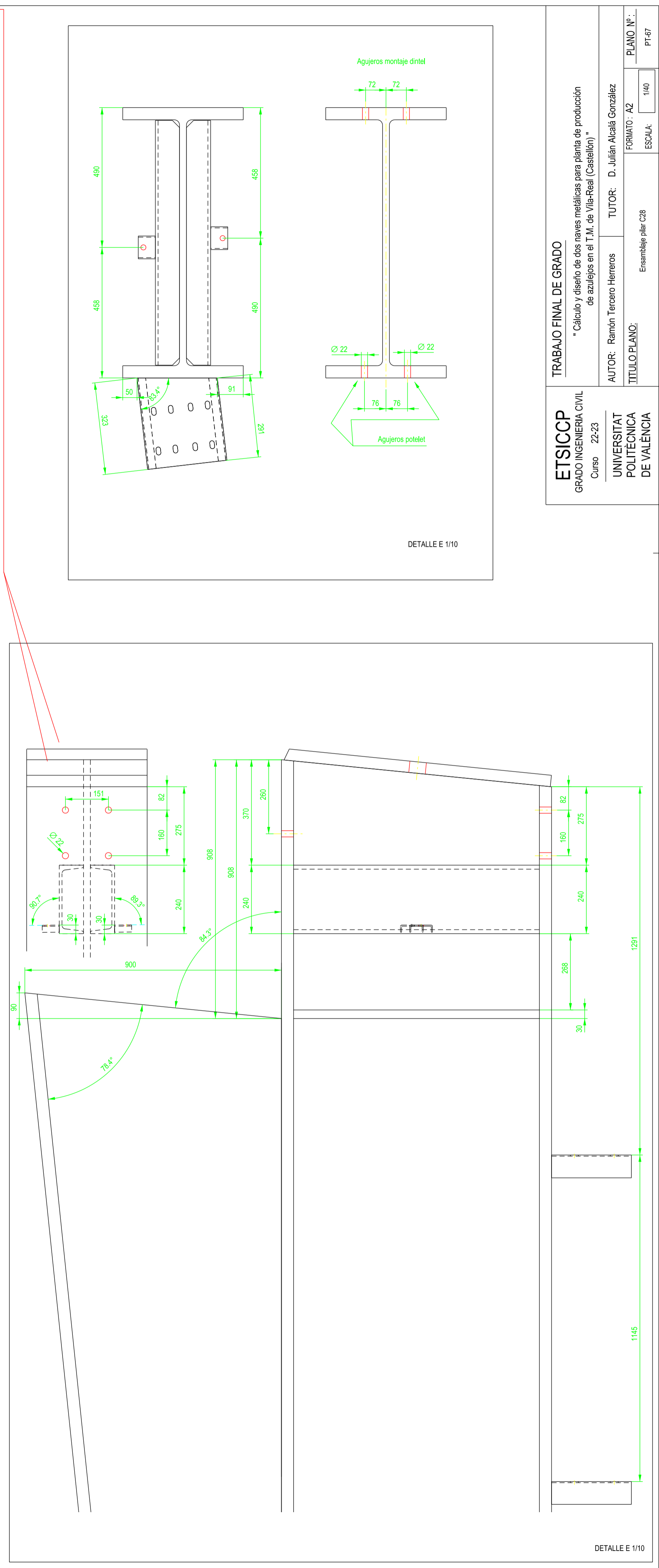
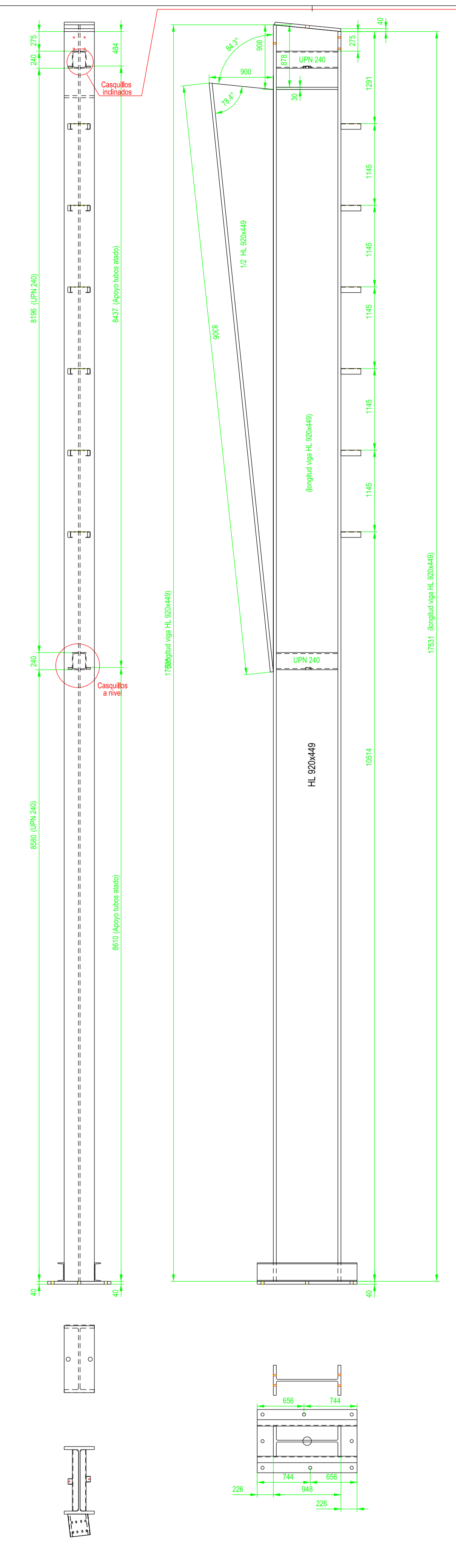
AUTOR: Ramón Tercero Herreros TUTOR: D. Julián Alcala González

TÍTULO PLANO: Ensamblaje pilar C27

FORMATO: A2

ESCALA: 1:40

PLANO Nº: PT-66



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

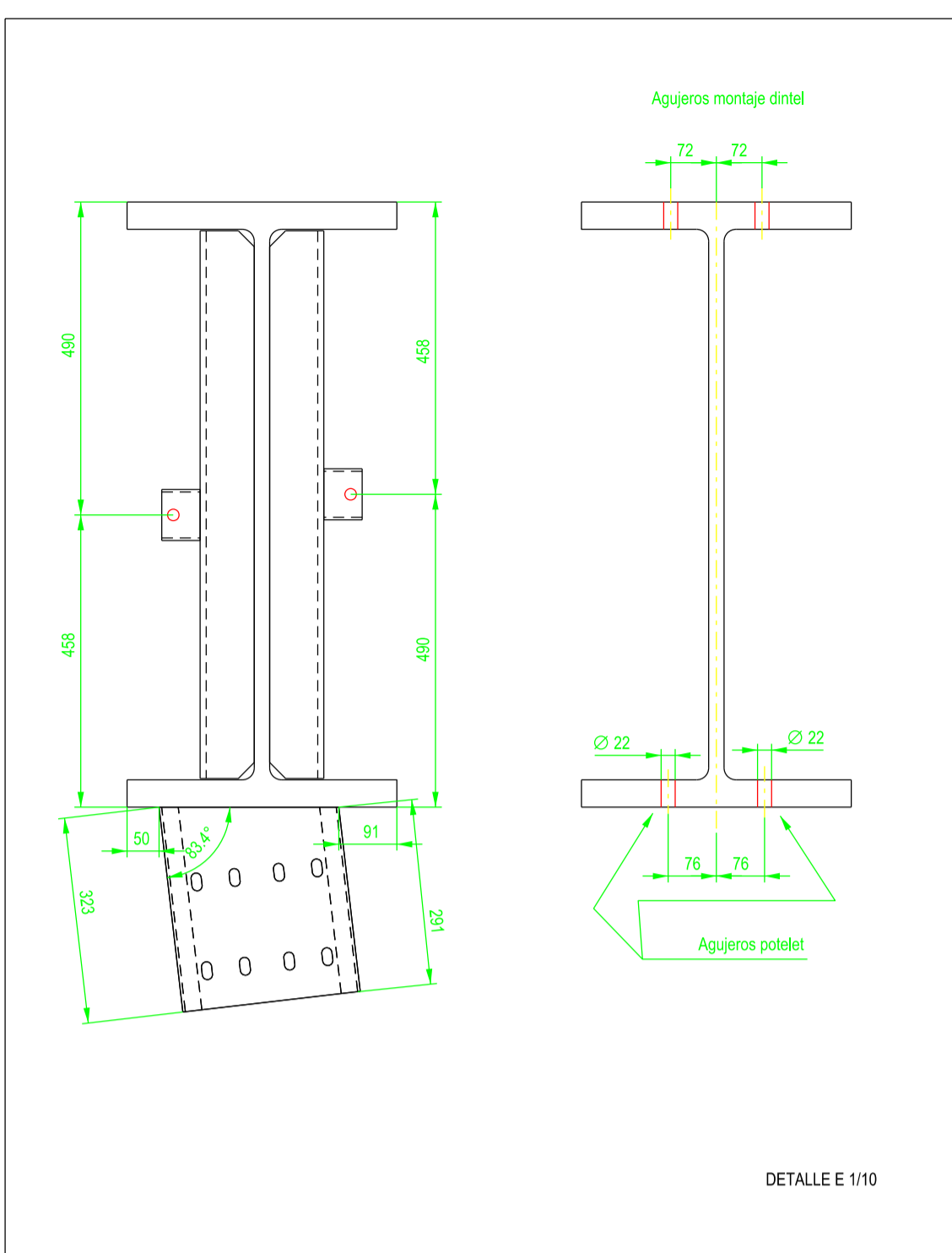
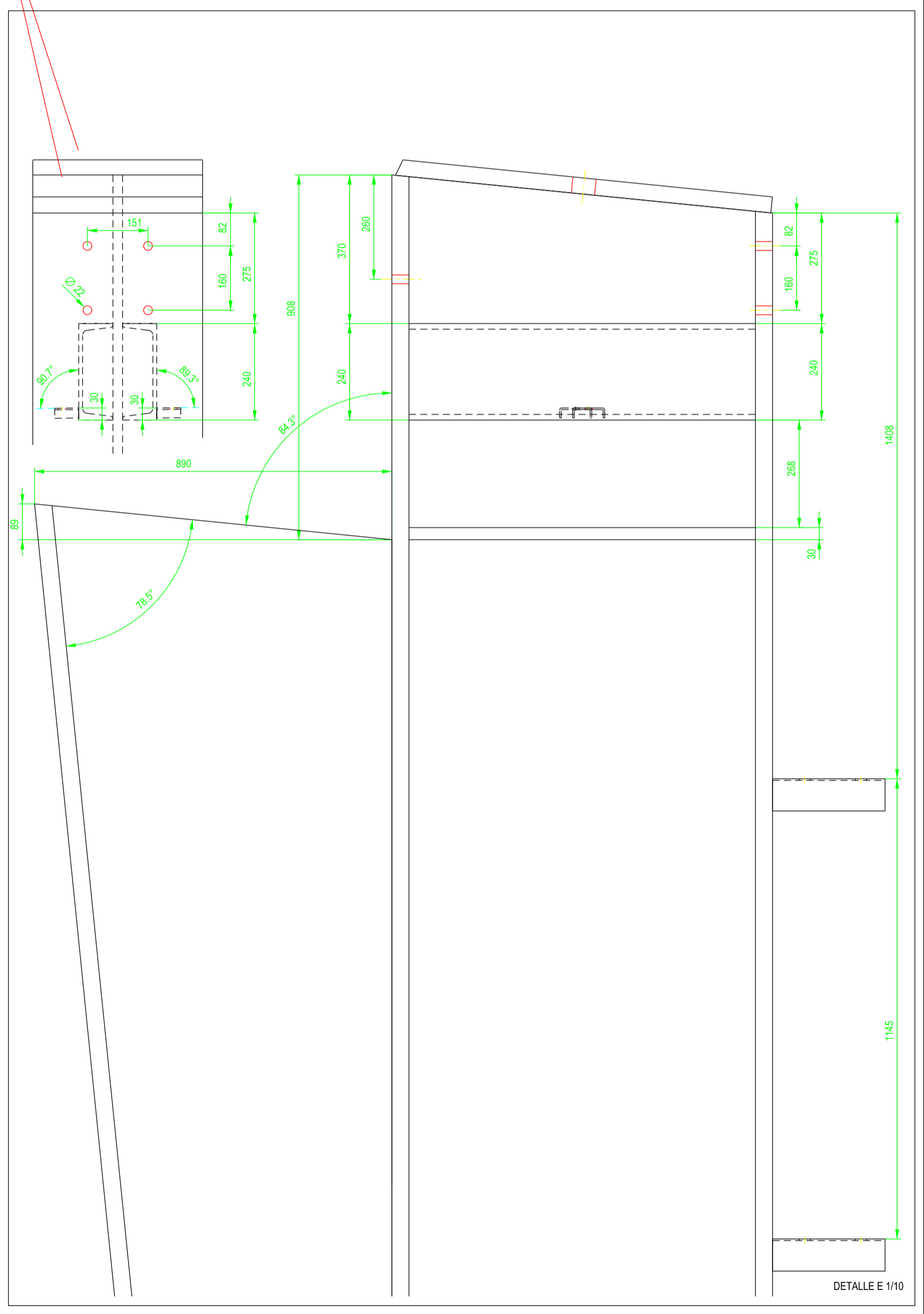
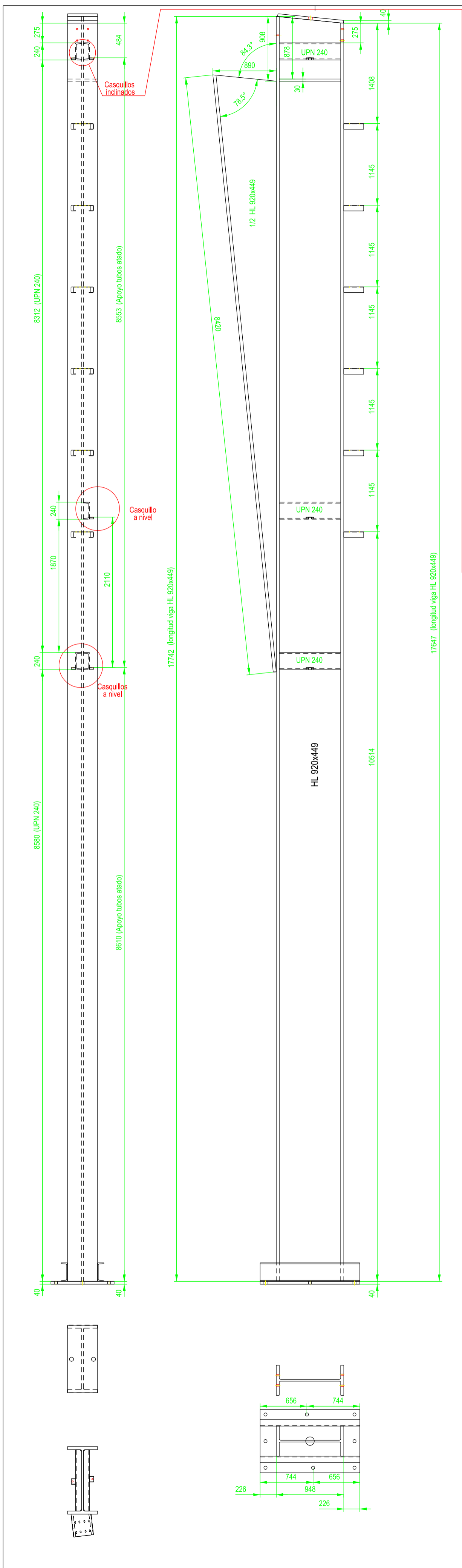
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:
Ensamblaje pilar C28

FORMATO: A2
ESCALA: 1:40
PLANO Nº.: PT-67



ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23

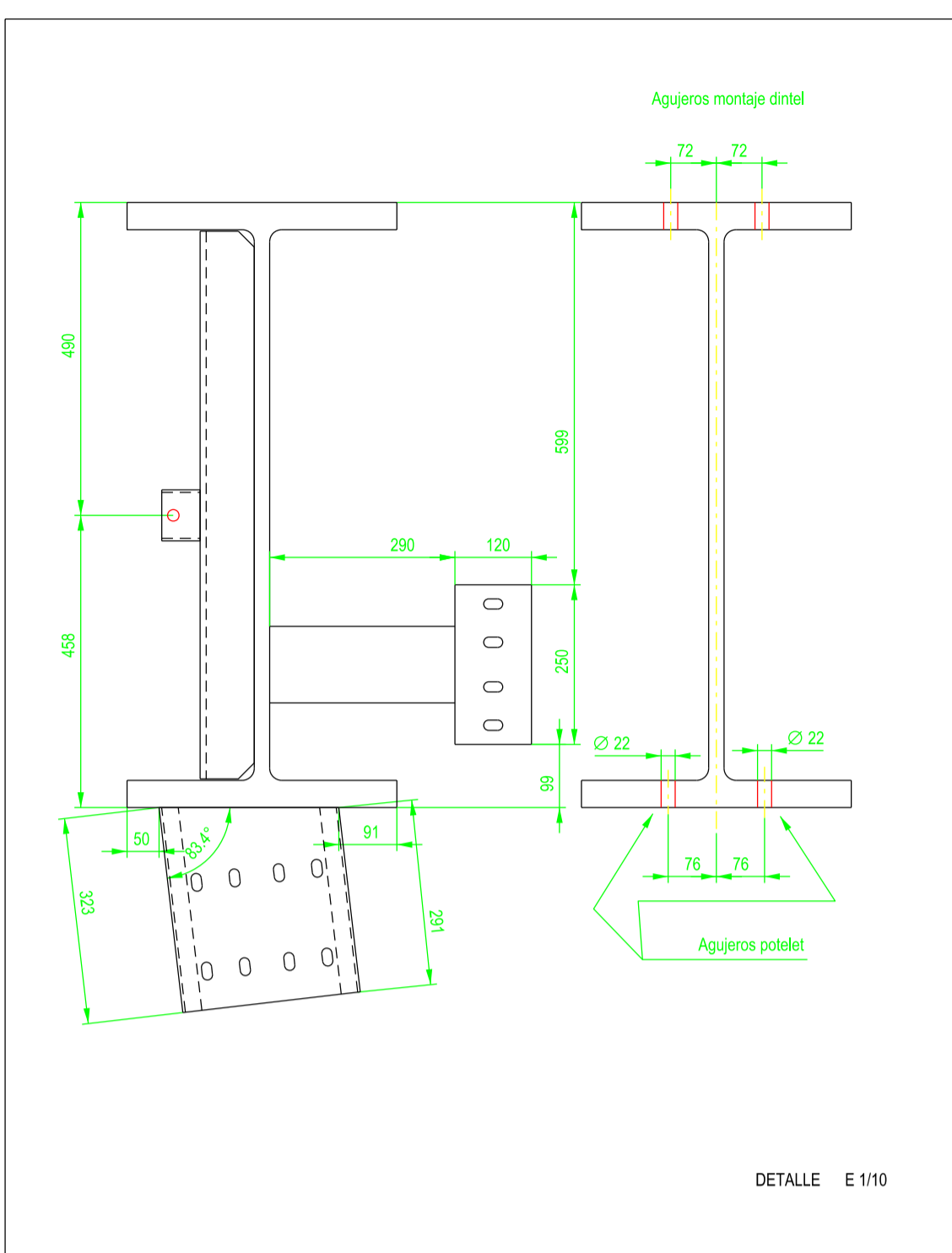
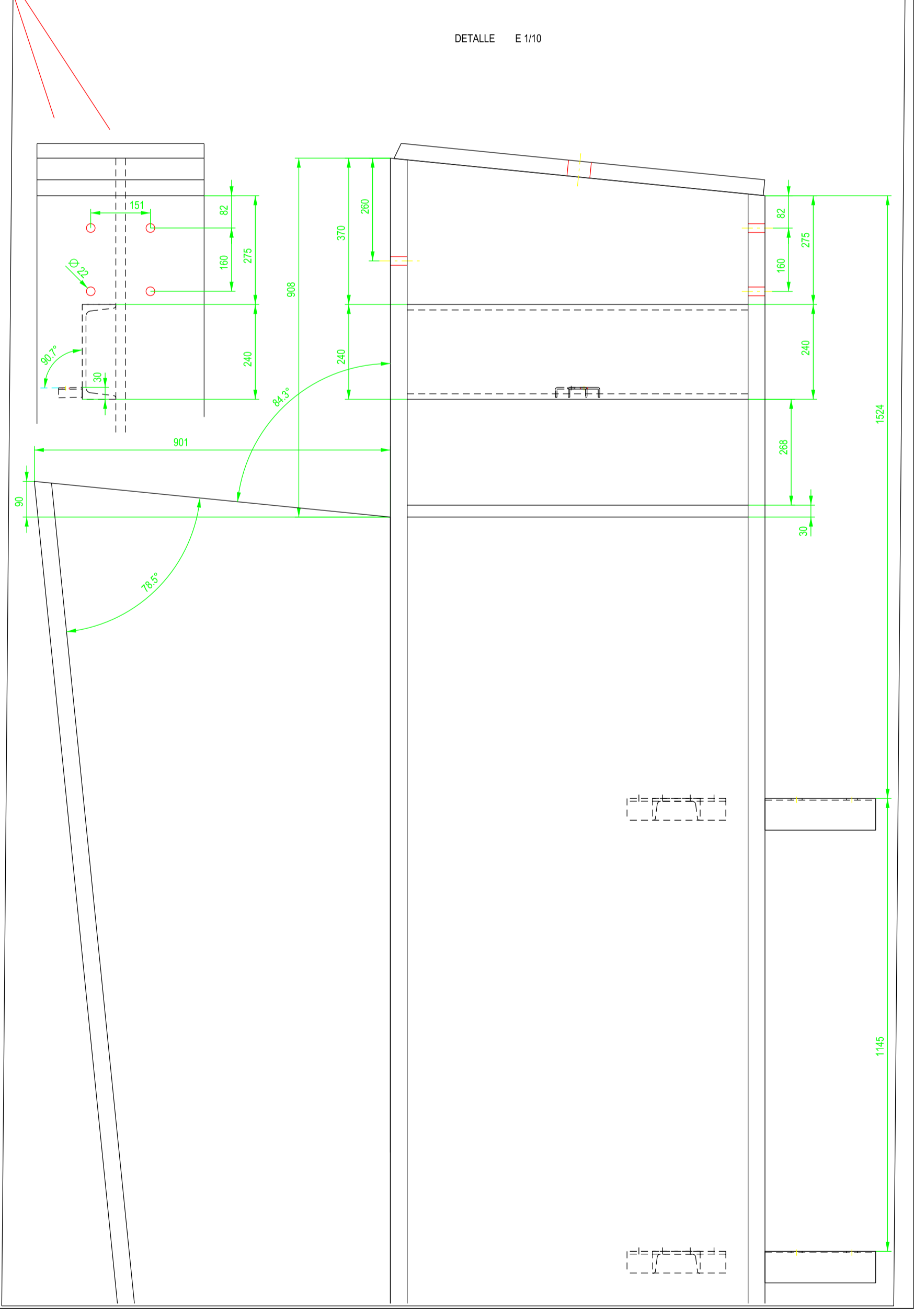
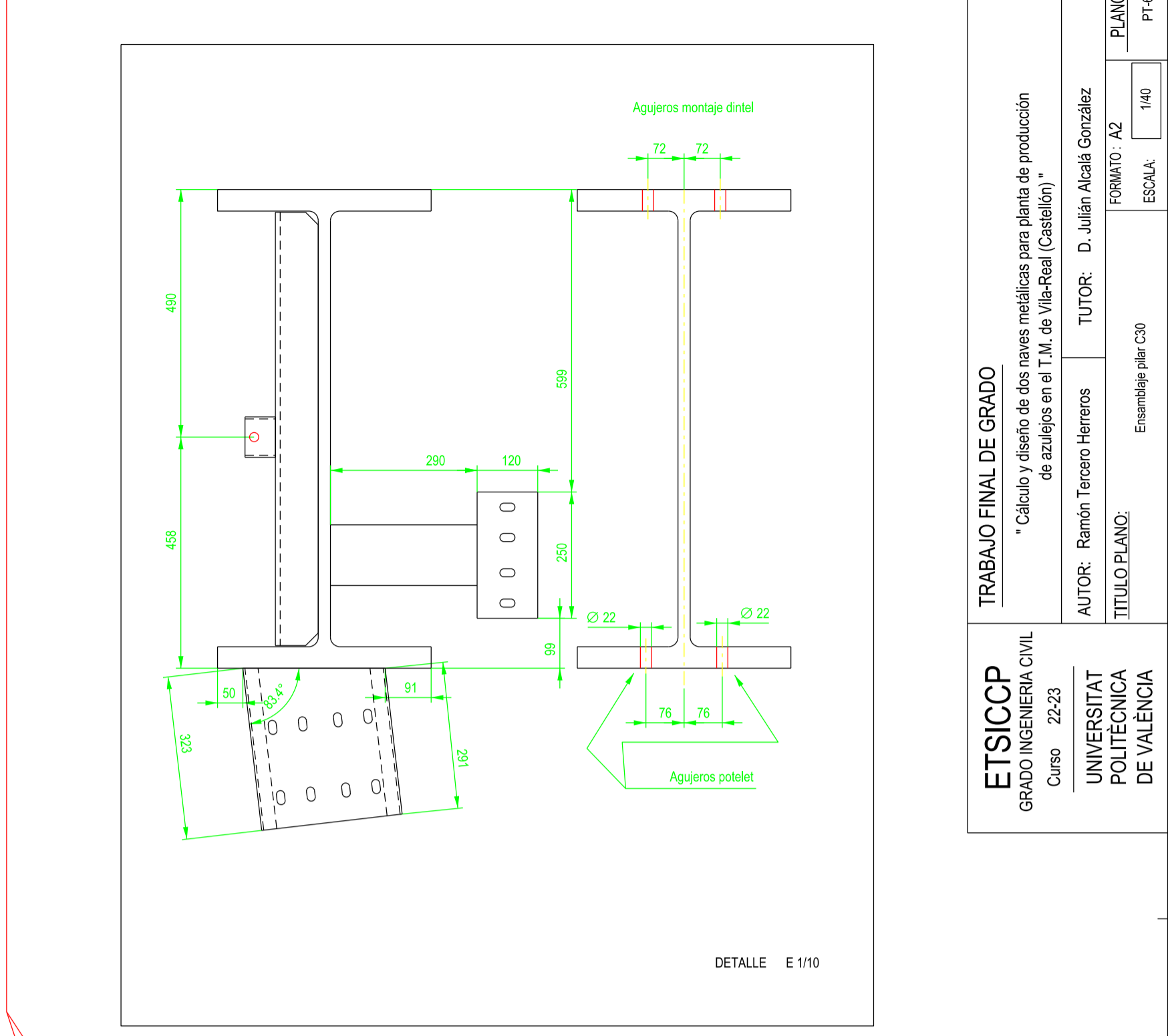
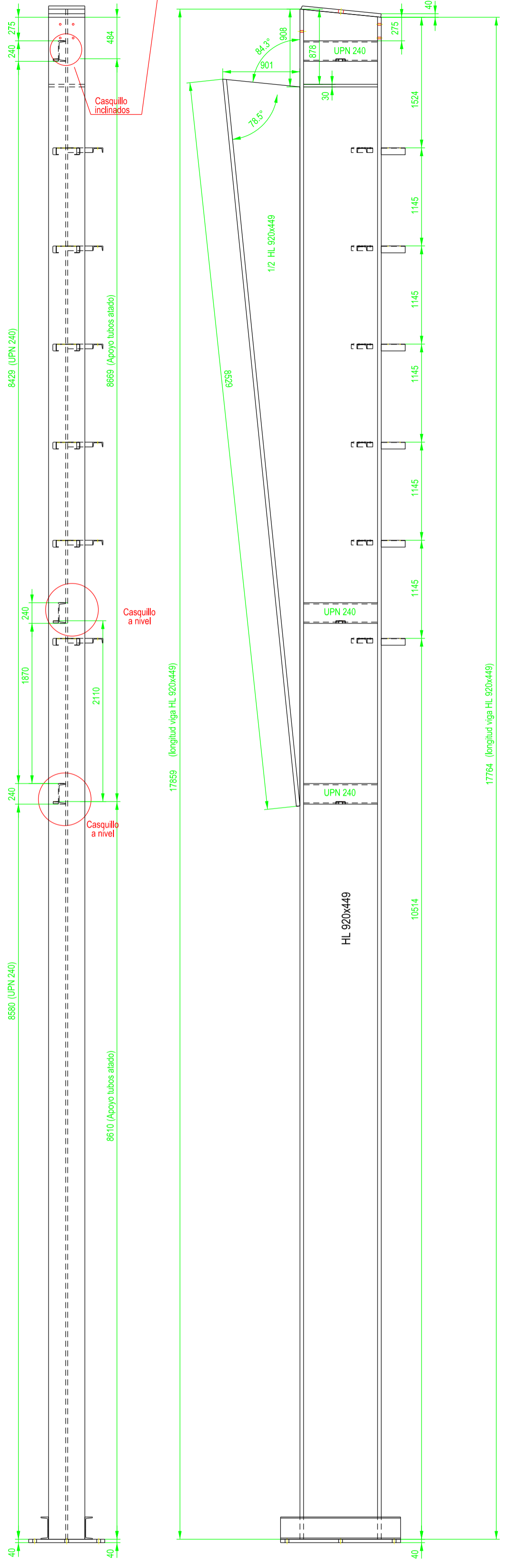
TRABAJO FINAL DE GRADO
 "Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón)"

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
 TUTOR: D. Julián Alcalá González
 TITULO PLANO: Ensamblaje pilar C29

FORMATO: A2
 ESCALA: 1/40
 PLANO N.º: PT-88

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

DETALLE E 1/10



TRABAJO FINAL DE GRADO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Ensamblaje pilar C30
FORMATO: A2
ESCALA: 1/40
PLANO Nº.: PT-69

DETALLE E 1/10

DETALLE E 1/10

1145

1524

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.1. Pilares.

3.1.1. Pilares de pórtico.

3.1.1.2. Ensamblaje.

3.1.1.2.4. Pilares A'.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

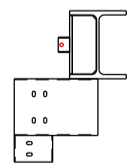
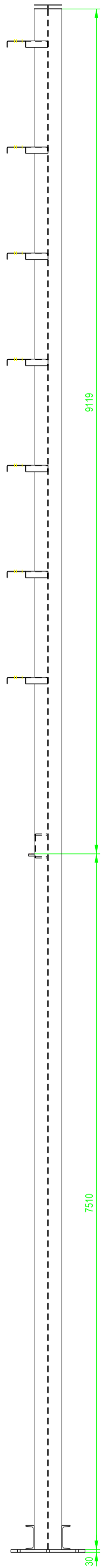
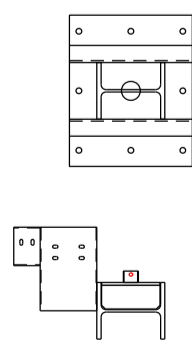
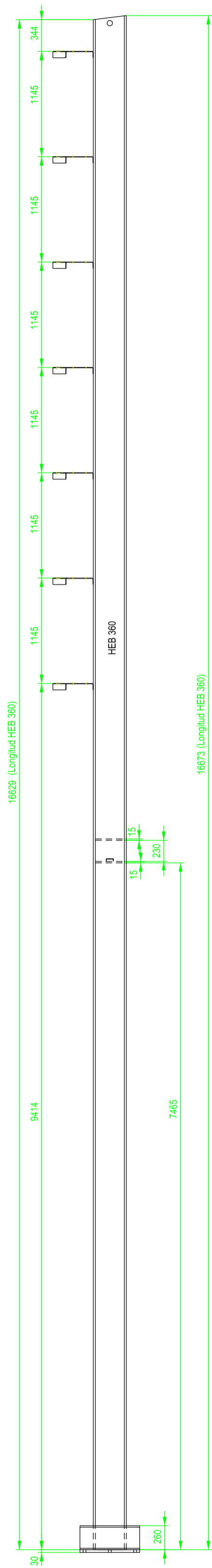
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

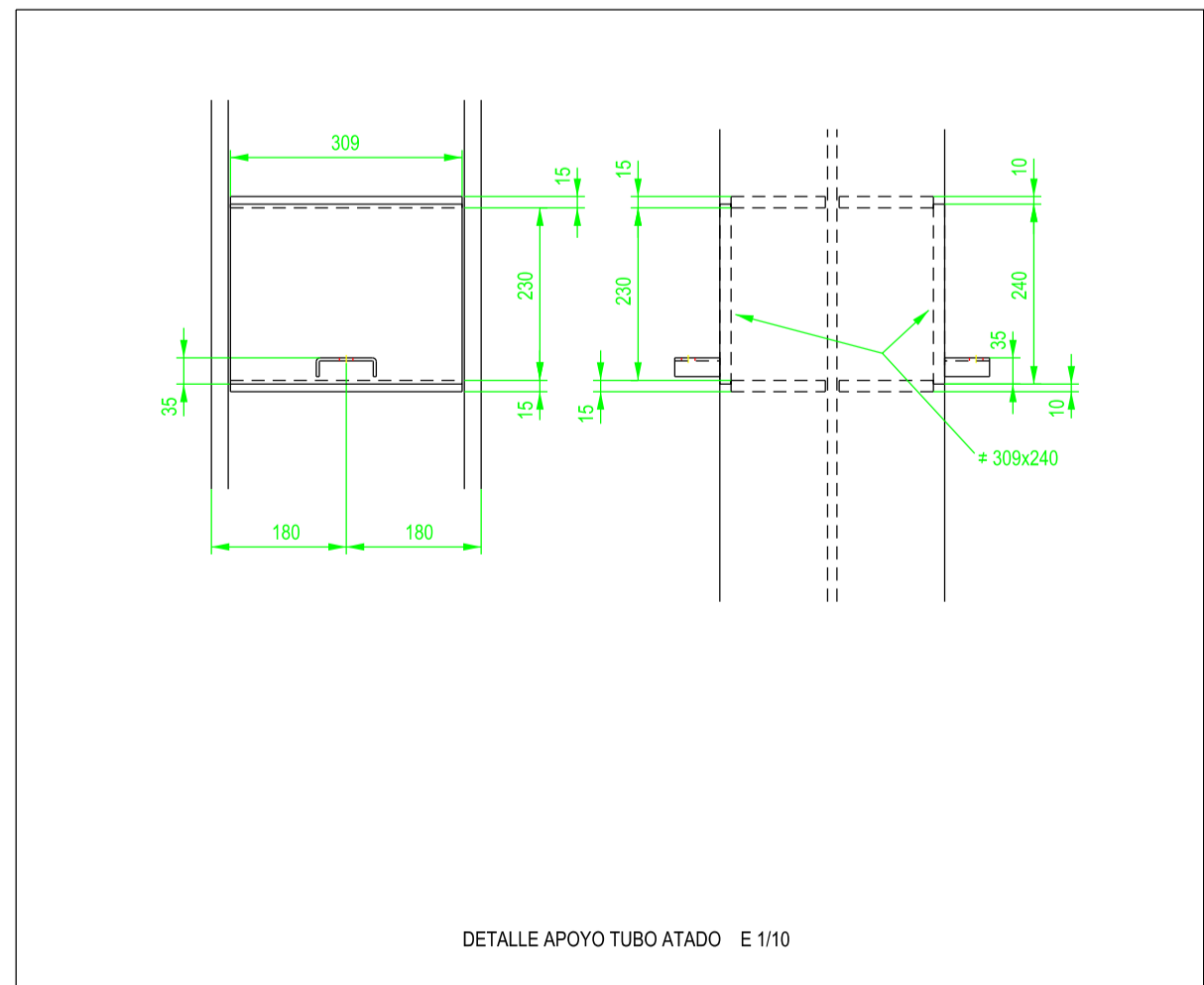
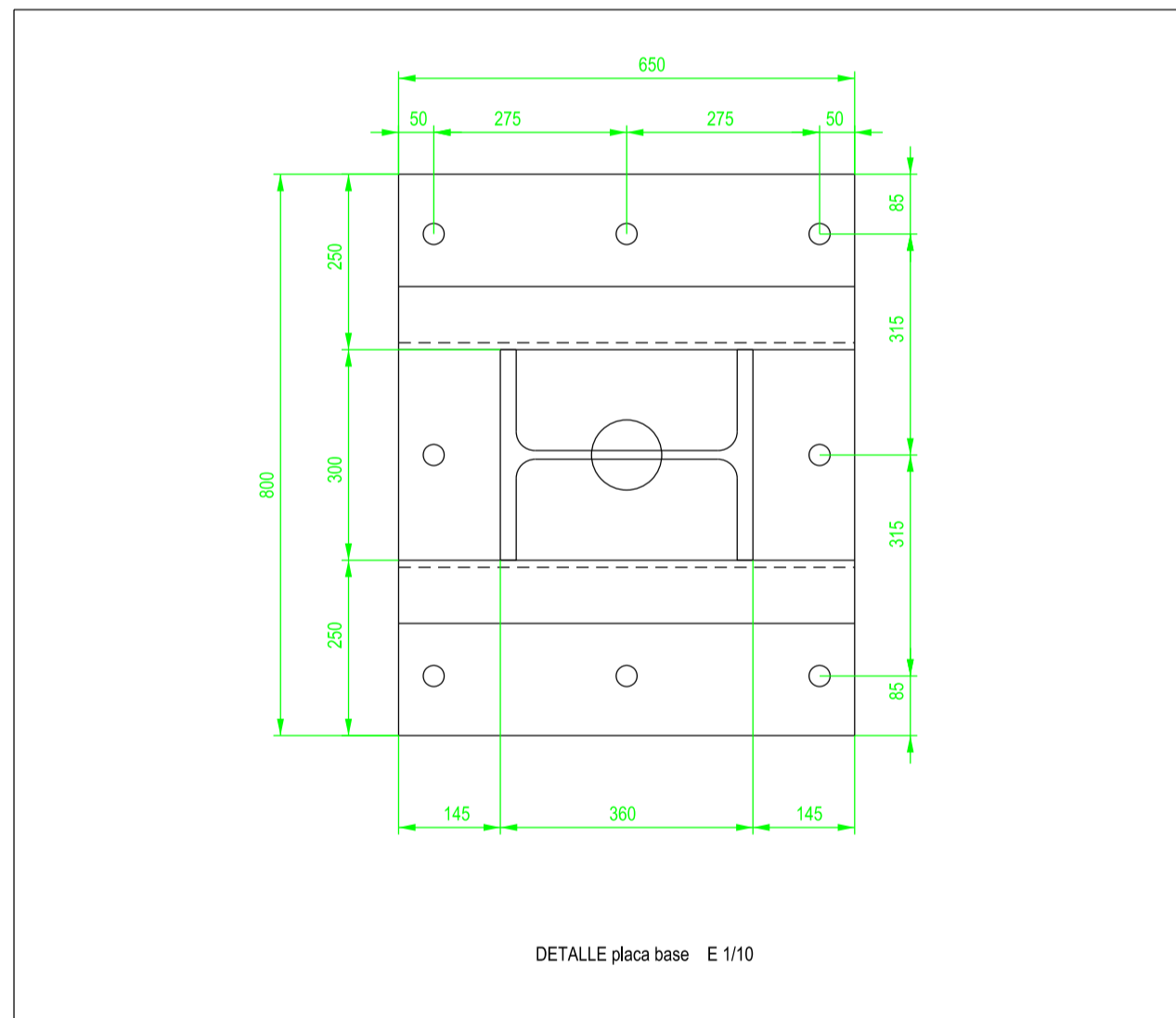
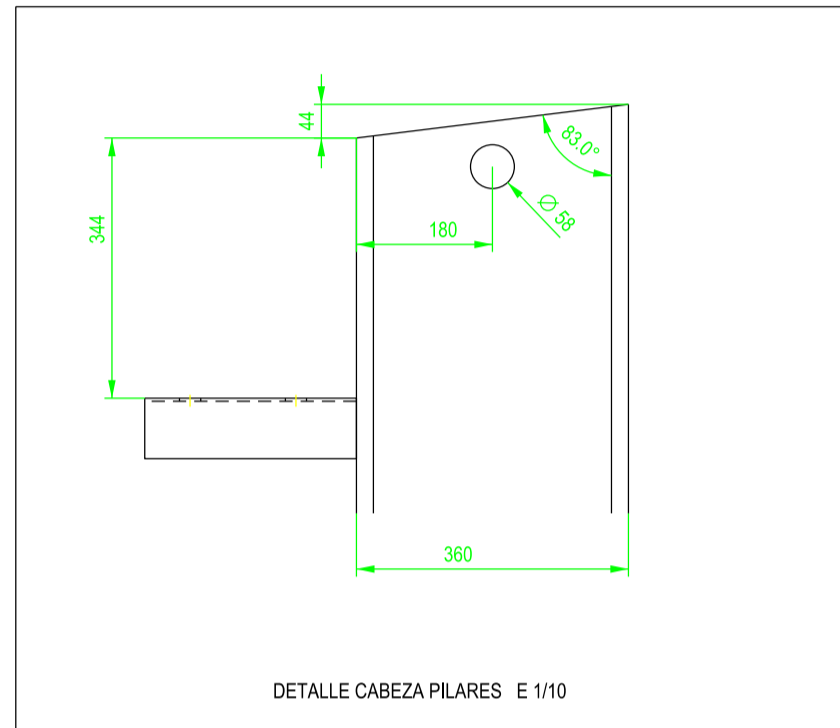
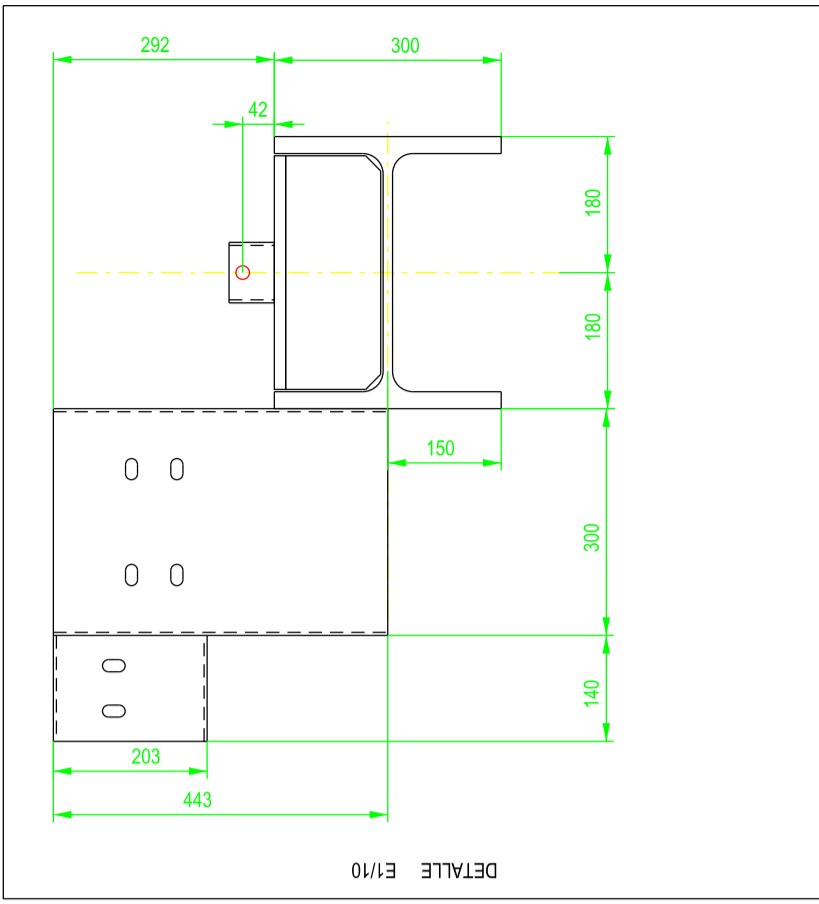
PLANO Nº :

ESCALA:

PT-69A



1 UNIDAD



TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

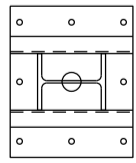
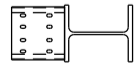
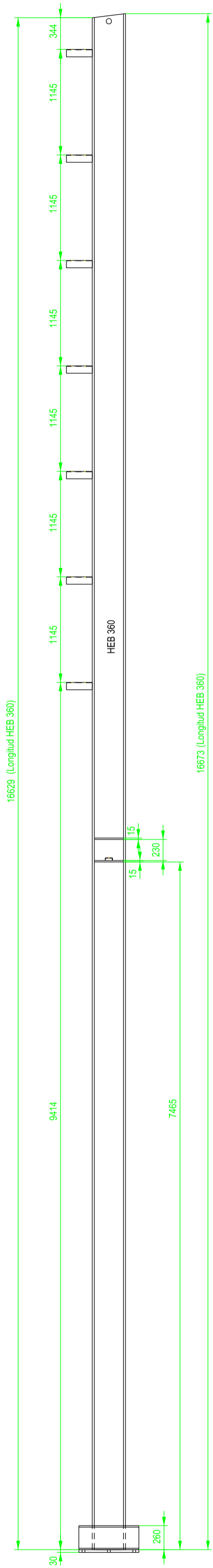
UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

AUTOR: Ramón Tercero Herreros TUTOR: D. Julián Alcalá González

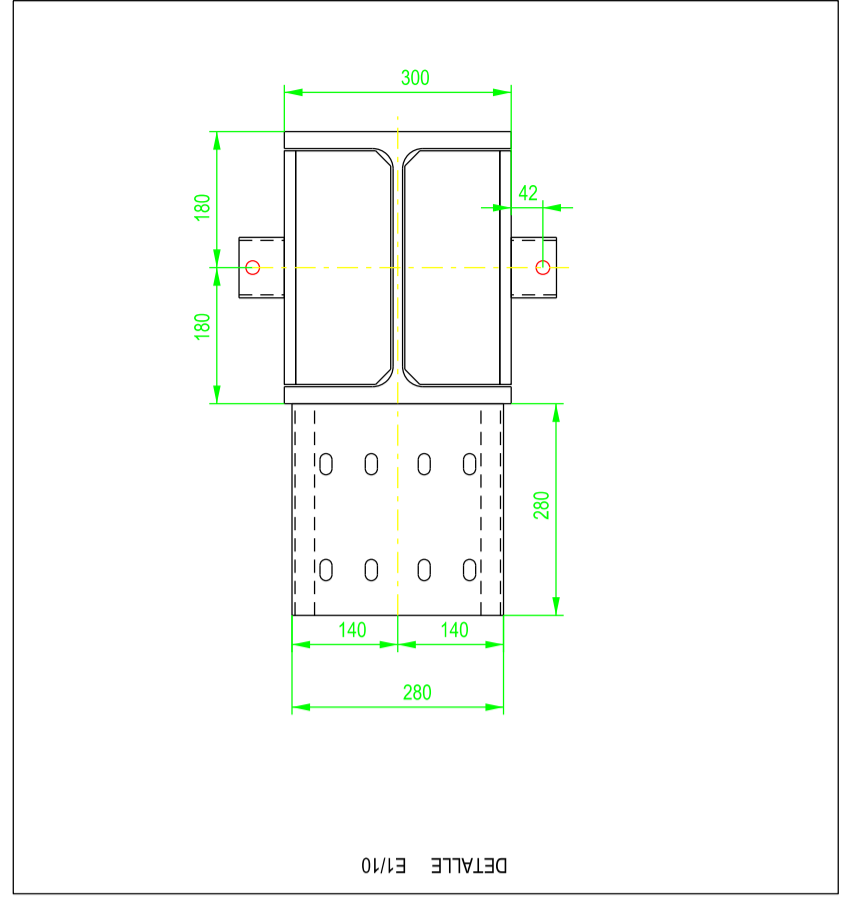
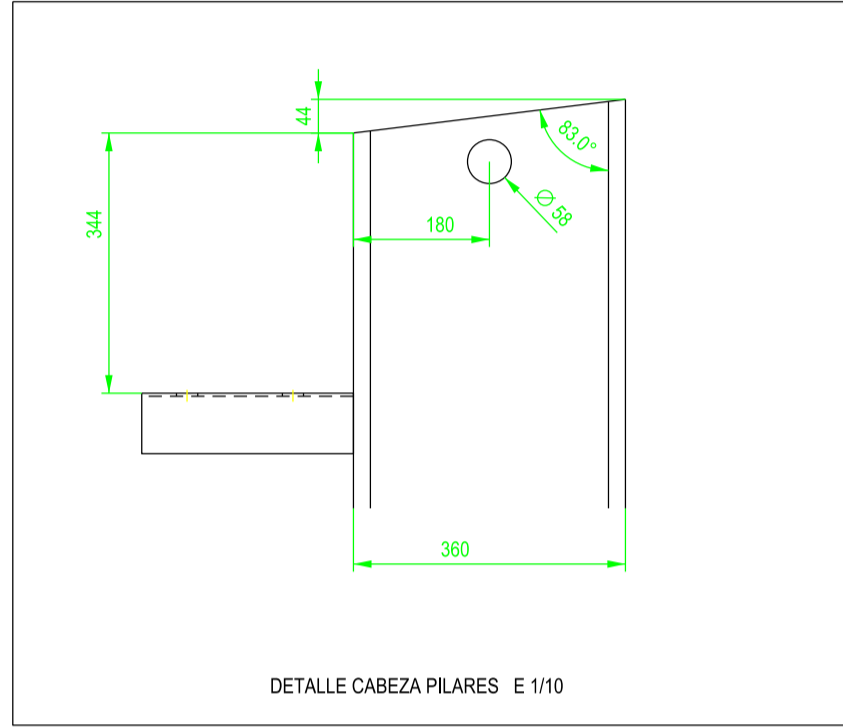
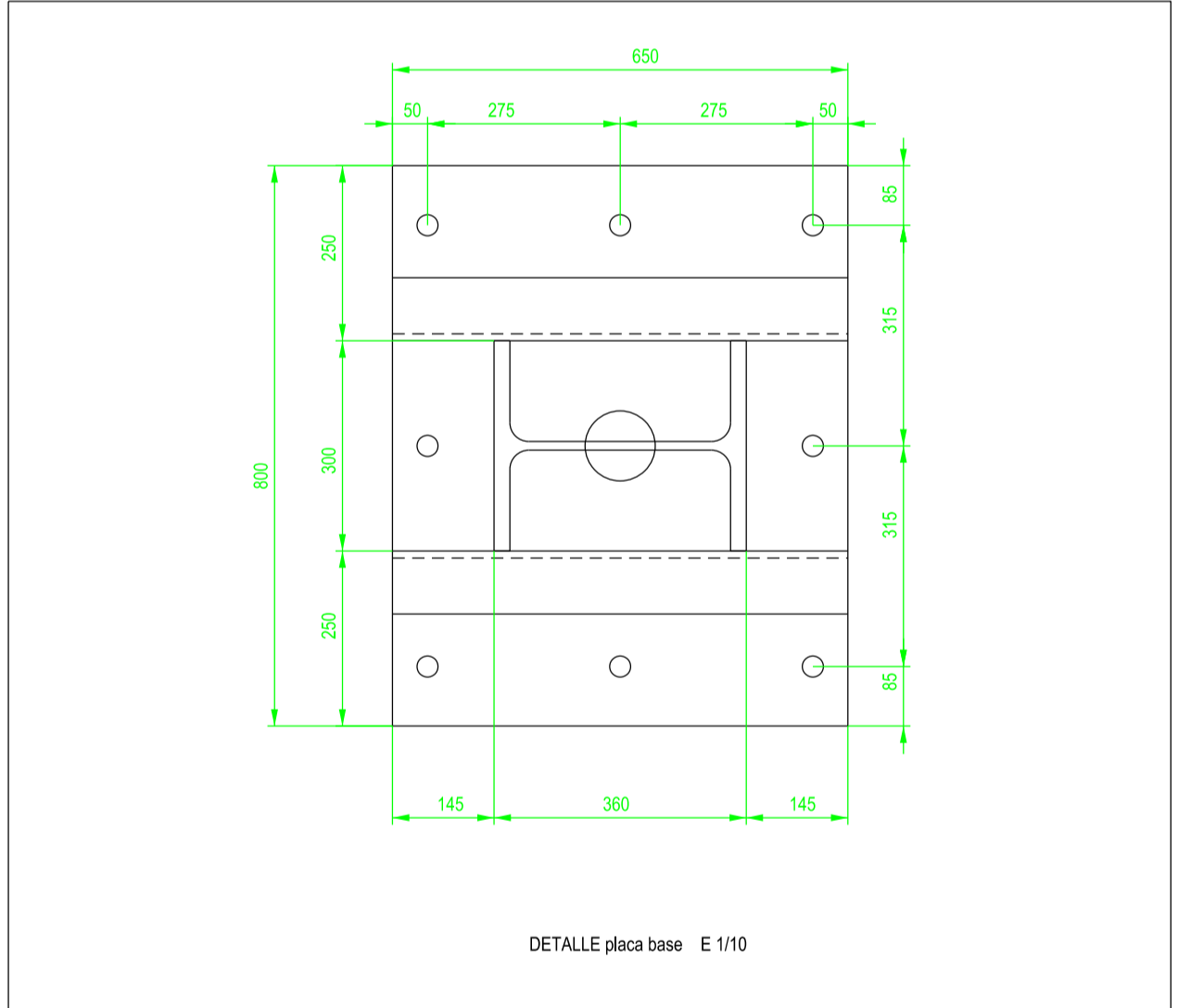
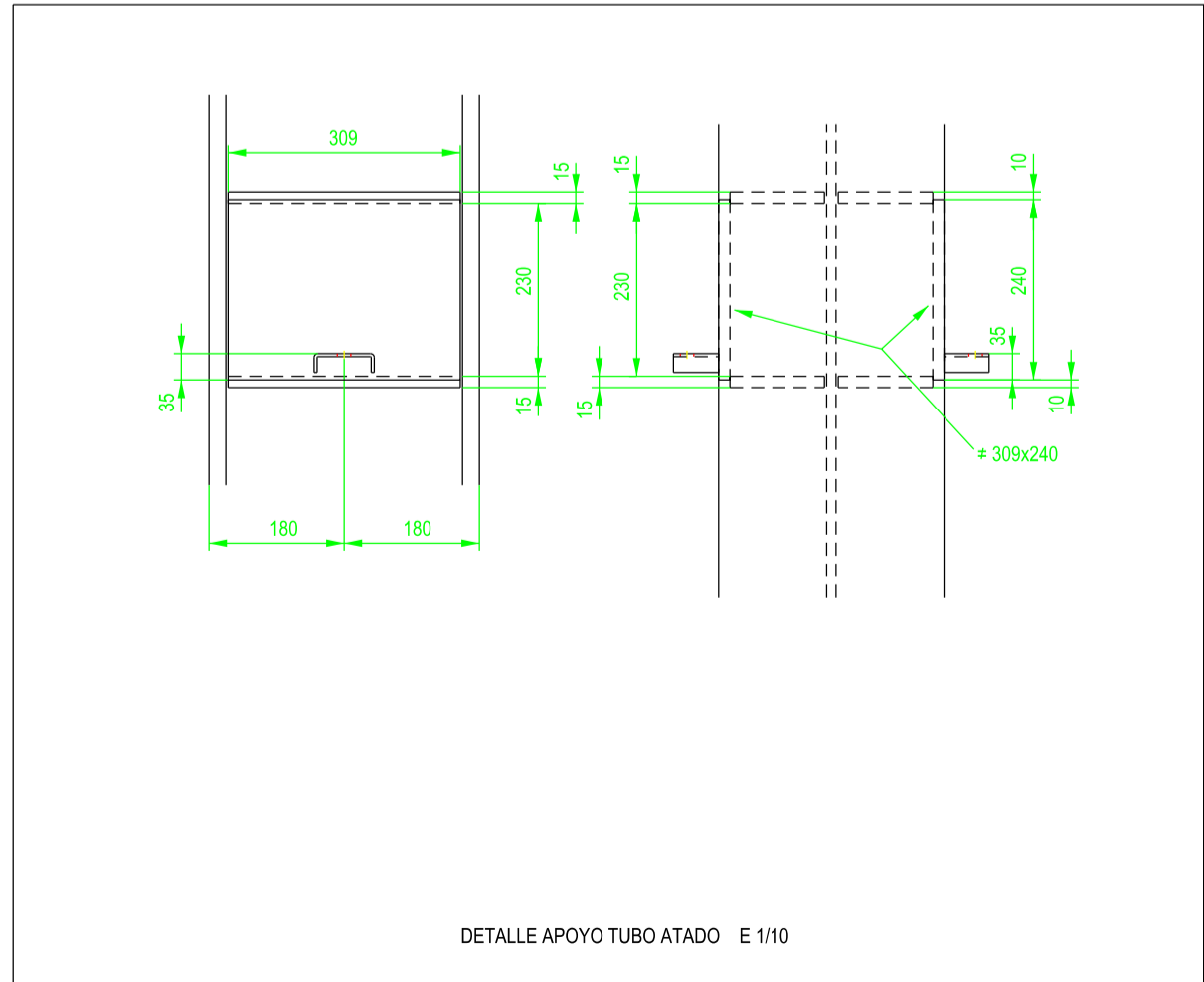
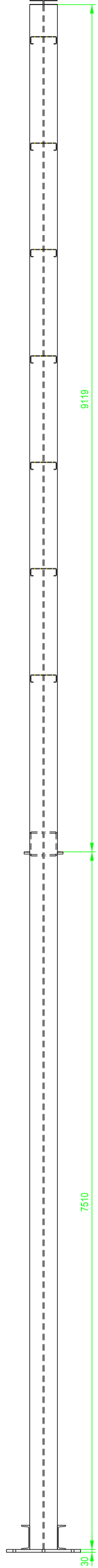
TITULO PLANO: Ensamblaje pilar A'25

FORMATO: A2 ESCALA: 1/40

PLANO Nº.: PT-70



4 UNIDADES



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Ensamblaje pilar A26-A29

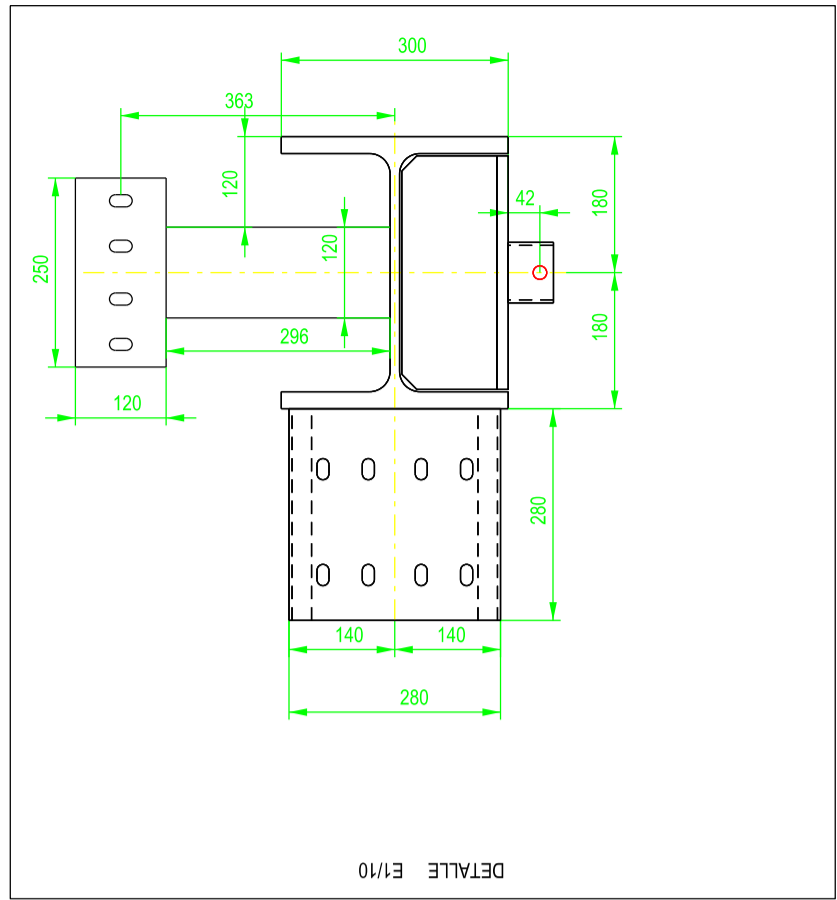
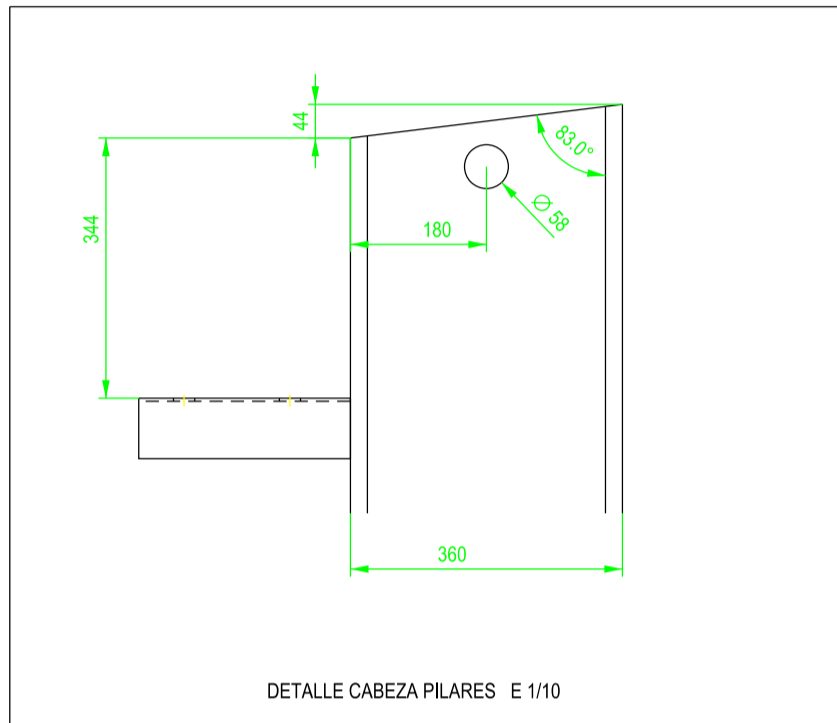
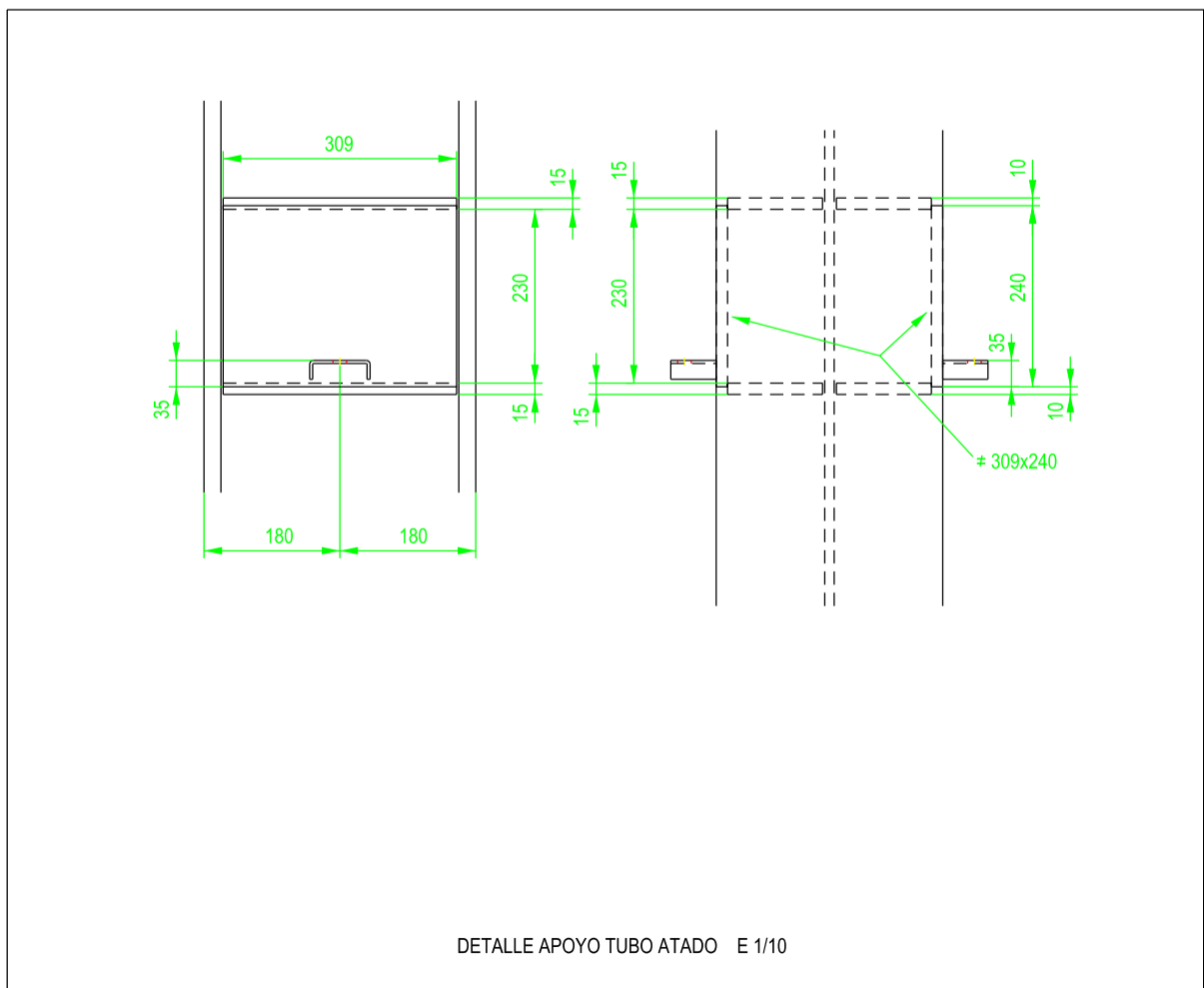
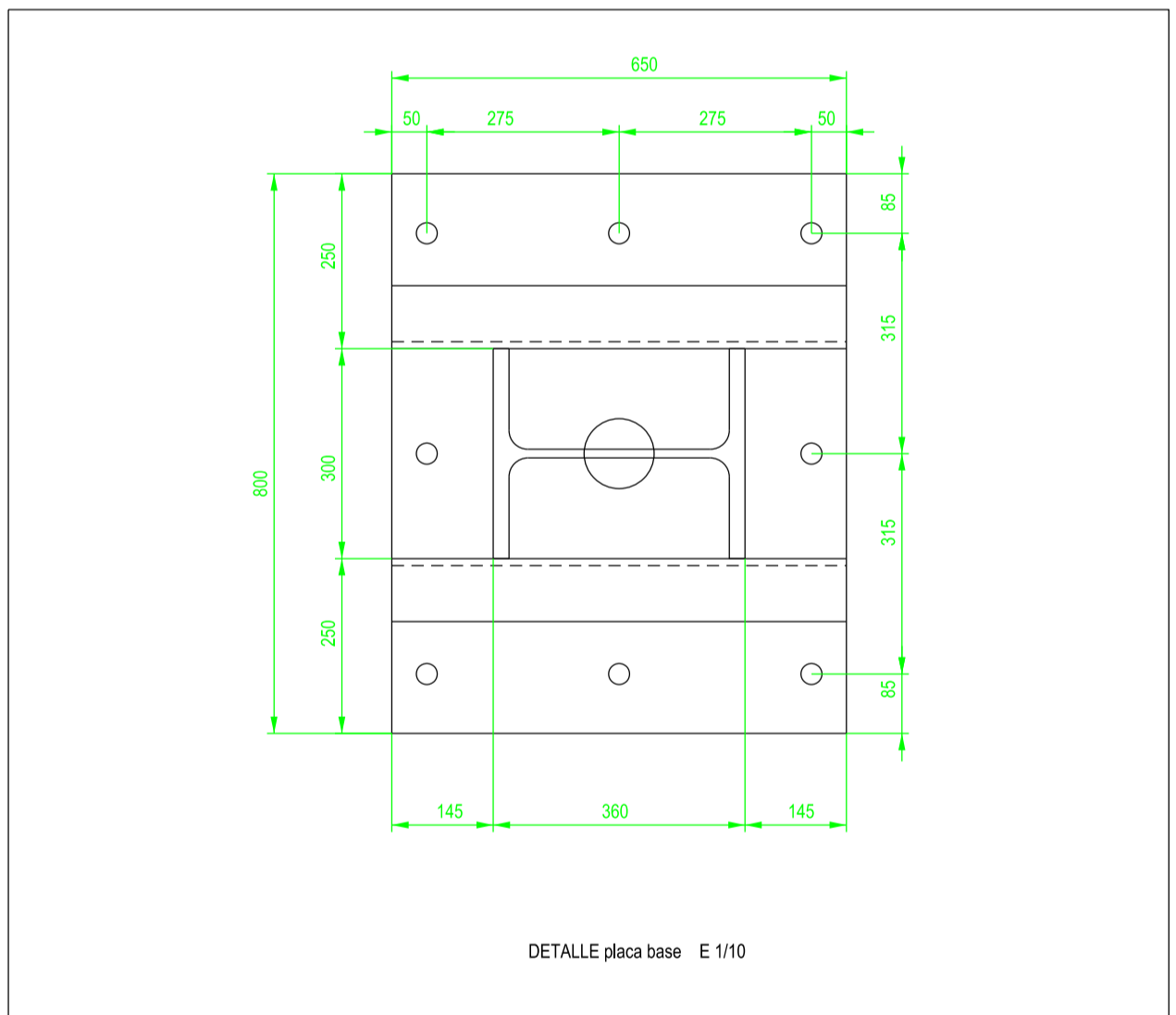
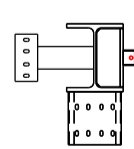
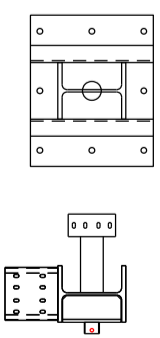
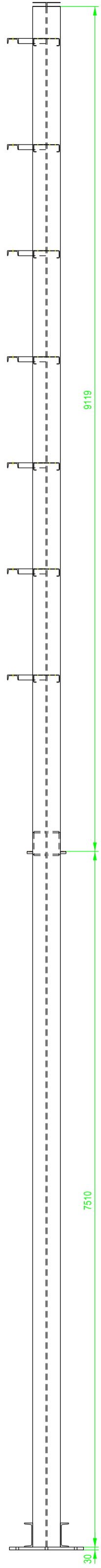
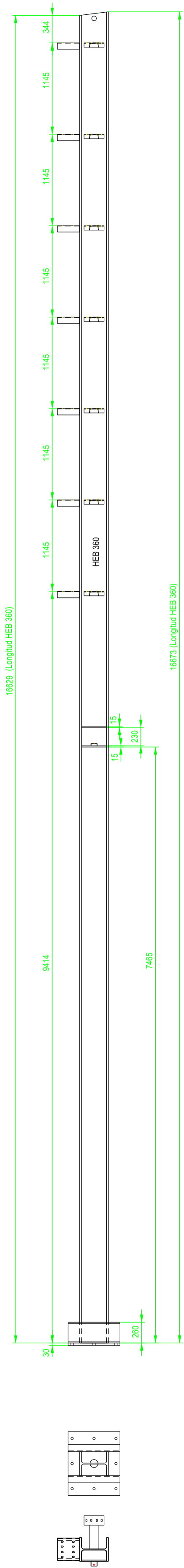
FORMATO: A2

ESCALA: 1/40

PLANO Nº.:

PT-71

1 UNIDAD



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Ensamblaje pilar A30

ESCALA:

1:40

PLANO Nº:

PT-72

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.1. Pilares.

3.1.2. Pilares hastiales.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO Nº :

ESCALA:

PT-72A

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.1. Pilares.

3.1.2. Pilares hastiales.

3.1.2.1. Despiece.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

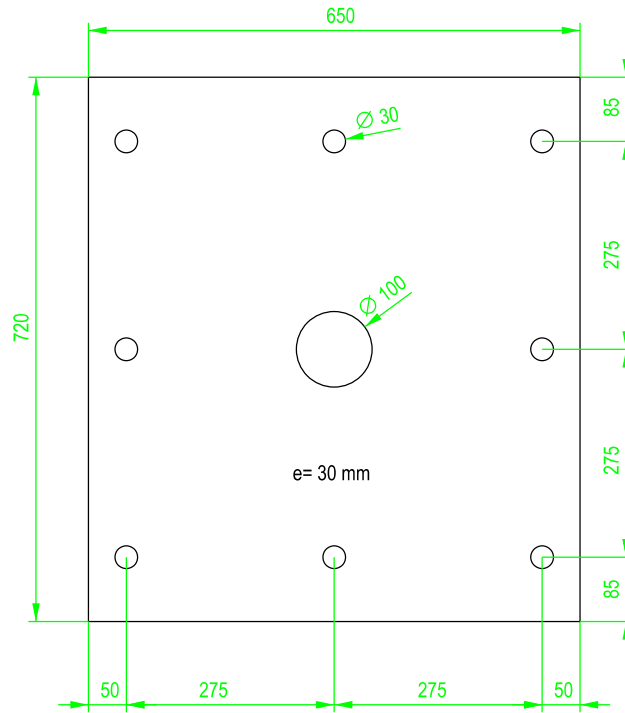
FORMATO : A4

PLANO Nº :

ESCALA:

PT-72B

29 UNIDADES



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Placa base pilares hastiales (HEB 280)

FORMATO: A4

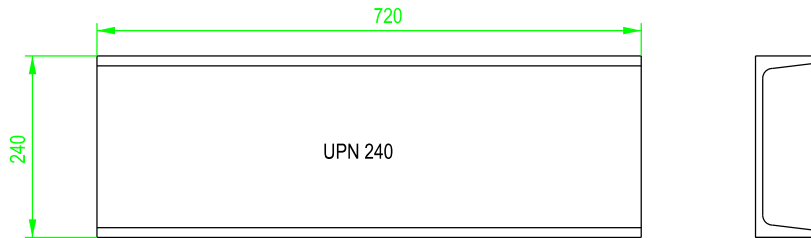
ESCALA:

1/10

PLANO N°:

PT-73

58 UNIDADES



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Rigidizadores UPN 240 placa base pilares hastiales

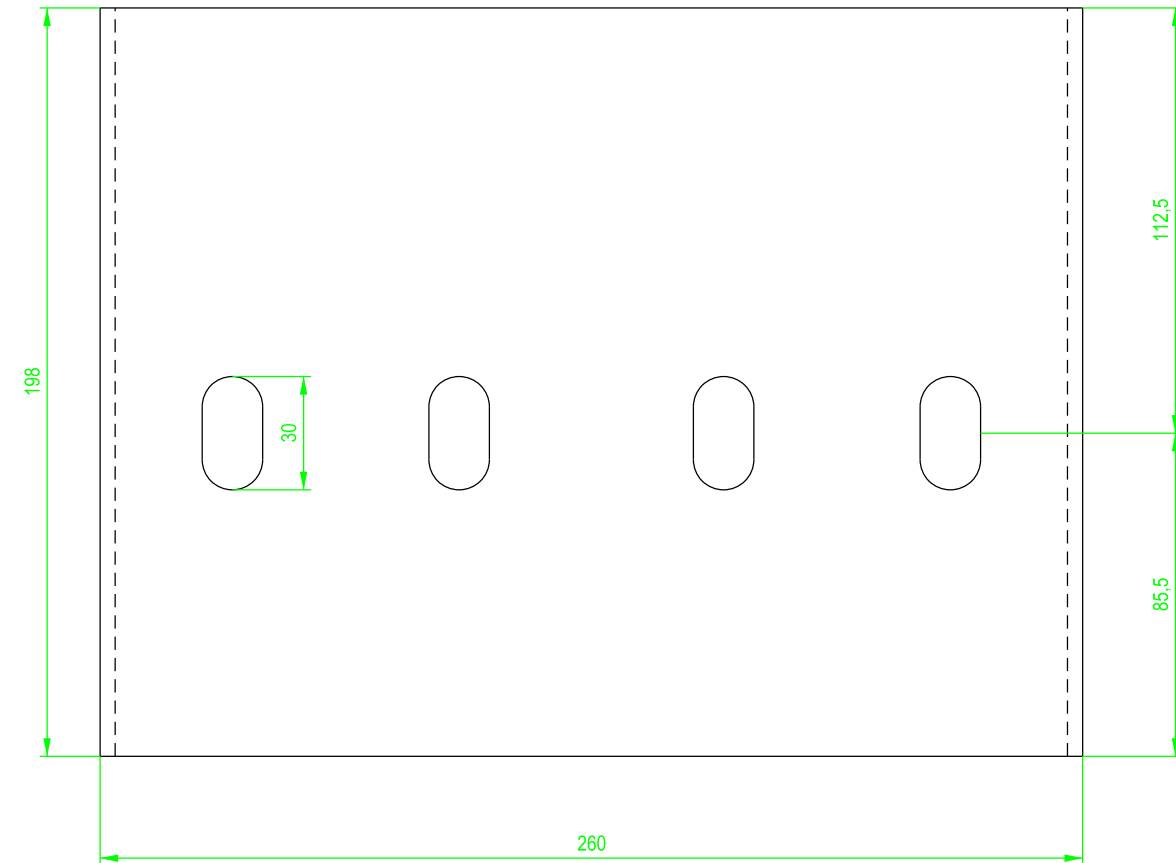
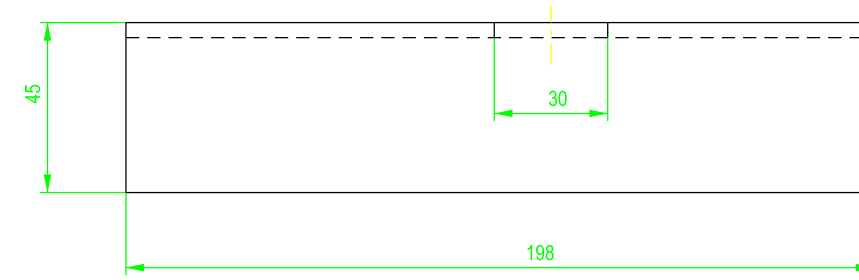
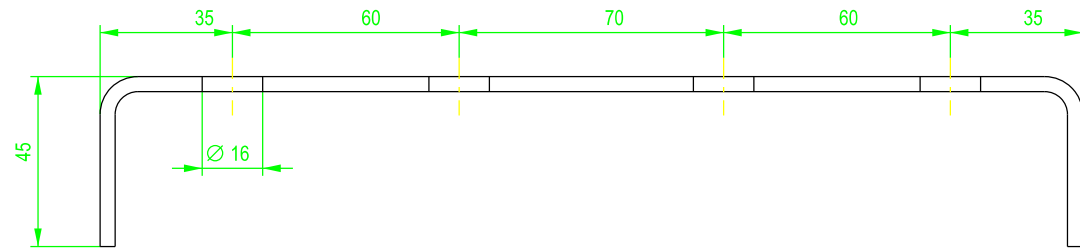
FORMATO : A4

ESCALA:

1/10

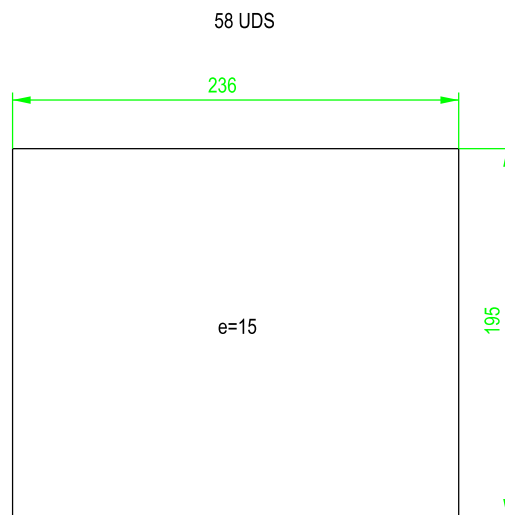
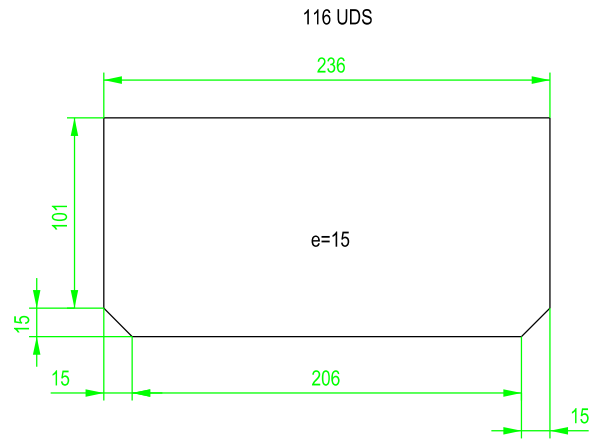
PLANO N° :

PT-74



132 UDS

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Ejones pilares hastiales		FORMATO: A3
	ESCALA: 1/2		PLANO Nº: PT-75



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Placas para apoyo tubos atado pilares hastiales

FORMATO : A4

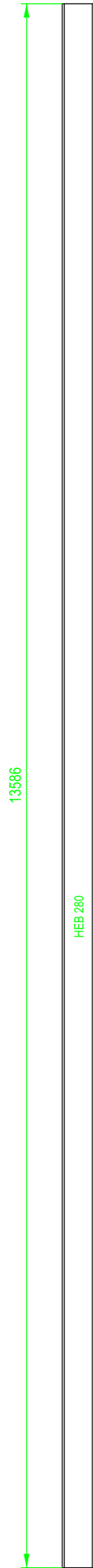
ESCALA:

1/4

PLANO N° :

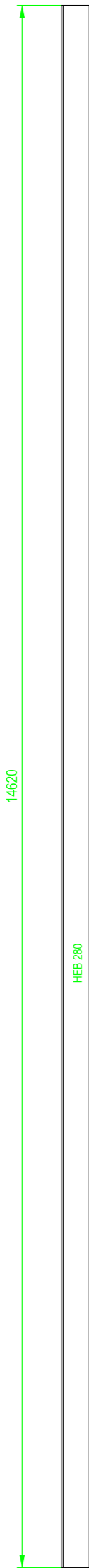
PT-76

3 UNIDADES



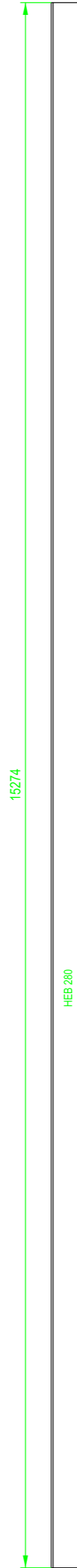
H1-9

3 UNIDADES



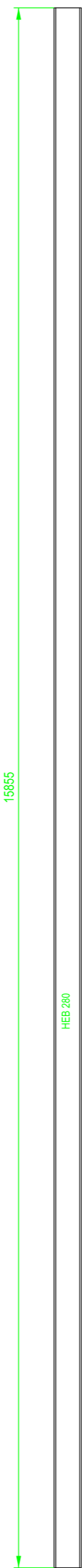
H2-8

3 UNIDADES



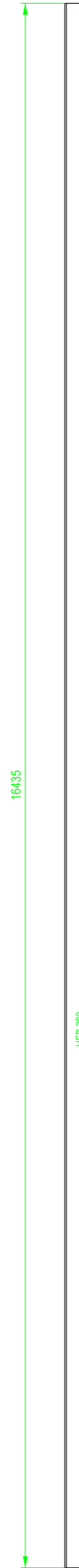
H3-7

4 UNIDADES



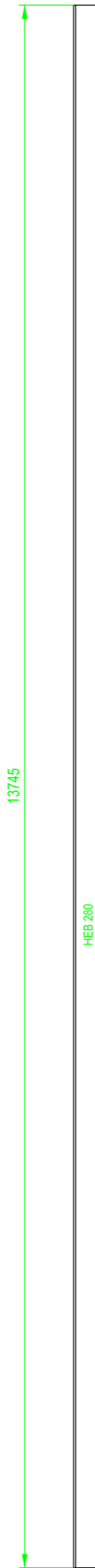
H4-6

2 UNIDADES



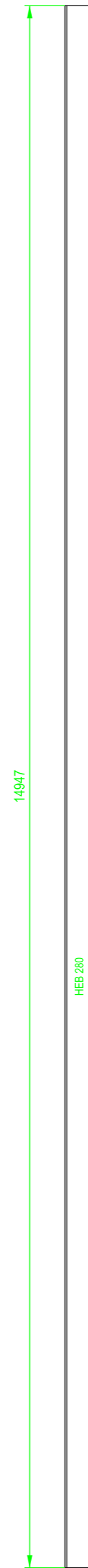
H5

4 UNIDADES



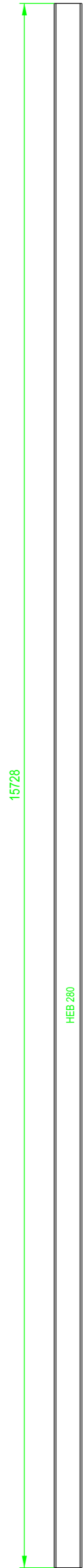
H10-16

4 UNIDADES



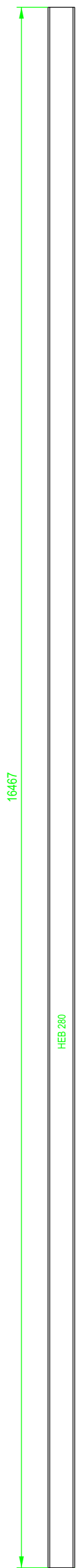
H11-15

4 UNIDADES



H12-14

2 UNIDADES



280 H13

ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
 " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Corte vigas pilares hastiales HEB 280

FORMATO: A2 ESCALA: 1/50 PLANO Nº: PT-77

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.1. Pilares.

3.1.2. Pilares hastiales.

3.1.2.2. Ensamblaje.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

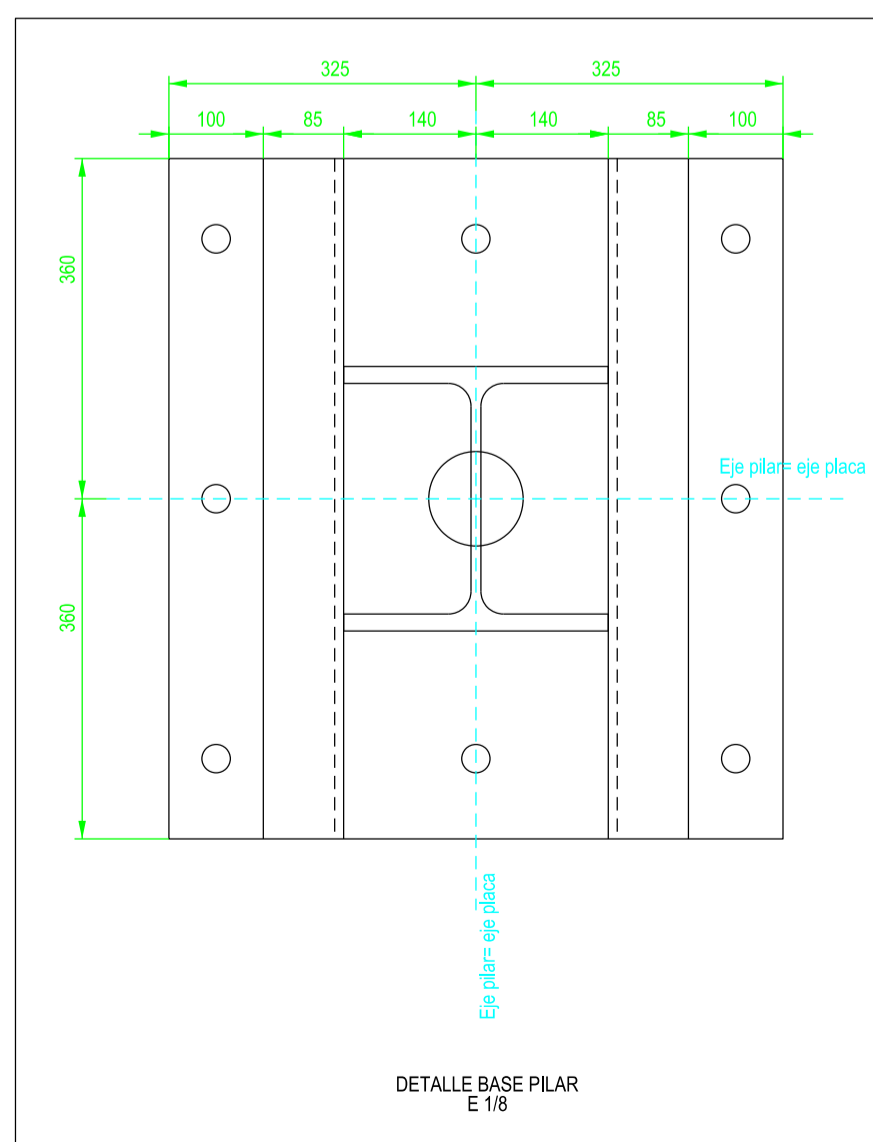
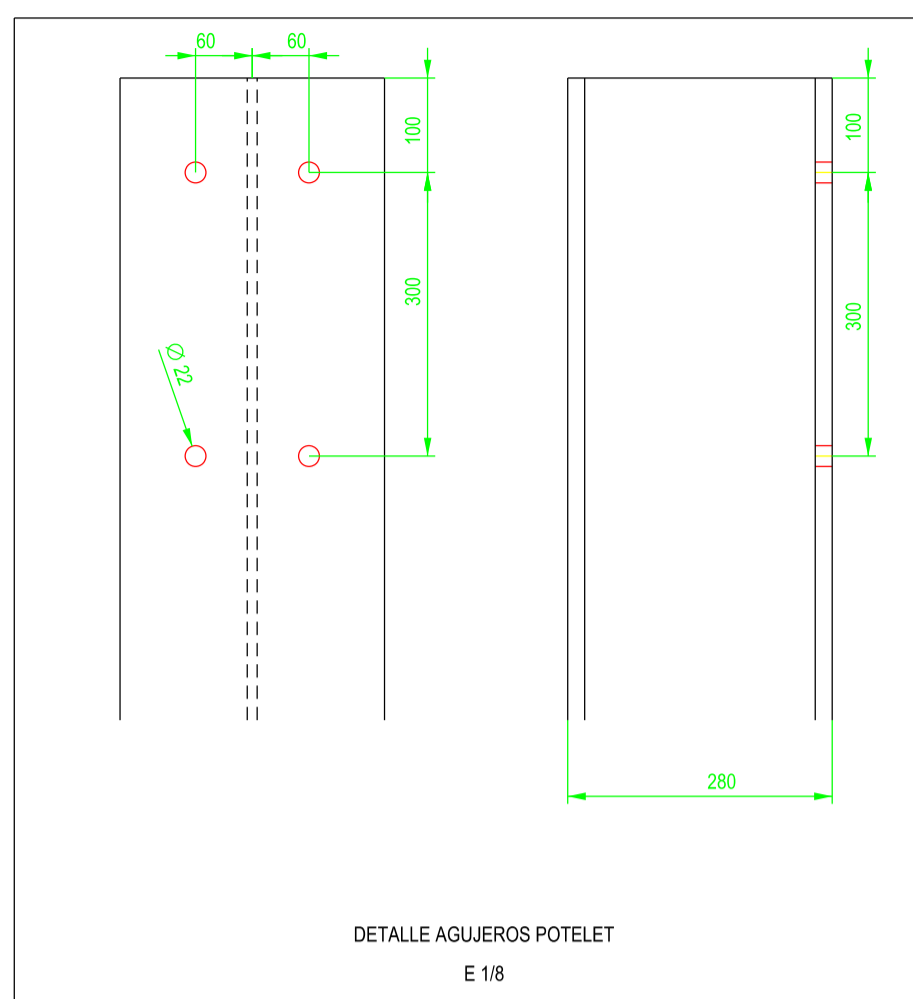
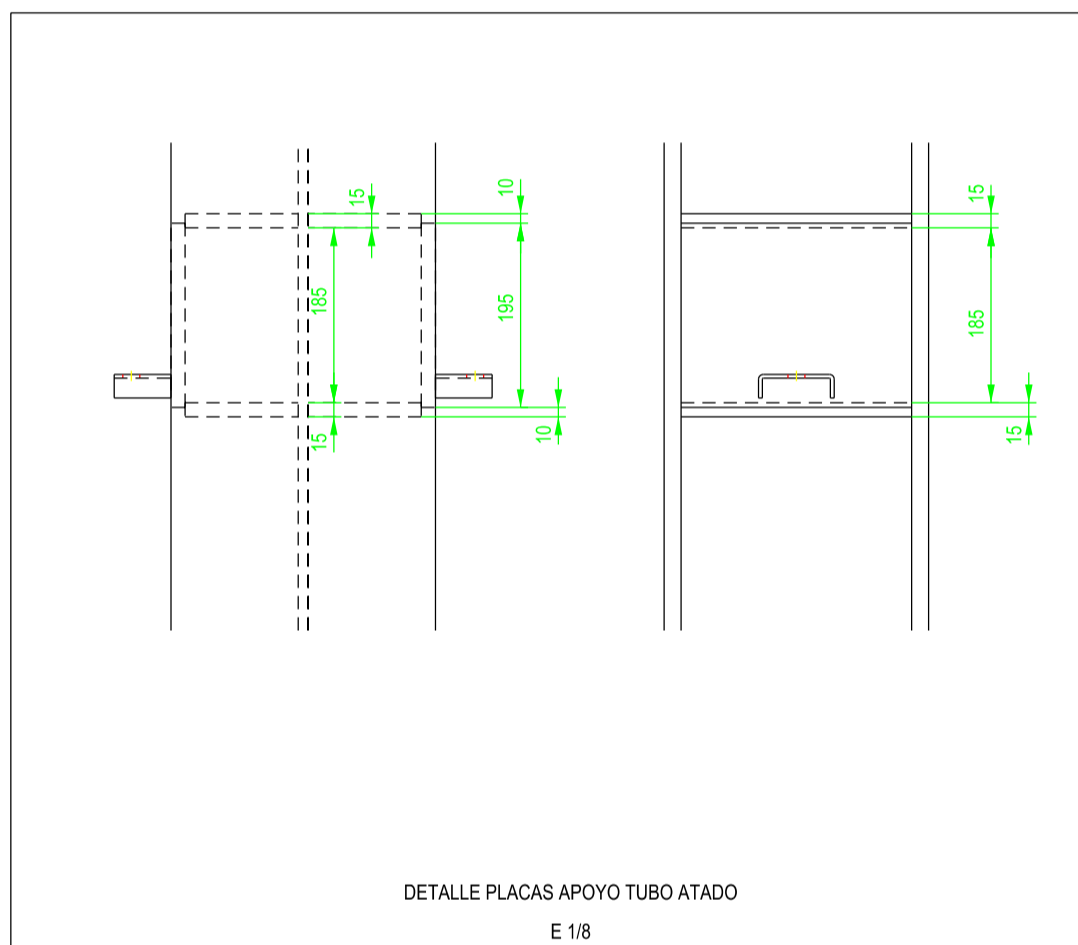
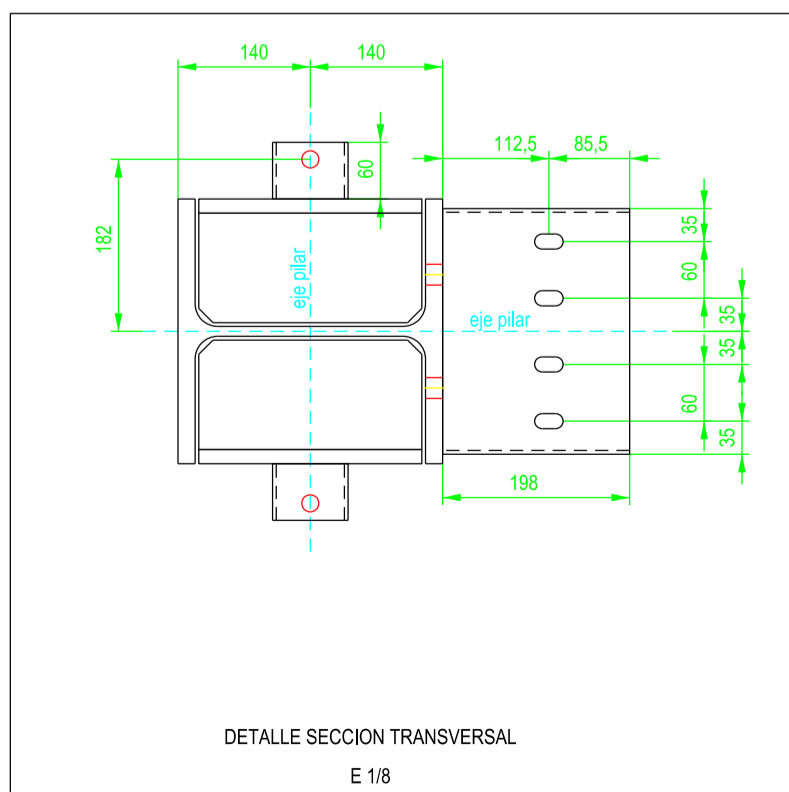
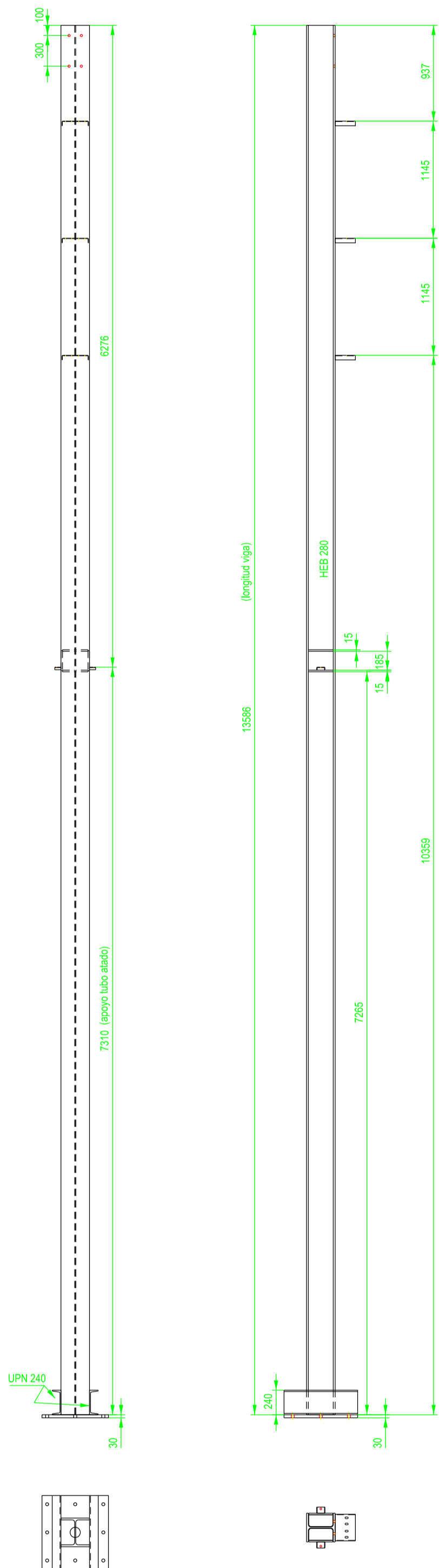
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PT-77A



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Ensamblaje pilares hastiales HE1, HEB y HO9

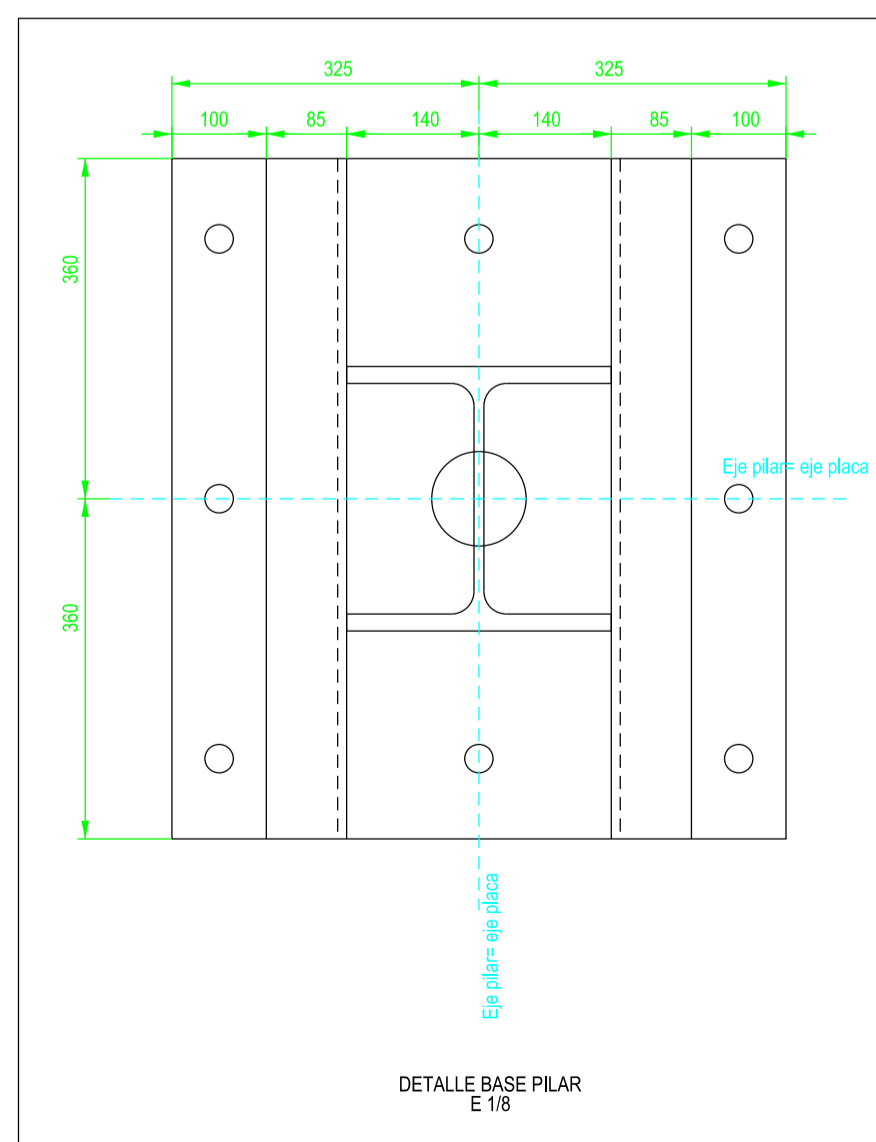
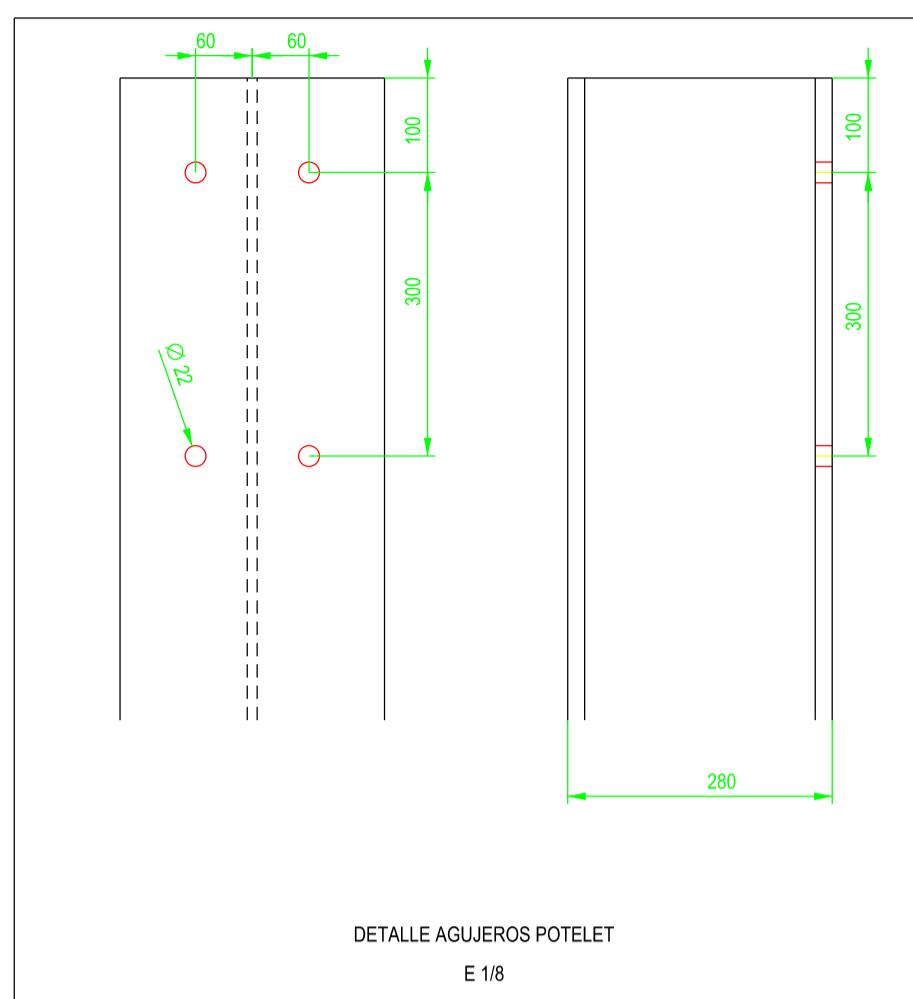
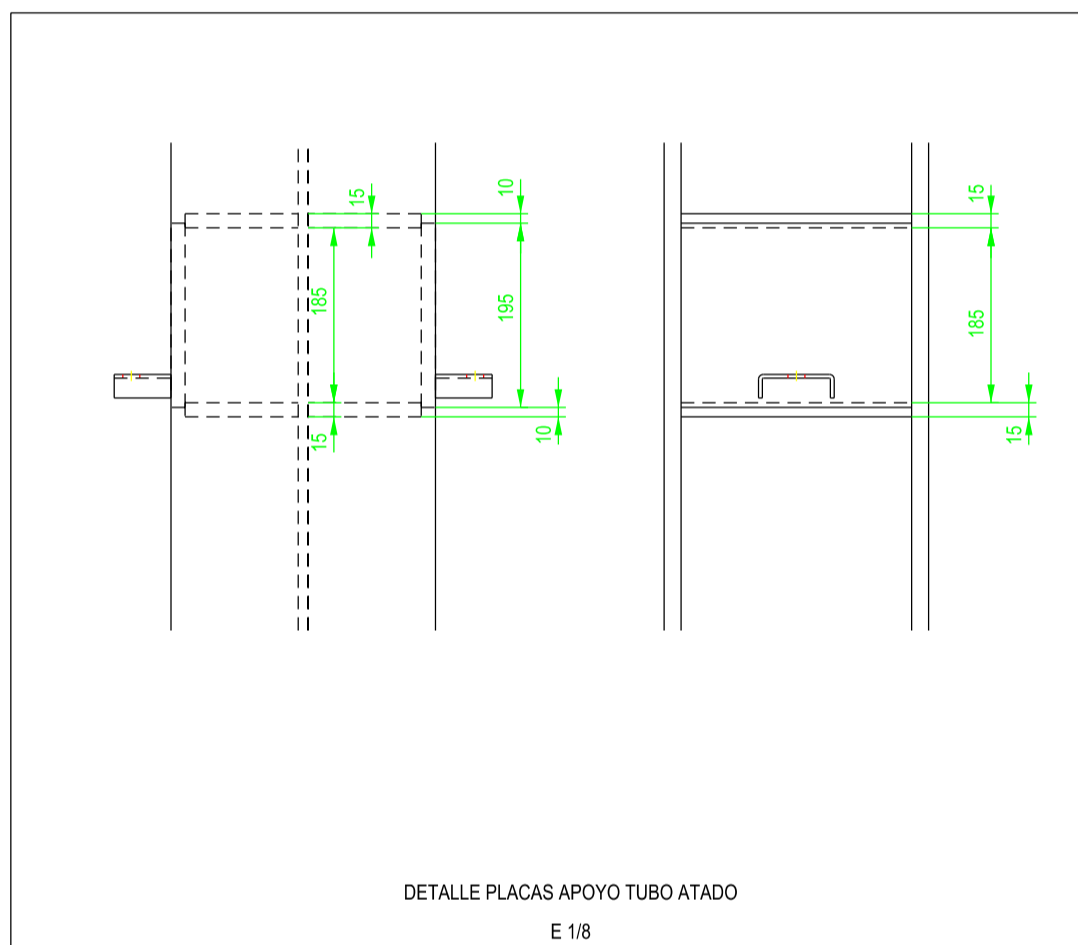
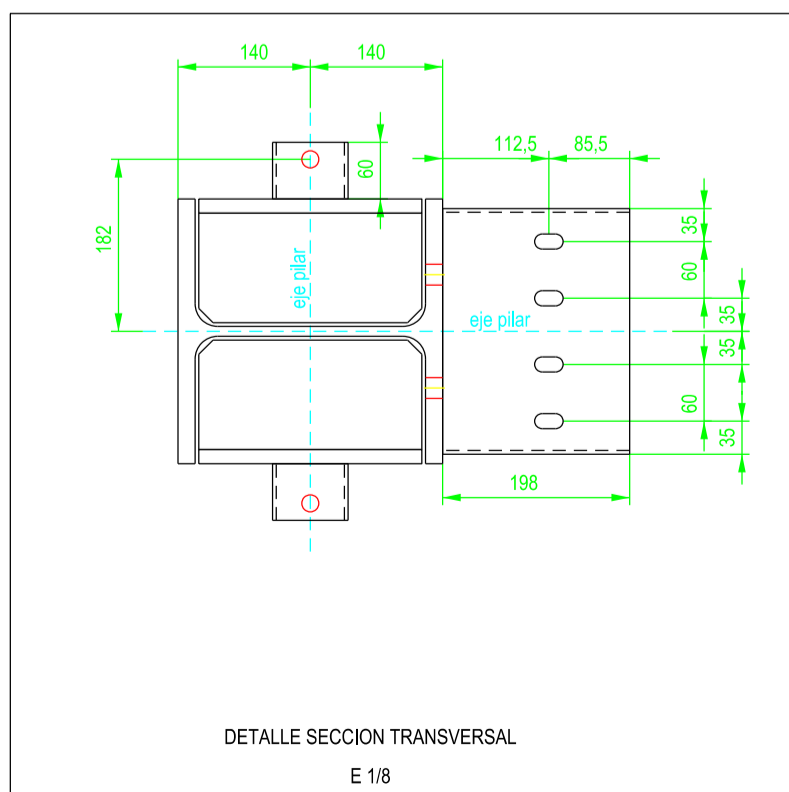
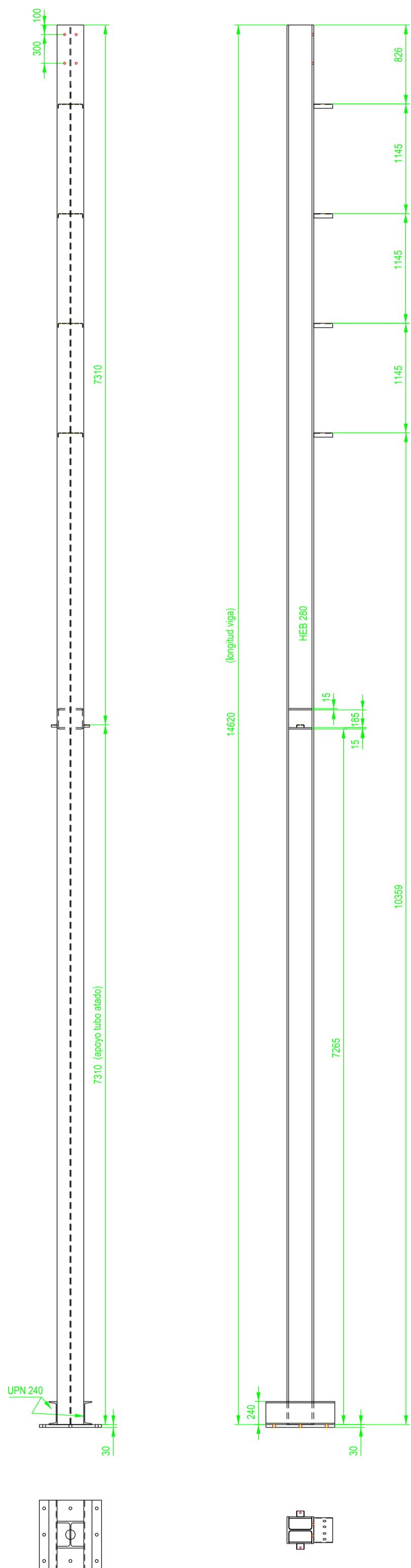
FORMATO: A2

PLANO Nº.:

ESCALA: 1/40

PT-78

3 UNIDADES



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Ensamblaje pilares hastiales HEZ, HE8 y HO8

FORMATO: A2

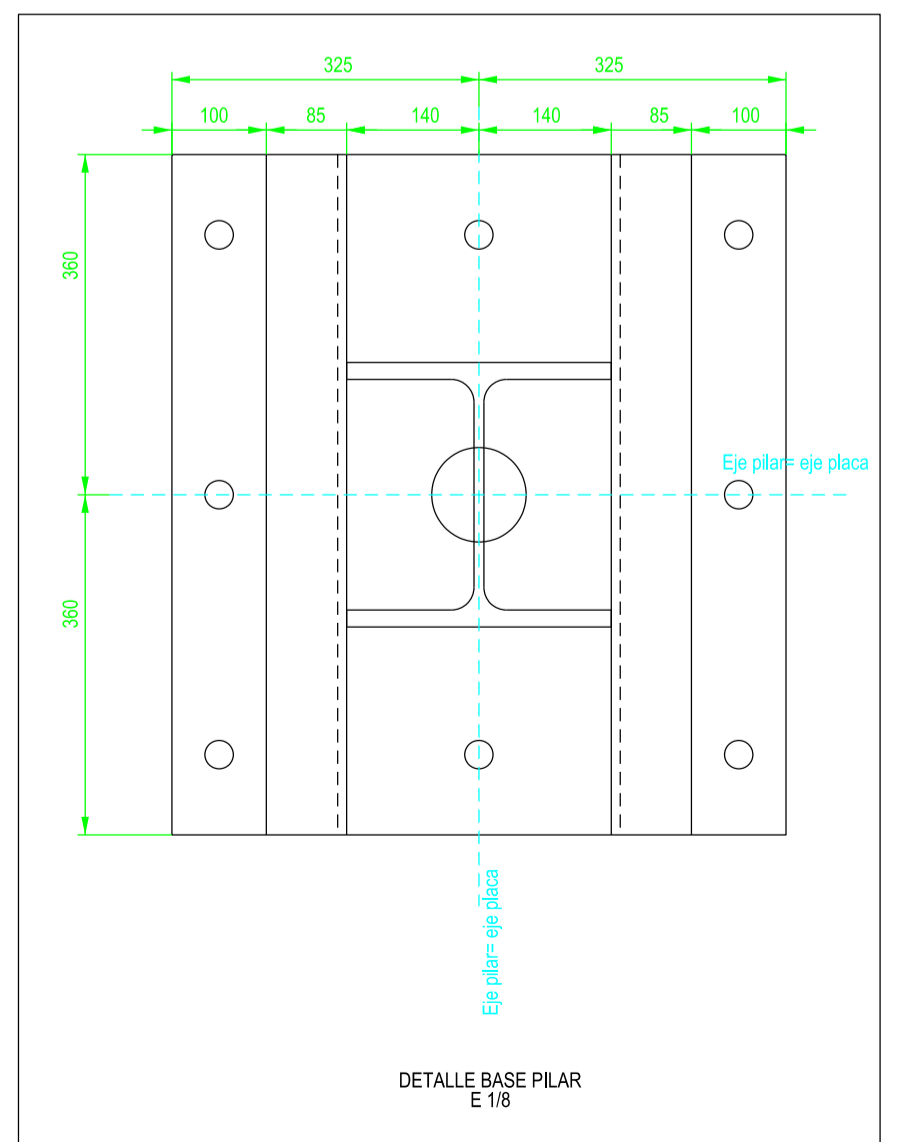
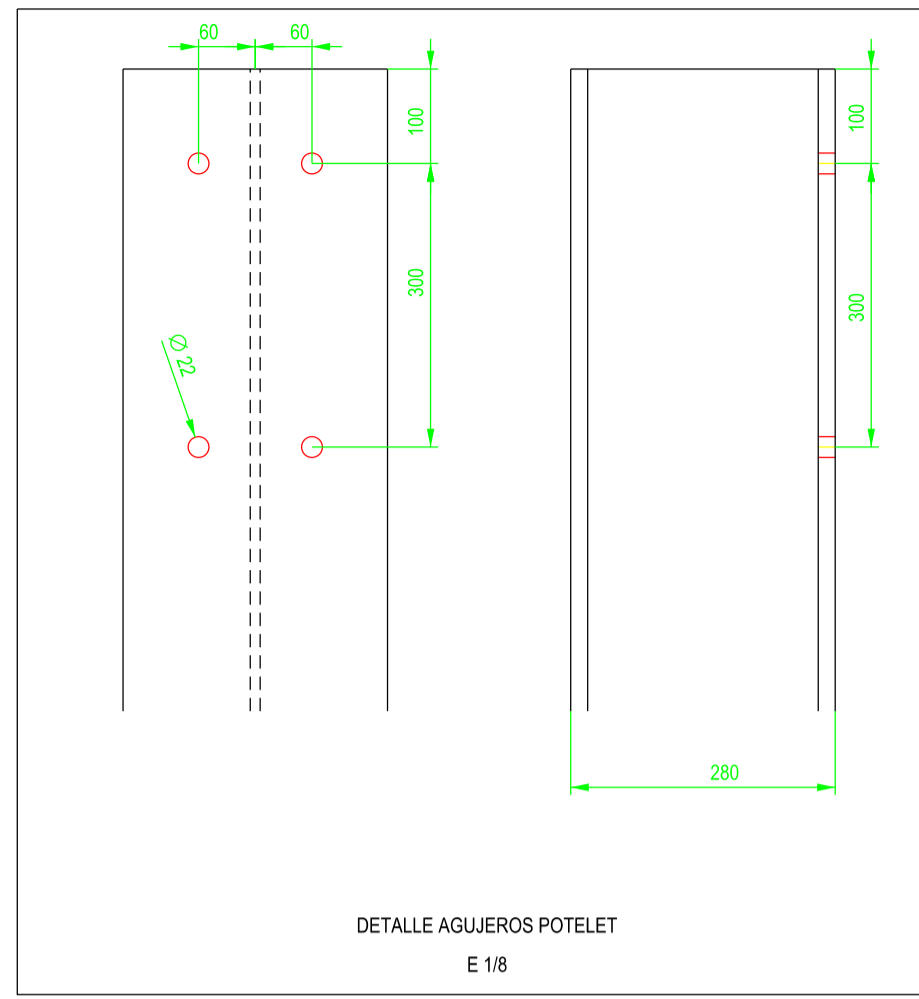
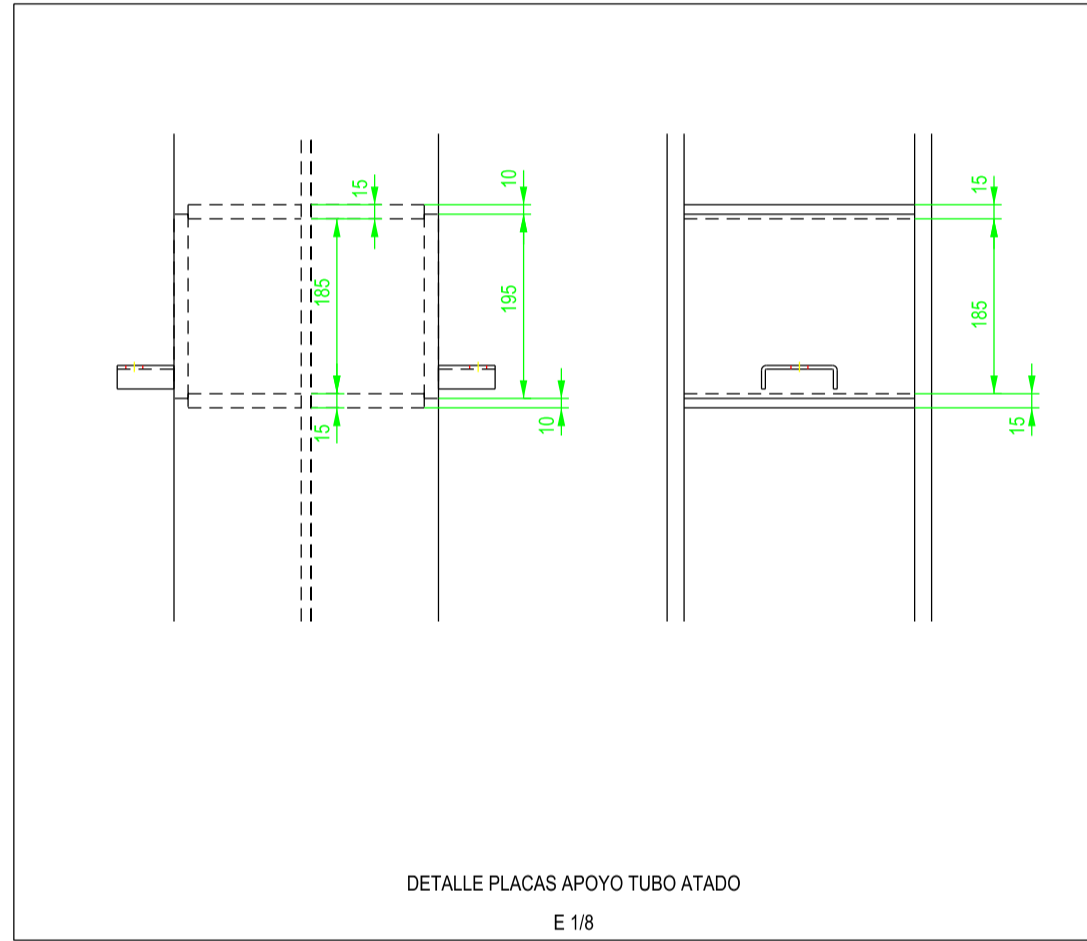
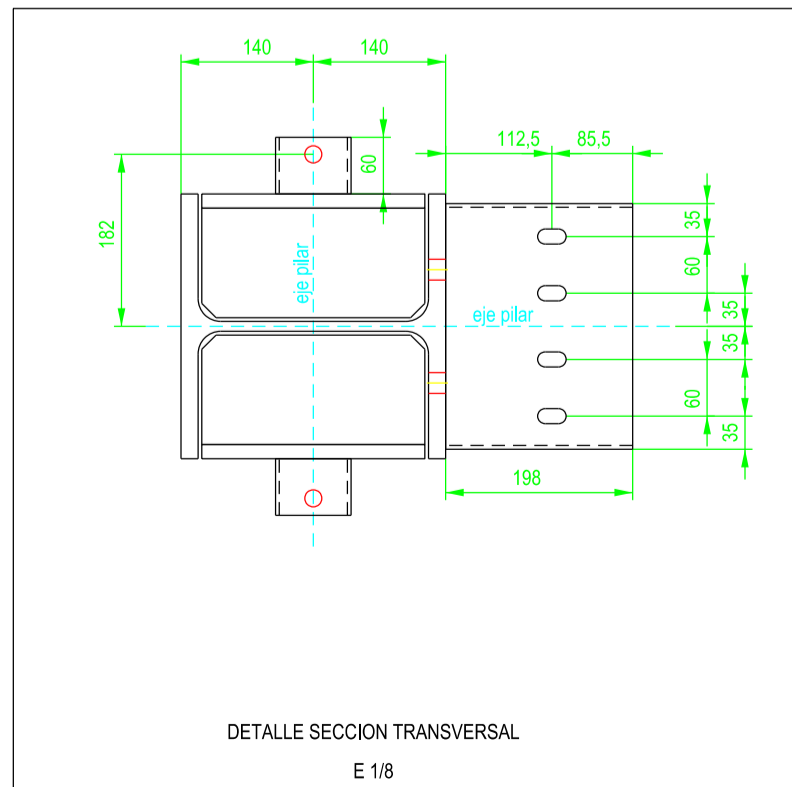
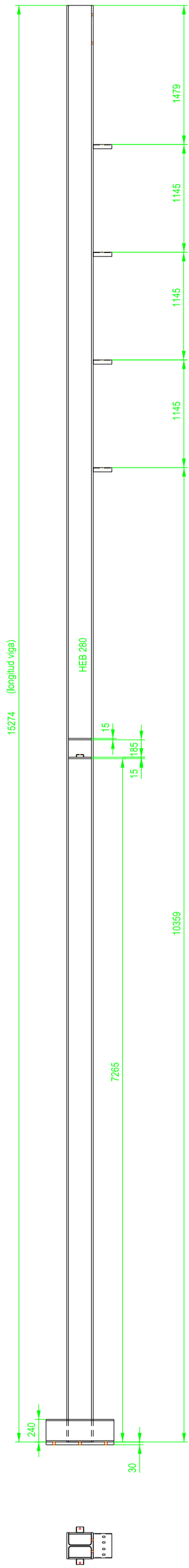
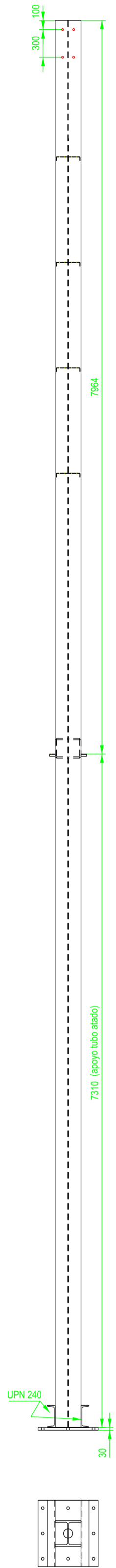
PLANO Nº.:

PT-79

ESCALA:

1/40

3 UNIDADES



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

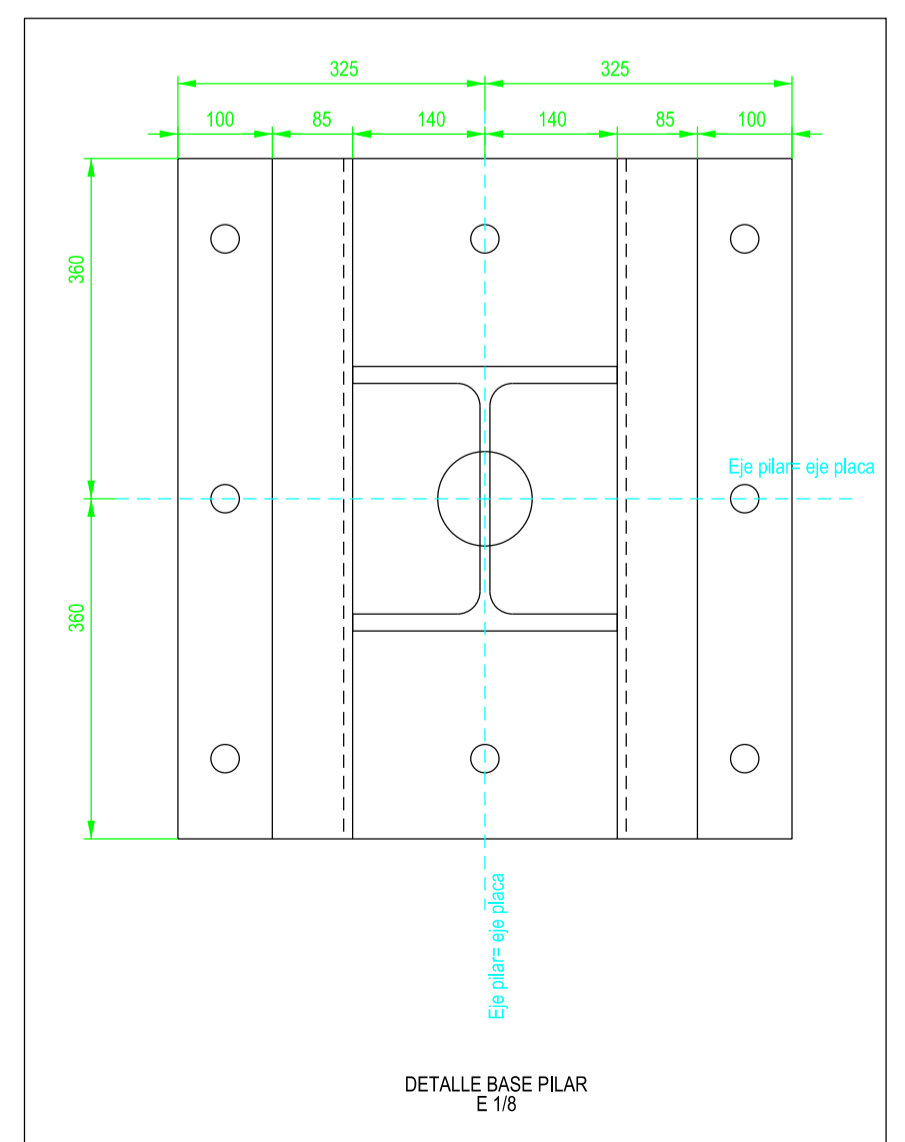
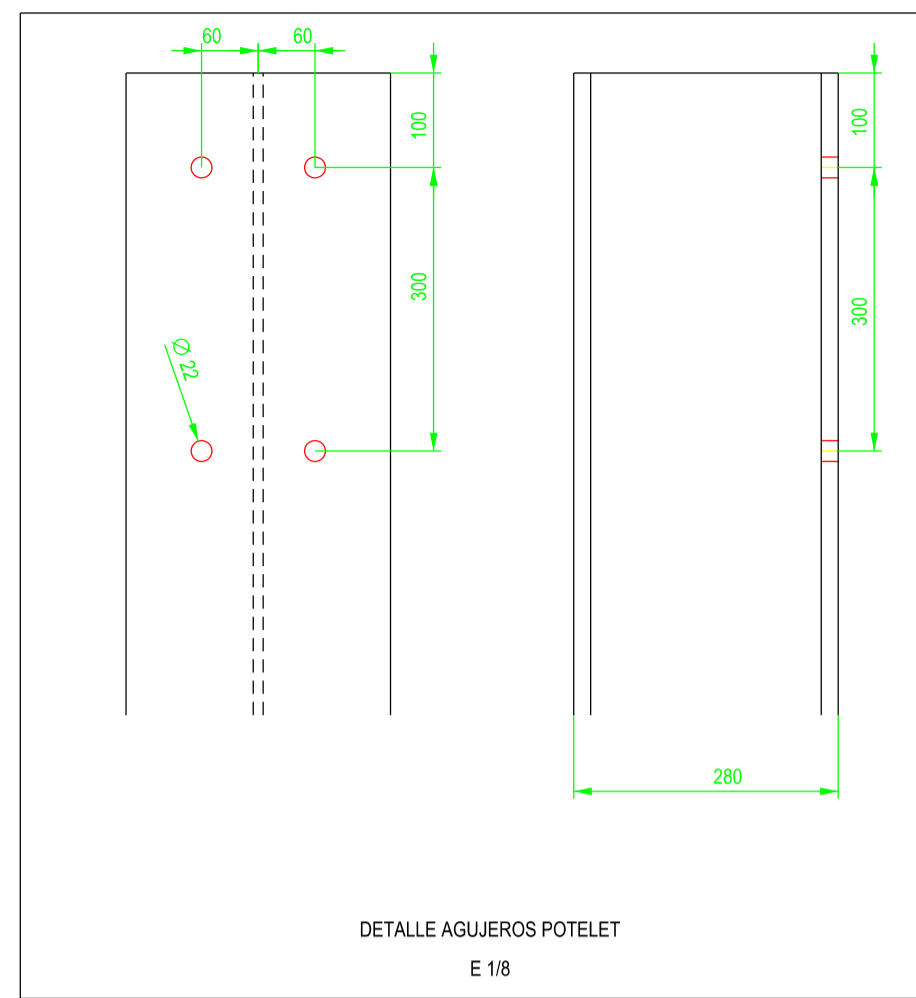
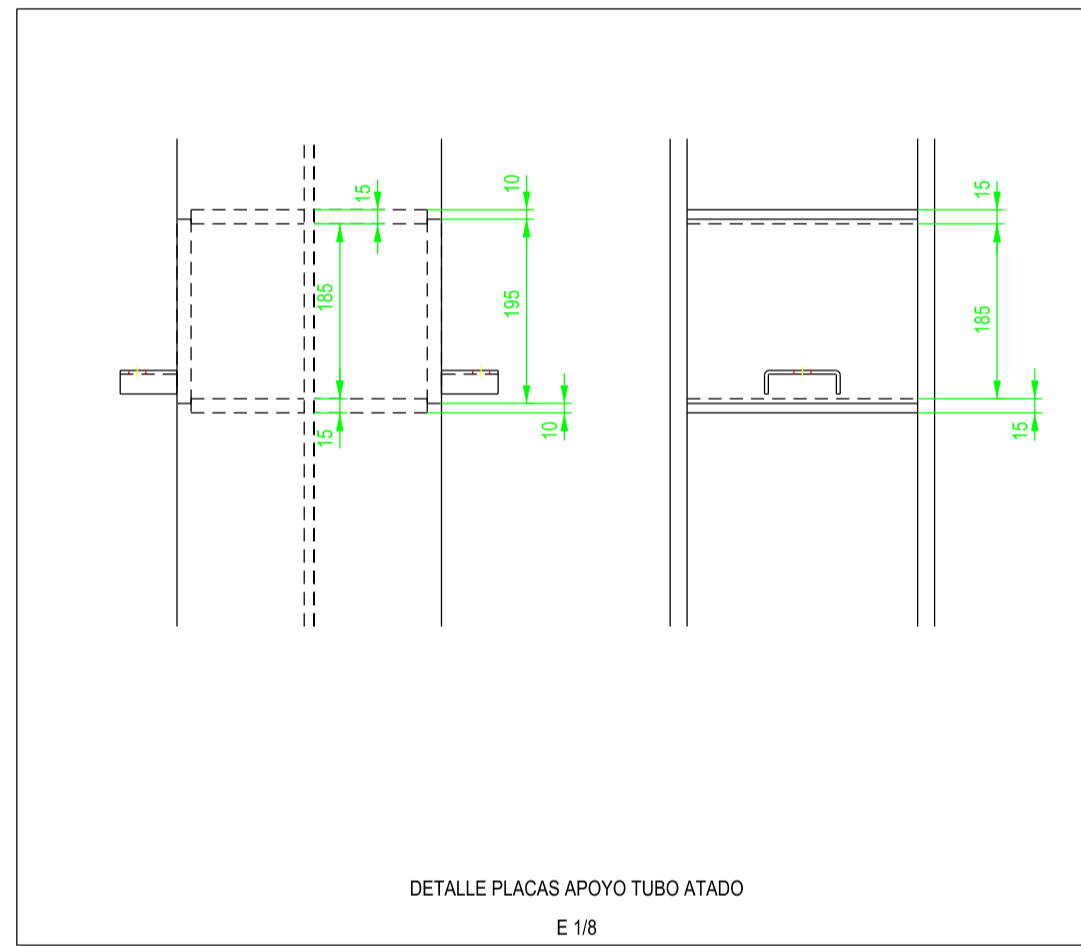
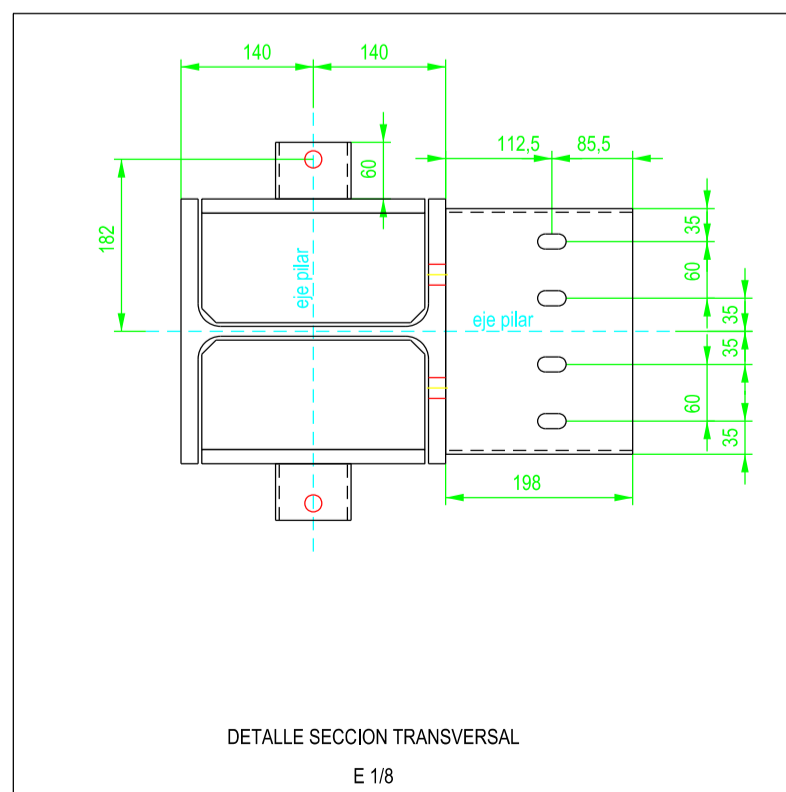
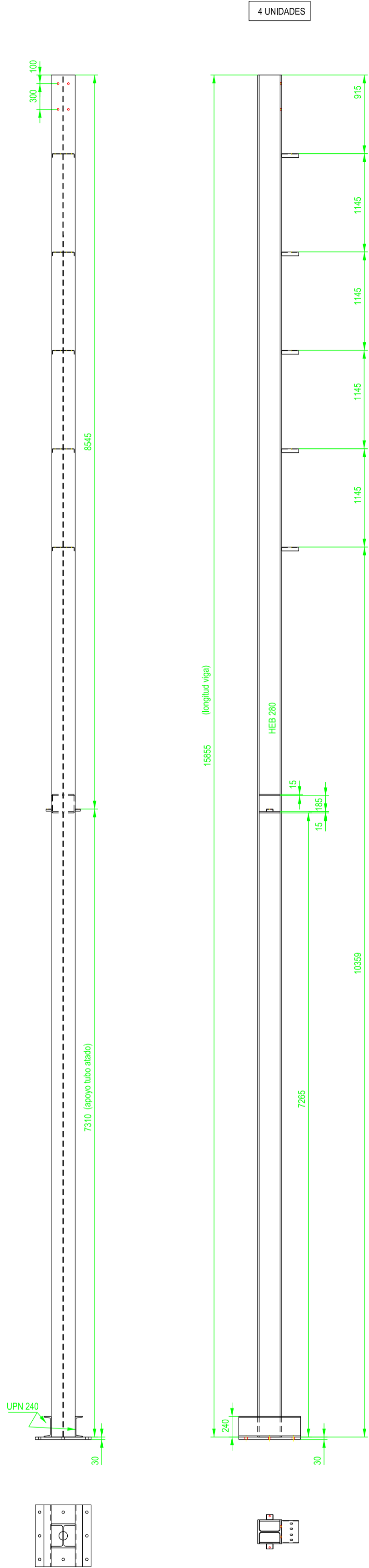
TÍTULO PLANO:

Ensamblaje pilares hastiales HE3, HE7 y H07

FORMATO: A2

PLANO Nº: 1/40

ESCALA: PT-80



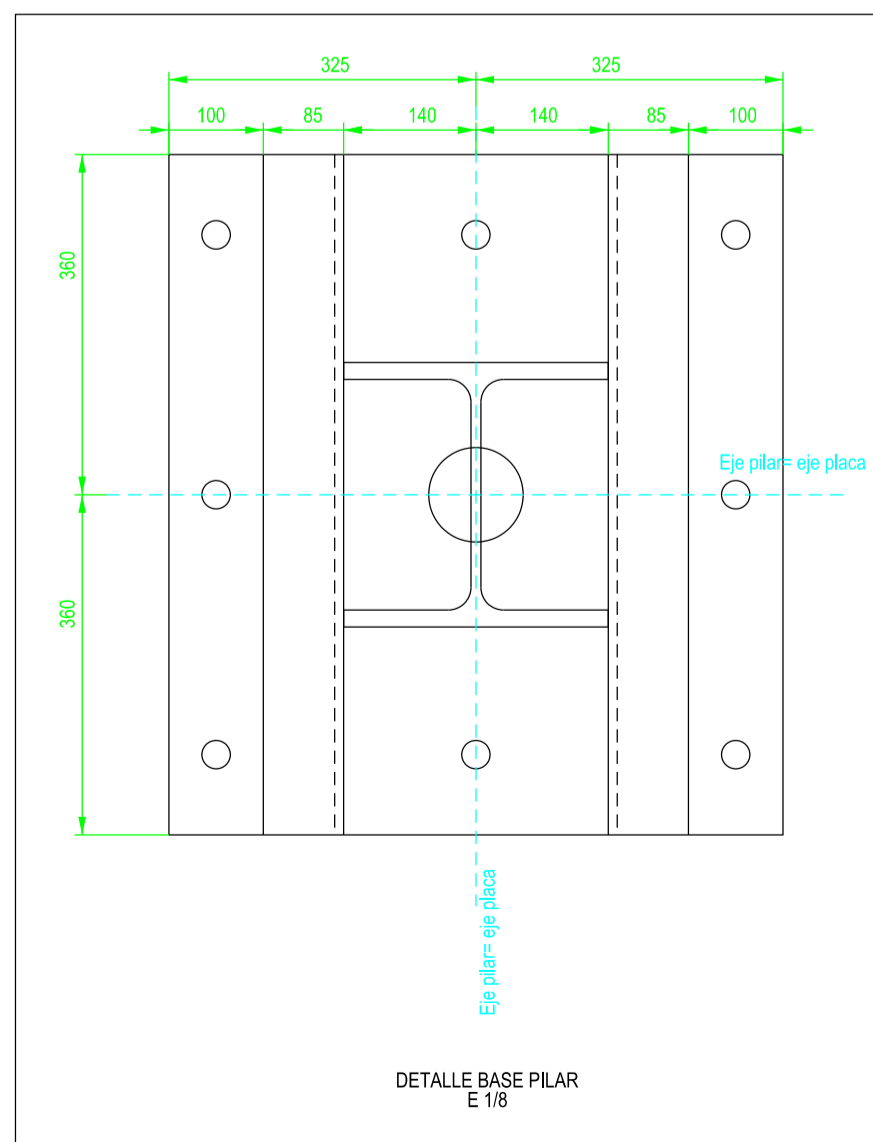
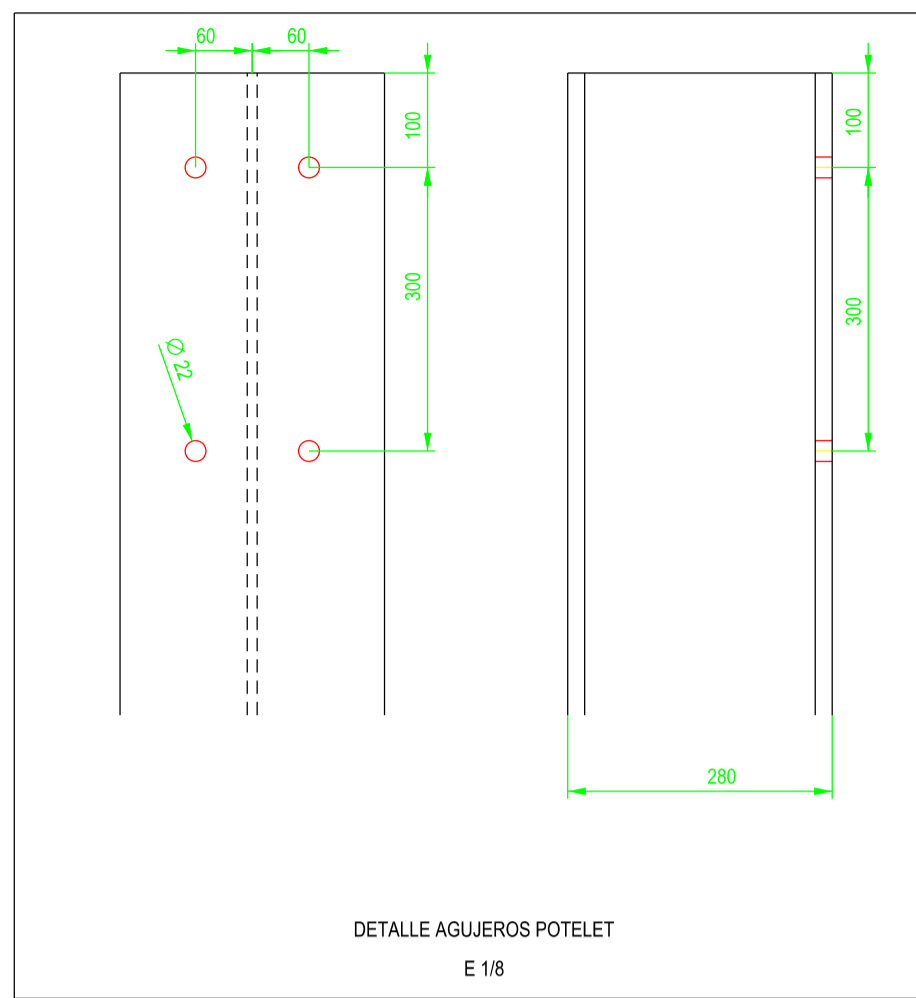
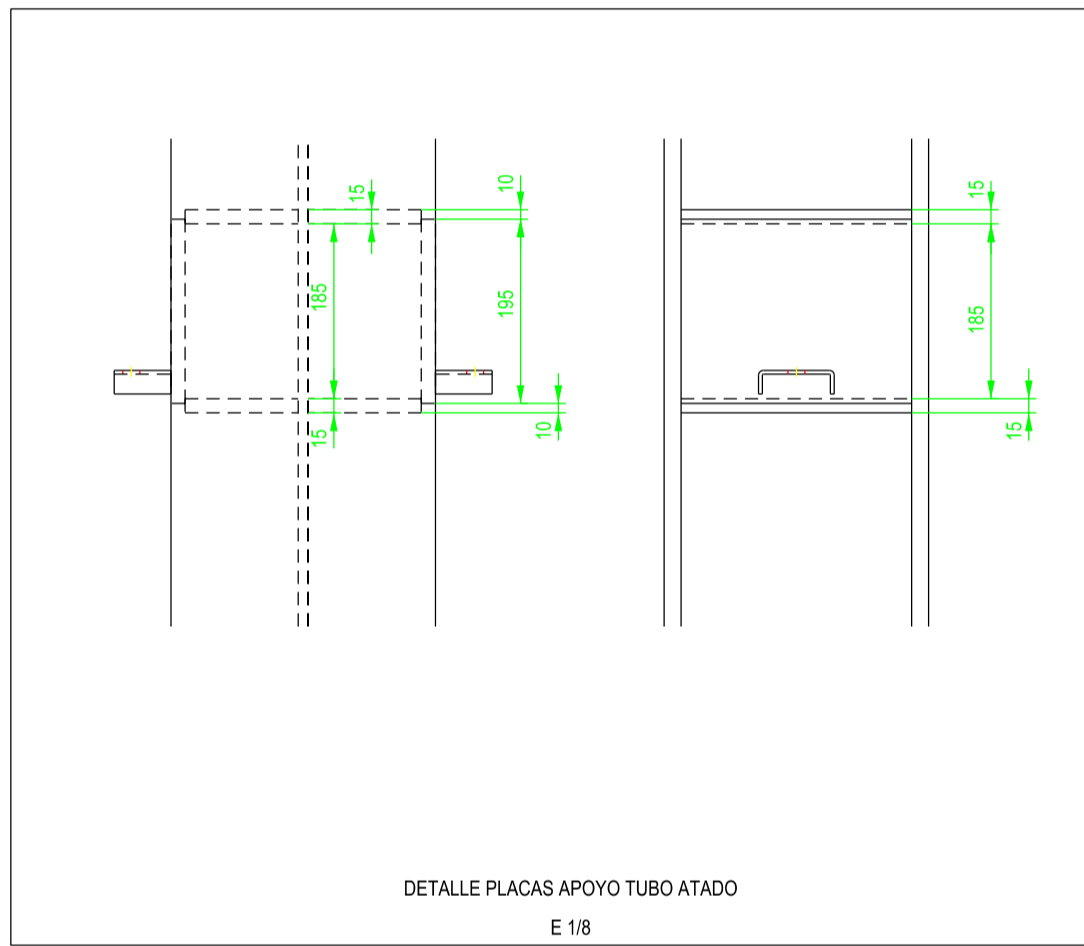
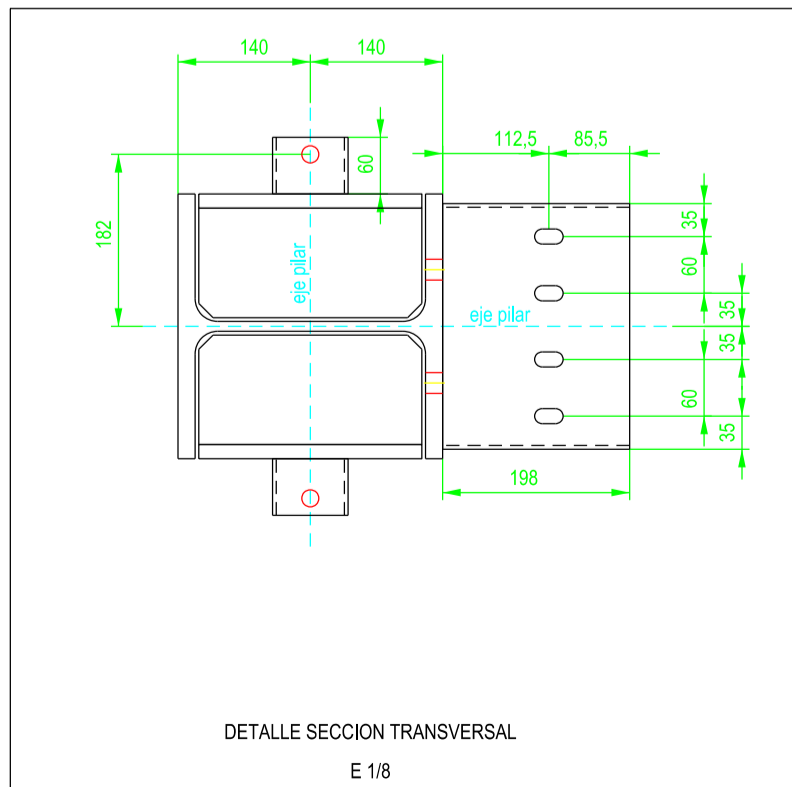
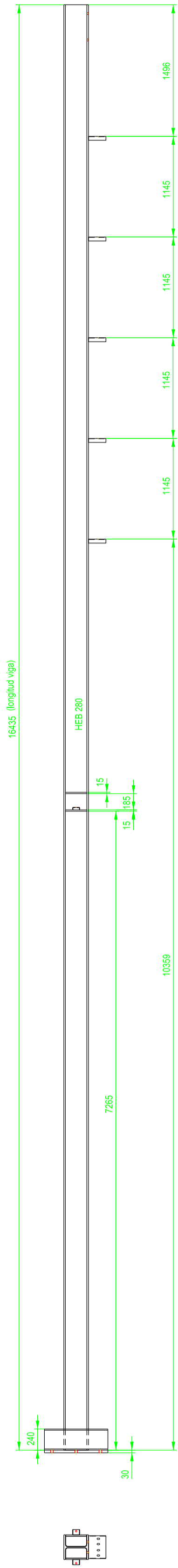
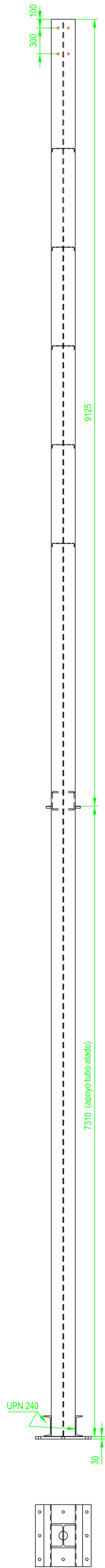
ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje pilares hastiales HE4, HE6, HO4 y HO6
FORMATO: A2
ESCALA: 1:40
PLANO Nº.: PT-81

2 UNIDADES

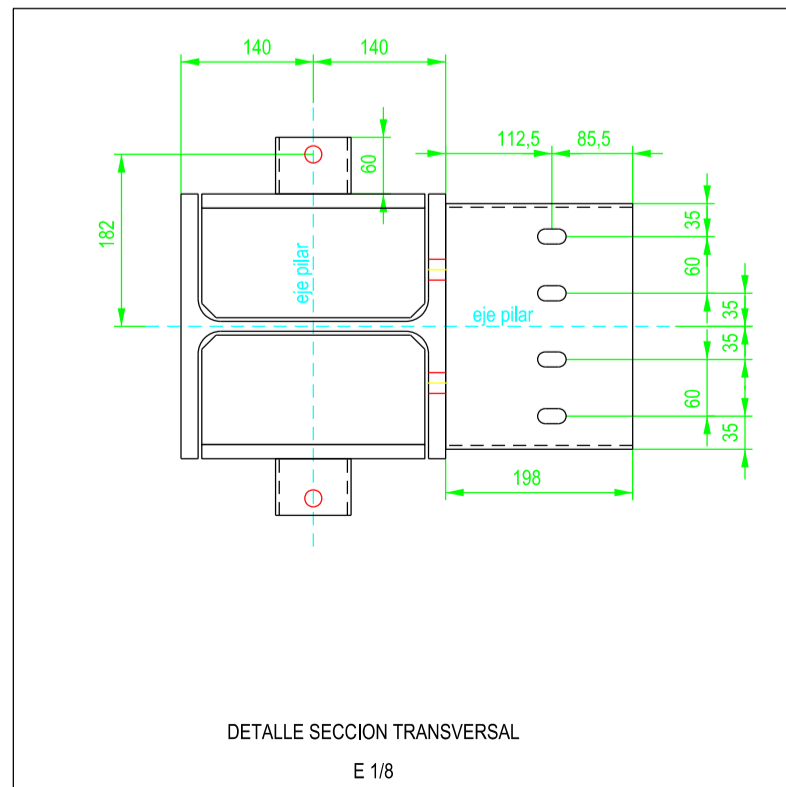
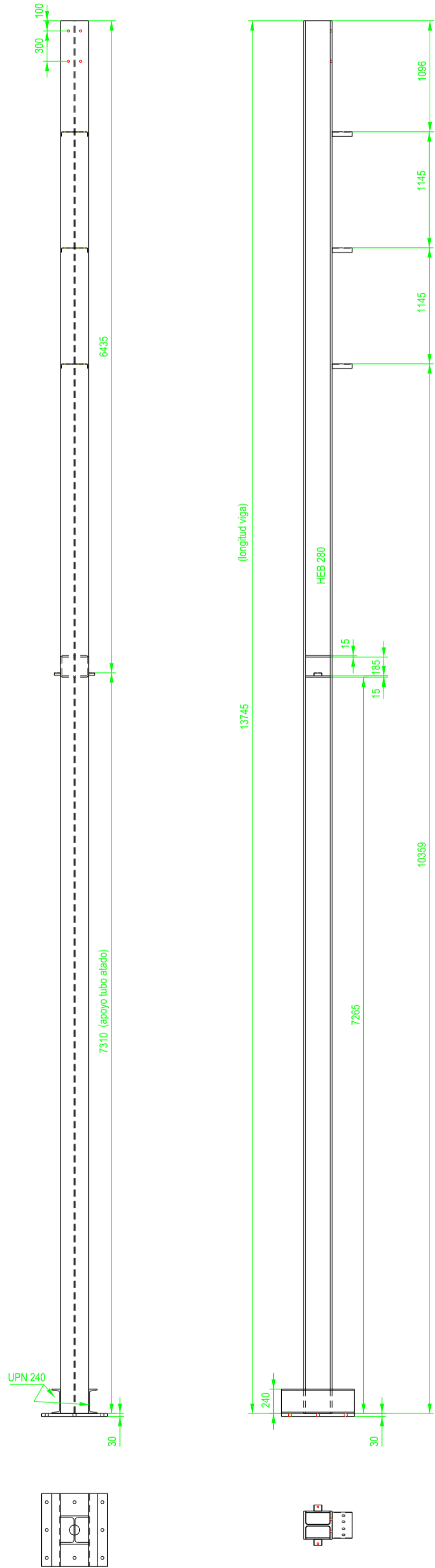


ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

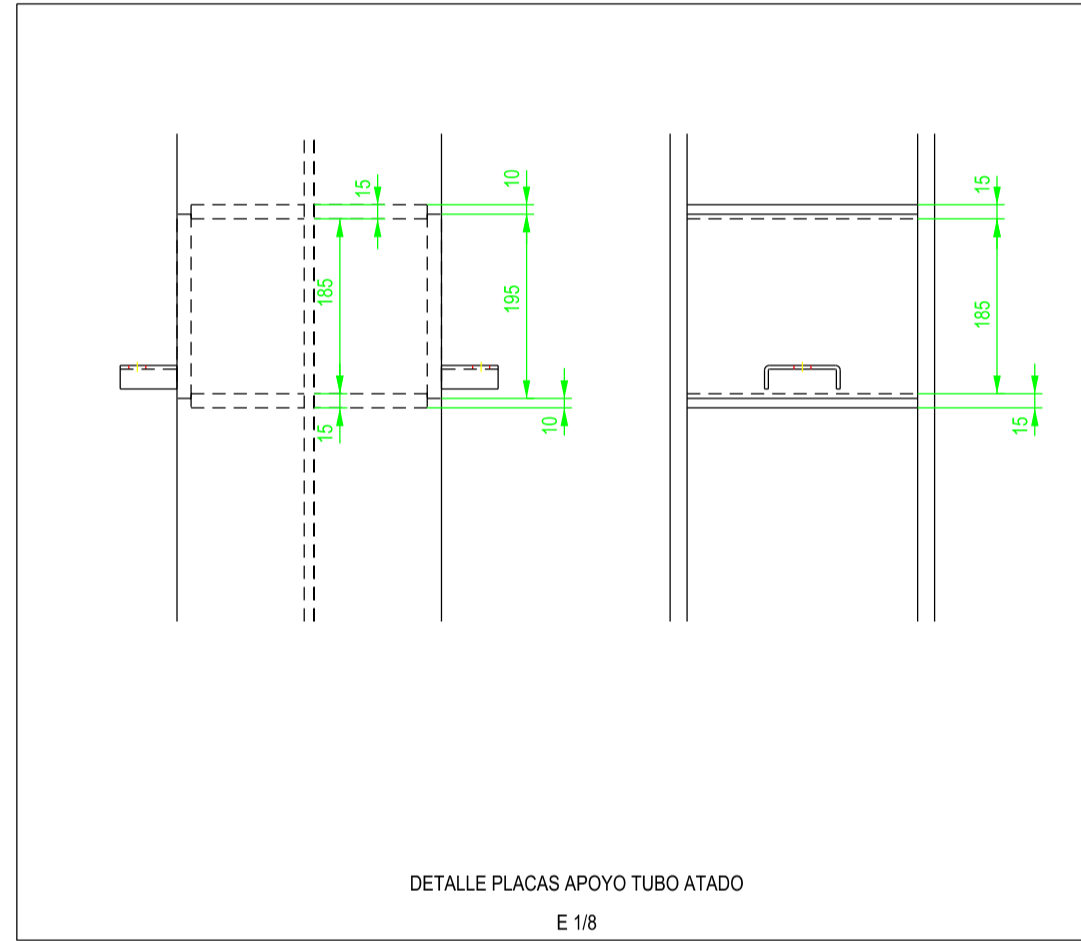
TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje pilares hastiales HES y HC5
FORMATO: A2
ESCALA: 1/40
PLANO Nº.: PT-32

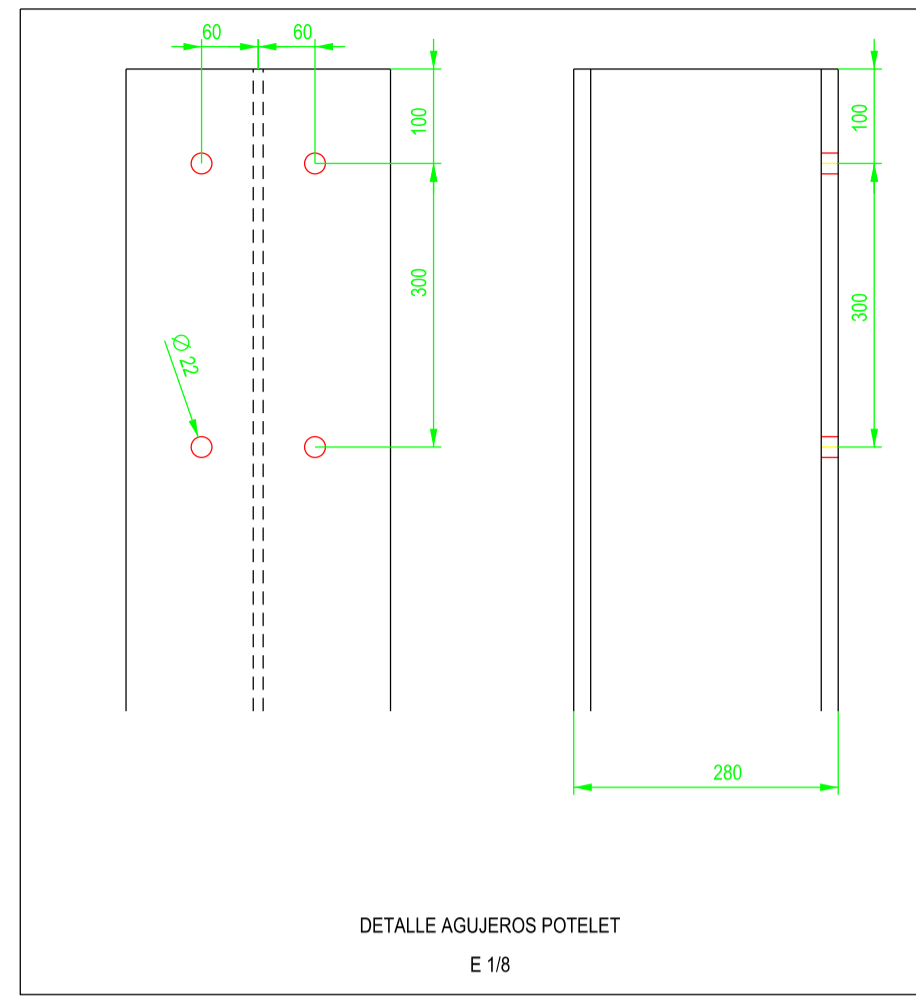
4 UNIDADES



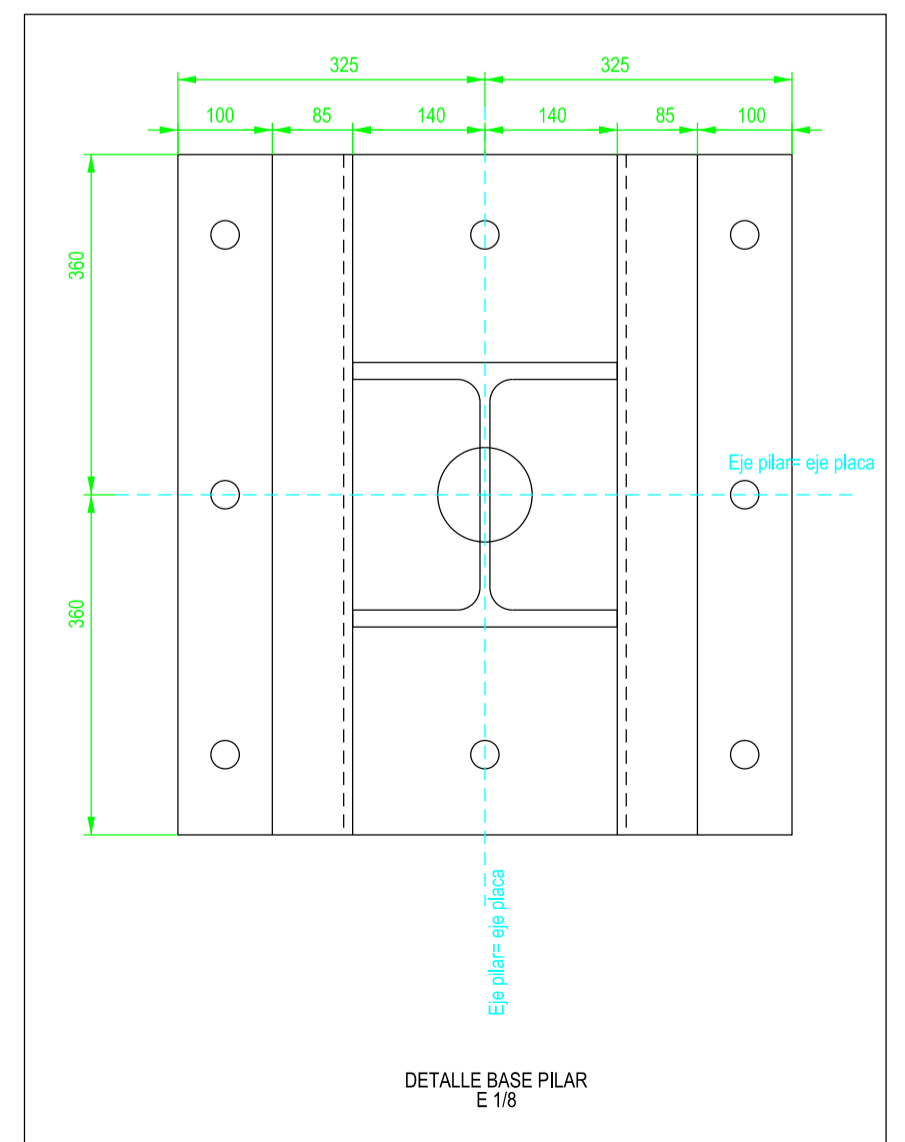
DETALLE SECCION TRANSVERSAL
E 1/8



DETALLE PLACAS APOYO TUBO ATADO
E 1/8



DETALLE AGUJEROS POTELET
E 1/8



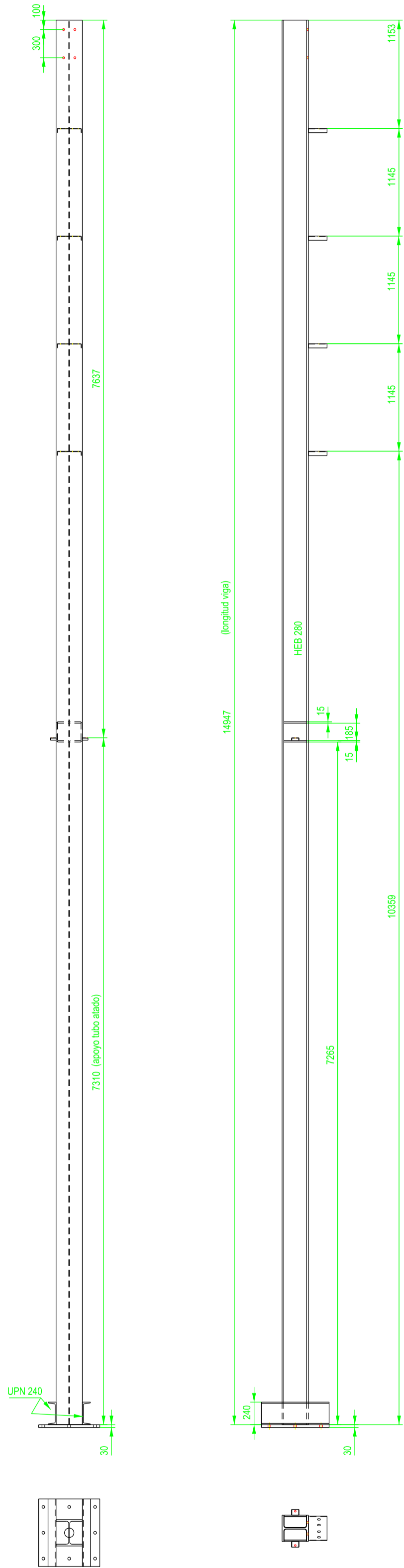
DETALLE BASE PILAR
E 1/8

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

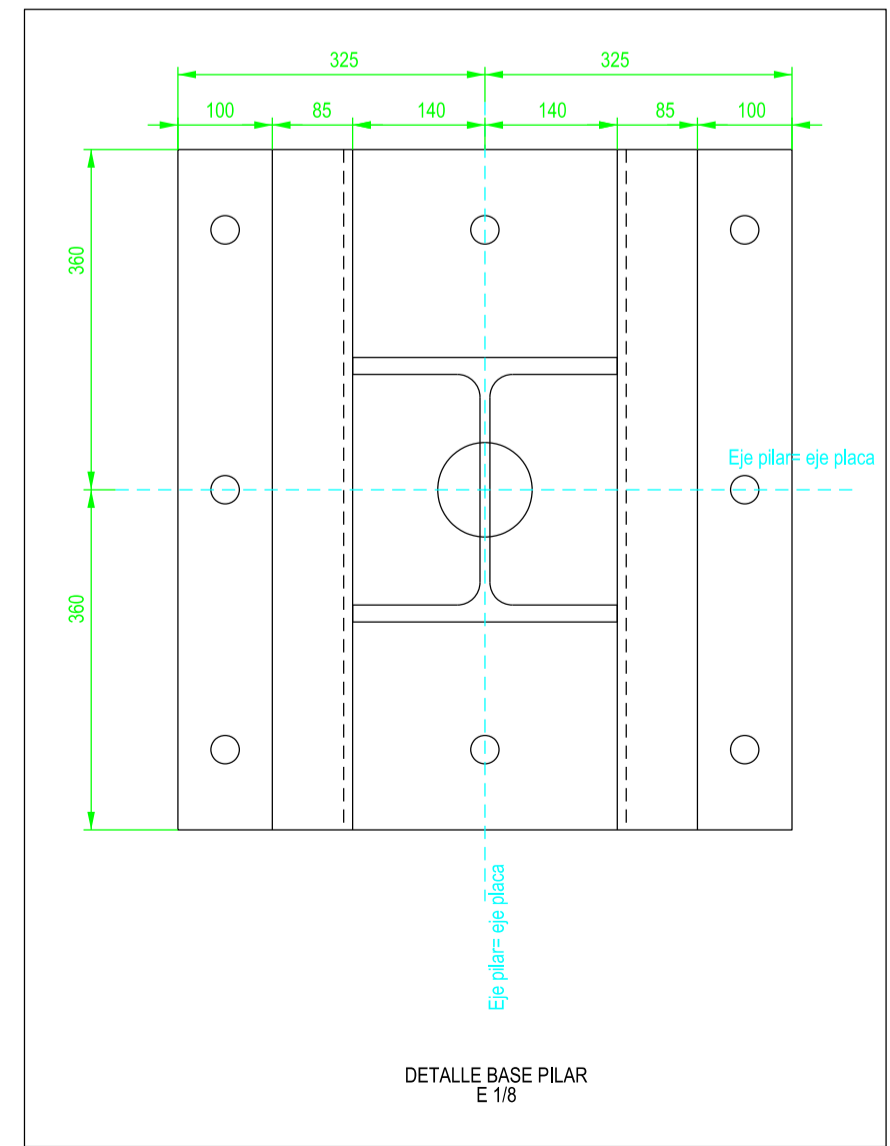
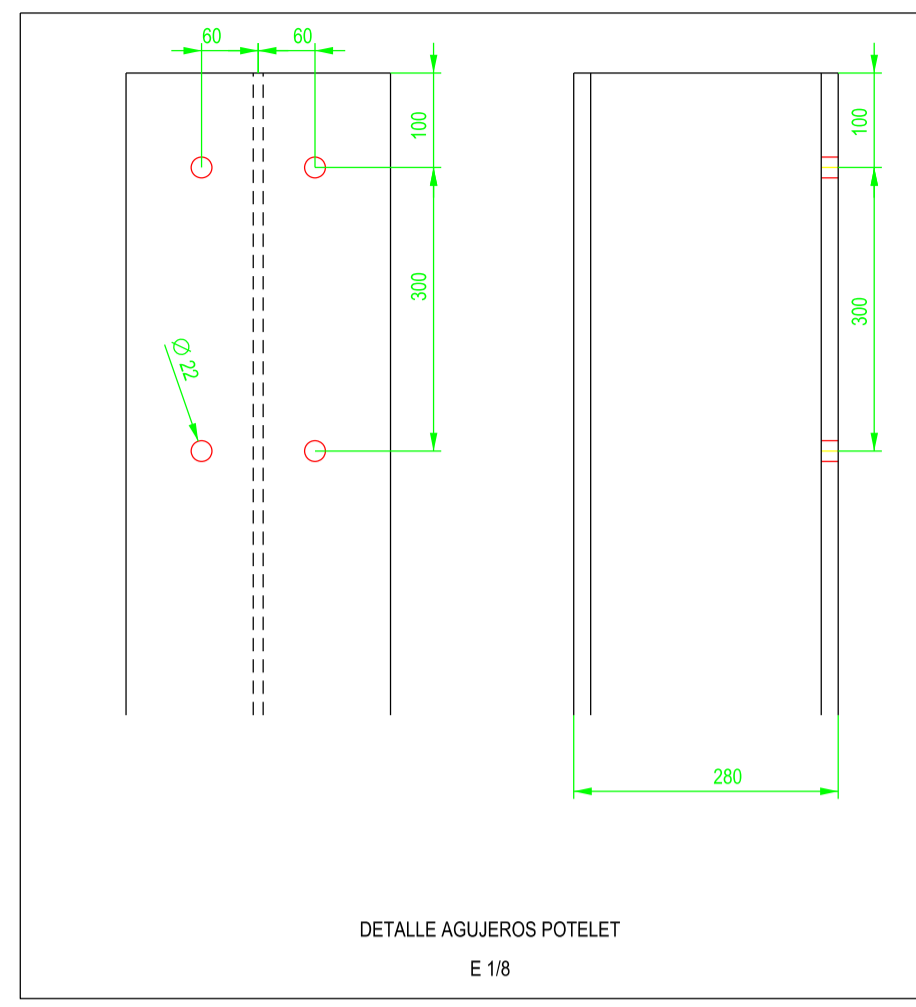
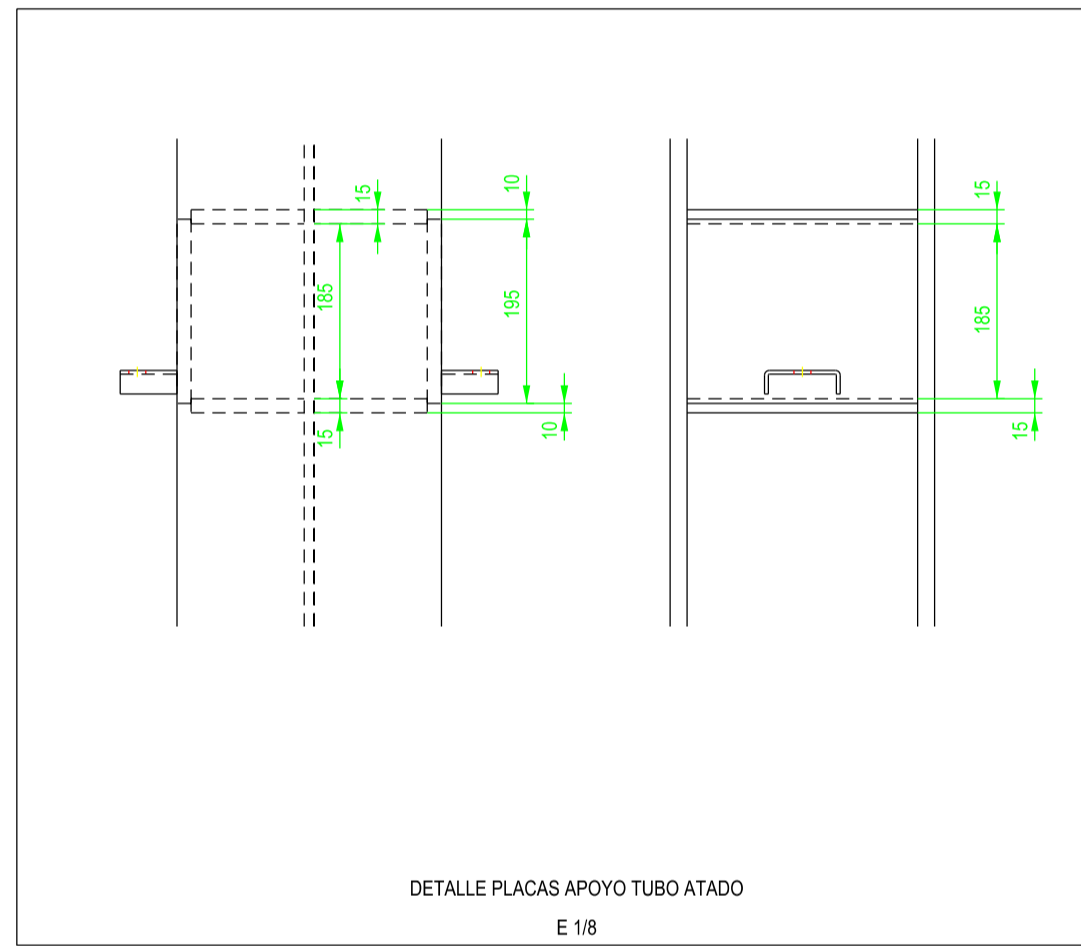
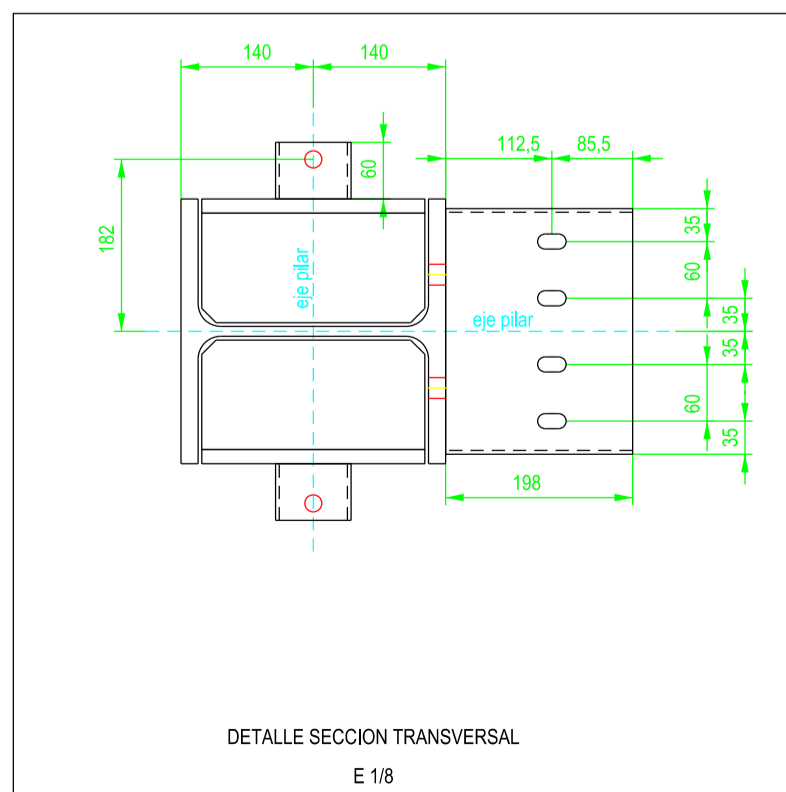
TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Ensamblaje pilares hostiales HE10, HE16, HO10 y HO16
FORMATO: A2 ESCALA: 1/40 PLANO Nº.: PT-83



4 UNIDADES



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

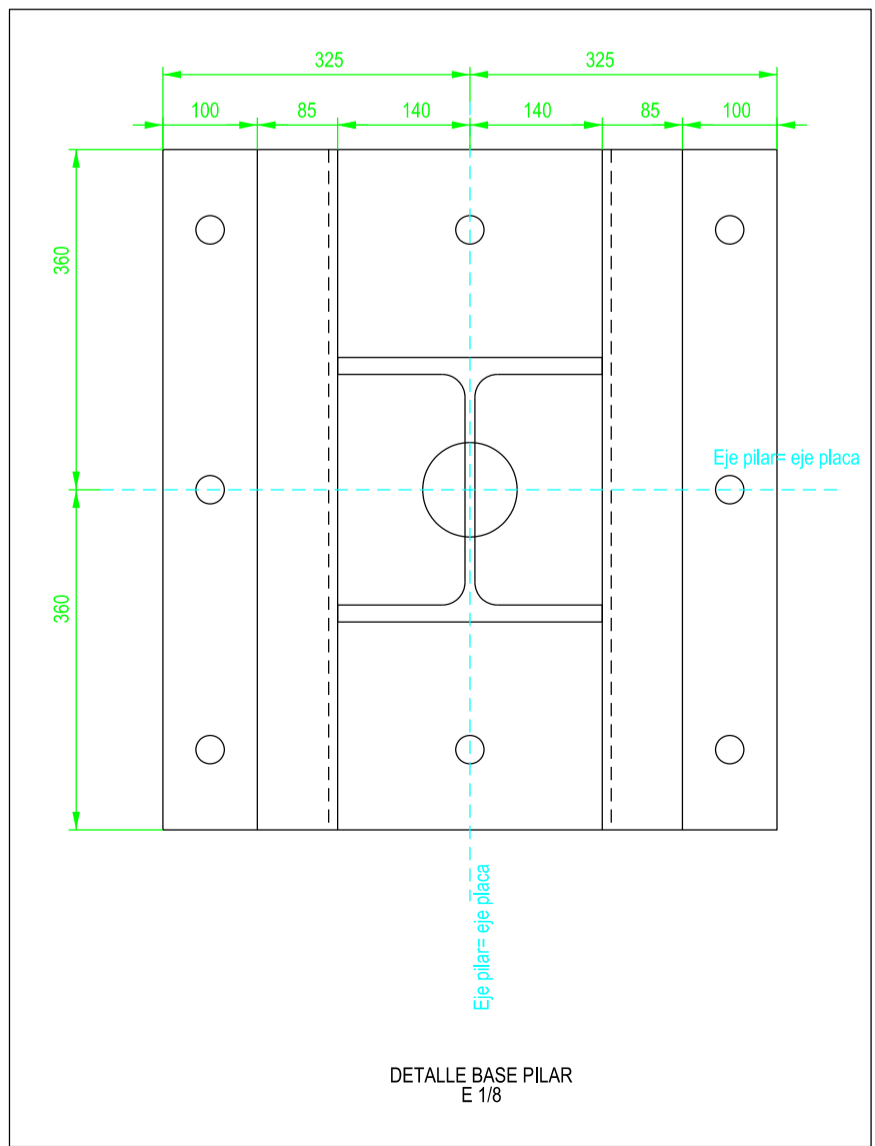
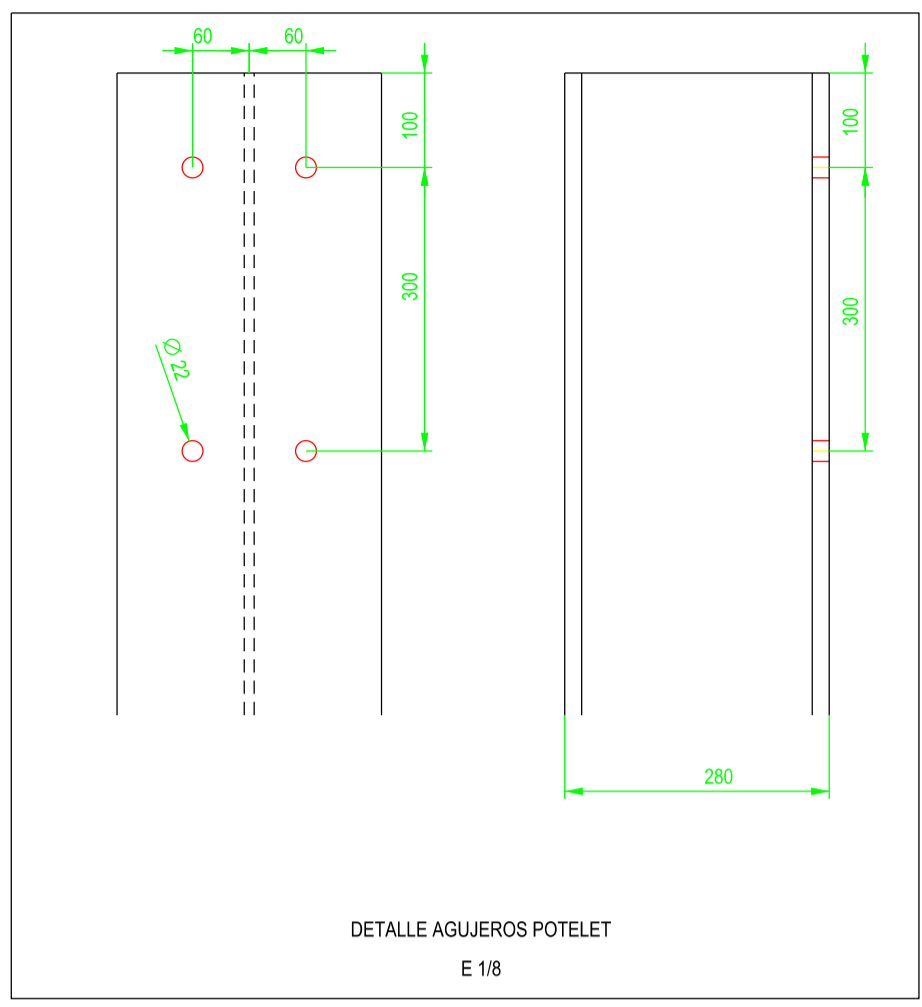
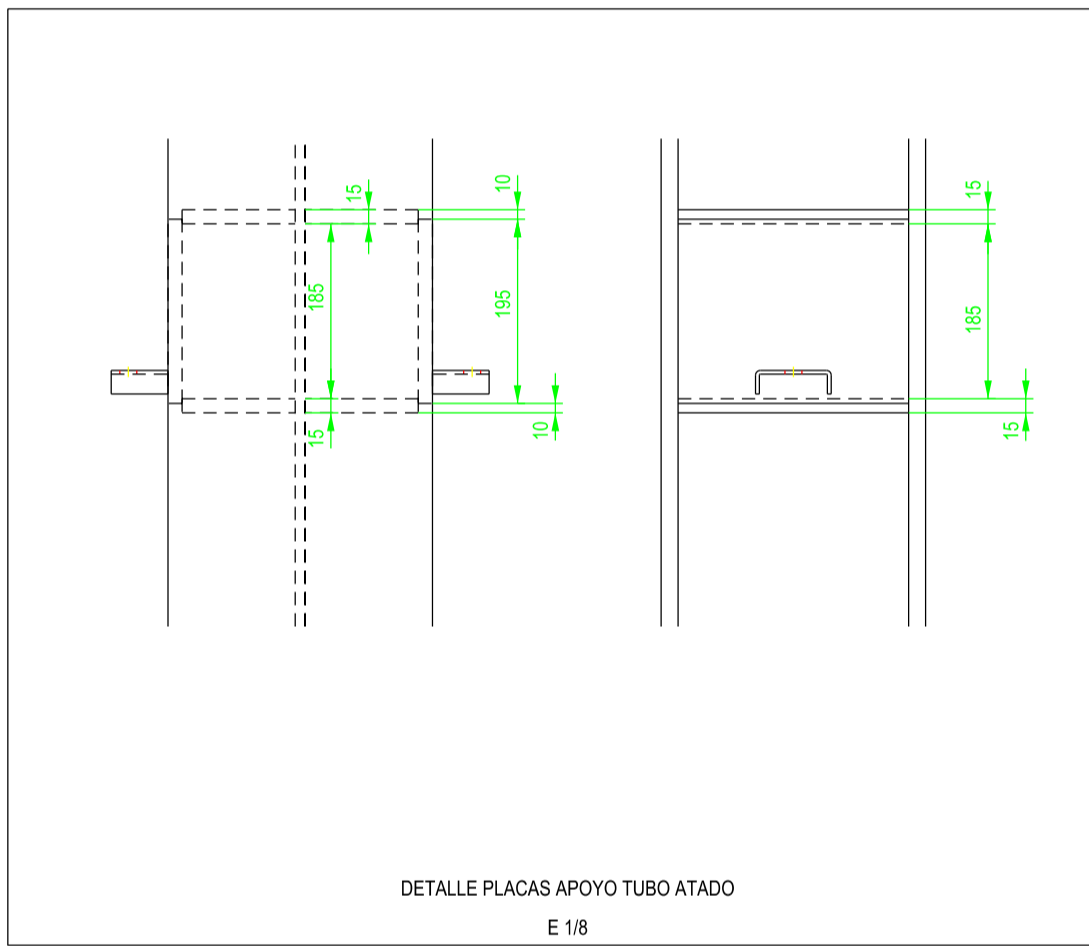
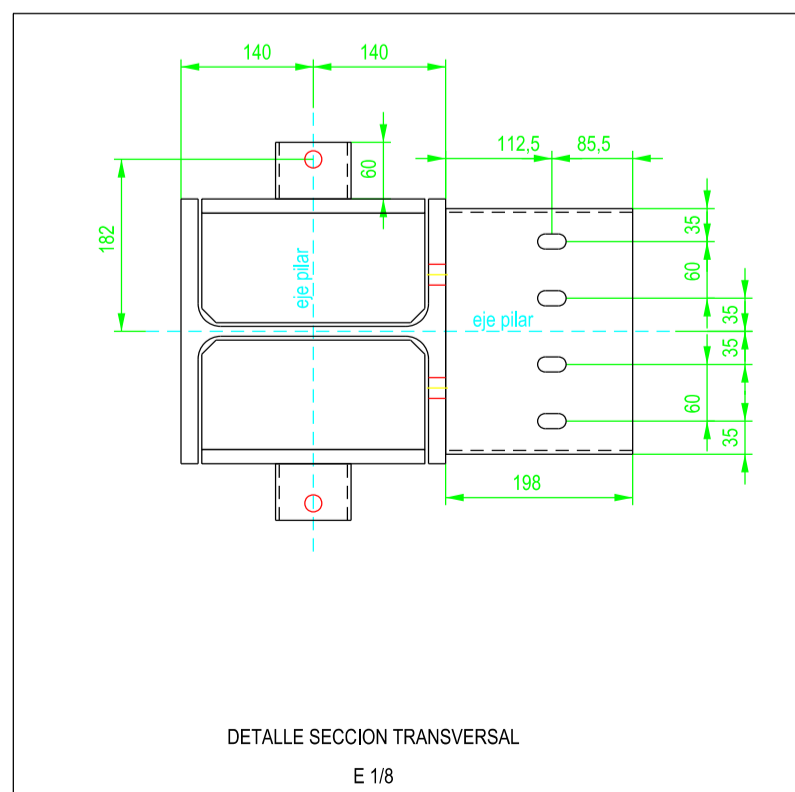
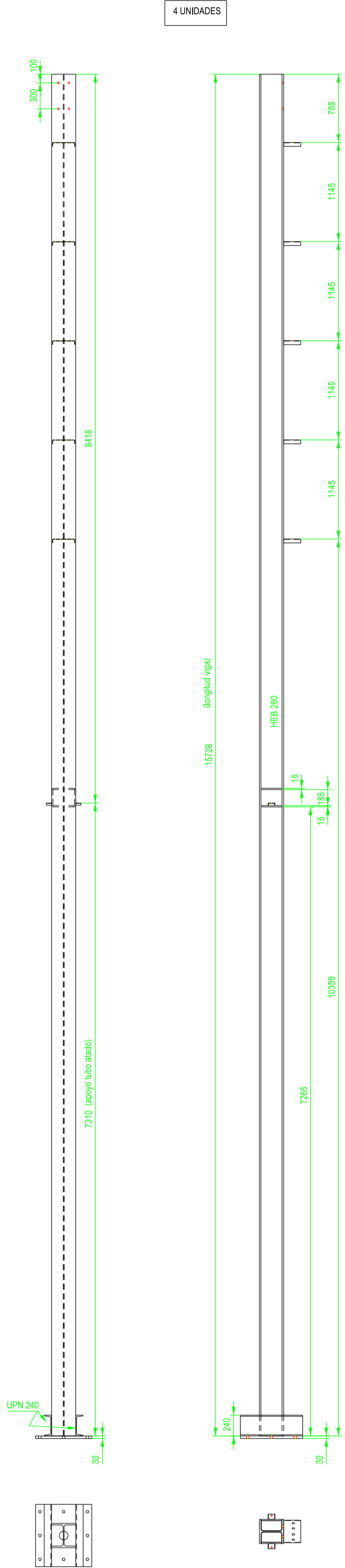
TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Ensamblaje pilares hastiales HE11, HE15, HO11 y HO15

FORMATO: A2 ESCALA: 1/40

PLANO Nº.: PT-84

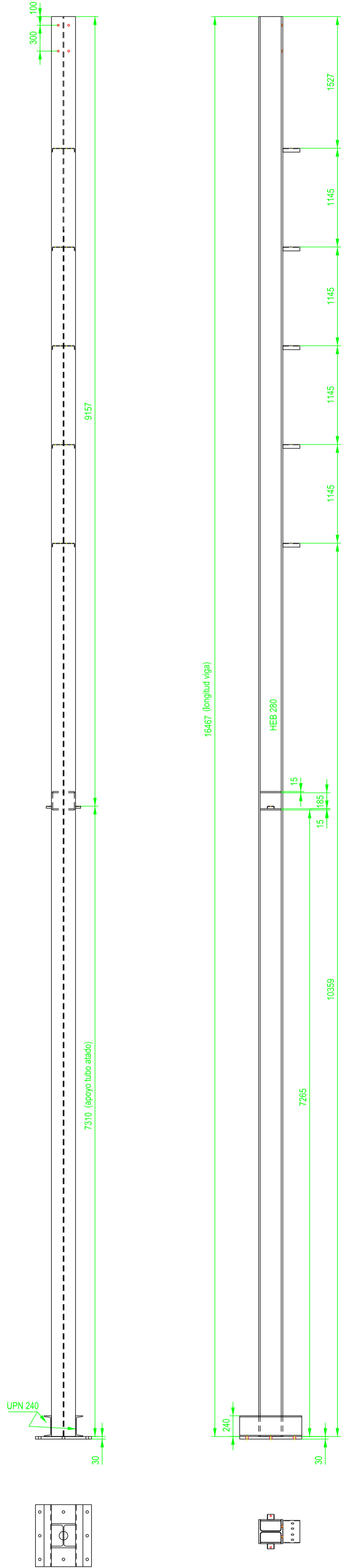


ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

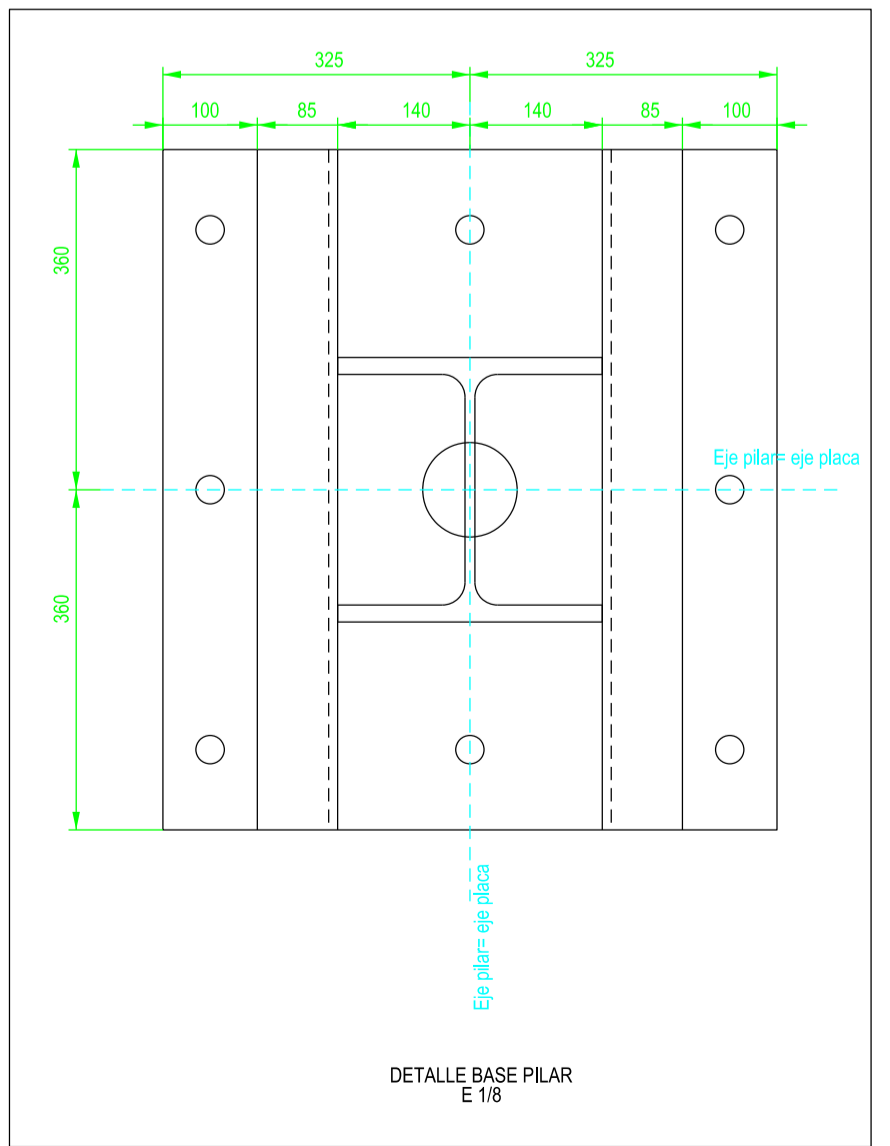
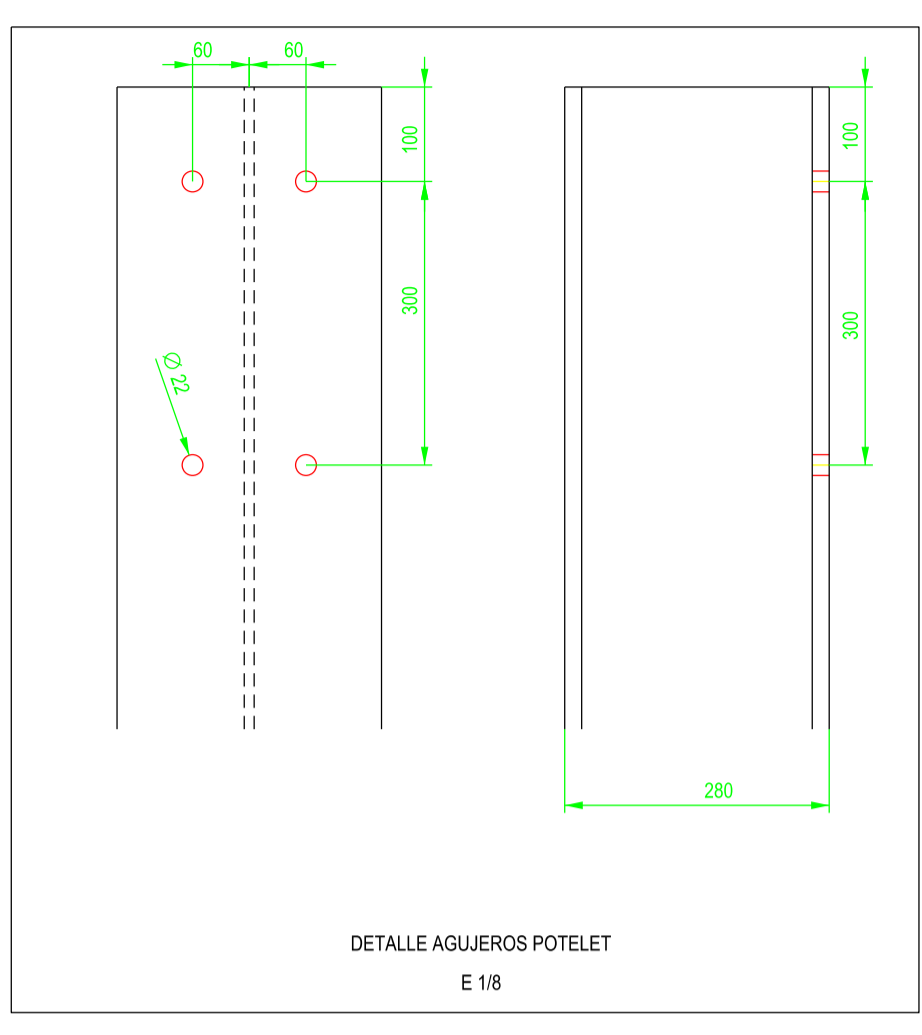
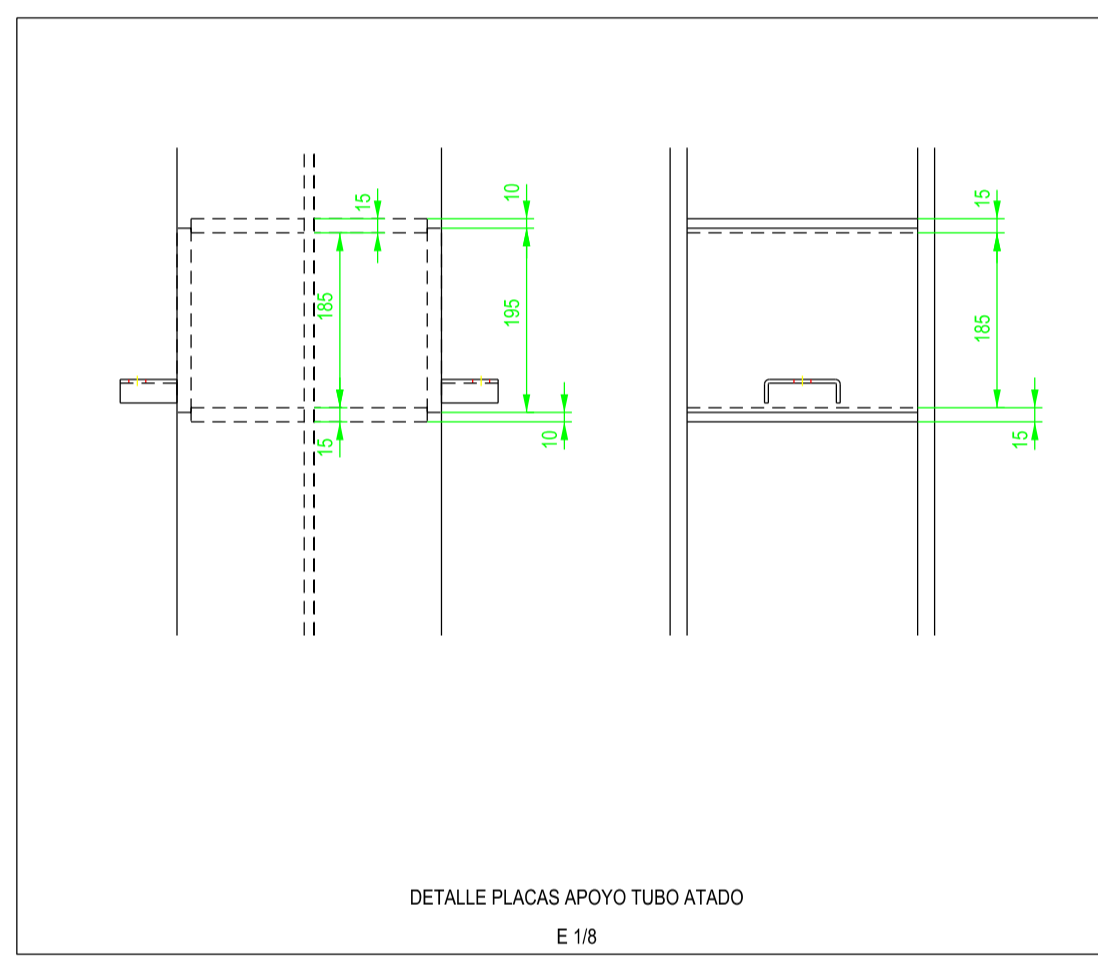
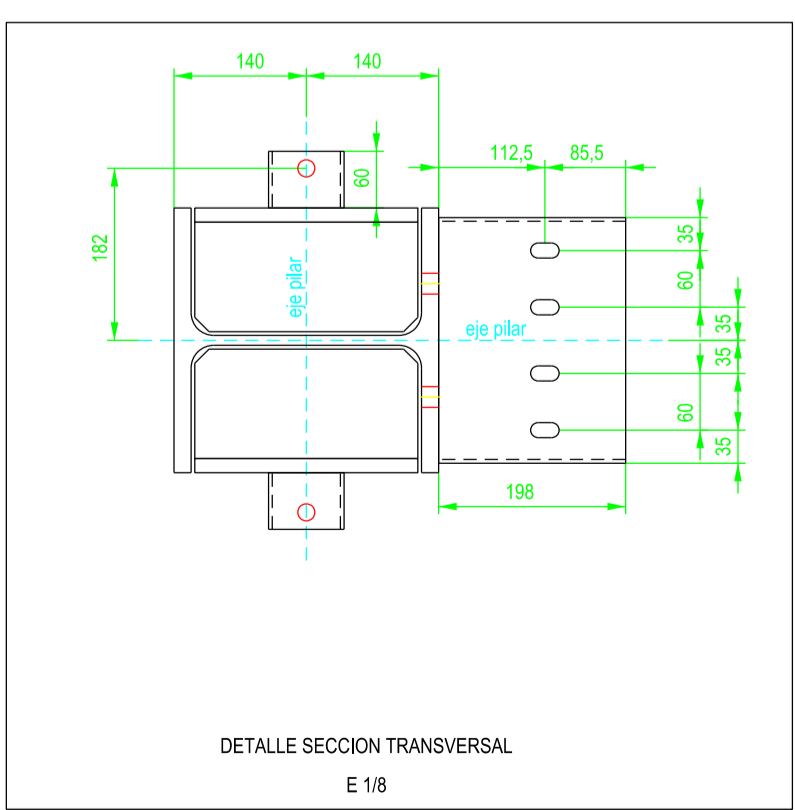
TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje pilares hastiales HE12, HE14, HO12 y HO14

FORMATO: A2
ESCALA: 1/40
PLANO Nº.: PT-85



2 UNIDADES



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje pilares hastiales HE13 y HO13
FORMATO: A2
ESCALA: 1/40
PLANO Nº.: PT-86

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.2. Dinteles

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PT-86A

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.2. Dinteles

3.2.1. Despiece.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

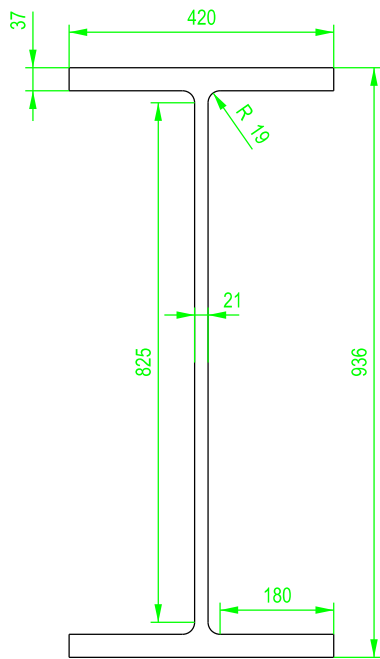
ESCALA:

PT-86B

HL 920x390

f_y (N/mm²) = 275

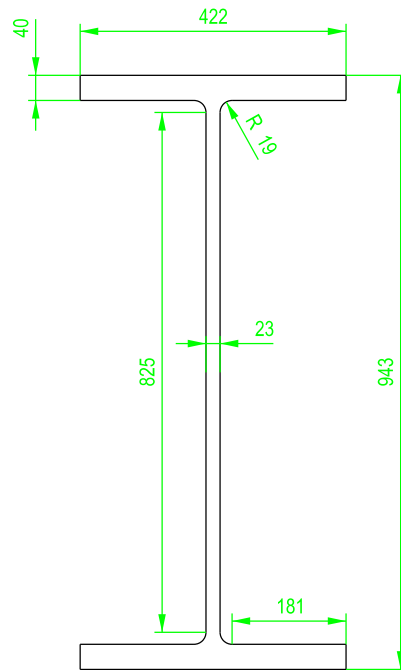
f_u (N/mm²) = 430



HL 920x420

f_y (N/mm²) = 275

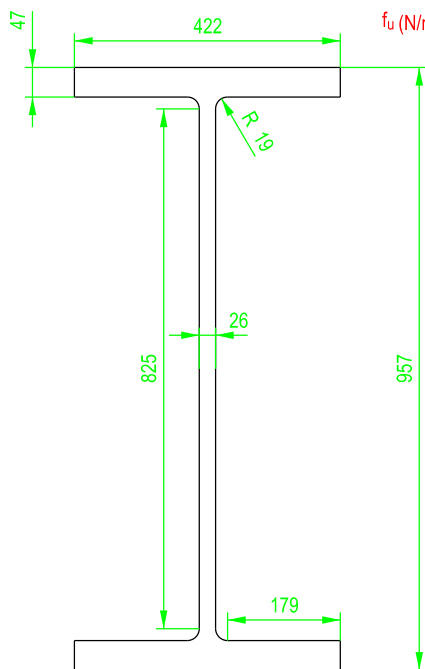
f_u (N/mm²) = 430



HL 920x491

f_y (N/mm²) = 255

f_u (N/mm²) = 410



MATERIAL: S275
 (UNE EN 10025-2)
 Para los valores de f_y y f_u ver tabla
 A22.3.1 CE

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Definición geométrica secciones utilizadas
DINTELES

FORMATO : A4

ESCALA: 1/12

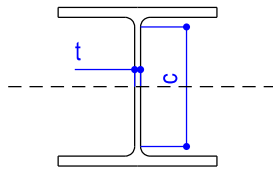
PLANO Nº :

PT-87

$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$

HL 920x390
HL 920x420

CLASE DE SECCIÓN: ALMA



HL 920x390

$c = 825$
 $t = 21$

$\frac{c}{t} = 39,28$

Compresión pura: clase 4

Flexión pura: clase 1

HL 920x420

$c = 825$
 $t = 23$

$\frac{c}{t} = 35,86$

Compresión pura: clase 3

Flexión pura: clase 1

+ : compresión
- : tracción

CLASE	Chapa flectada	Chapa comprimida	Chapa flexo-comprimida
Ley de tensiones en las chapas			
1	$\frac{c}{t} \leq 66,528$	$\frac{c}{t} \leq 30,492$	Si $\alpha > 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{365,904}{13\alpha - 1}$ Si $\alpha \leq 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{363,264}{\alpha}$
2	$\frac{c}{t} \leq 76,692$	$\frac{c}{t} \leq 35,112$	Si $\alpha > 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{421,344}{13\alpha - 1}$ Si $\alpha \leq 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{38,346}{\alpha}$
Ley de tensiones en las chapas			
3	$\frac{c}{t} \leq 114,576$ $\psi = -1$	$\frac{c}{t} \leq 38,808$ $\psi = 1$	Si $\psi > -1$: $\frac{c}{t} \leq \frac{38,808}{0,67 + 0,33\psi}$ Si $\psi \leq -1$: $\frac{c}{t} \leq 57,288 (1 - \psi) \sqrt{-\psi}$

$\epsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,924$

σ_1 : la tensión más comprimida
 σ_2 : la tensión menos comprimida

$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$

(*) Siempre y cuando:
 $\sigma_1 \leq f_y$ deformacion $\epsilon_2 > \frac{f_y}{E}$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Clase sección alma
dinteles HL 920x390 y HL 920x420

FORMATO : A4

ESCALA:

S/E

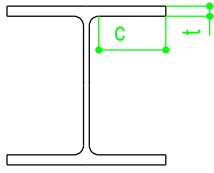
PLANO N° :

PT-88

$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$

HL 920x390
HL 920x420

CLASE DE SECCIÓN: ALAS



HL 920x390

$c = 180$
 $t = 37$

$\frac{c}{t} = 4,86$ (clase 1)

HL 920x420

$c = 181$
 $t = 40$

$\frac{c}{t} = 4,52$ (clase 1)

+ : compresión
- : tracción

CLASE	Chapa comprimida	Chapa flexo-comprimida	
		Extremo libre comprimido	Extremo libre traccionado
Ley de tensiones en las chapas			
1	$\frac{c}{t} \leq 8,316$	$\frac{c}{t} \leq \frac{8,316}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \leq \frac{8,316}{\alpha \sqrt{\alpha}}$
2	$\frac{c}{t} \leq 9,240$	$\frac{c}{t} \leq \frac{9,240}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \leq \frac{9,240}{\alpha \sqrt{\alpha}}$
Ley de tensiones en las chapas			
3	$\frac{c}{t} \leq 12,936$	$\frac{c}{t} \leq 19,404 \sqrt{k_\sigma}$	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,924$ </div> <p>σ_1 : la tensión más comprimida σ_2 : la tensión menos comprimida $\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$</p>	<p>$1 \geq \psi \geq -3$</p> <p>$k_\sigma = 0,57 - 0,21 \psi + 0,07 \psi^2$</p> <p>$\psi = 1 : k_\sigma = 0,43$ $\psi = 0 : k_\sigma = 0,57$ $\psi = -1 : k_\sigma = 0,85$</p> <p>$k_\sigma$ Ver anejo 25</p>	<p>$1 \geq \psi \geq 0$</p> <p>$k_\sigma = \frac{0,578}{\psi + 0,34}$</p> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <p>$0 \geq \psi \geq -1$</p> <p>$k_\sigma = 1,70 - 5 \psi + 17,1 \psi^2$</p>	

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Clase sección alas
dinteles HL 920x390 y HL 920x420

FORMATO : A4

ESCALA: S/E

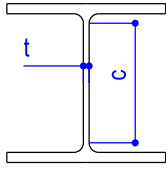
PLANO N° :

PT-89

$f_y = 255 \text{ N/mm}^2$

HL 920x491

CLASE DE SECCIÓN: ALMA



HL 920x491

$c = 825$

$t = 26$

$\frac{c}{t} = 31,73$

Clase 2

+ : compresión
- : tracción

CLASE	Chapa flectada	Chapa comprimida	Chapa flexo-comprimida
Ley de tensiones en las chapas			
1	$\frac{c}{t} \leq 69,12$	$\frac{c}{t} \leq 31,68$	Si $\alpha > 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{380,16}{13\alpha - 1}$ Si $\alpha \leq 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{34,56}{\alpha}$
2	$\frac{c}{t} \leq 79,68$	$\frac{c}{t} \leq 36,48$	Si $\alpha > 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{437,76}{13\alpha - 1}$ Si $\alpha \leq 0,5$: $\frac{c}{t} \leq \frac{39,84}{\alpha}$
Ley de tensiones en las chapas			
3	$\frac{c}{t} \leq 119,04$ $\psi = -1$	$\frac{c}{t} \leq 40,32$ $\psi = 1$	Si $\psi > -1$: $\frac{c}{t} \leq \frac{40,32}{0,67 + 0,33\psi}$ Si $\psi \leq -1$: $\frac{c}{t} \leq 59,52 (1 - \psi) \sqrt{-\psi}$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,96$$

σ_1 : la tensión más comprimida
 σ_2 : la tensión menos comprimida

$$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$$

(*) Siempre y cuando:
 $\sigma_1 \leq f_y$

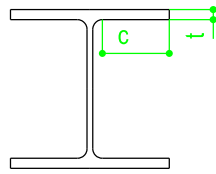
$$\varepsilon_2 > \frac{f_y}{E}$$

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>TRABAJO FINAL DE GRADO deformacion</p> <p>" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "</p>	
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Clase sección alma dinteles HL 920x491	FORMATO : A4 ESCALA: S/E
	PLANO N° : PT-90	

$f_y = 255 \text{ N/mm}^2$

HL 920x491

CLASE DE SECCIÓN: ALAS



HL 920x491

$c = 179$

$t = 47$

$\frac{c}{t} = 3,80$ (clase 1)

+ : compresión

- : tracción

CLASE	Chapa comprimida	Chapa flexo-comprimida	
		Extremo libre comprimido	Extremo libre traccionado
Ley de tensiones en las chapas			
1	$\frac{c}{t} \leq 8,64$	$\frac{c}{t} \leq \frac{8,64}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \leq \frac{8,64}{\alpha \sqrt{\alpha}}$
2	$\frac{c}{t} \leq 9,60$	$\frac{c}{t} \leq \frac{9,60}{\alpha}$	$\frac{c}{t} \leq \frac{9,60}{\alpha \sqrt{\alpha}}$
Ley de tensiones en las chapas			
3	$\frac{c}{t} \leq 13,44$	$\frac{c}{t} \leq 20,16 \sqrt{k_\sigma}$	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,96$ </div> <p>σ_1 : la tensión más comprimida σ_2 : la tensión menos comprimida</p> $\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$	$1 \geq \psi \geq -3$ $k_\sigma = 0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$ $\psi = 1 : k_\sigma = 0,43$ $\psi = 0 : k_\sigma = 0,57$ $\psi = -1 : k_\sigma = 0,85$	$1 \geq \psi \geq 0$ $k_\sigma = \frac{0,578}{\psi + 0,34}$ <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> $0 \geq \psi \geq -1$ $k_\sigma = 1,70 - 5\psi + 17,1\psi^2$	k_σ Ver anejo 25

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Clase sección alas

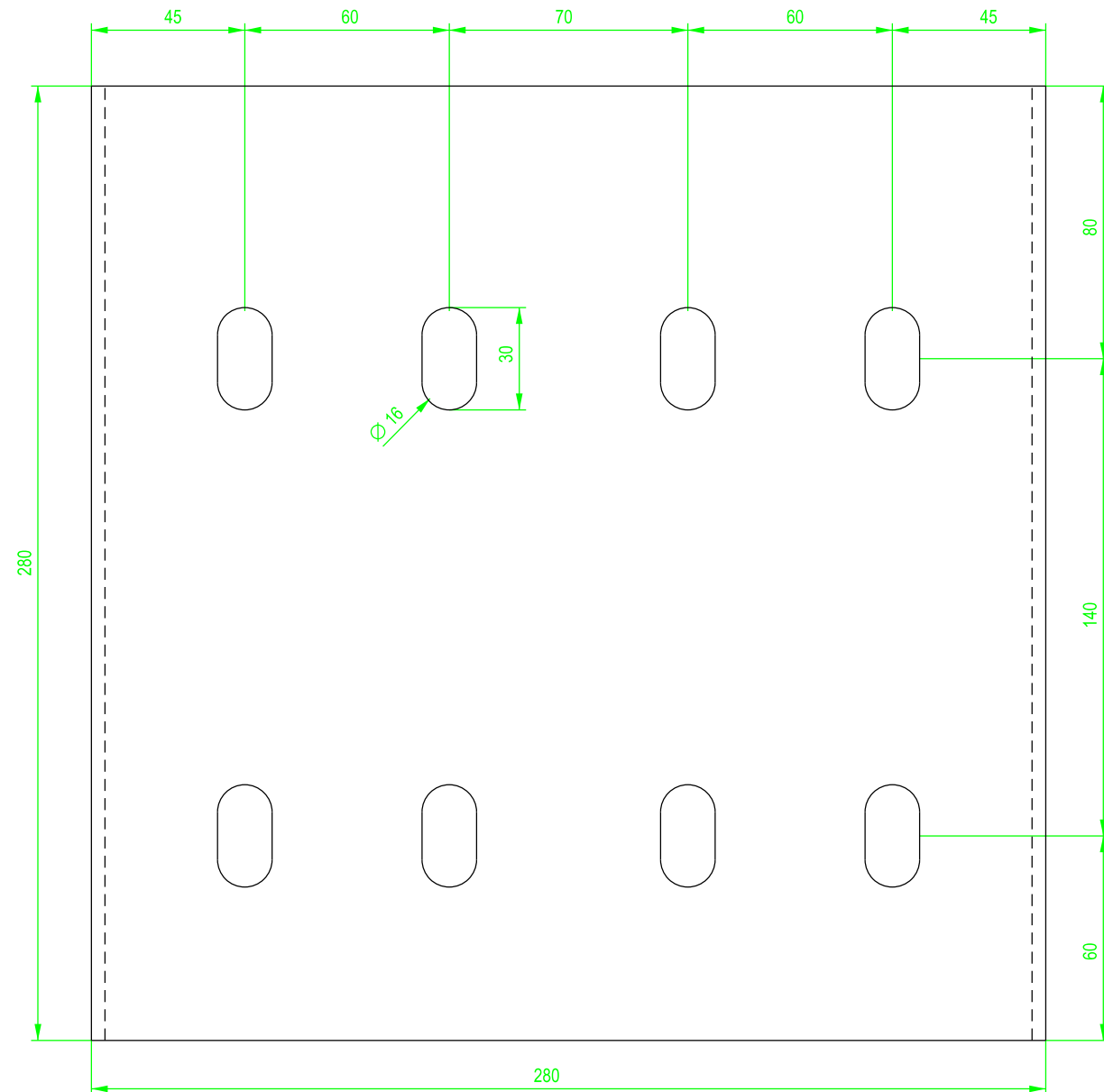
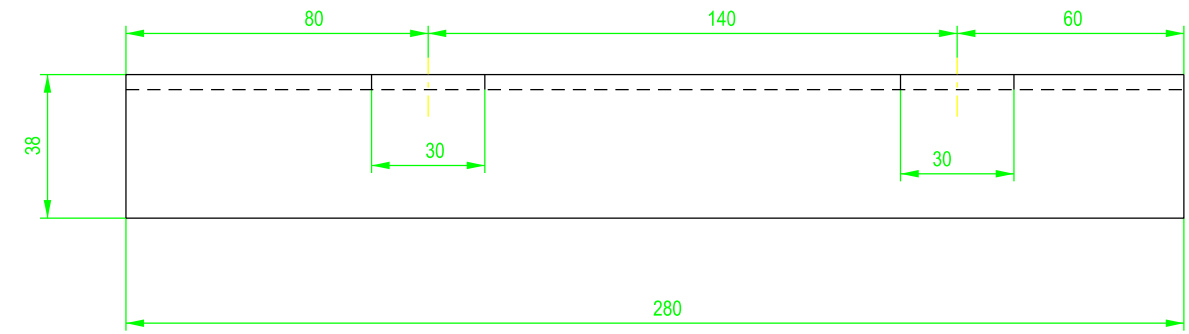
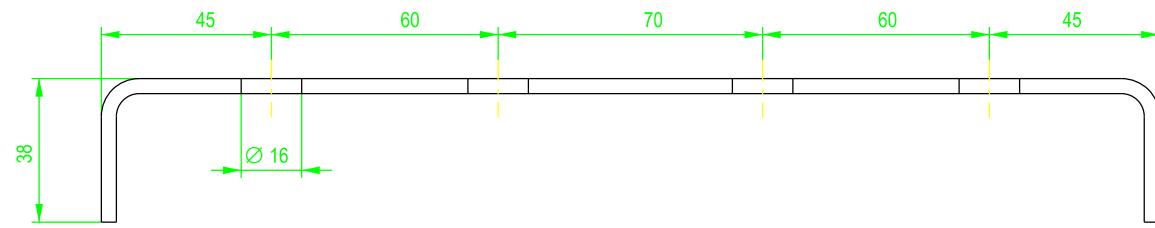
FORMATO : A4

PLANO Nº :

dinteles HL 920x491

ESCALA: S/E

PT-91



2802 UDS

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Ejones dinteles

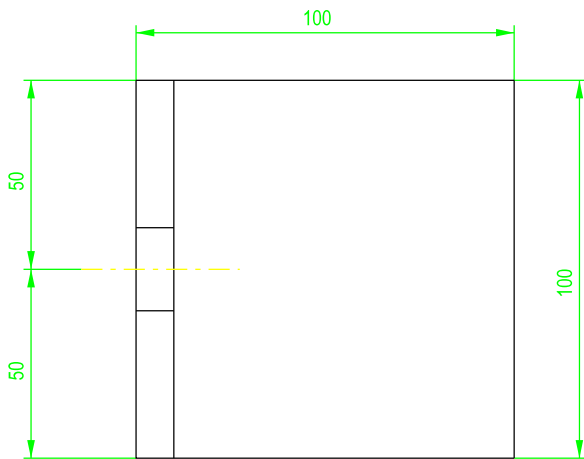
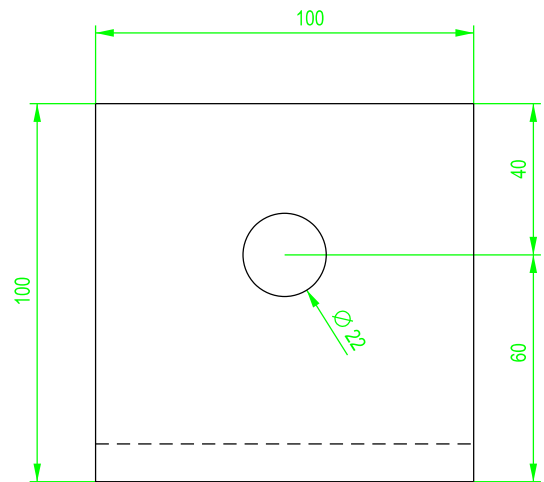
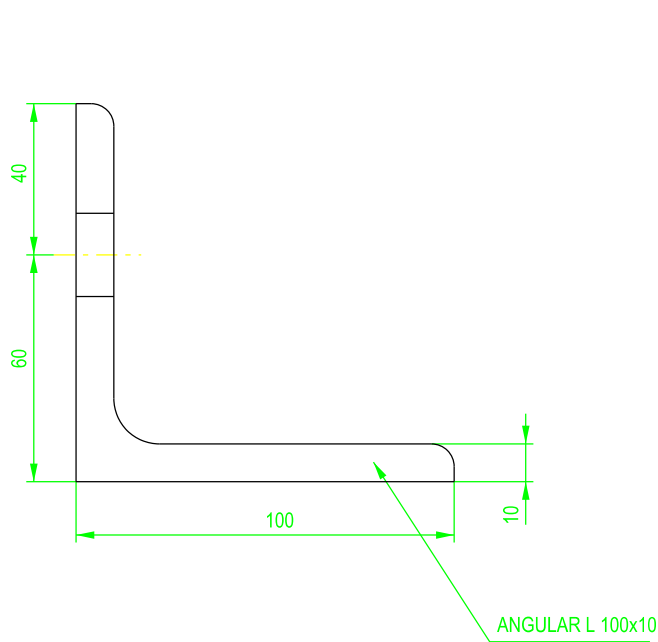
FORMATO: A3

PLANO Nº:

ESCALA: 1/2

PT-92

230 UNIDADES



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Angulares unión pilar-dintel

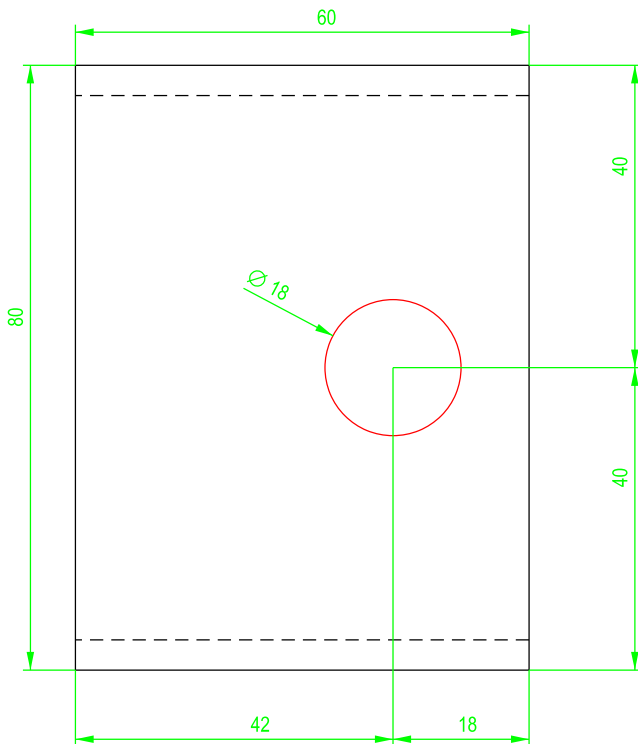
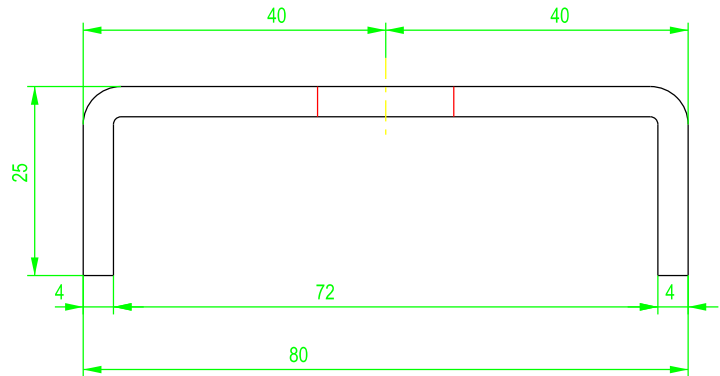
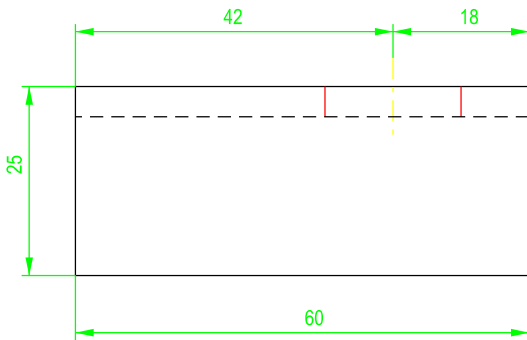
FORMATO: A4

ESCALA: 1/2

PLANO N°:

PT-93

792 UNIDADES



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Casquillos apoyo tubos atado

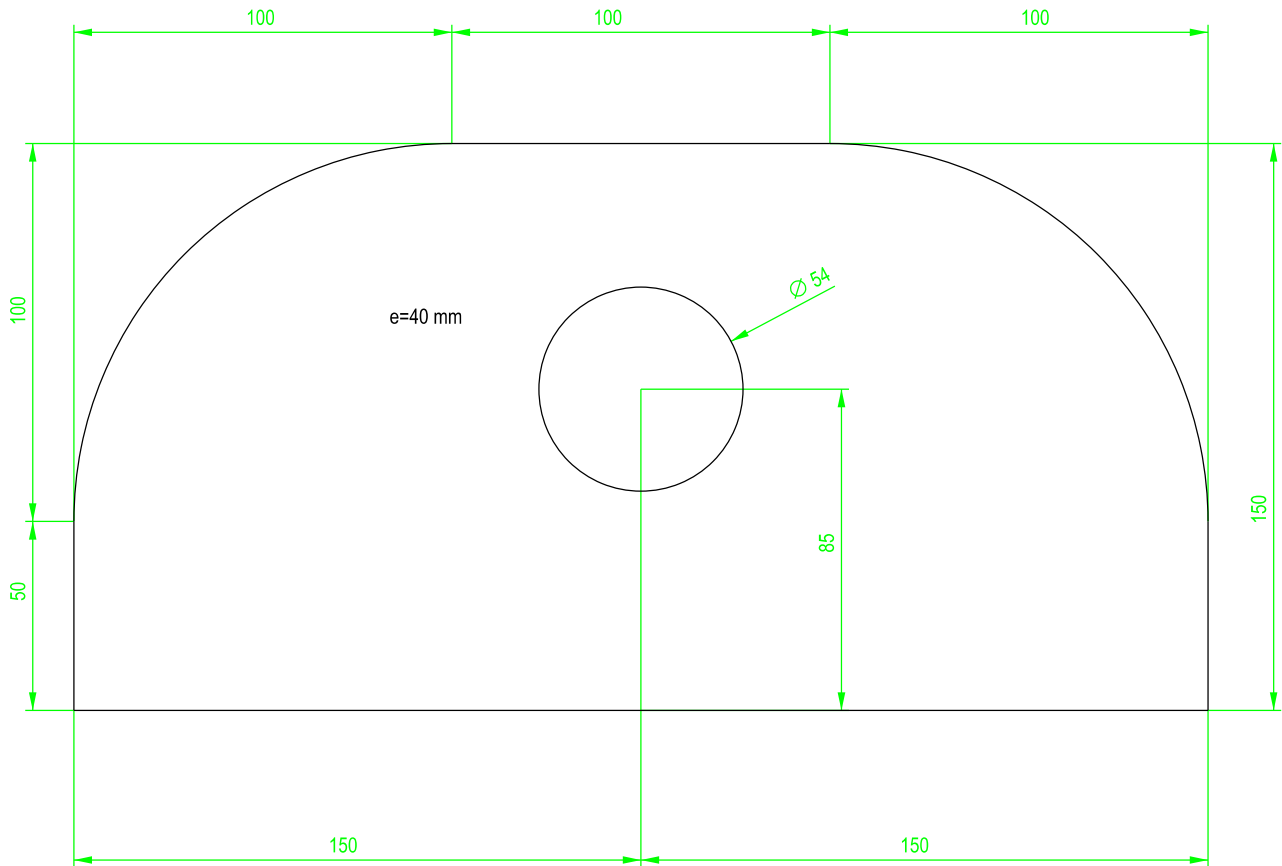
FORMATO: A4

ESCALA: 1/1

PLANO N°:

PT-94

200 UNIDADES



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Orejetas dinteles

FORMATO: A4

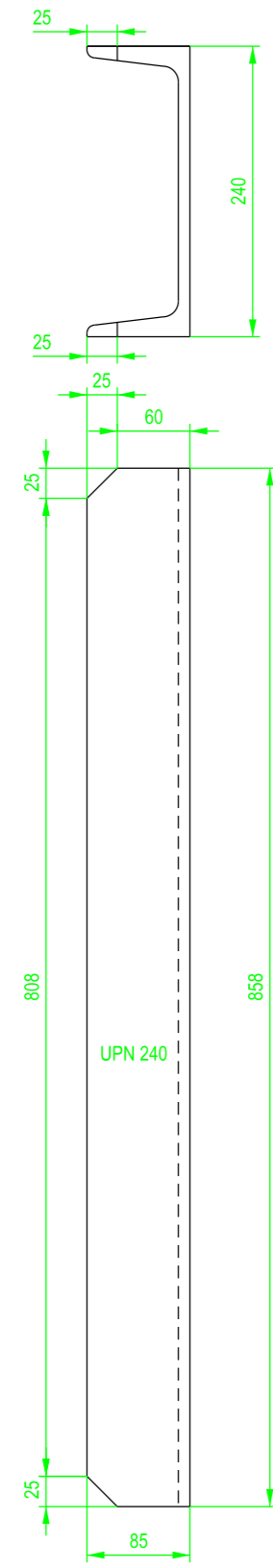
ESCALA:

1/2

PLANO N°:

PT-95

772 UDS



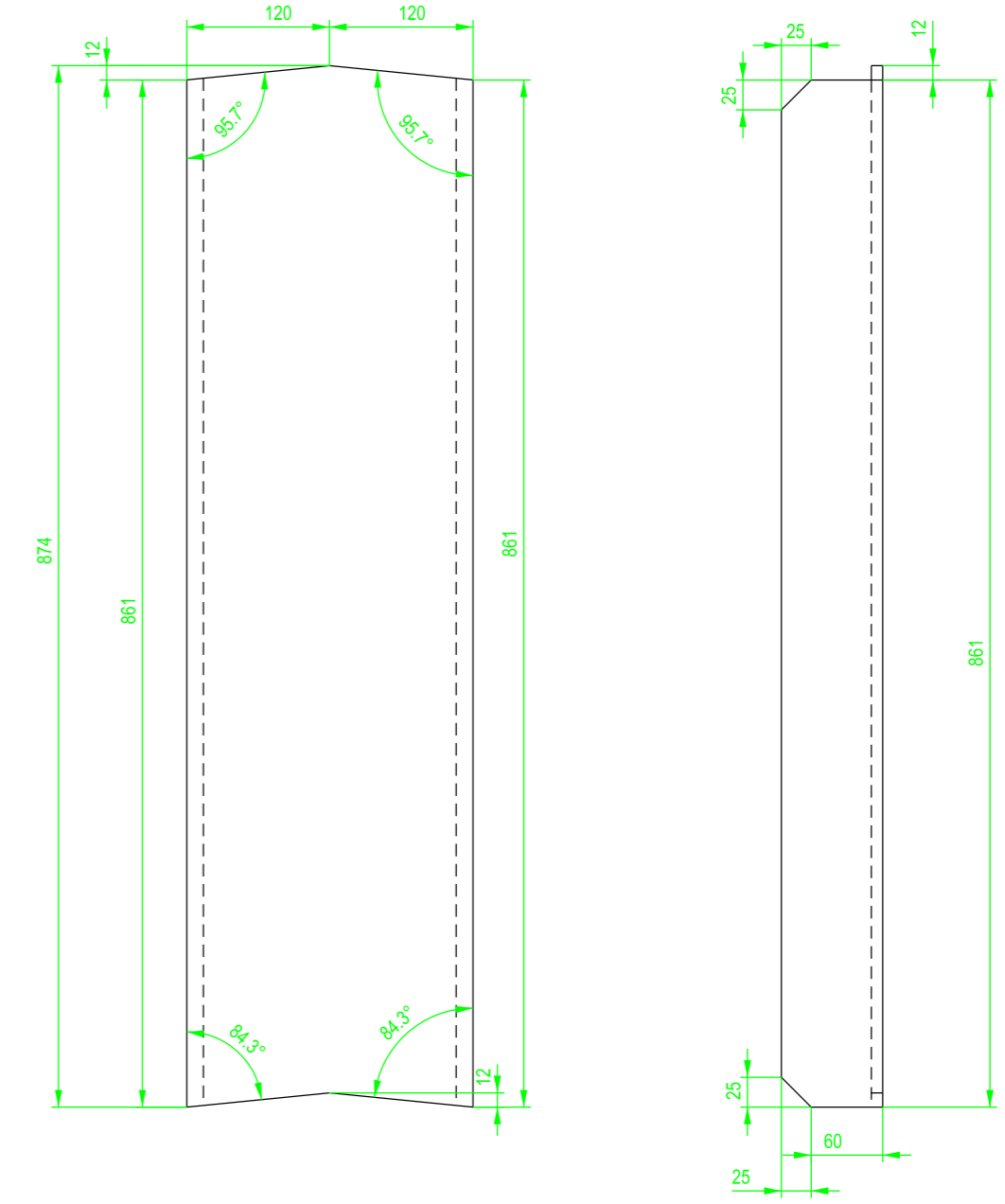
RIGIDIZADORES TIPO

60 UNIDADES



RIGIDIZADORES APOYO TUBOS ATADO EN CLAVE DINTELES AB y AB'

60 UNIDADES



RIGIDIZADORES APOYO TUBOS ATADO EN CLAVE DINTELES BC

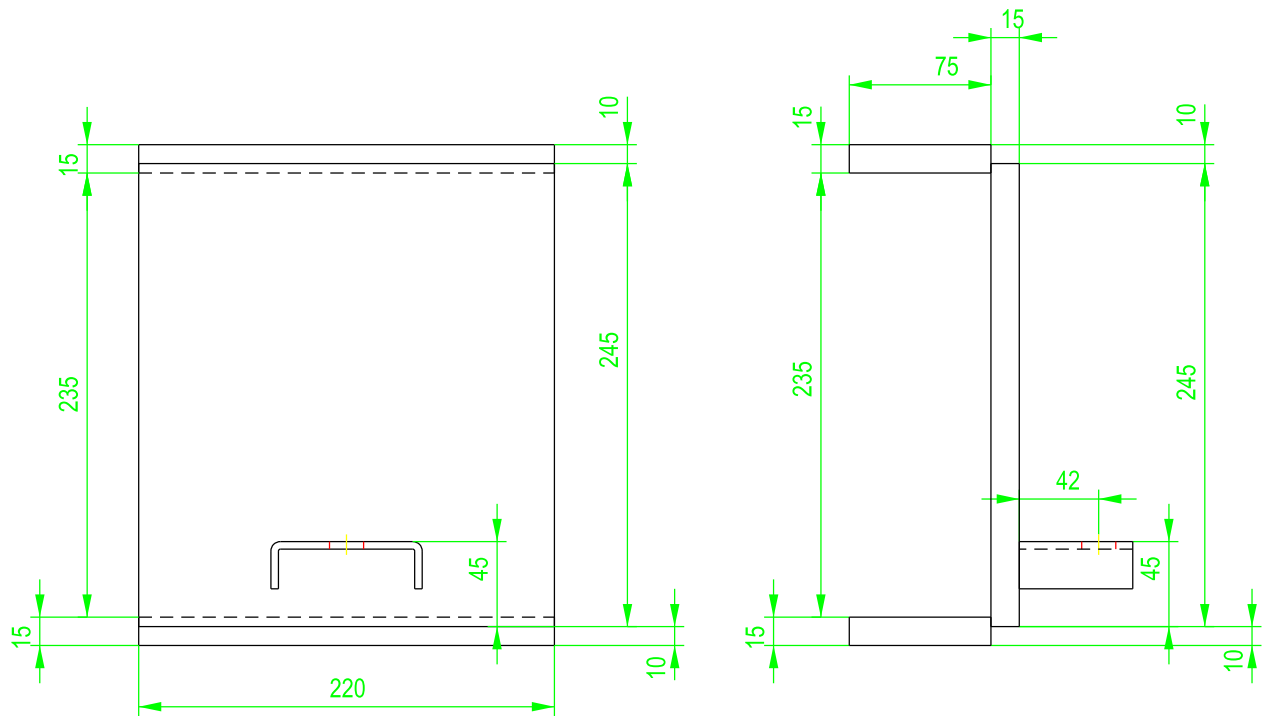
ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Rigidizadores UPN 240 apoyo tubos atado
FORMATO: A2
ESCALA: 1/6
PLANO Nº: PT-96

10 UNIDADES



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Chapa sujeción tubo atado en parte superior pilares A'

FORMATO: A4

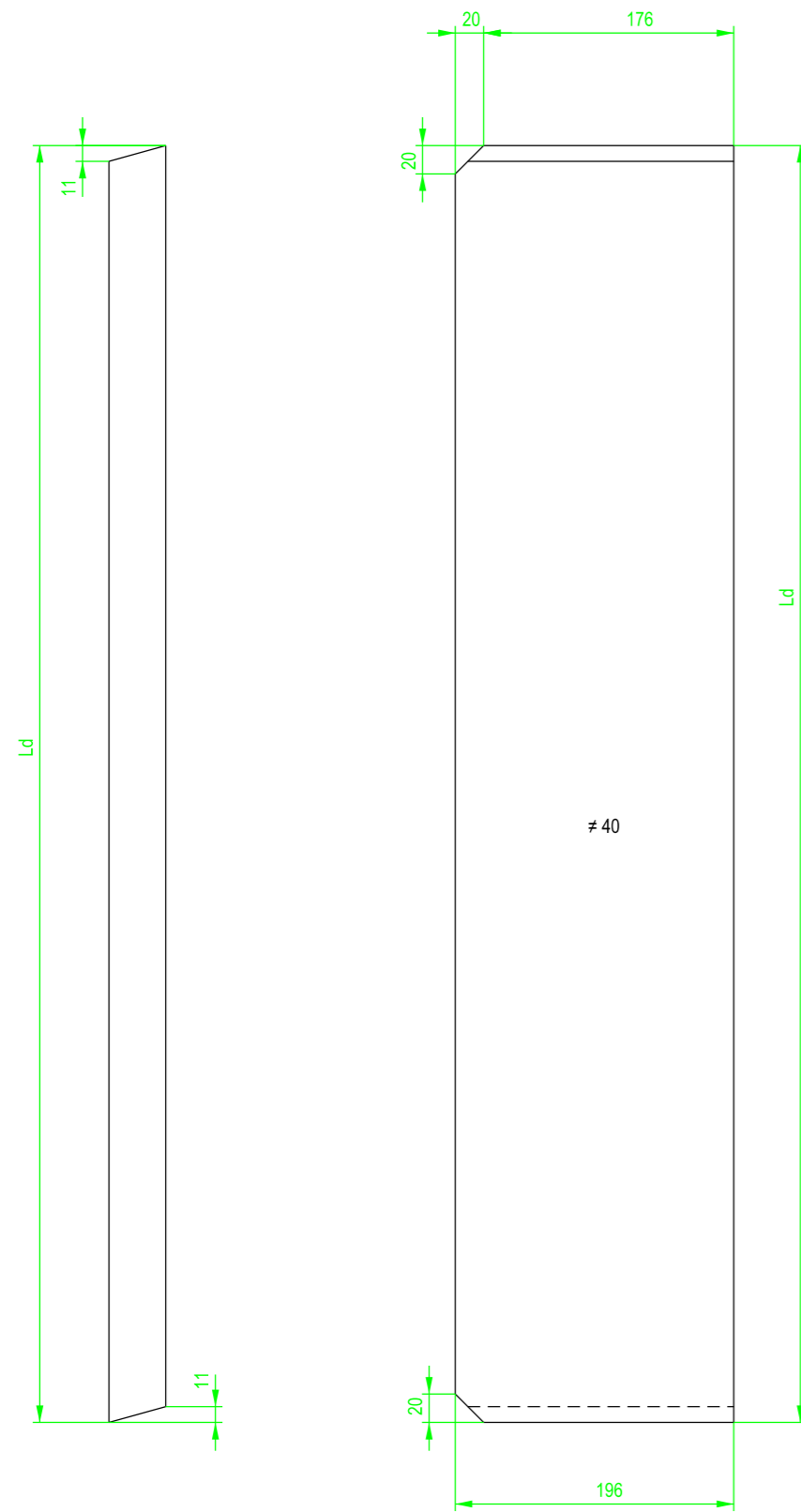
ESCALA:

1/4

PLANO Nº:

PT-97

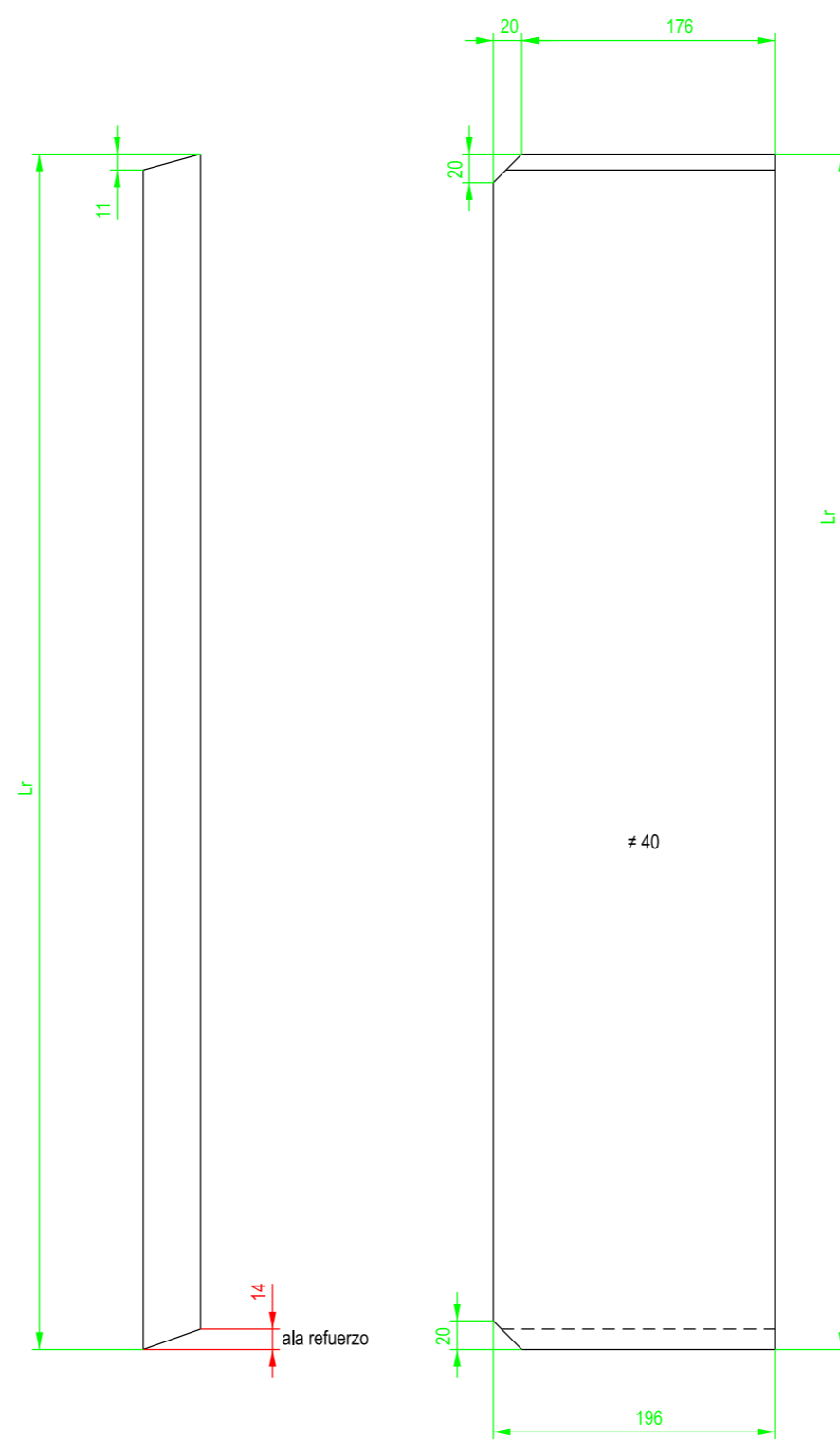
Rigidizadores en dintel



Ld (mm)	Nº unidades	Posición
900	50	Extremos A
894	58	Extremos C1:C27, C29:C30

Biselar los chaflanes la mitad de las piezas a un lado y la otra mitad al otro

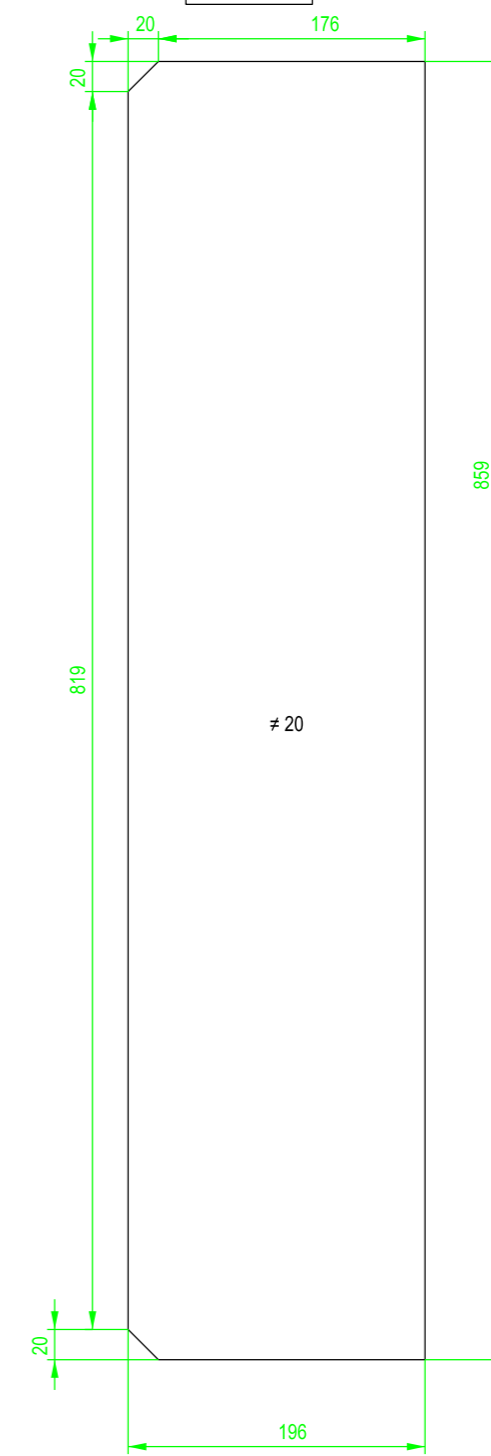
Rigidizadores en refuerzo dintel



Ld (mm)	Nº unidades	Posición
834	50	Extremos A
829	26	Extremos C1:C13
750	2	Extremo C14
669	2	Extremo C15
590	2	Extremo C16
504	2	Extremo C17
421	2	Extremo C18
335	2	Extremo C19
252	2	Extremo C20
163	2	Extremo C21

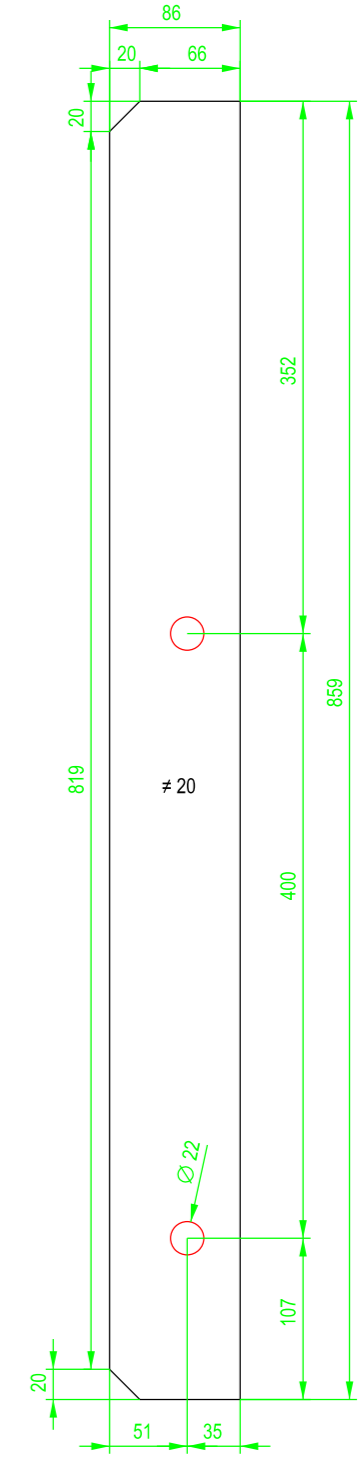
Biselar los chaflanes la mitad de las piezas a un lado y la otra mitad al otro

10 UNIDADES



Dinteles A'B en apoyo pilares A'

10 UNIDADES



Dinteles A'B en apoyo pilares A'

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Rigidizadores e= 20 mm y e=40 mm dinteles

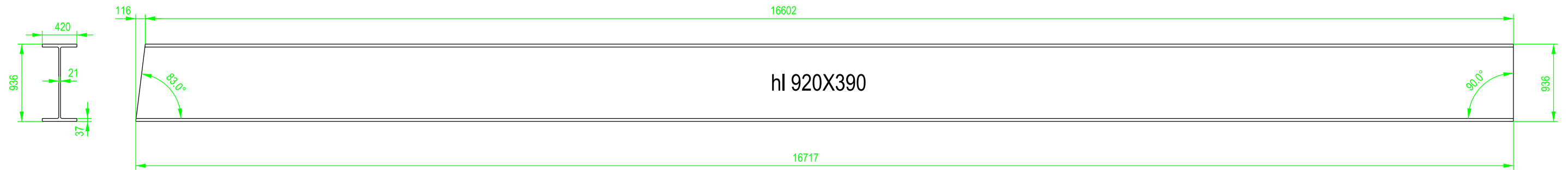
FORMATO: A2

ESCALA: 1/5

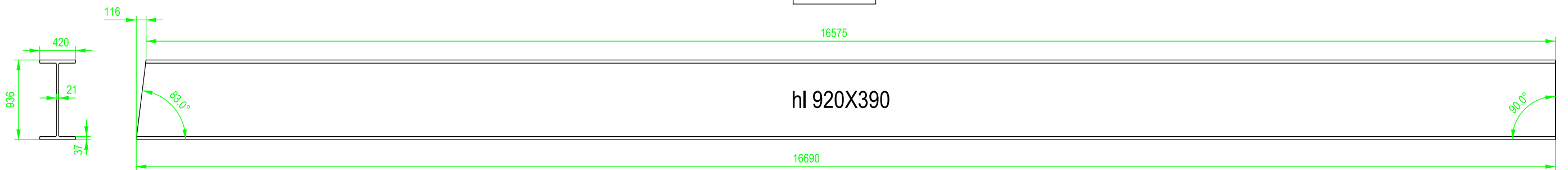
PLANO Nº:

PT-98

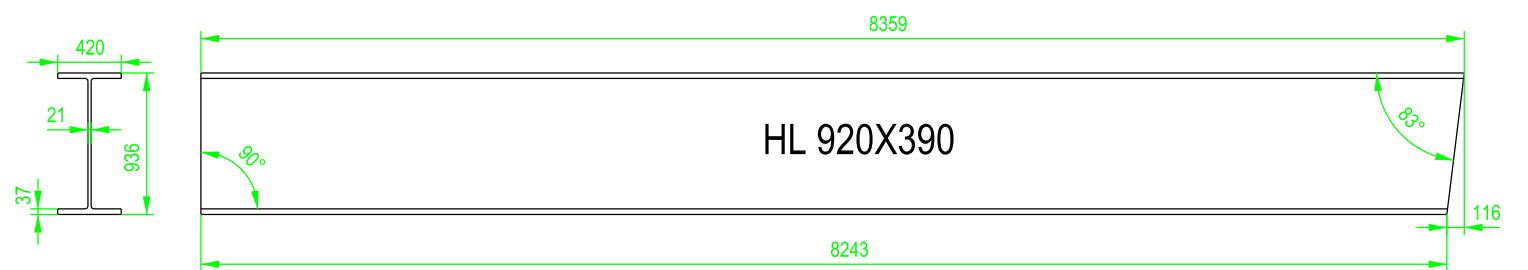
EXTREMOS
 51 UNIDADES (Dinteles AB1:AB4, AB6, AB8:AB25 y A'B26:A'B30)



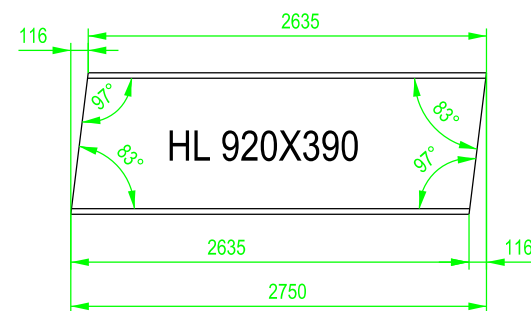
EXTREMOS
 4 UNIDADES (dinteles AB5 y AB7)



SEMICLAVE
 55 UNIDADES (dinteles AB1:AB25 y A'B26:A'B30)

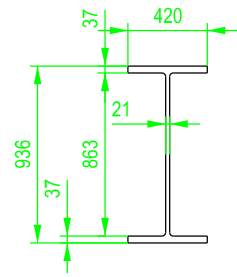


EXTREMOS
 5 UNIDADES (dinteles A'B26:A'B30)

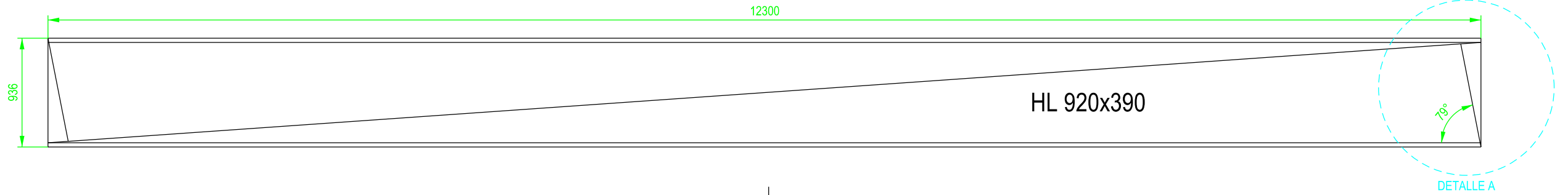


MATERIAL: S 275 JO

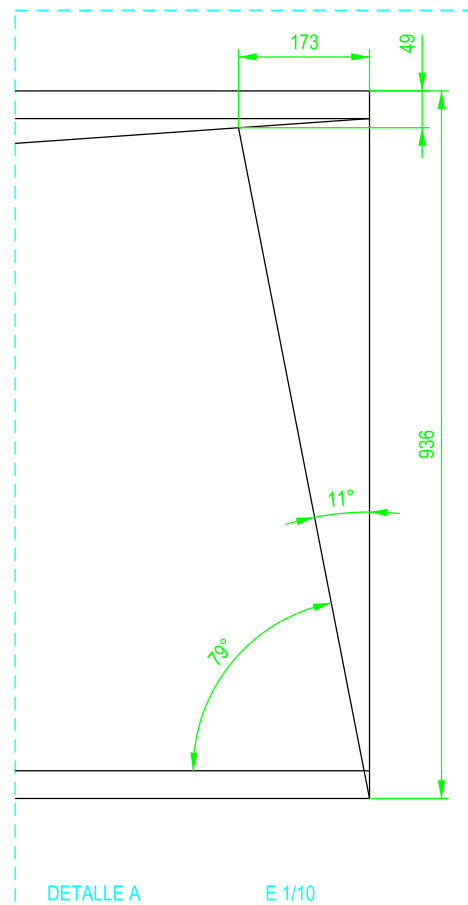
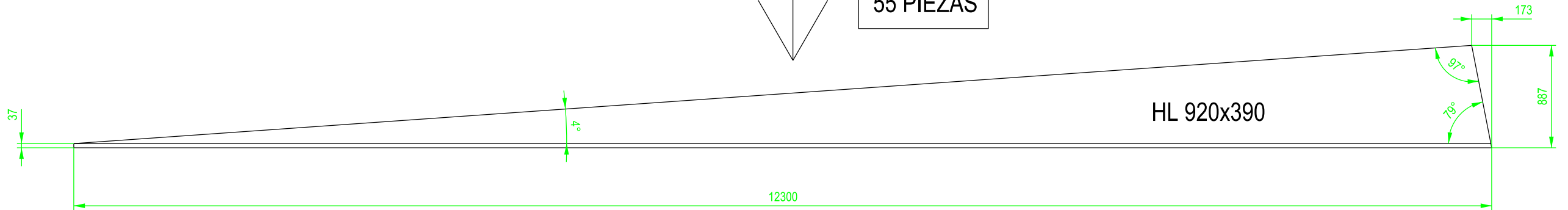
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Corte vigas dinteles AB y A'B HL 920x390		FORMATO: A3 ESCALA: 1/50
	PLANO Nº: PT-99		



28 UNIDADES



55 PIEZAS



MATERIAL: S 275 JO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Corte vigas refuerzo dinteles AB HL 920x390

FORMATO: A3

ESCALA:

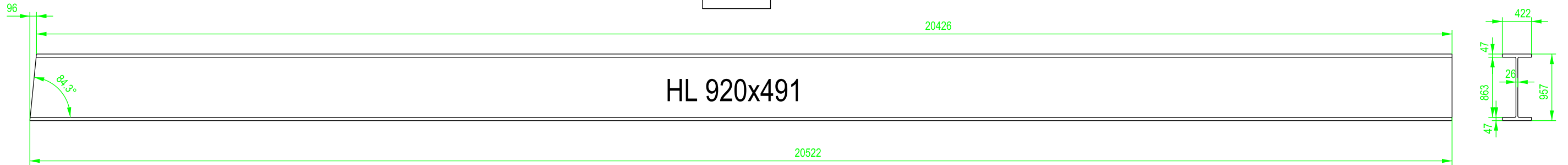
1/40

PLANO Nº:

PT-100

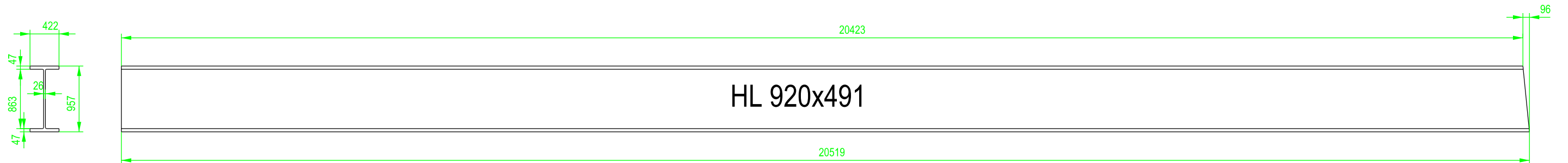
2 UNIDADES

CORTE EXTREMOS B DINTELES BC 5 Y 7 HL 920x491



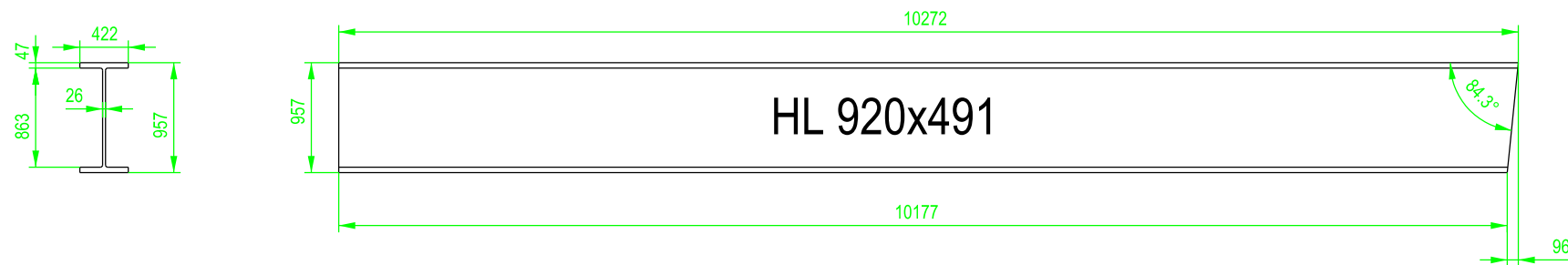
2 UNIDADES

CORTE EXTREMOS C DINTELES BC 5 Y 7 HL 920x491



4 UNIDADES

SEMICLAVE DINTELES BC5 y BC7 HL 920x491



MATERIAL: S 275 JO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

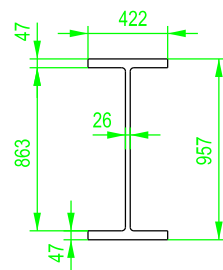
Corte vigas dinteles BC5 y BC7 HL 920x491

FORMATO: A3

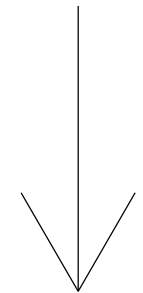
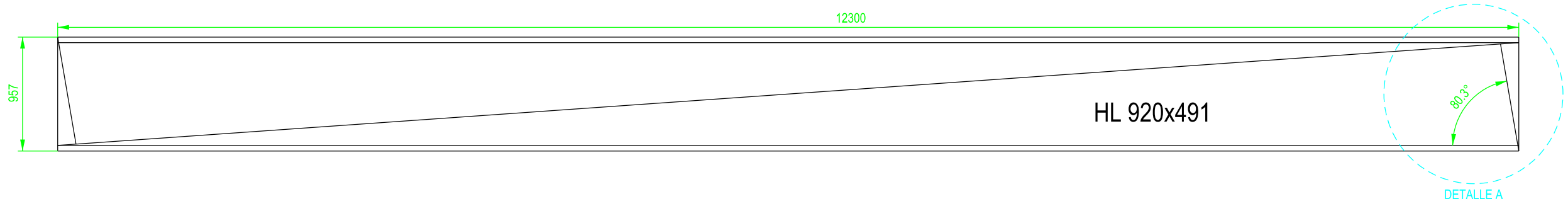
ESCALA: 1/60

PLANO Nº:

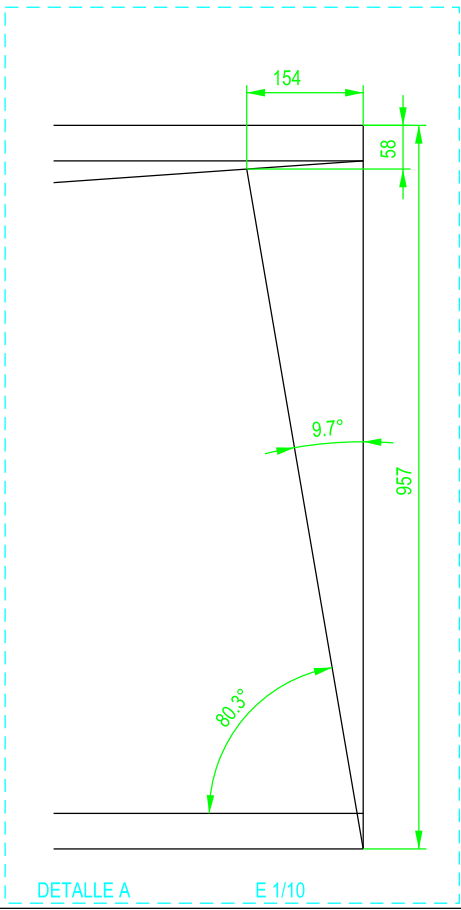
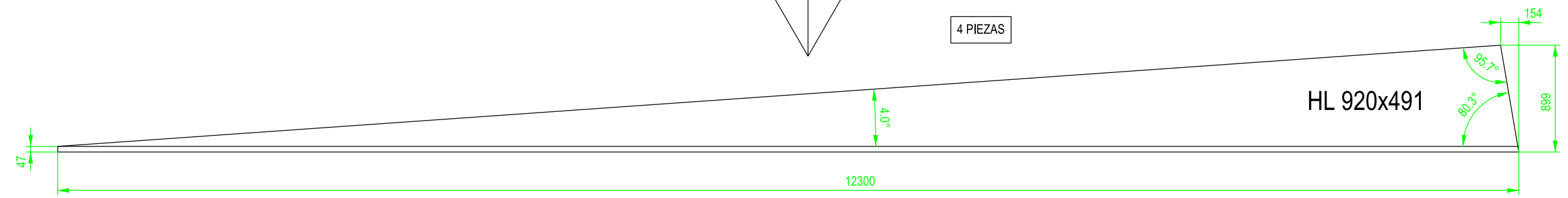
PT-101



2 UNIDADES



4 PIEZAS



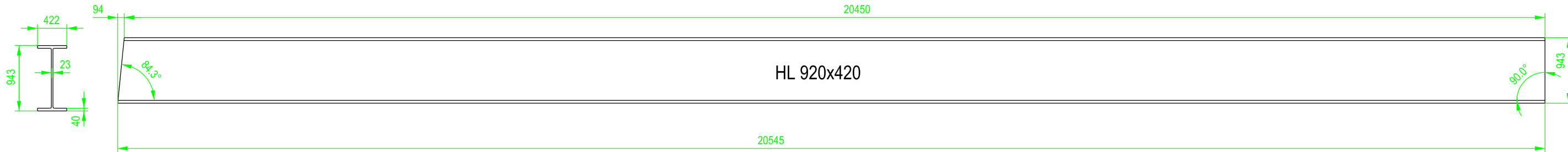
MATERIAL: S 275 JO

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Corte vigas refuerzo dinteles BC5 y BC7 HL 920x491		FORMATO: A3 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº : PT-102		

DETALLE A E 1/10

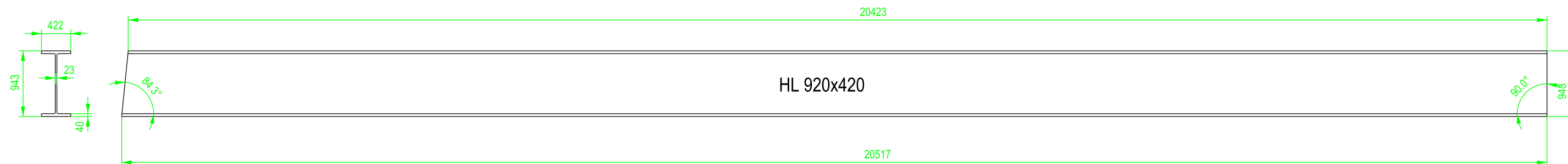
38 UNIDADES

EXTREMOS B y C DINTELES BC1:4 y BC8:13
EXTREMO B DINTELES BC6 y BC14:30



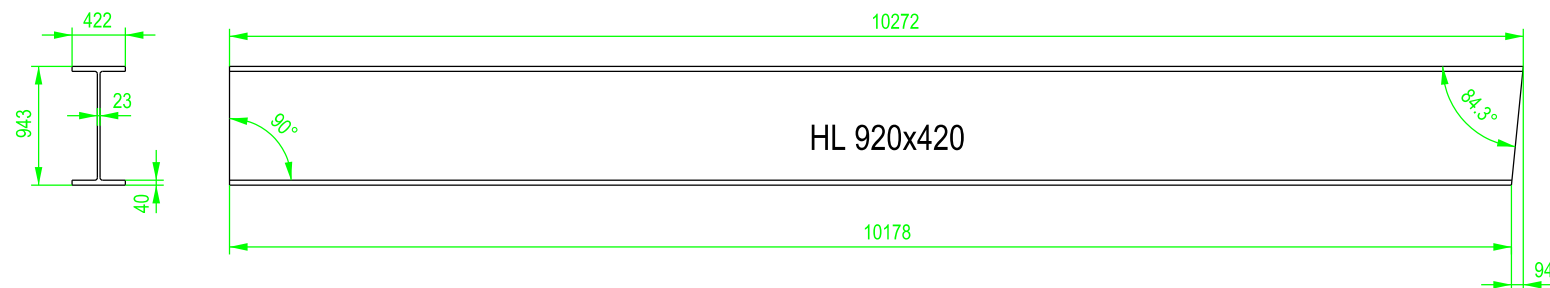
1 UNIDAD

EXTREMO C DINTEL BC6



56 UNIDADES

SEMICLAVES
DINTELES BC1:4, BC6 y BC8:30



MATERIAL: S 275 JO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Corte vigas dinteles "tipo" BC HL 920x420

FORMATO: A3

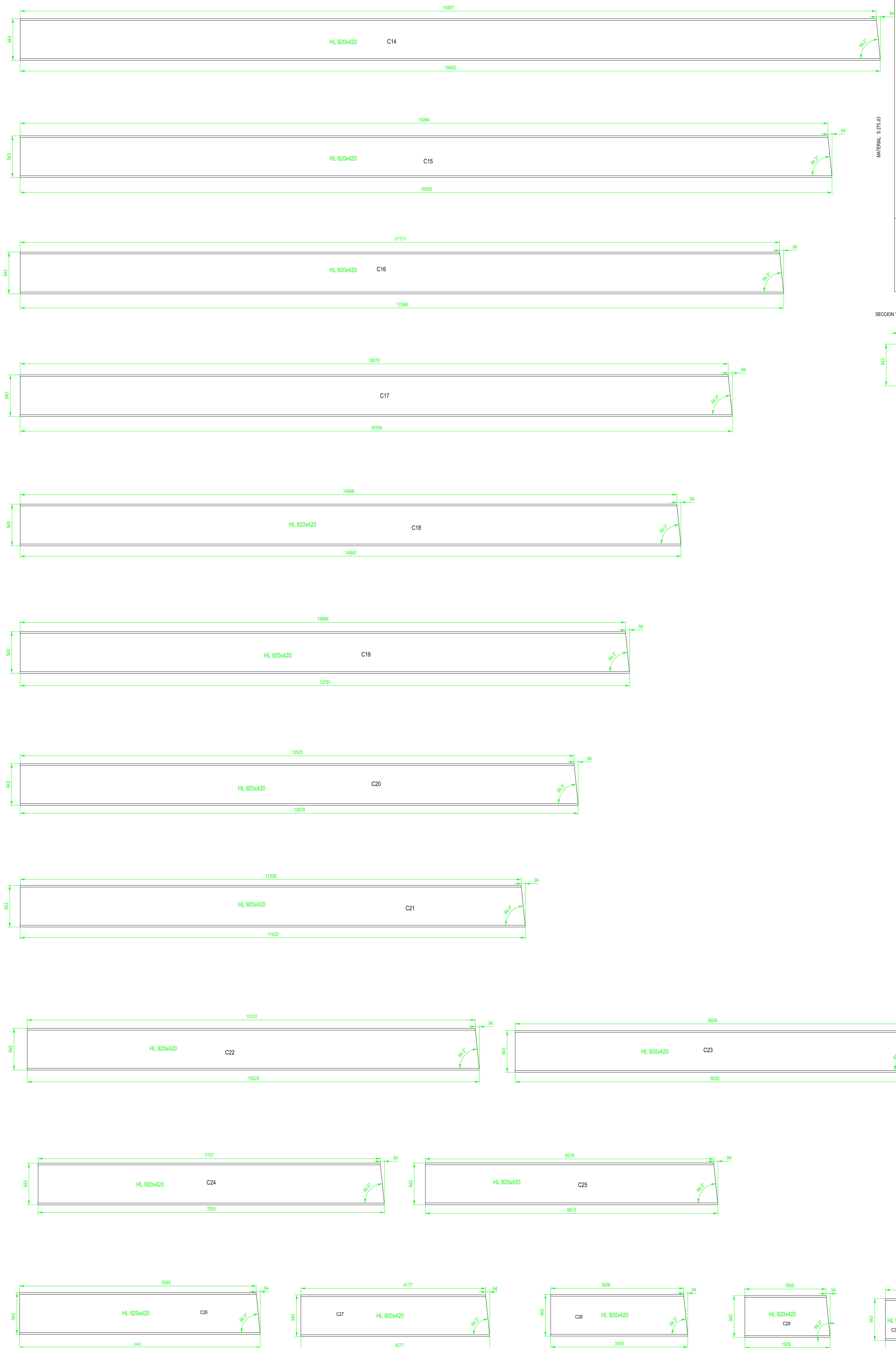
ESCALA:

1/60

PLANO Nº:

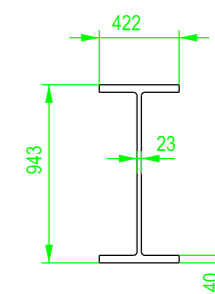
PT-103

1 UNIDAD DE CADA PIEZA



MATERIAL: S 275 JO

SECCION TRANSVERSAL HL 920x420



TRABAJO FINAL DE GRADO

* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-REAL (Castellón) *

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

AUTOR: Ramón Tercero Herrerías

TUTOR: D. Julián Alcalá González

FORMATO: A1

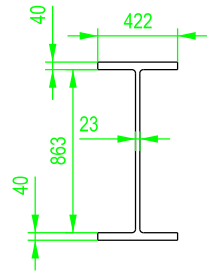
ESCALA:

1:40

PLANO Nº: PT-104

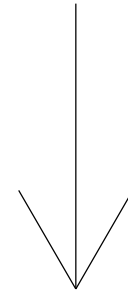
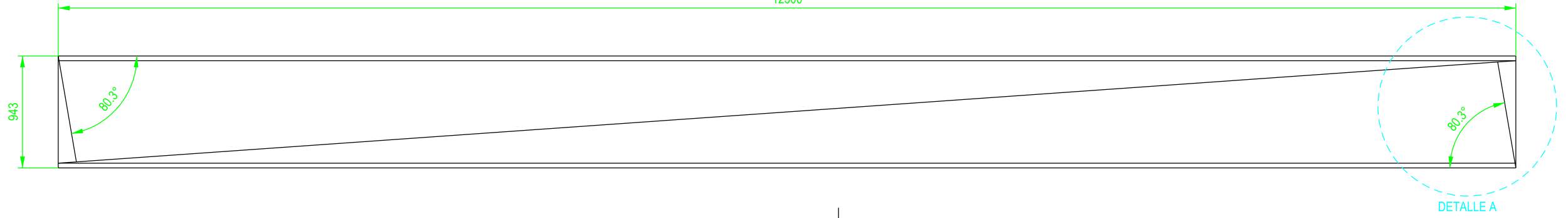
YOYO 30.0000101

HL 920x420

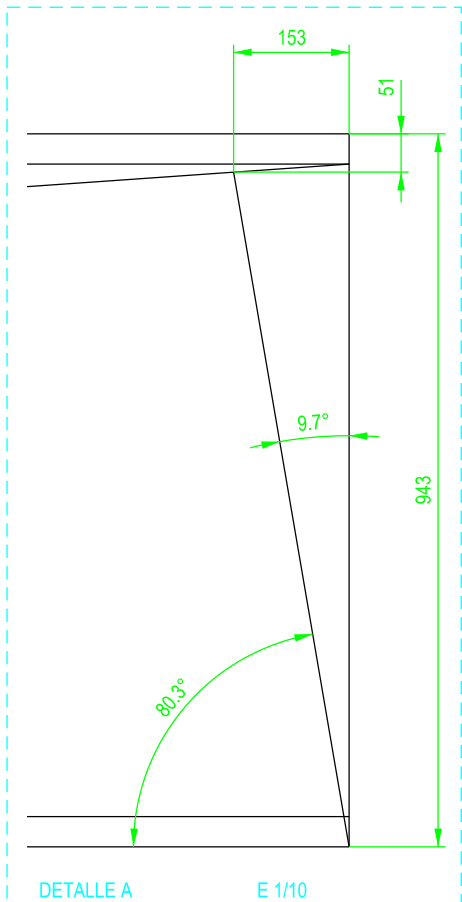
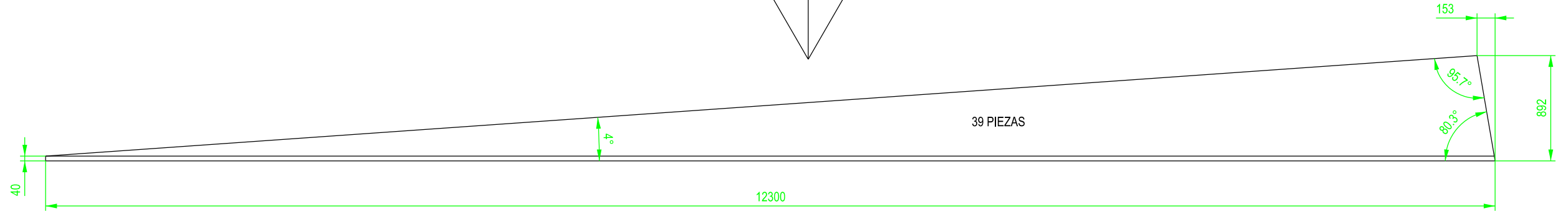


20 UNIDADES

12300



39 PIEZAS



DETALLE A E 1/10

MATERIAL: S 275 JO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

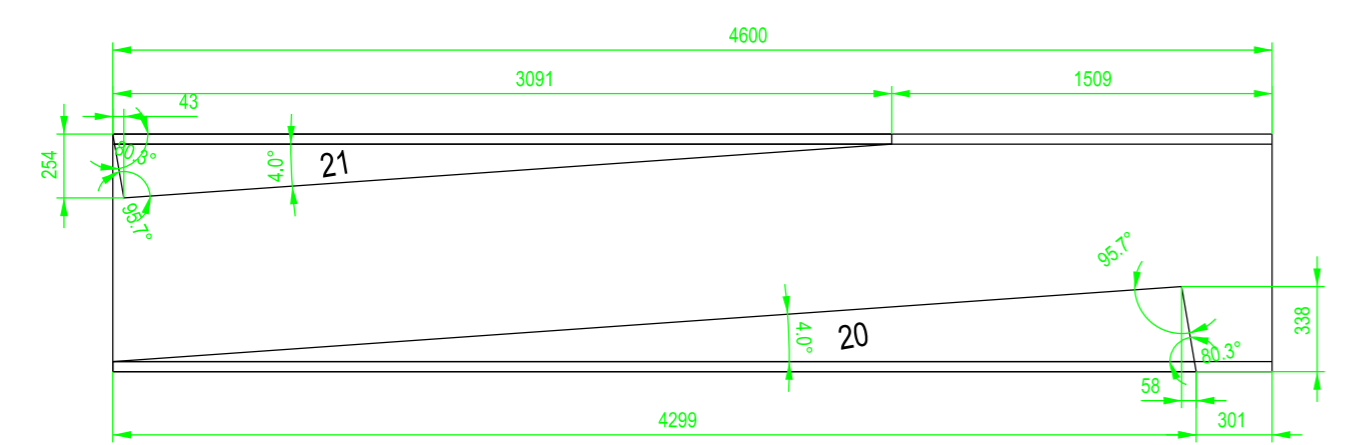
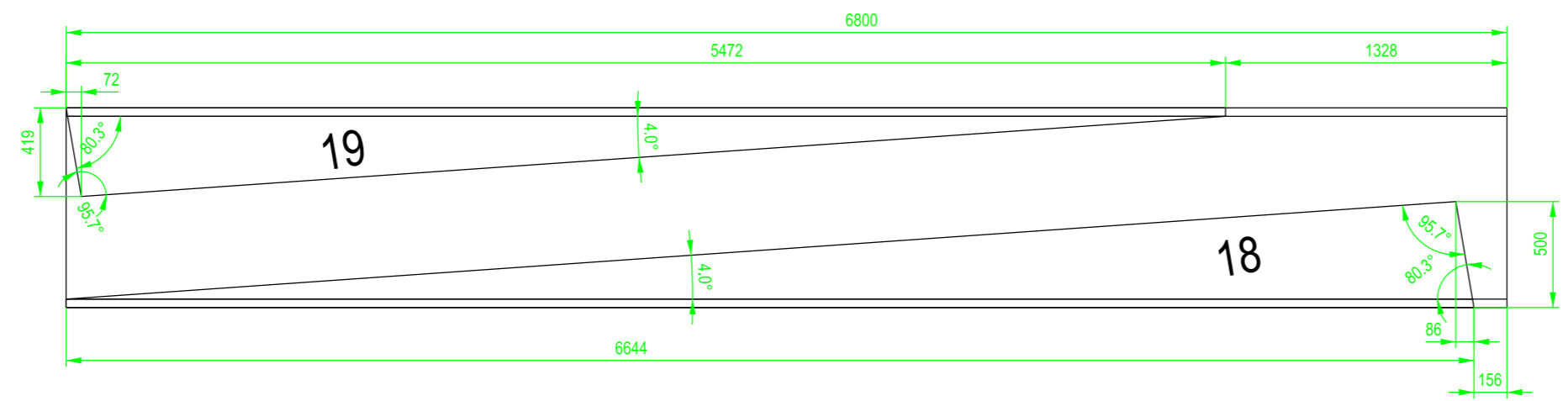
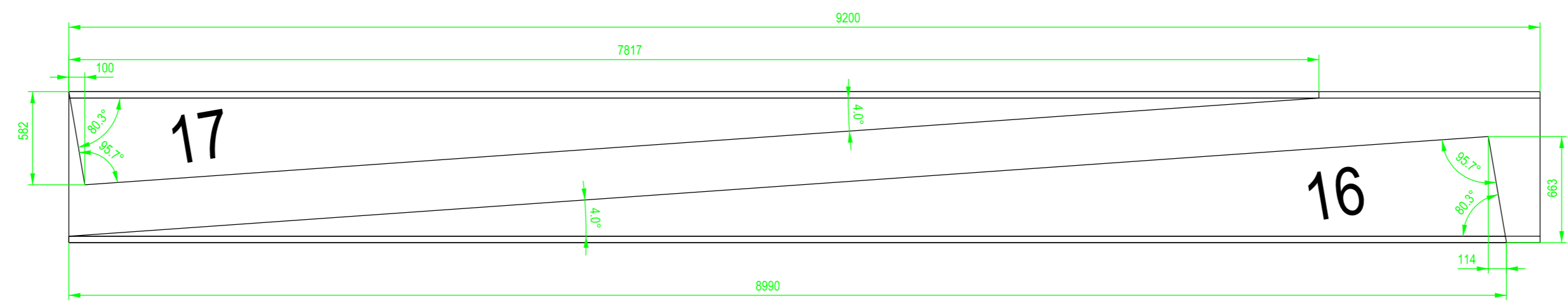
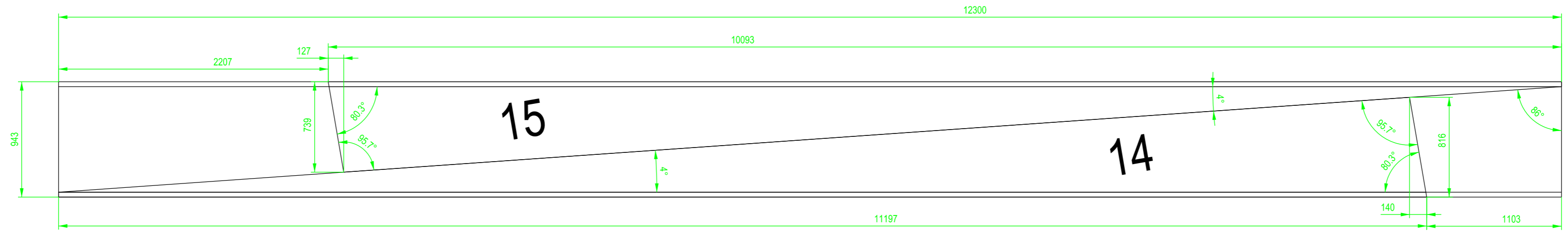
TITULO PLANO: Corte vigas refuerzo dinteles "tipo" BC HL 920x420
Extremos B y C dinteles BC1:4, BC6 y BC8:13
Extremos B dinteles BC14:30

FORMATO: A3

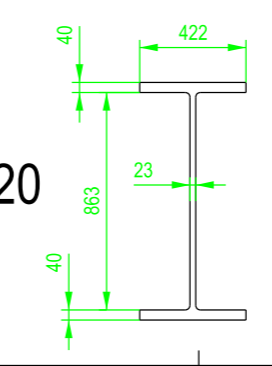
ESCALA: 1/40

PLANO Nº:

PT-105



HL 920x420



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

MATERIAL: S 275 JO			
TRABAJO FINAL DE GRADO			
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "			
AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TÍTULO PLANO: Corte vigas refuerzos dinteles especiales BC HL 920x420		FORMATO: A2	PLANO Nº: 1/30
Extremos C dinteles BC14:21		ESCALA: 1/30	PT-106

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.2. Dinteles

3.2.2. Ensamblaje.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PT-106A

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.2. Dinteles

3.2.2. Ensamblaje.

3.2.2.1.Dinteles AB.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

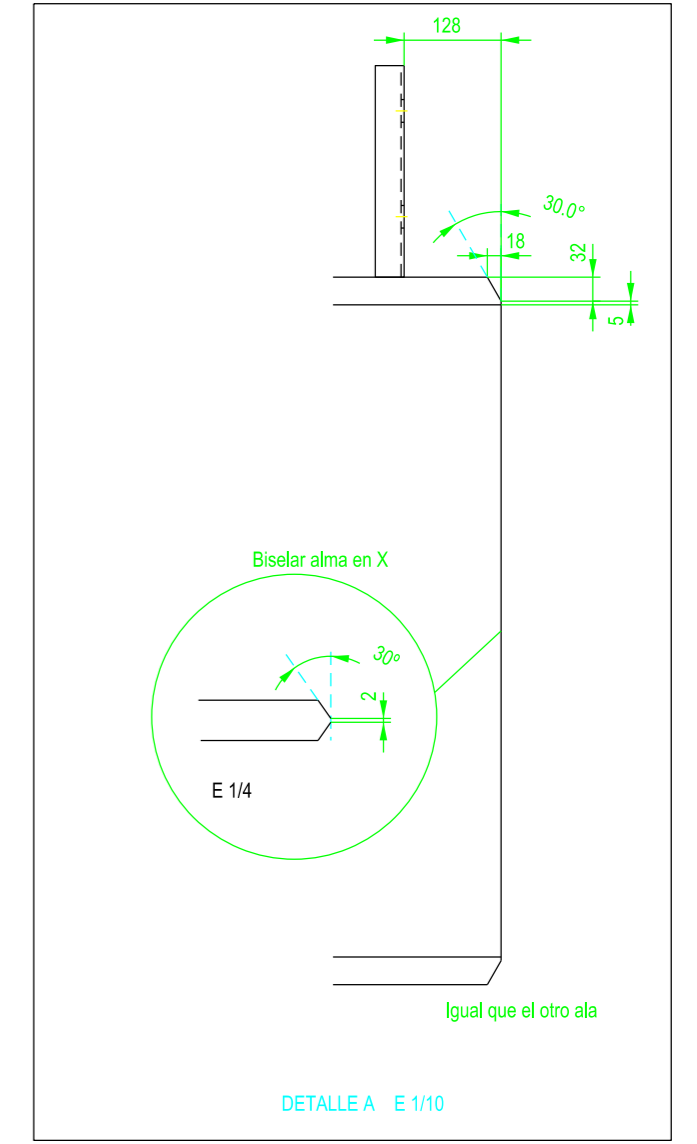
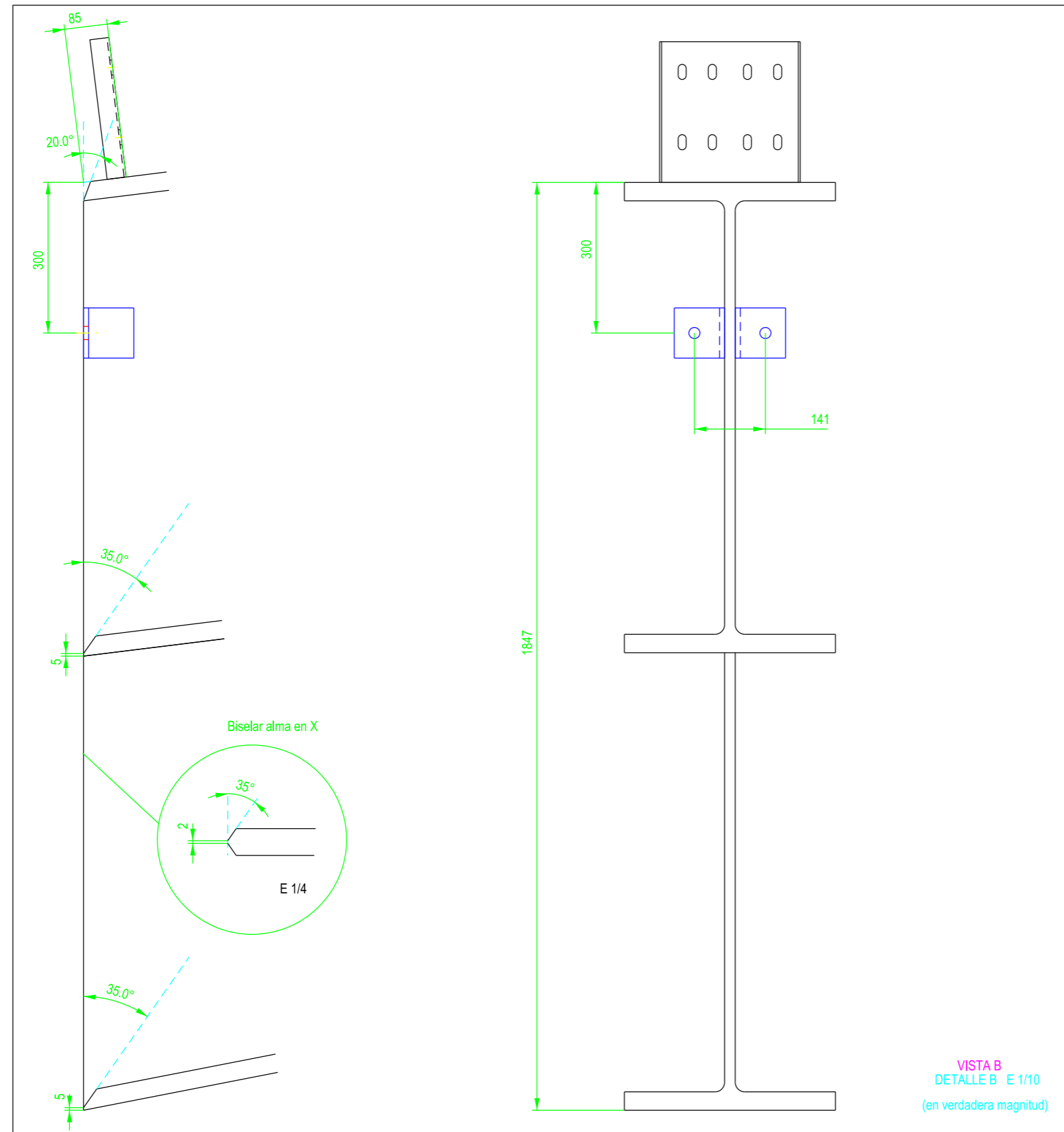
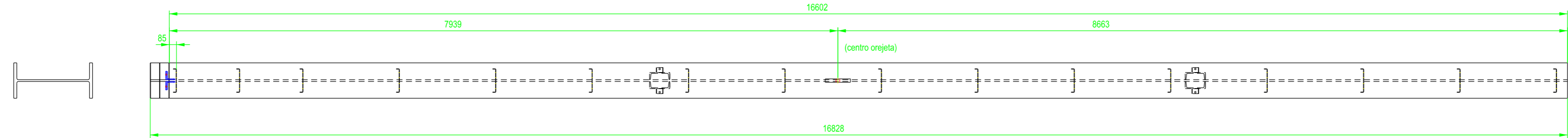
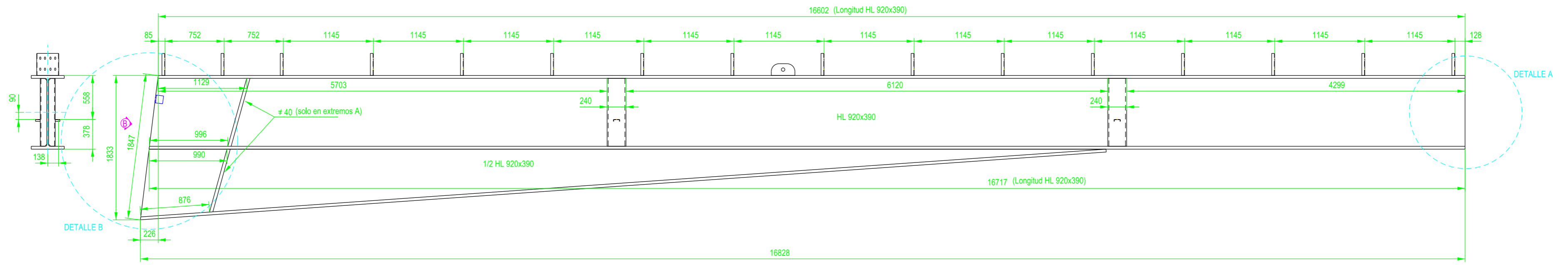
FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PT-106B

46 UNIDADES

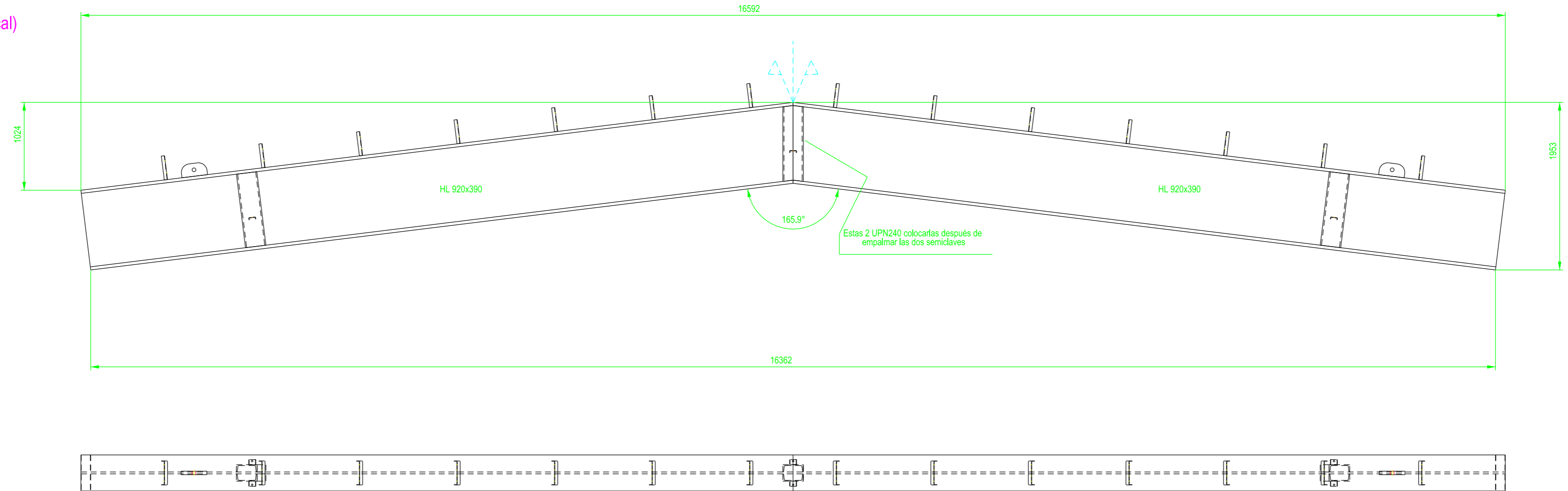


ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Ensamblaje extremos A/B dinteles AB1:4, AB6 y AB5:25. HL 920x390	FORMATO: A2 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-107	

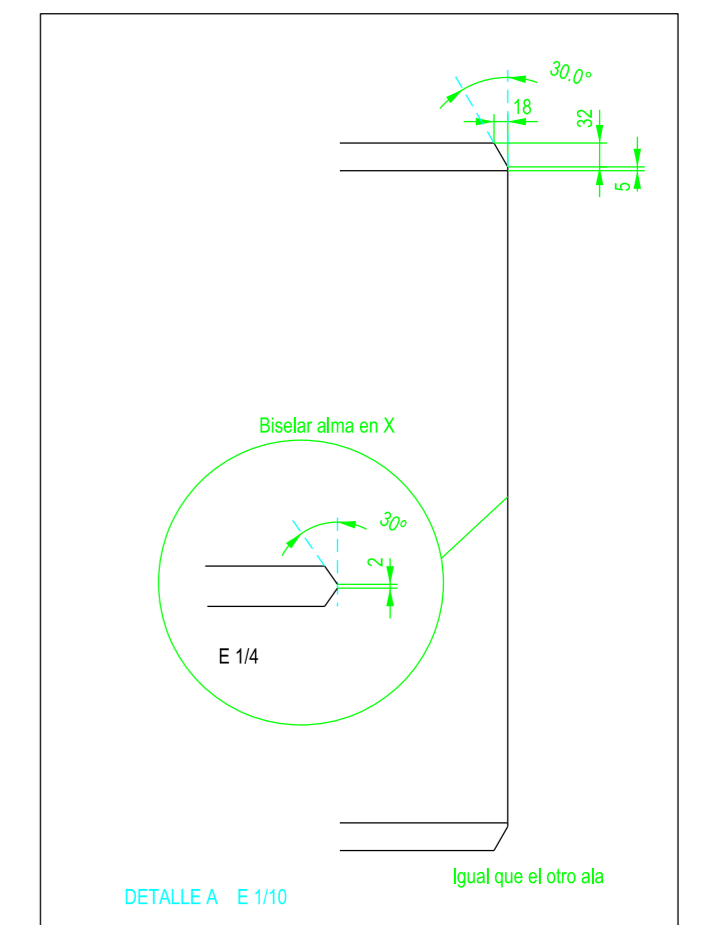
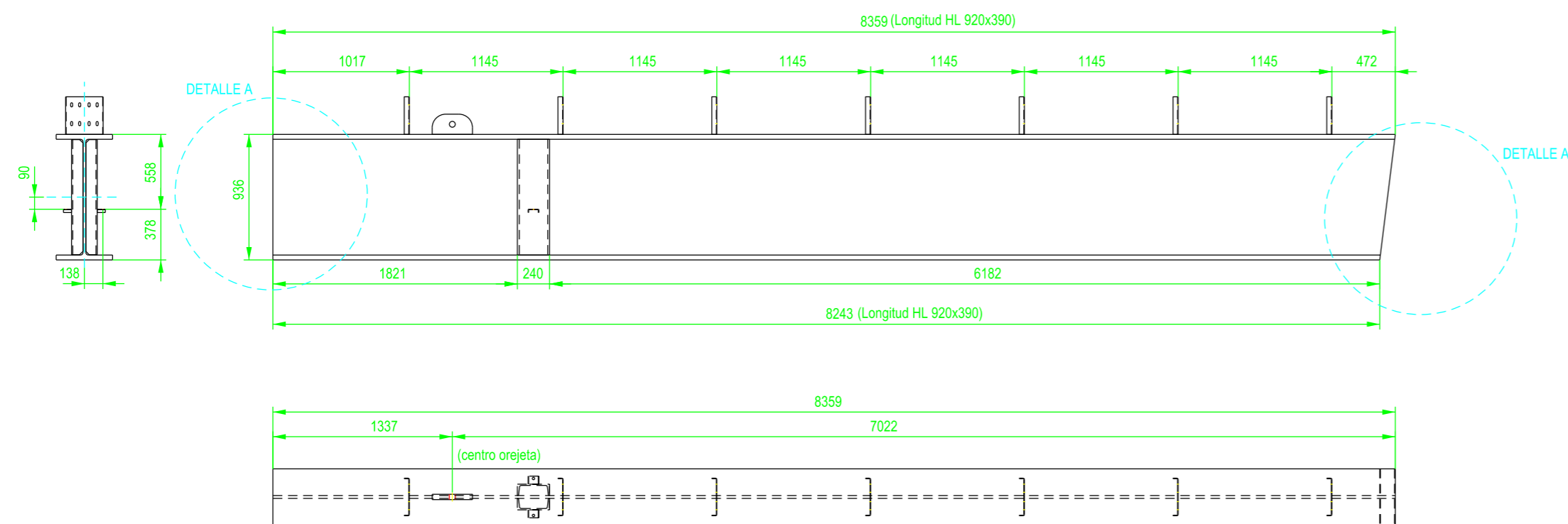
25 UNIDADES

CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical)

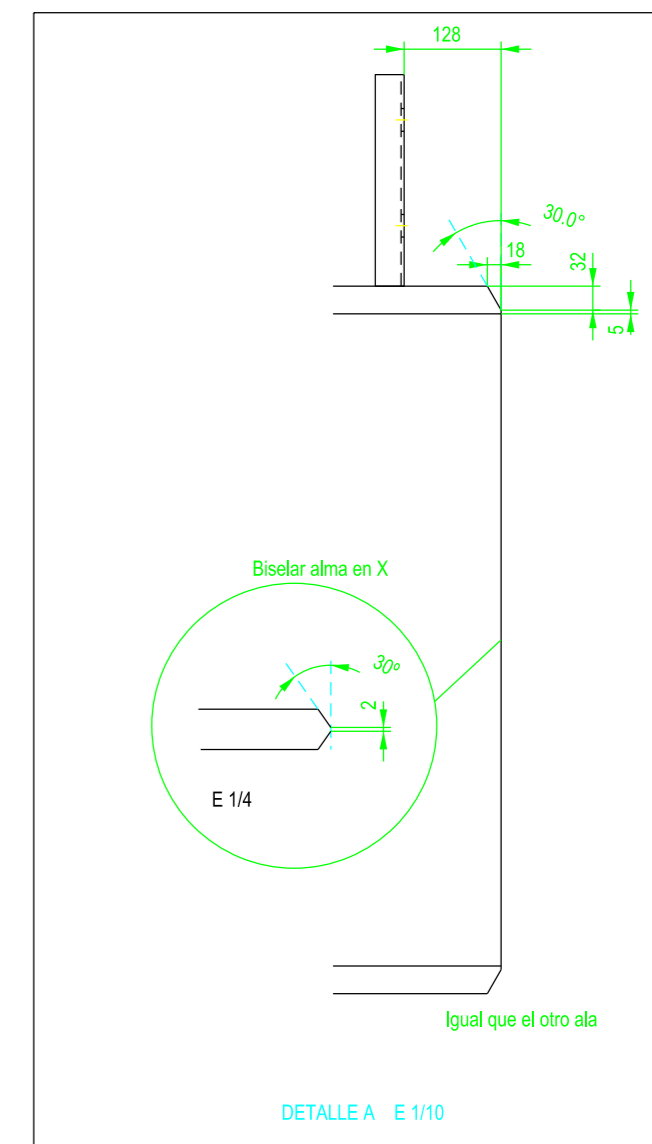
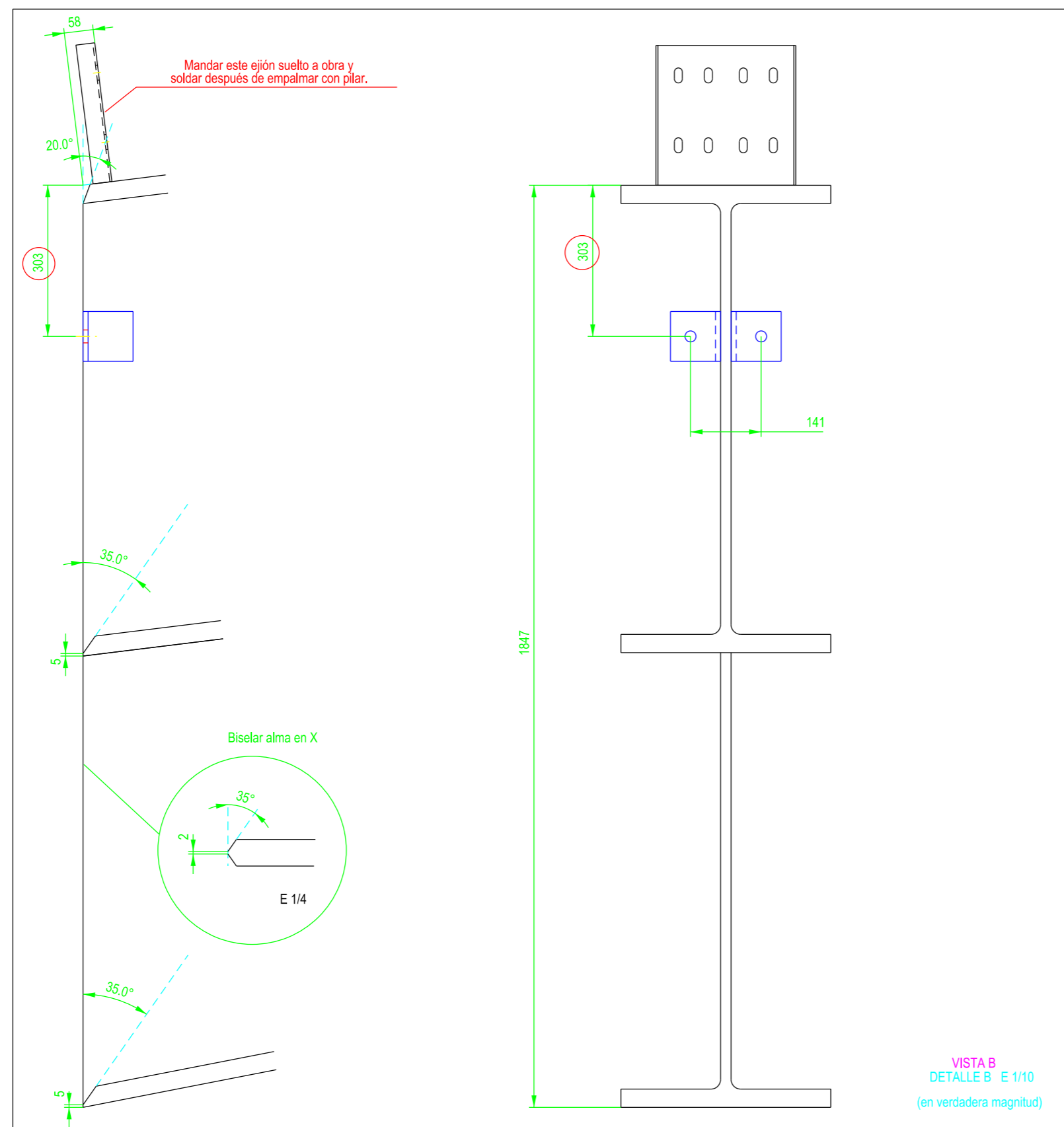
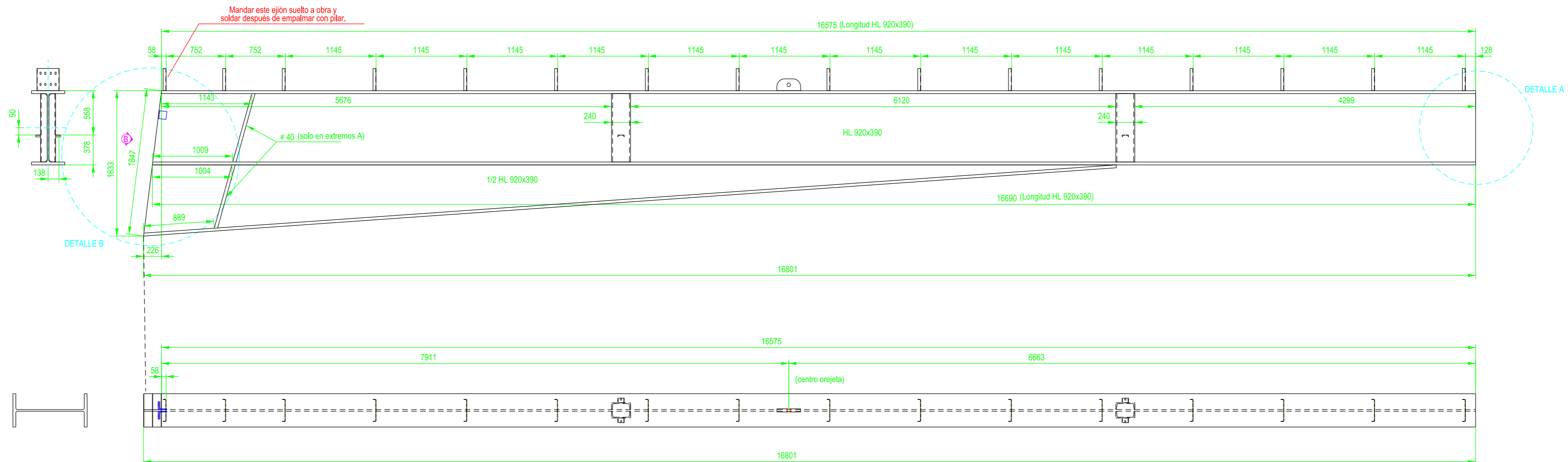


DETALLE SEMICLAVES



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: Ensamblaje clave dinteles AB1:25. HL 920x390	FORMATO: A2 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-108

4 UNIDADES



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: Ensamblaje extremos A/B dinteles AB5 y AB7. HL 920x390	FORMATO: A2 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-109

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.2. Dinteles

3.2.2. Ensamblaje.

3.2.2.2.Dinteles A'B.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

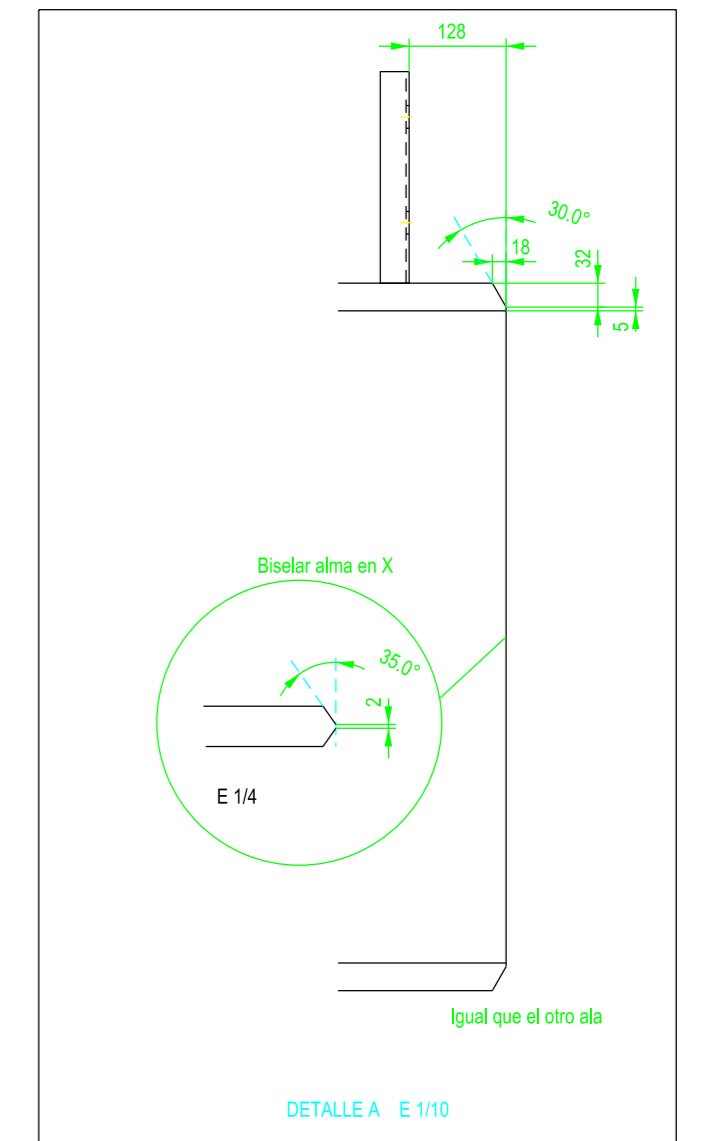
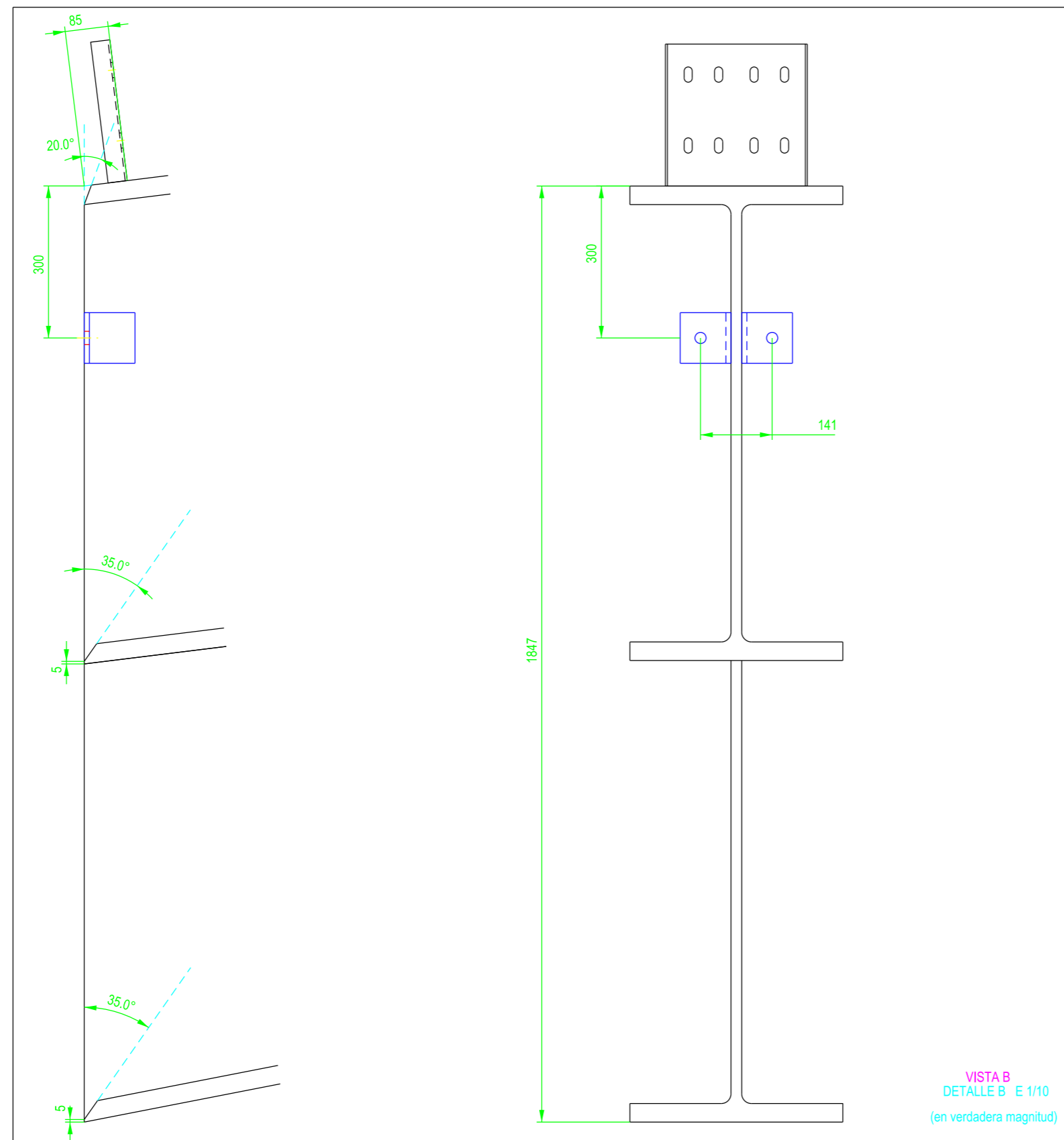
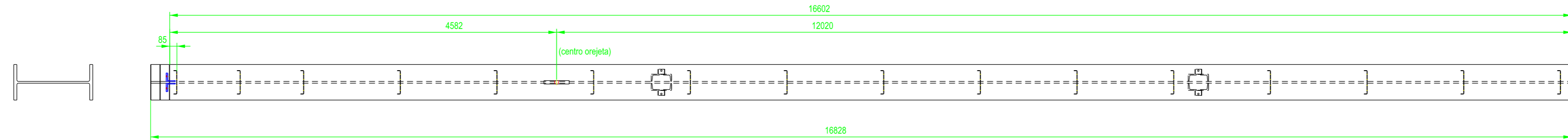
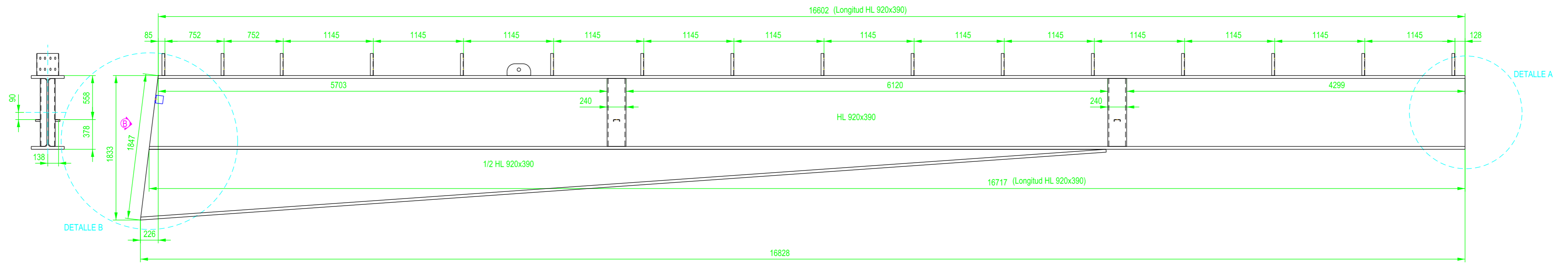
FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

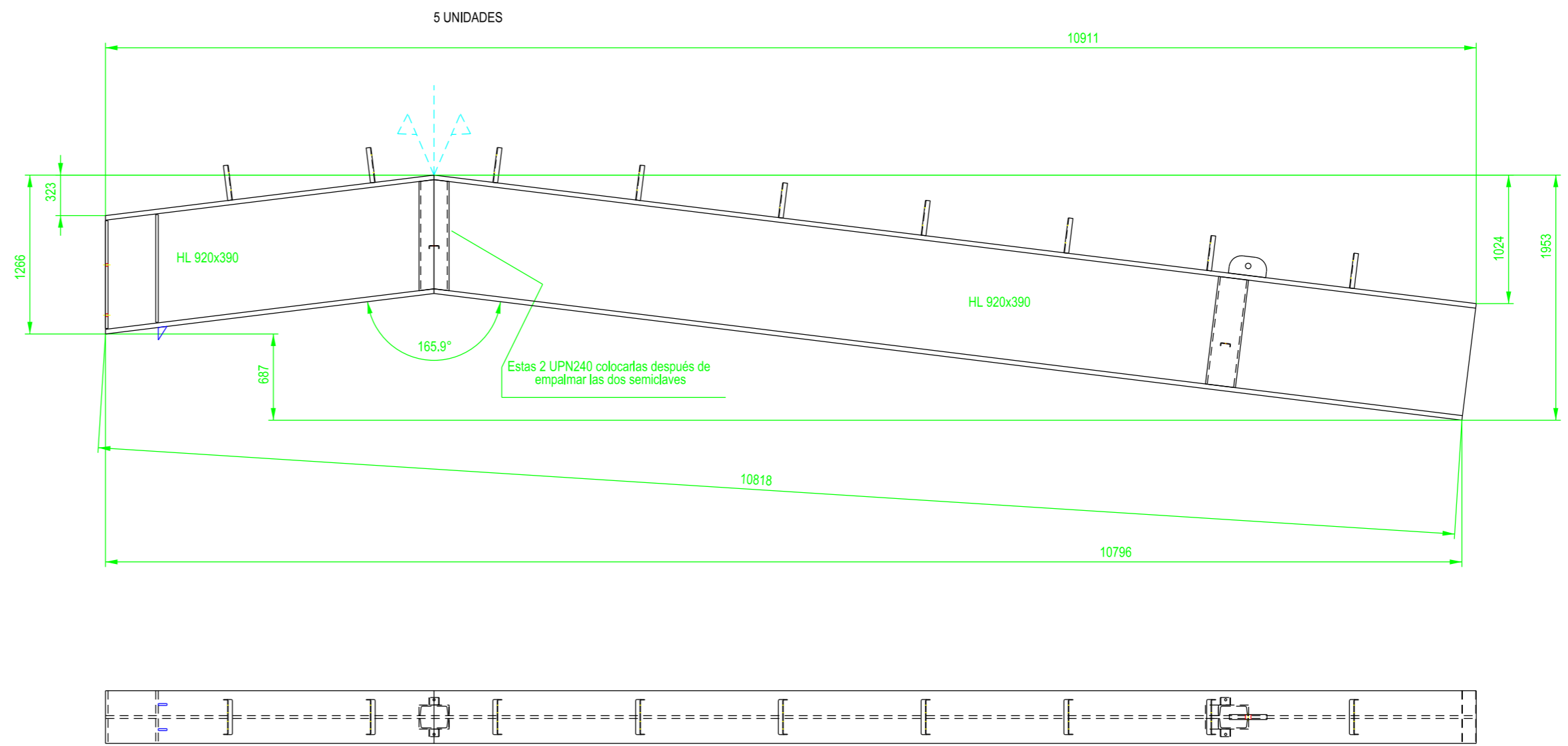
PT-109A

5 UNIDADES

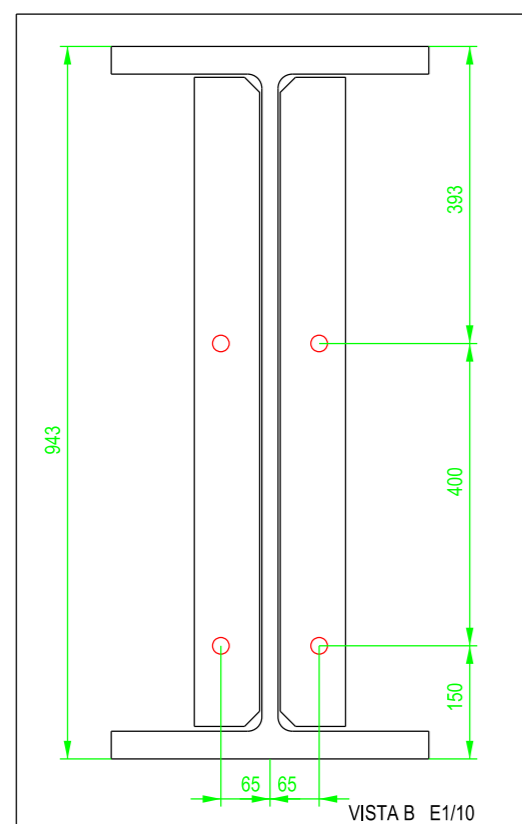
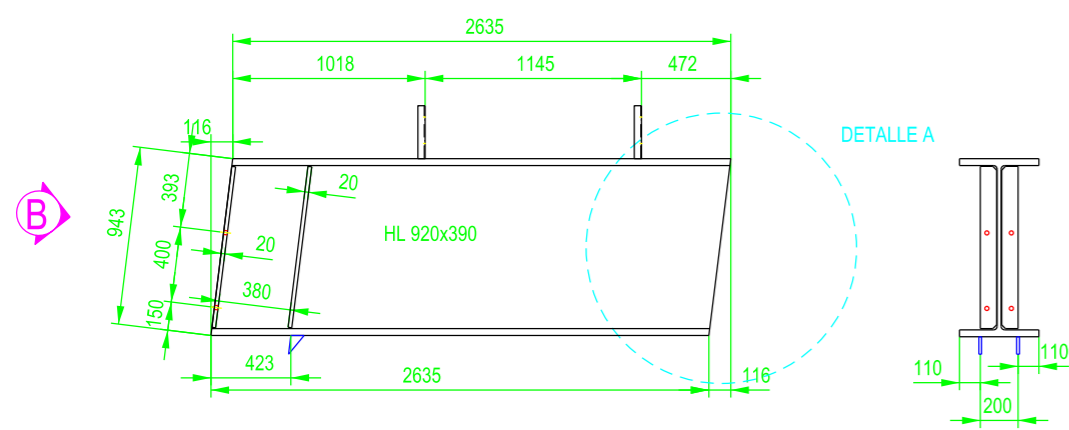


ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO "Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón)"		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Ensamblaje extremos B dinteles A'B26:30 HL 920x390	FORMATO: A2 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-110	

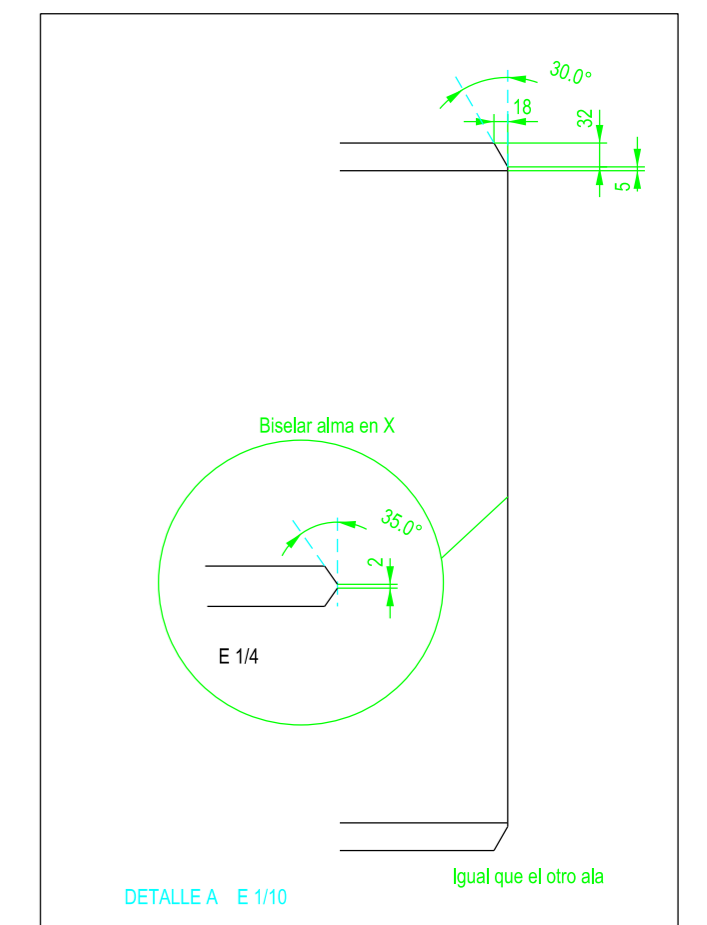
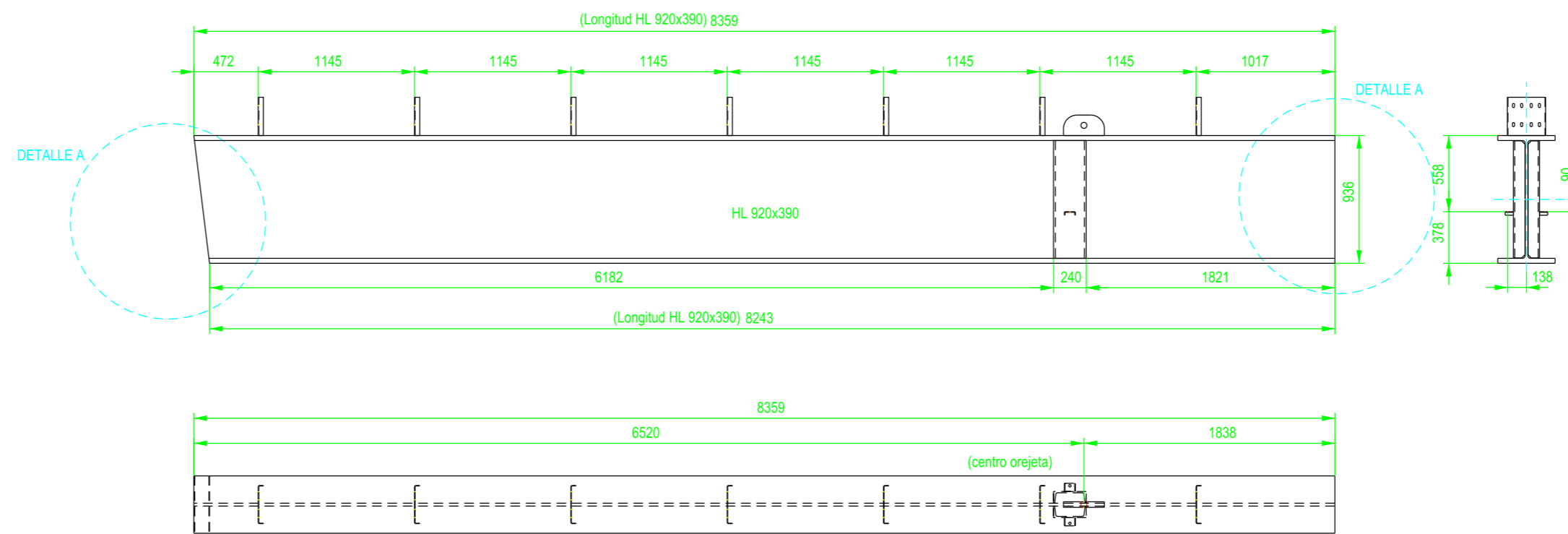
CLAVE COMPLETA
(tiene eje de simetría vertical)



DETALLE SEMICLAVE PARCIAL



DETALLE SEMICLAVE ENTERA



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO "Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón)"		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Ensamblaje "semiclaves" dinteles A/B26:30 HL 920x390		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-111		

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.2. Dinteles

3.2.2. Ensamblaje.

3.2.2.3.Dinteles BC.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

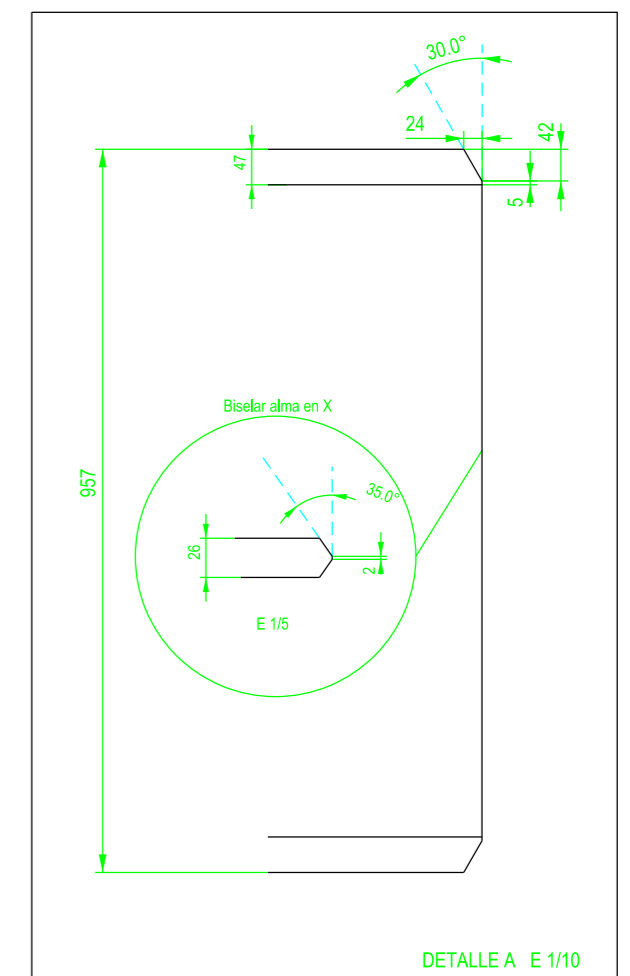
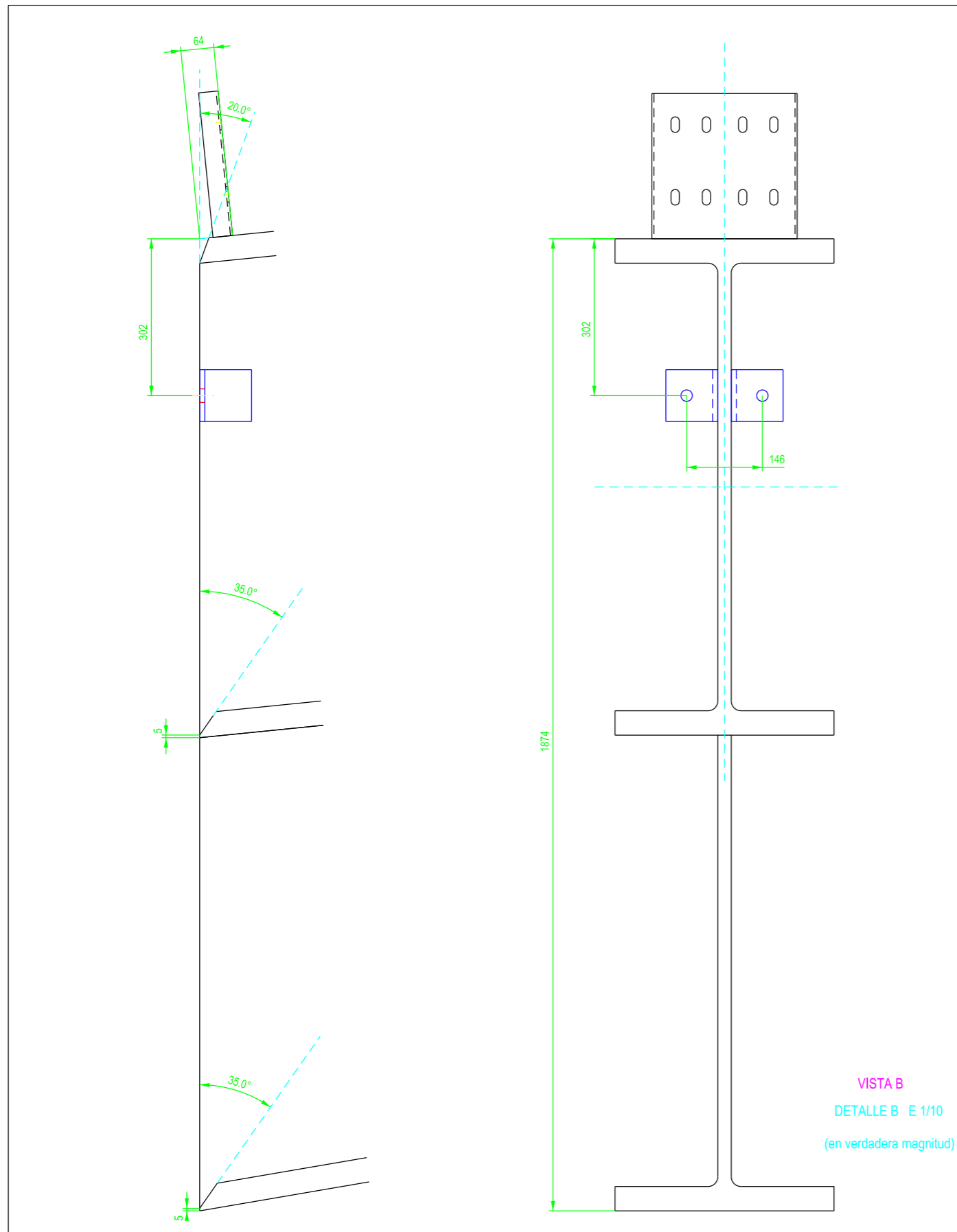
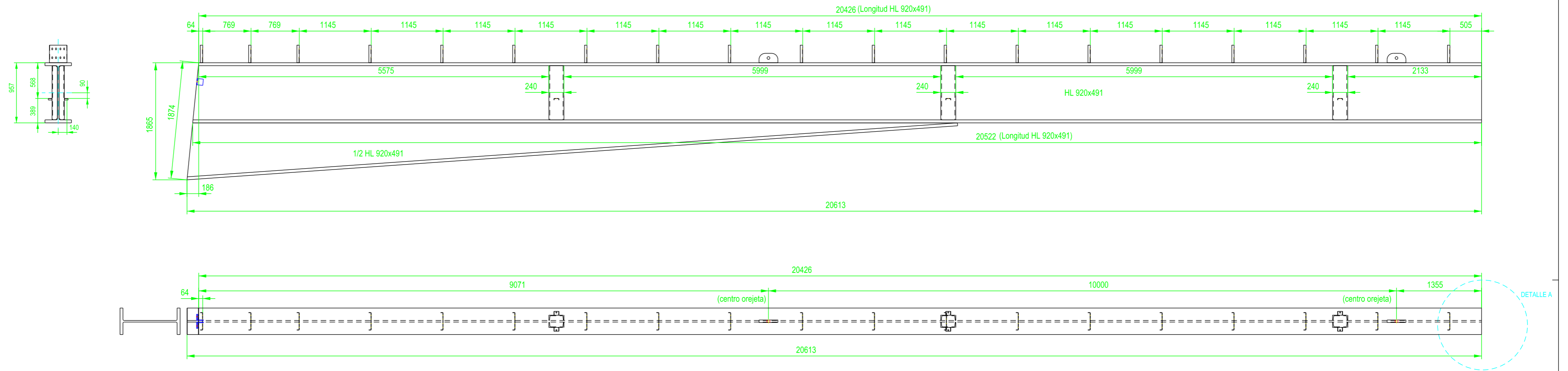
FORMATO : A4

PLANO Nº :

ESCALA:

PT-111A

2 UNIDADES

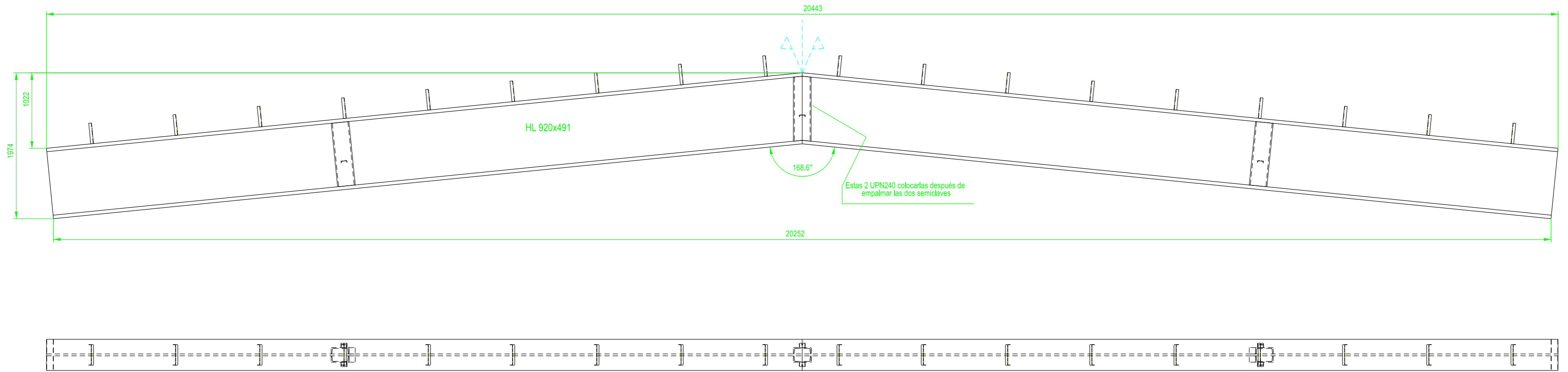


ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Ensamblaje extremos B dinteles BC5 y BC7 HL 920x491	FORMATO: A2 ESCALA: 1/50	PLANO Nº: PT-112	

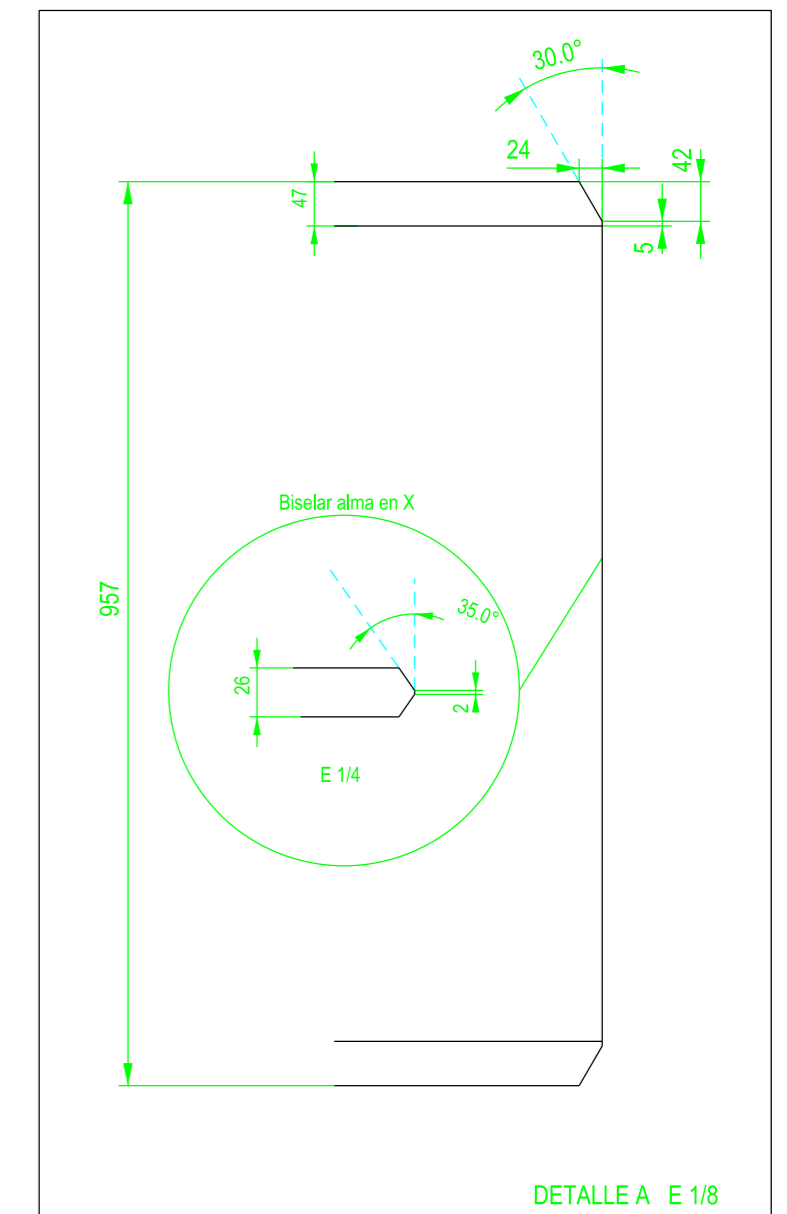
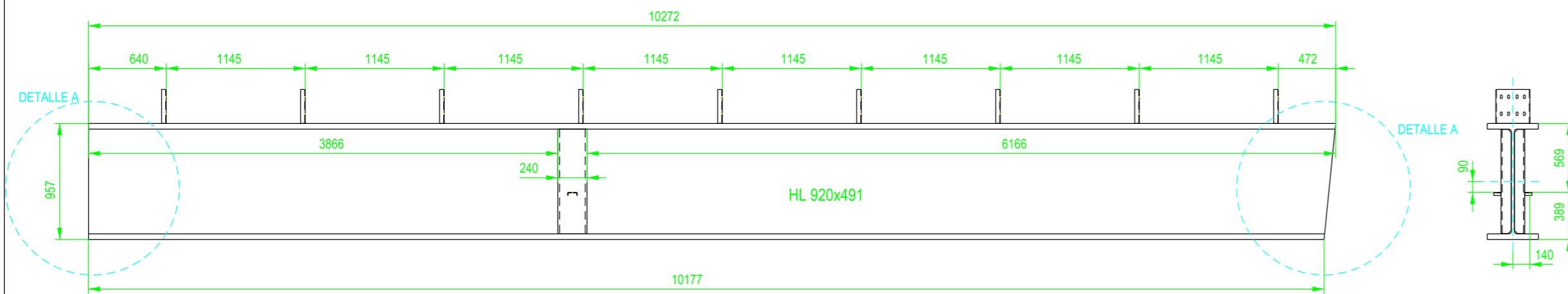
CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical)

2 UNIDADES

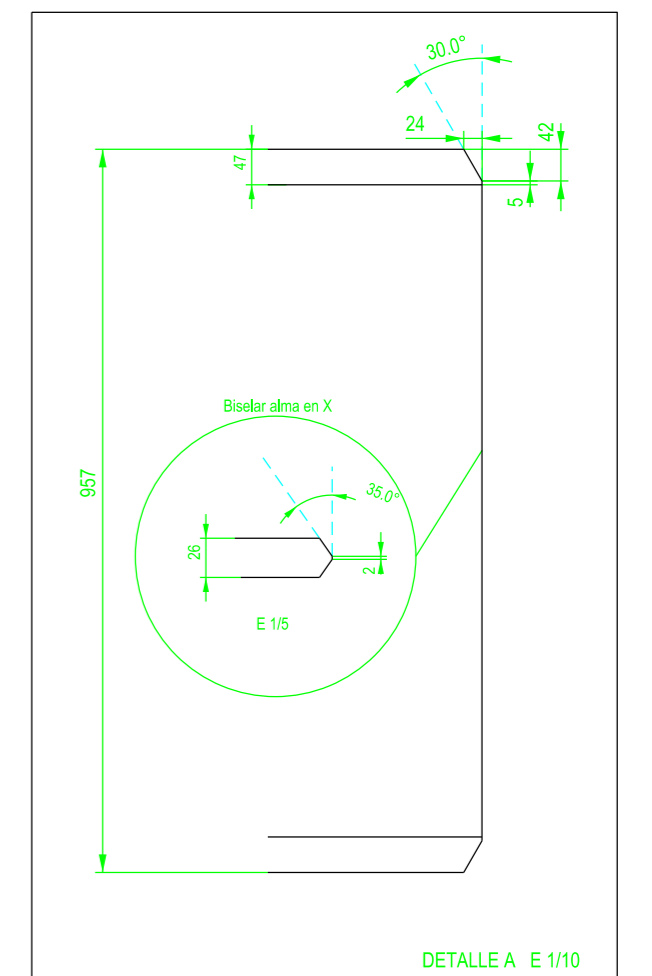
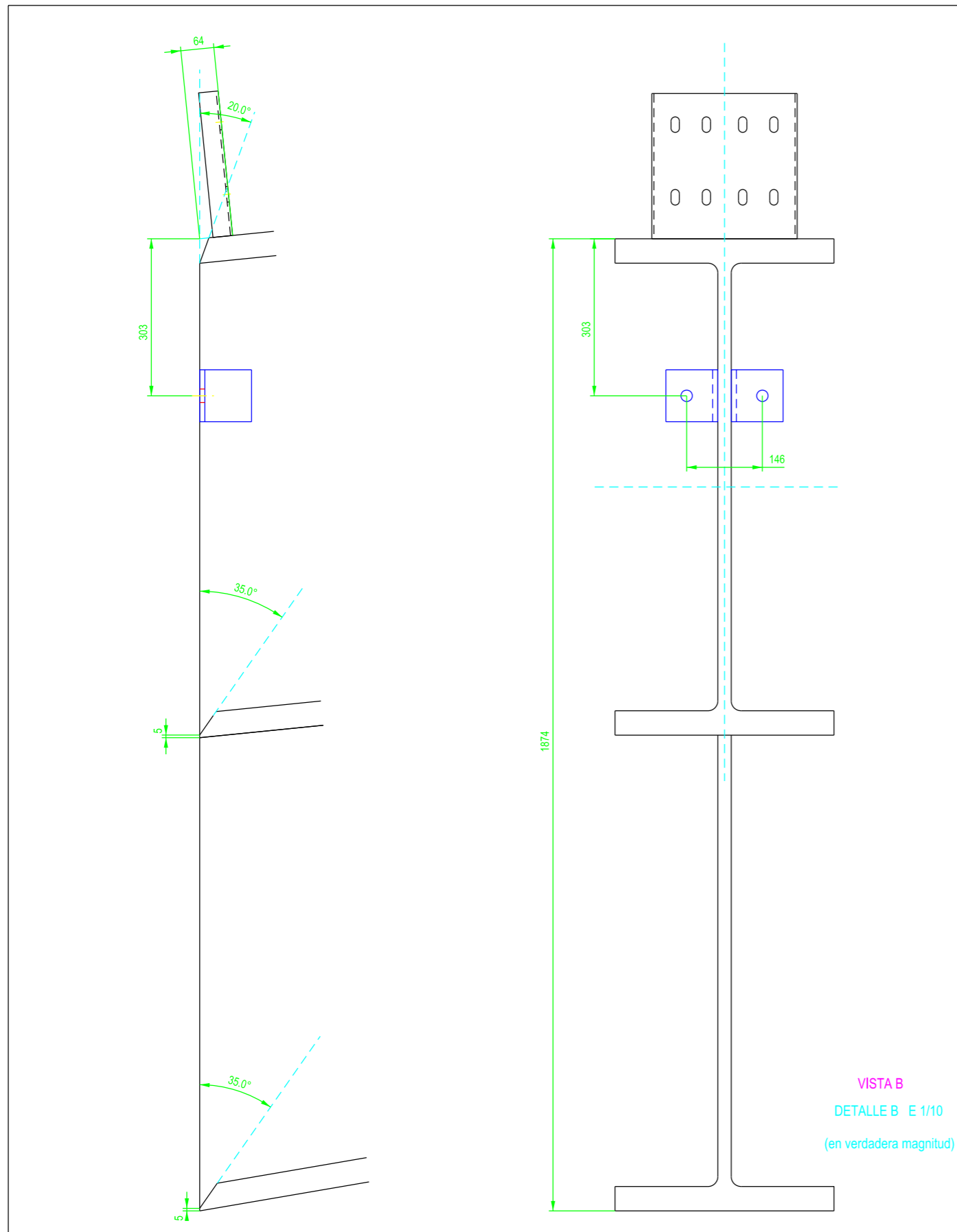
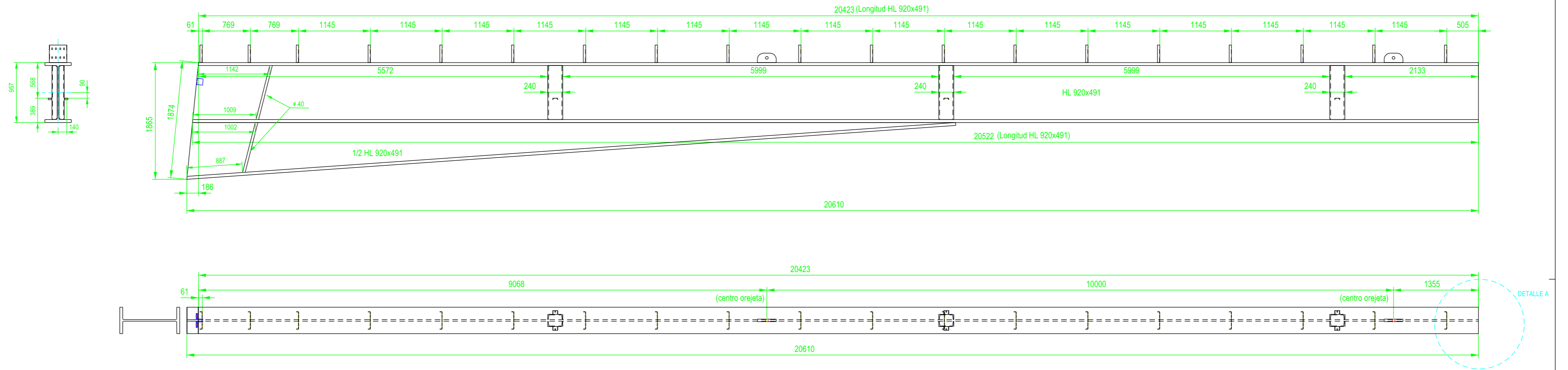


DETALLE SEMICLAVES

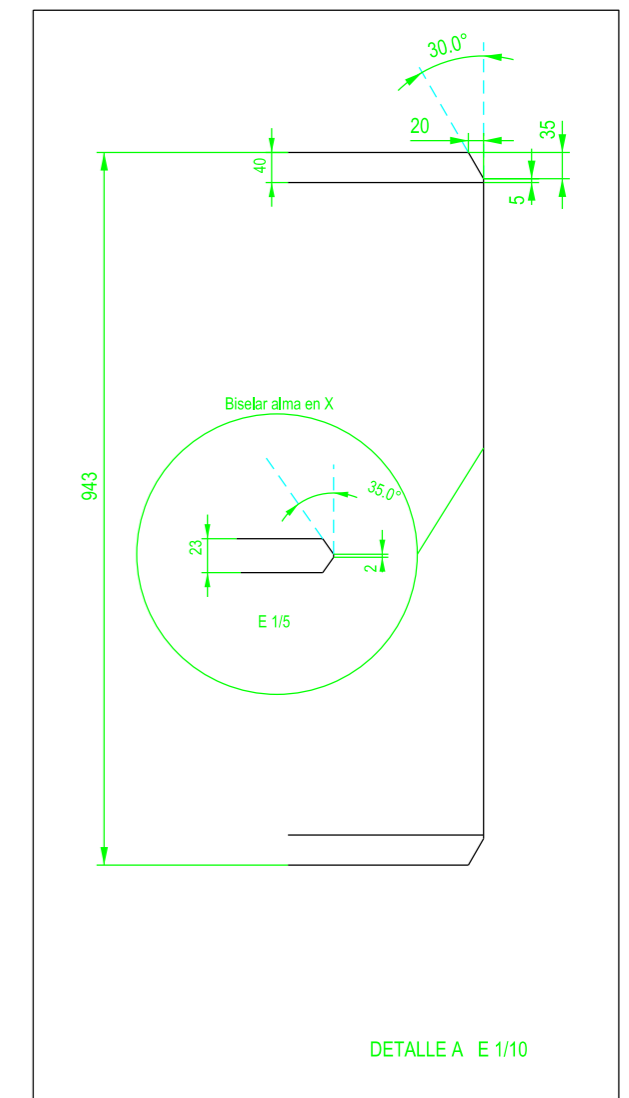
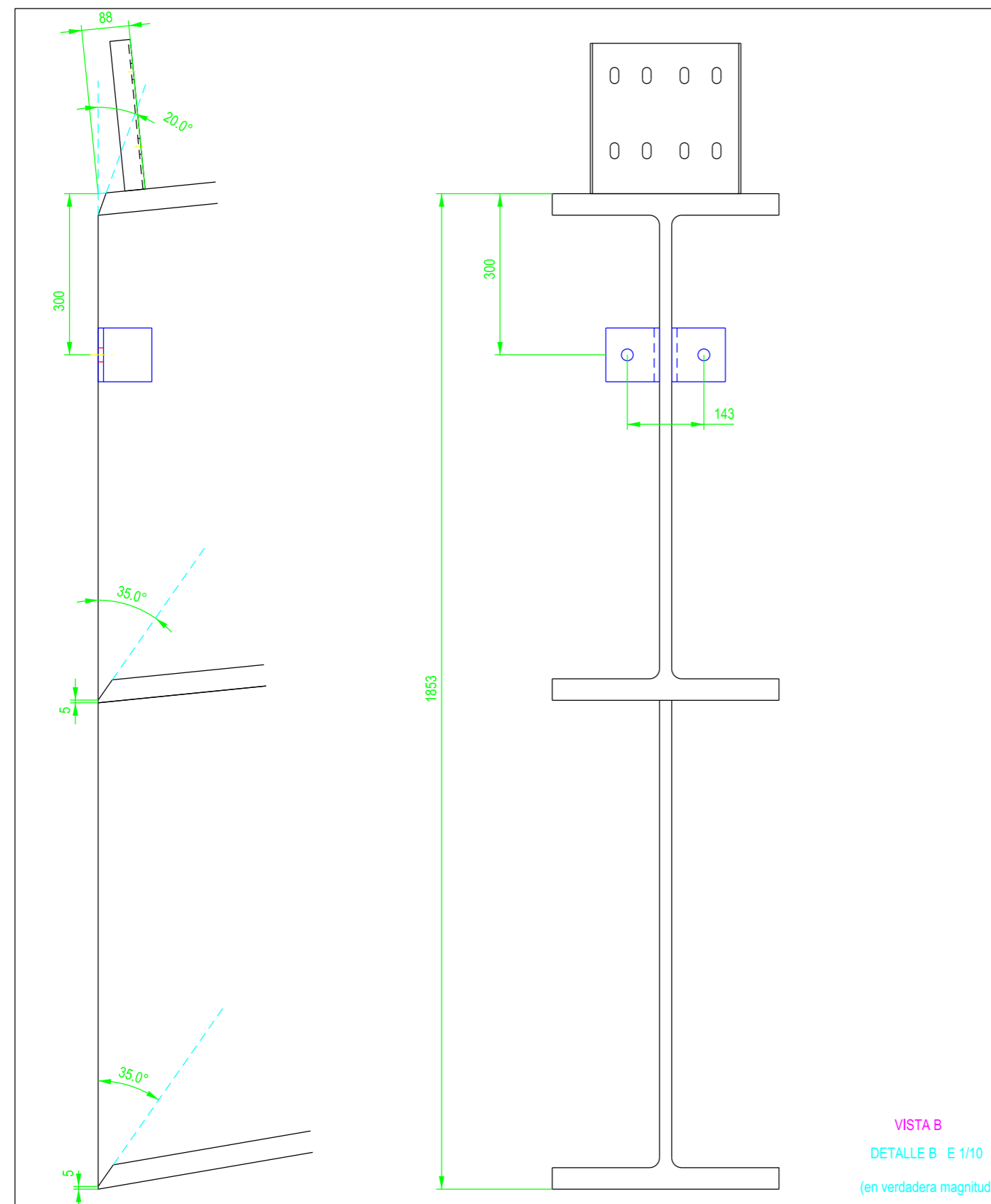
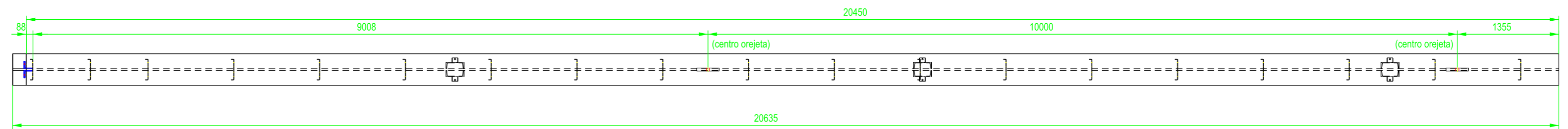
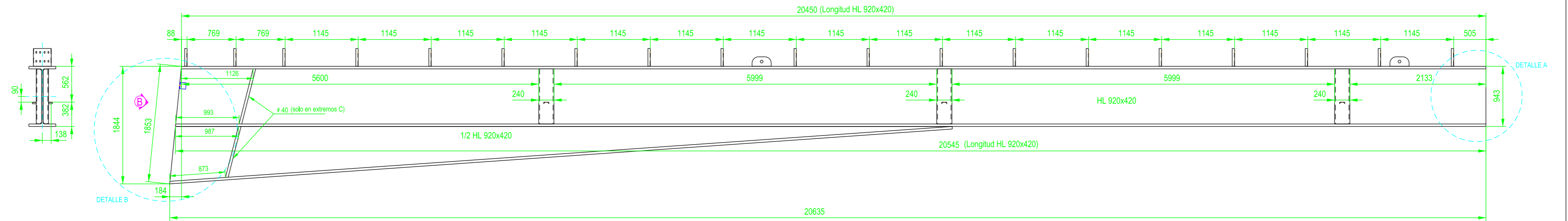


ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Ensamblaje clave dinteles BC5 y BC7 HL 920x491	FORMATO: A2 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-113	

2 UNIDADES



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: Ensamblaje extremos C dinteles BC5 y BC7 HL 920x491	FORMATO: A2 ESCALA: 1/50	PLANO Nº: PT-114

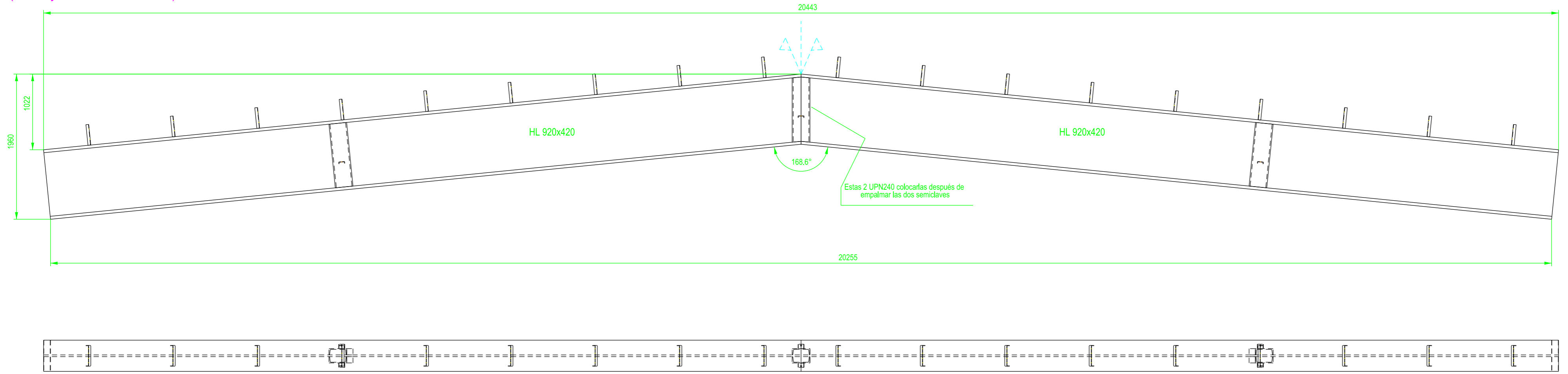


ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TÍTULO PLANO: Ensamblaje extremos B/C dinteles BC1:4 y BC8:13 y extremo B dintel BC6 HL 920x420		FORMATO: A2 ESCALA: 1/50
			PLANO Nº: PT-115

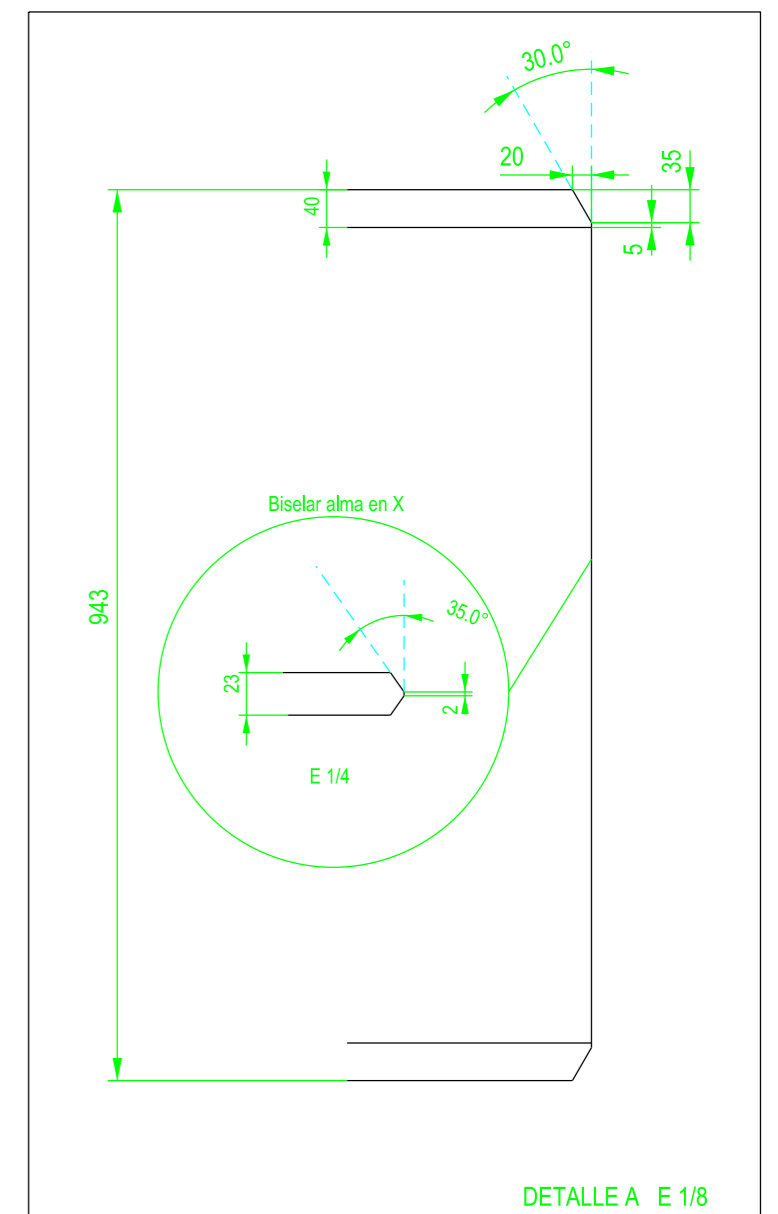
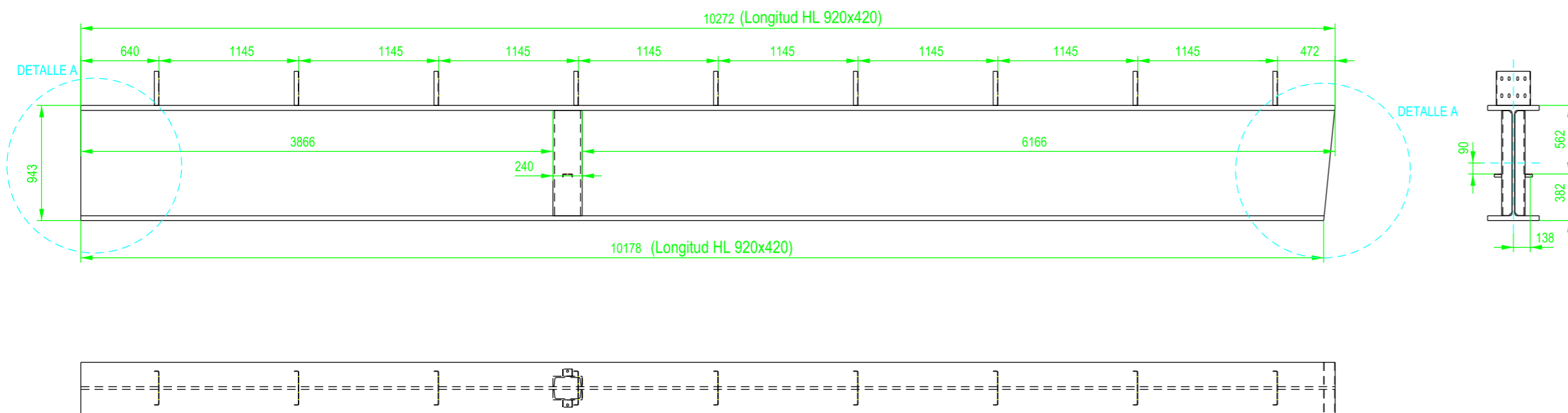
CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical)

11 UNIDADES

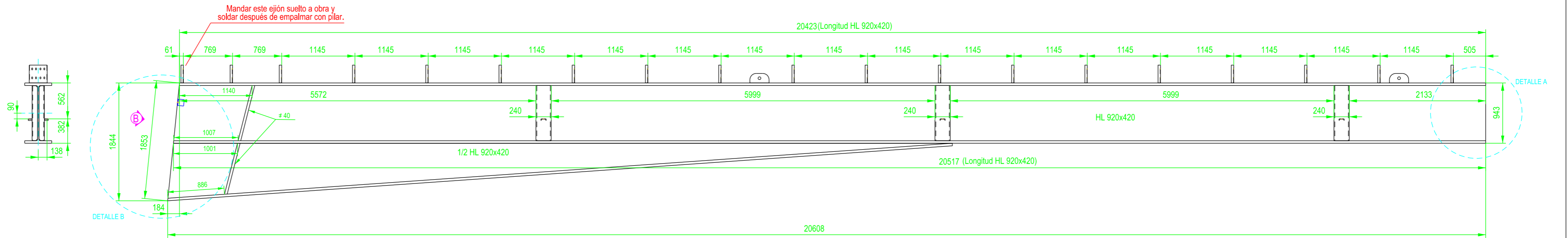


DETALLE SEMICLAVES



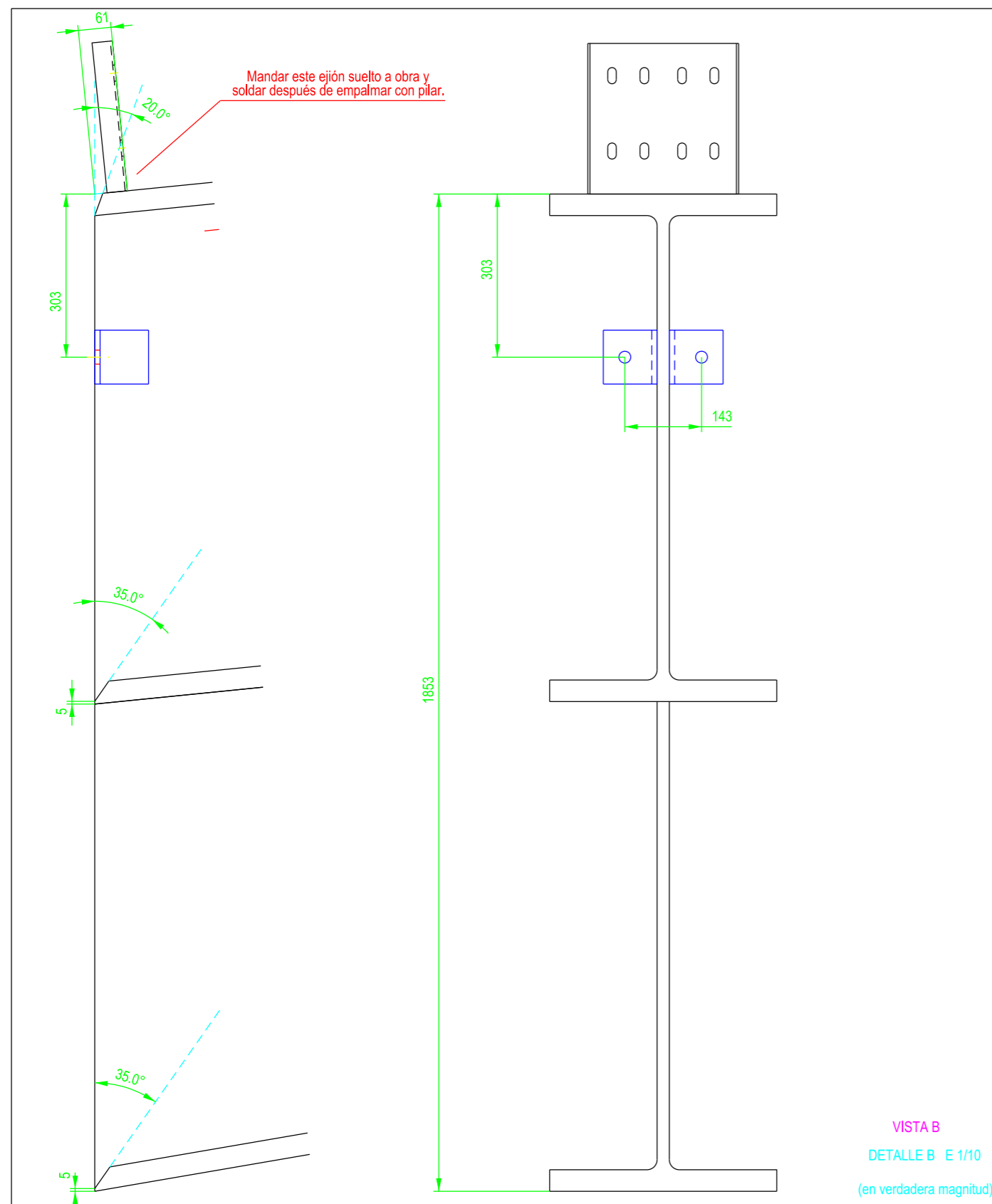
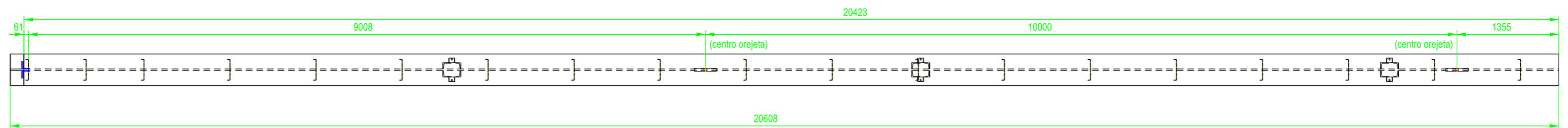
<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "</p>		
	<p>AUTOR: Ramón Tercero Herreros</p>	<p>TUTOR: D. Julián Alcalá González</p>	
	<p>TITULO PLANO: Ensamblaje clave dinteles BC1-4, BC6 y BC8:13 HL 920x420</p>	<p>FORMATO: A2 ESCALA: 1/40</p>	<p>PLANO Nº: PT-116</p>

1 UNIDAD

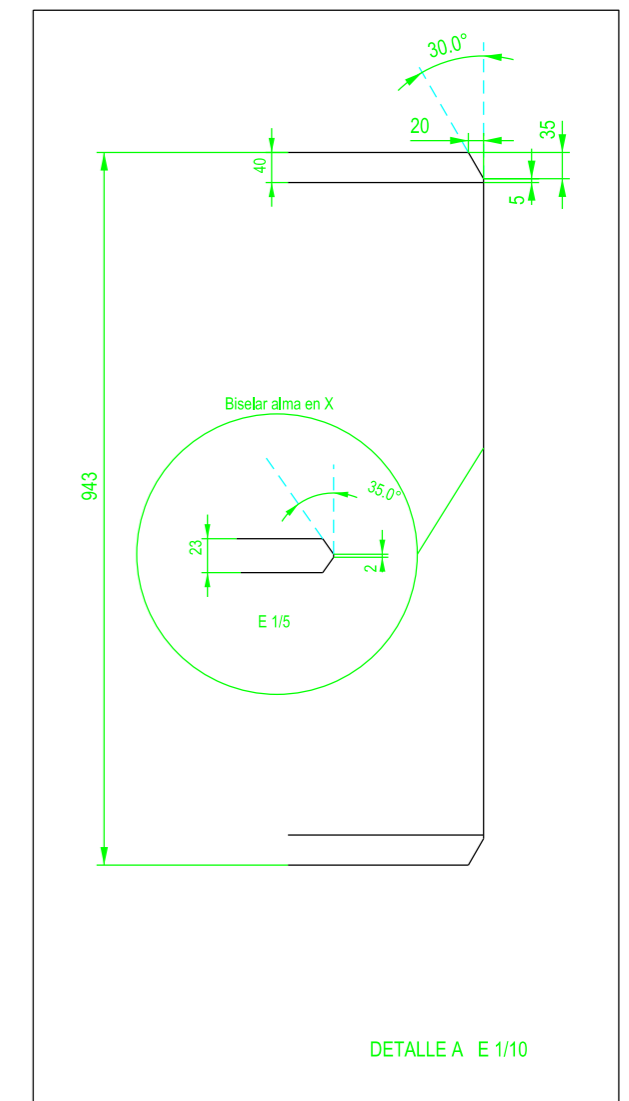


DETALLE B

DETALLE A



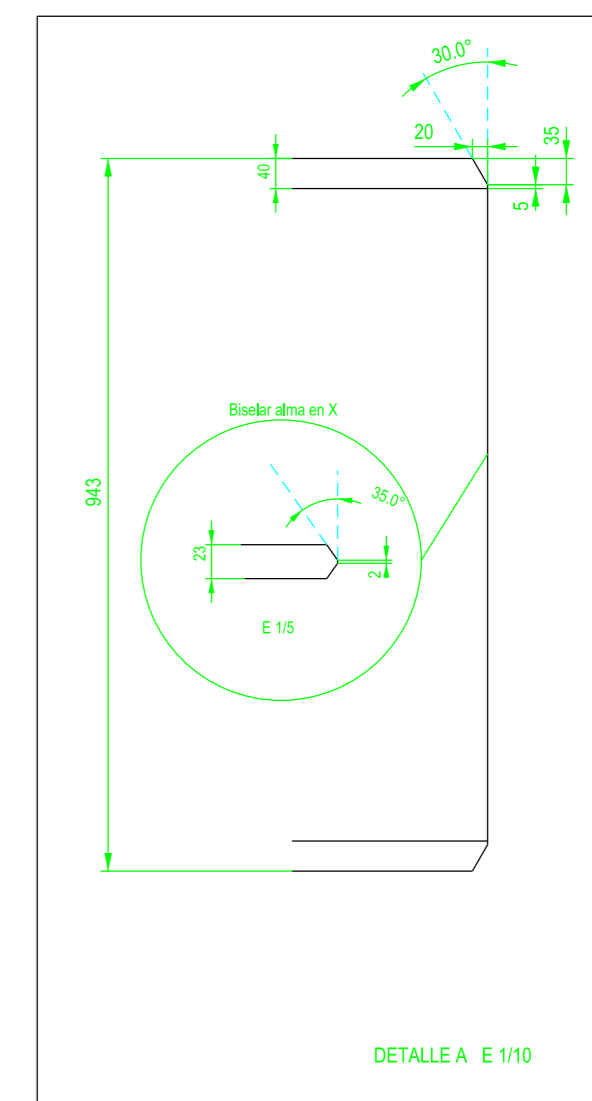
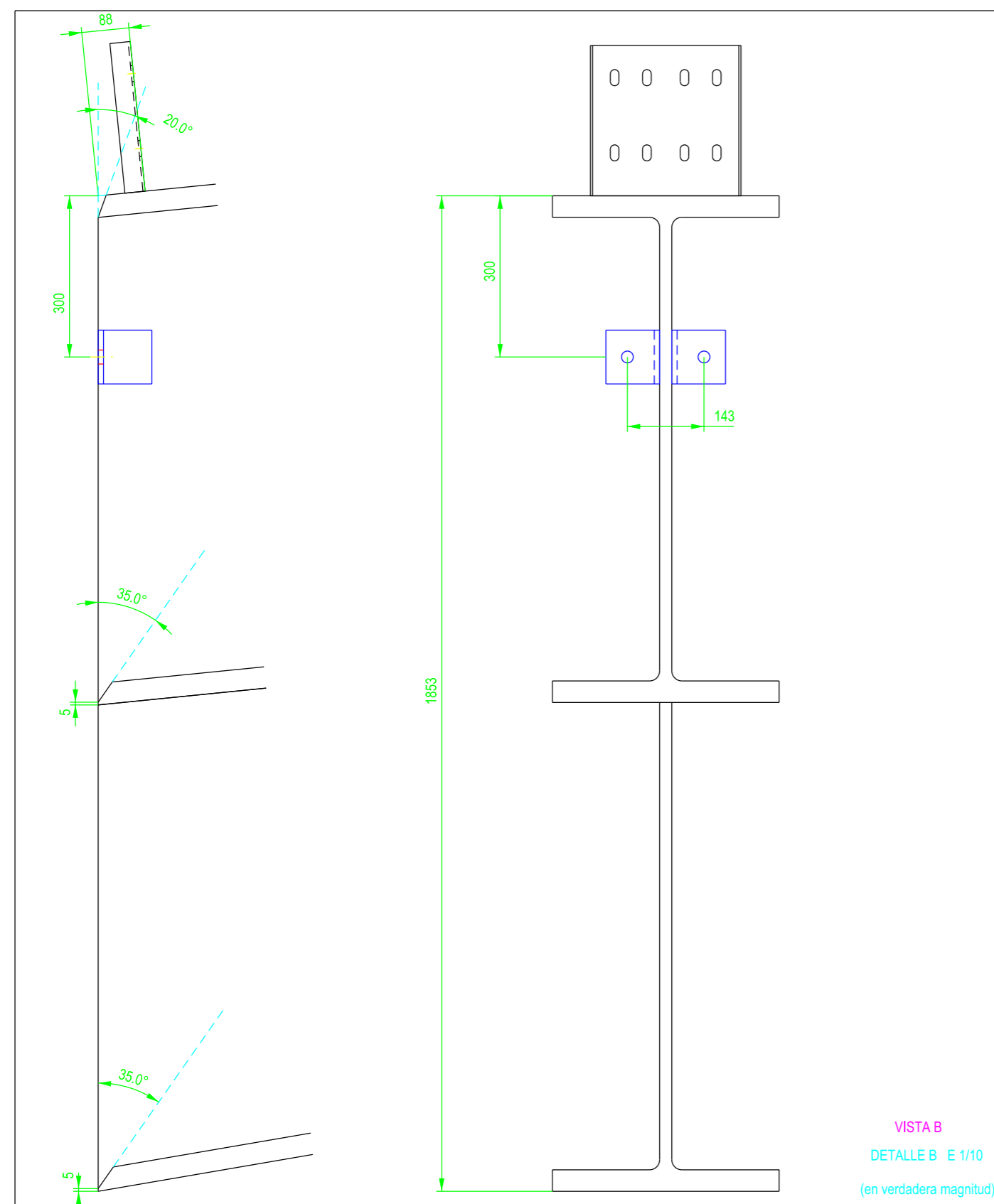
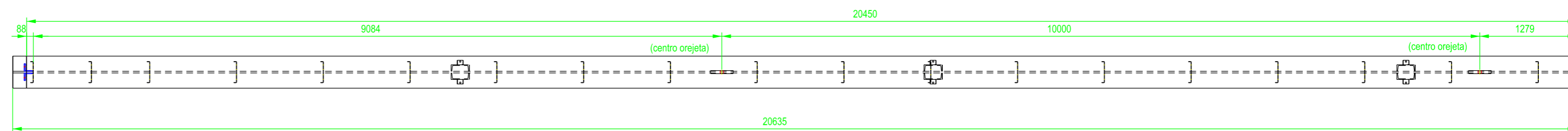
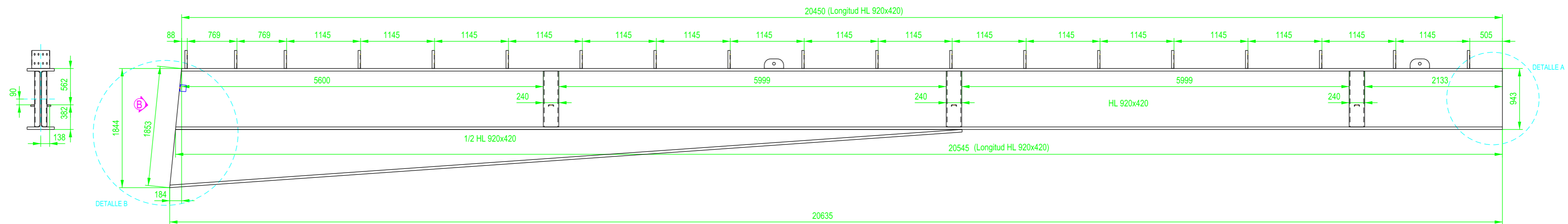
VISTA B
DETALLE B E 1/10
(en verdadera magnitud)



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO	
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje extremo C dintel BC6 HL 920X420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/50
PLANO Nº: PT-117	

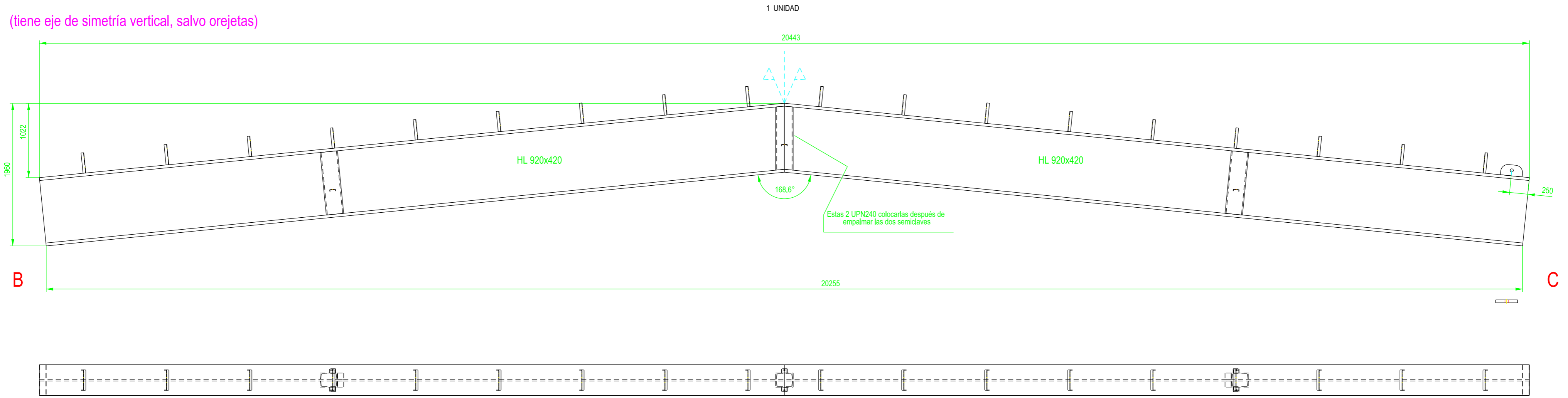
1 UNIDAD



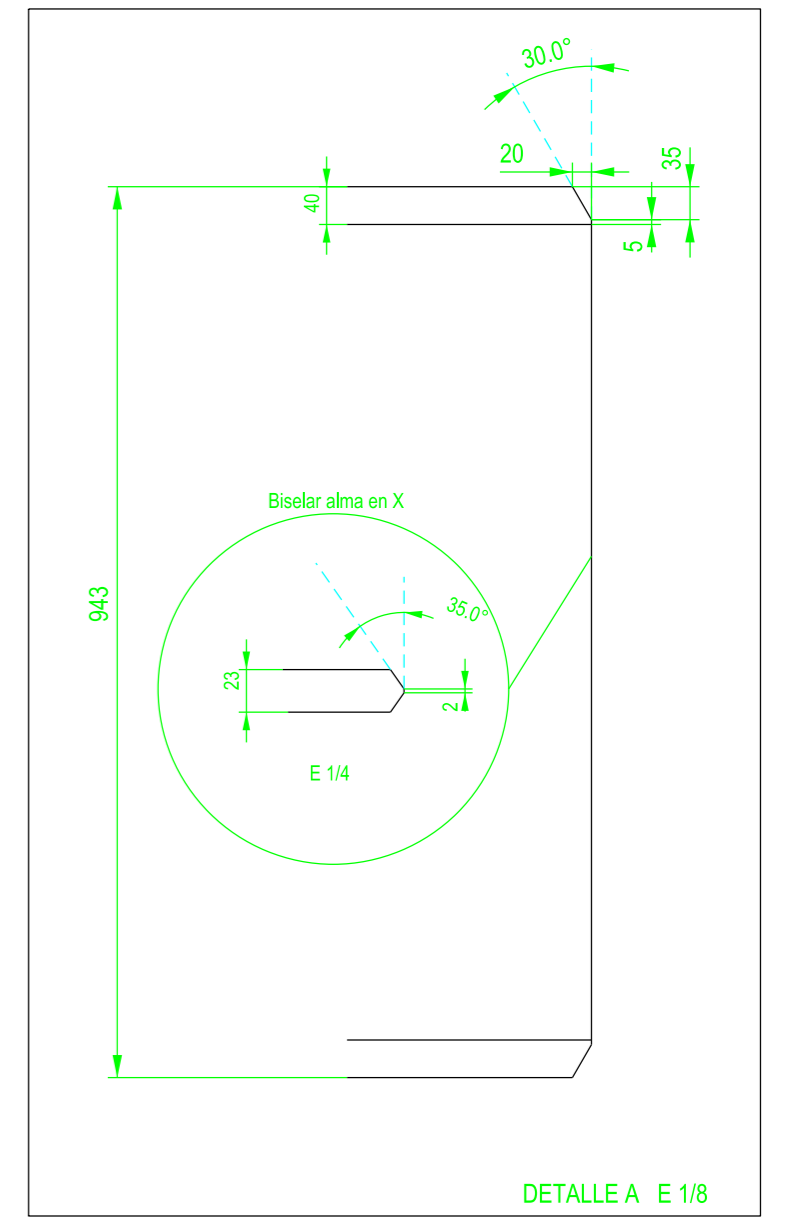
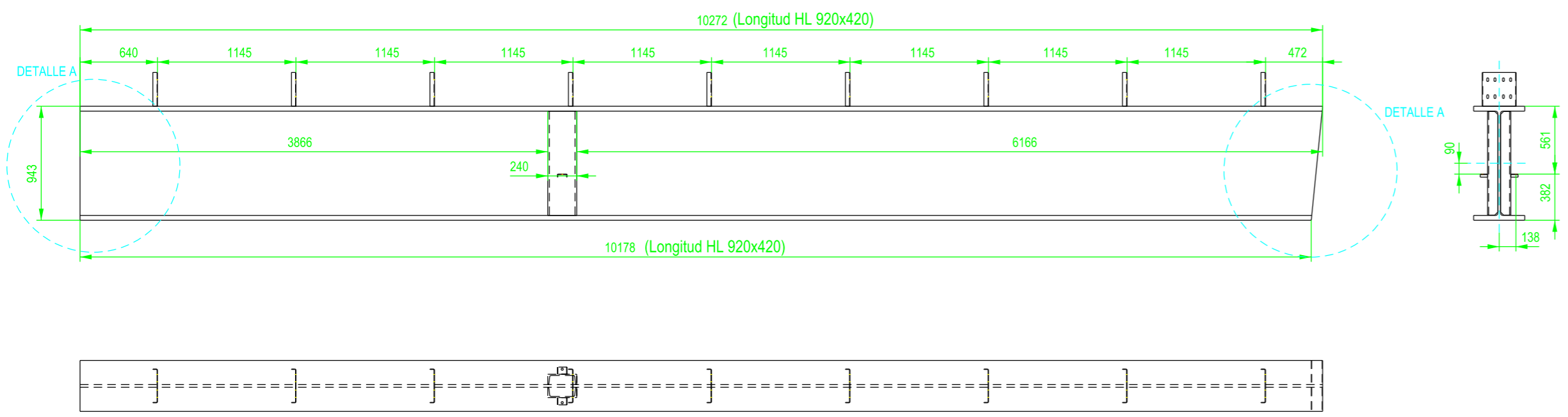
<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "</p>	
	<p>AUTOR: Ramón Tercero Herrerros</p>	<p>TUTOR: D. Julián Alcalá González</p>
<p>TÍTULO PLANO: Ensamblaje extremo B dintel BC14 HL 920x420</p>	<p>FORMATO: A2 ESCALA: 1/50</p>	<p>PLANO Nº: PT-118</p>

CLAVE COMPLETA

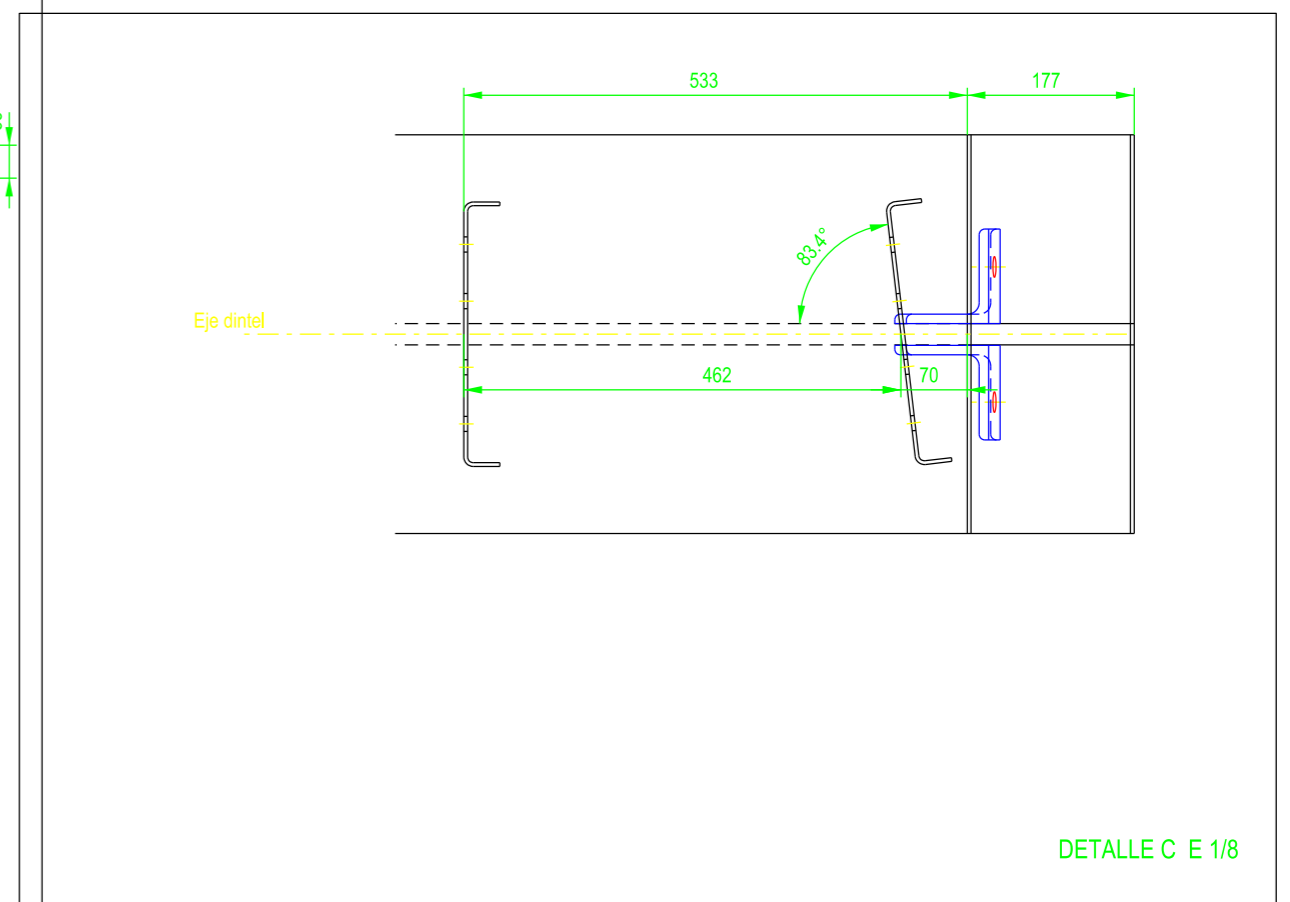
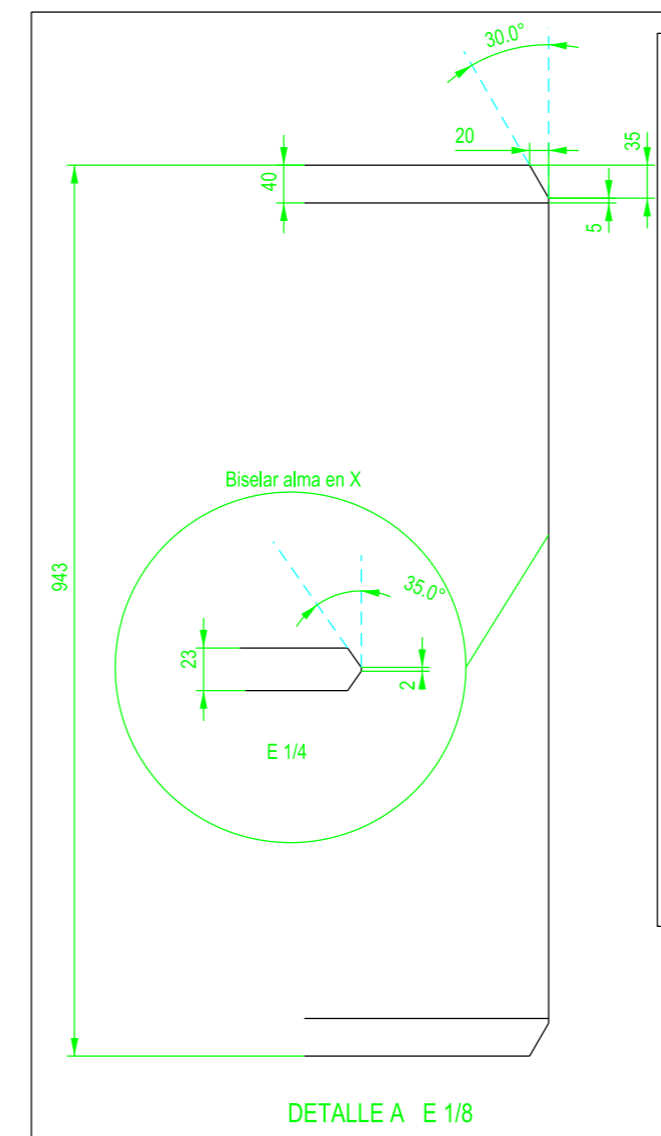
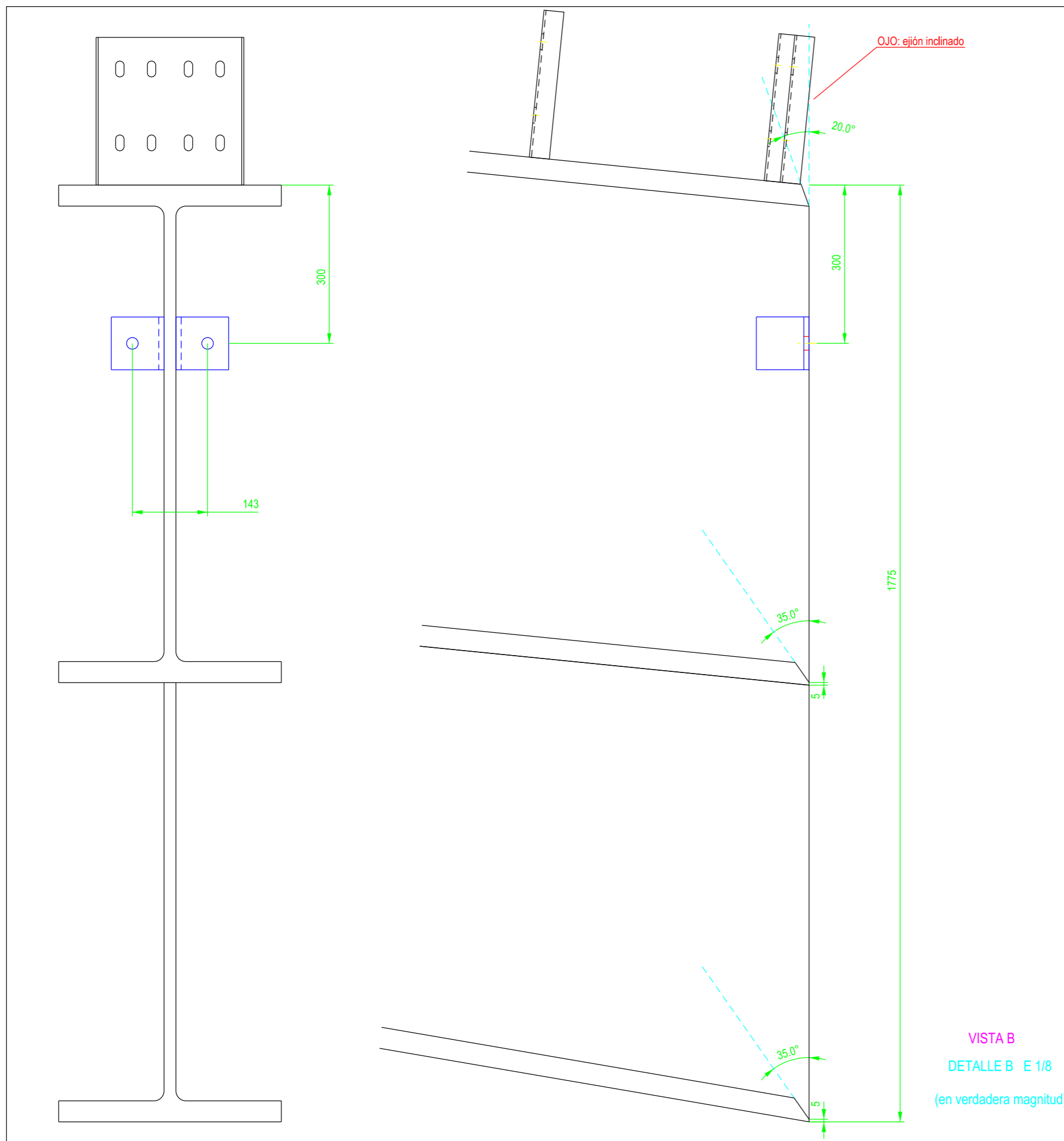
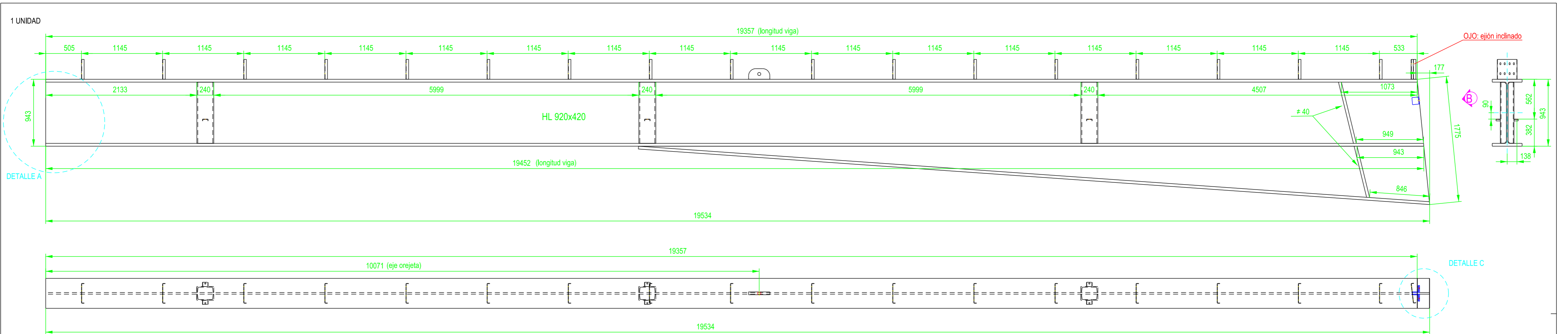
(tiene eje de simetría vertical, salvo orejetas)



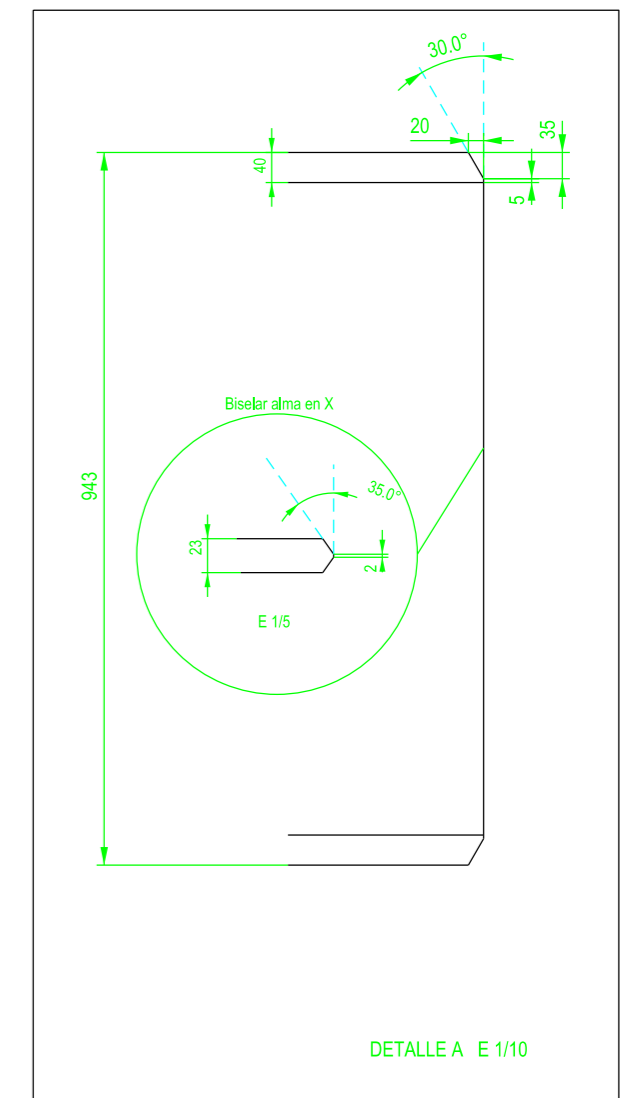
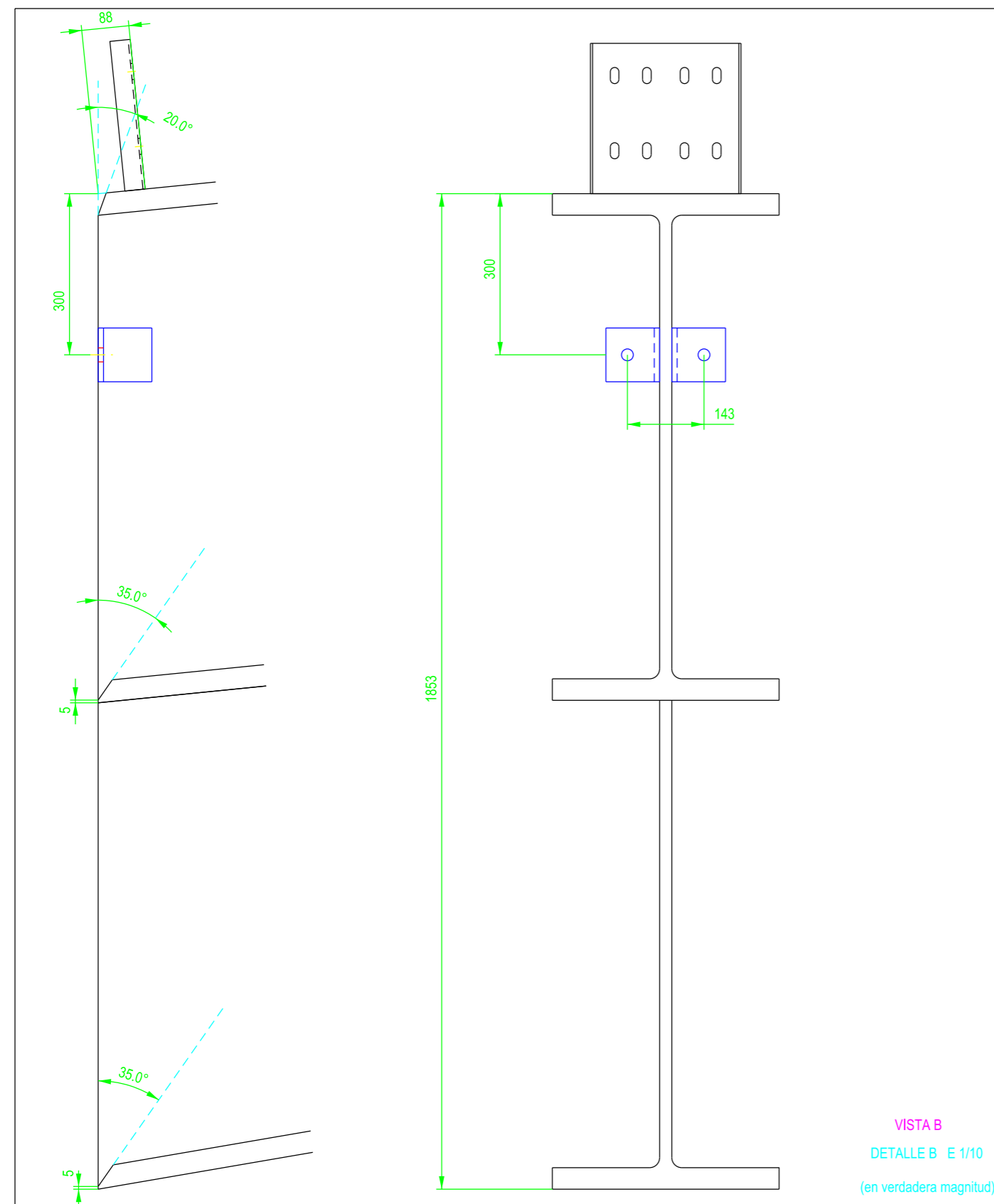
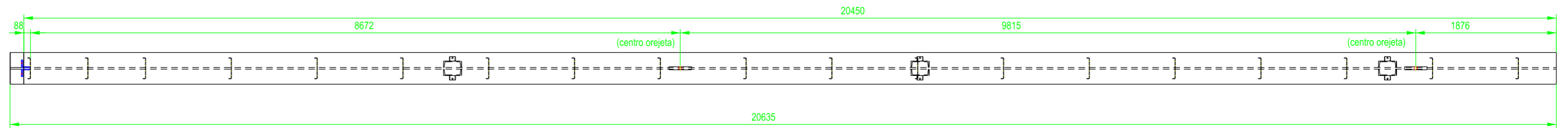
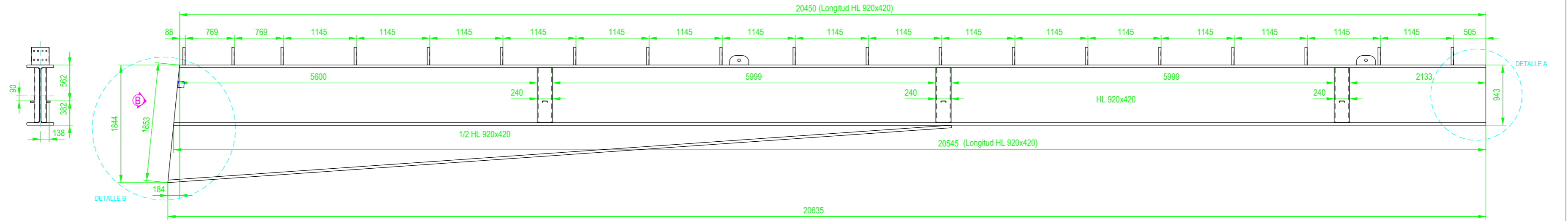
DETALLE SEMICLAVES (sin orejetas)



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Ensamblaje clave dintel BC14 HL 920x420		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-119		



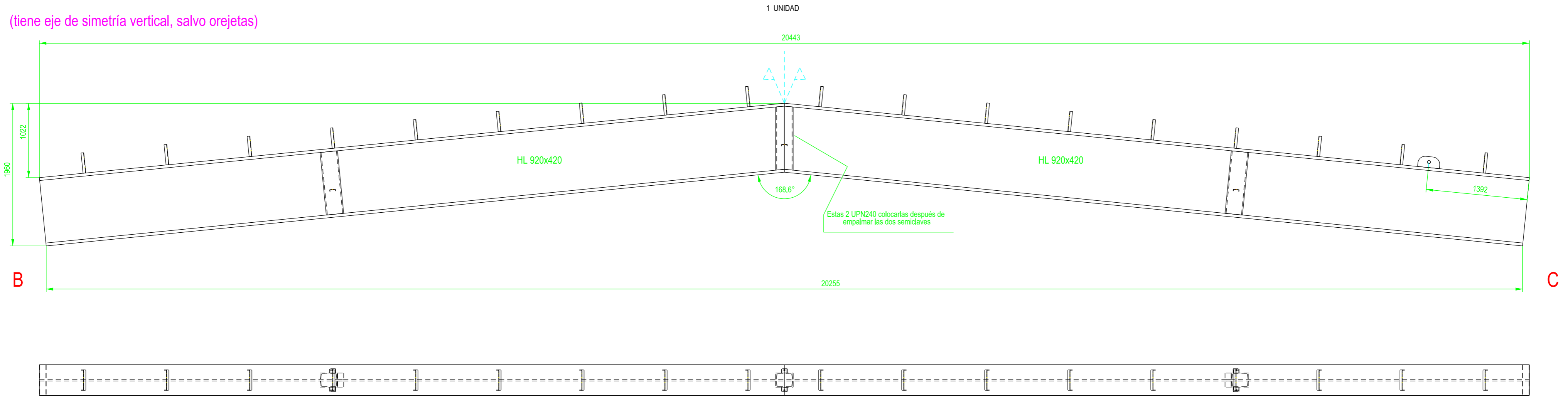
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TÍTULO PLANO: Ensamblaje extremo C dintel BC14 HL 920x420		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-120		



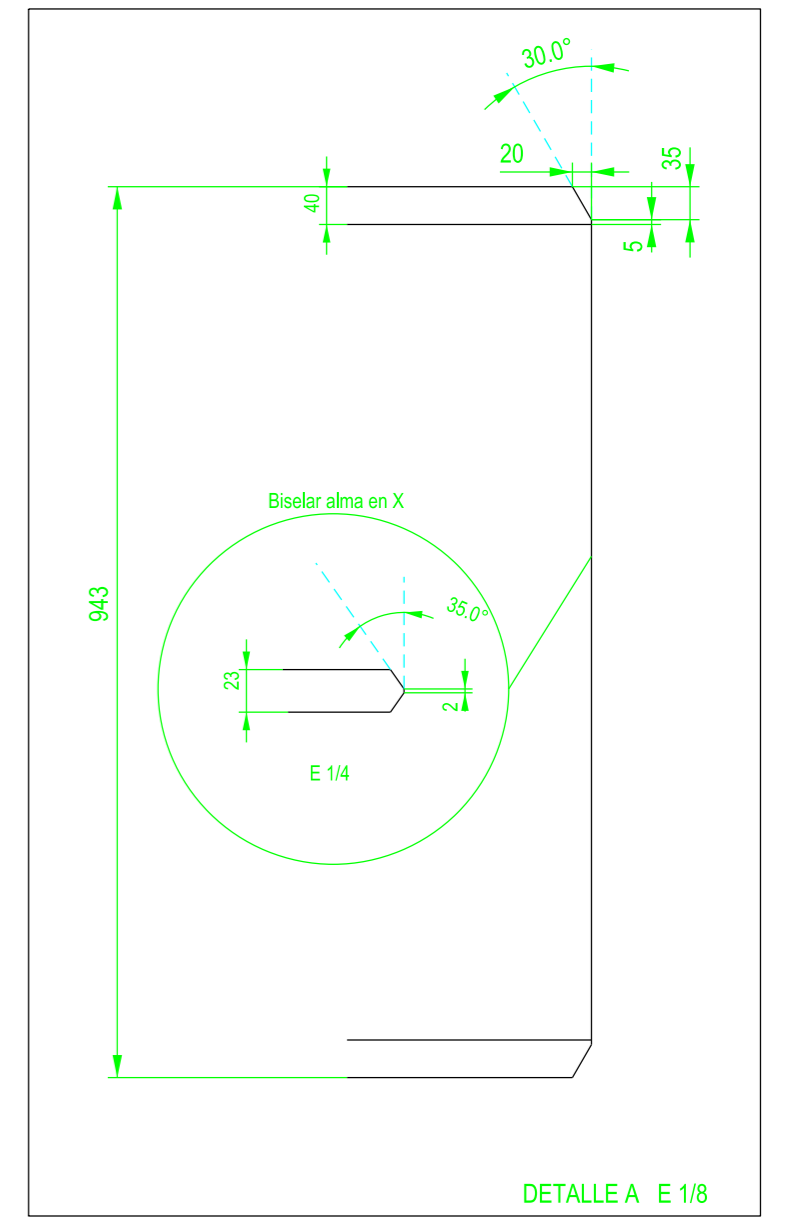
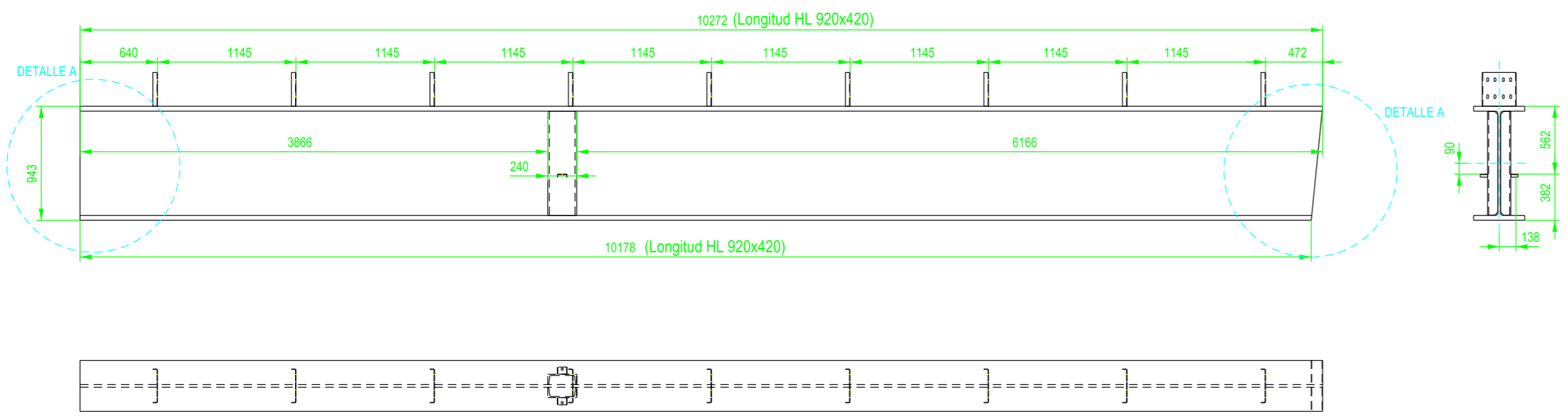
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje extremo B dintel BC15 HL 920x420		FORMATO: A2 ESCALA: 1/50	PLANO Nº: PT-121

CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical, salvo orejetas)

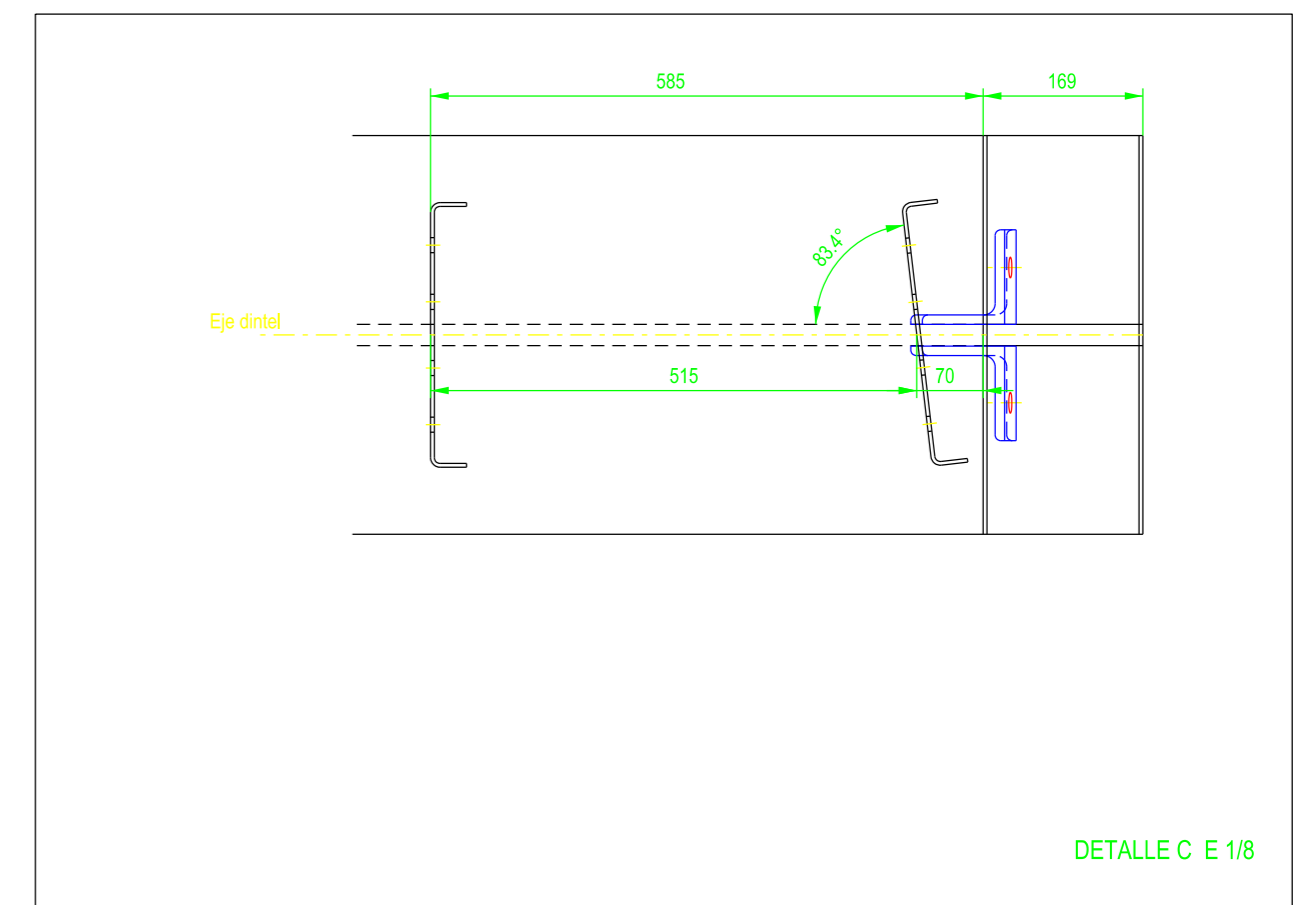
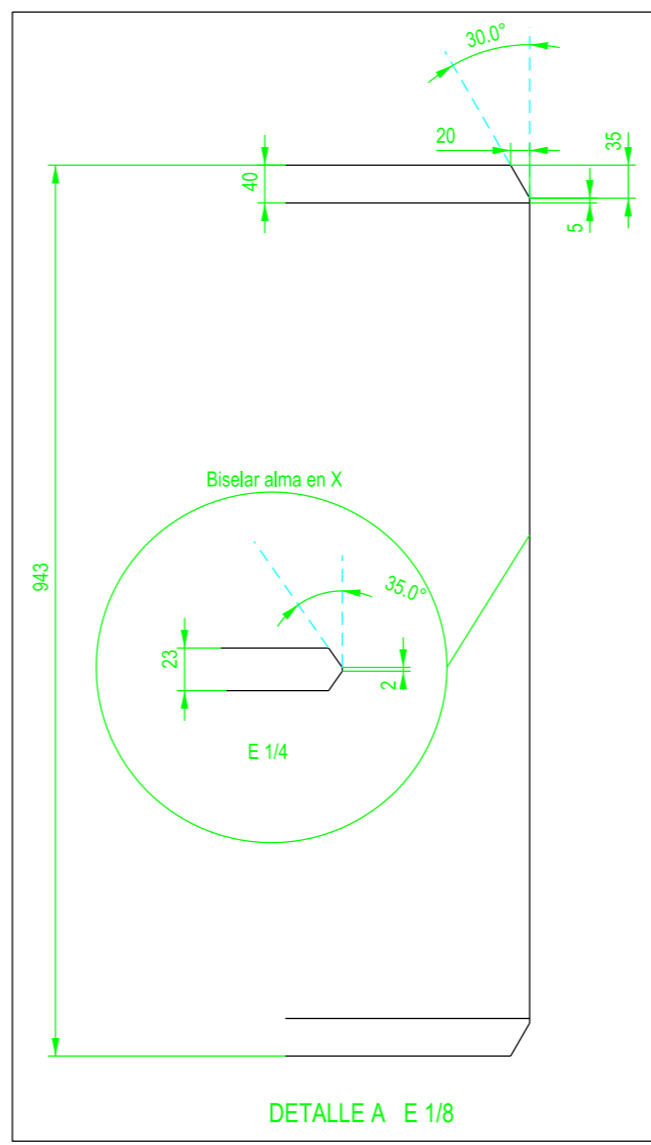
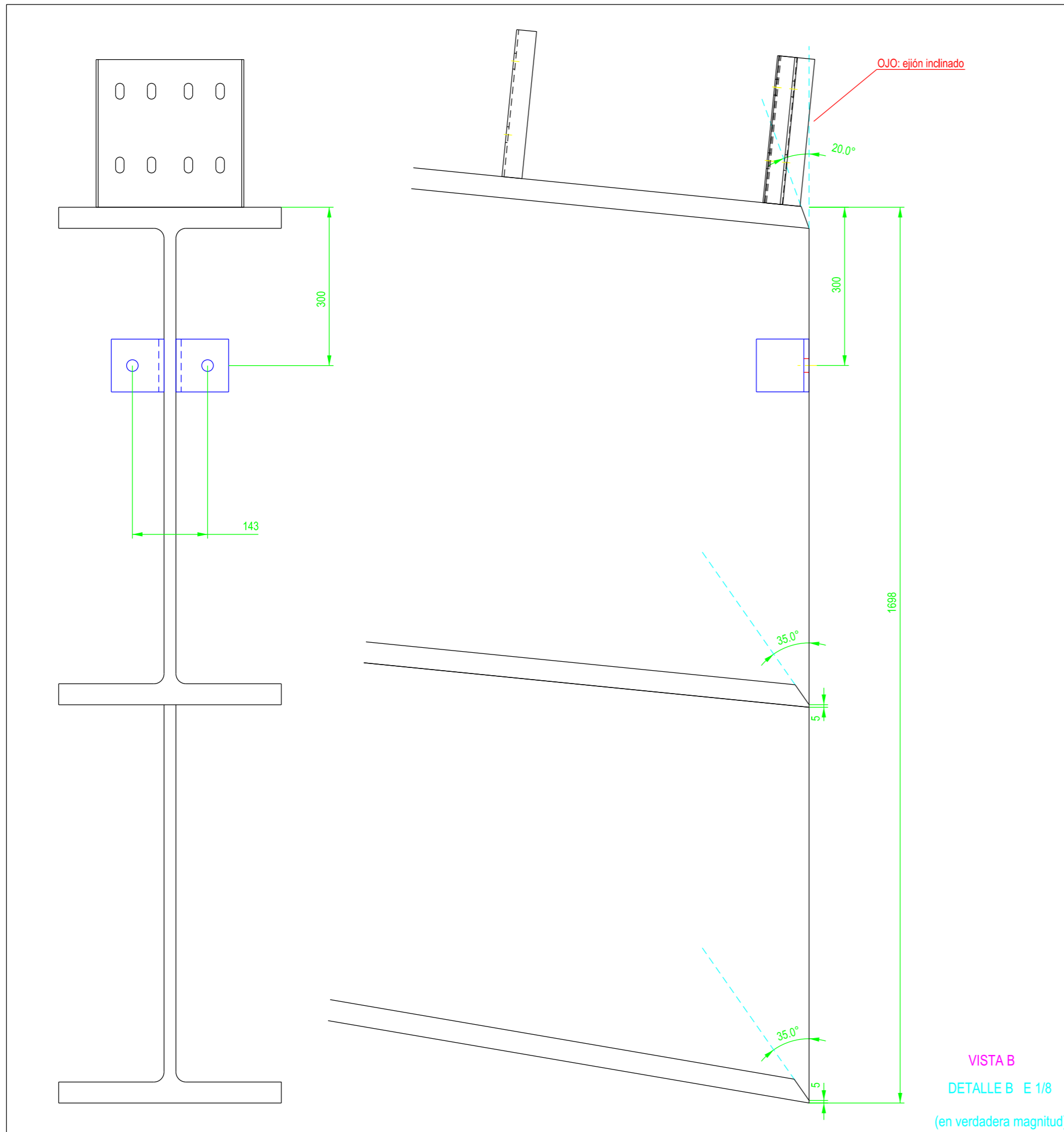
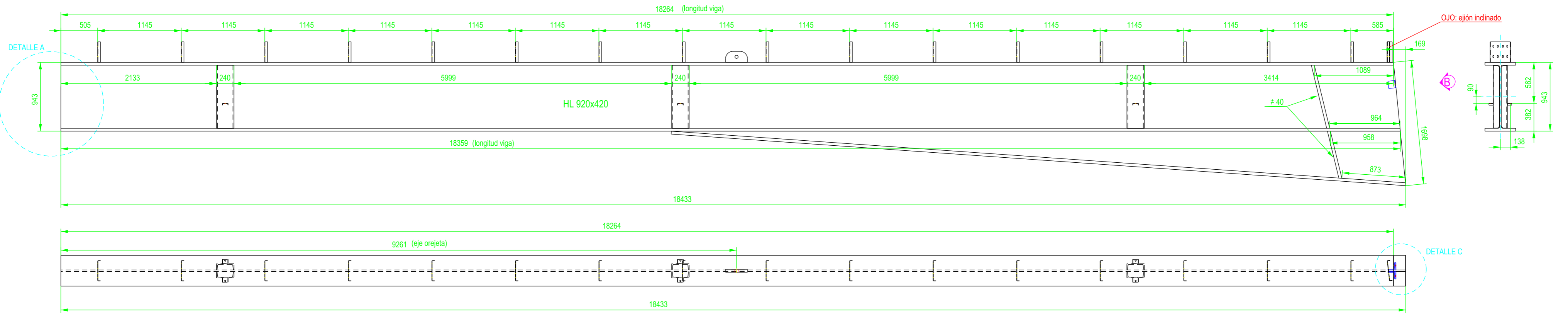


DETALLE SEMICLAVES (sin orejetas)



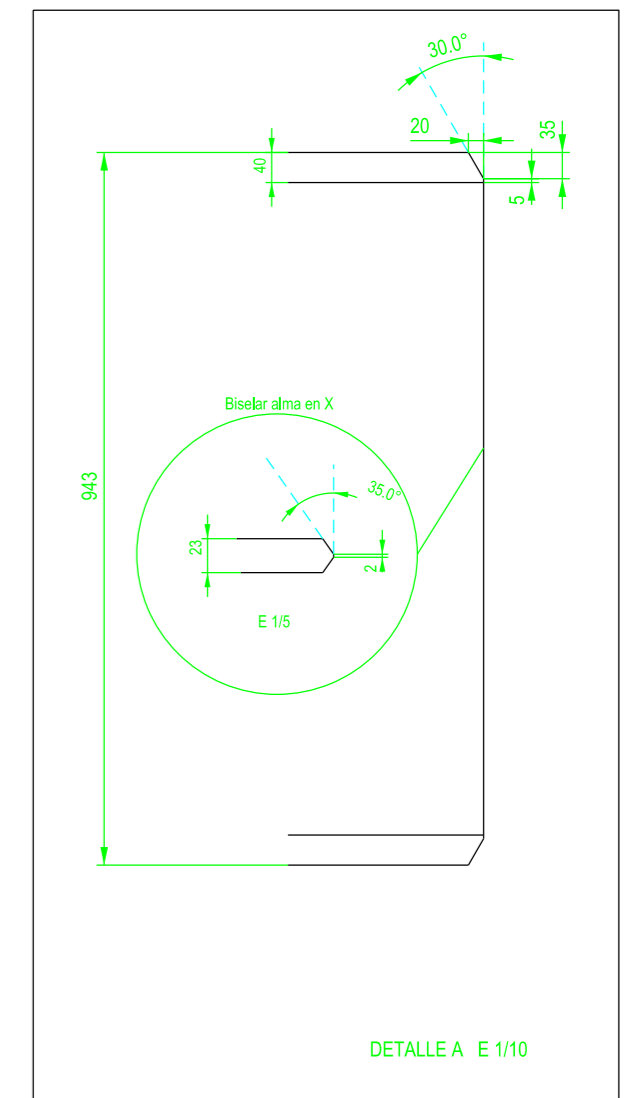
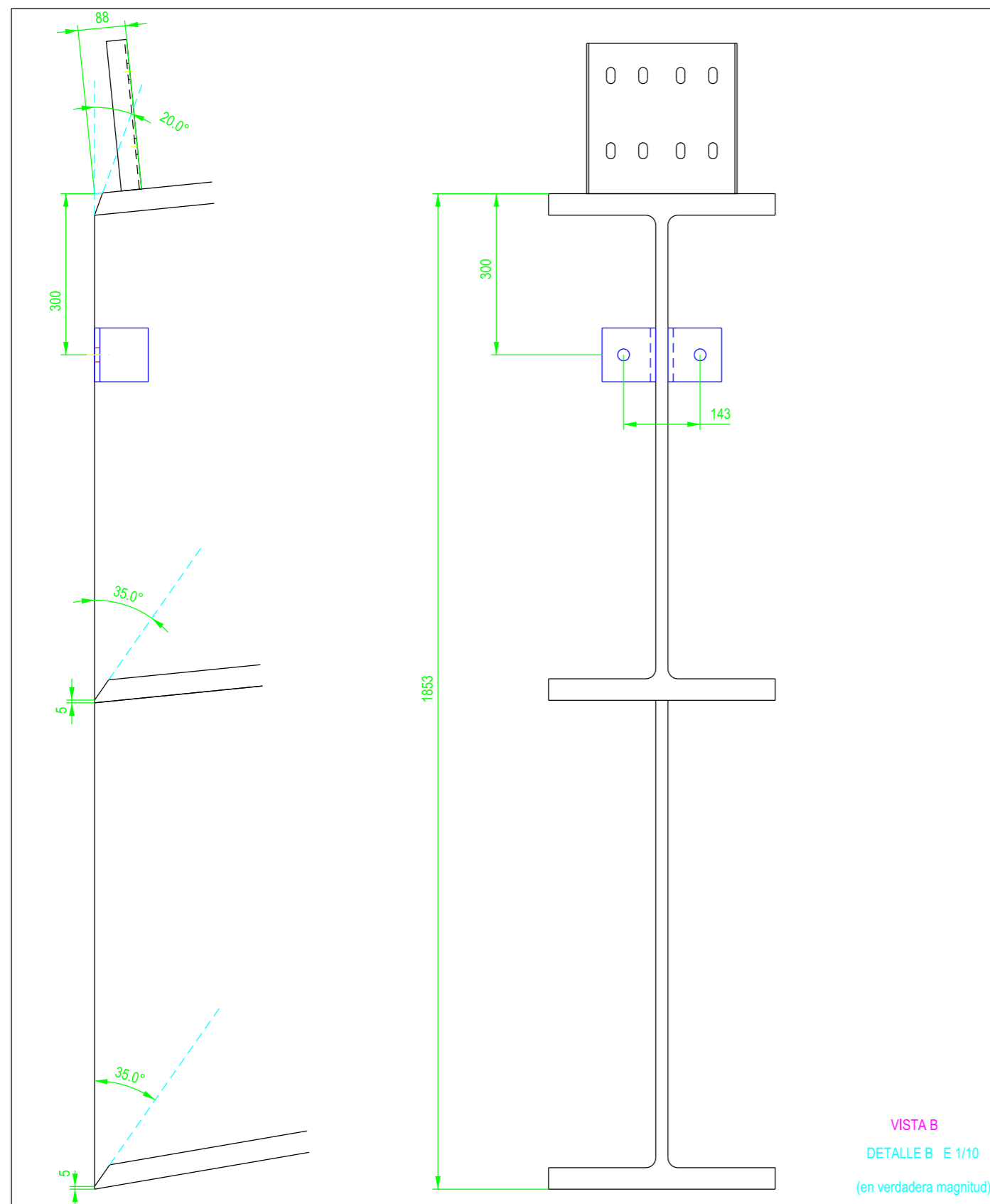
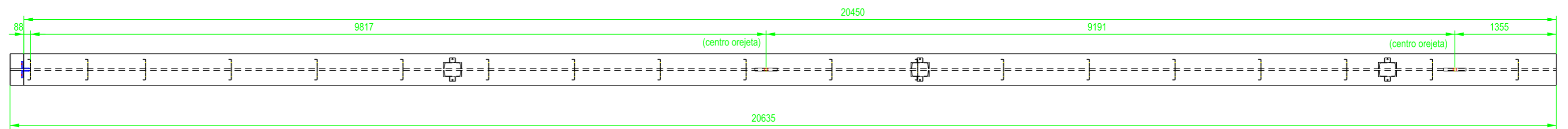
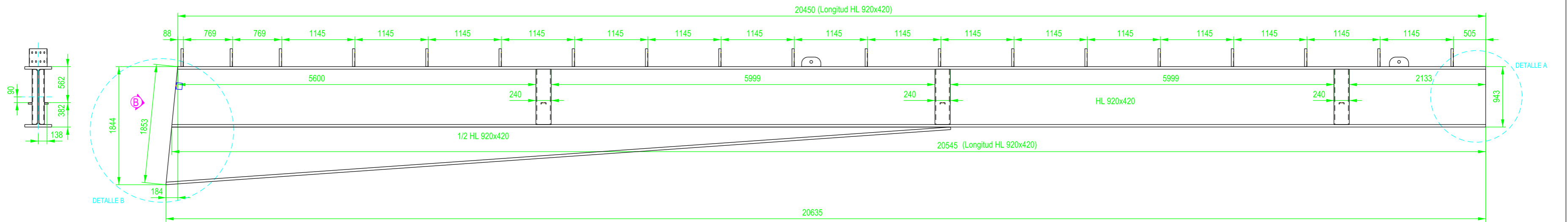
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Ensamblaje clave dintel BC15 HL 920x420		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-122		

1 UNIDAD



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Ensamblaje extremo C dintel BC15 HL 920x420		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
			PLANO Nº: PT-123

1 UNIDAD

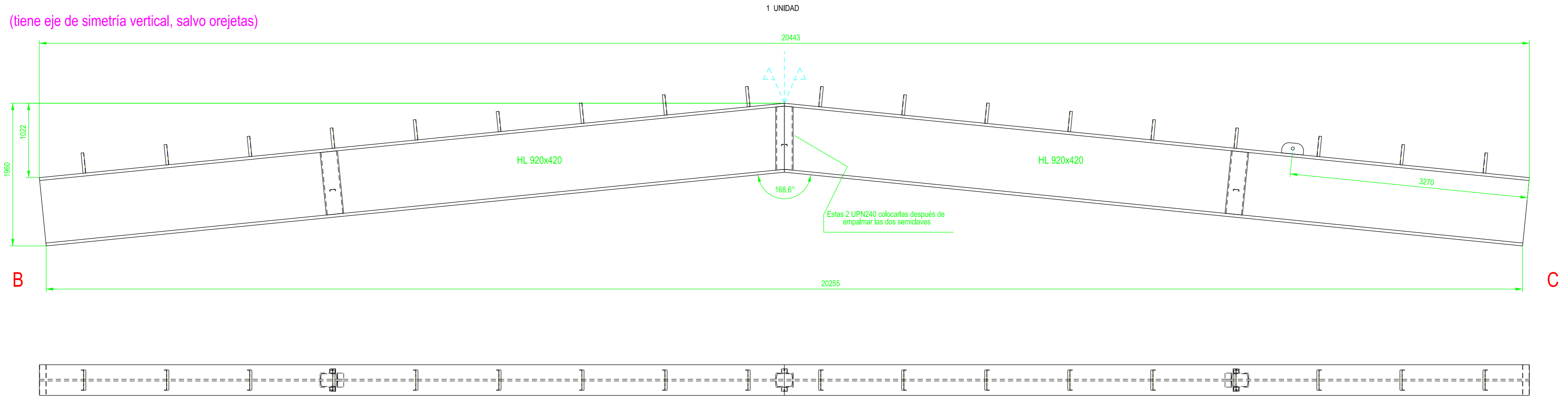


ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

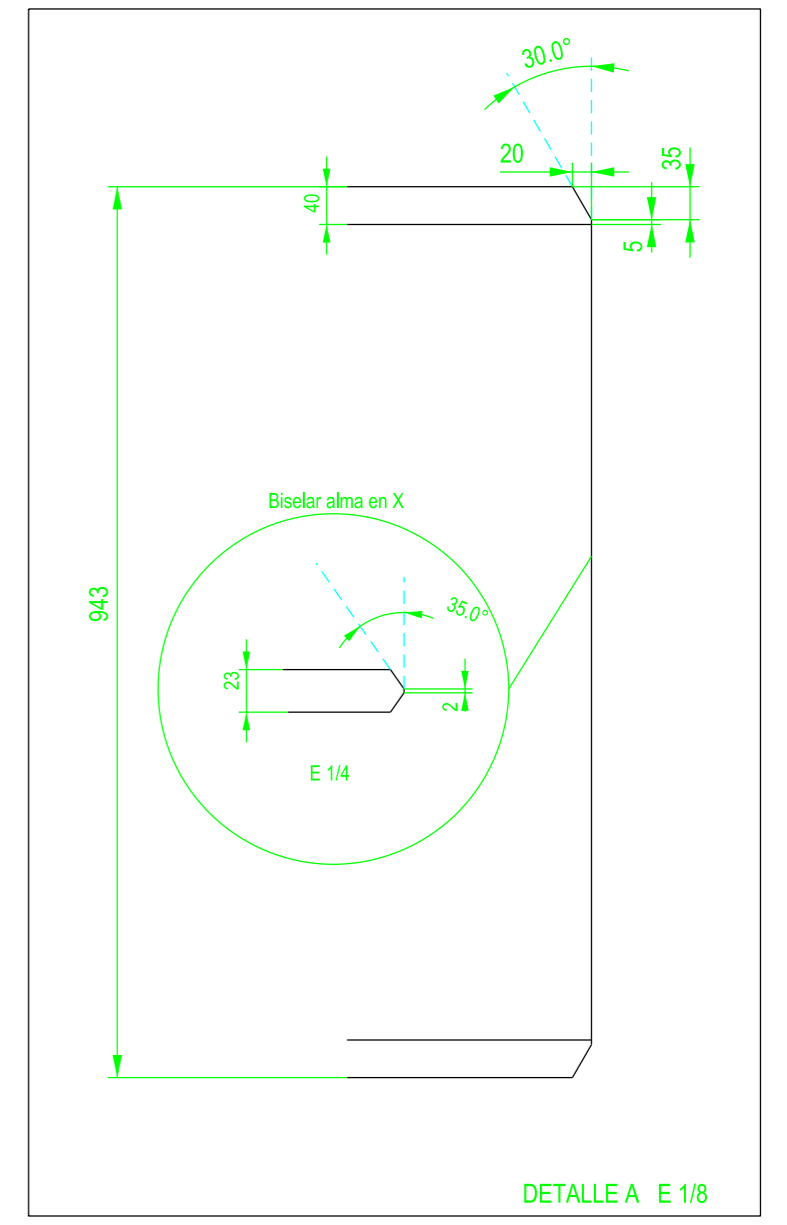
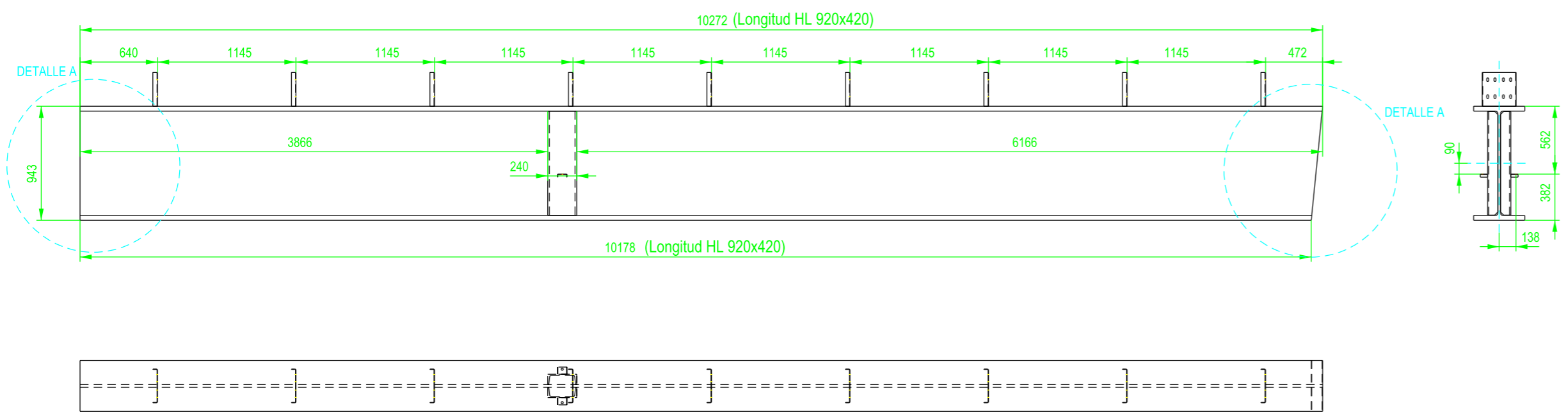
TRABAJO FINAL DE GRADO	
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje extremo B dintel BC16 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/50
	PLANO Nº: PT-124

CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical, salvo orejetas)

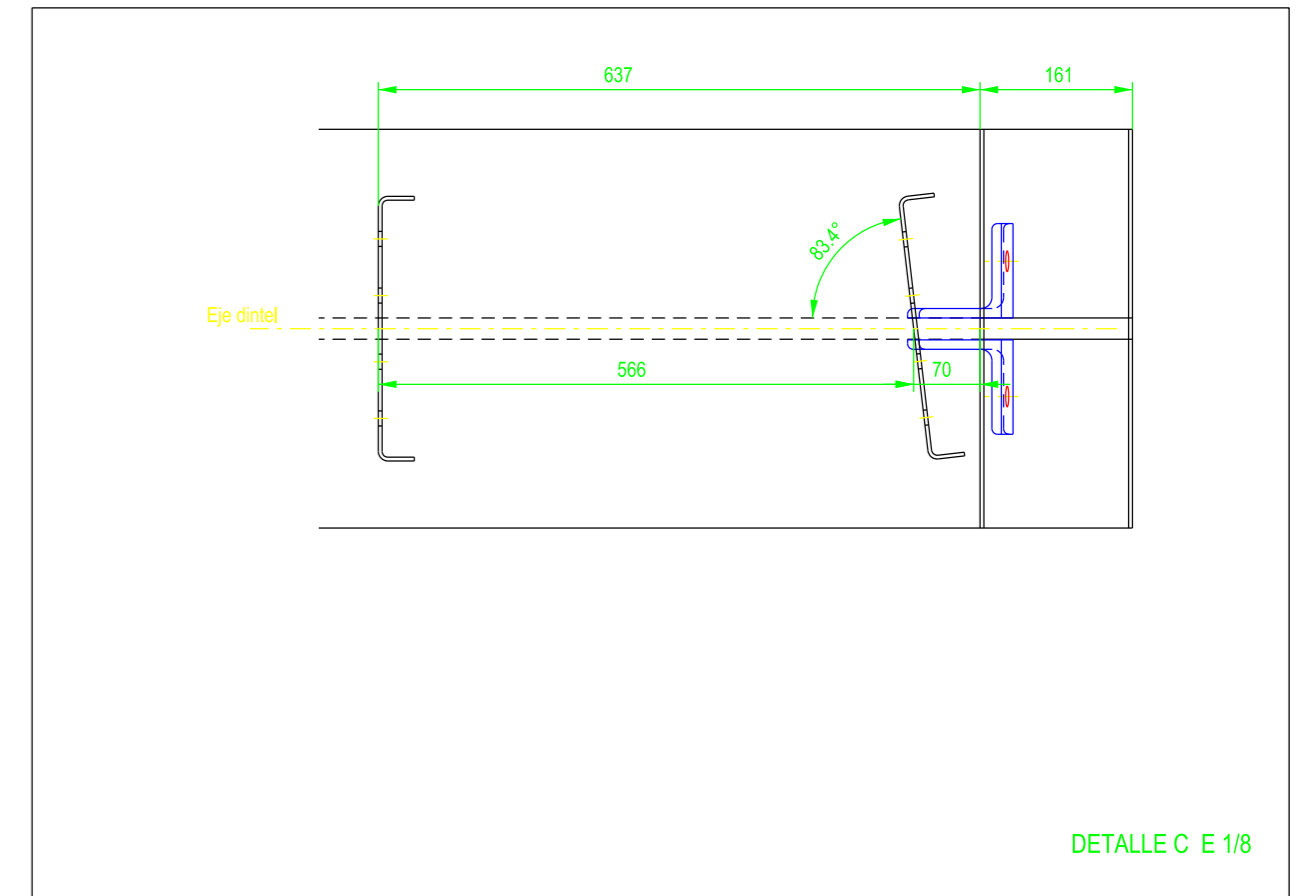
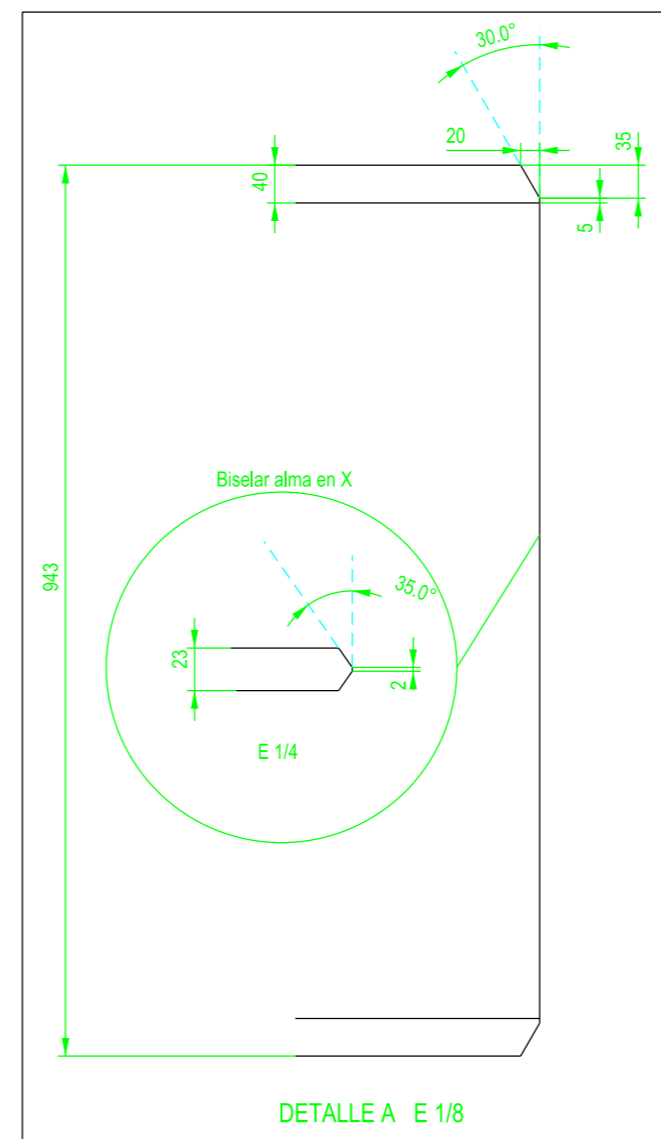
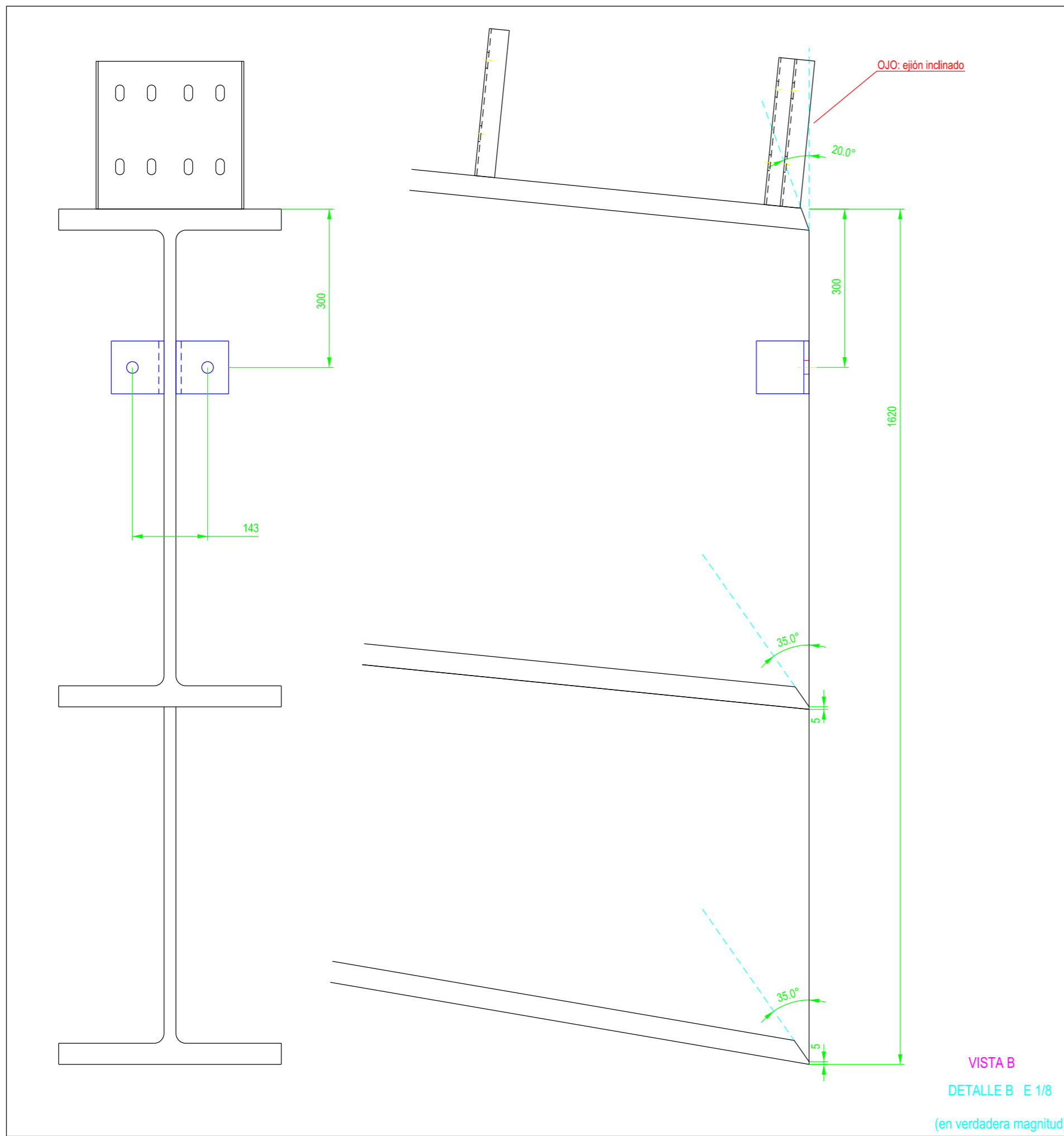
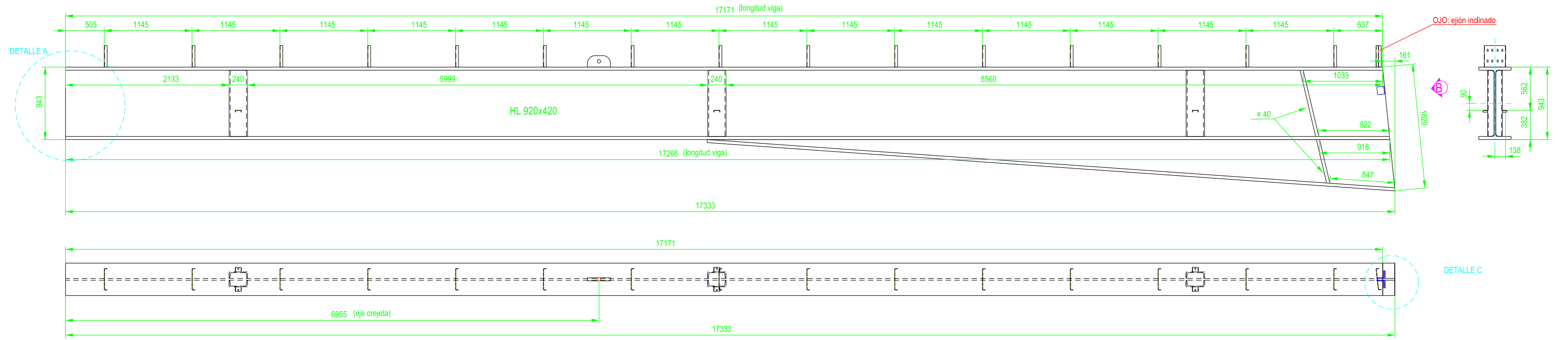


DETALLE SEMICLAVES (sin orejetas)



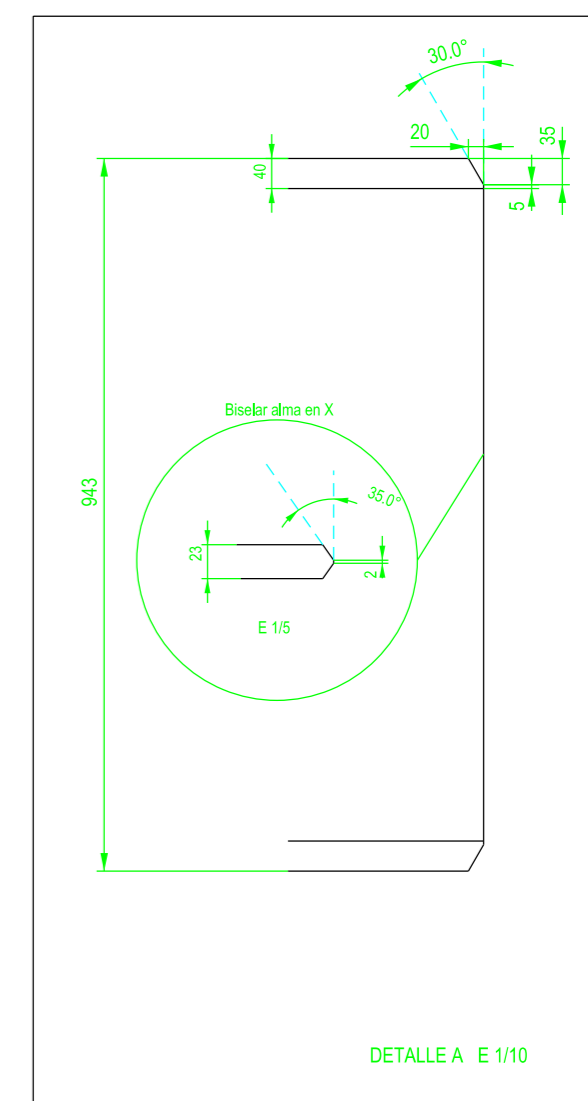
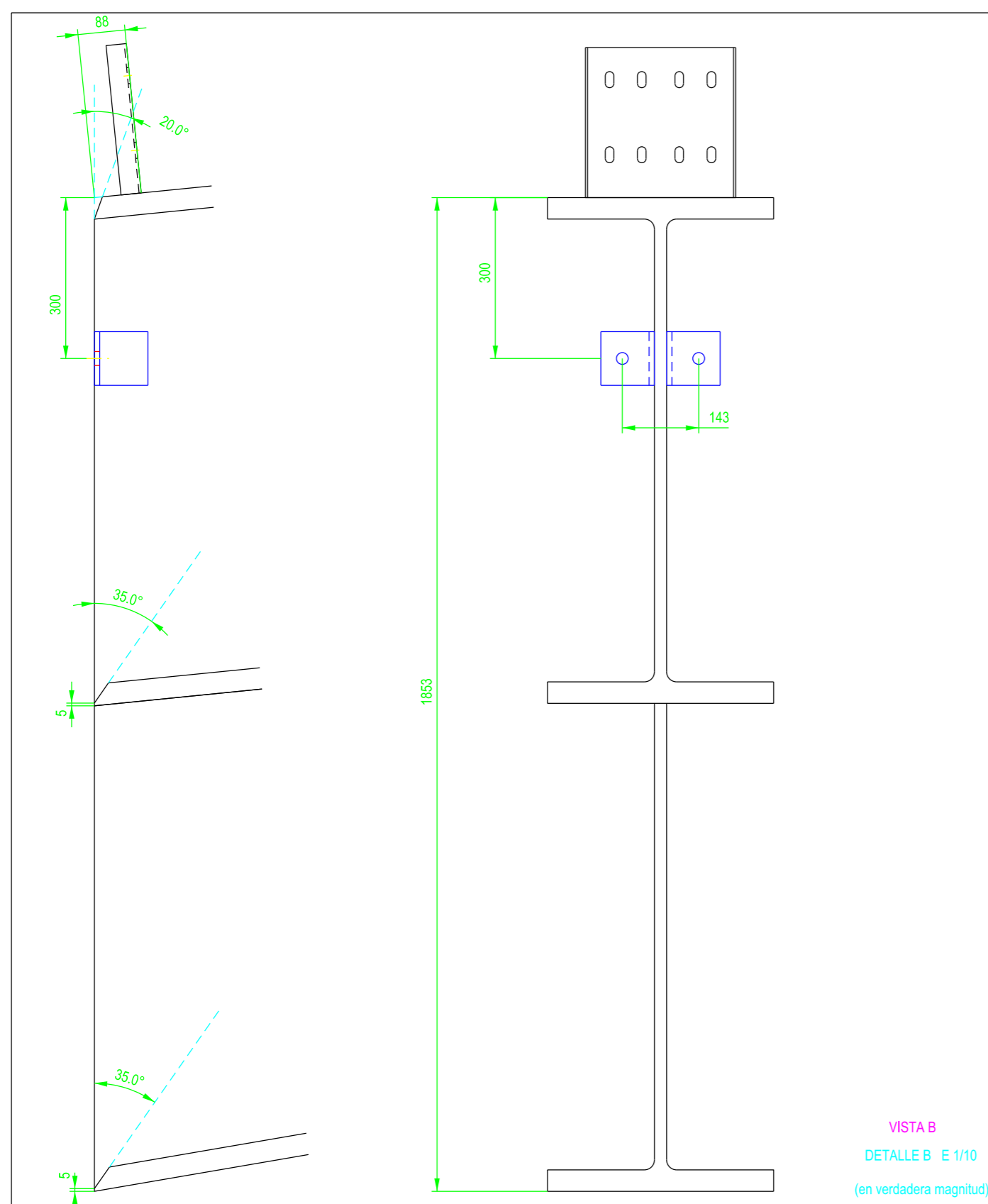
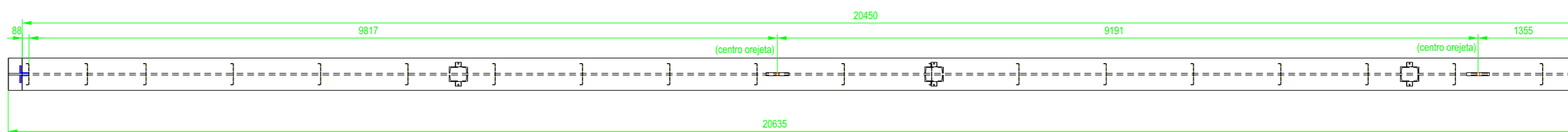
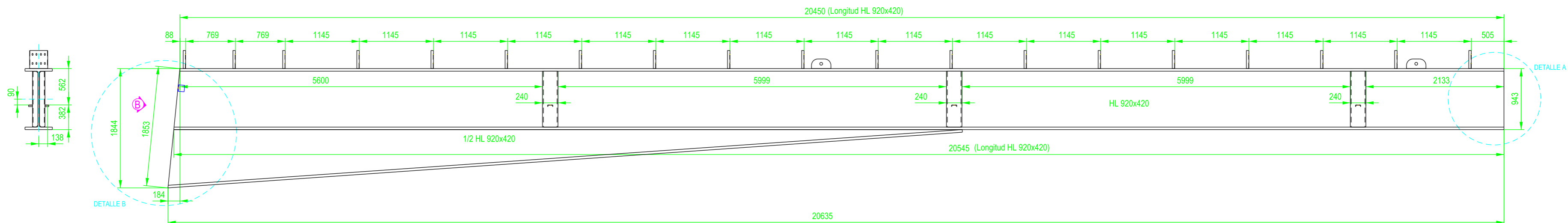
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Ensamblaje clave dintel BC16 HL 920x420		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-125		

1 UNIDAD



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje extremo C dintel BC16 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-126

1 UNIDAD

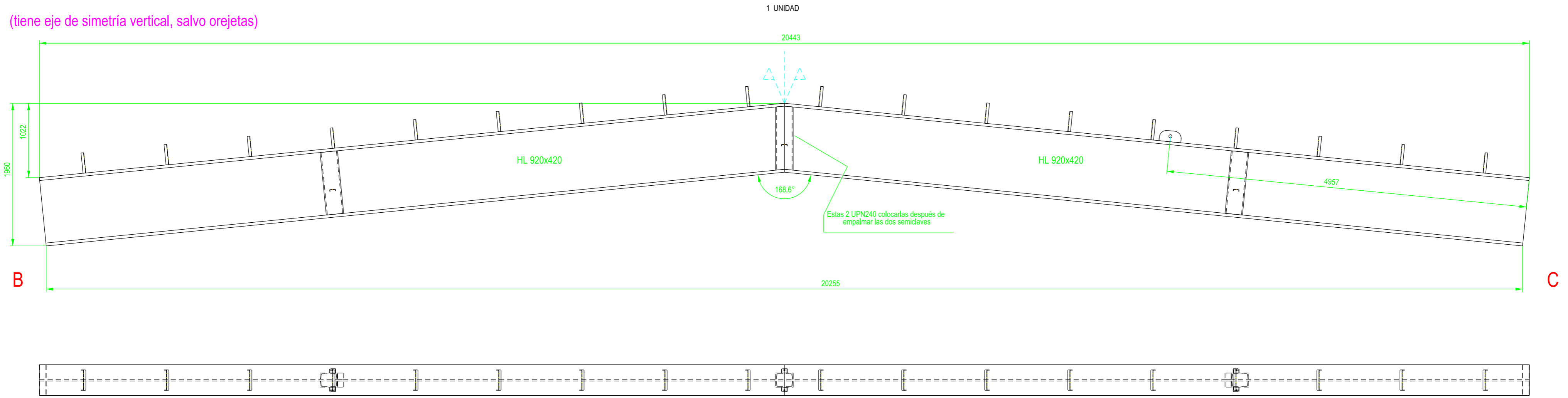


ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

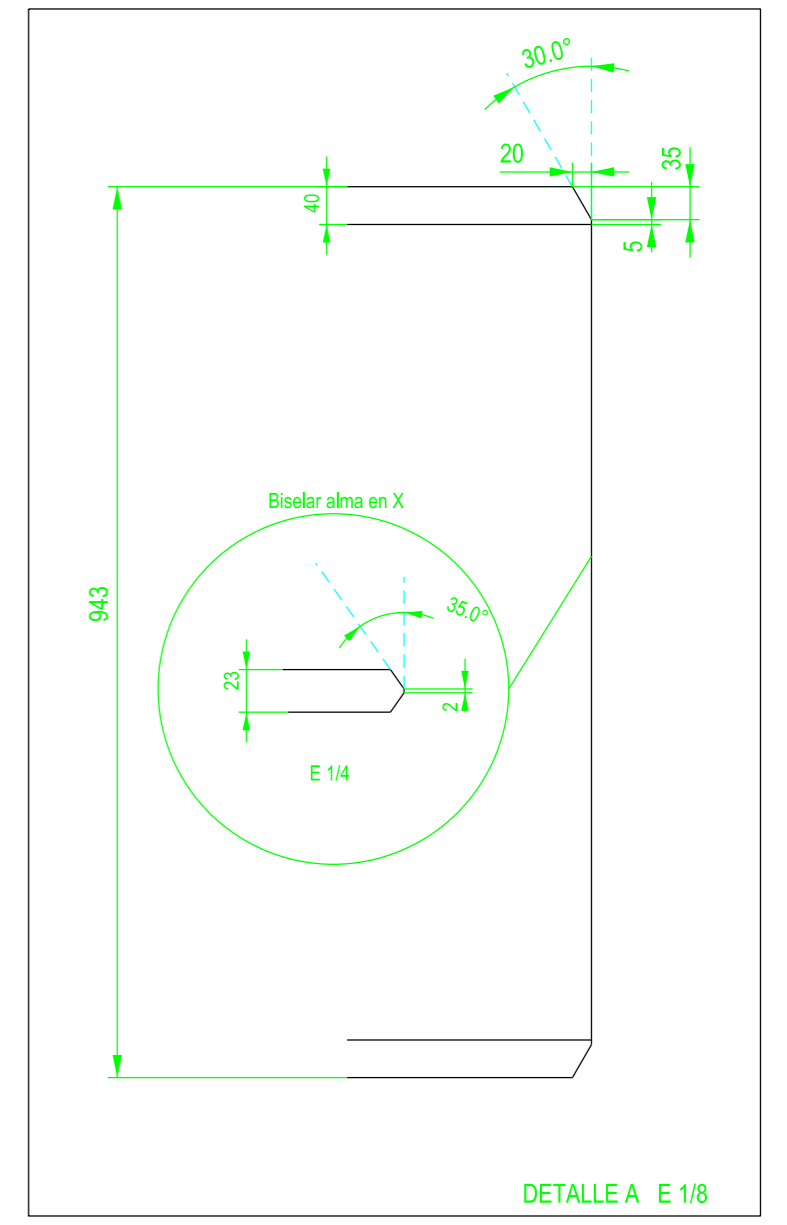
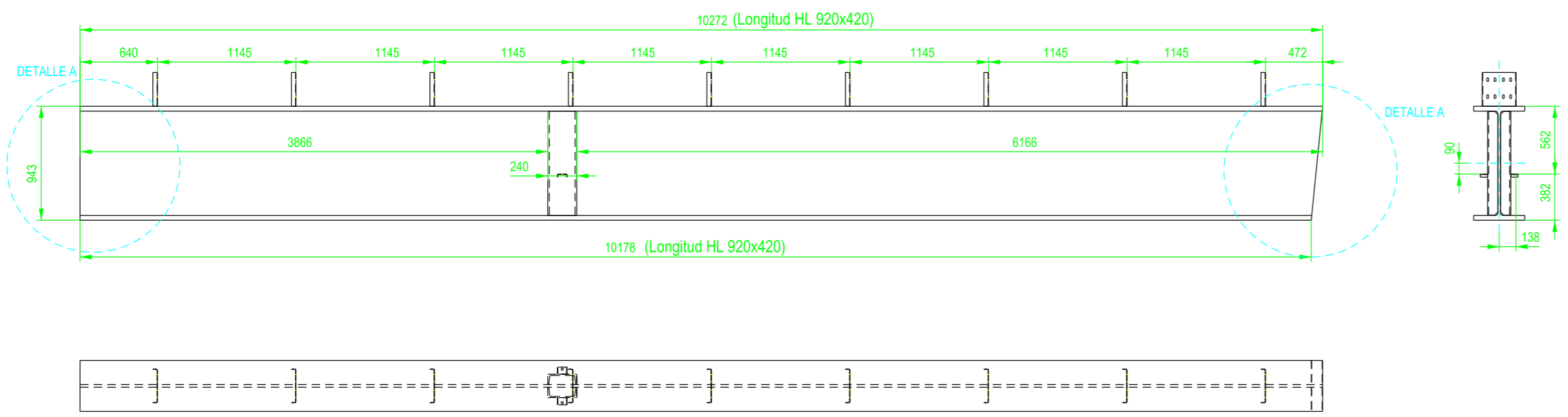
TRABAJO FINAL DE GRADO	
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje extremo B dintel BC17 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/50
	PLANO Nº: PT-127

CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical, salvo orejetas)

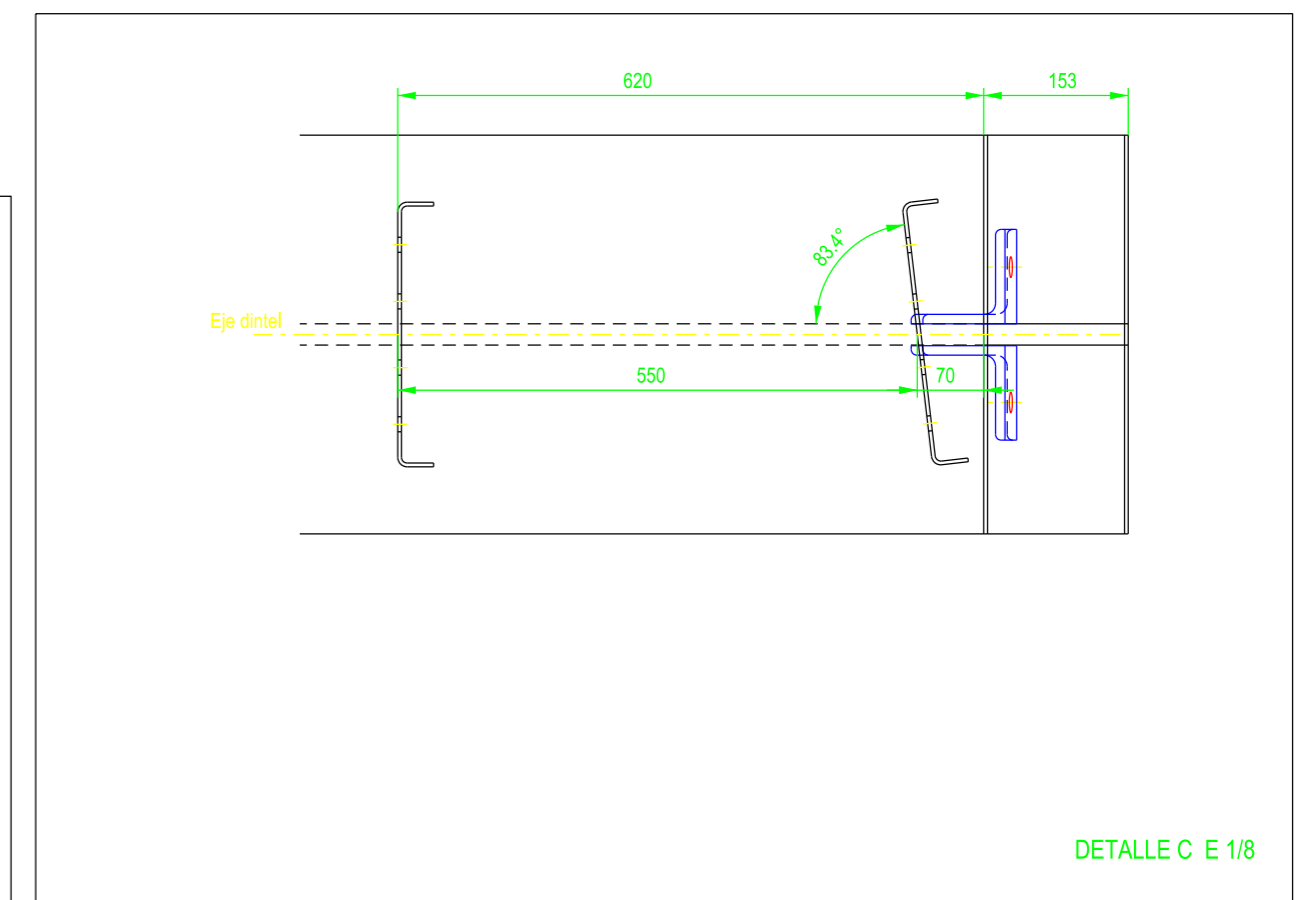
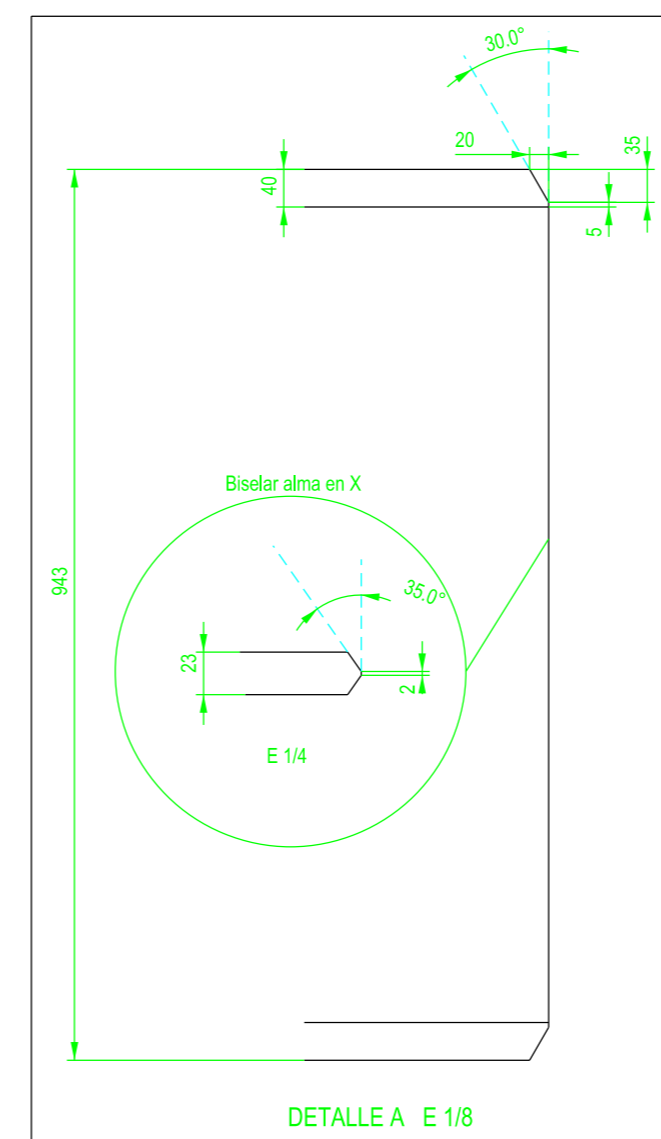
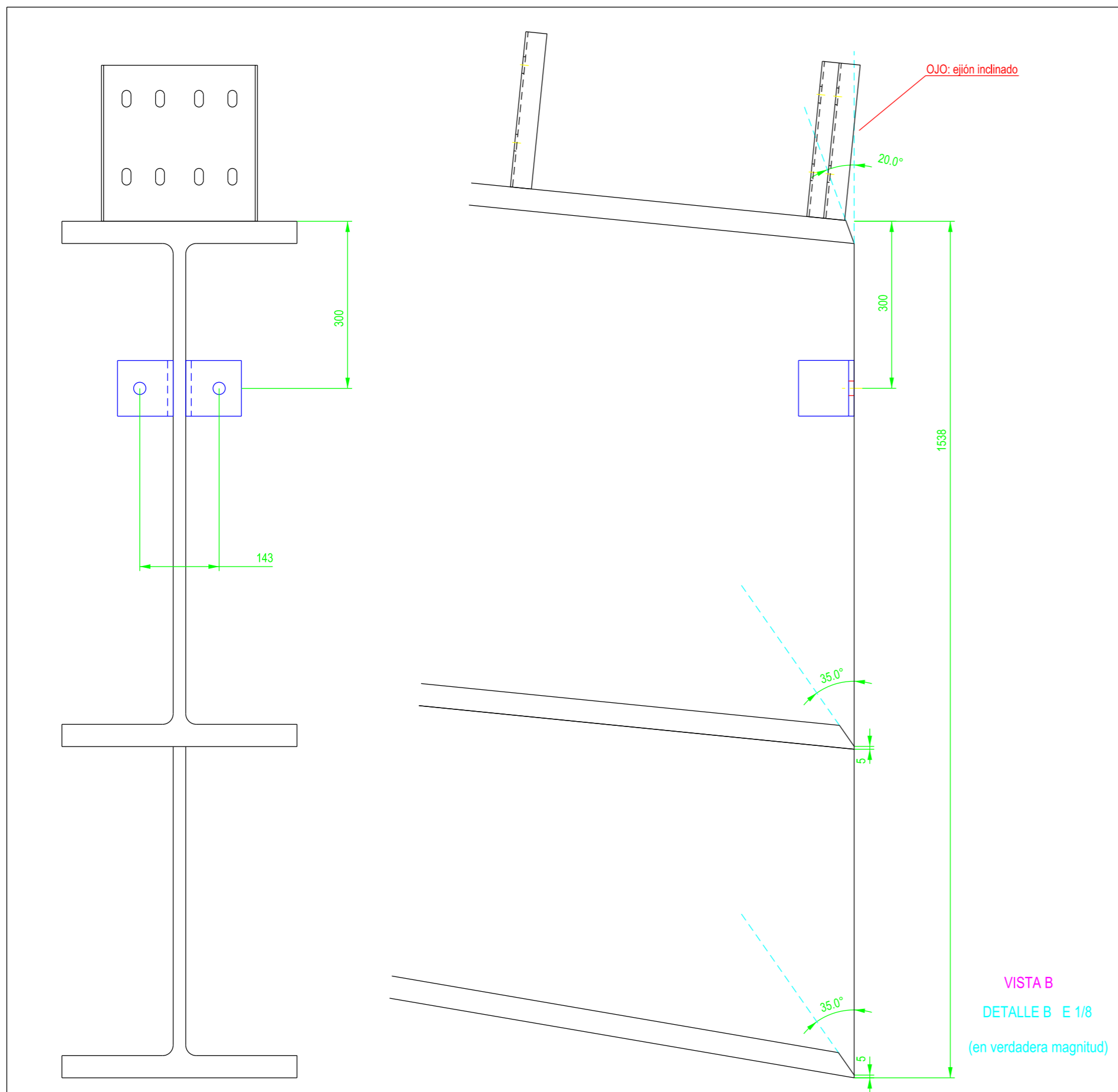
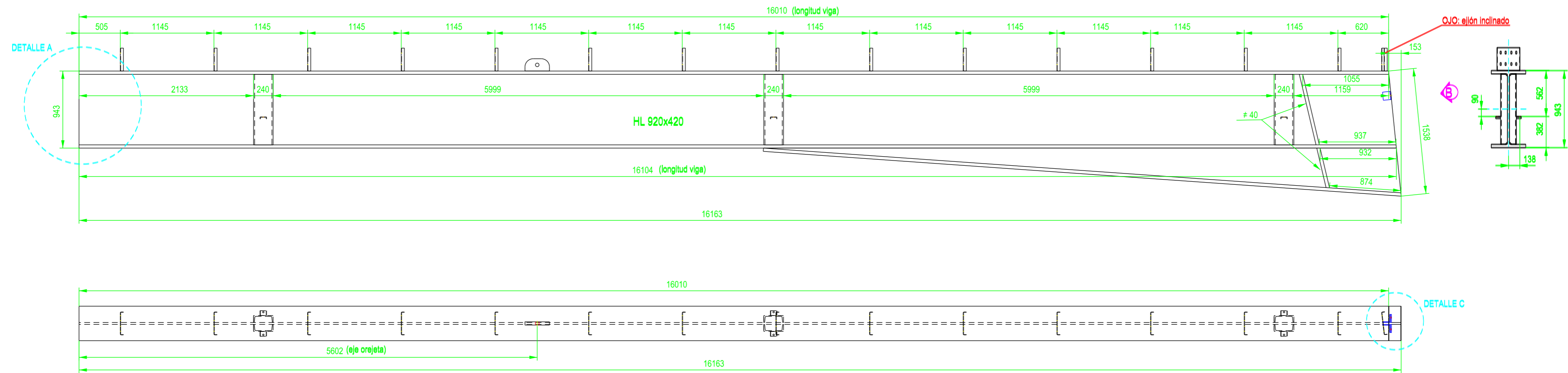


DETALLE SEMICLAVES (sin orejetas)



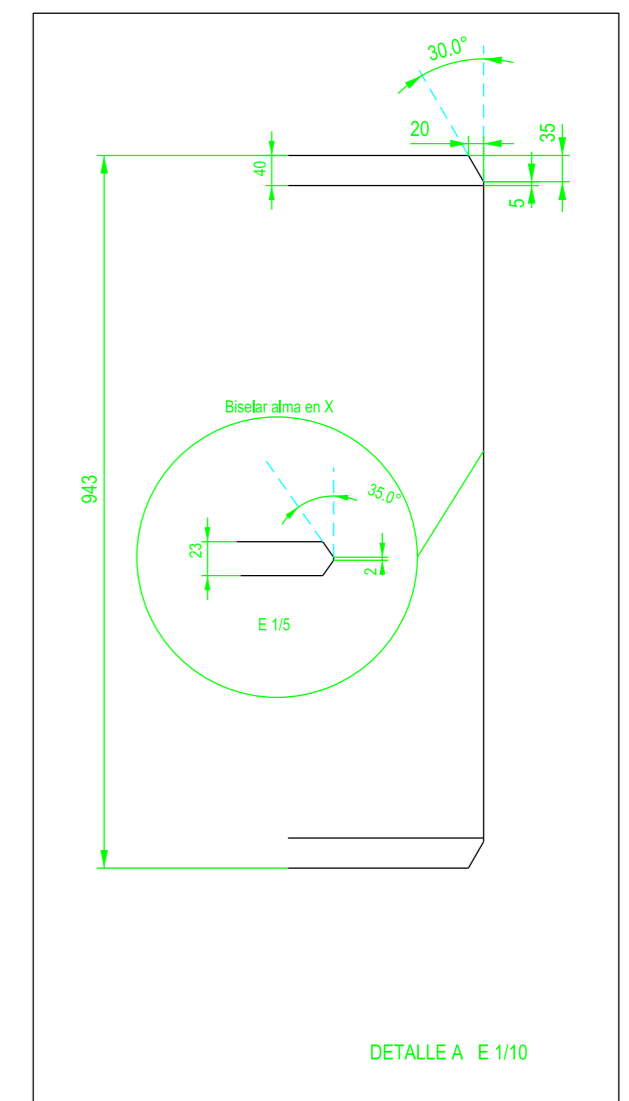
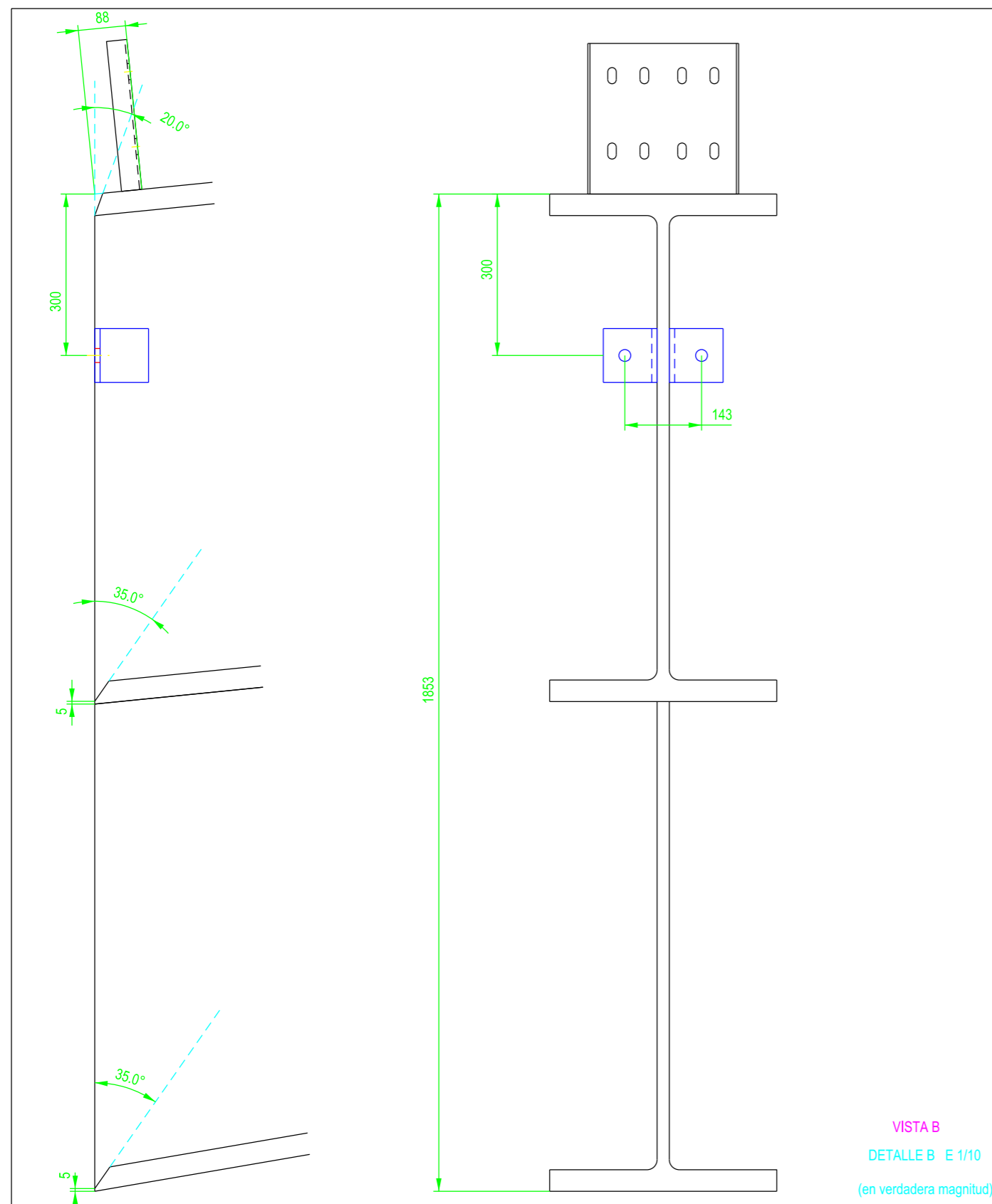
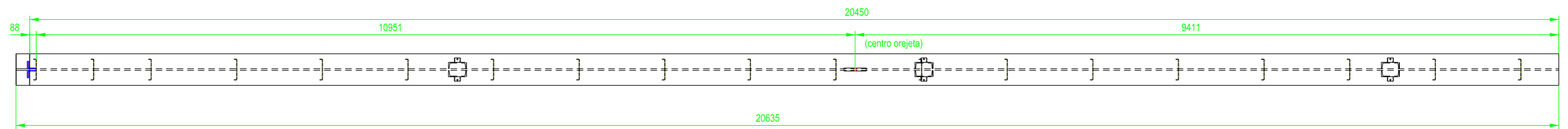
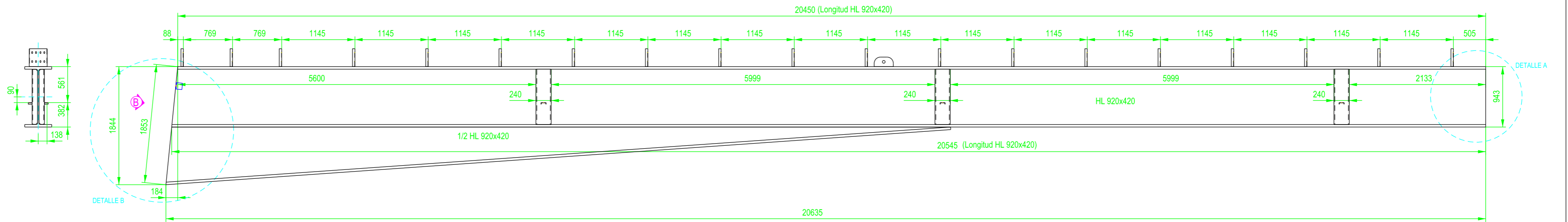
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Ensamblaje clave dintel BC17 HL 920x420		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-128		

1 UNIDAD



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TÍTULO PLANO: Ensamblaje extremo C dintel BC17 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-129	

1 UNIDAD

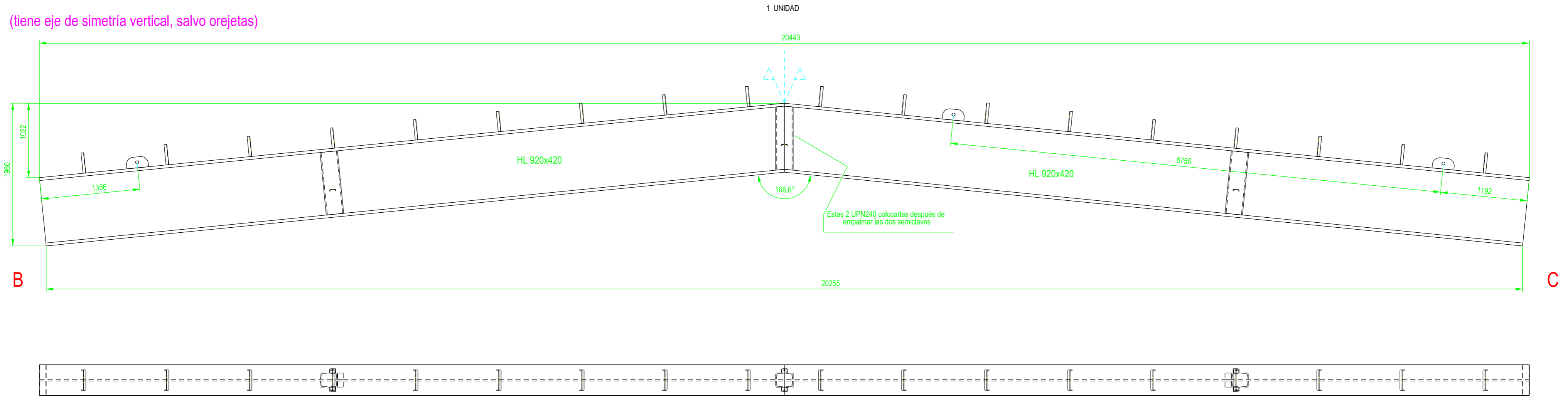


ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

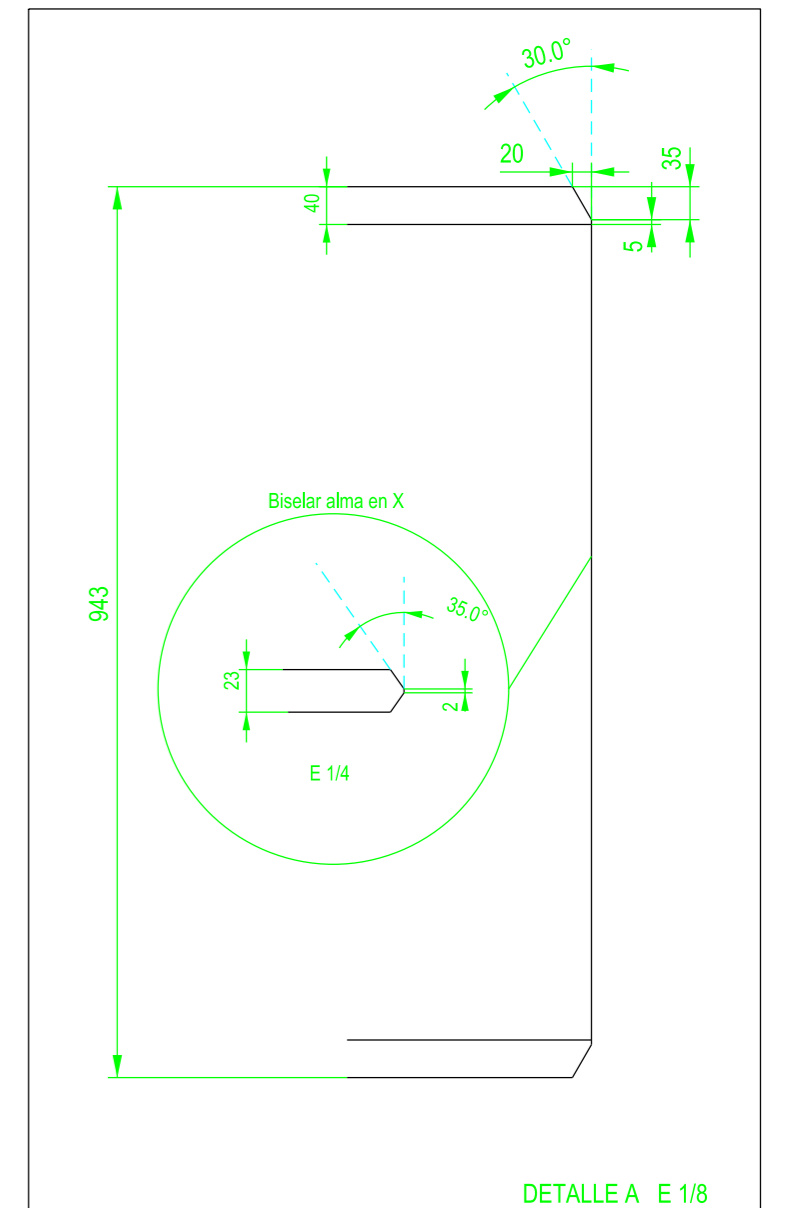
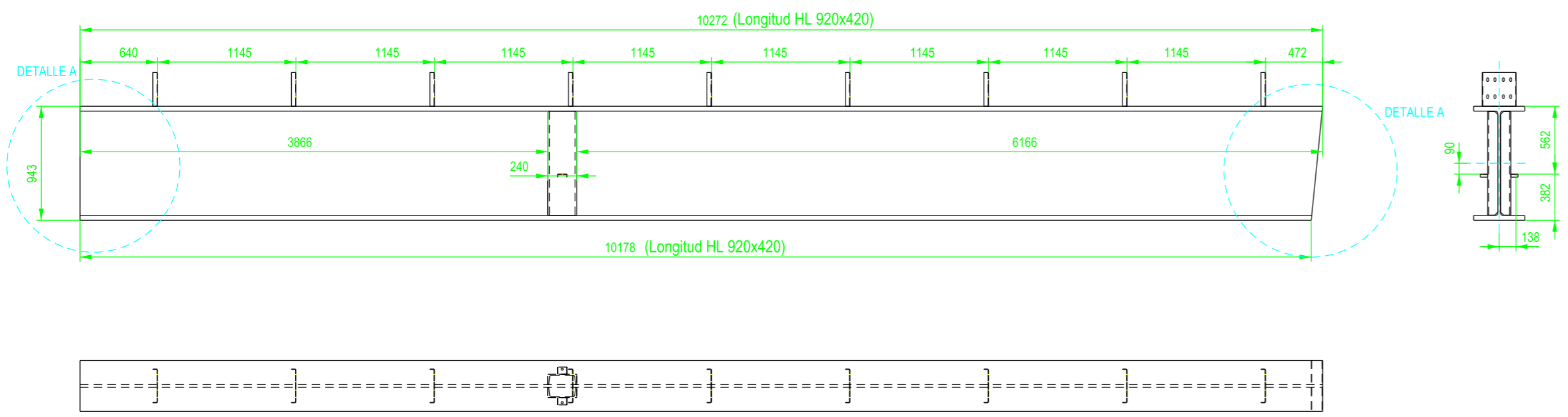
TRABAJO FINAL DE GRADO	
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje extremo B dintel BC18 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/50
PLANO Nº:	PT-130

CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical, salvo orejetas)

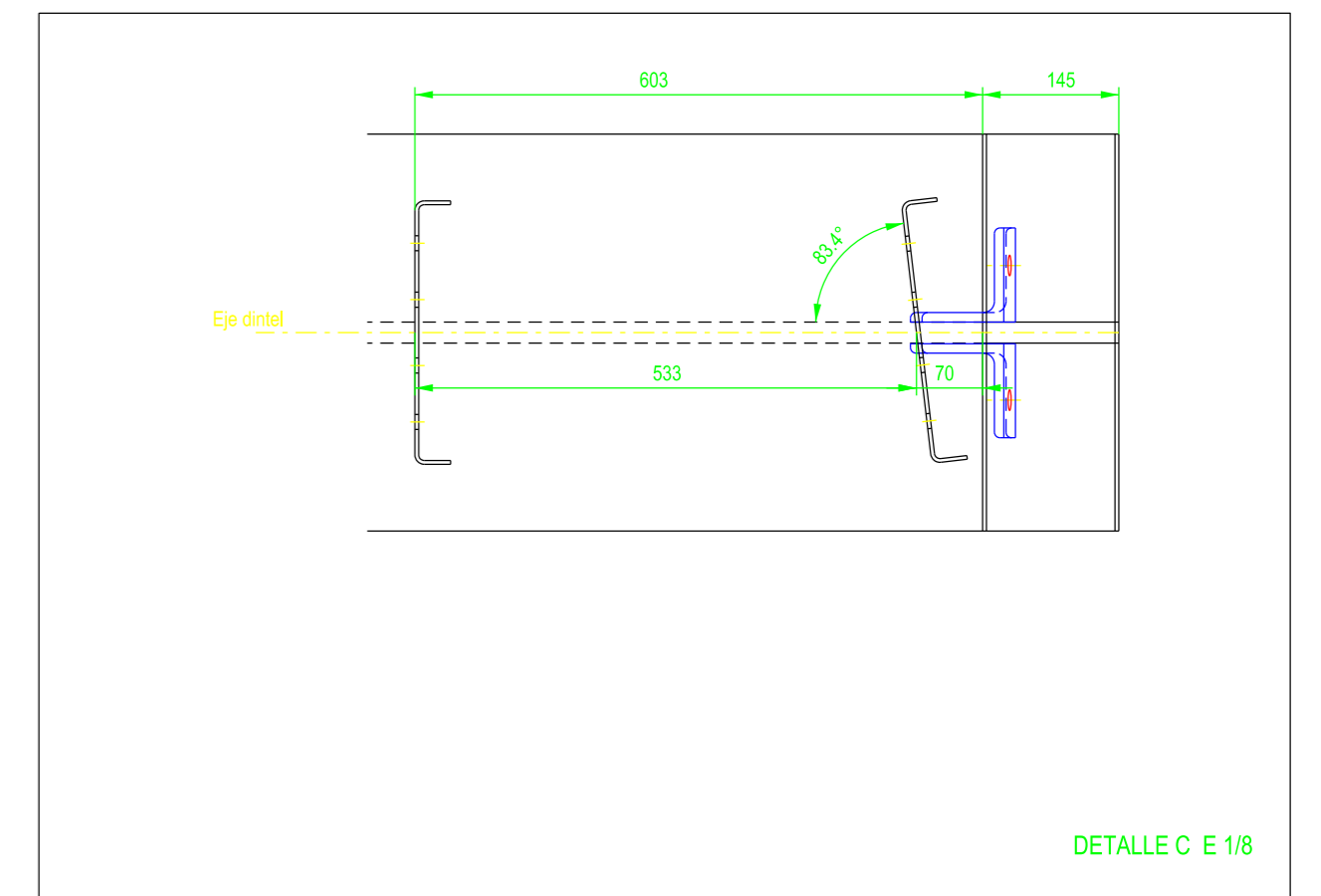
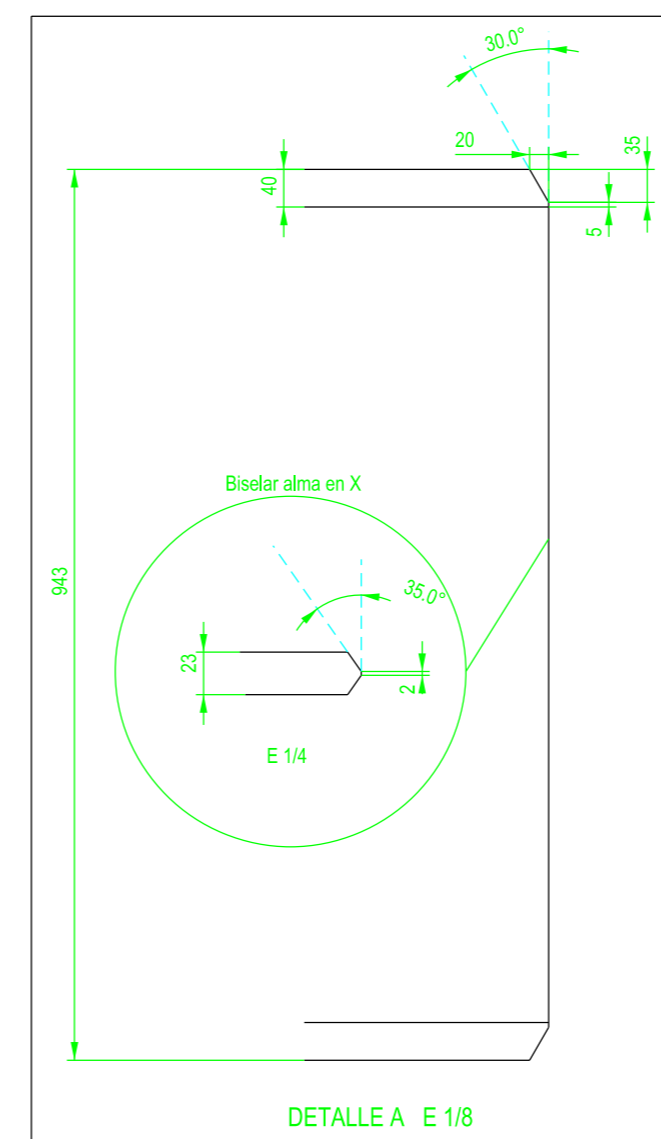
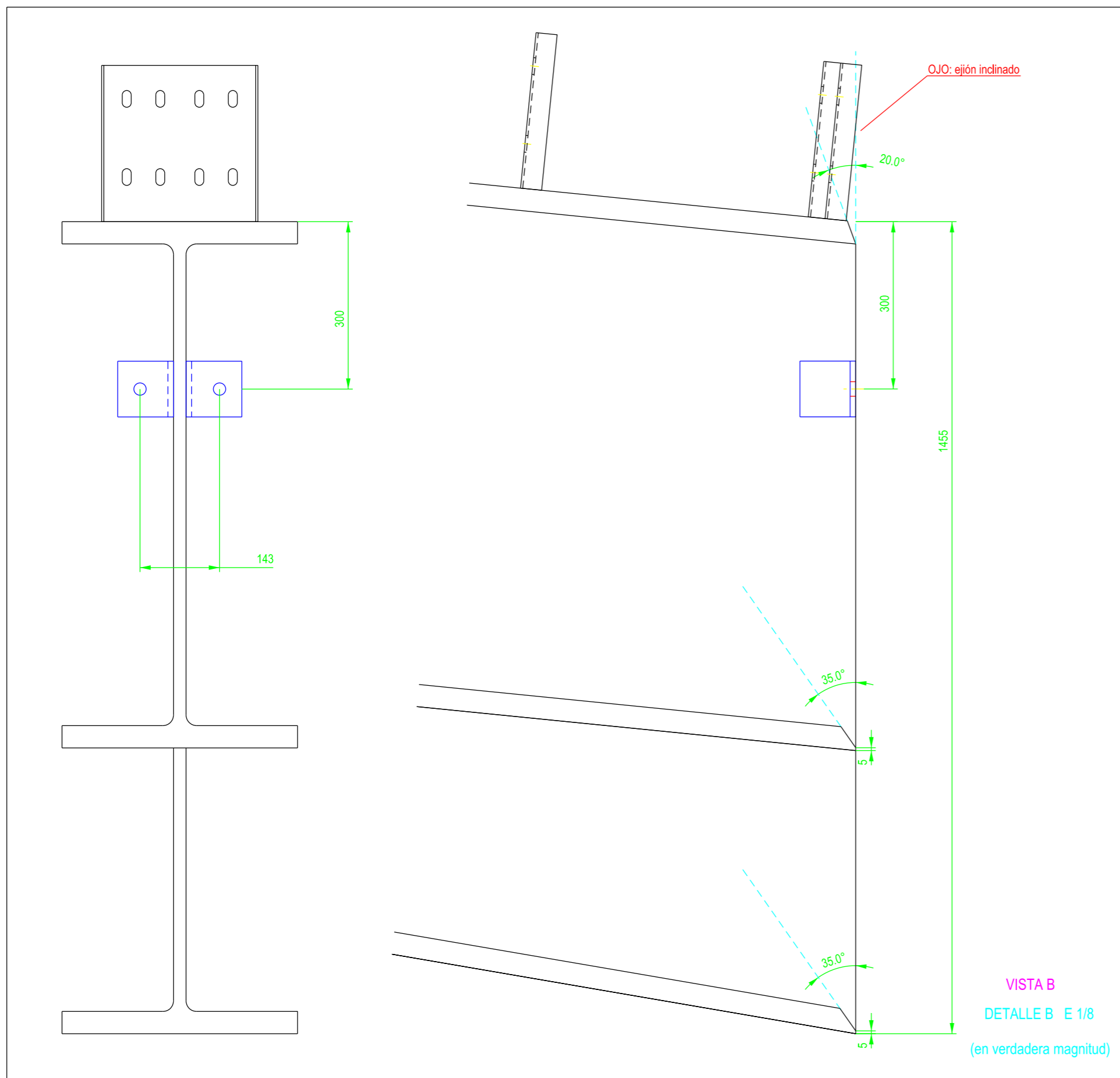
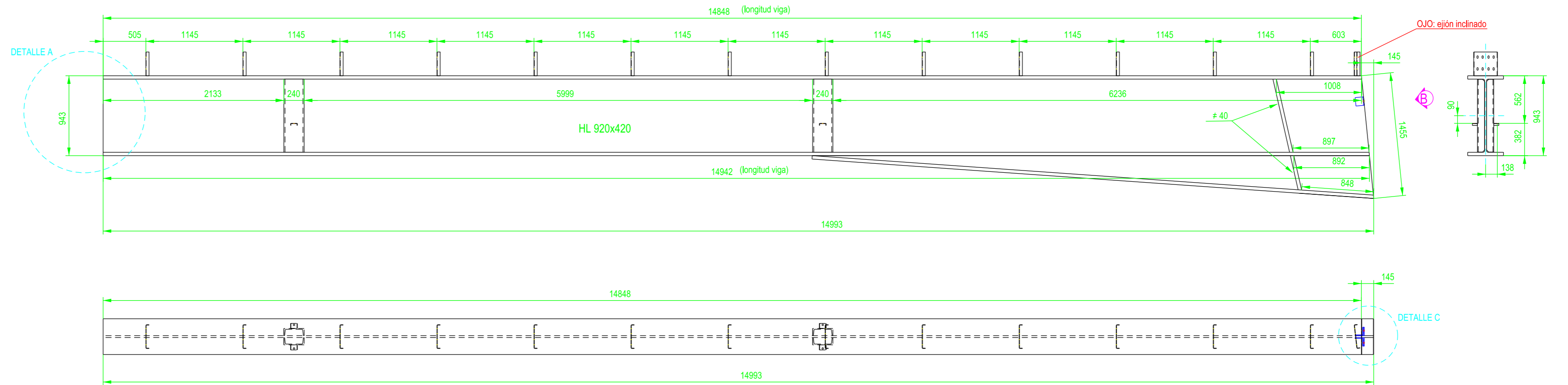


DETALLE SEMICLAVES (sin orejetas)



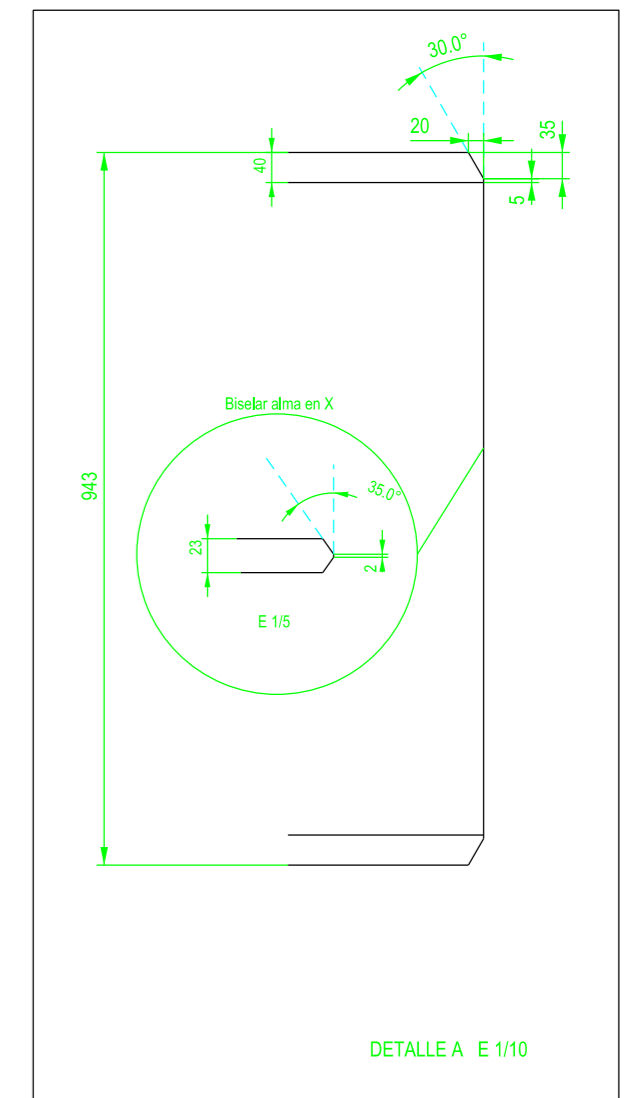
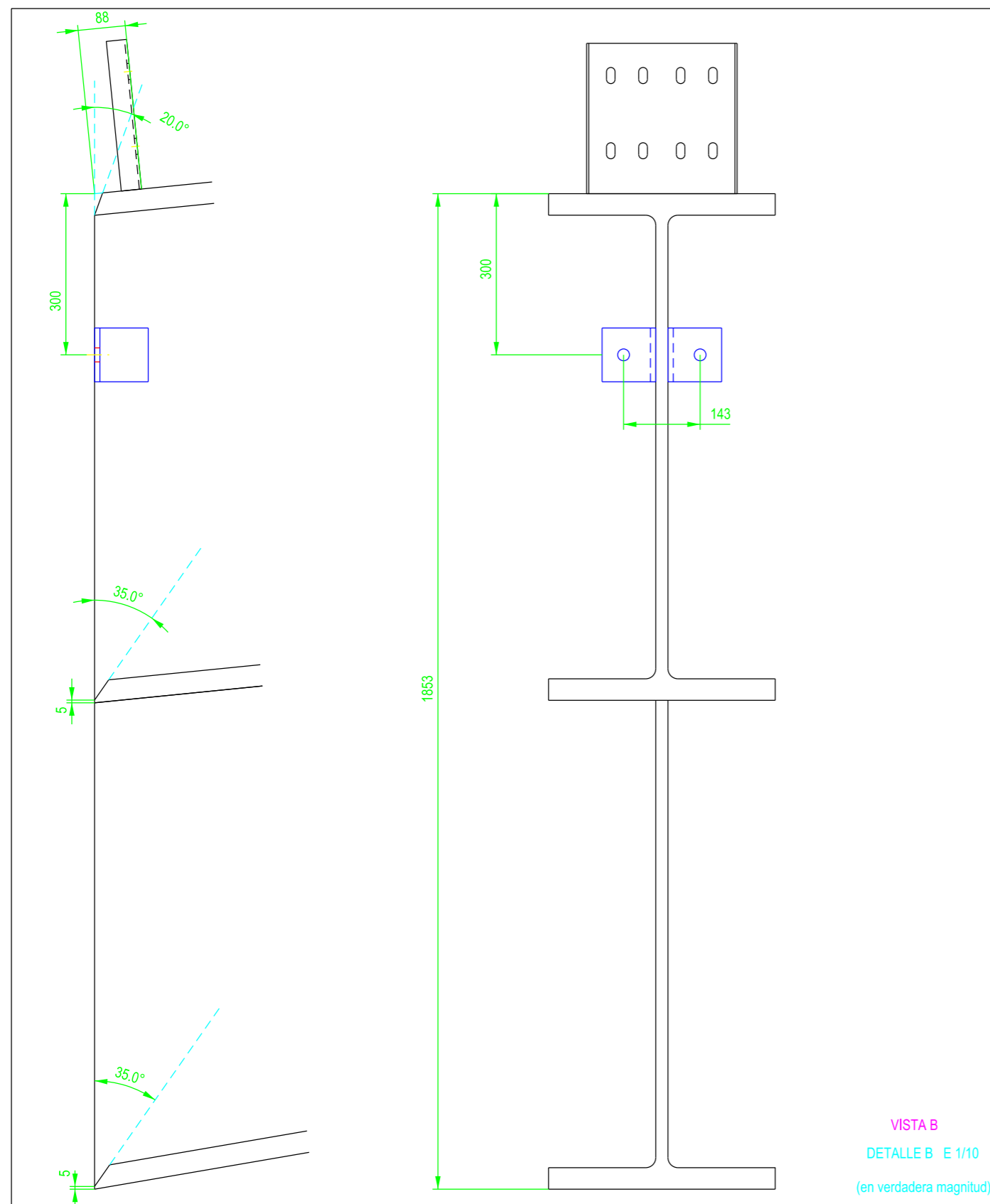
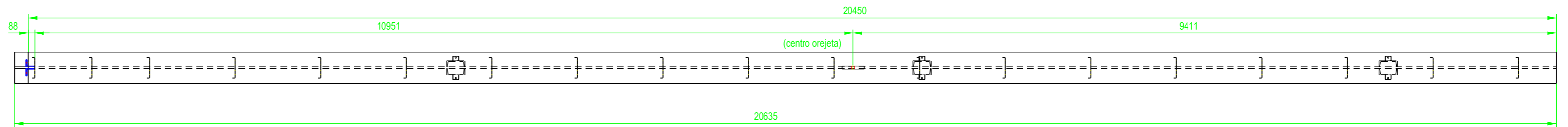
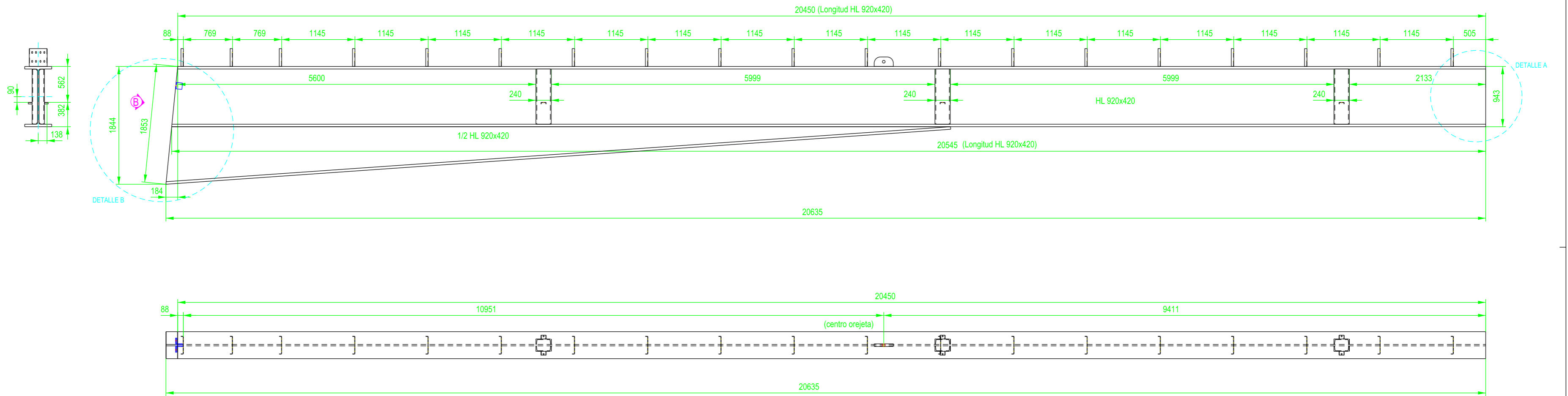
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Ensamblaje clave dintel BC18 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-131	

1 UNIDAD



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje extremo C dintel BC18 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-132

1 UNIDAD



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

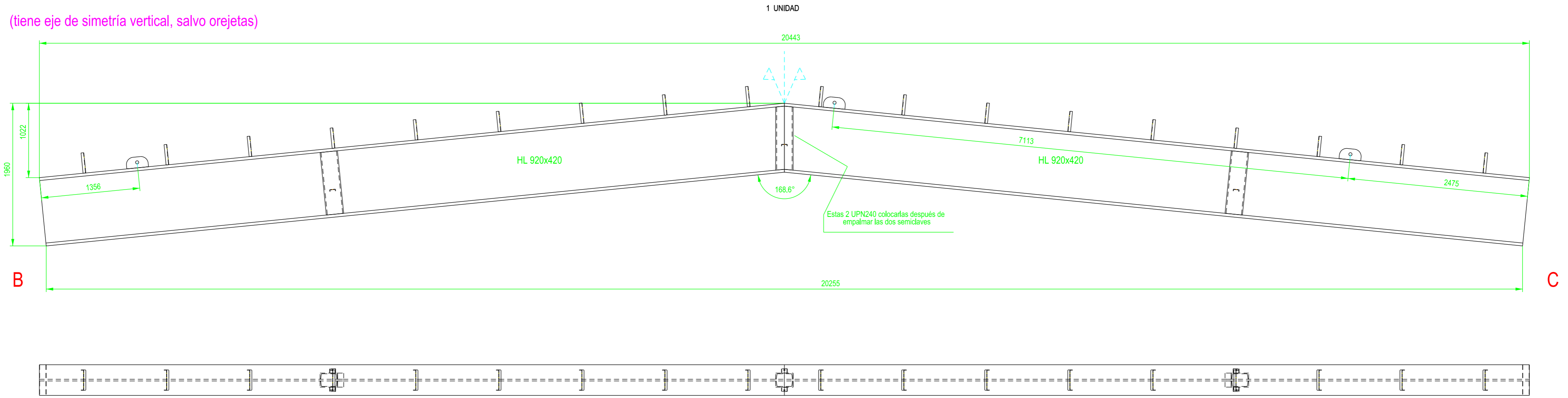
AUTOR: Ramón Tercero Herreros TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Ensamblaje extremo B dintel BC19 HL 920x420

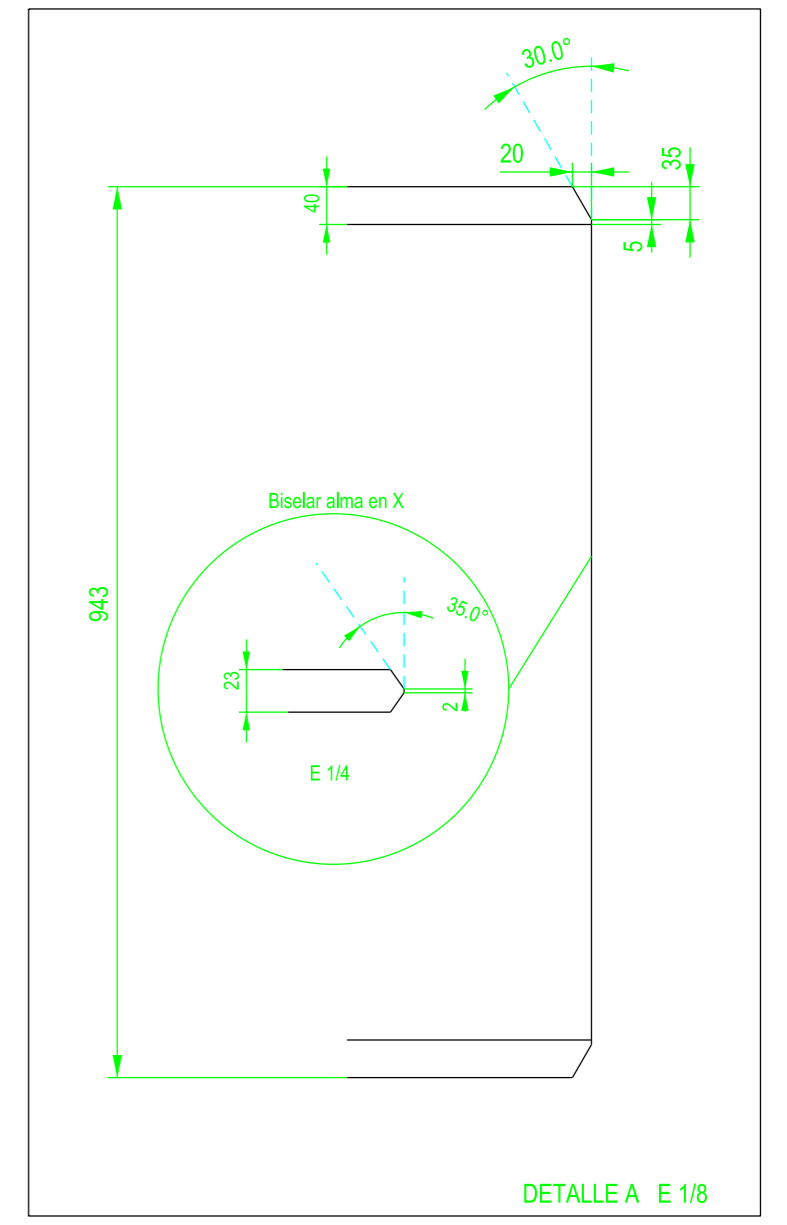
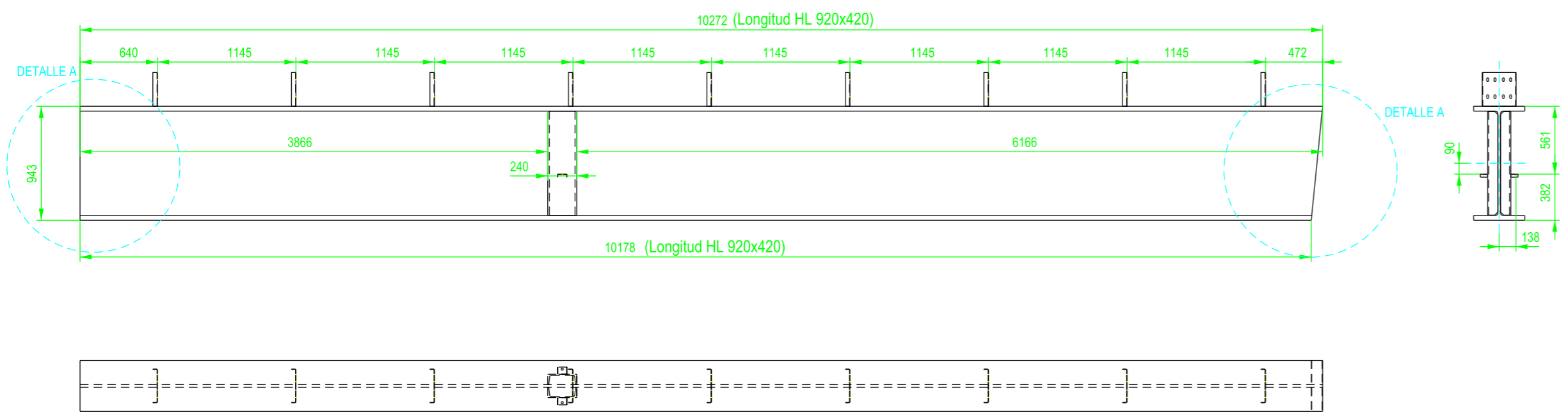
FORMATO: A2 ESCALA: 1/50 PLANO Nº: PT-133

CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical, salvo orejetas)

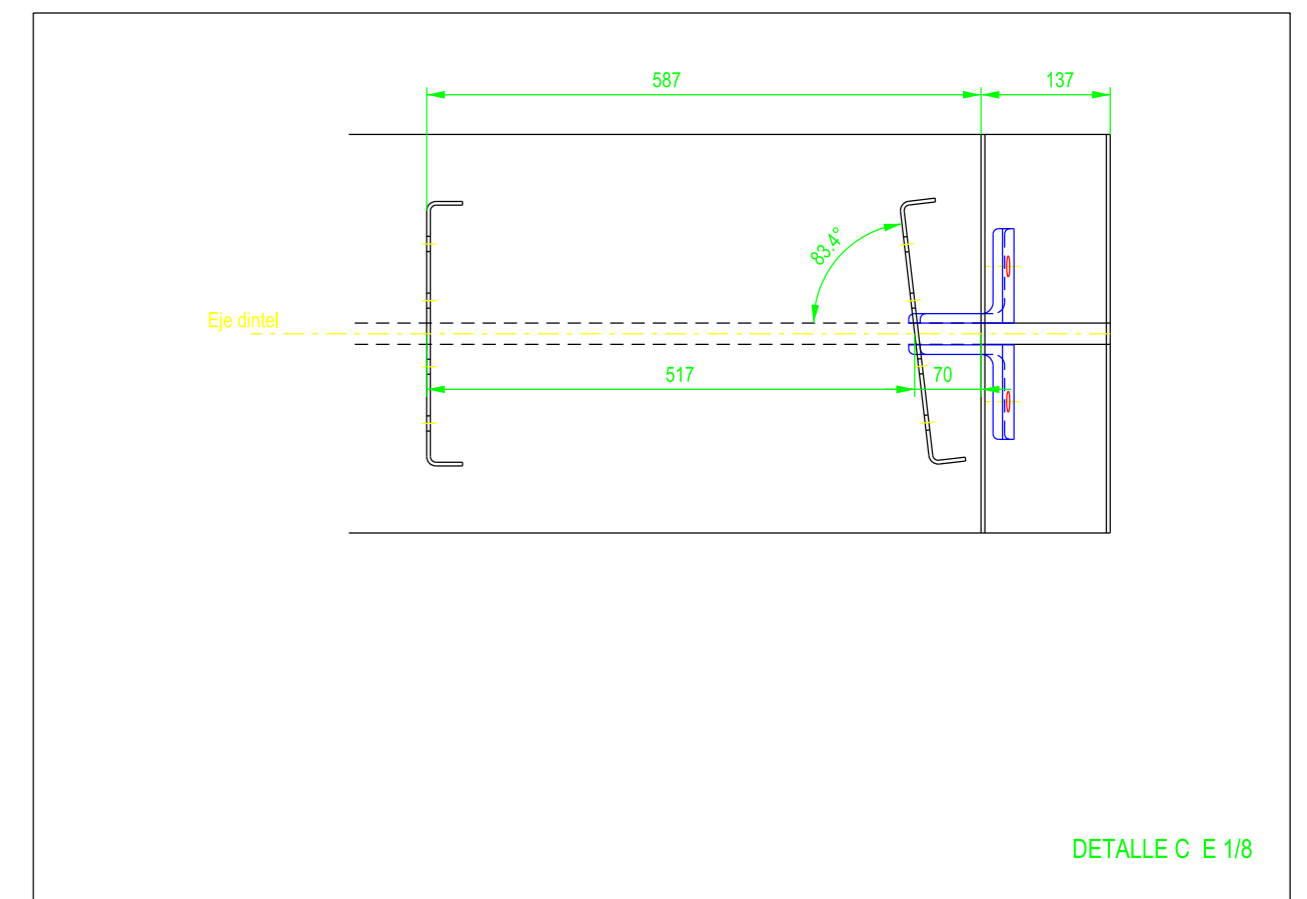
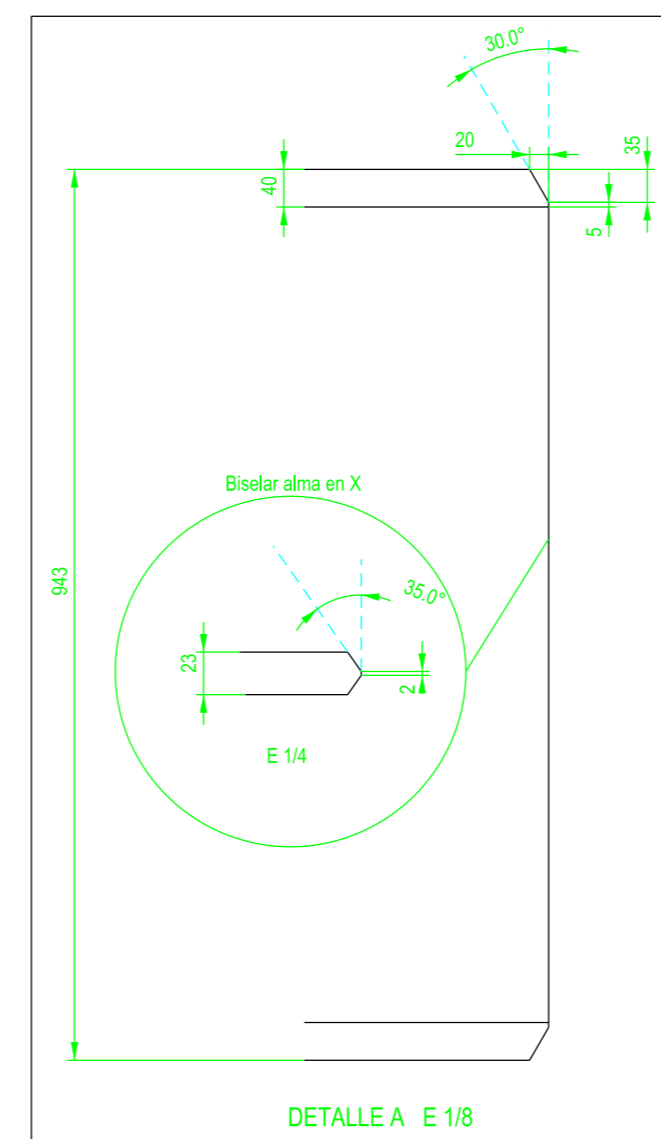
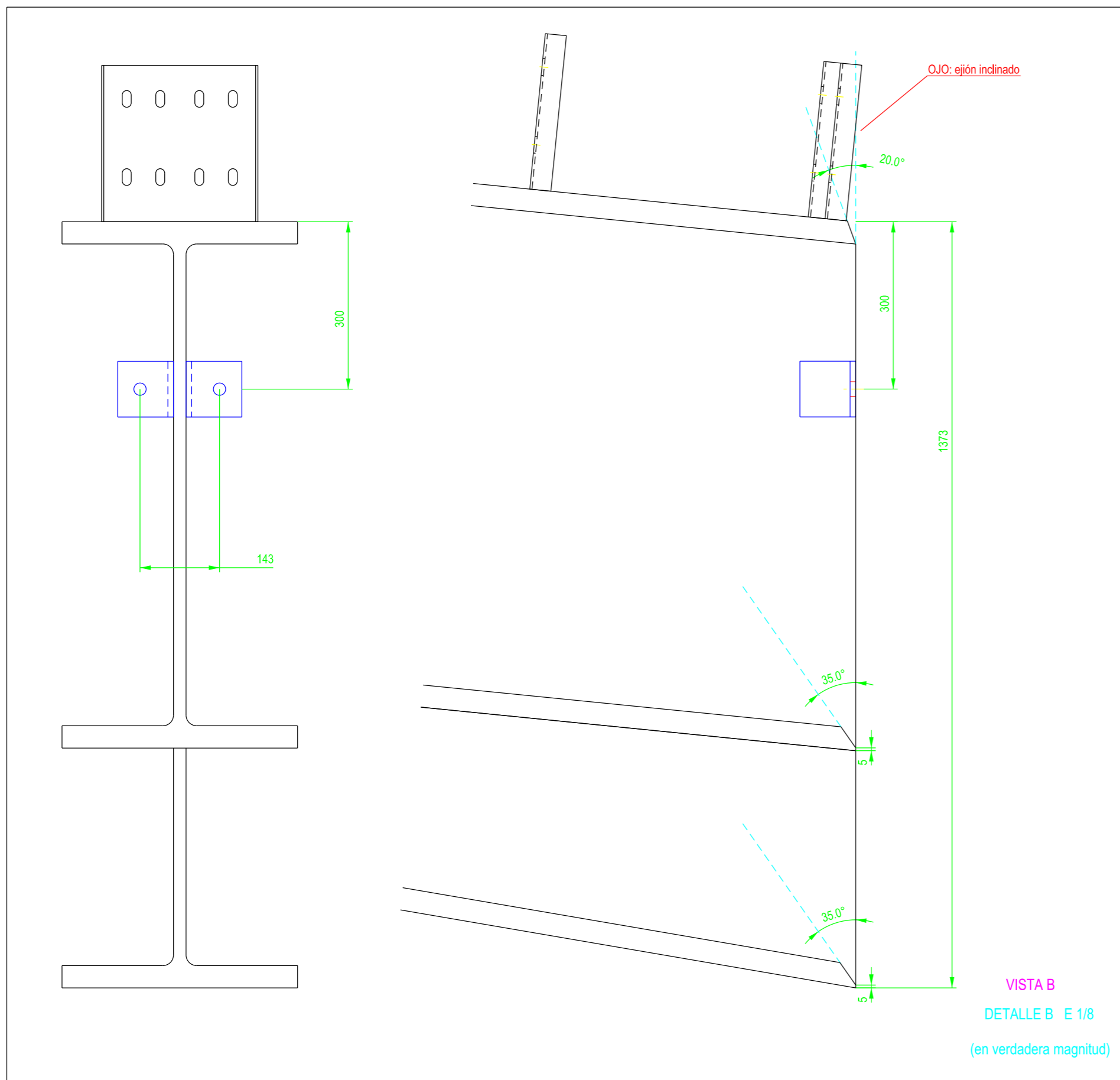
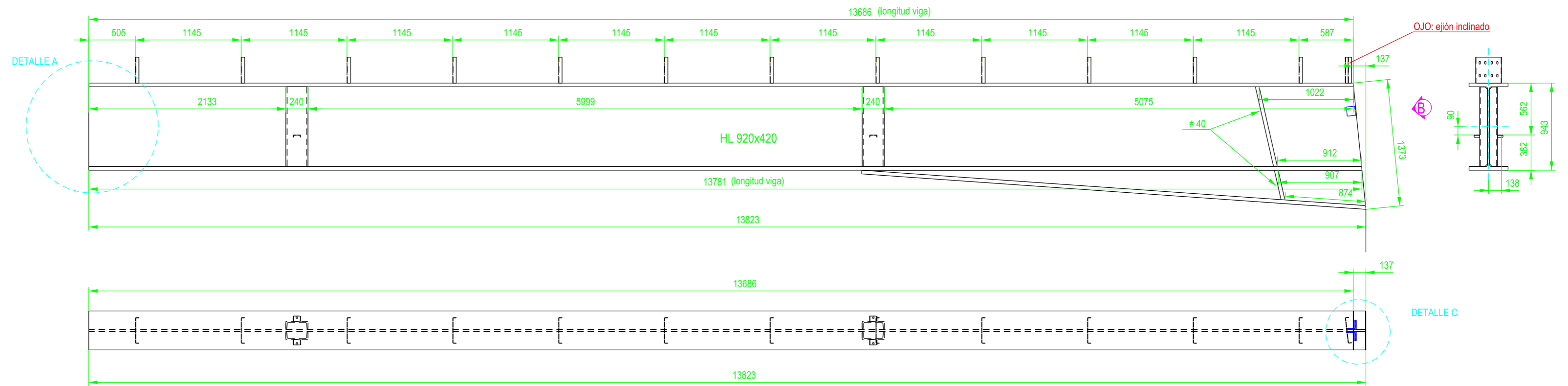


DETALLE SEMICLAVES (sin orejetas)



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Ensamblaje clave dintel BC19 HL 920x420		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-134		

1 UNIDAD



ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23
 UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
 "Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón)"

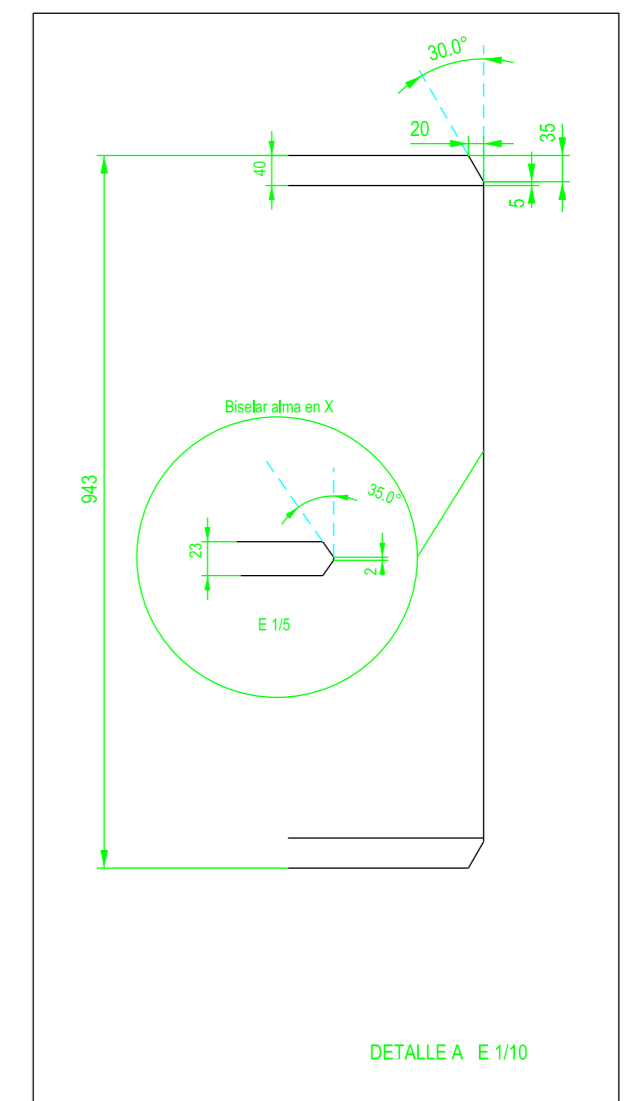
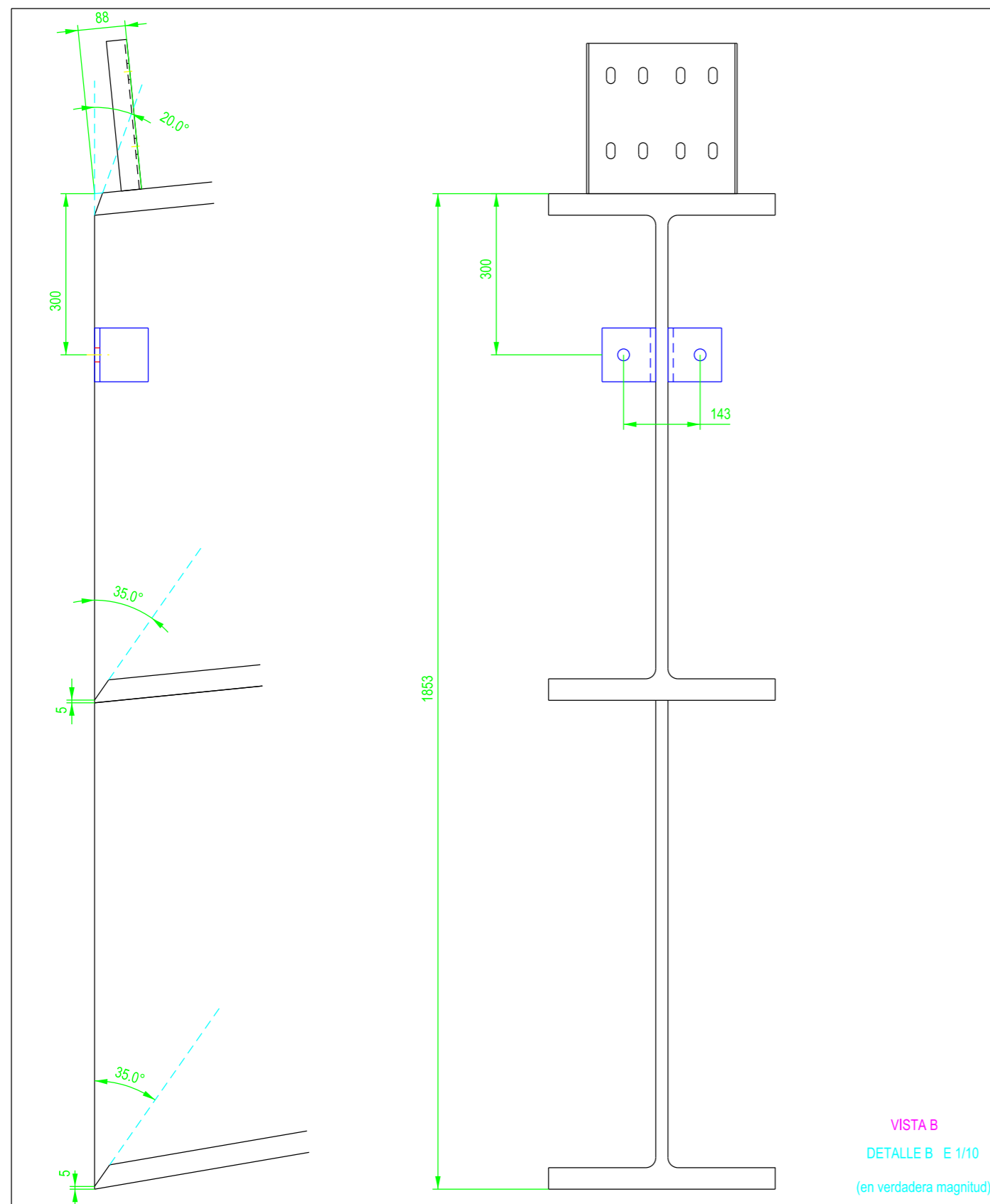
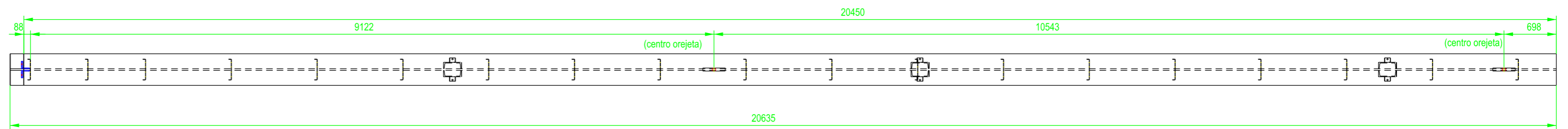
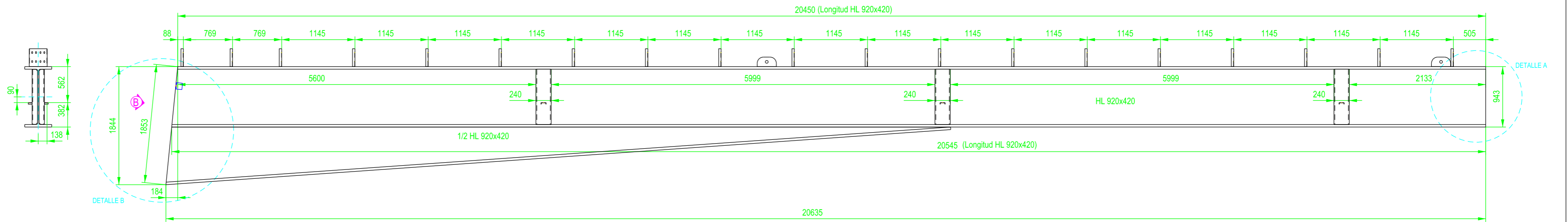
AUTOR: Ramón Tercero Herrerros TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Ensamblaje extremo C dintel BC19 HL 920x420

FORMATO: A2
 ESCALA: 1/40

PLANO Nº:
 PT-135

1 UNIDAD

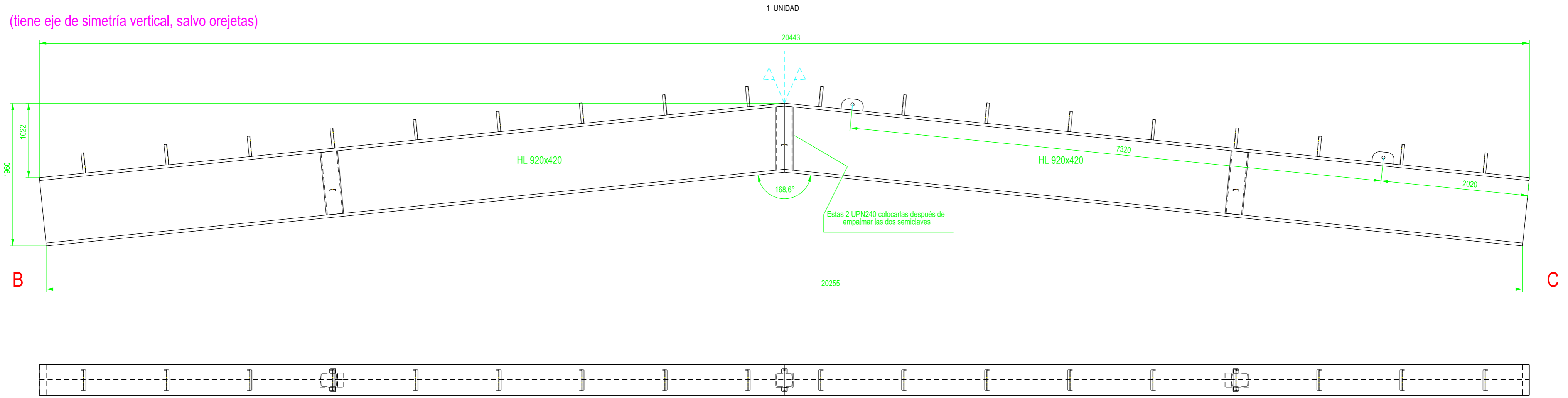


ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

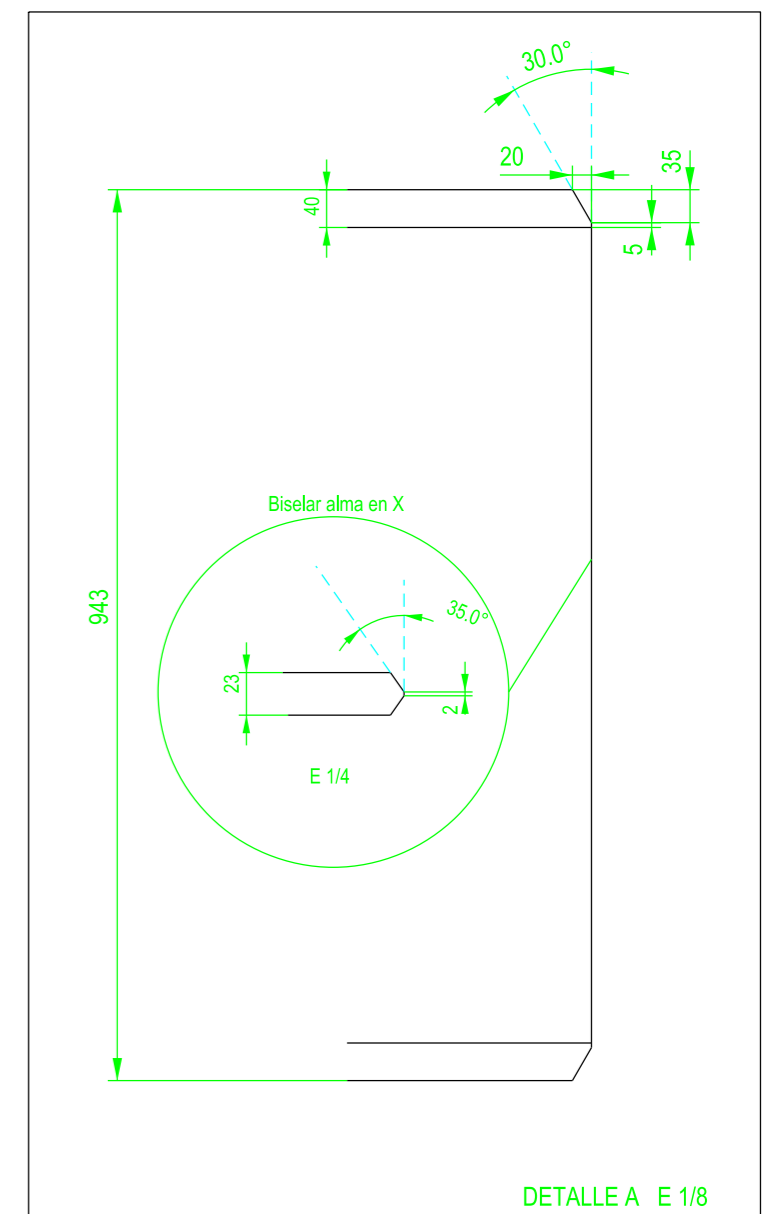
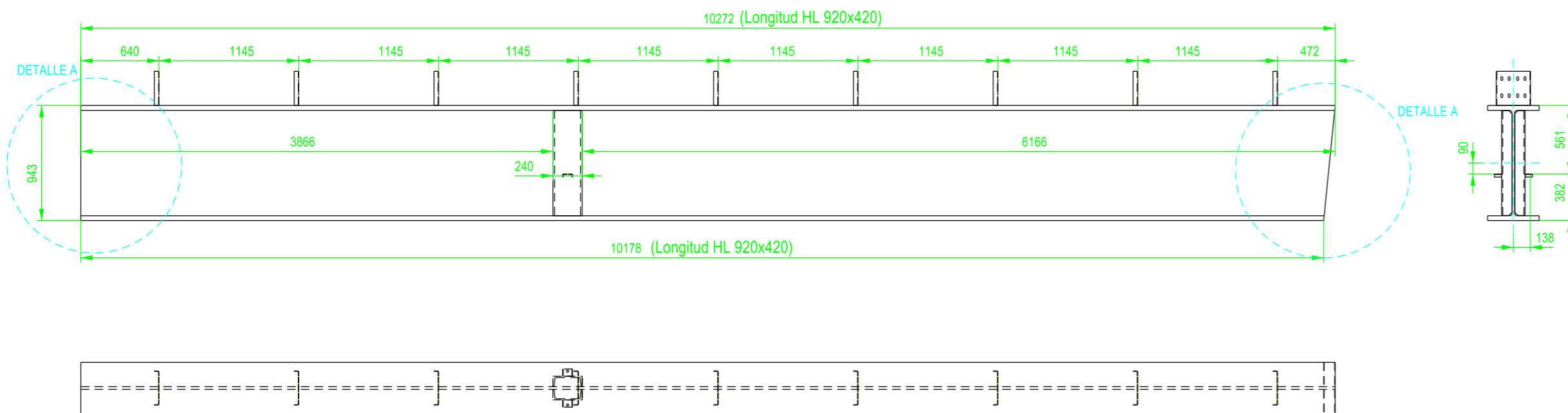
TRABAJO FINAL DE GRADO	
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje extremo B dintel BC20 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/50
	PLANO Nº: PT-136

CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical, salvo orejetas)

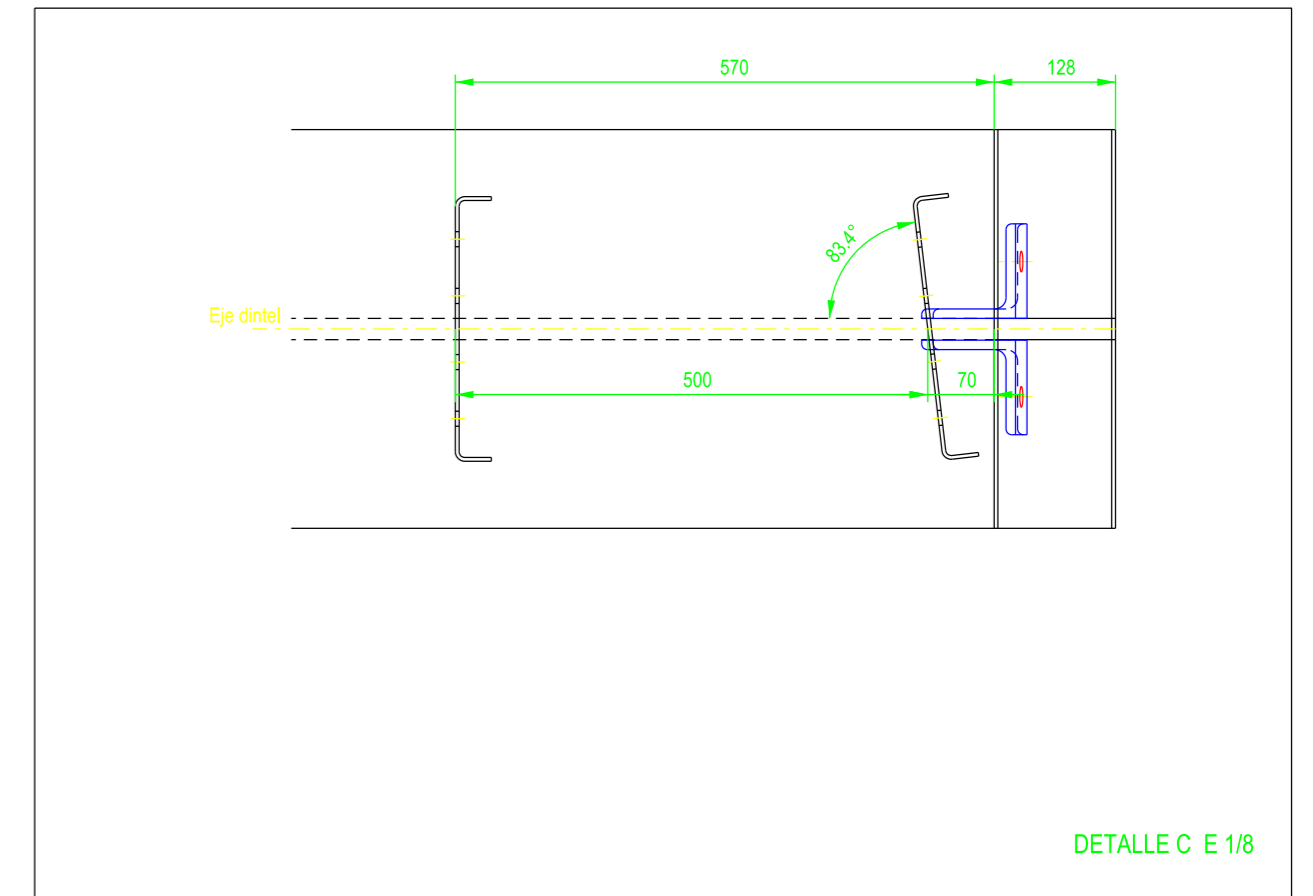
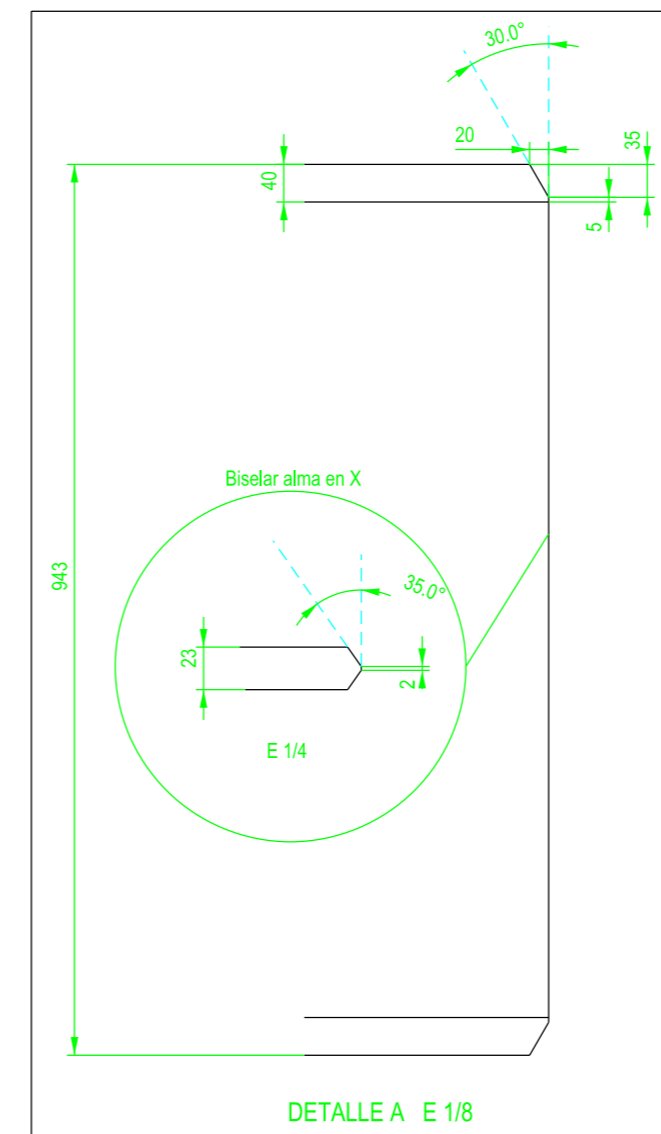
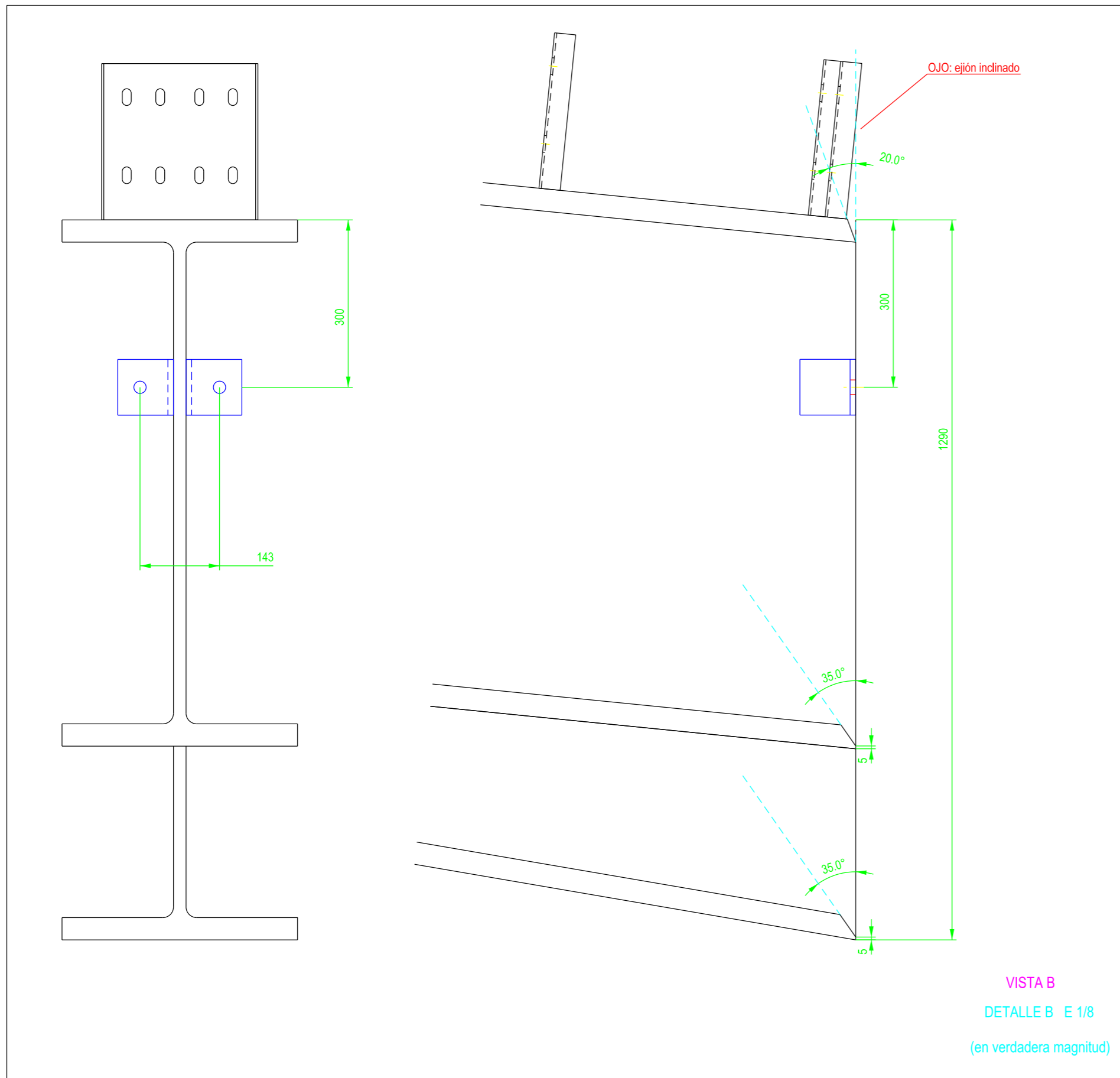
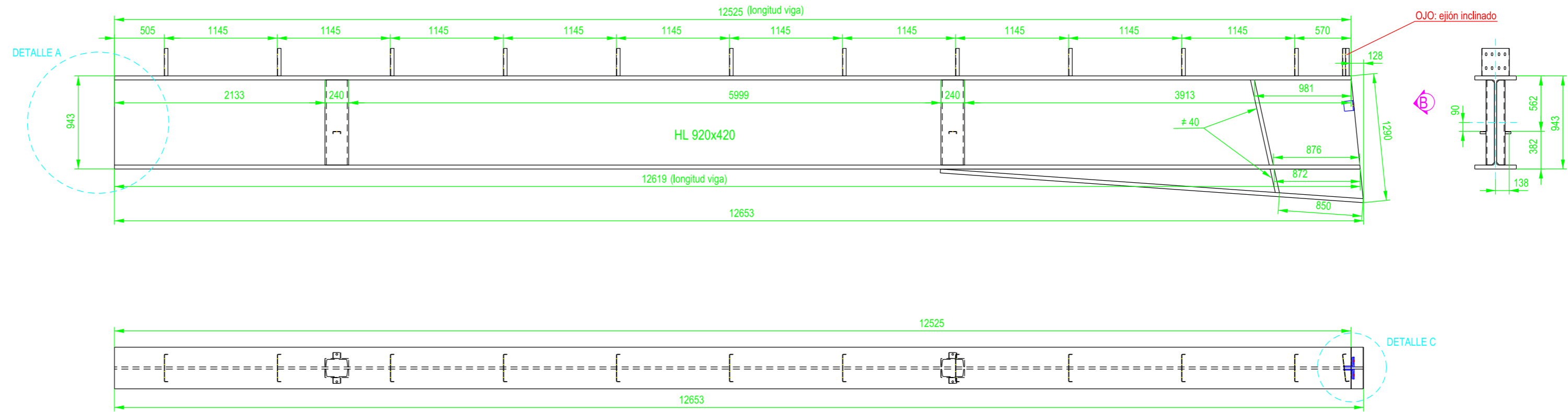


DETALLE SEMICLAVES (sin orejetas)



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Ensamblaje clave dintel BC20 HL 920x420		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-137		

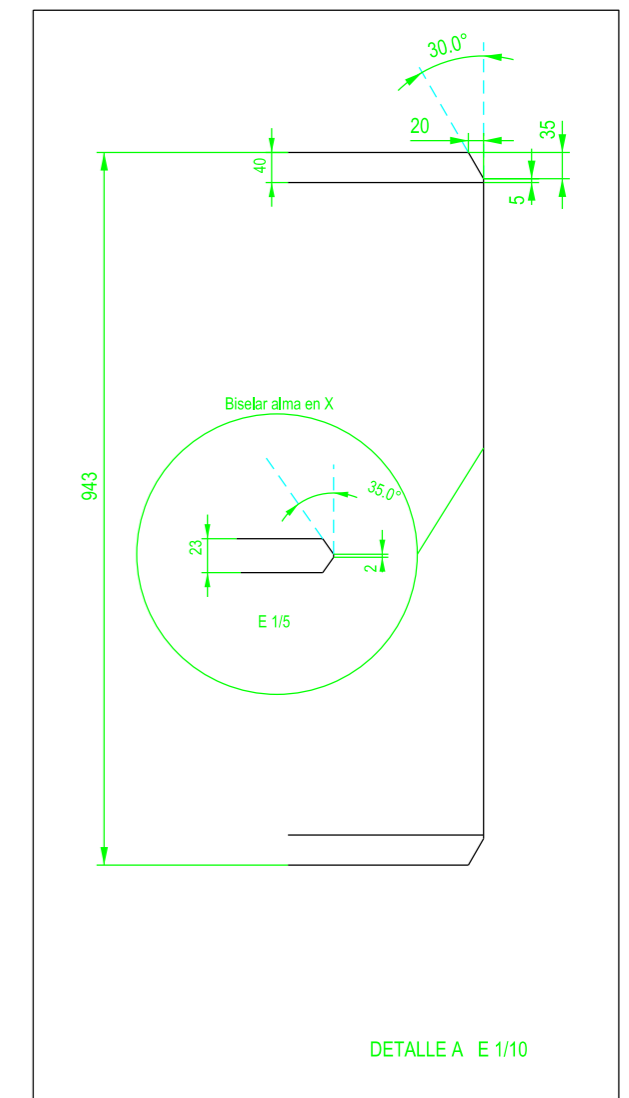
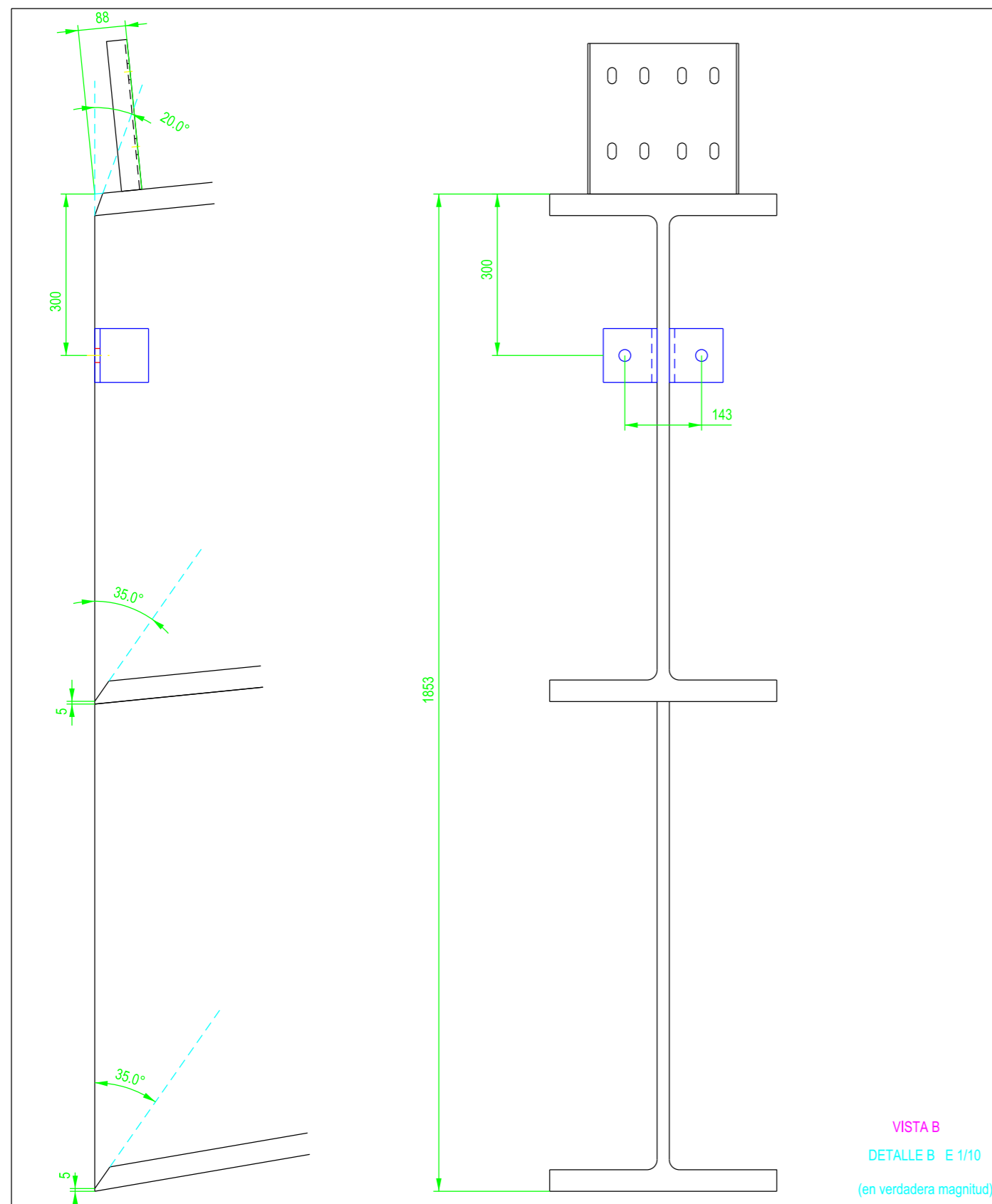
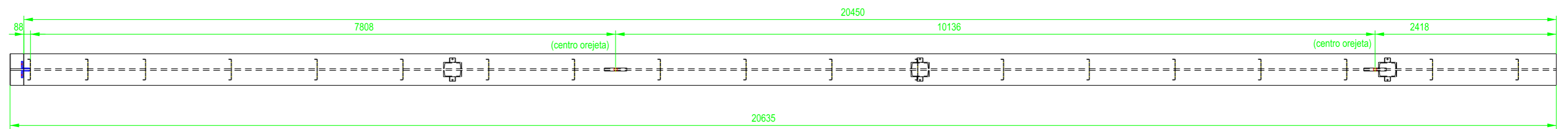
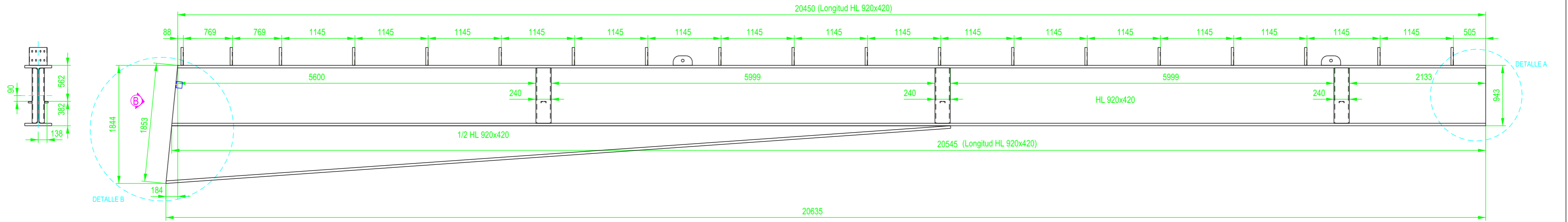
1 UNIDAD



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "
AUTOR: Ramón Tercero Herreros TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje extremo C dintel BC20 HL 920x420
FORMATO: A2 ESCALA: 1/40 PLANO Nº: PT-138

1 UNIDAD

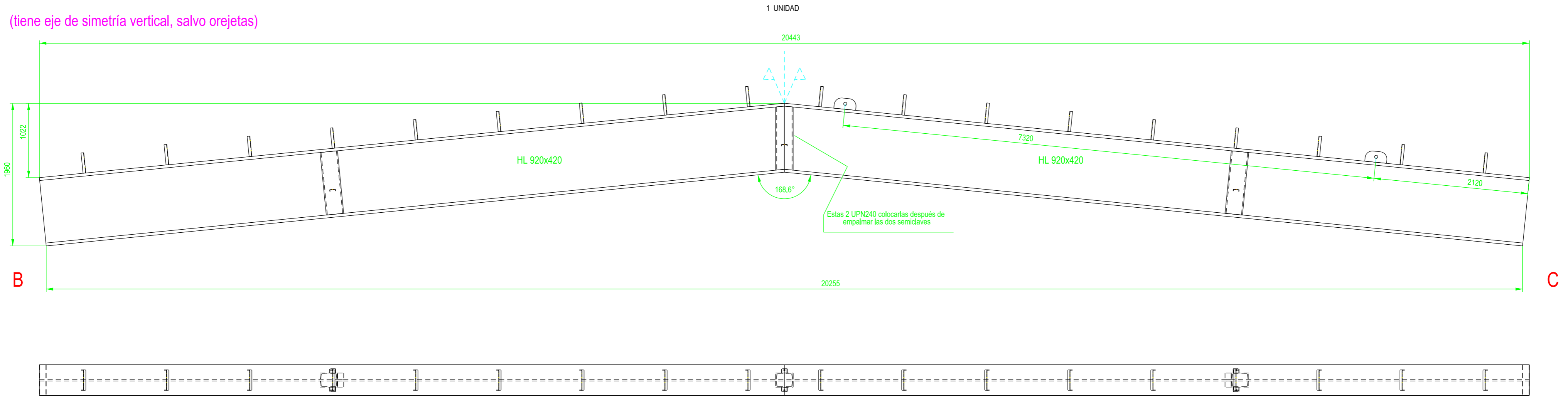


ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

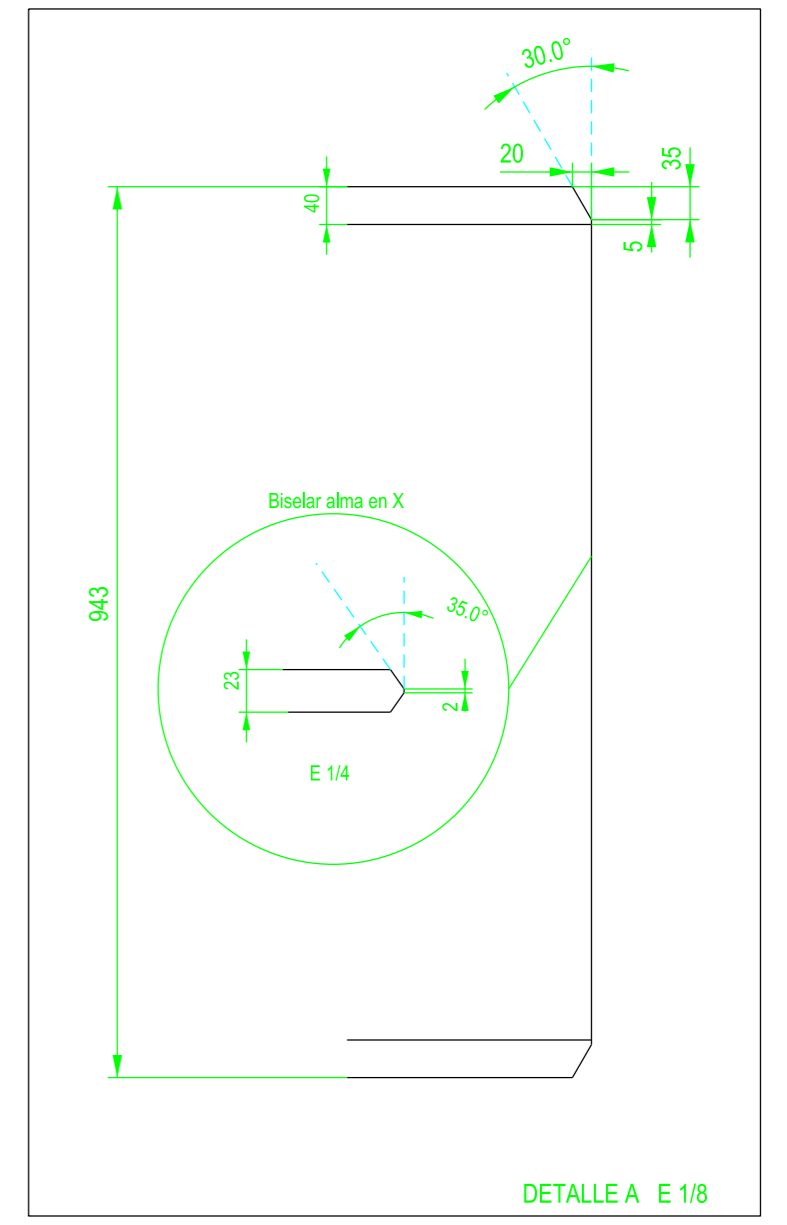
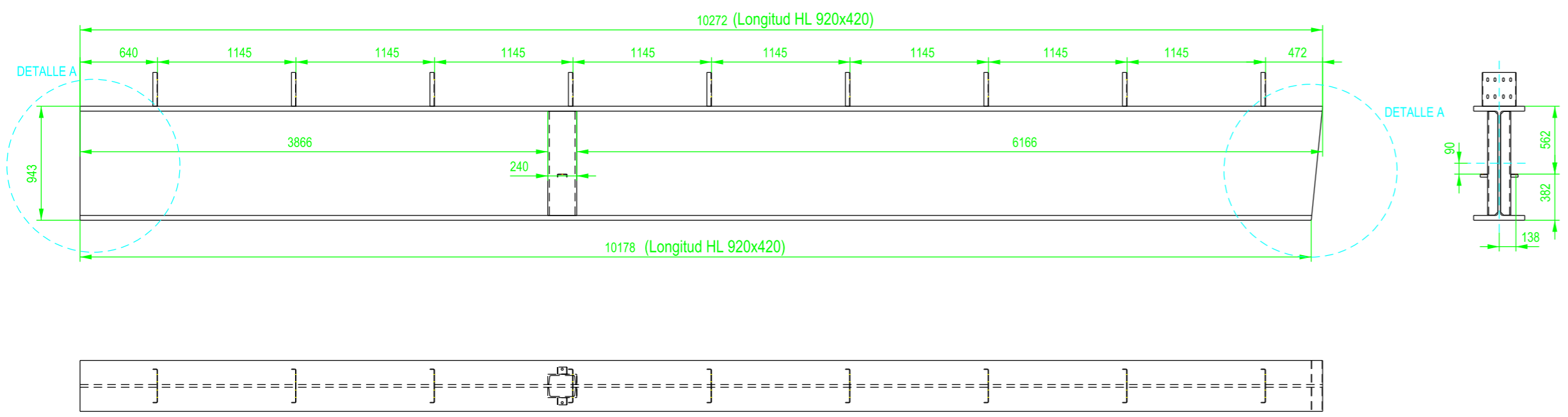
TRABAJO FINAL DE GRADO	
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje extremo B dintel BC21 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/50
PLANO Nº: PT-139	

CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical, salvo orejetas)

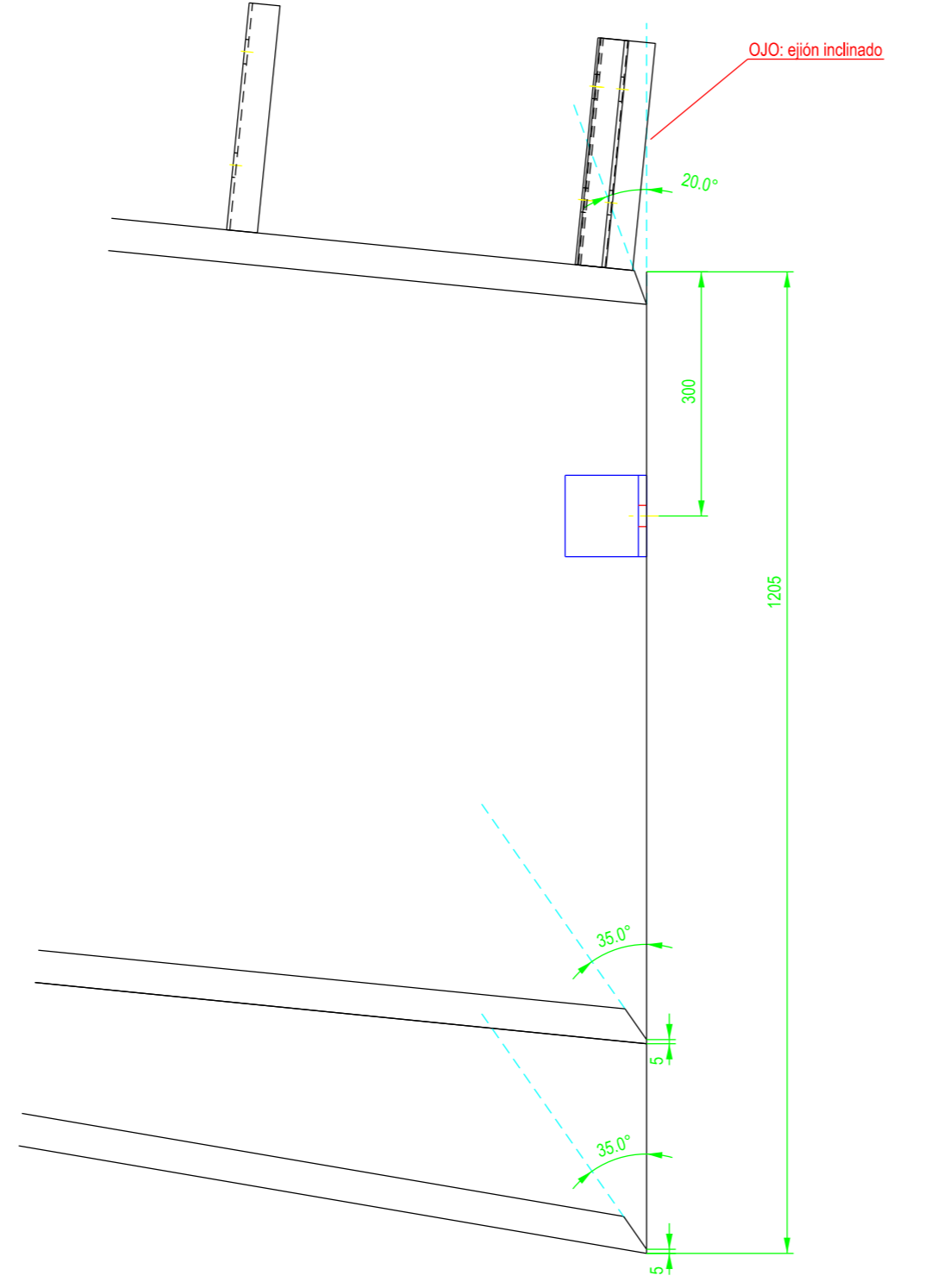
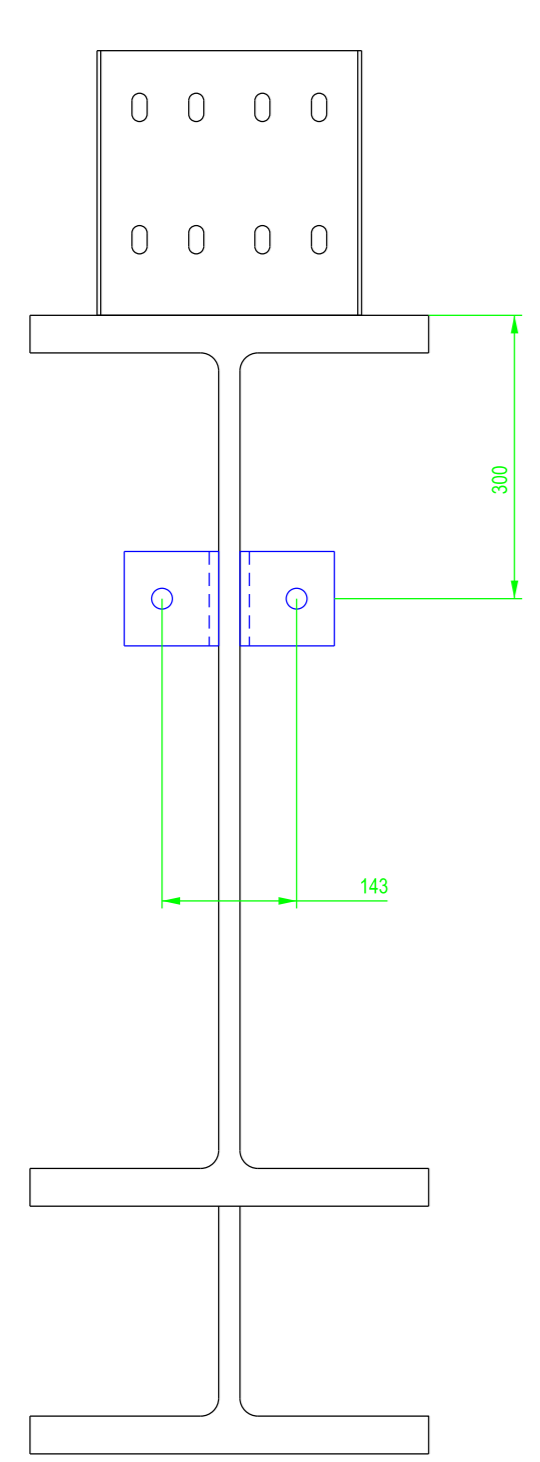
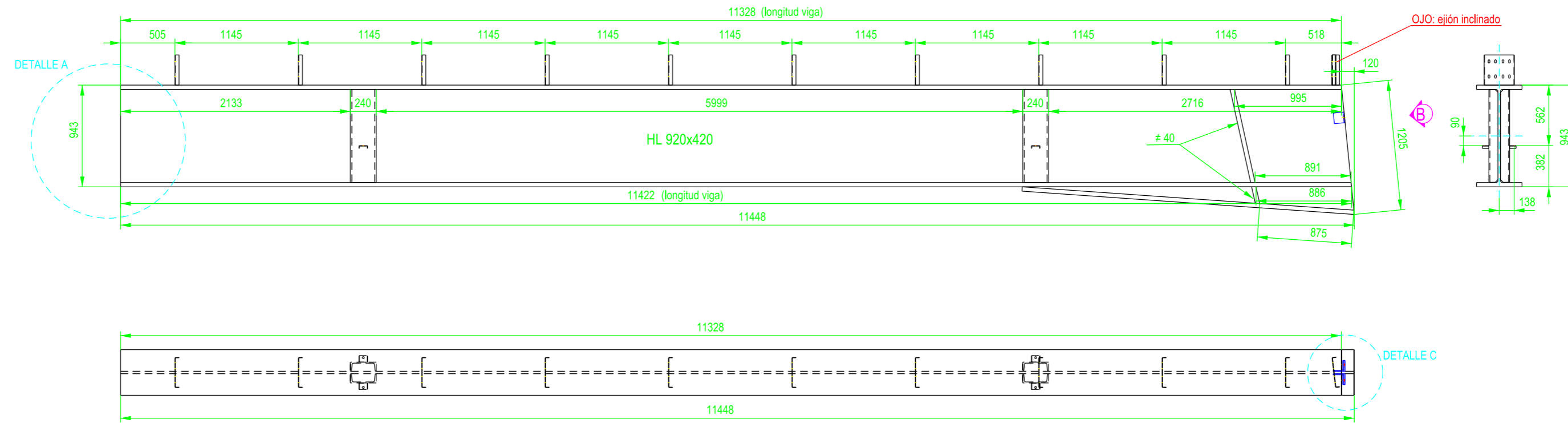


DETALLE SEMICLAVES (sin orejetas)

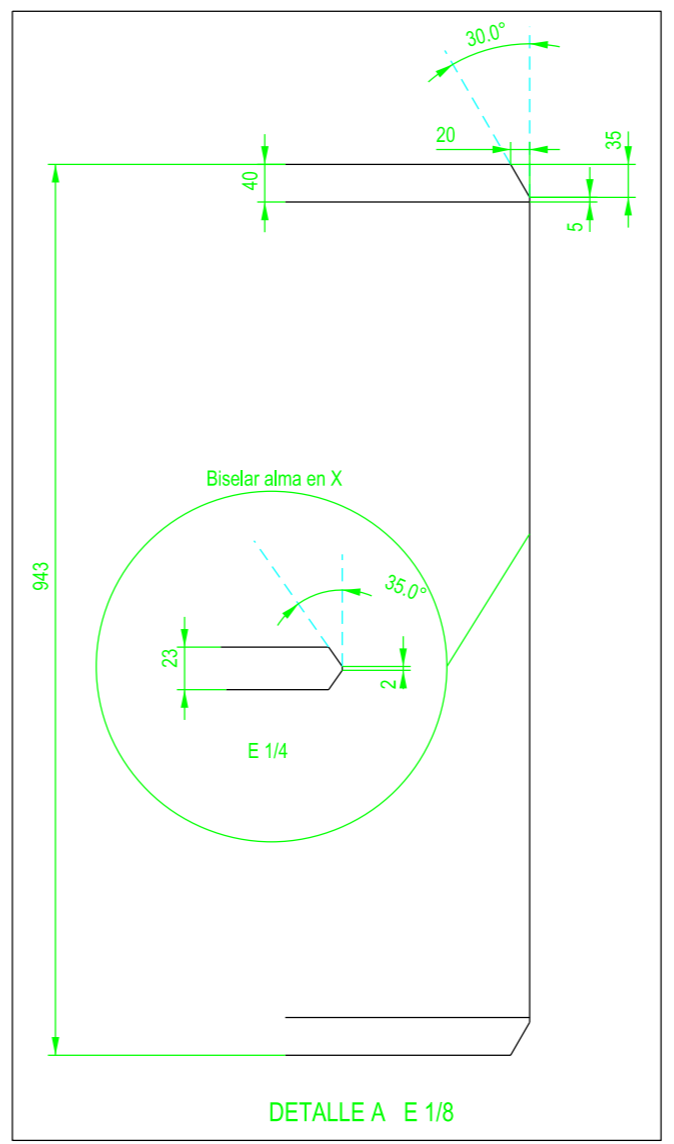


ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: Ensamblaje clave dintel BC21 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-140

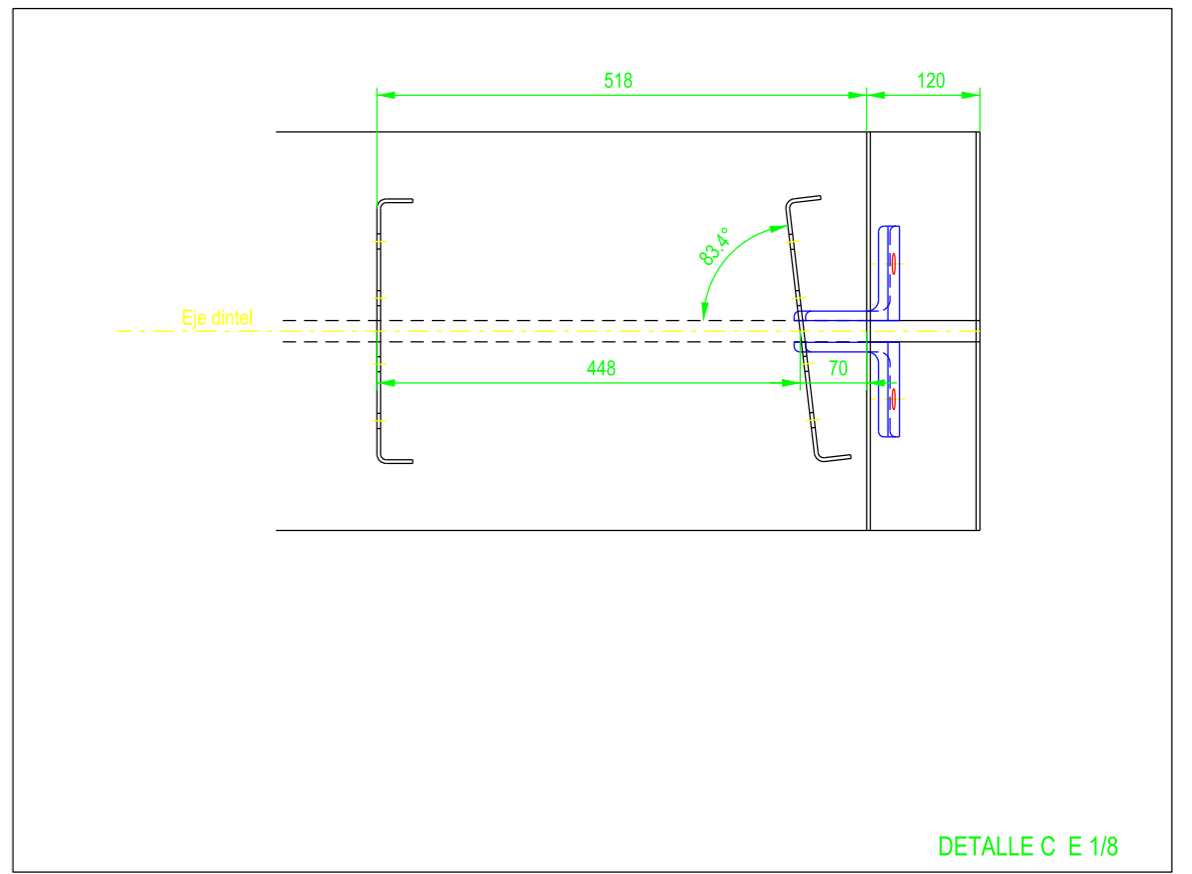
1 UNIDAD



VISTA B
DETALLE B E 1/8
(en verdadera magnitud)



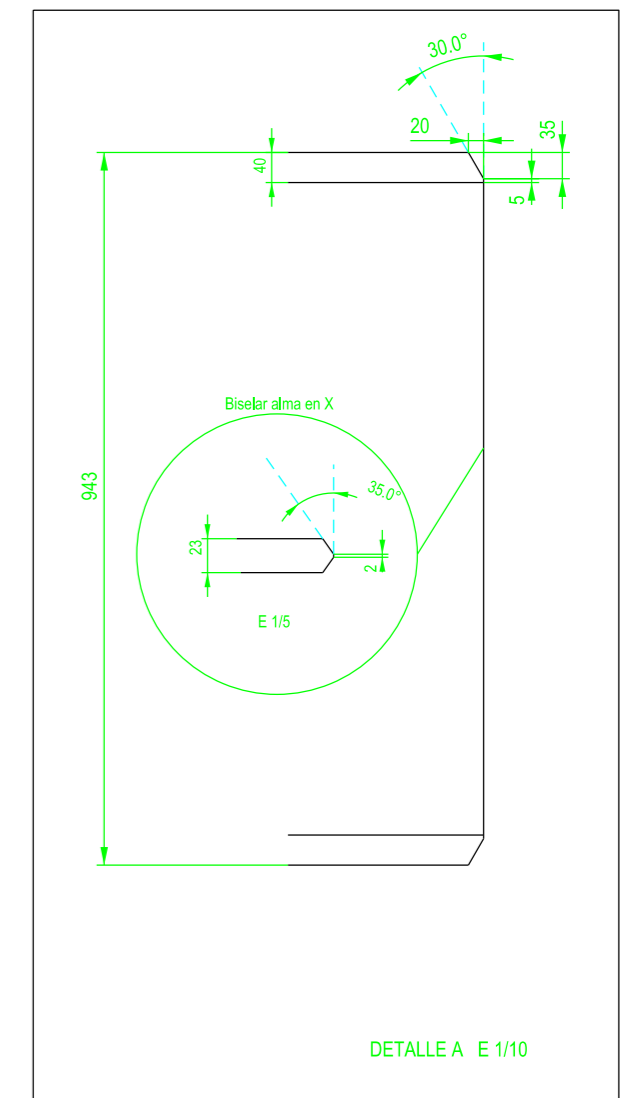
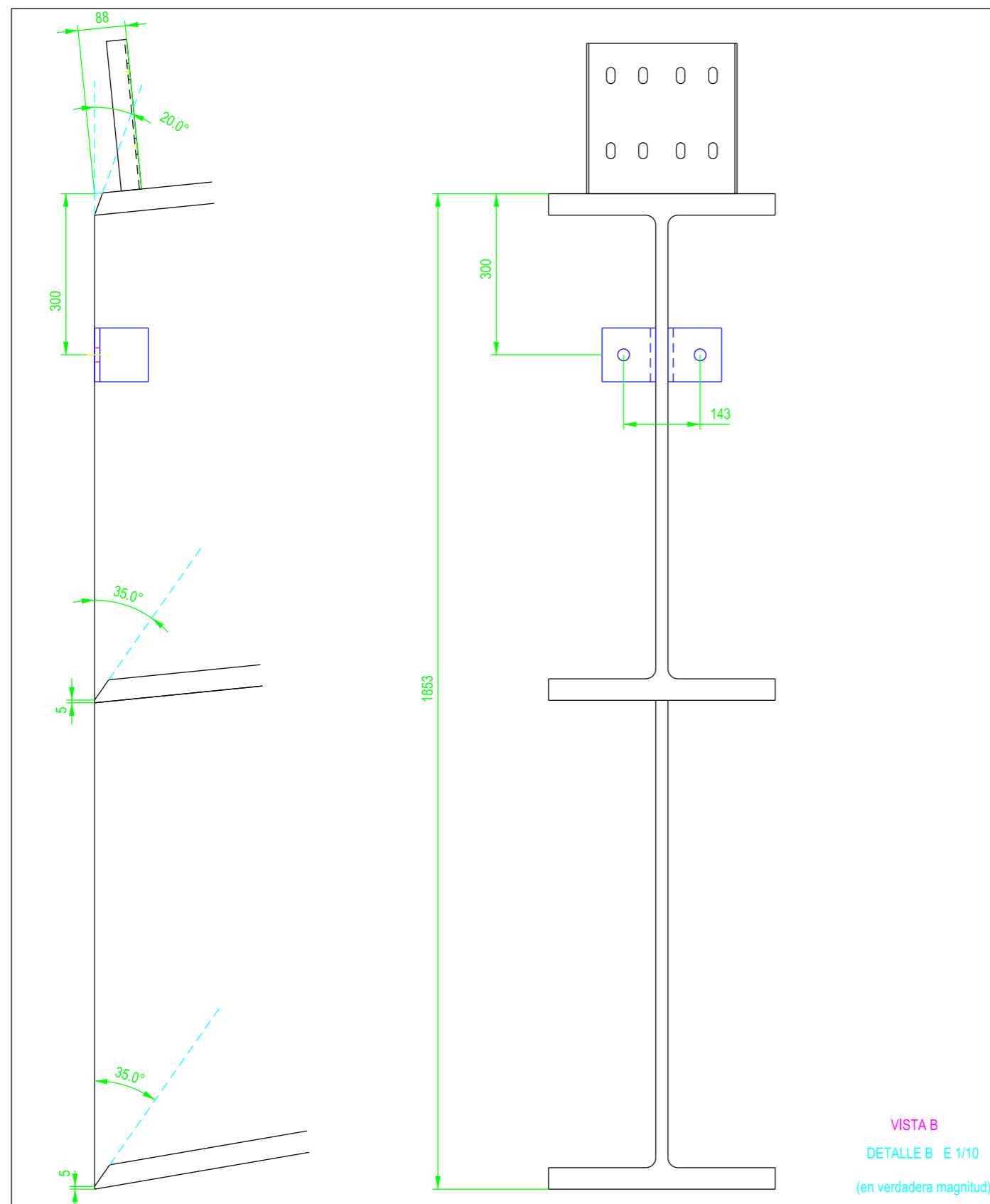
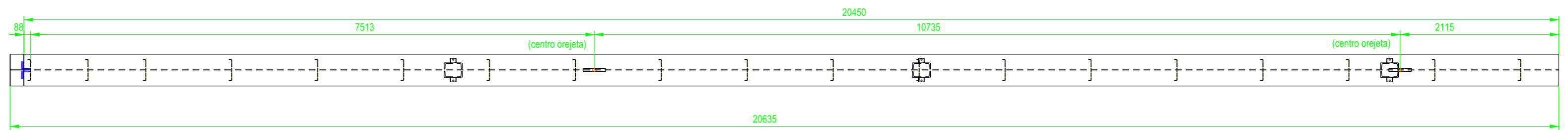
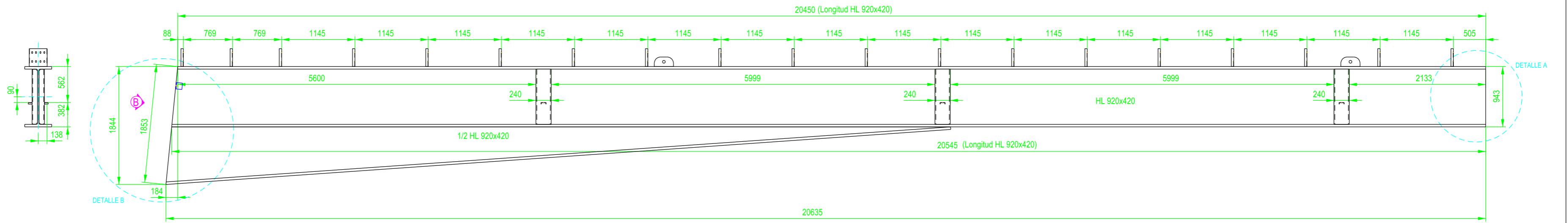
DETALLE A E 1/8



DETALLE C E 1/8

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castell3n) "		
	AUTOR: Ram3n Tercero Herreros		TUTOR: D. Juli3n Alcal3 Gonz3lez
	TITULO PLANO: Ensamblaje extremo C dintel BC21 HL 920x420		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
	PLANO N3: PT-141		

1 UNIDAD

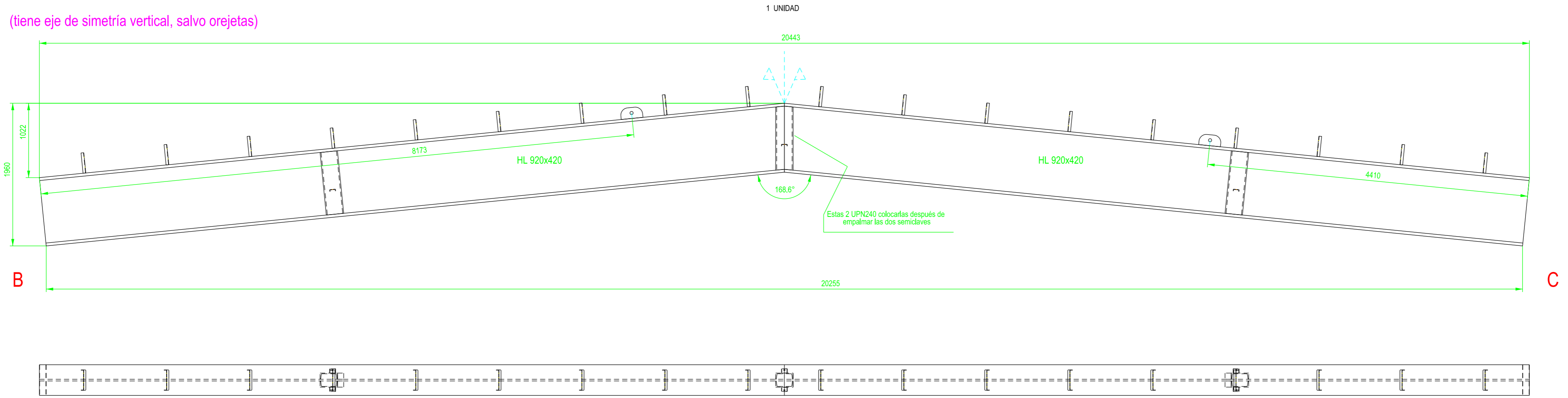


ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

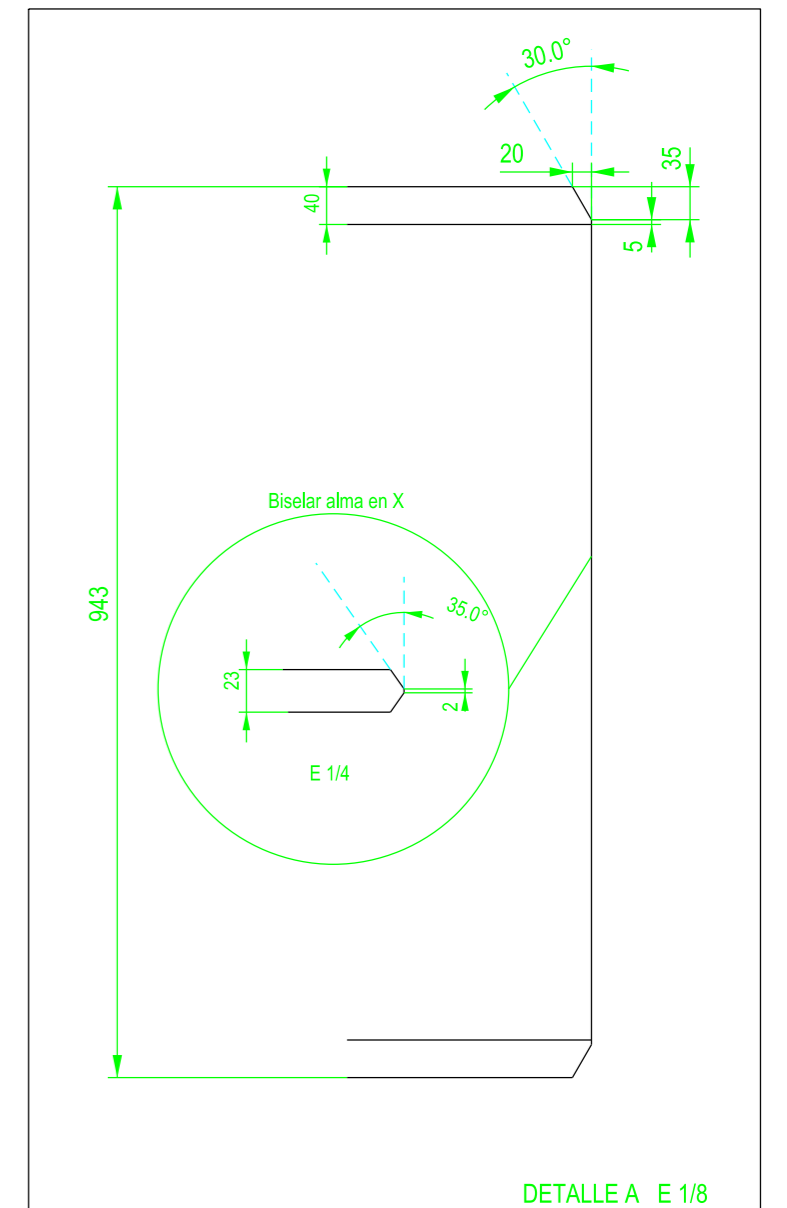
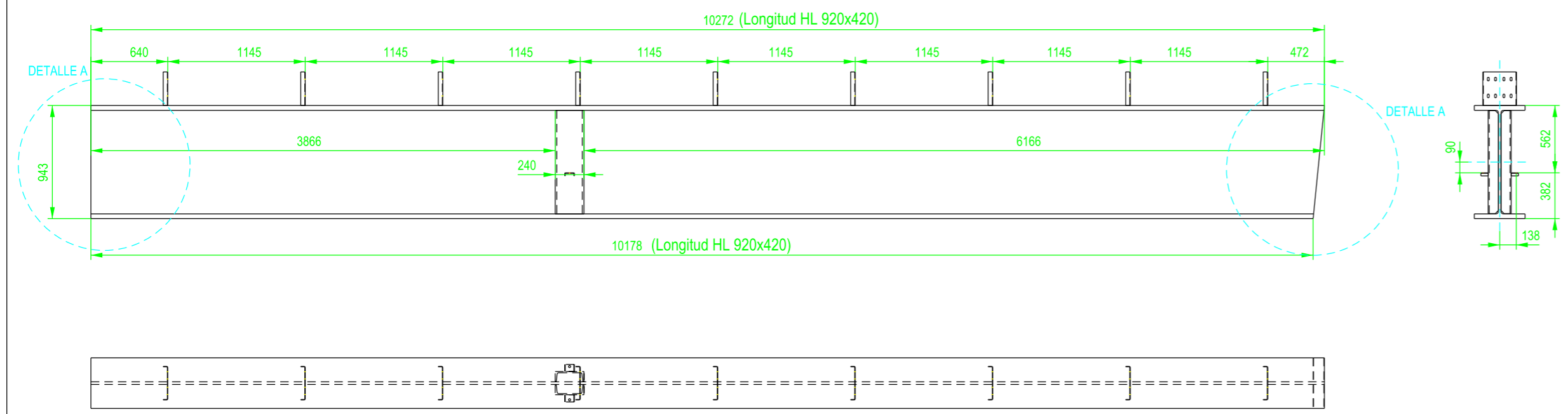
TRABAJO FINAL DE GRADO	
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje extremo B dintel BC22 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/50
	PLANO Nº: PT-142

CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical, salvo orejetas)

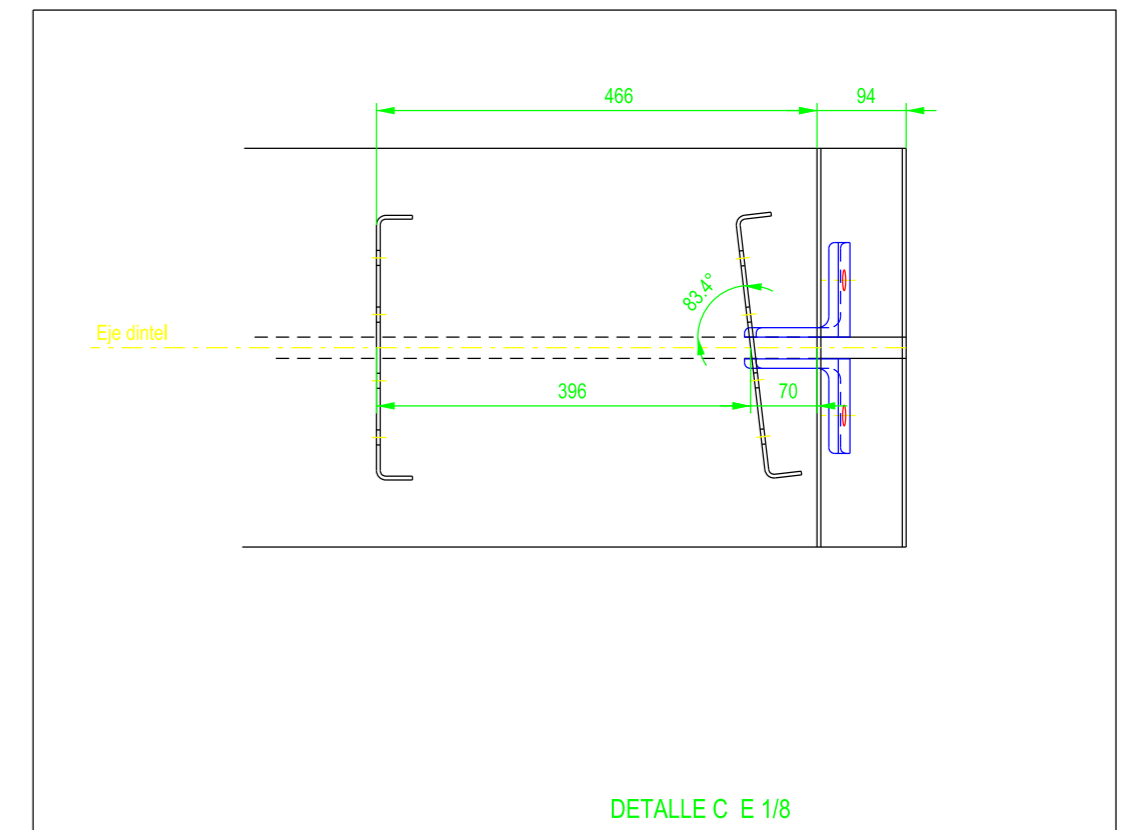
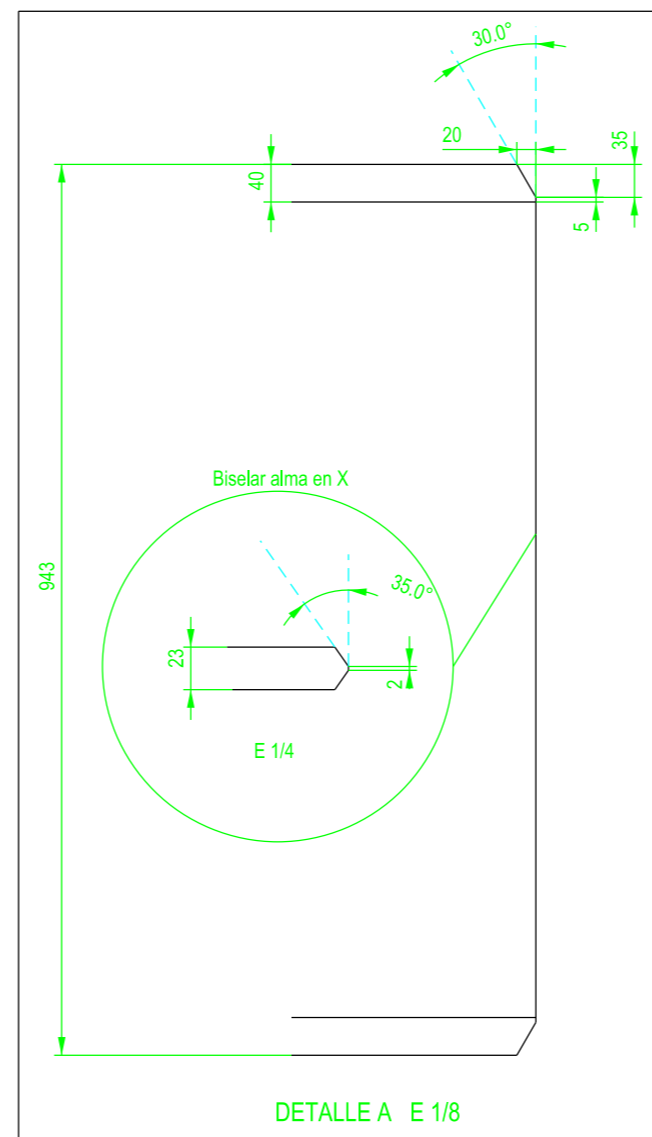
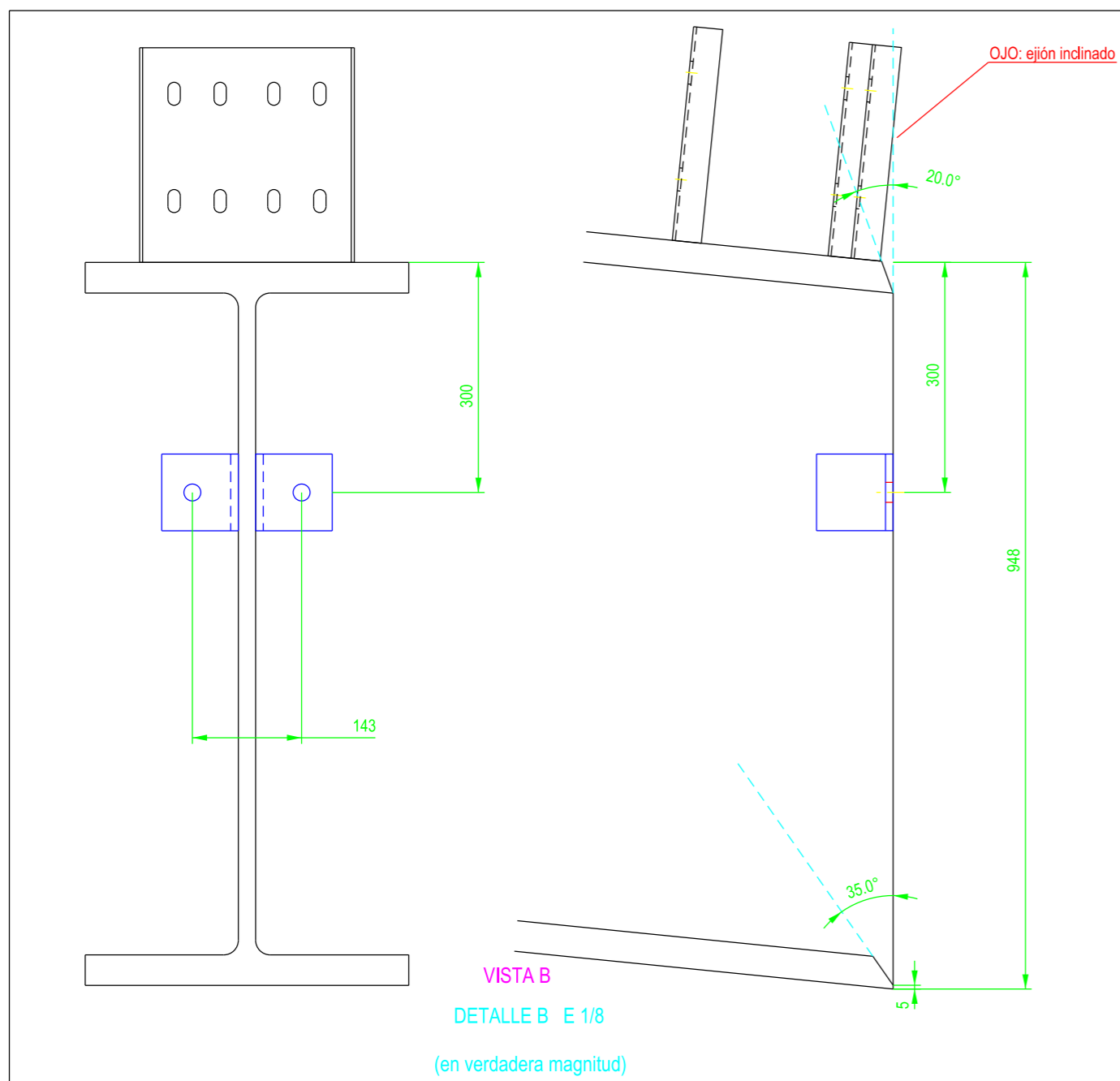
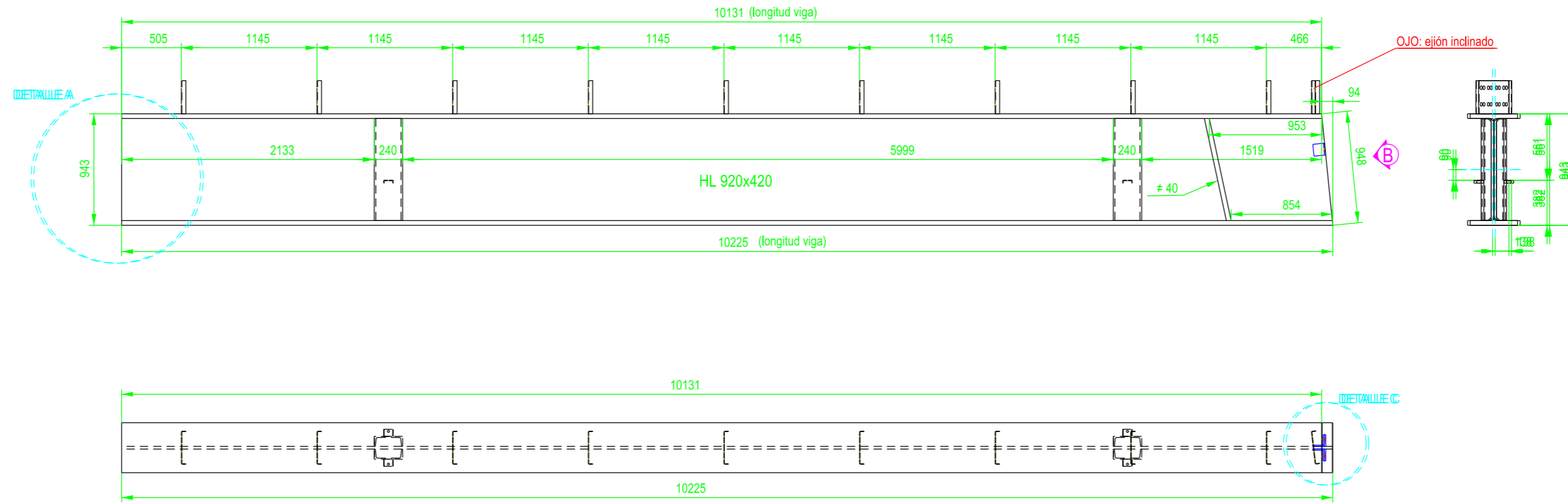


DETALLE SEMICLAVES (sin orejetas)

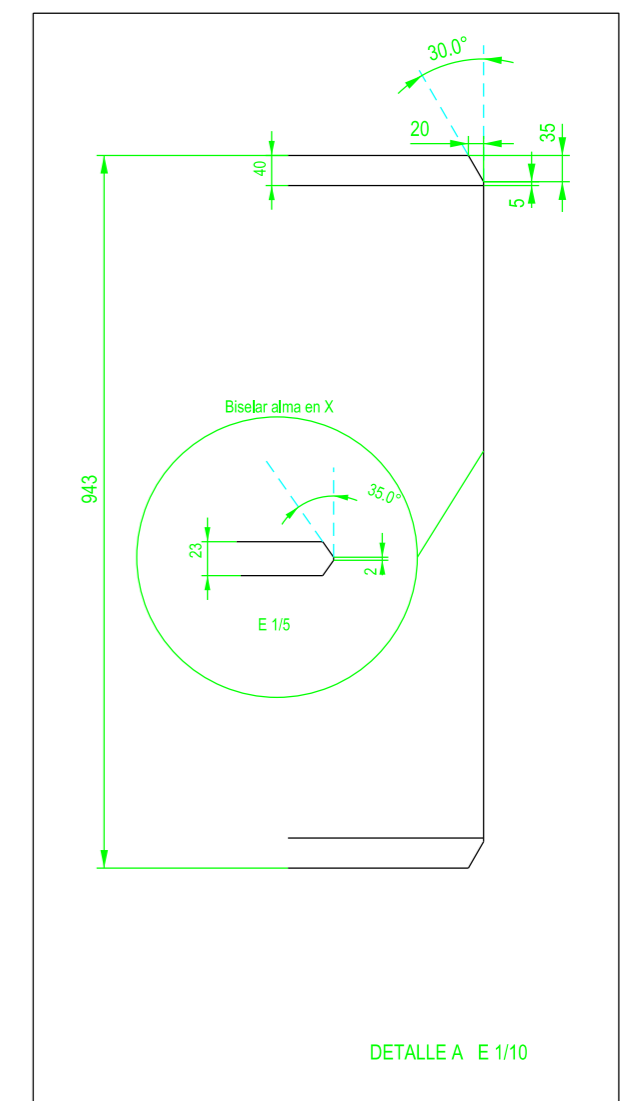
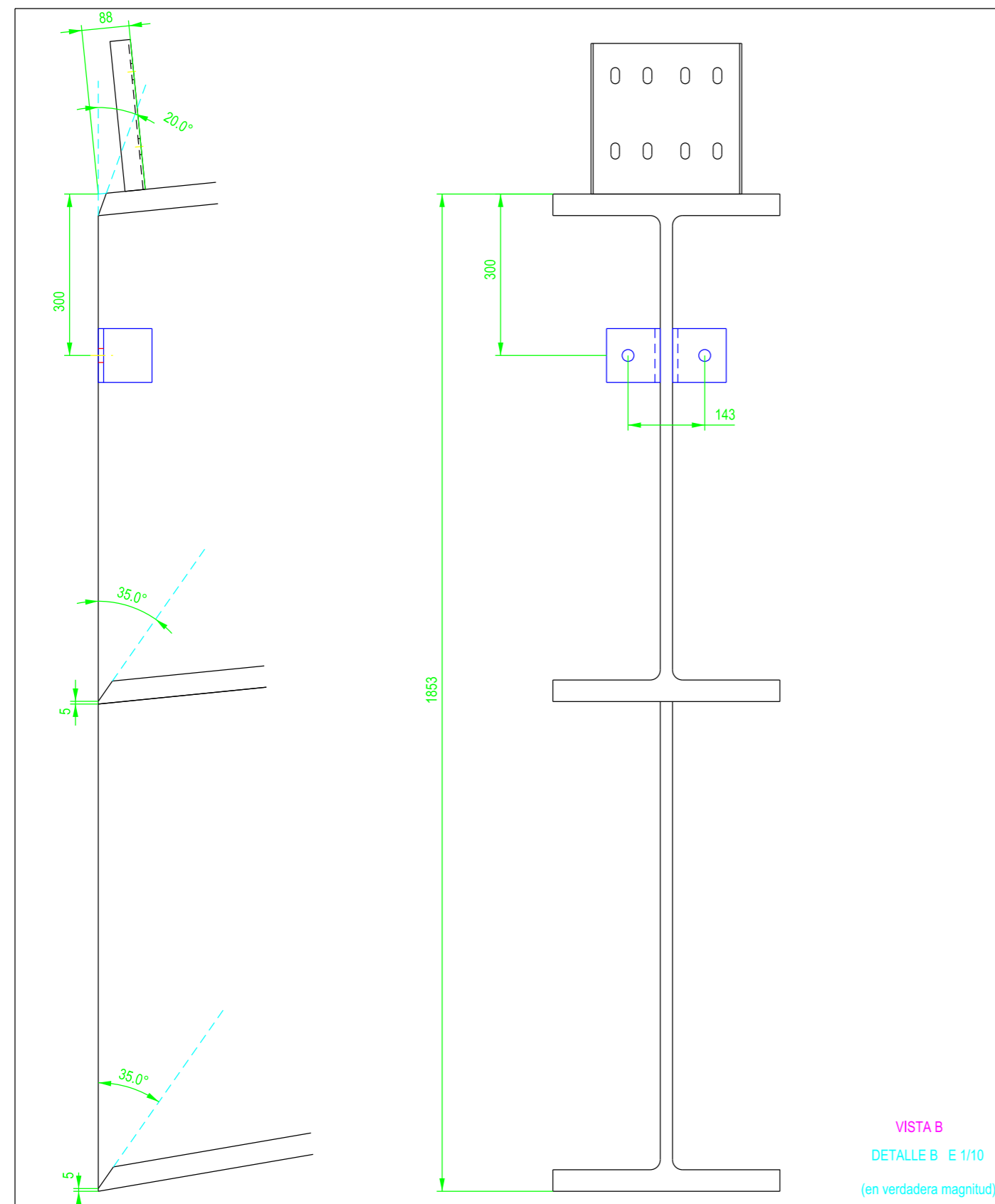
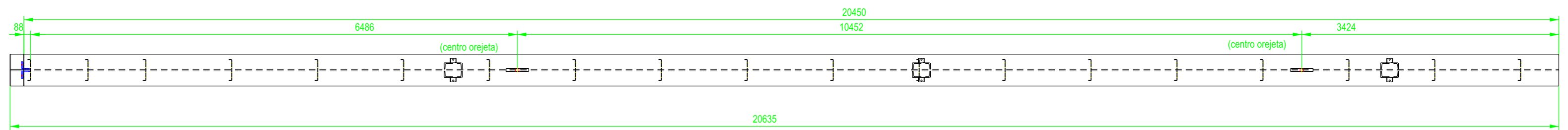
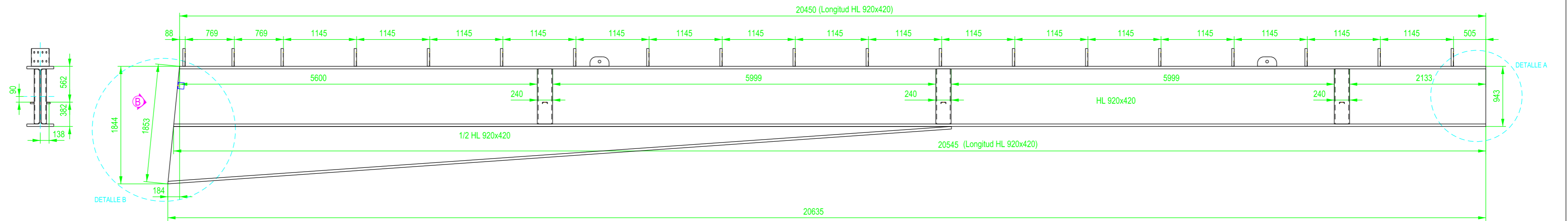


ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Ensamblaje clave dintel BC22 HL 920x420		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-143		

1 UNIDAD



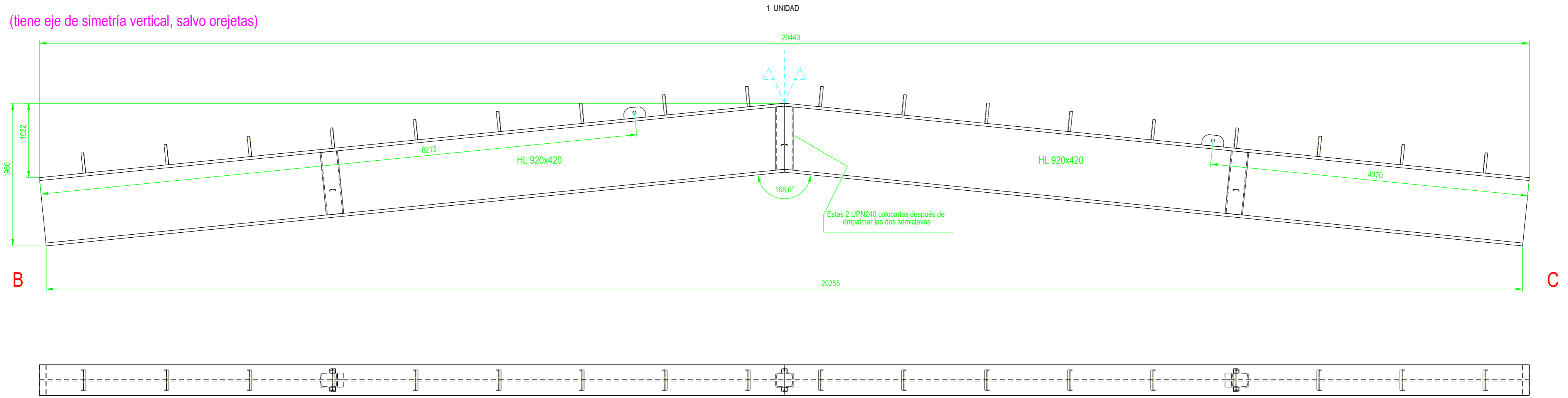
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO	
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Ensamblaje extremo C dintel BC22 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-144	



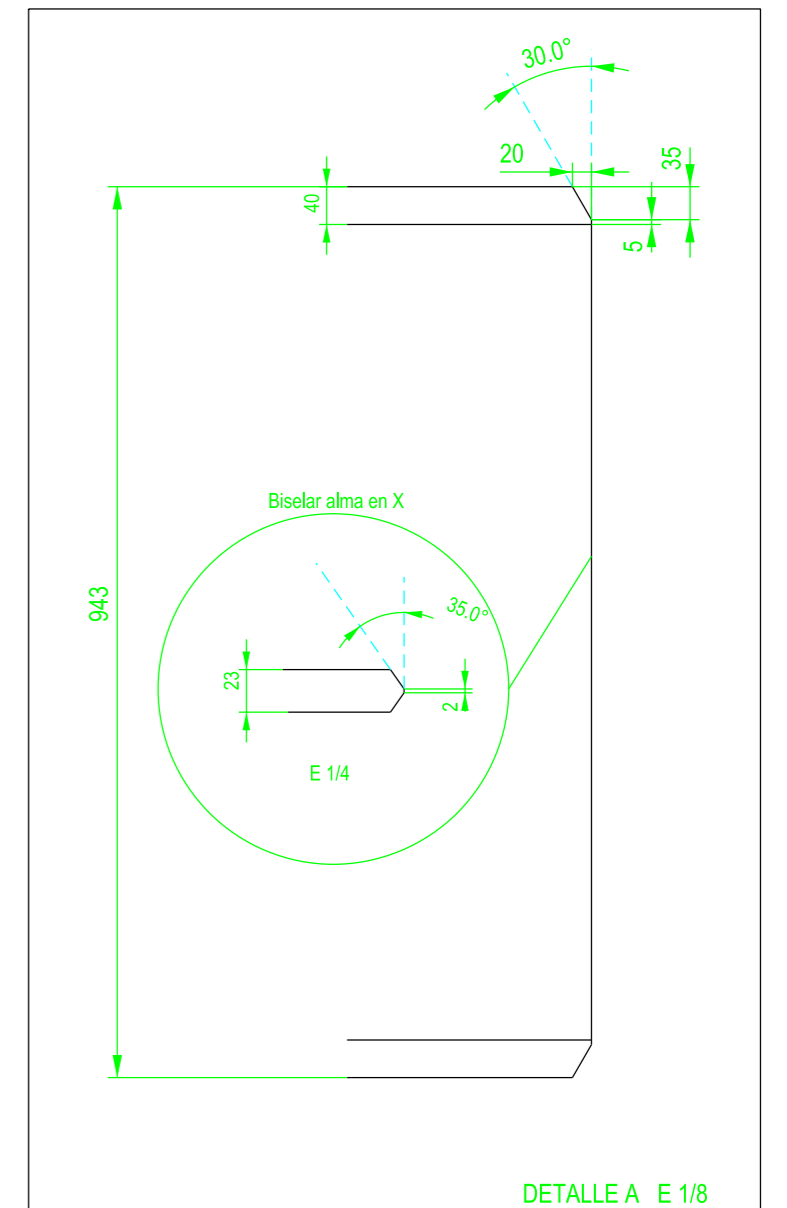
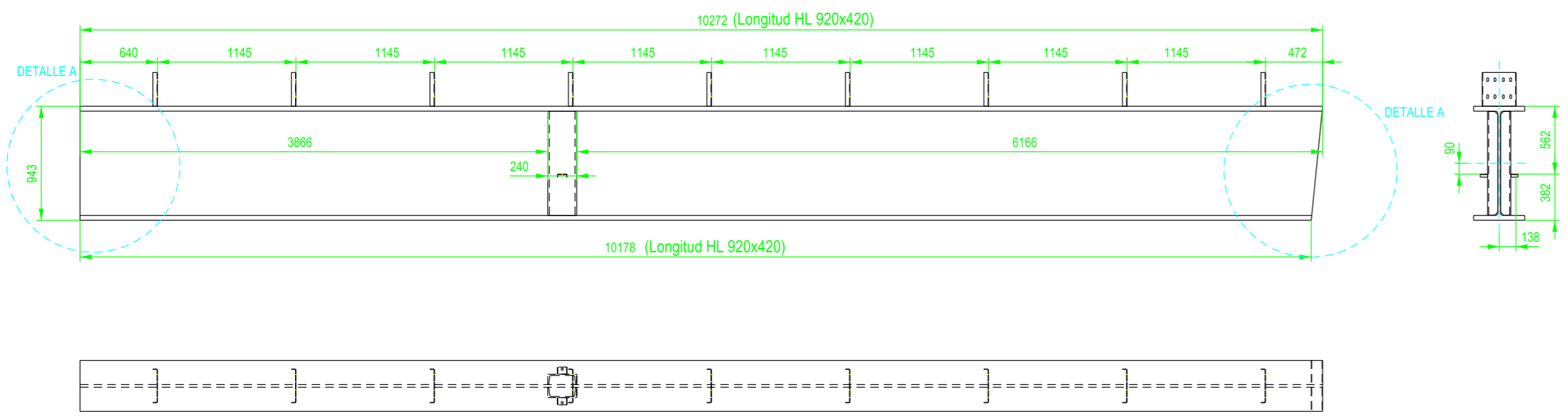
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TÍTULO PLANO: Ensamblaje extremo B dintel BC23 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/50	PLANO Nº: PT-145	

CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical, salvo orejetas)

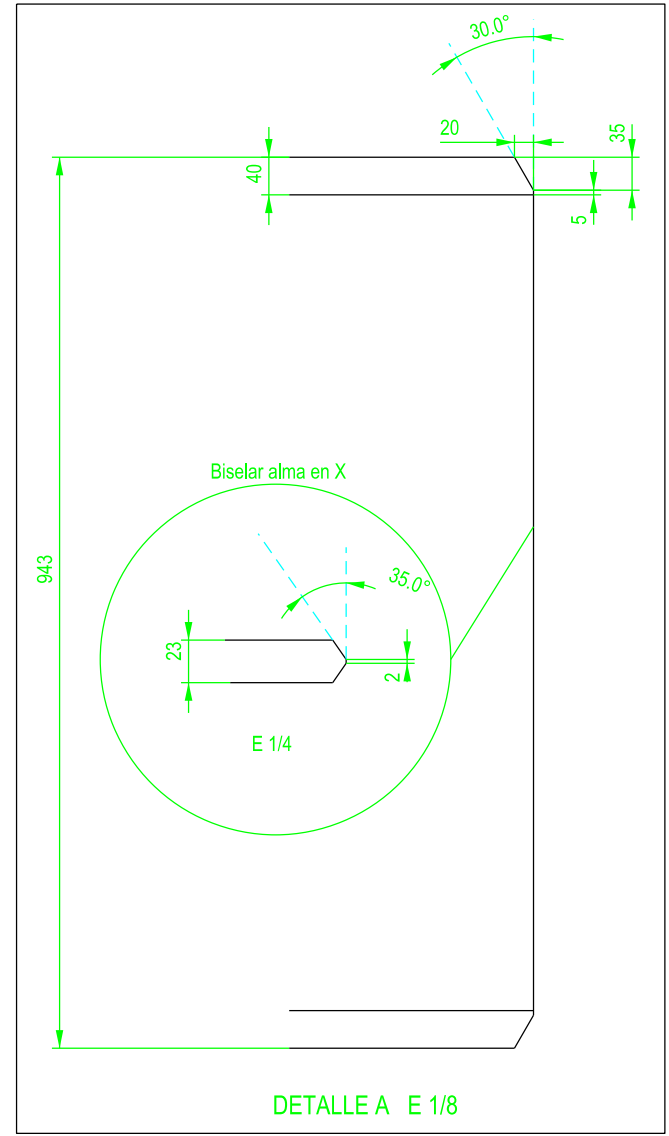
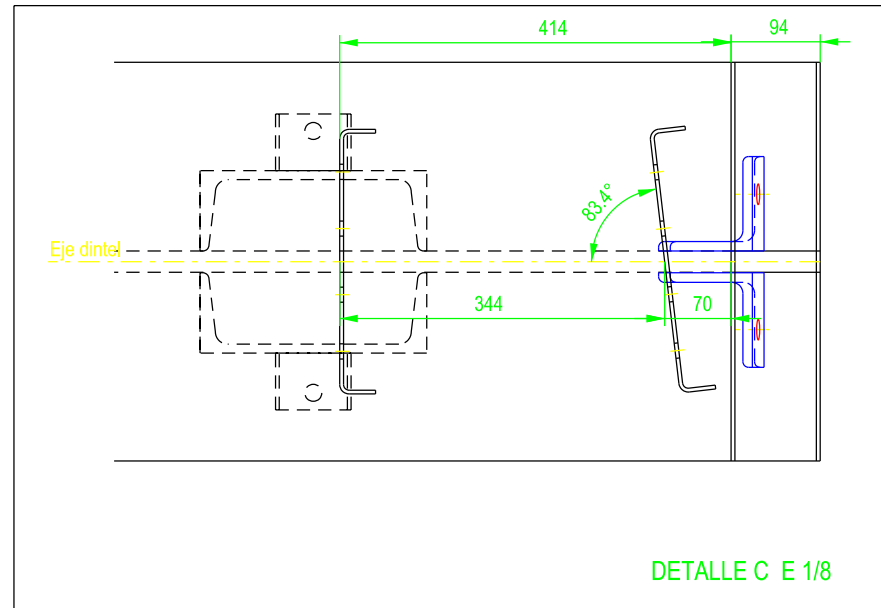
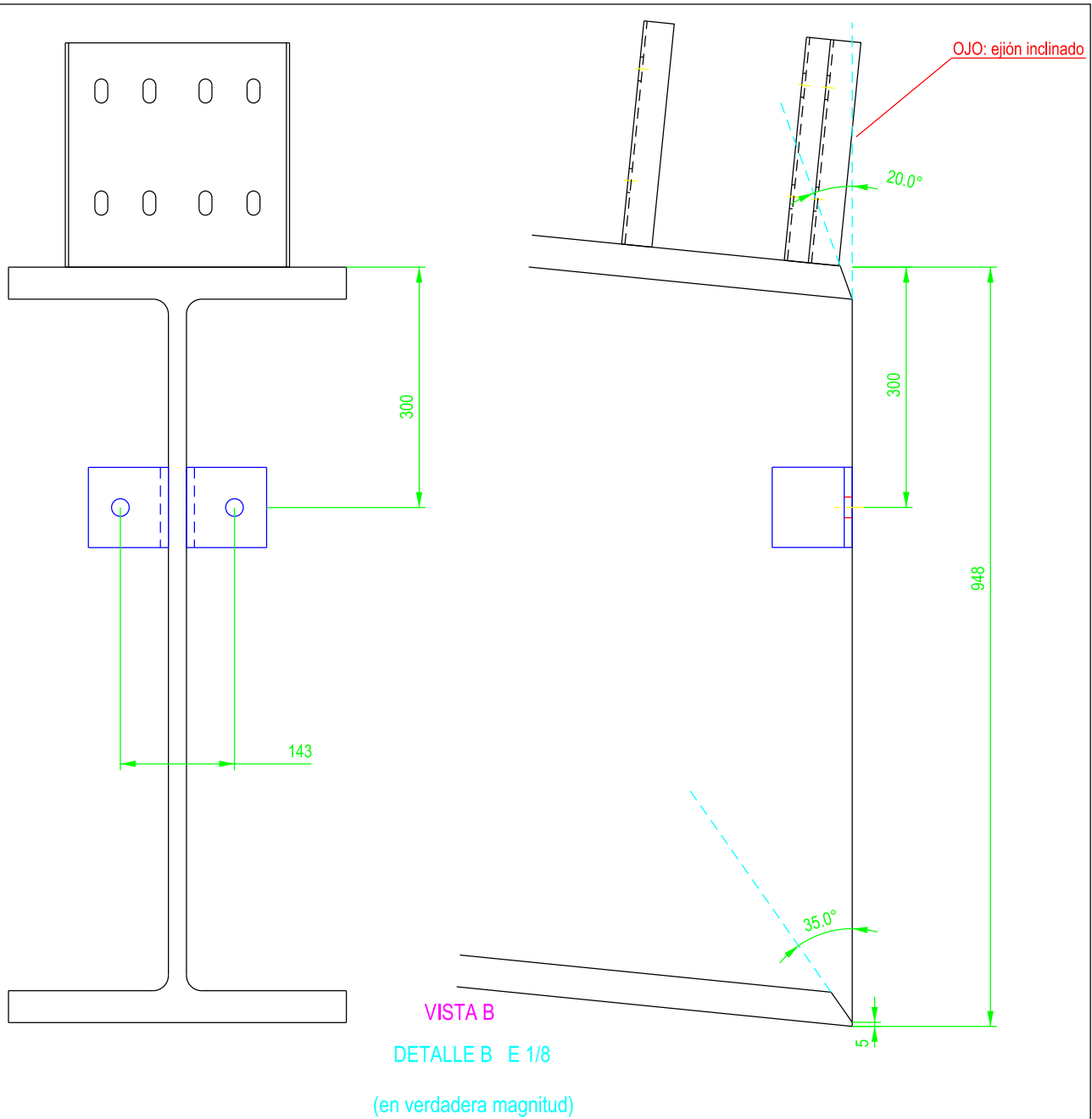
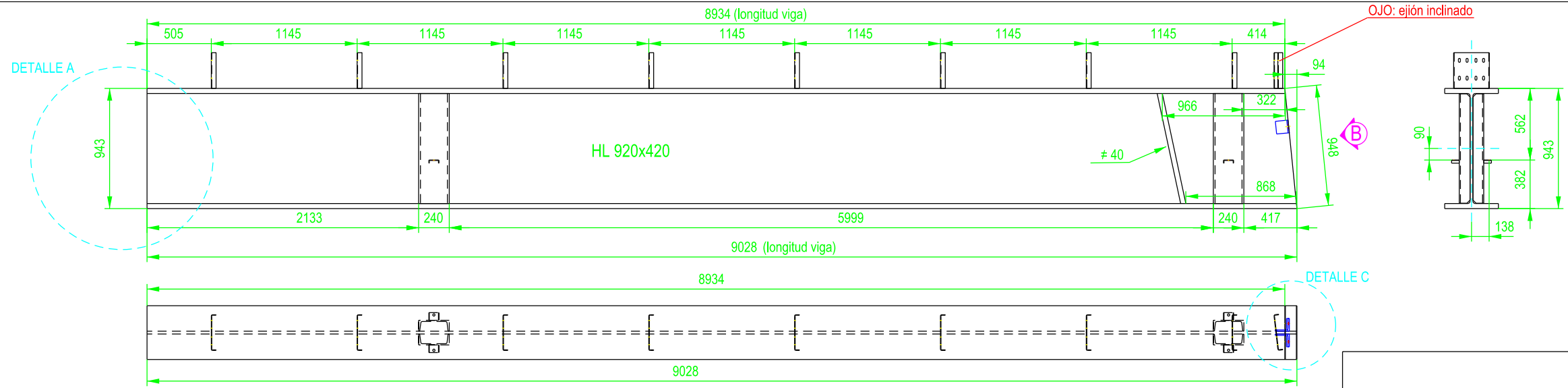


DETALLE SEMICLAVES (sin orejetas)



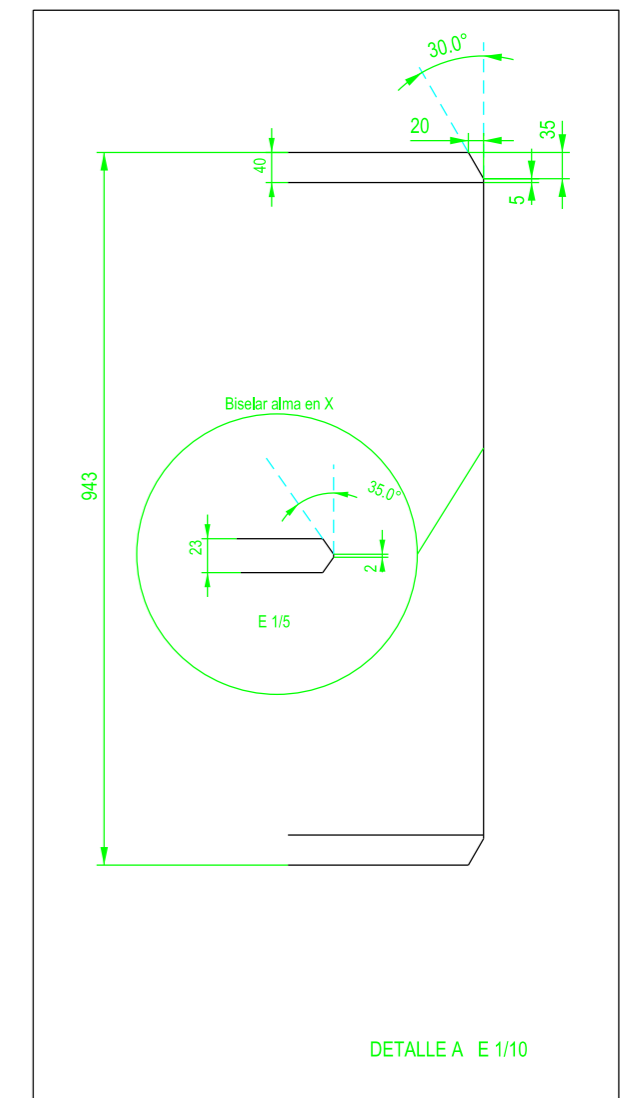
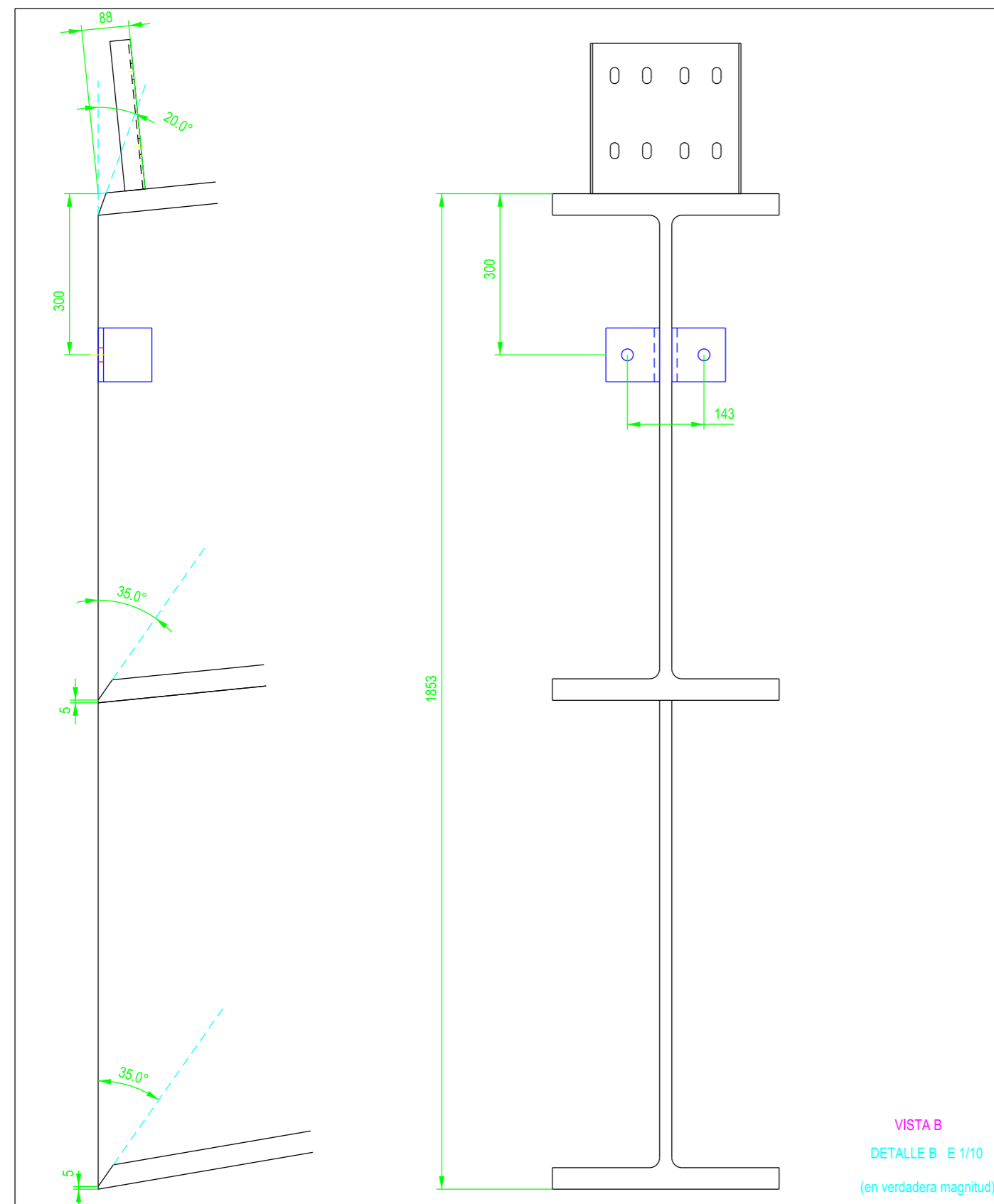
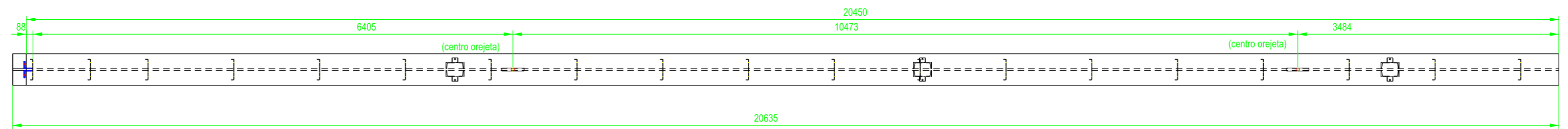
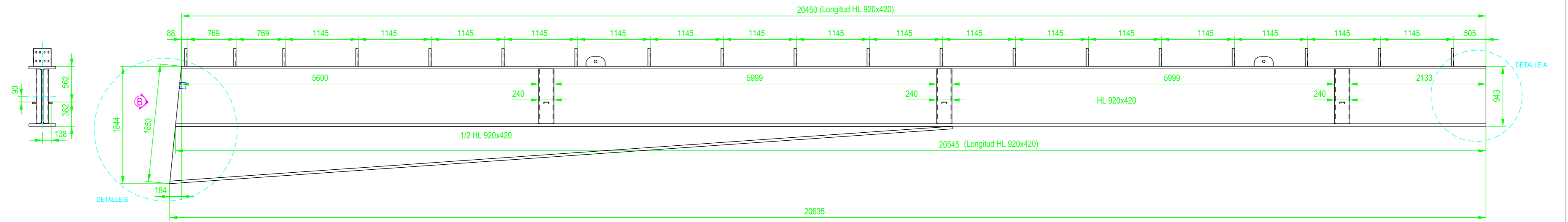
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Ensamblaje clave dintel BC23 HL 920x420		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-146		

1 UNIDAD



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Ensamblaje extremo C dintel BC23 HL 920x420	FORMATO: A3 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-147

1 UNIDAD

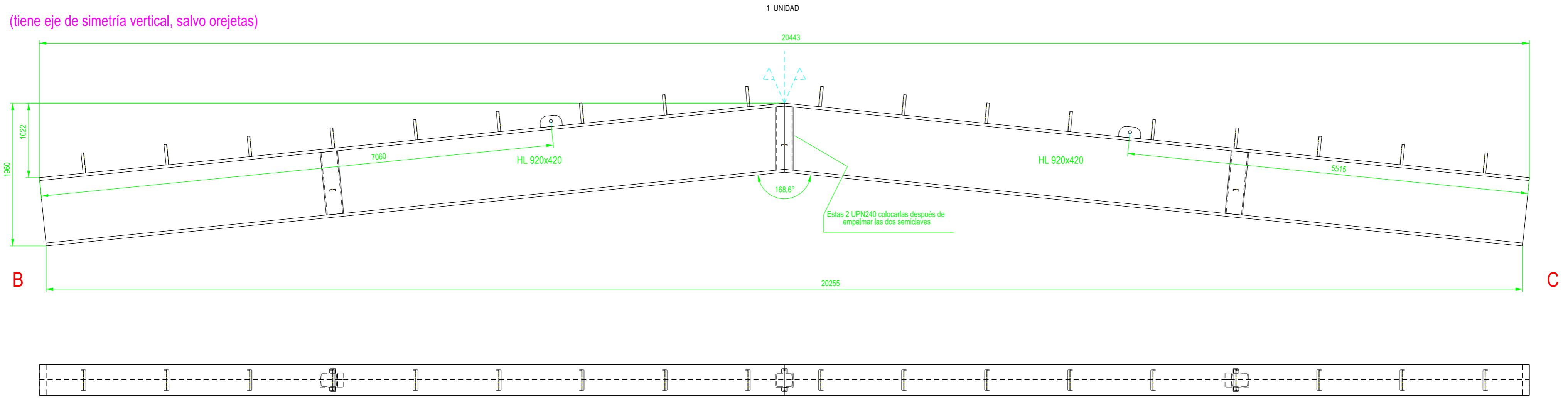


ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

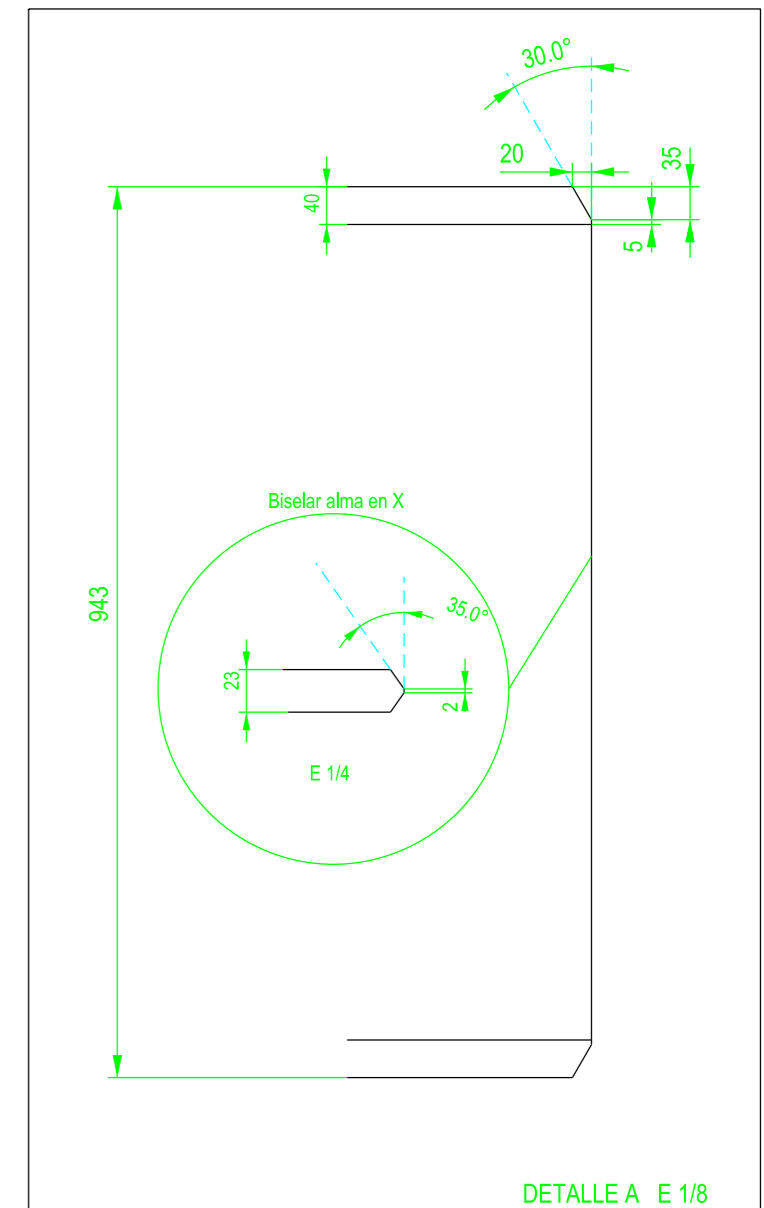
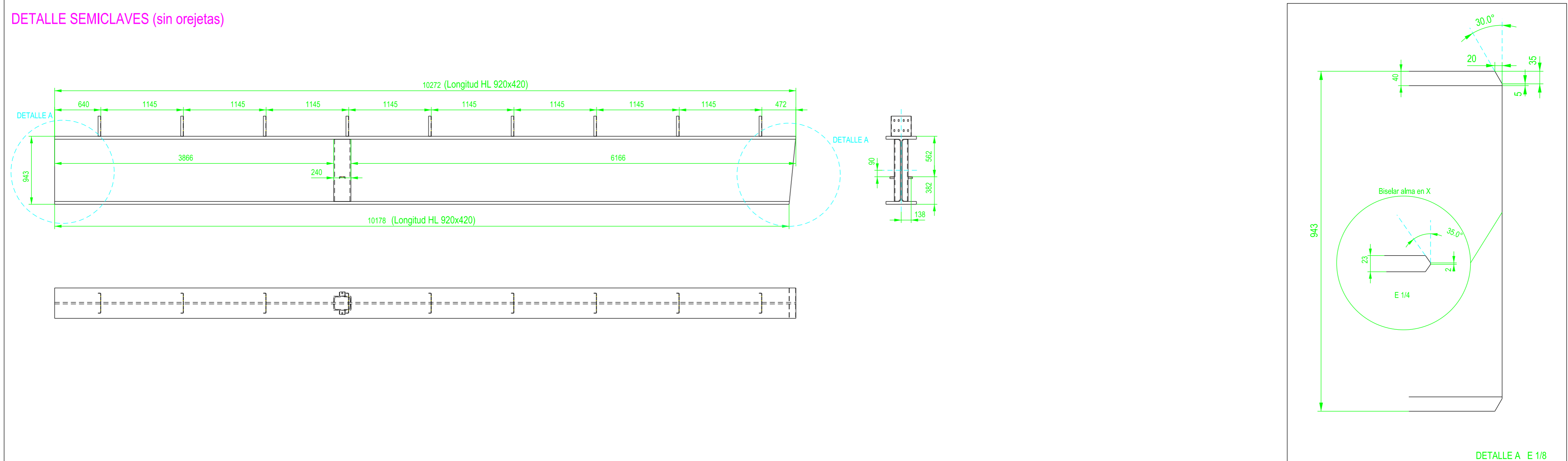
TRABAJO FINAL DE GRADO	
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje extremo B dintel BC24 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/50
	PLANO Nº: PT-148

CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical, salvo orejetas)

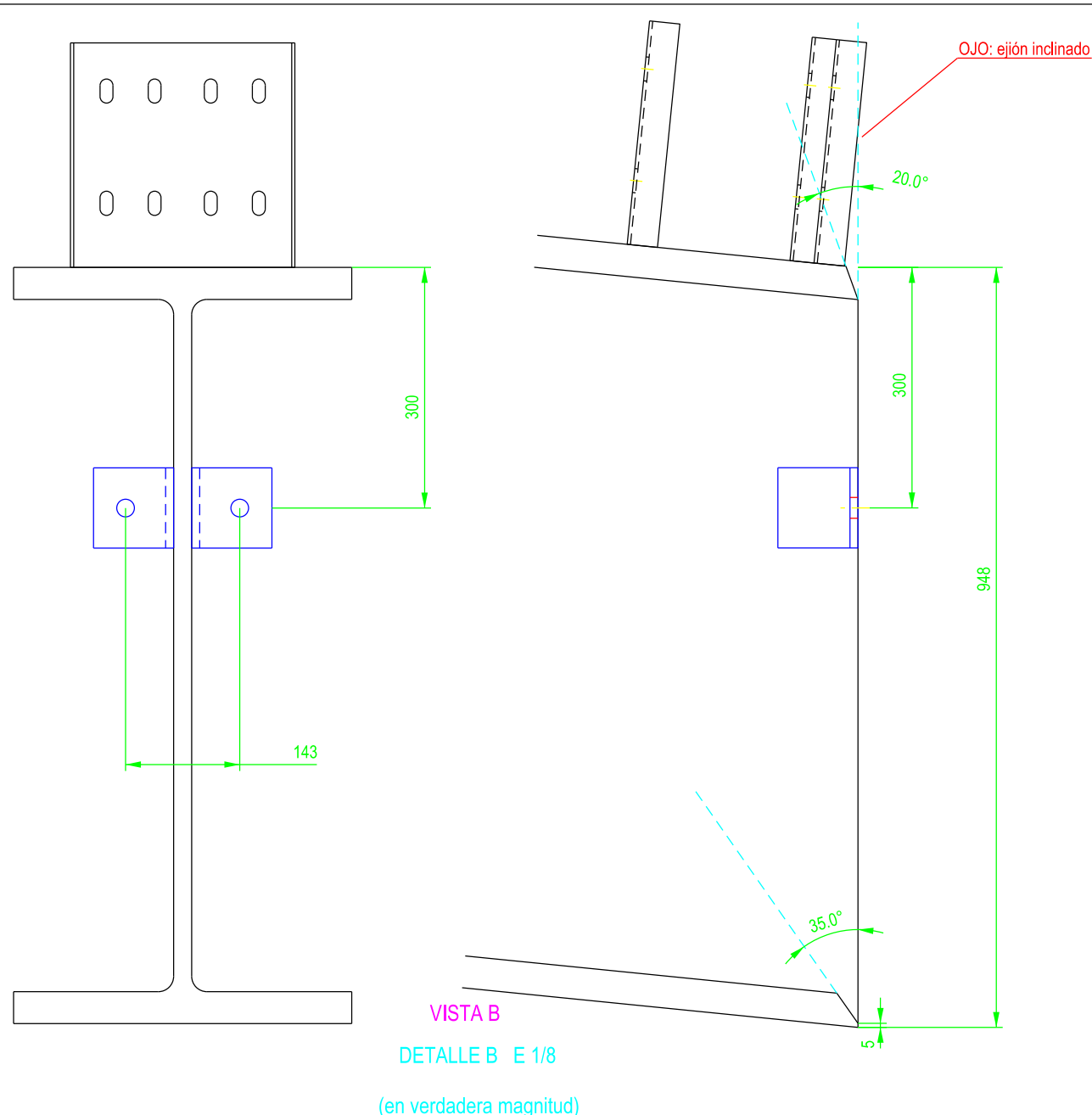
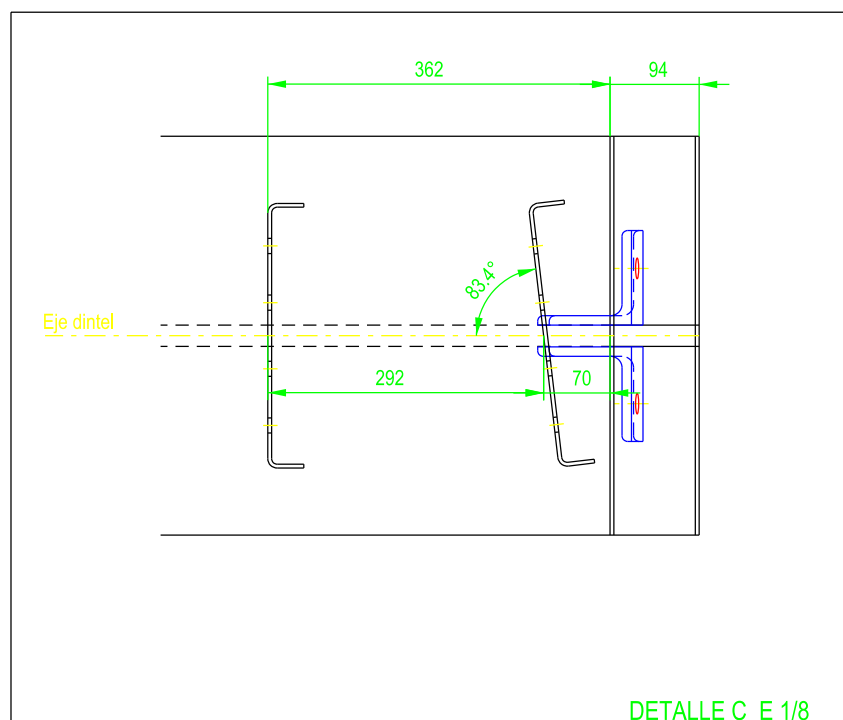
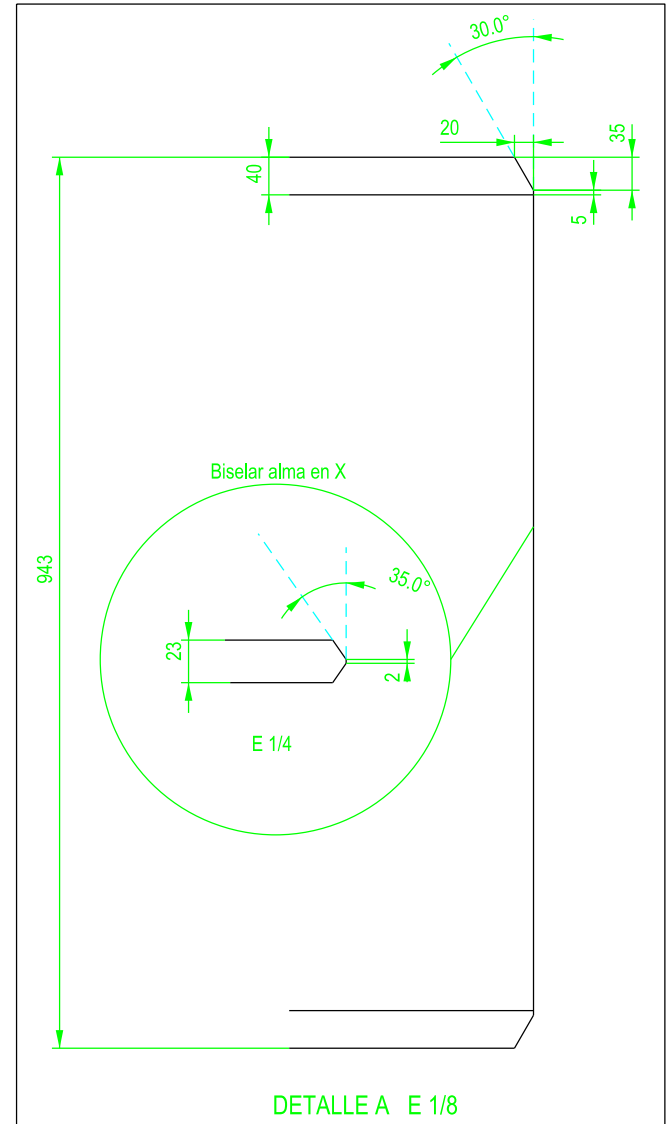
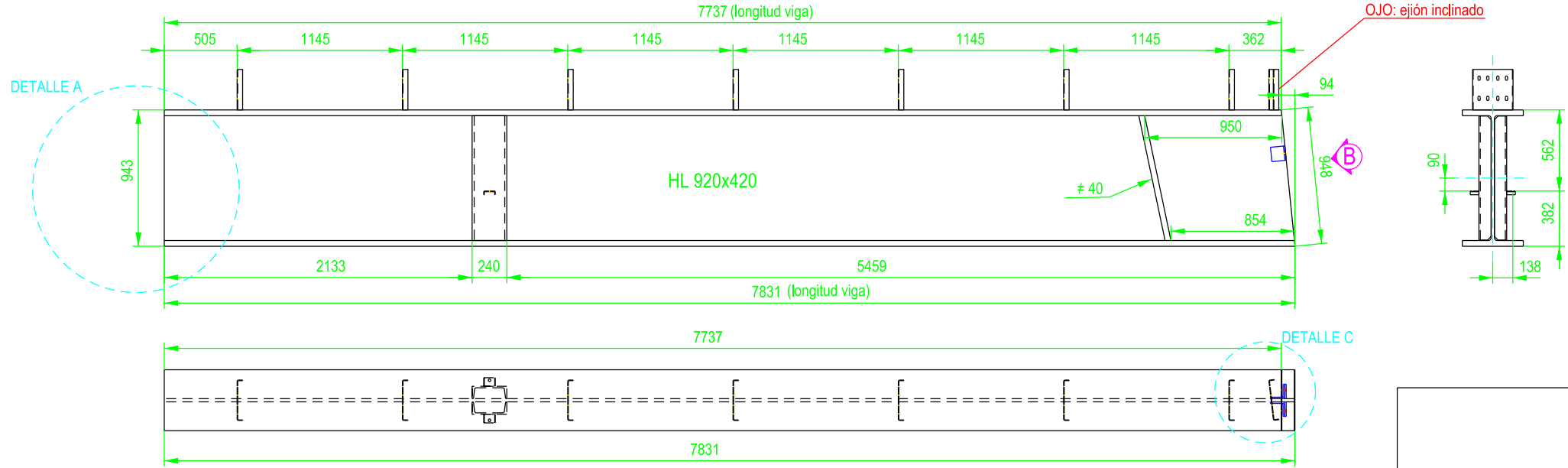


DETALLE SEMICLAVES (sin orejetas)

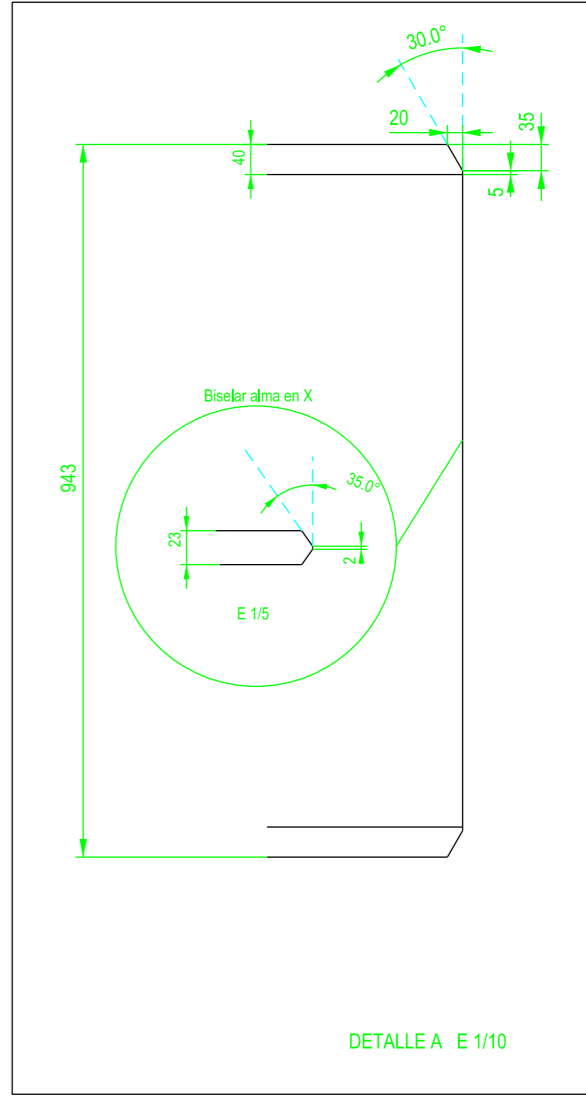
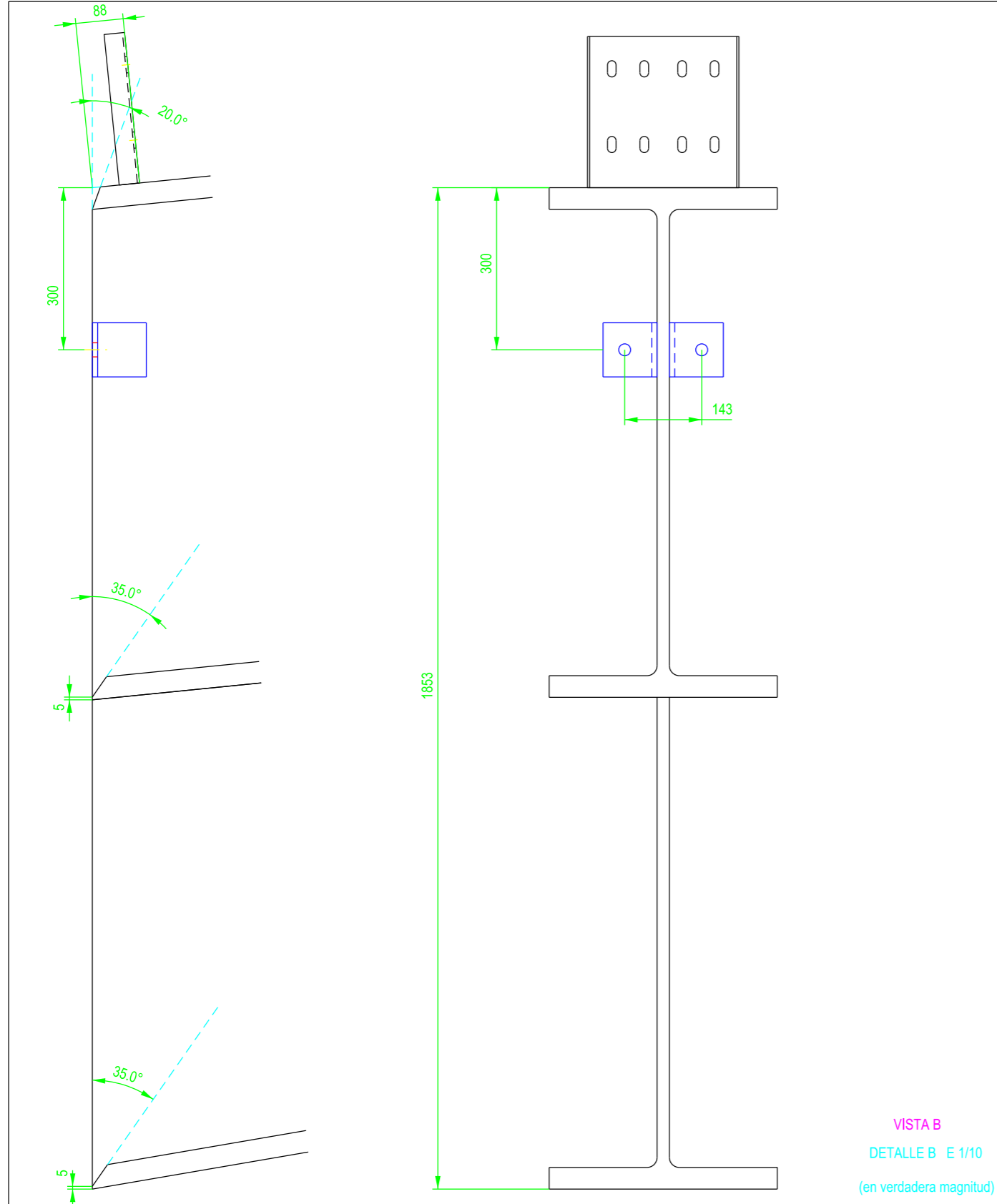
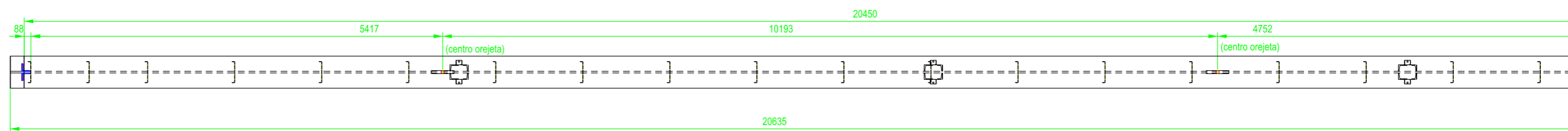
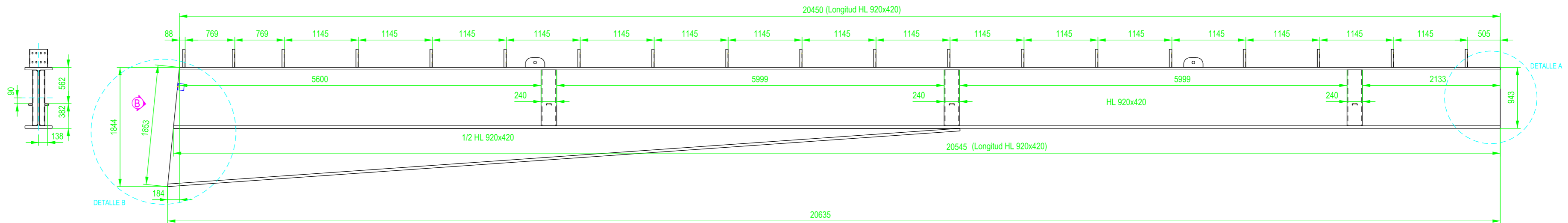


ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Ensamblaje clave dintel BC24 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-149	

1 UNIDAD

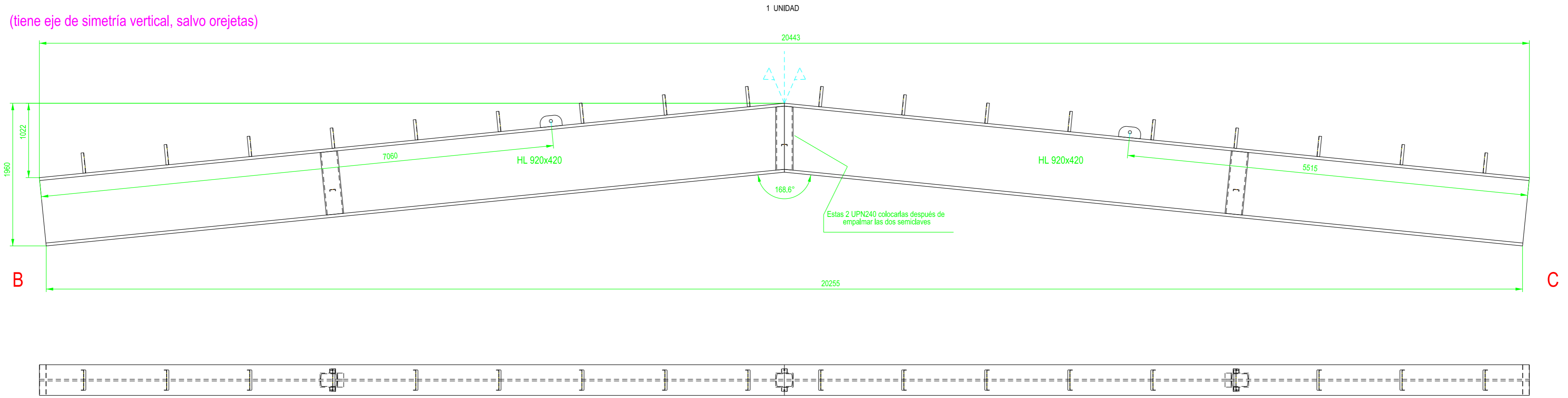


ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: Ensamblaje extremo C dintel BC24 HL 920x420	FORMATO: A3 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-150

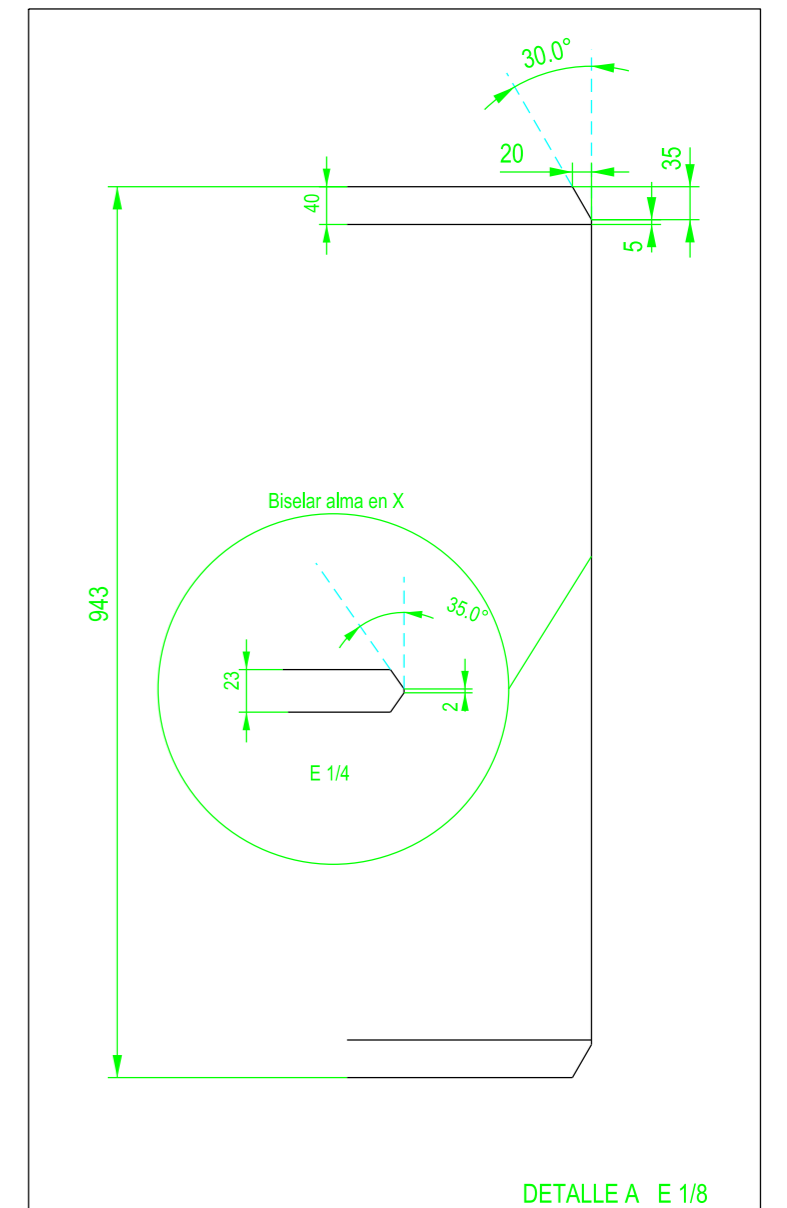
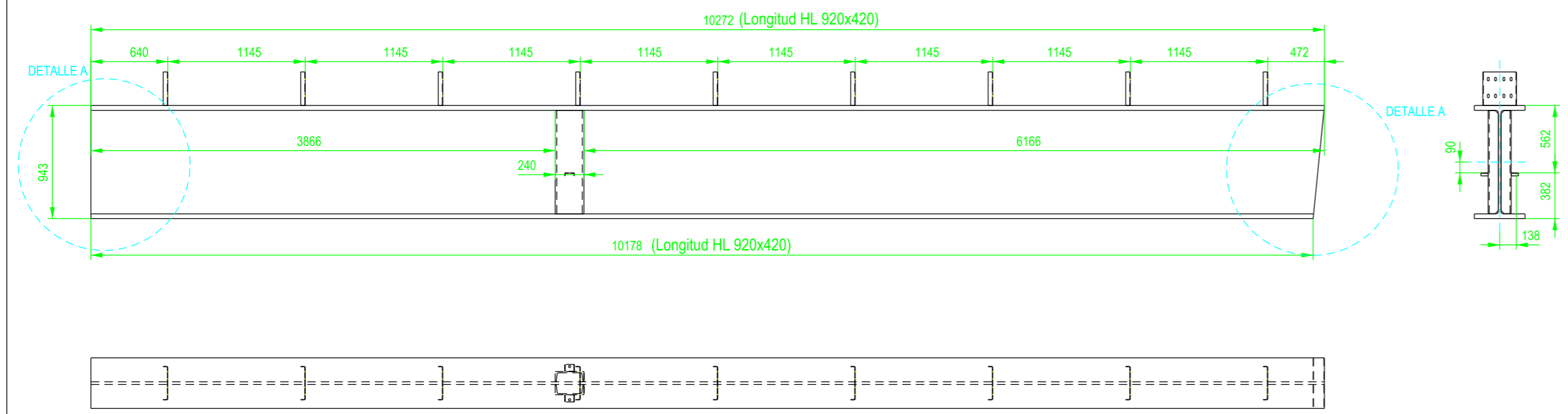


CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical, salvo orejetas)

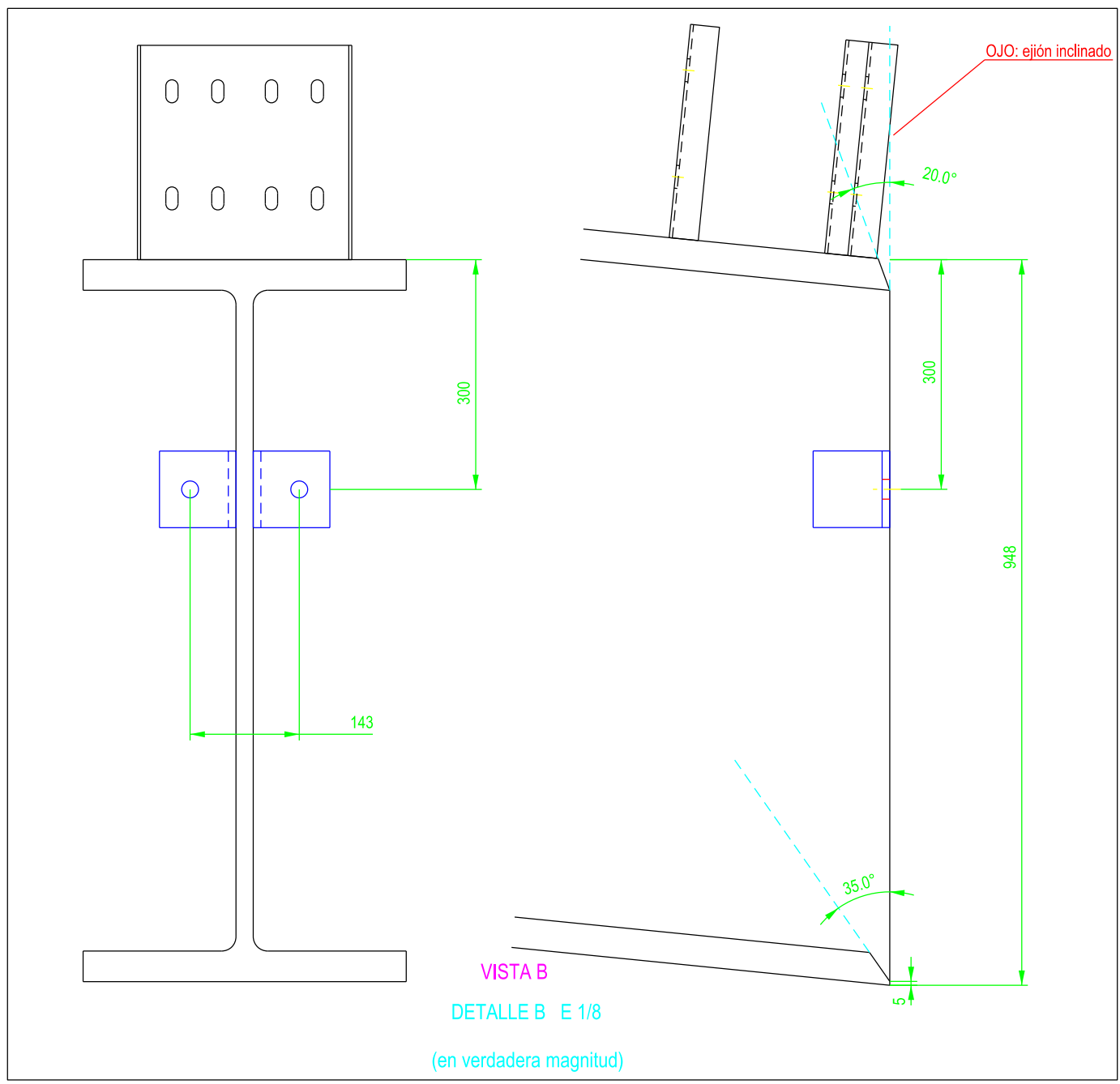
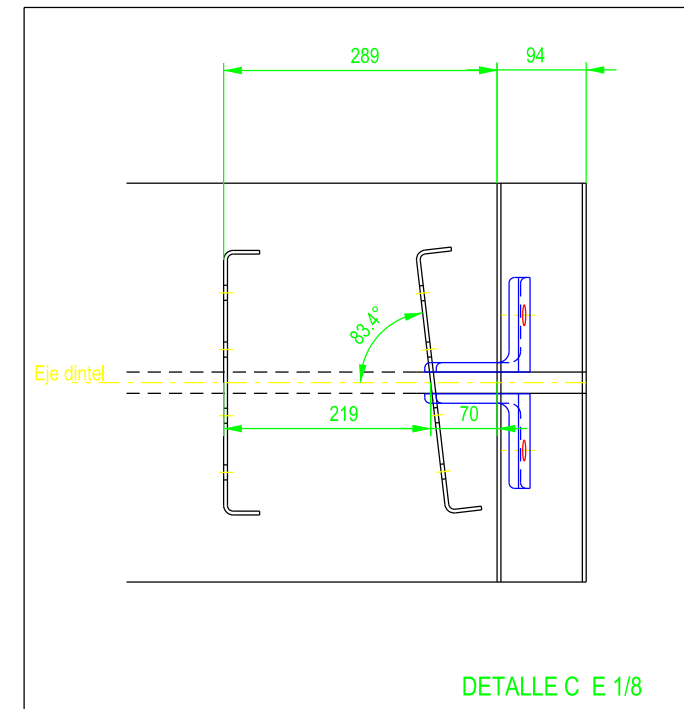
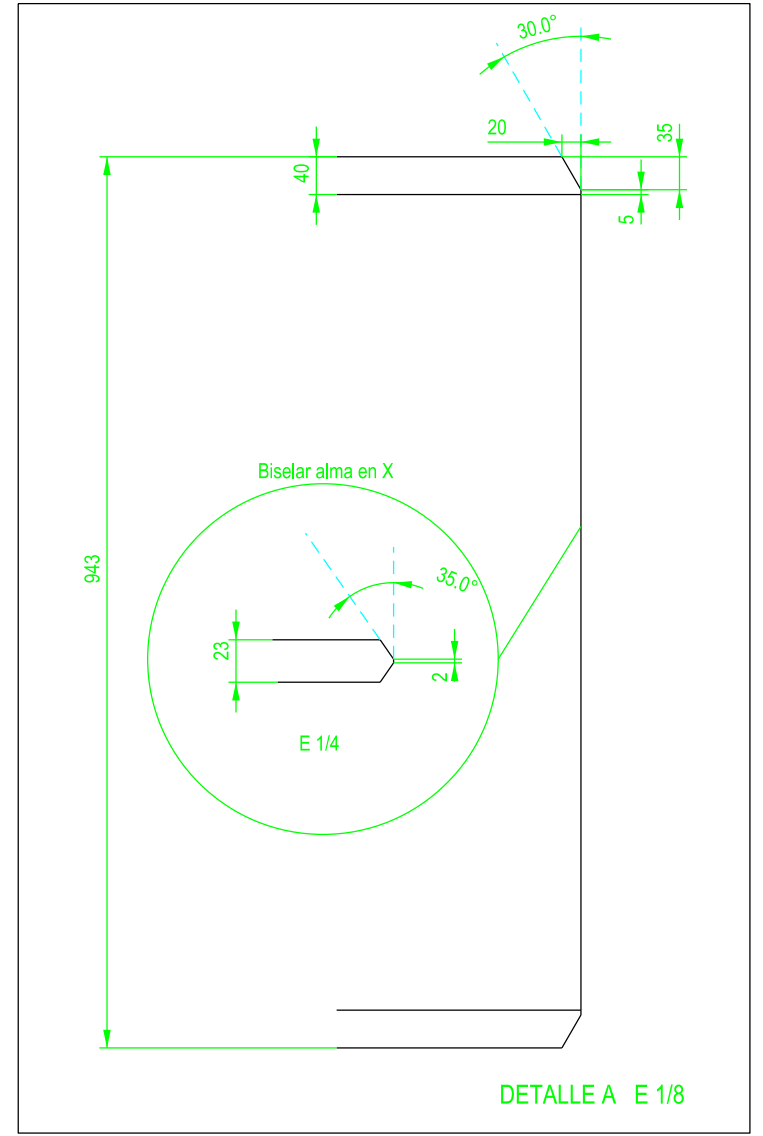
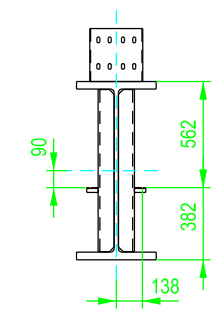
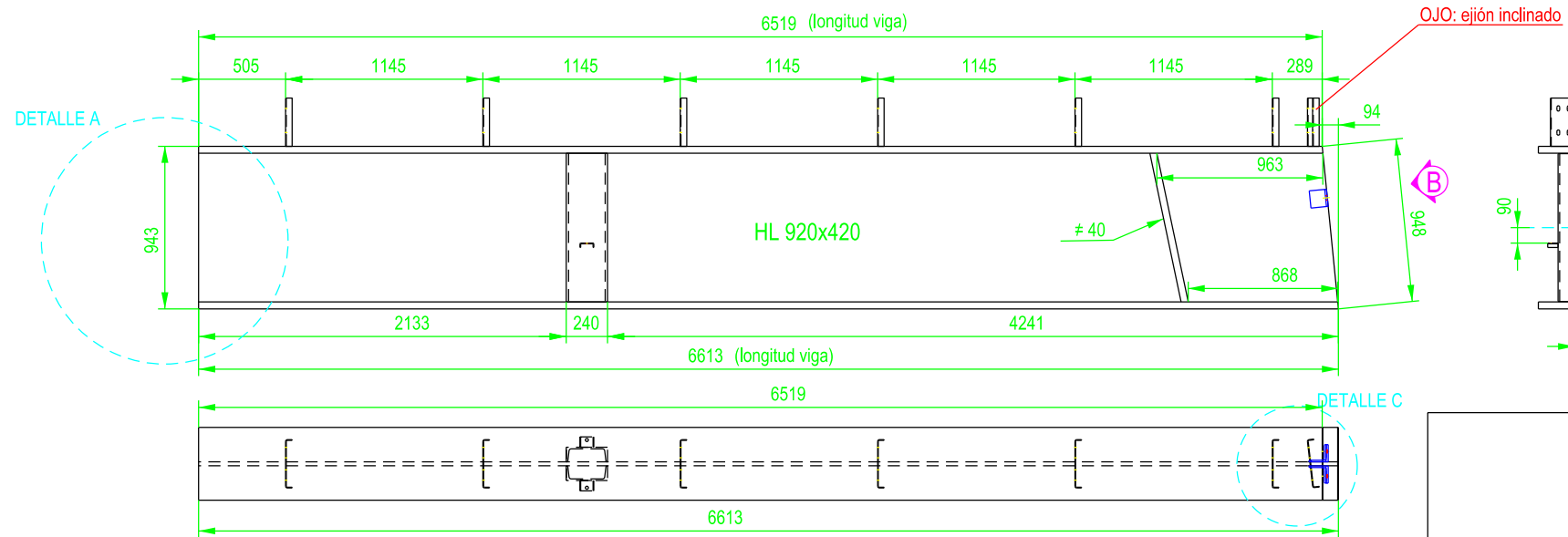


DETALLE SEMICLAVES (sin orejetas)



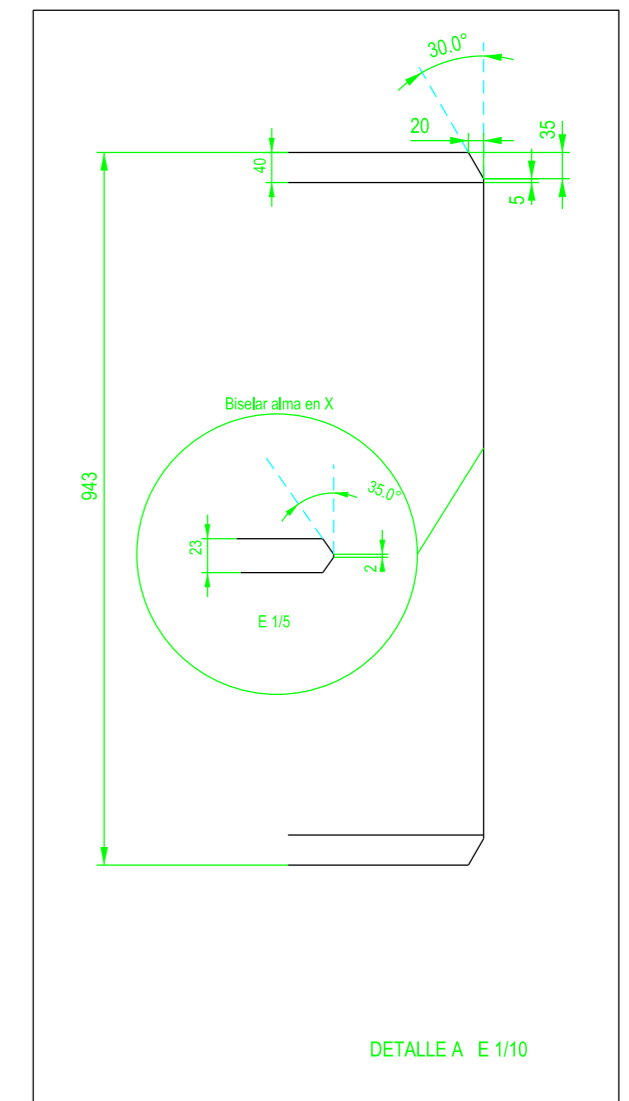
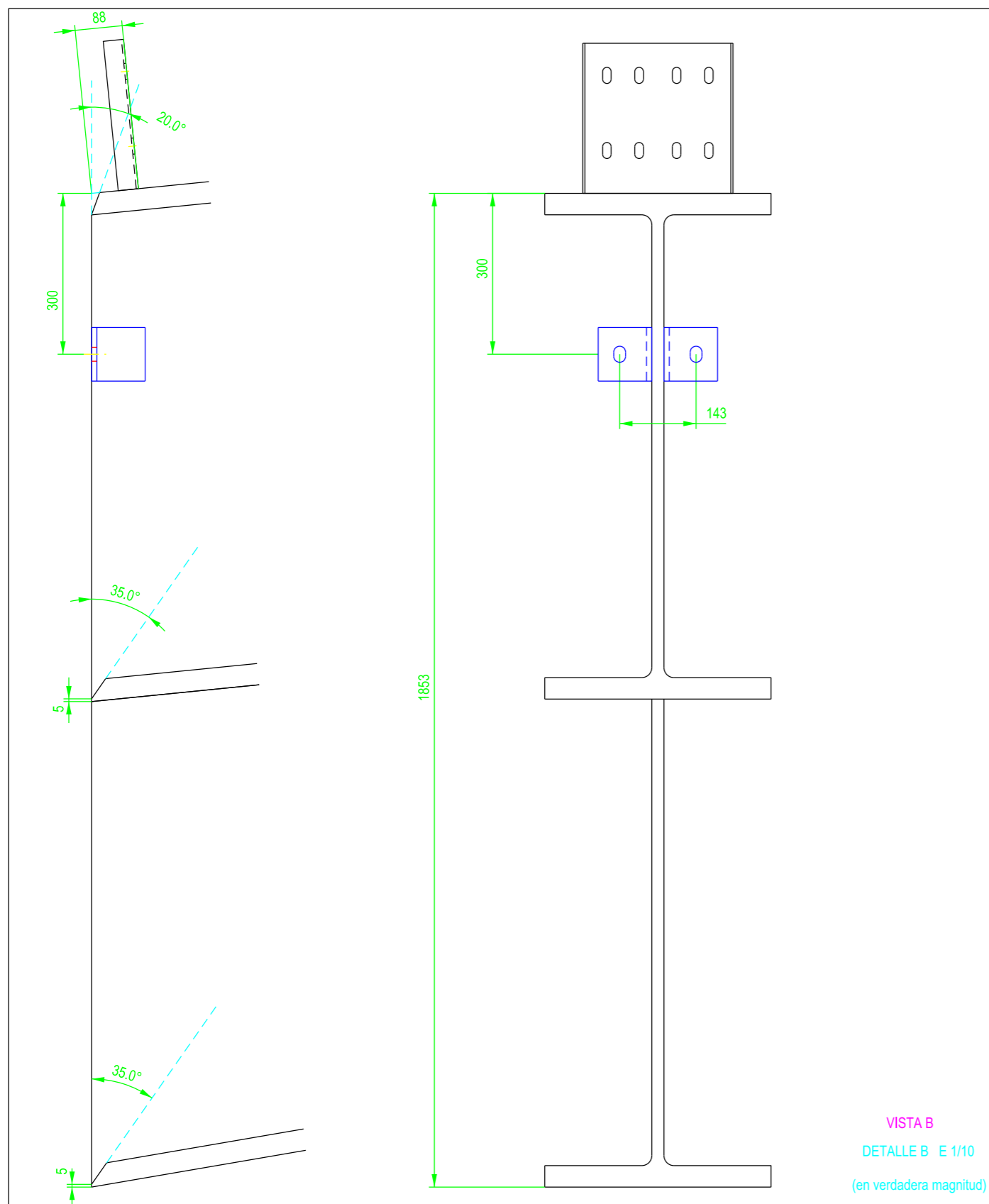
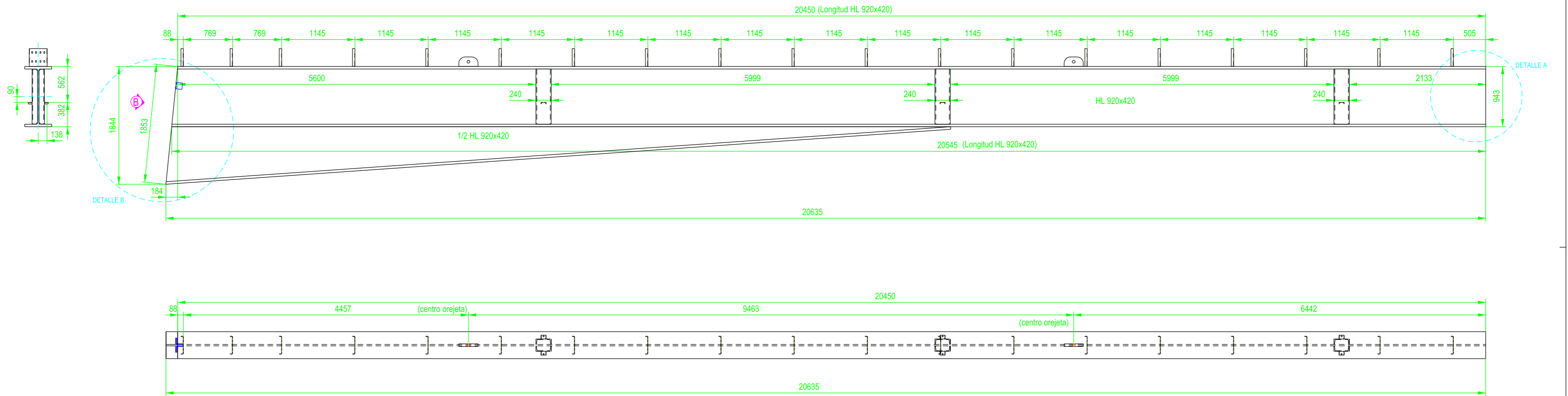
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: Ensamblaje clave dintel BC25 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-152

1 UNIDAD



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Ensamblaje extremo C dintel BC25 HL 920x420	FORMATO: A3 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-153	

1 UNIDAD

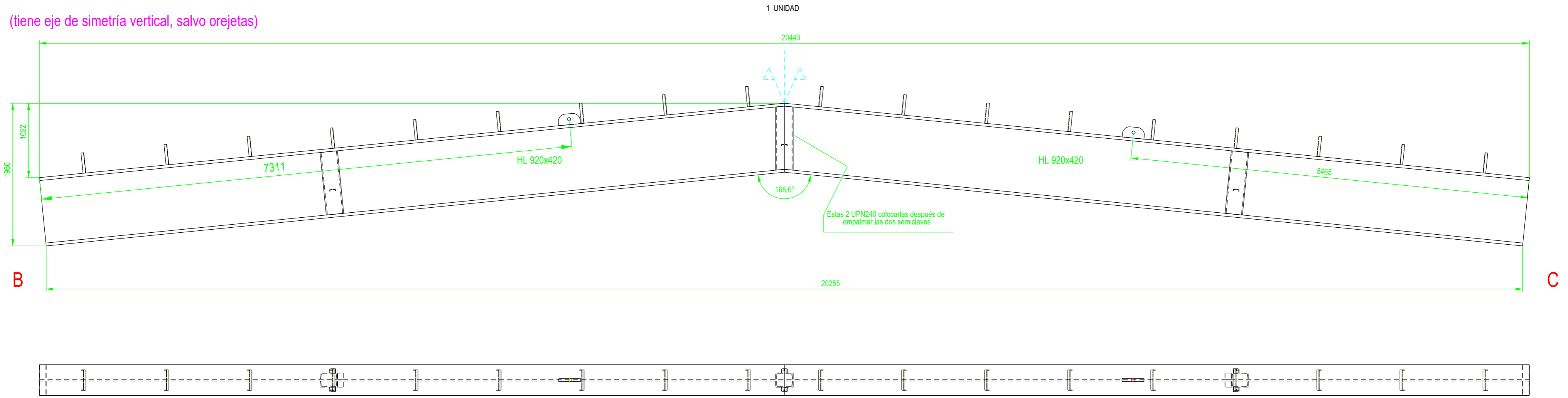


ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

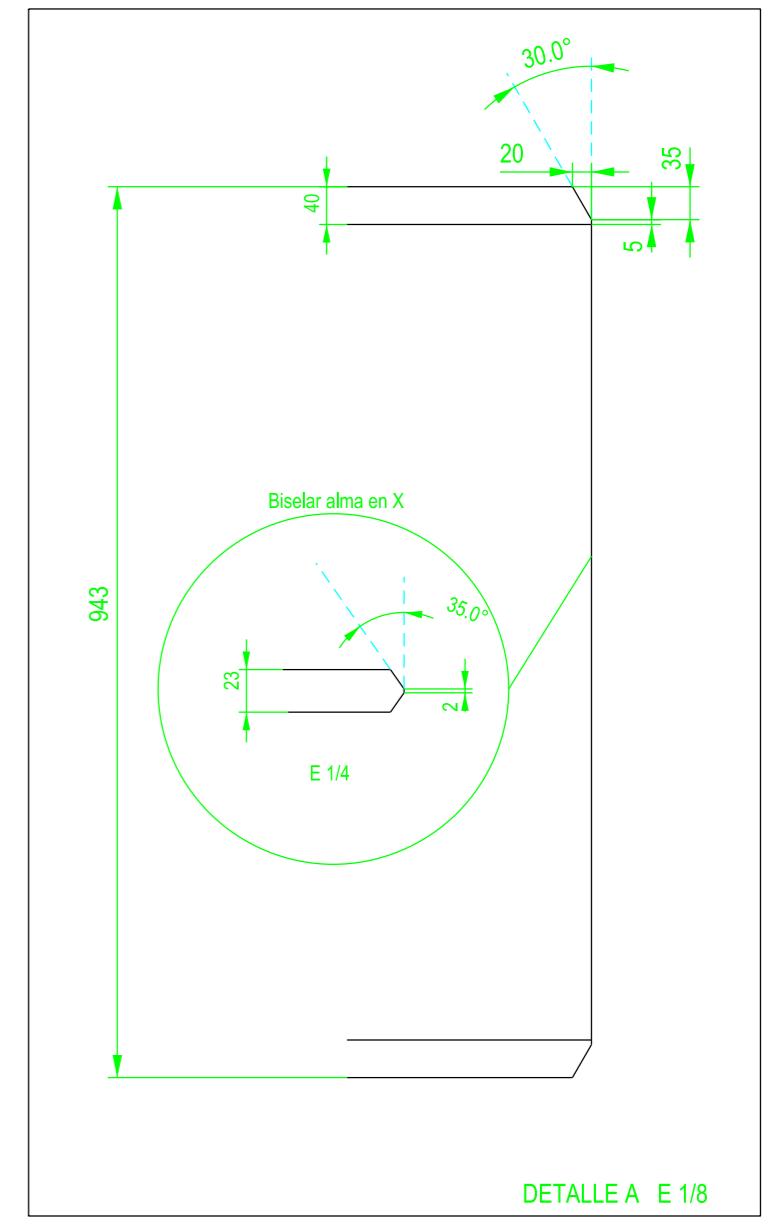
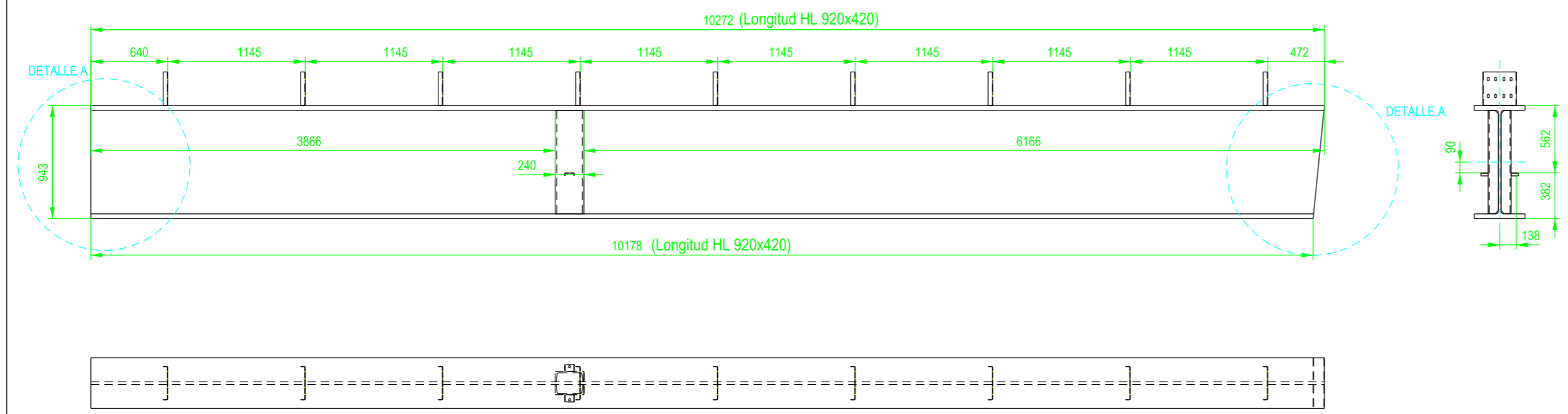
TRABAJO FINAL DE GRADO	
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje extremo B dintel BC26 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/50
PLANO Nº:	PT-154

CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical, salvo orejetas)

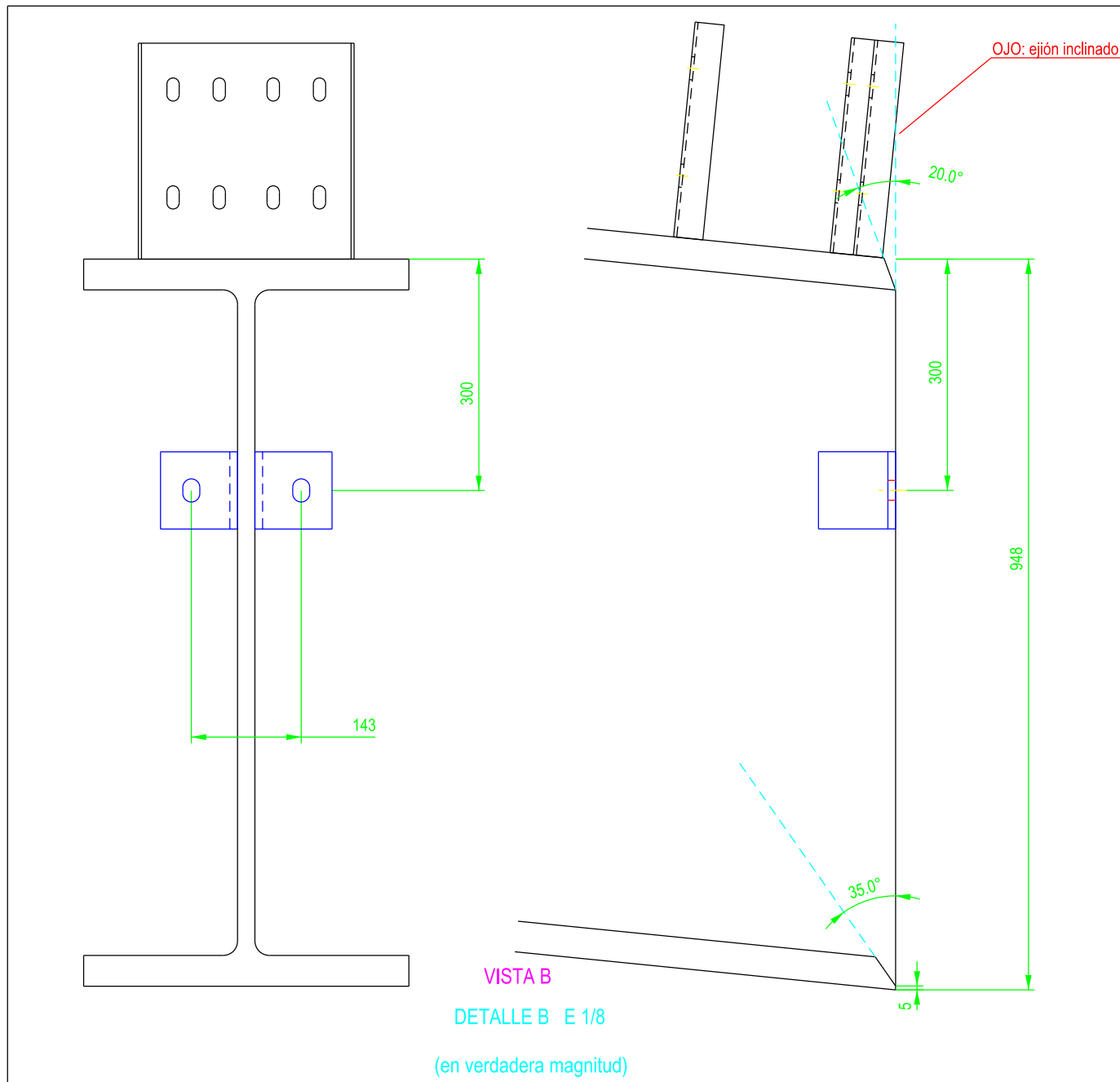
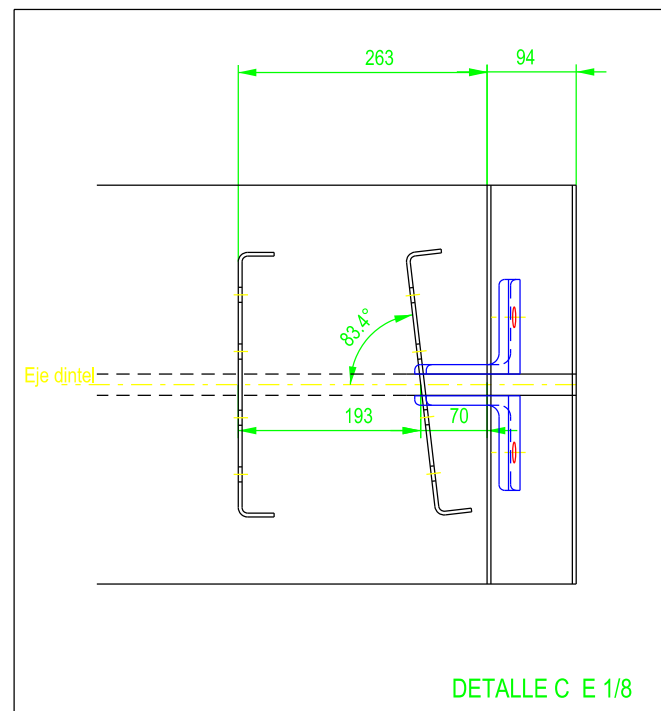
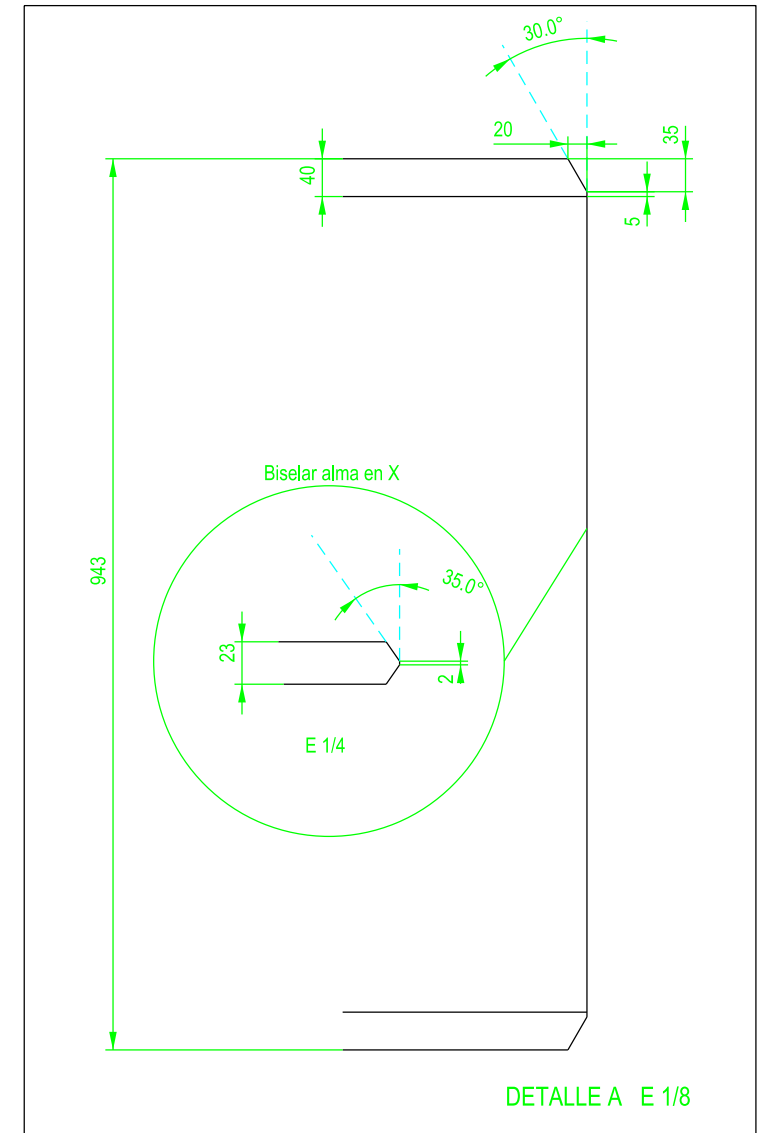
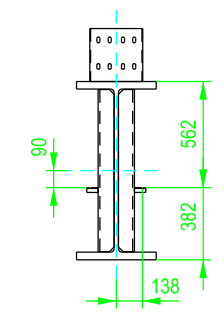
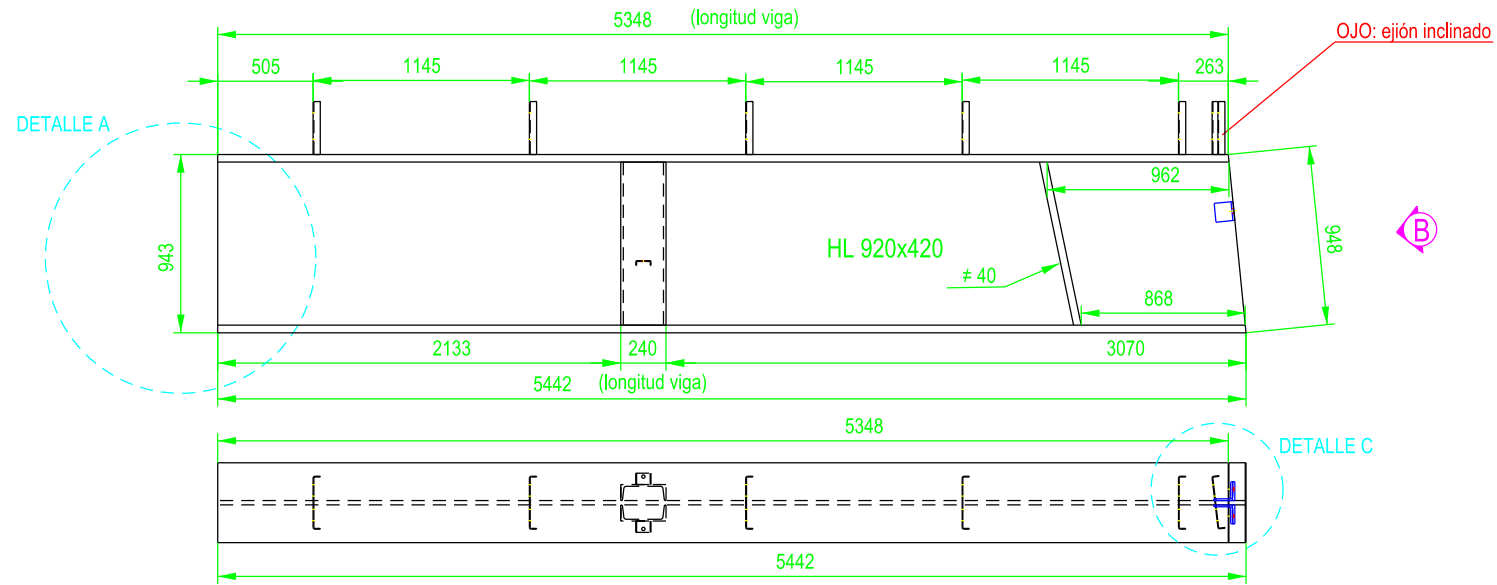


DETALLE SEMICLAVES (sin orejetas)



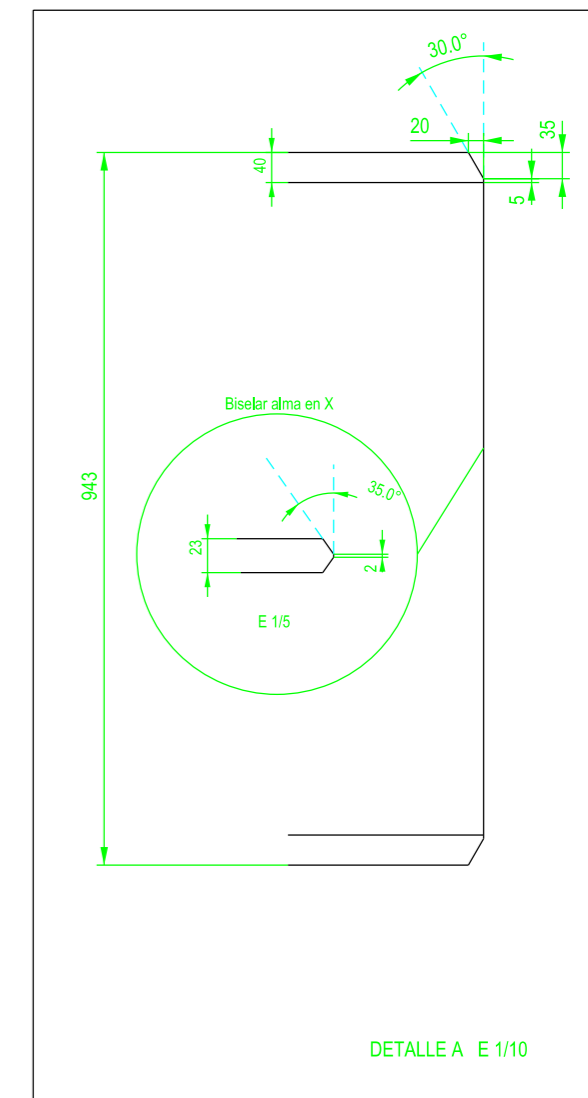
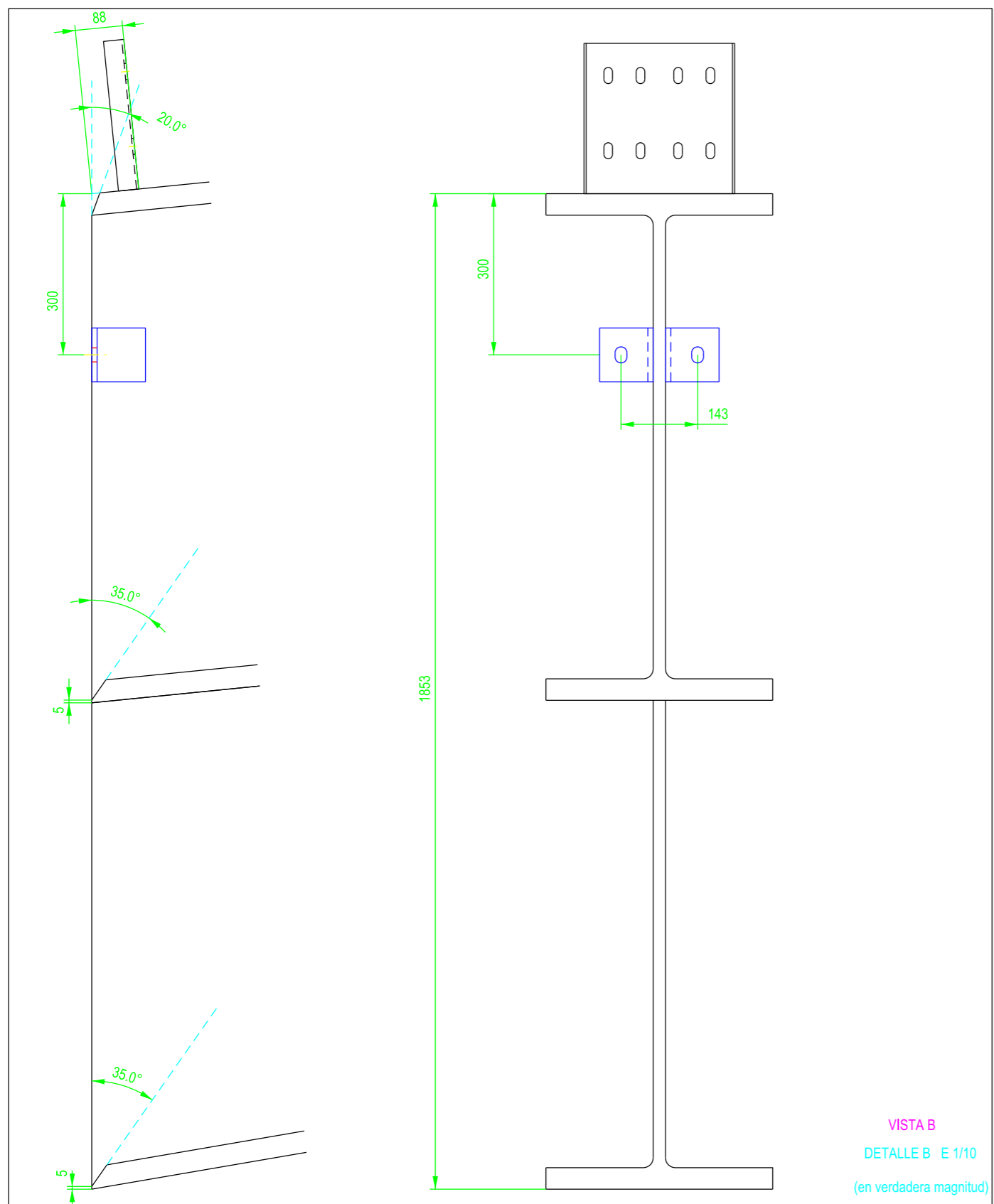
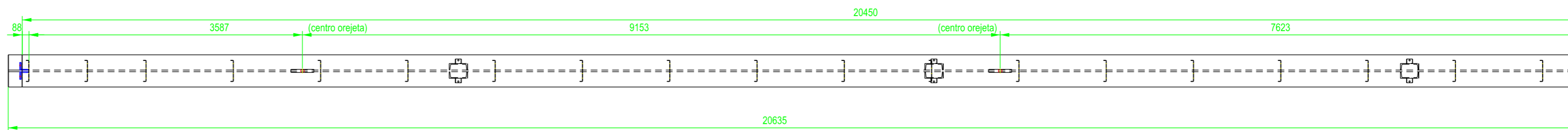
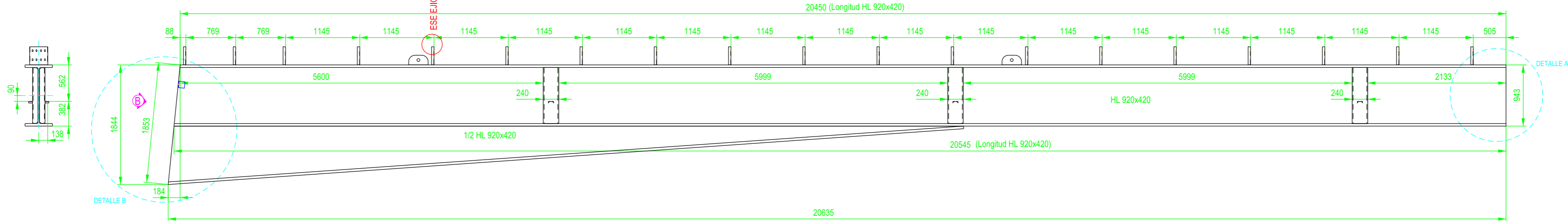
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Ensamblaje clave dintel BC26 HL 920x420		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-155		

1 UNIDAD



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y dise1o de dos naves metálicas para planta de producci3n de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castell3n) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Ensamblaje extremo C dintel BC26 HL 920x420	FORMATO: A3 ESCALA: 1/40	PLANO N°: PT-156

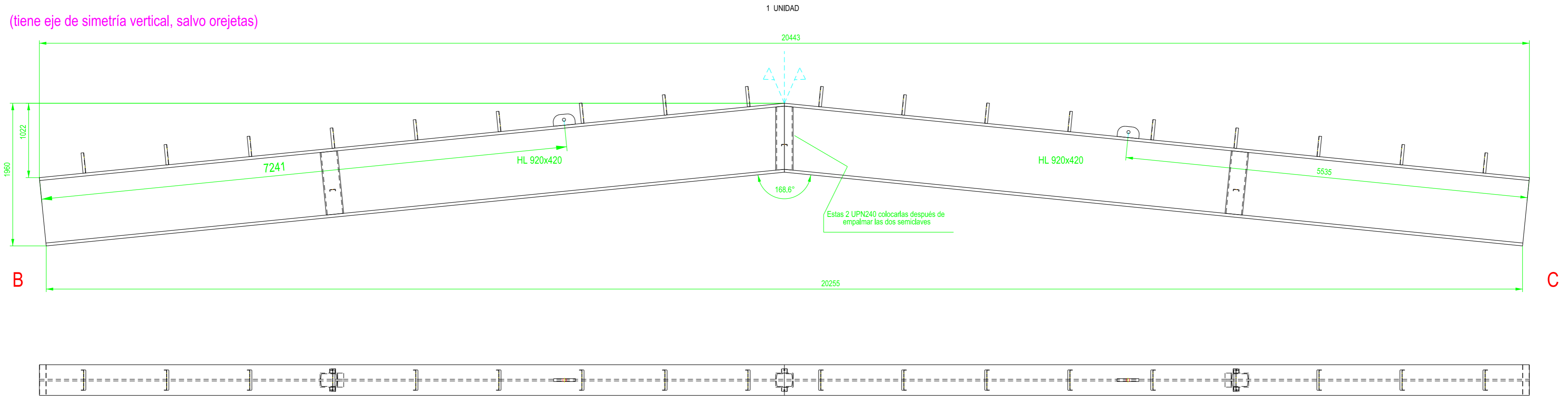
1 UNIDAD



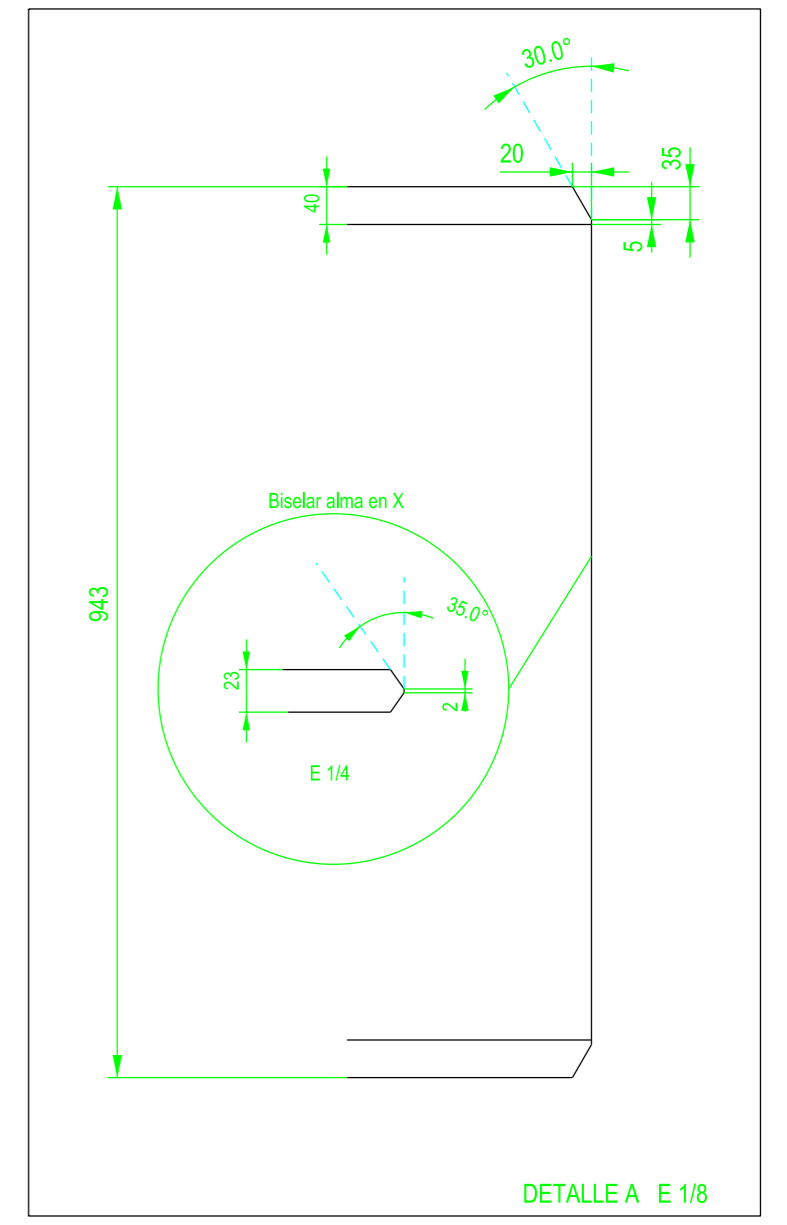
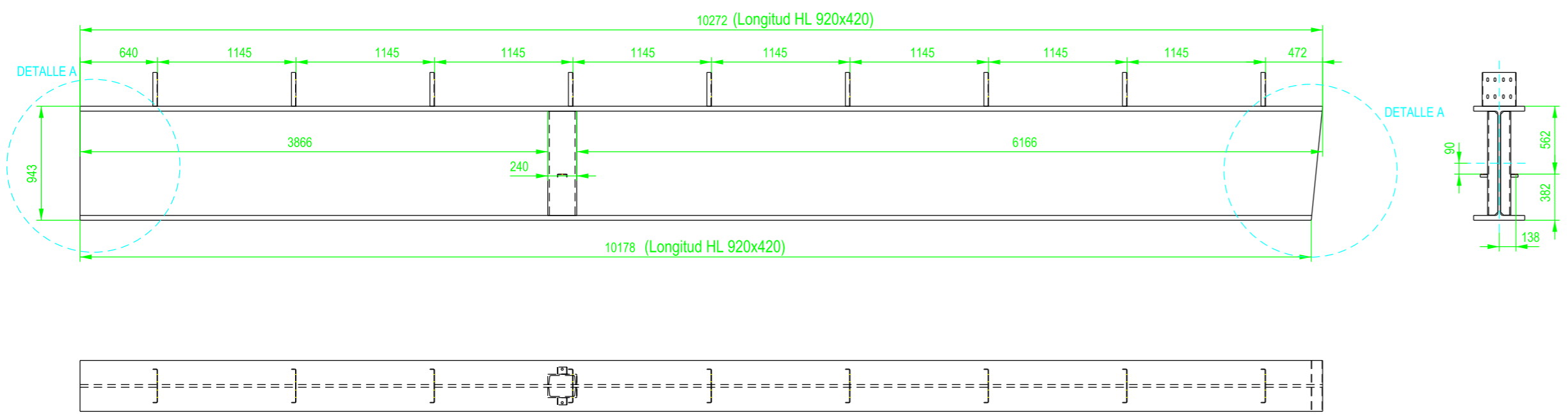
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TÍTULO PLANO: Ensamblaje extremo B dintel BC27 HL 920x420		FORMATO: A2 ESCALA: 1/50
	PLANO Nº: PT-157		

CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical, salvo orejetas)

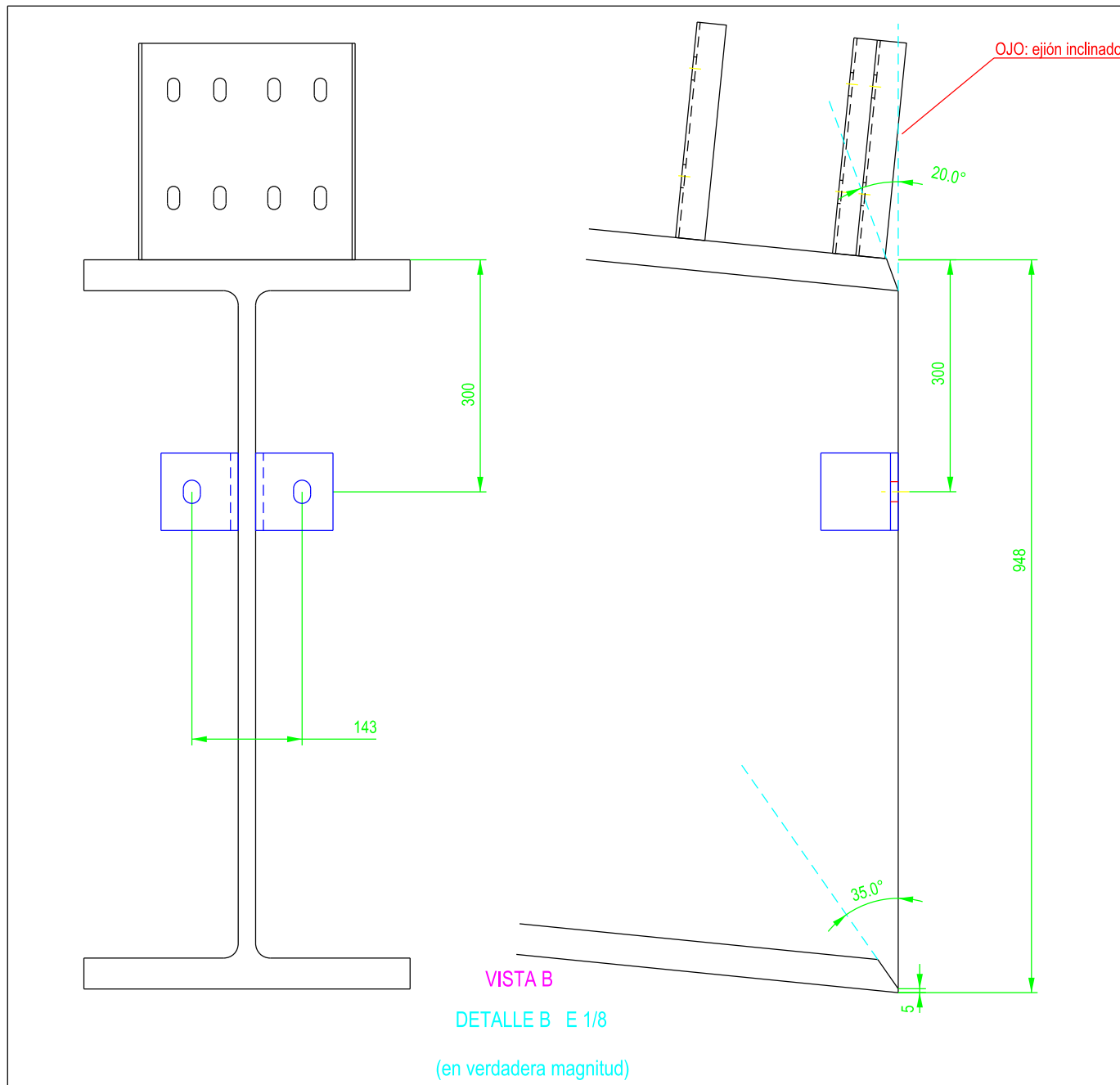
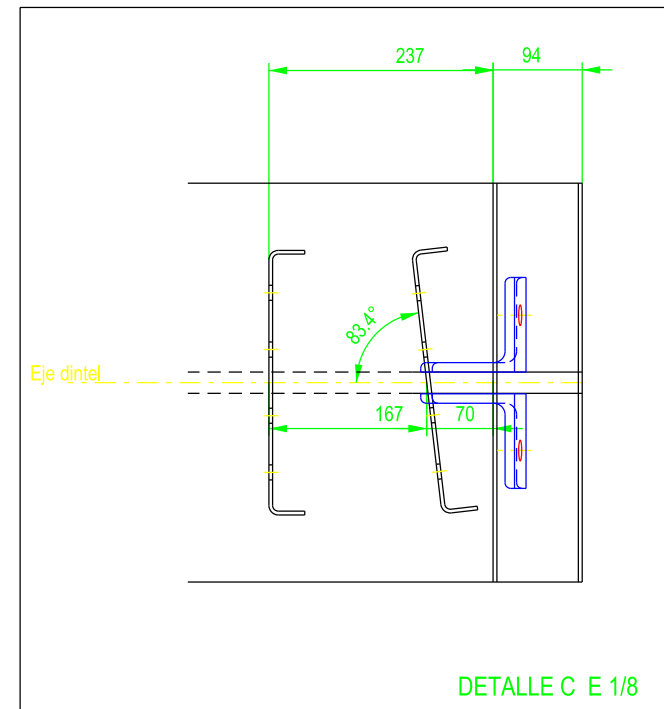
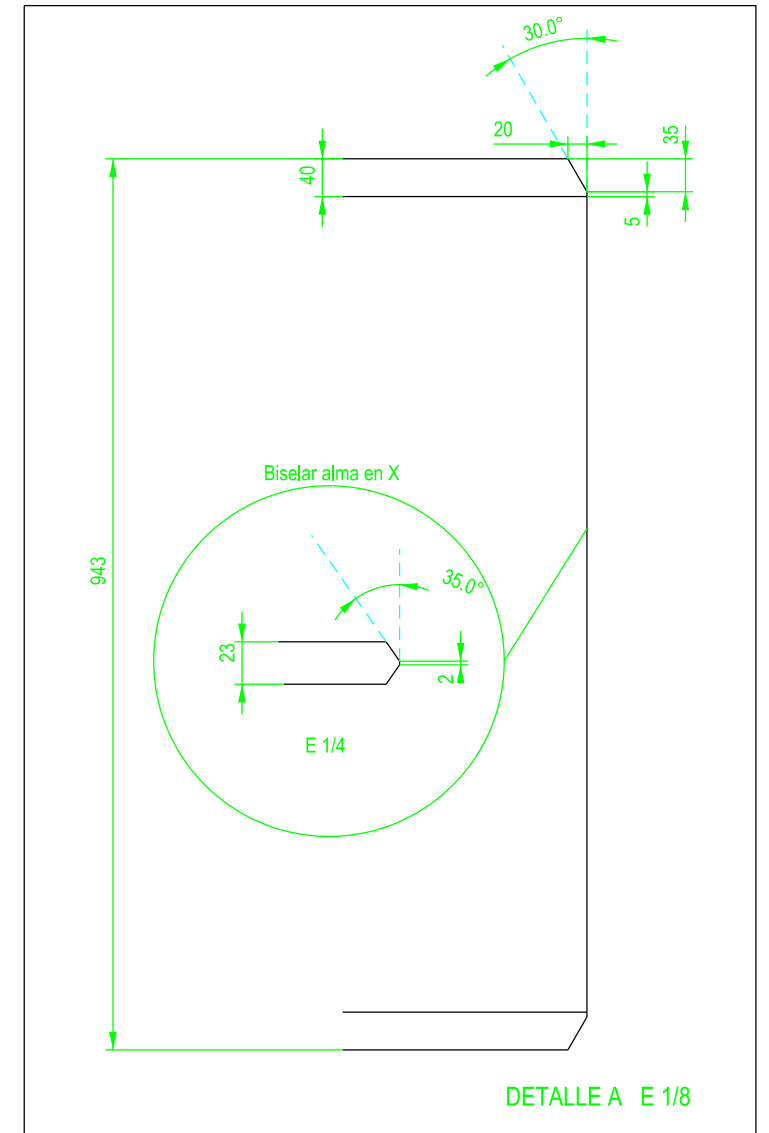
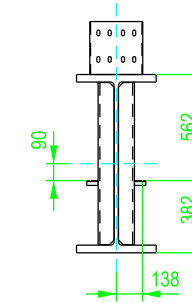
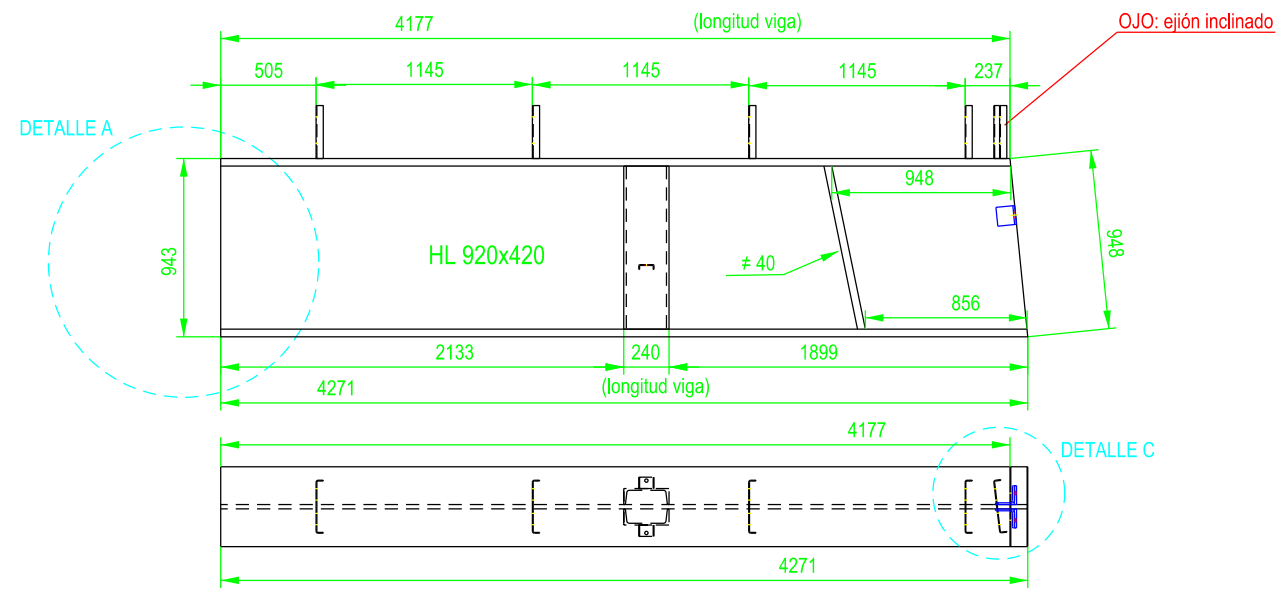


DETALLE SEMICLAVES (sin orejetas)



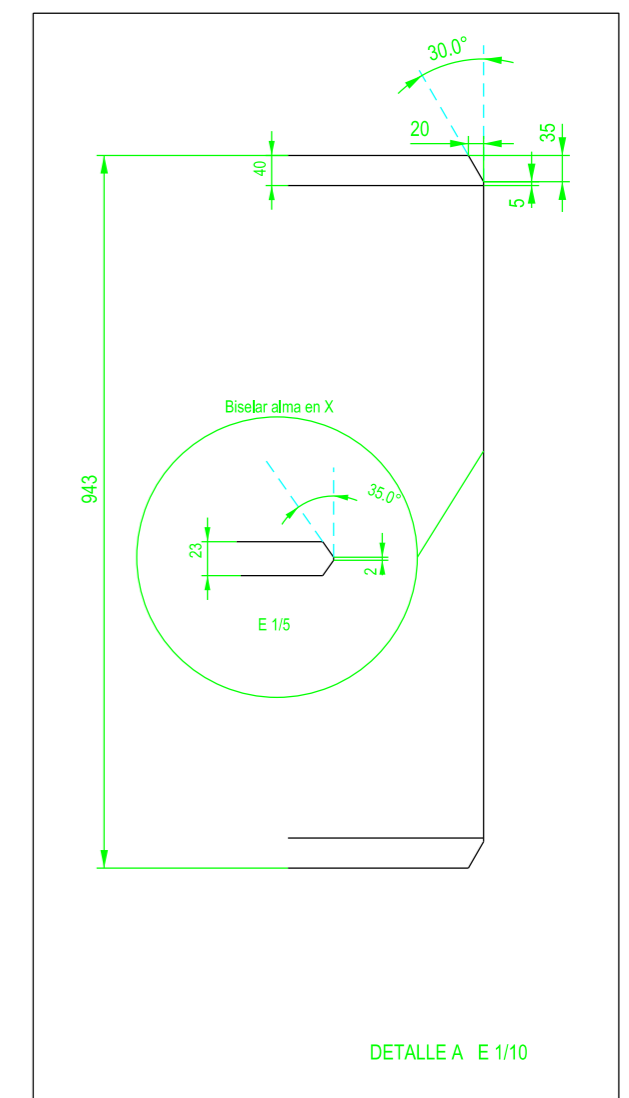
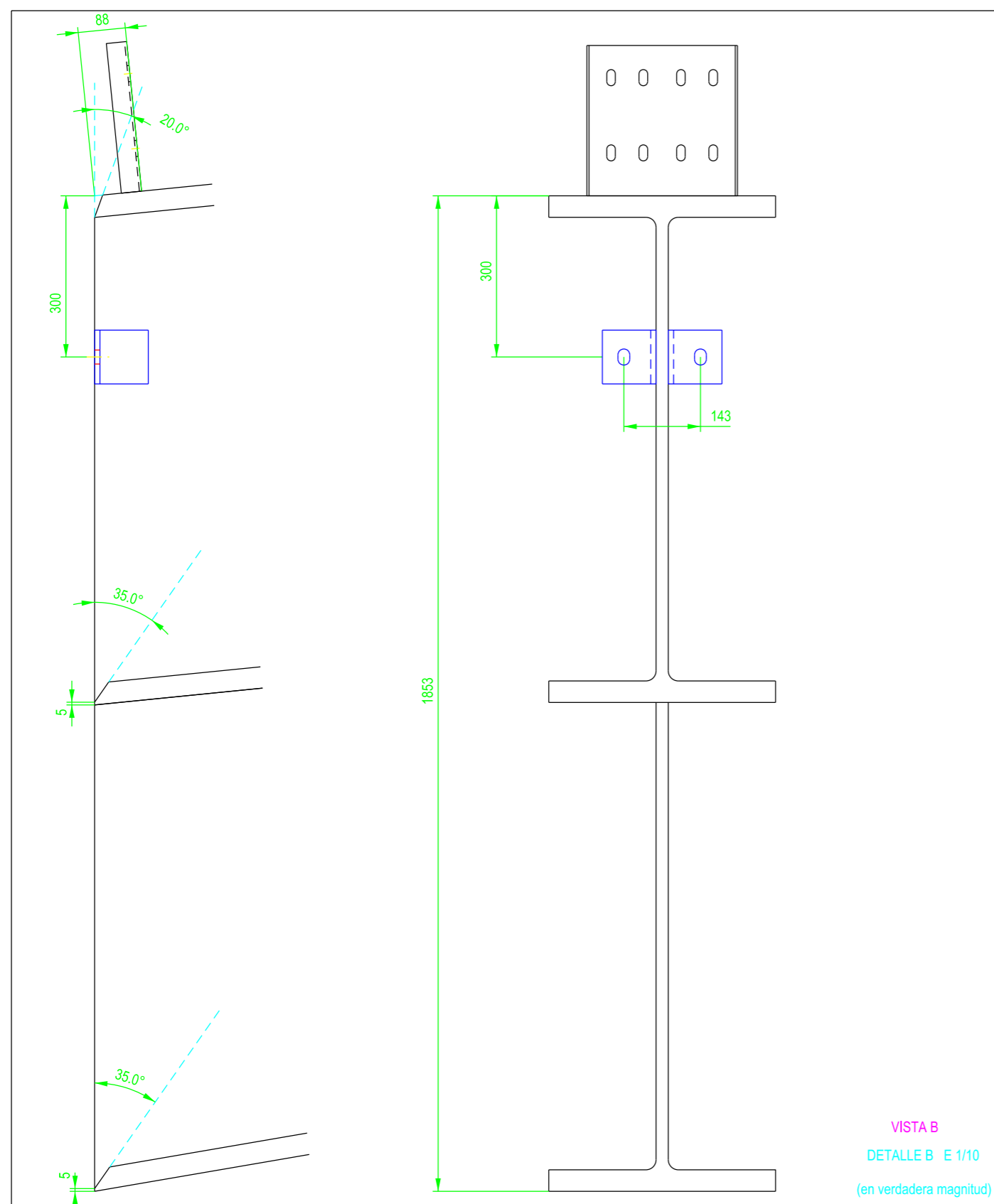
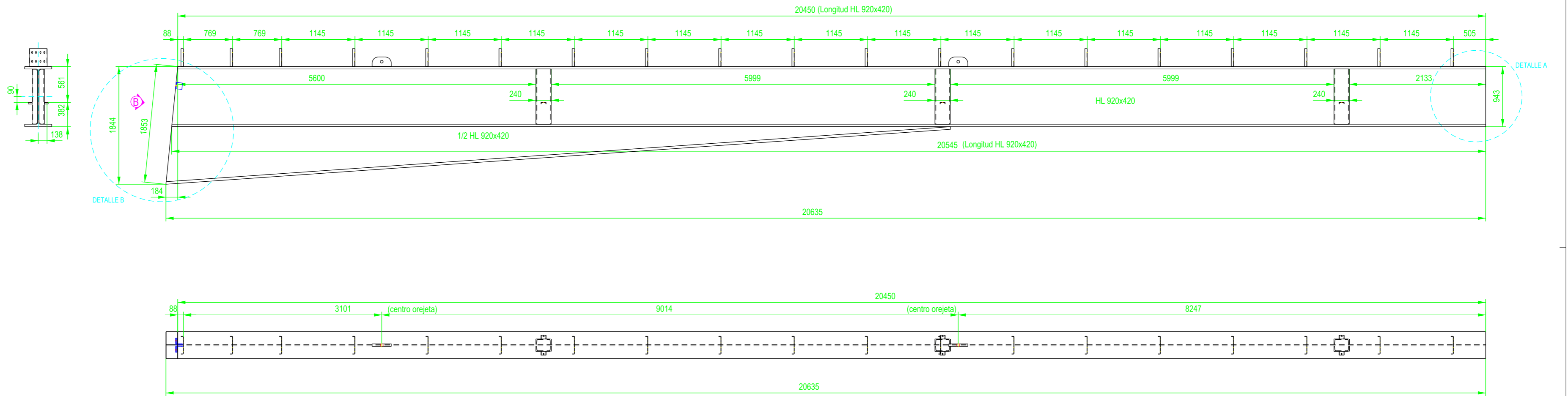
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: Ensamblaje clave dintel BC27 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-158

1 UNIDAD



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y dise1o de dos naves metálicas para planta de producci3n de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castell3n) "		
	AUTOR: Ram3n Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Ensamblaje extremo C dintel BC27 HL 920x420	FORMATO: A3 ESCALA: 1/40	PLANO N°: PT-159	

1 UNIDAD

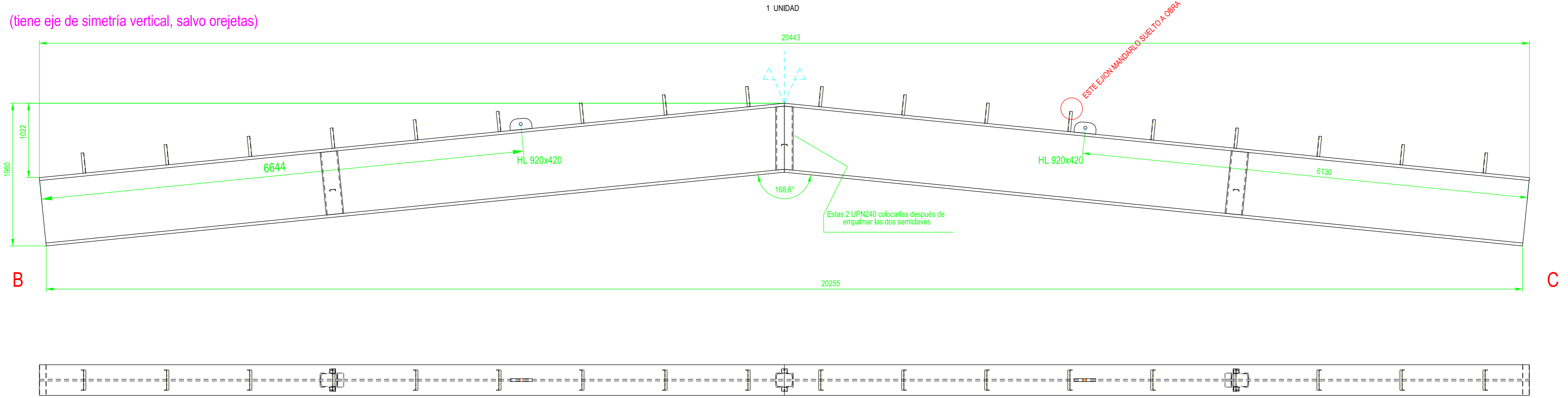


ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

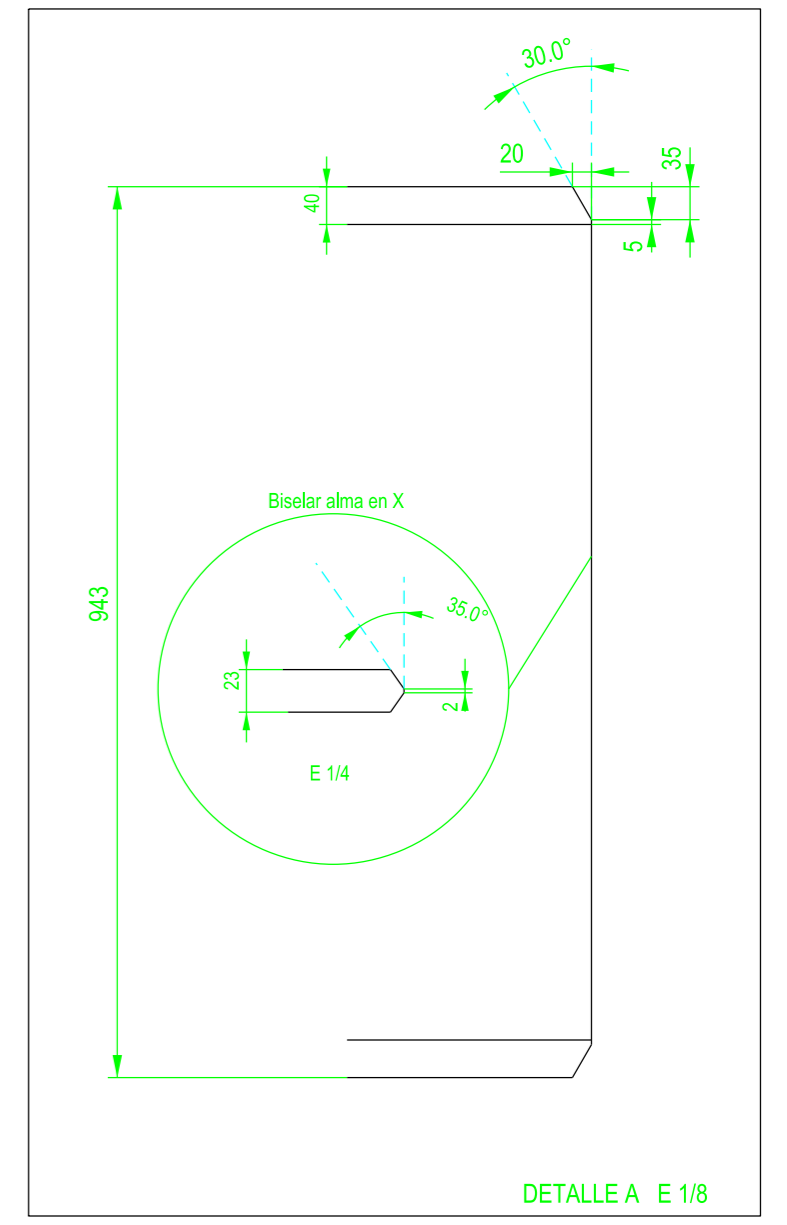
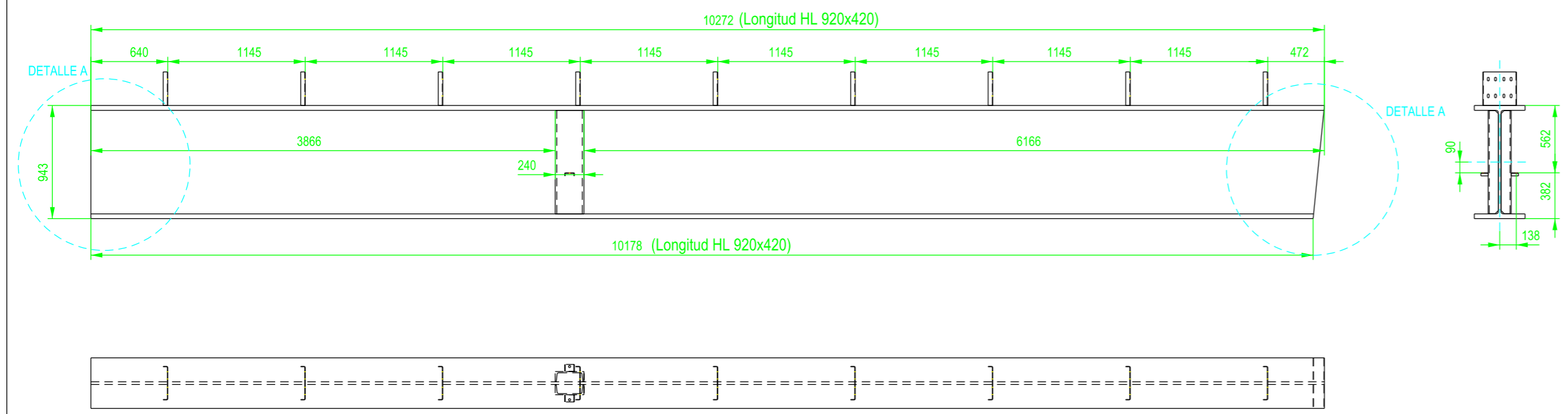
TRABAJO FINAL DE GRADO			
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "			
AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO:	Ensamblaje extremo B dintel BC28 HL 920x420	FORMATO: A2	PLANO Nº:
		ESCALA: 1/50	PT-160

CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical, salvo orejetas)

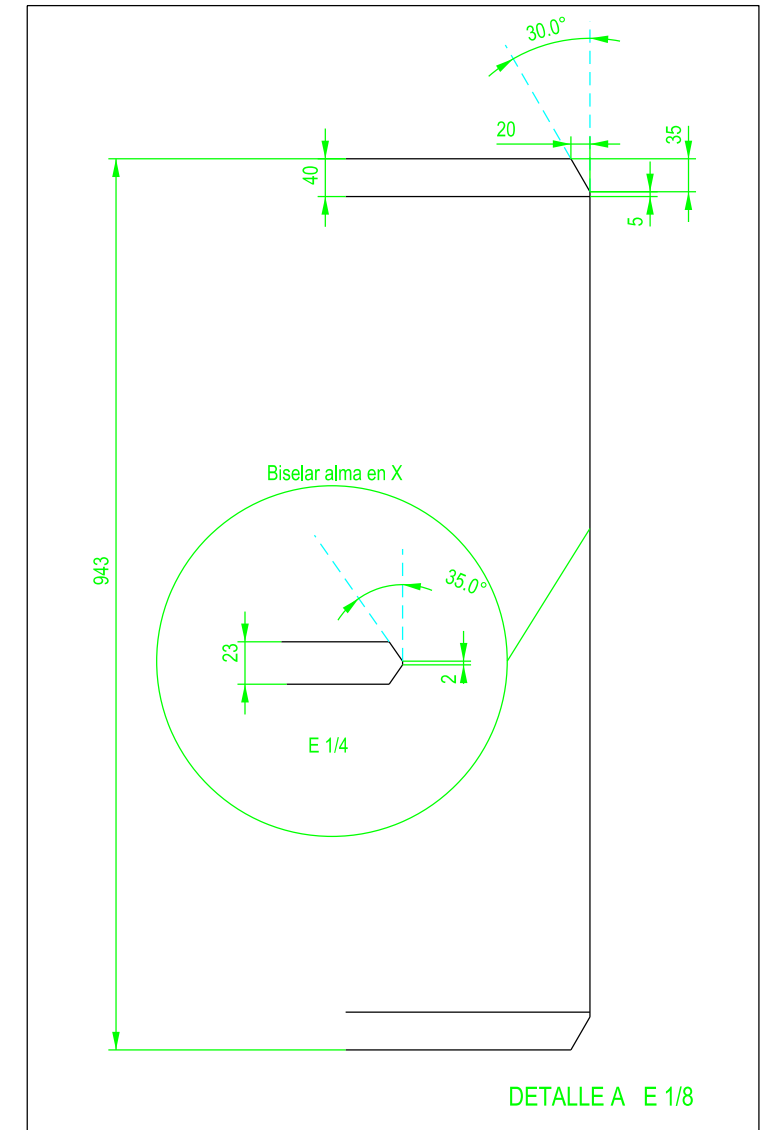
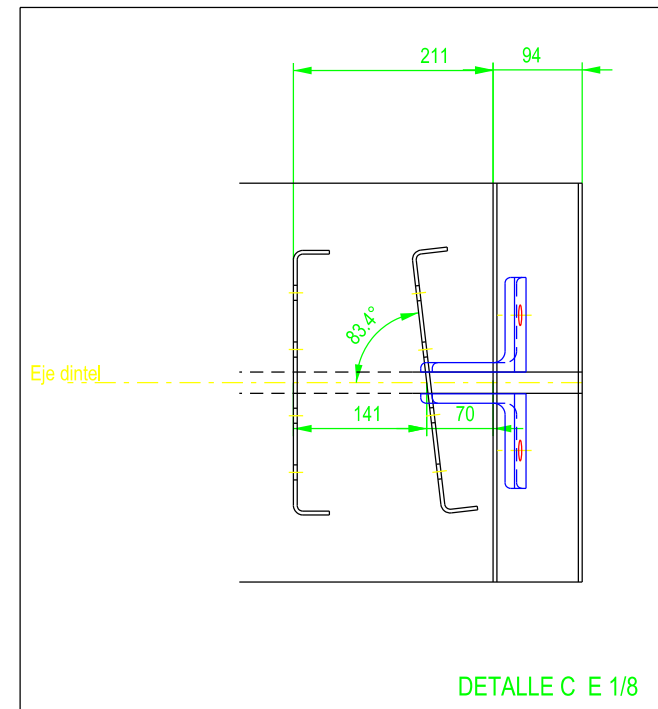
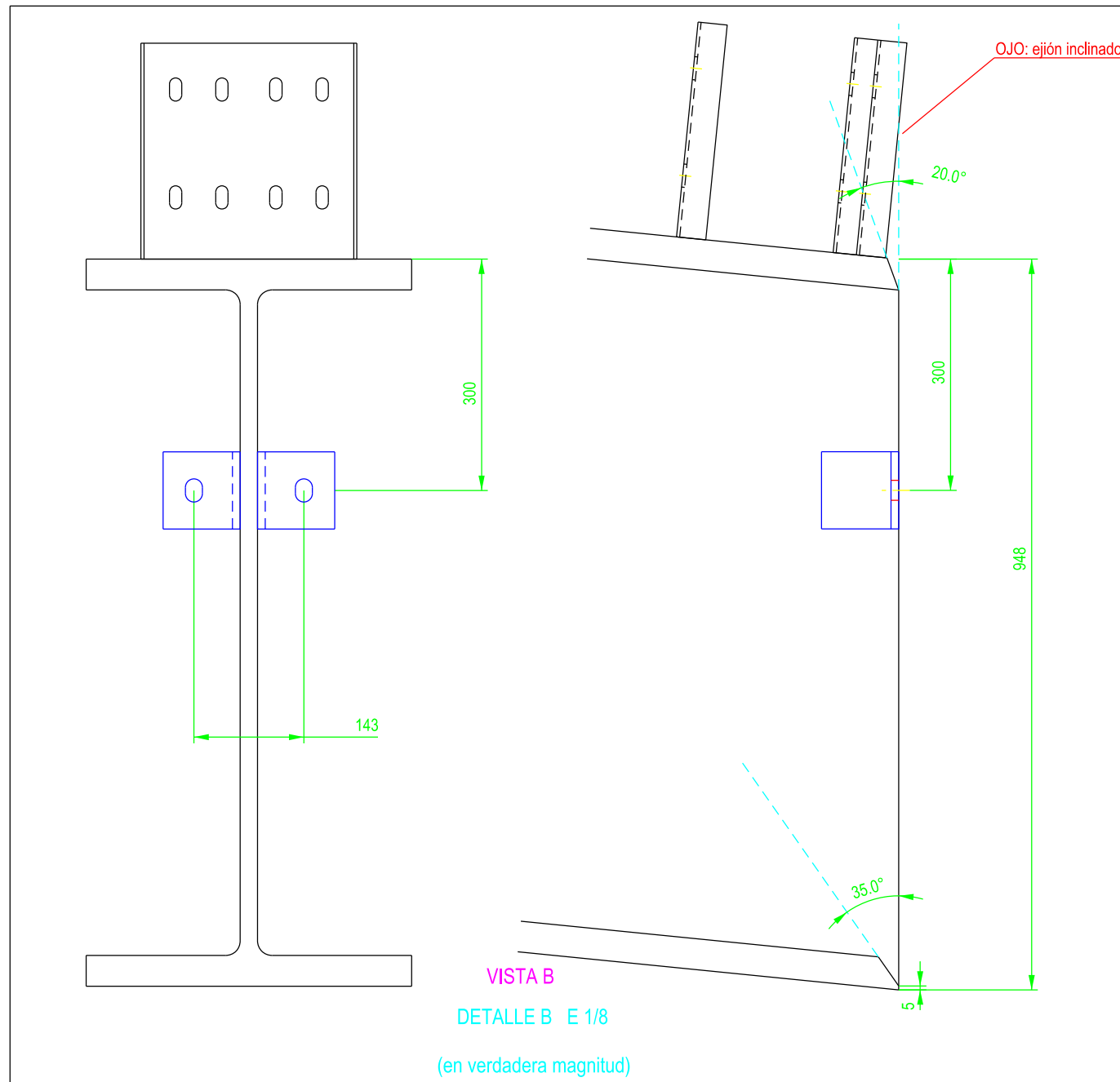
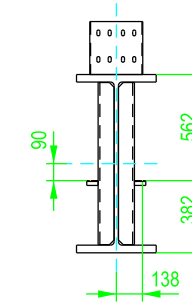
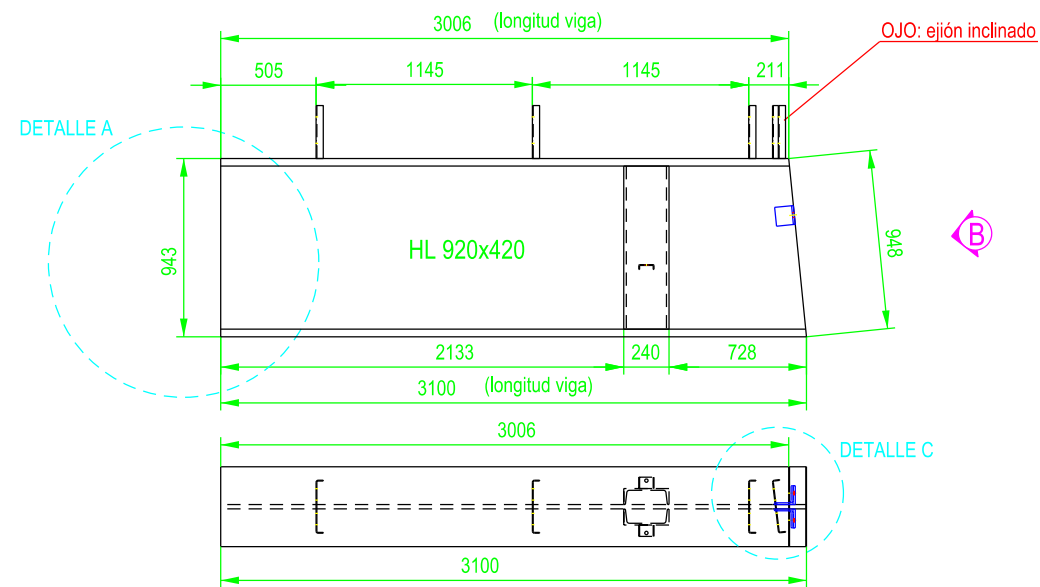


DETALLE SEMICLAVES (sin orejetas)



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Ensamblaje clave dintel BC28 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-161	

1 UNIDAD



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

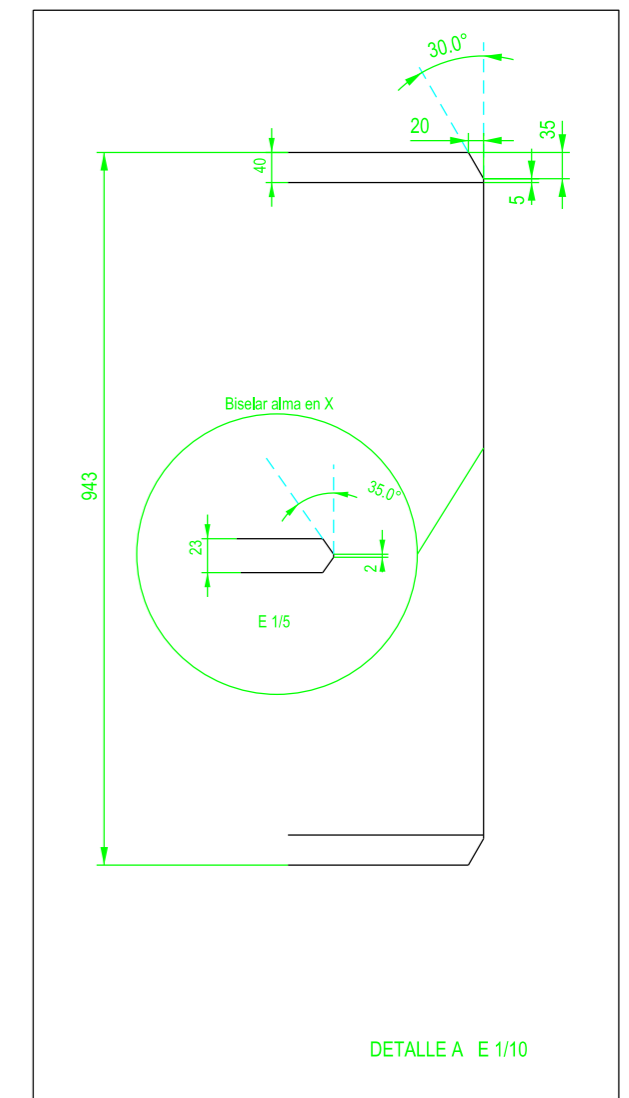
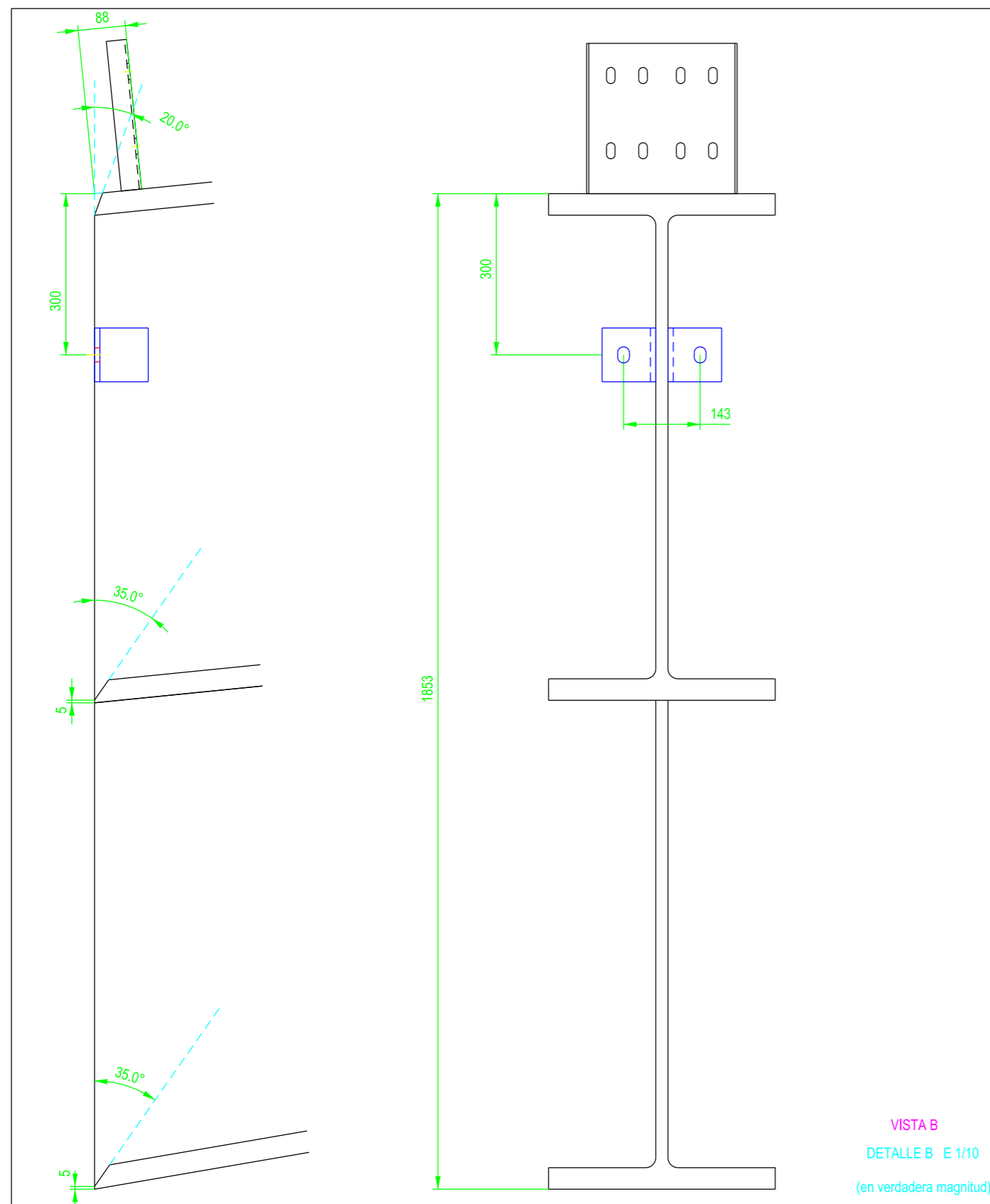
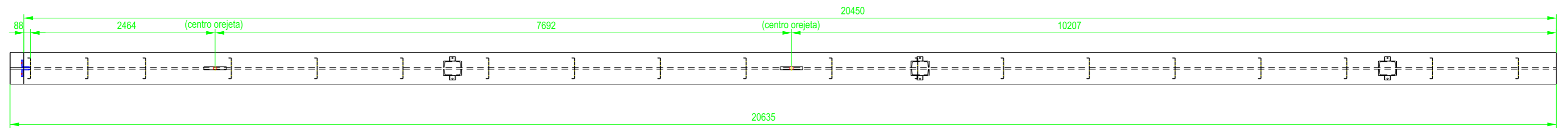
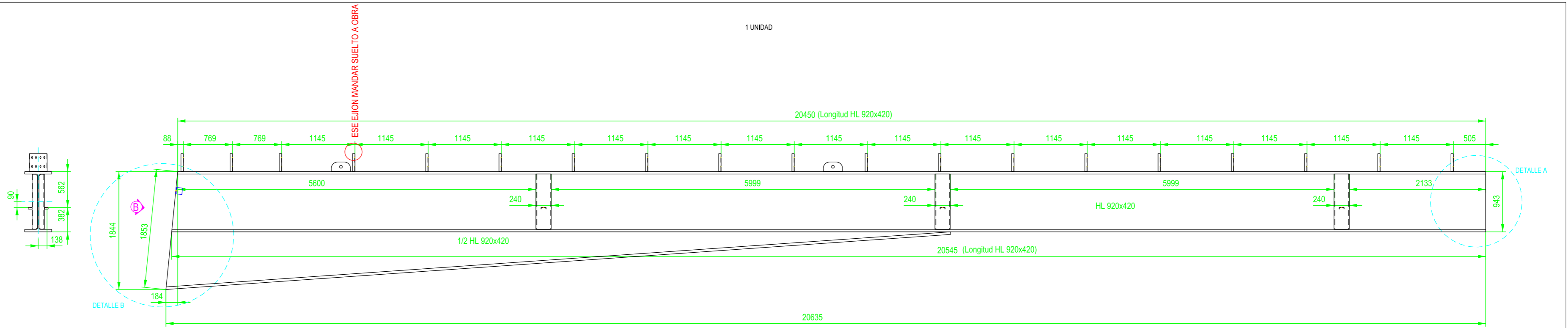
TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Ensamblaje extremo C dintel BC28
HL 920x420

FORMATO: A3
ESCALA: 1/40

PLANO Nº: PT-162

1 UNIDAD

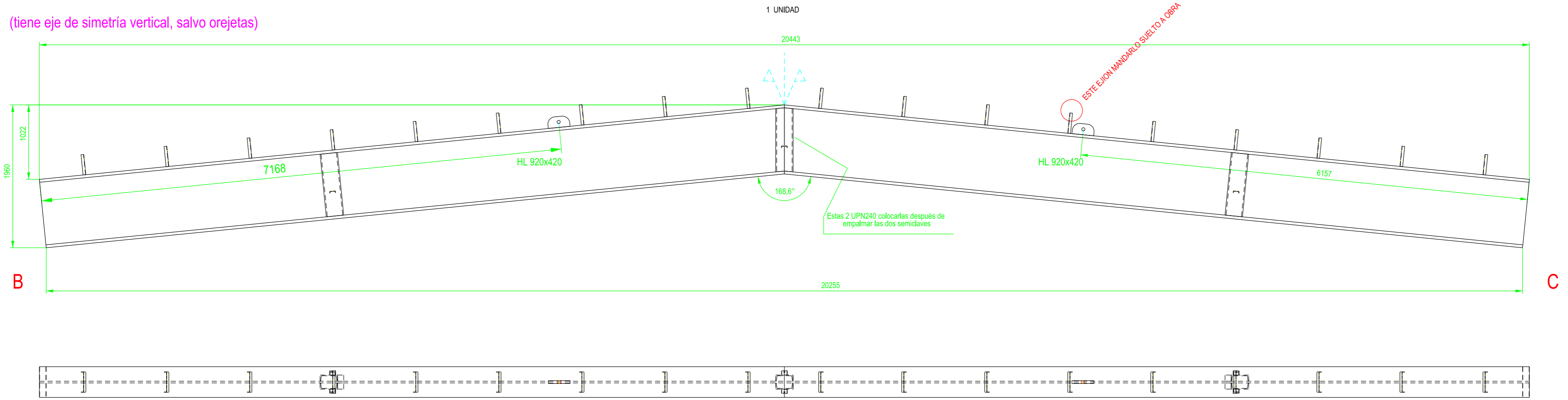


ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

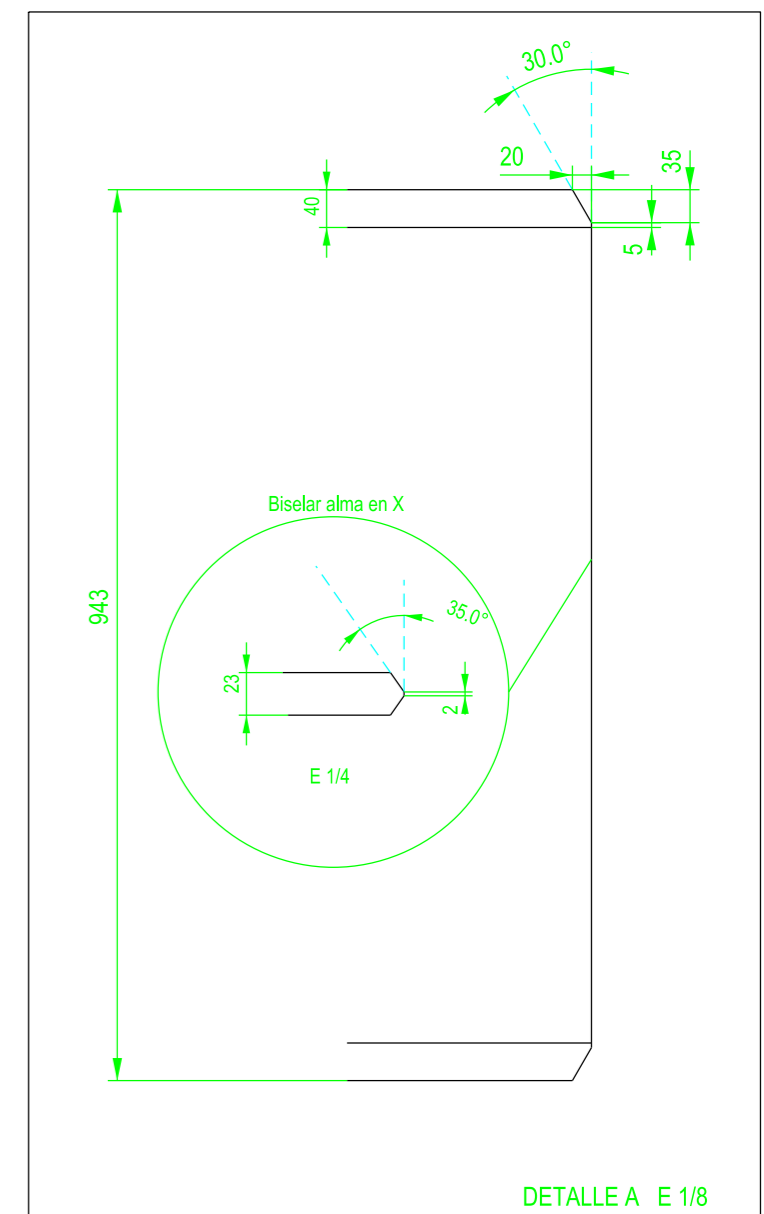
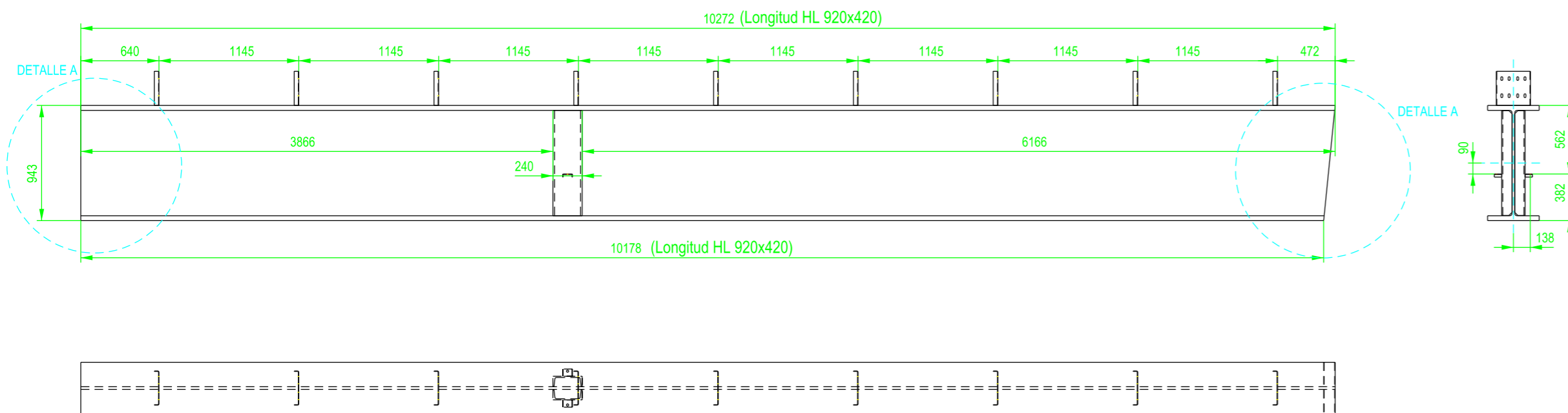
TRABAJO FINAL DE GRADO	
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje extremo B dintel BC29 HL 920x420	FORMATO: A2 ESCALA: 1/50
	PLANO Nº: PT-163

CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical, salvo orejetas)

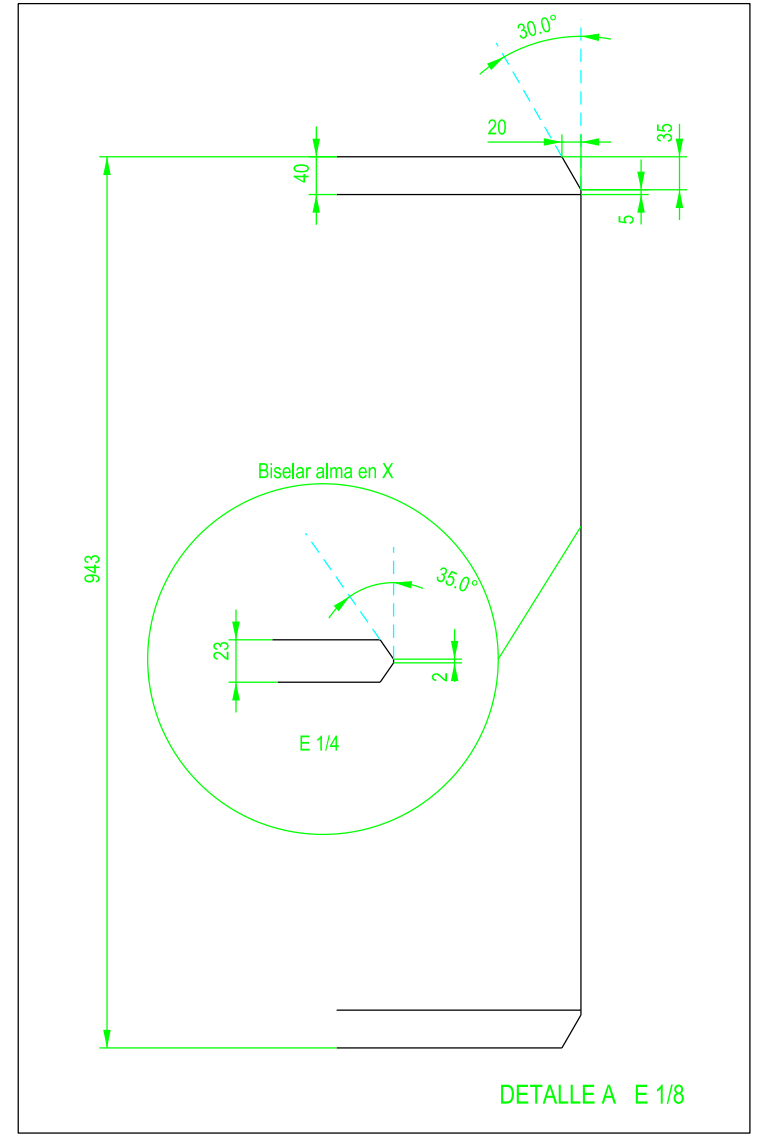
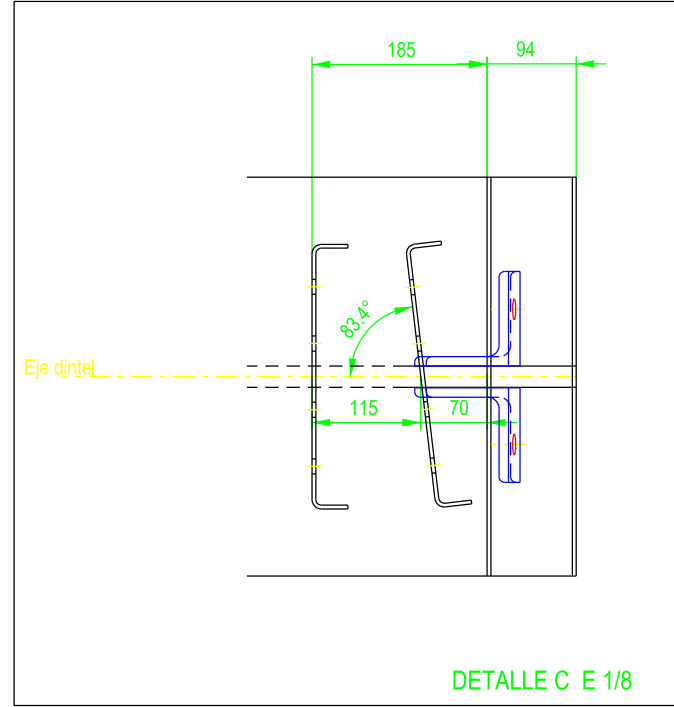
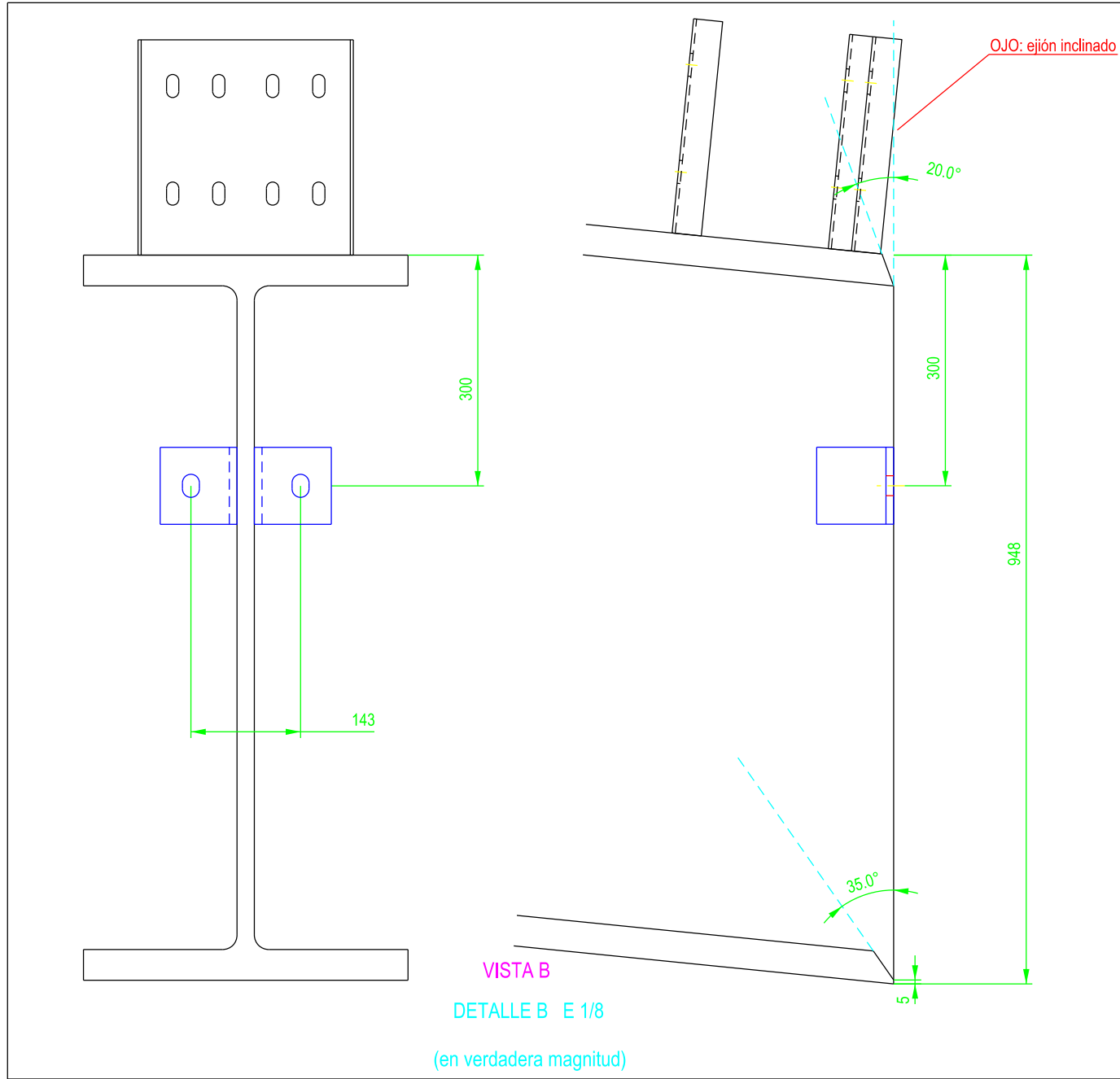
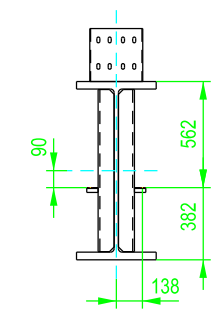
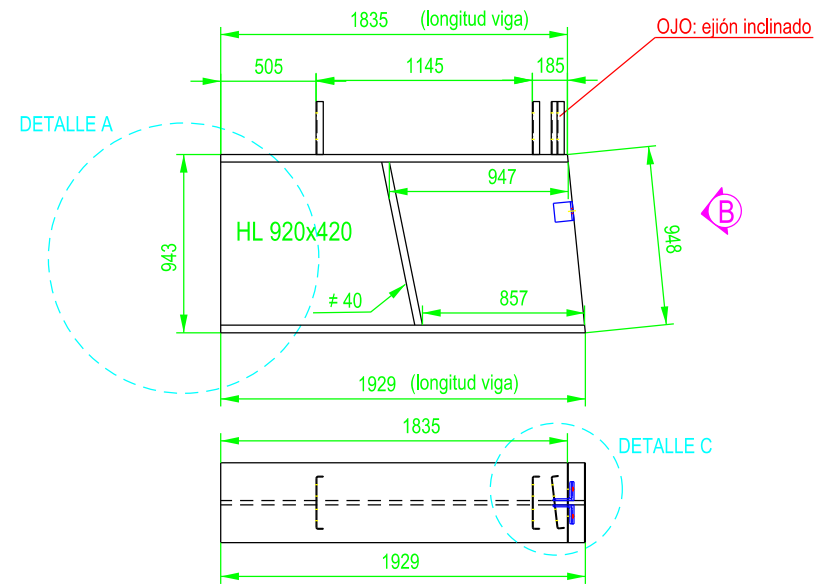


DETALLE SEMICLAVES (sin orejetas)



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Ensamblaje clave dintel BC29 HL 920x420		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-164		

1 UNIDAD

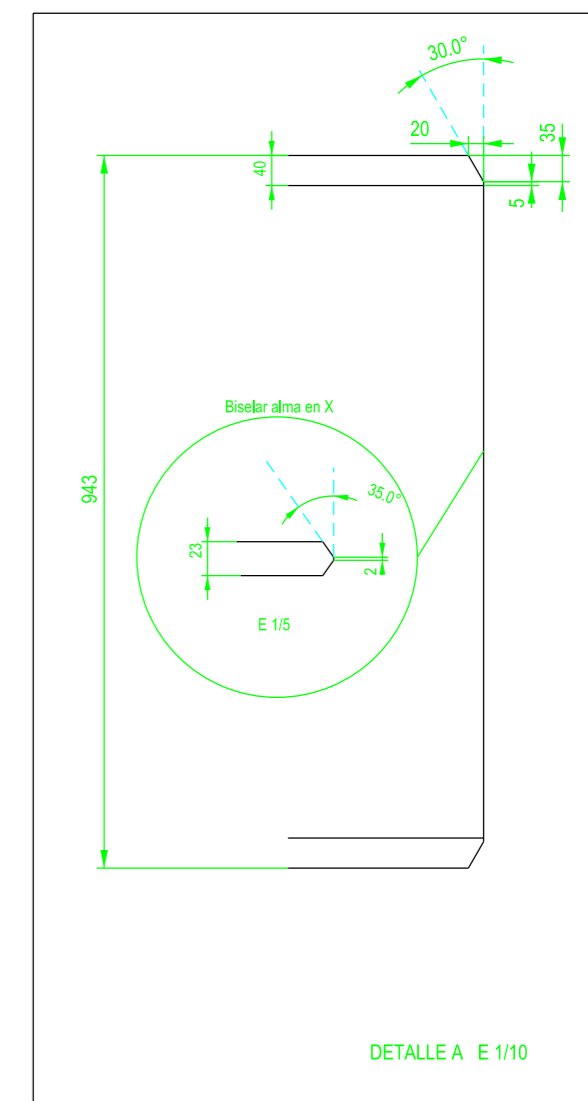
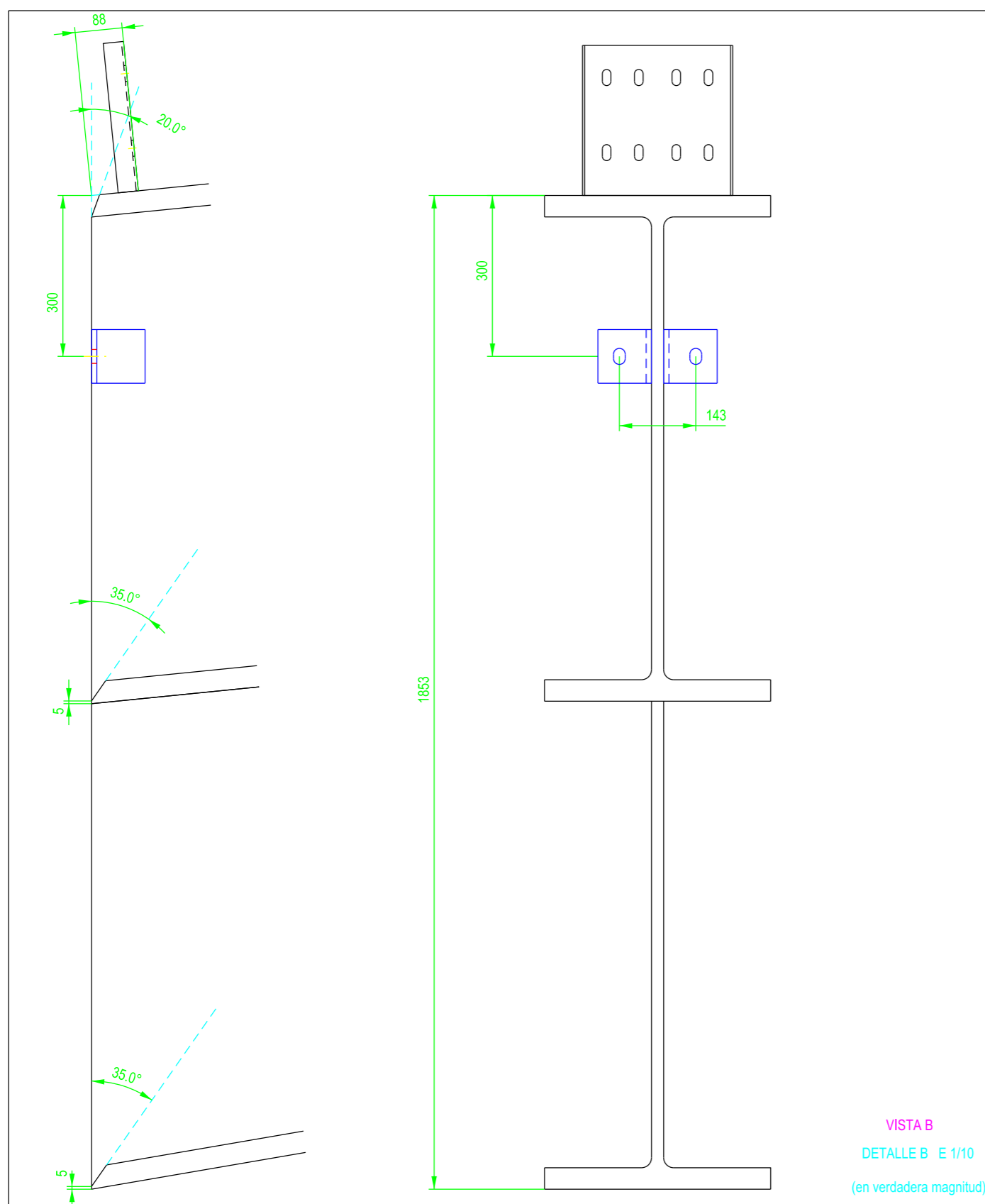
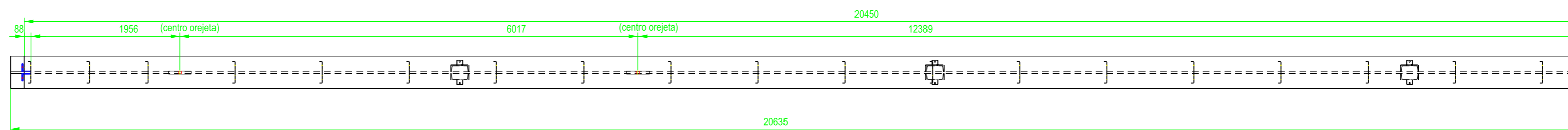
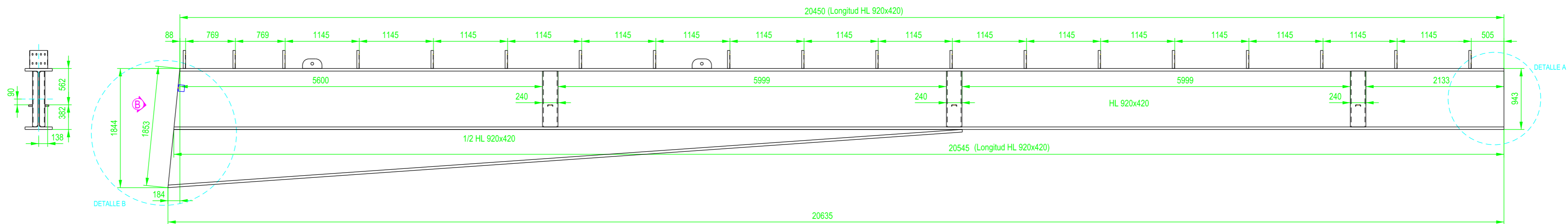


nº ORDEN: 248-17

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO		
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Ensamblaje extremo C dintel BC29 HL 920x420	FORMATO: A3 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-165

1 UNIDAD



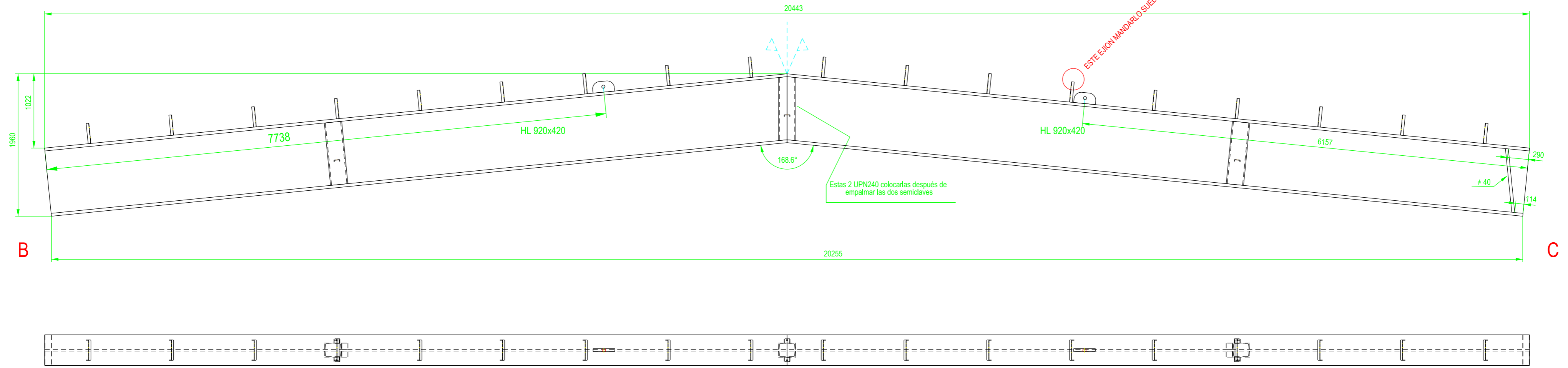
ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "
AUTOR: Ramón Tercero Herreros TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje extremo B dintel BC30 HL 920x420
FORMATO: A2 ESCALA: 1/50
PLANO Nº: PT-166

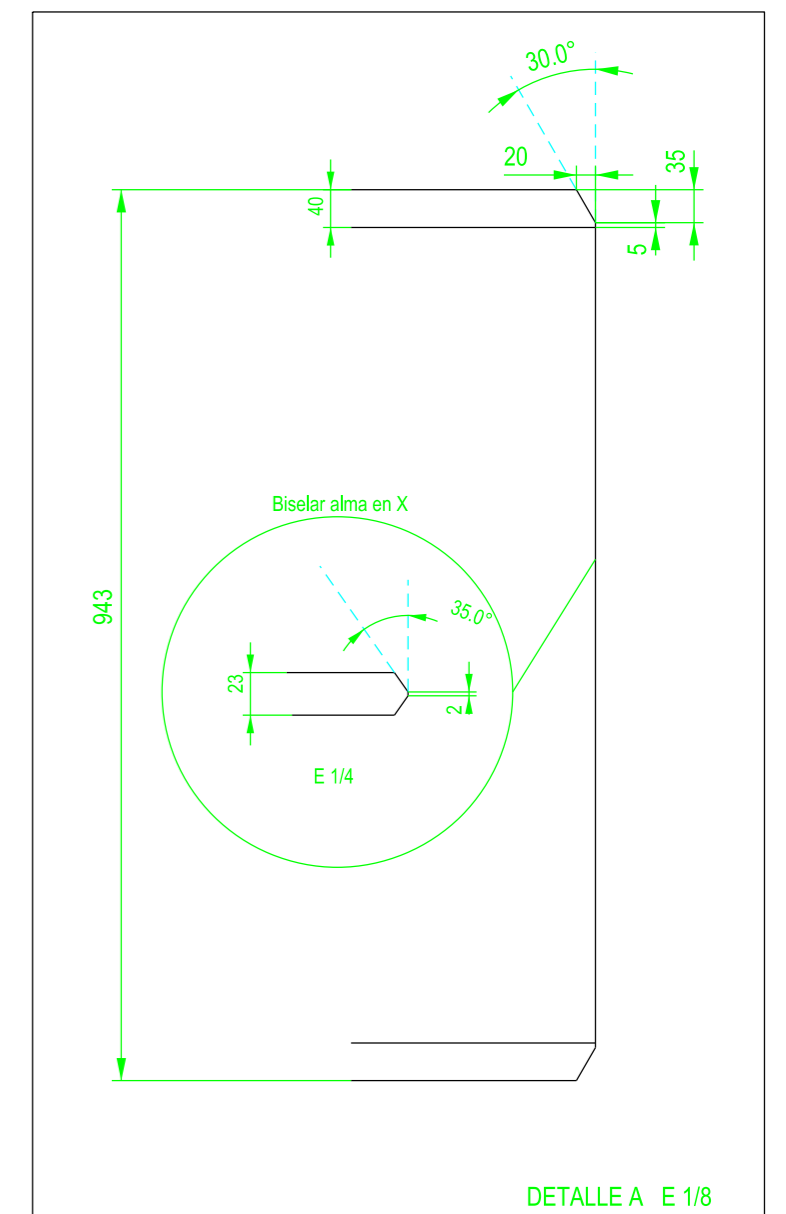
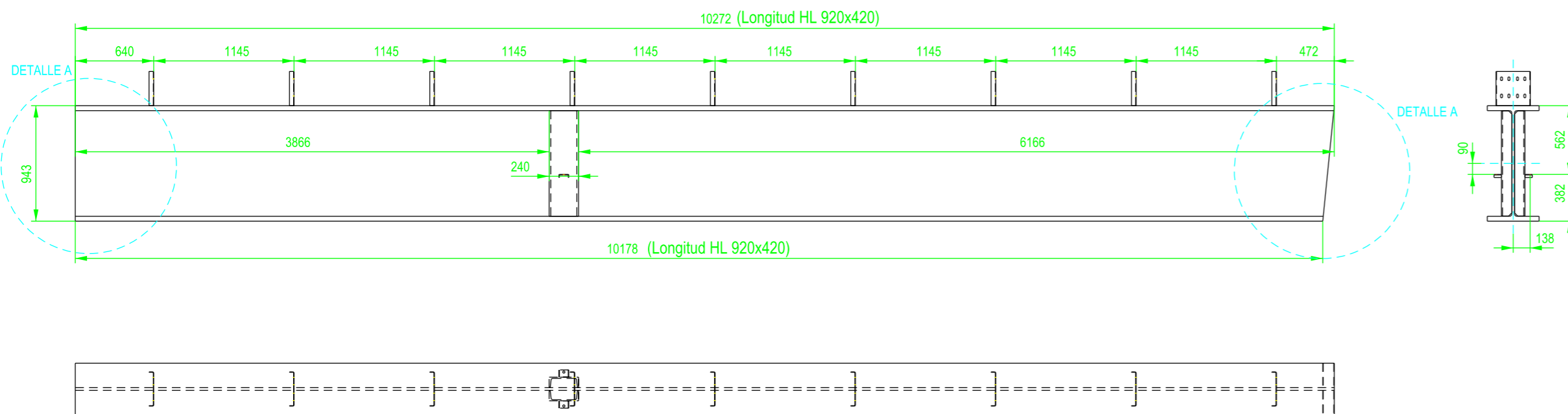
CLAVE COMPLETA

(tiene eje de simetría vertical, salvo orejetas y rigidizadores extremo C)

1 UNIDAD



DETALLE SEMICLAVES (sin orejetas)



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

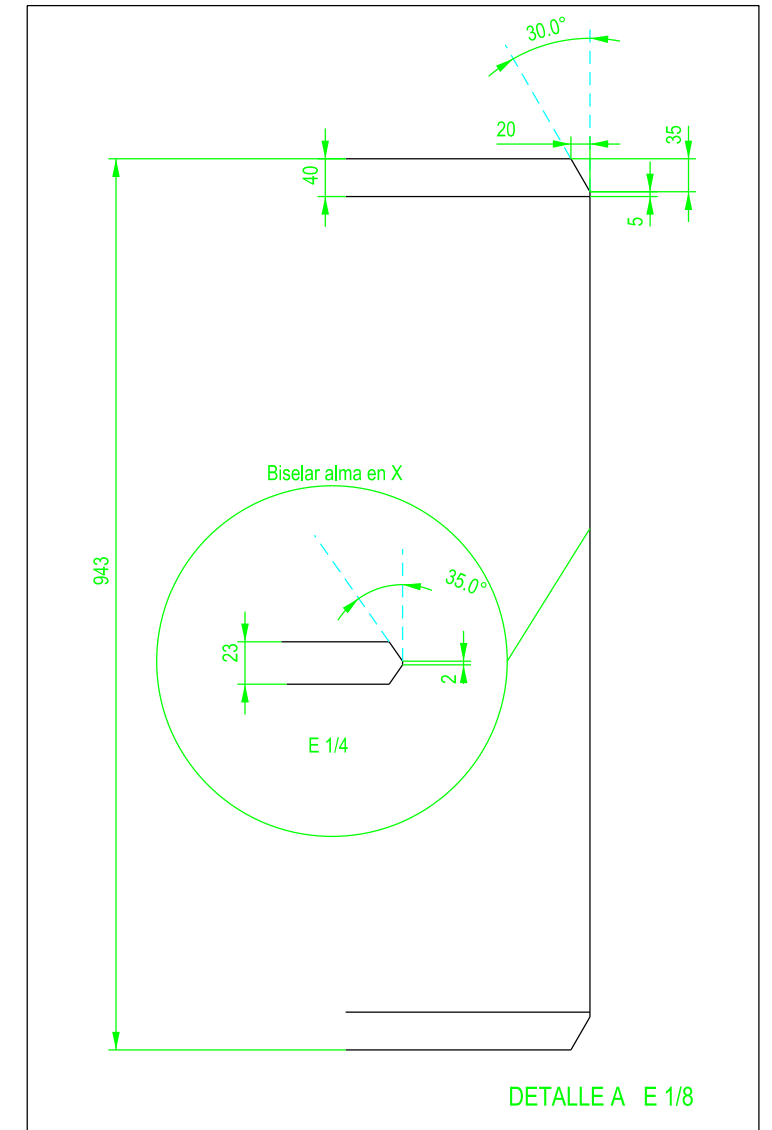
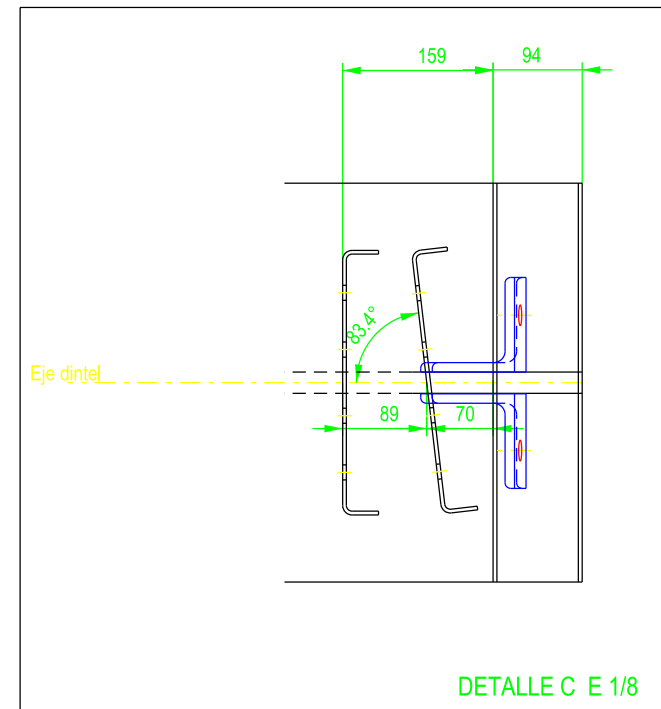
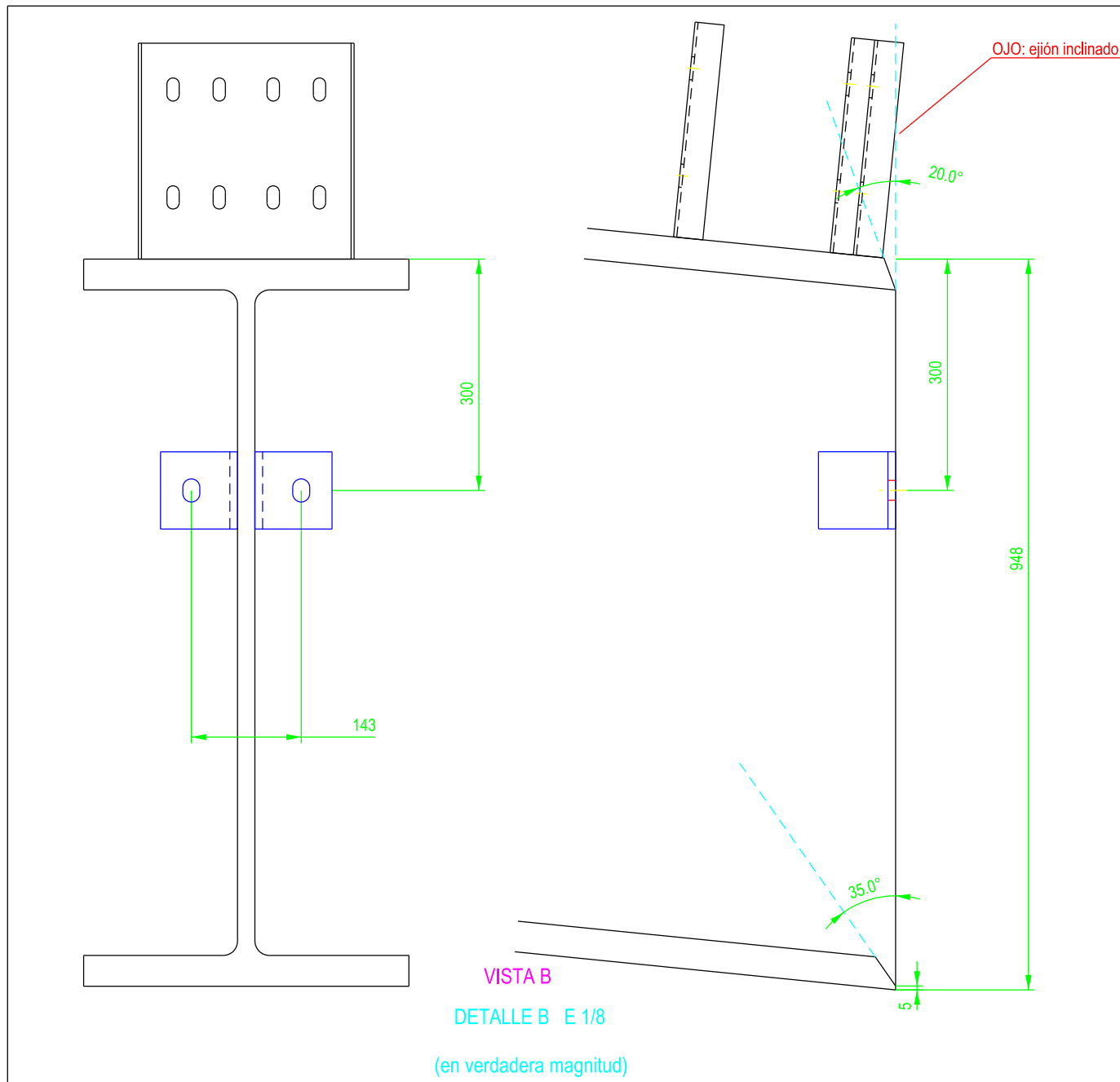
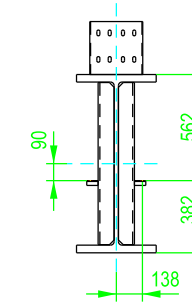
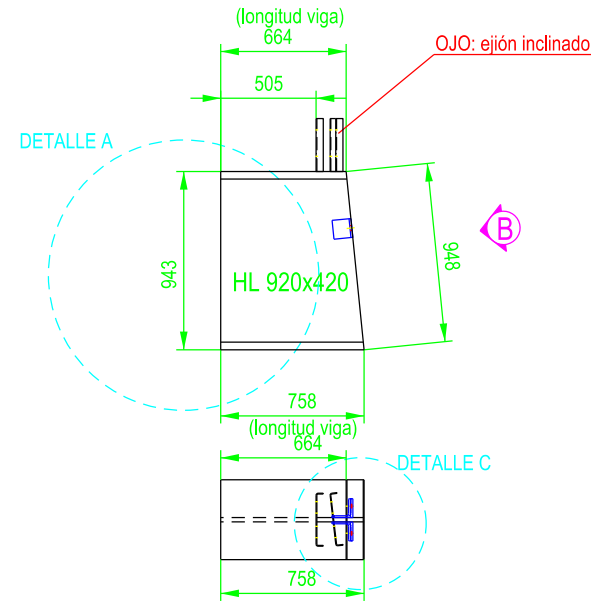
AUTOR: Ramón Tercero Herreros TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Ensamblaje clave dintel BC30
HL 920x420

FORMATO: A2
ESCALA: 1/40

PLANO Nº:
PT-167

1 UNIDAD



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Ensamblaje extremo C dintel BC30
HL 920x420

FORMATO: A3
ESCALA: 1/40

PLANO Nº: PT-168

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.3. Potelets.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PT-168A

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.3. Potelets.

3.3.1. Fachadas laterales.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO Nº :

ESCALA:

PT-168B

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.3. Potelets.

3.3.1. Fachadas laterales.

3.3.1.1. Despiece.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

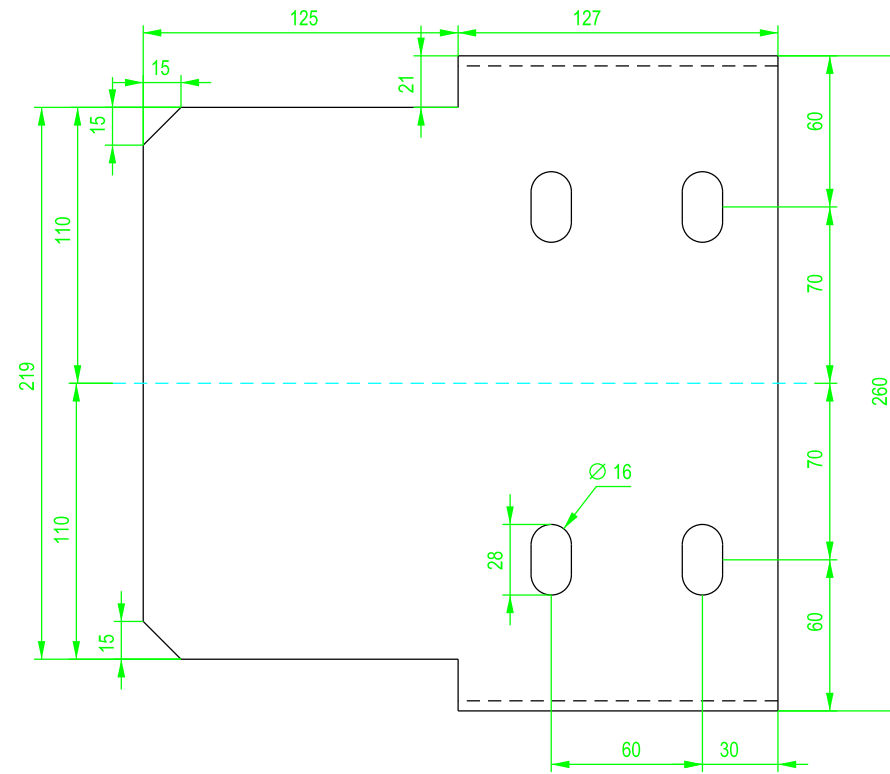
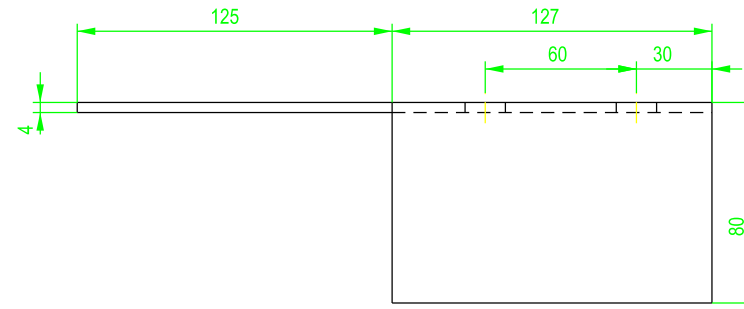
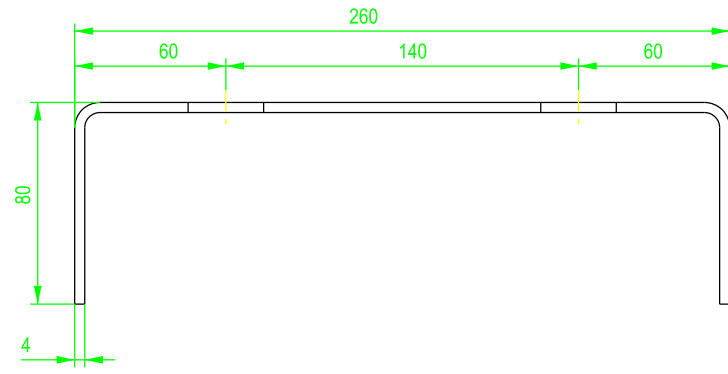
FORMATO : A4

PLANO Nº :

ESCALA:

PT-168C

300 unidades



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

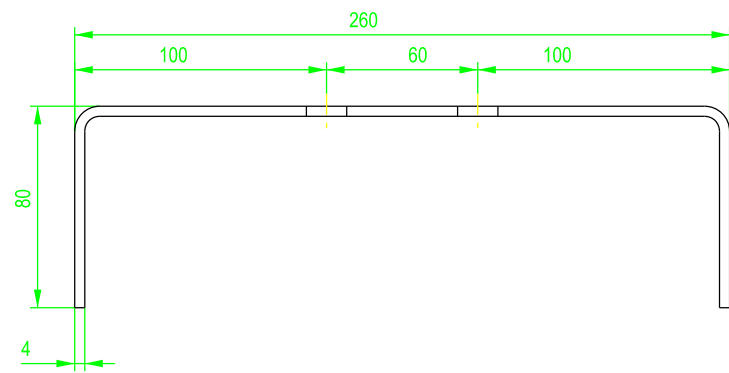
TITULO PLANO: Eijones "tipo" potelets laterales pilares A y C

FORMATO: A3

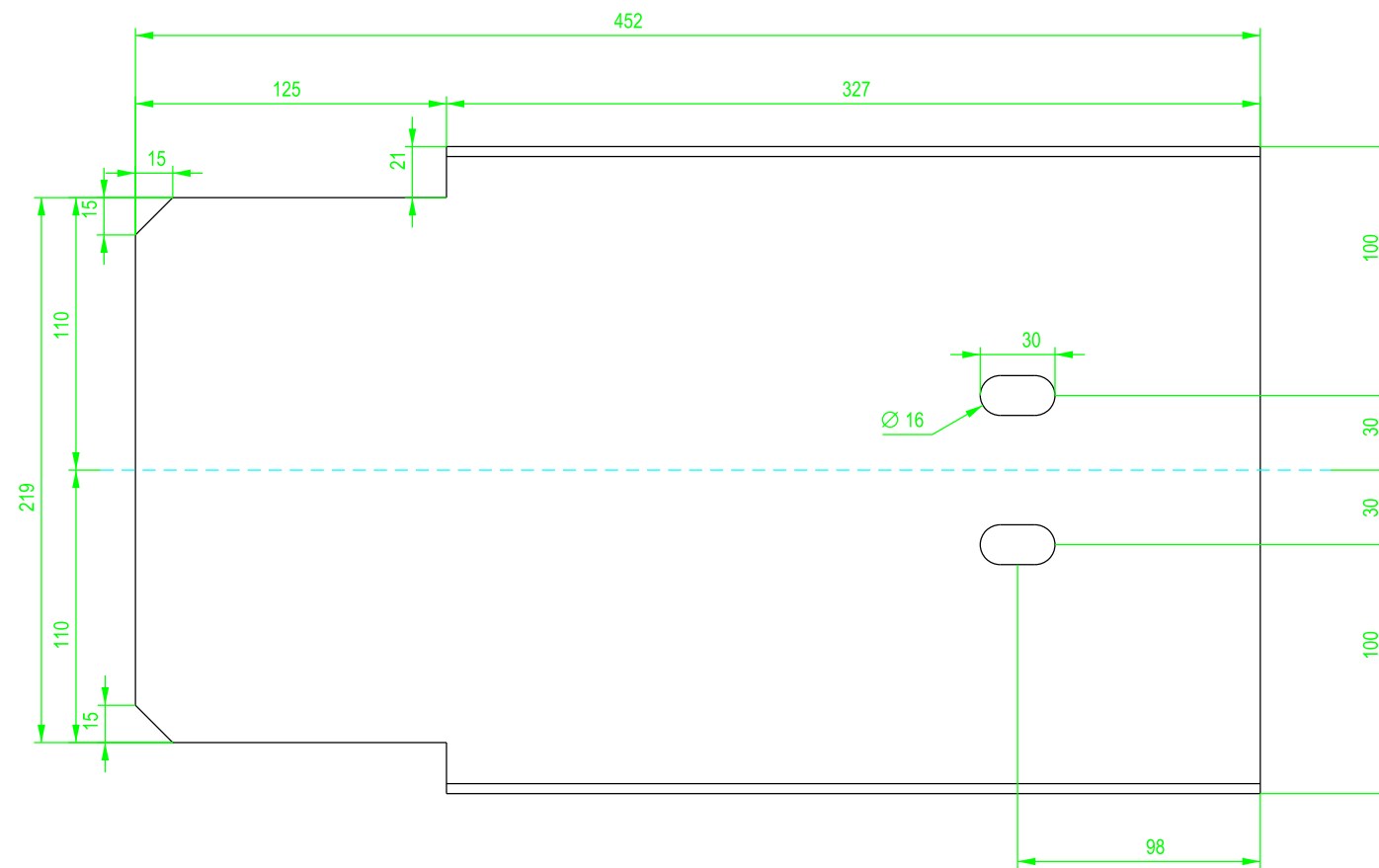
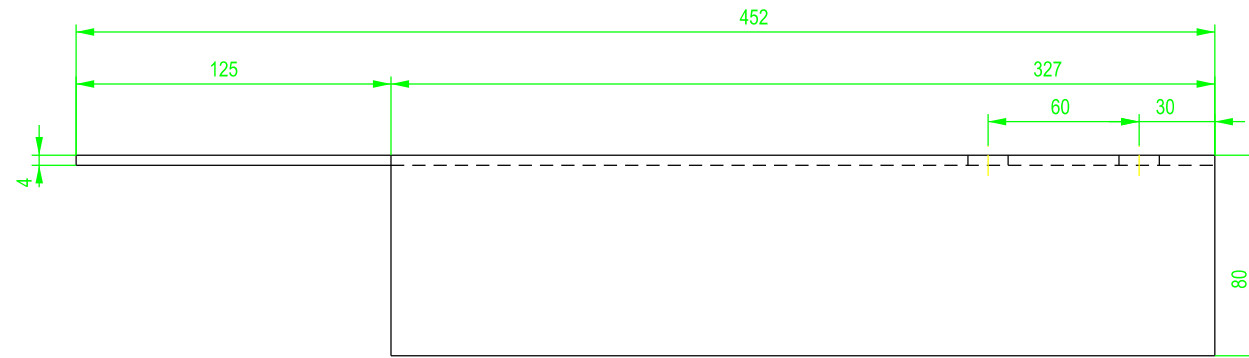
PLANO Nº:

ESCALA: 1/3

PT-169



10 unidades



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

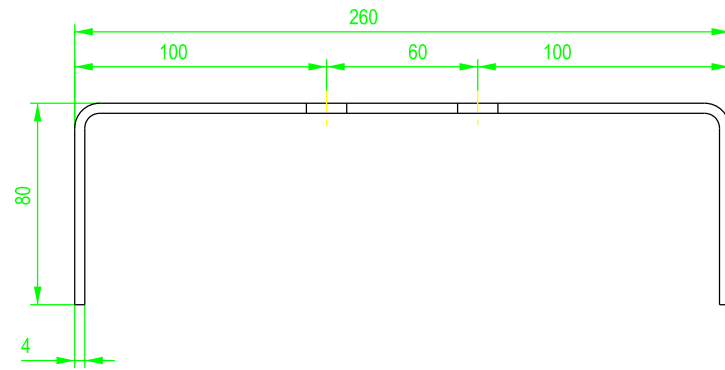
Ejones especiales potelets esquina A1, A25 Y C1

FORMATO: A3

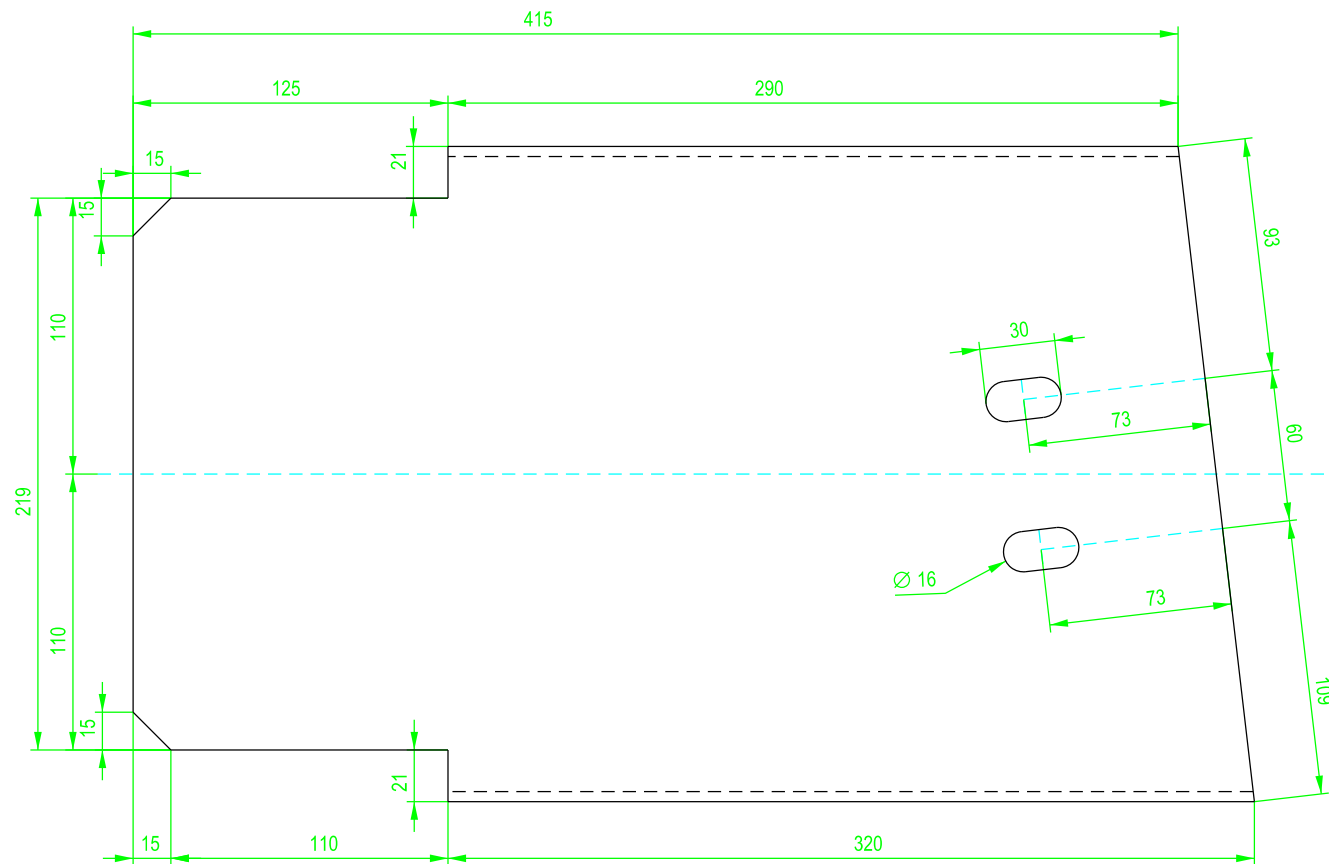
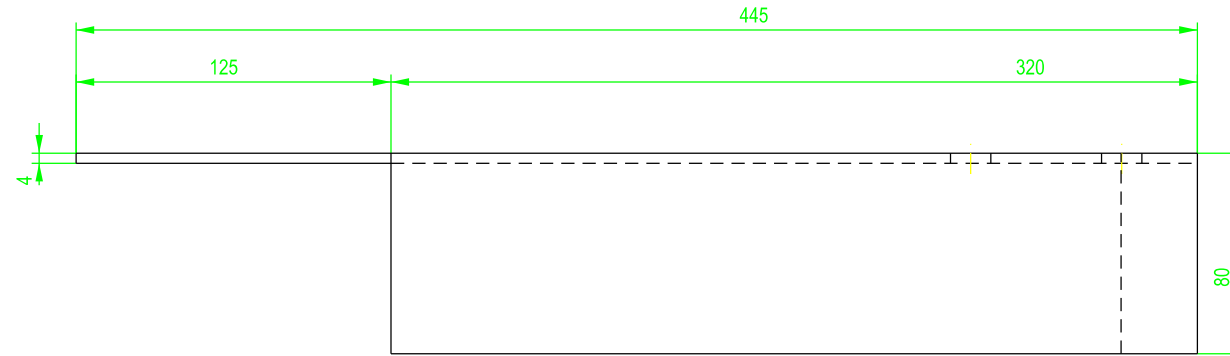
ESCALA: 1/3

PLANO Nº:

PT-170



3 unidades



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

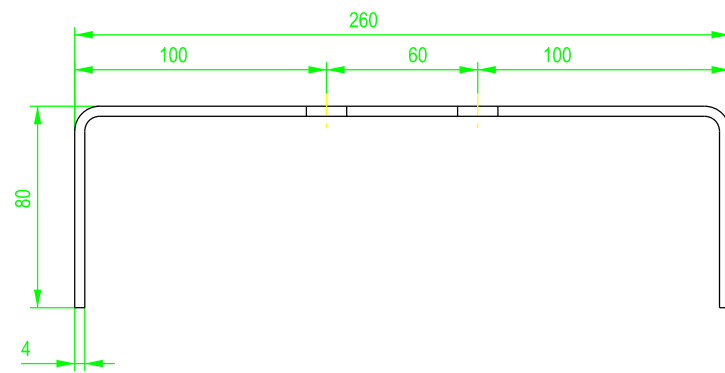
Ejones especiales potelet de esquina C30 (1 de 2)

FORMATO: A3

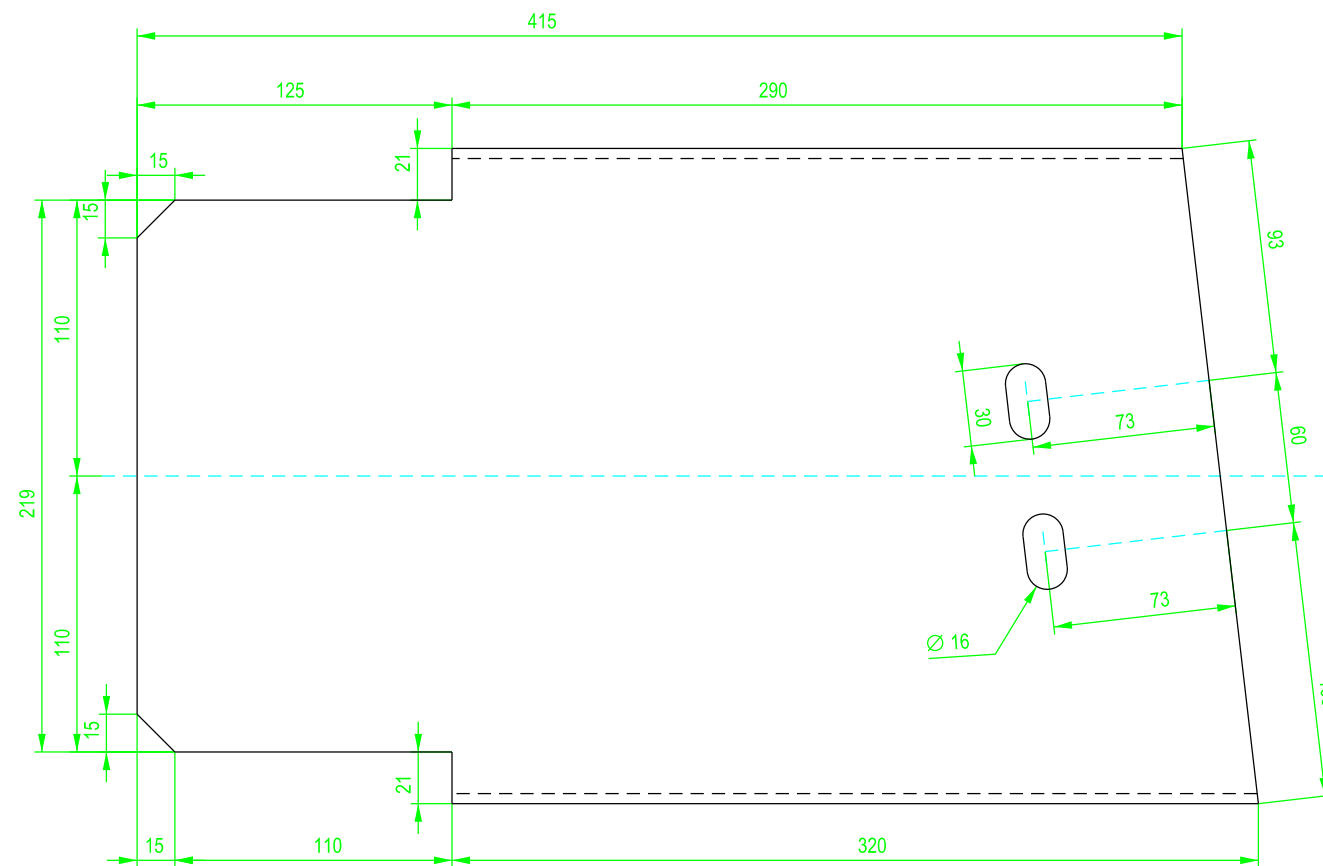
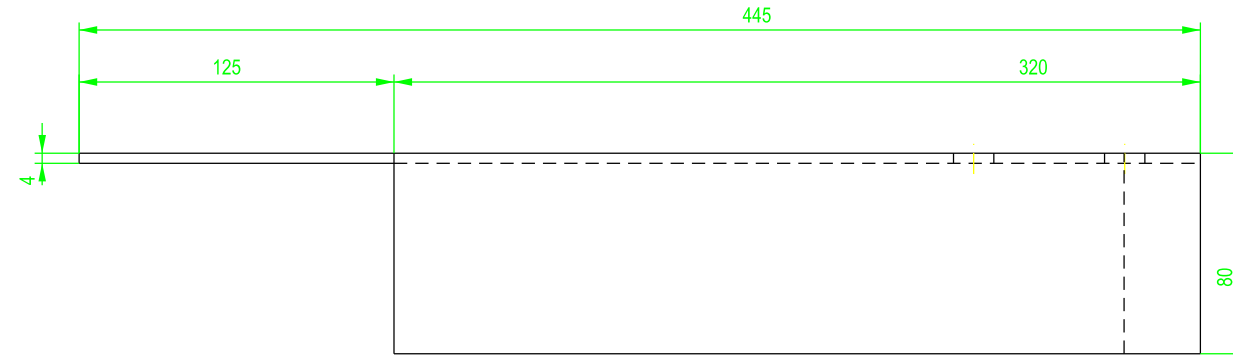
ESCALA: 1/3

PLANO Nº:

PT-171



1 unidad



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Ejiones especiales potelet de esquina C30 (2 de 2)

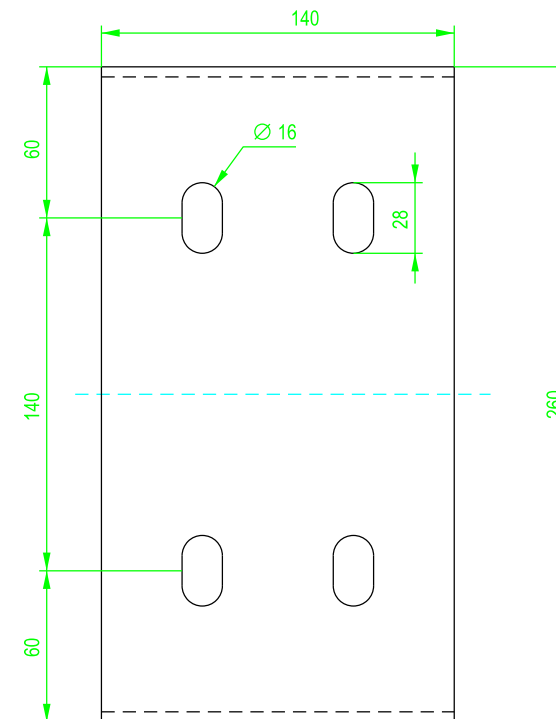
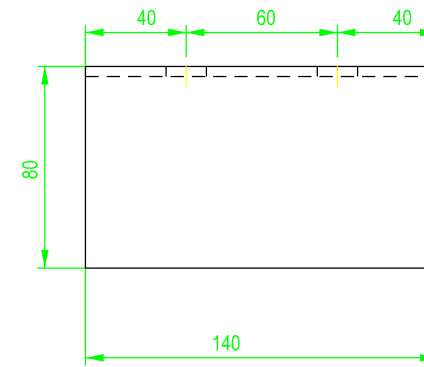
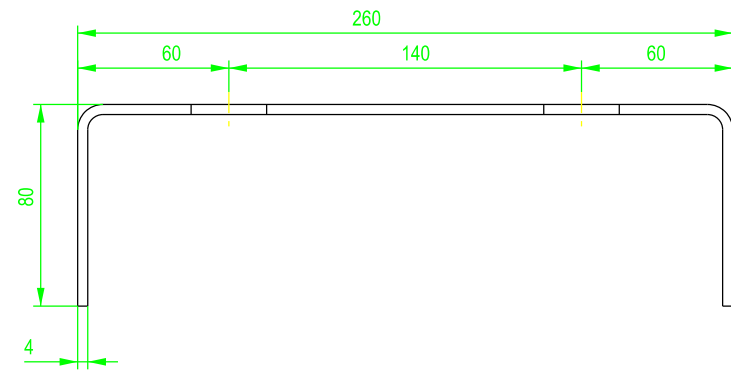
FORMATO: A3

ESCALA: 1/3

PLANO Nº:

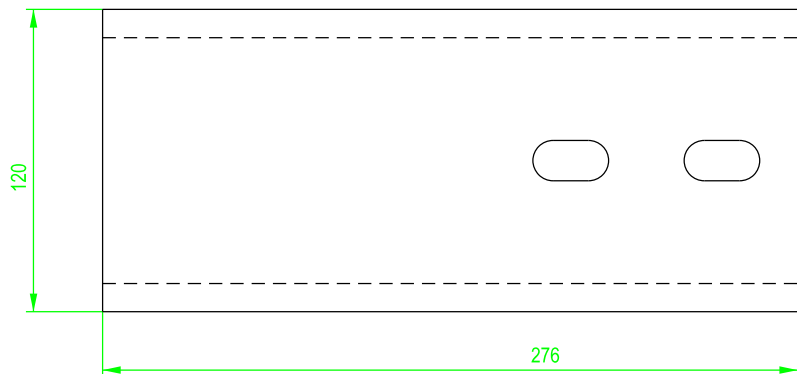
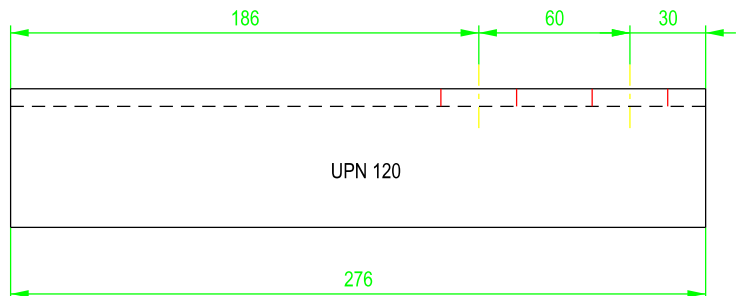
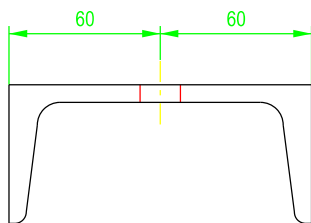
PT-172

3 unidades



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: Ejjones especiales potelet pilar A'25 (1 de 2)	FORMATO: A3 ESCALA: 1/3	PLANO Nº: PT-173

3 UNIDADES



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Ejiones especiales potelet pilar A'25 (2 de 2)

FORMATO : A4

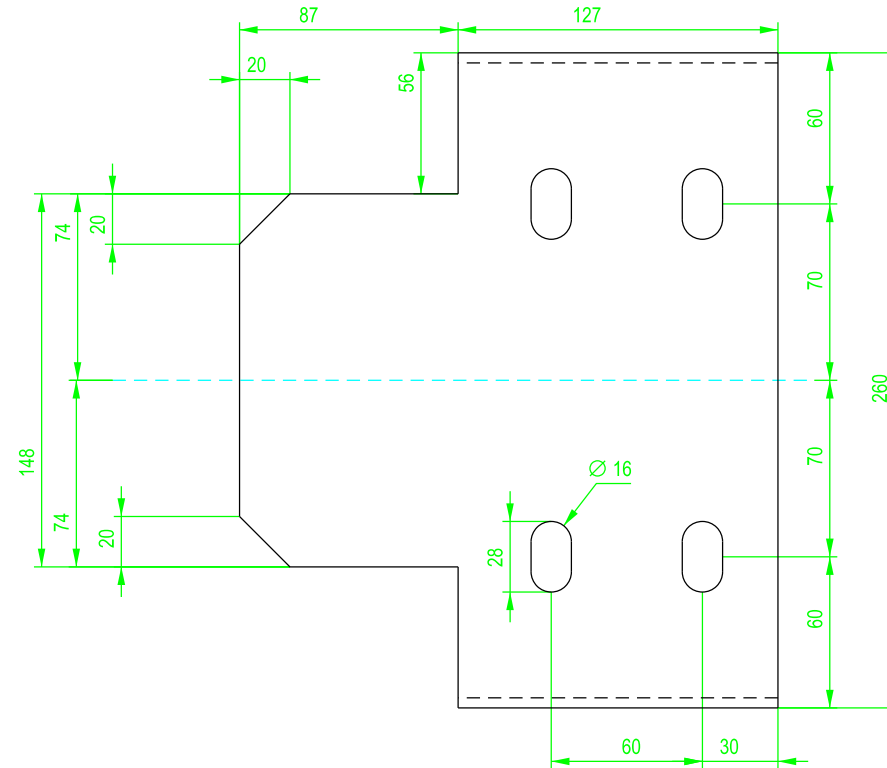
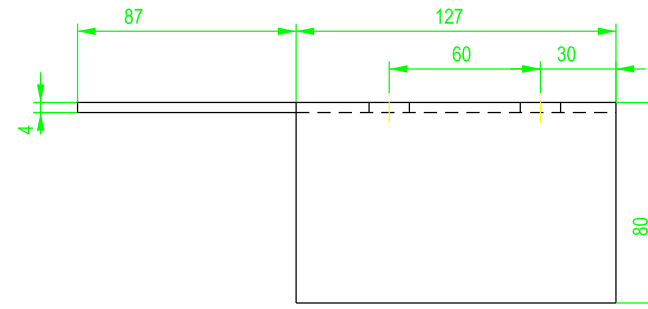
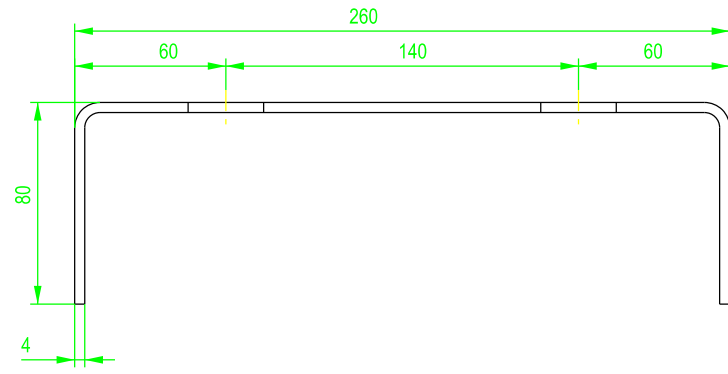
ESCALA:

1/3

PLANO N° :

PT-174

27 unidades



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Ejiones "tipo" potelets laterales pilares A'

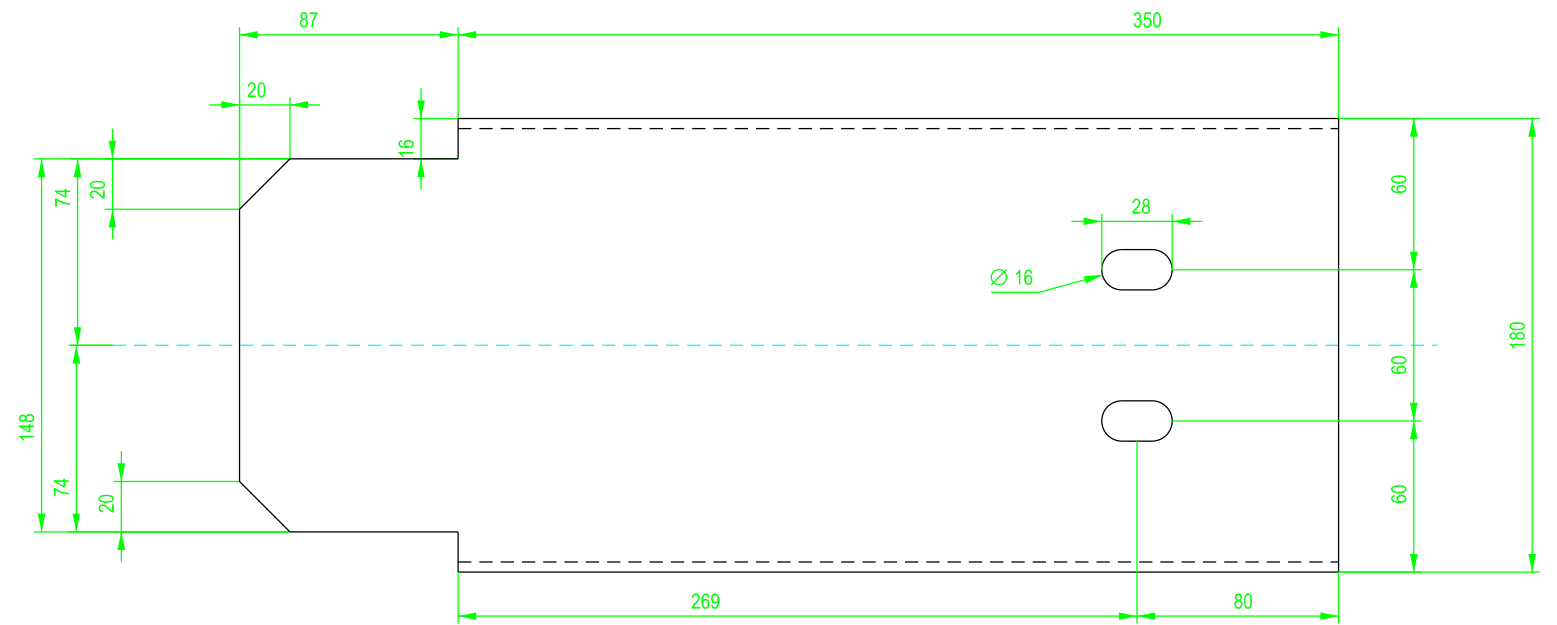
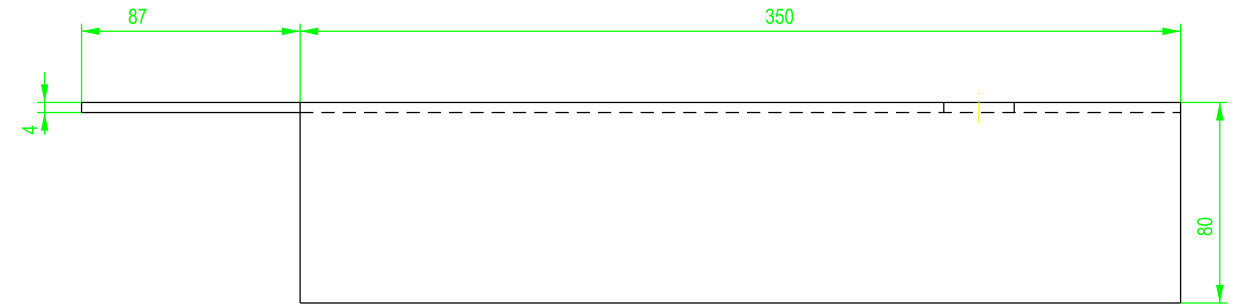
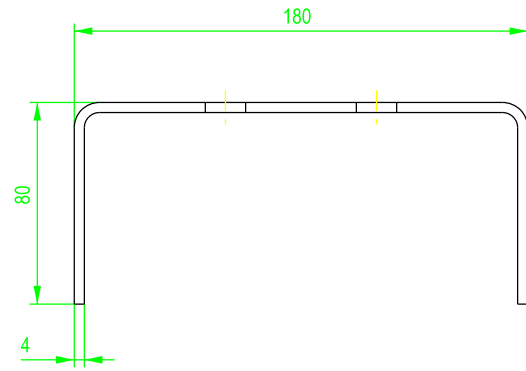
FORMATO: A3

ESCALA: 1/3

PLANO Nº:

PT-175

3 unidades



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Ejones especiales potelet pilar A'30 (esquina)

FORMATO: A3

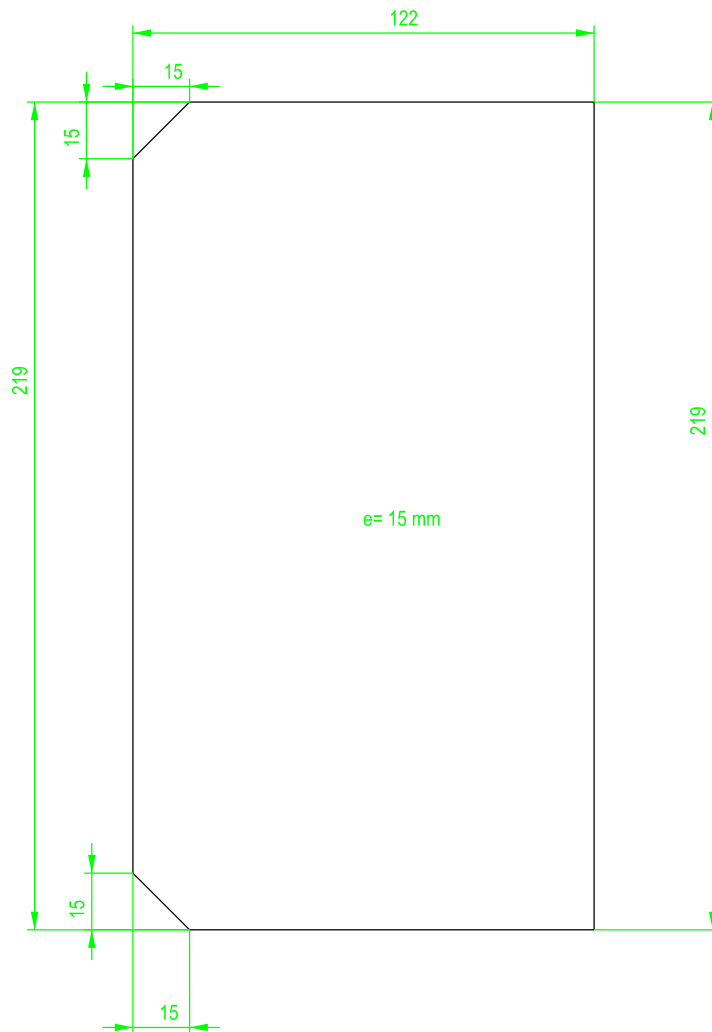
ESCALA:

1/3

PLANO Nº:

PT-176

82 UNIDADES



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Rigidizadores $e=15 \text{ mm}$ potelers fachadas laterales

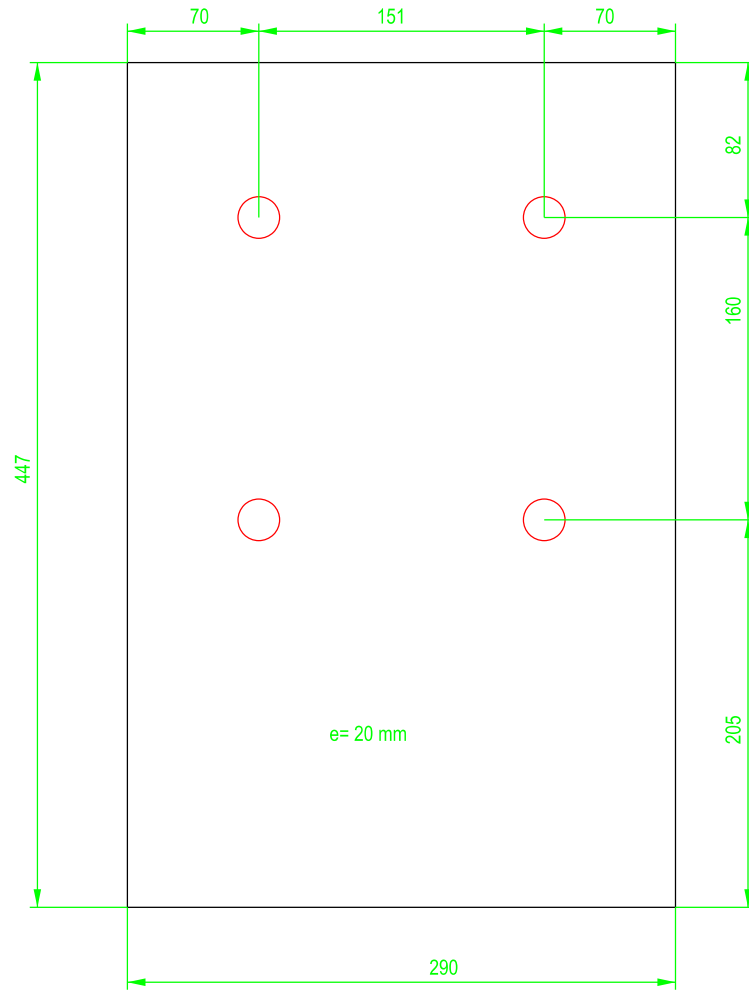
FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PT-177

38 UNIDADES



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

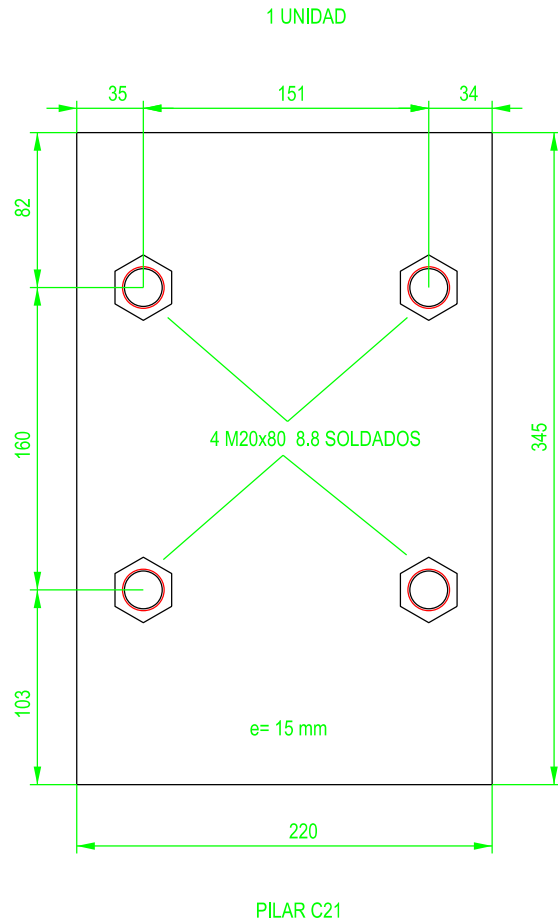
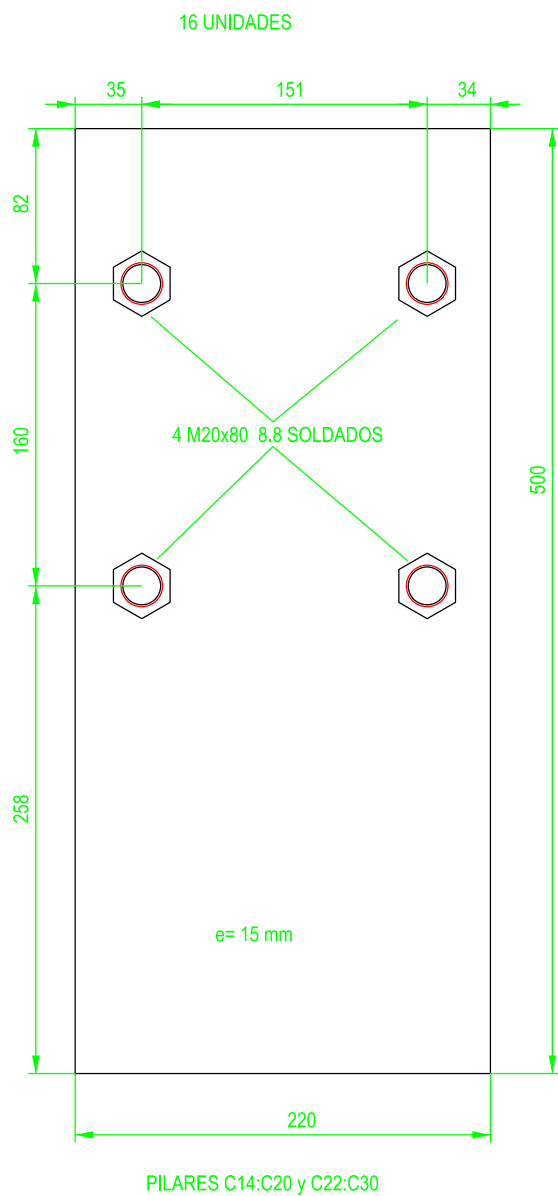
Chapa conexión potelets laterales
Pilares A1:A25 y C1:C13

FORMATO : A4

ESCALA: 1/4

PLANO N° :

PT-178



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Chapa conexión potelets laterales
Pilares C14:C30

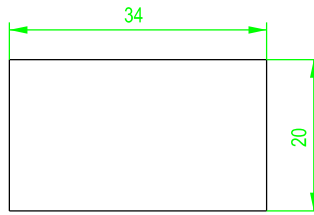
FORMATO : A4

ESCALA:

1/4

PLANO Nº :

PT-179



16 UNIDADES L=500 mm

1 UIDAD L= 345 mm (pilar C21)



16 UNIDADES L=500 mm

1 UIDAD L= 345 mm (pilar C21)

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Chapa e=20 mm inclinación potelets laterales
Pilares C14:C30

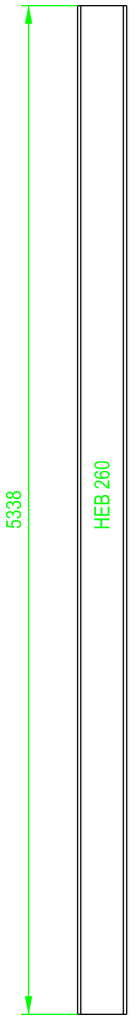
FORMATO : A4

ESCALA: 1/1

PLANO N° :

PT-180

38 UNIDADES



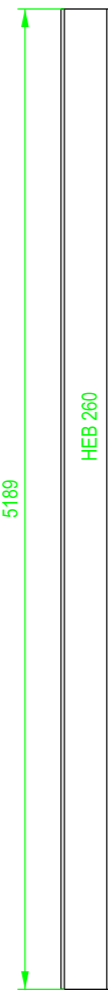
A1-A25
C1-C13

1 UNIDAD



C14

1 UNIDAD



C15

1 UNIDAD



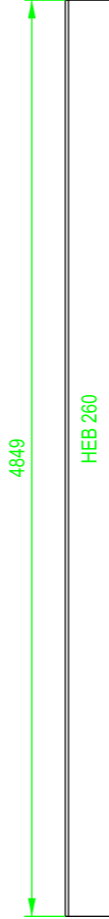
C16

1 UNIDAD



C17

1 UNIDAD



C18

1 UNIDAD



C19

1 UNIDAD



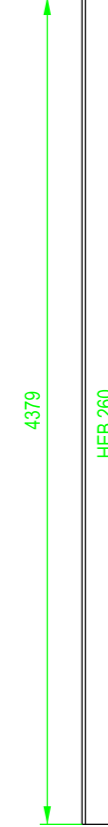
C20

1 UNIDAD



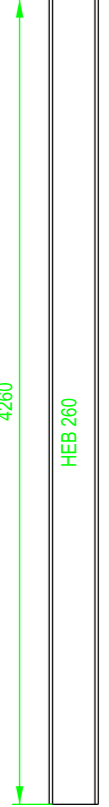
C21

1 UNIDAD



C22

1 UNIDAD



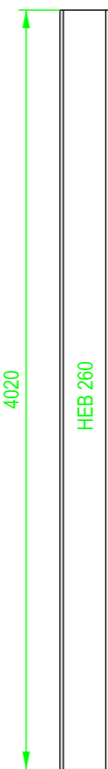
C23

1 UNIDAD



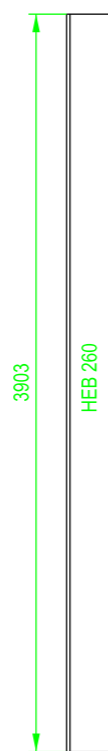
C24

1 UNIDAD



C25

1 UNIDAD



C26

1 UNIDAD



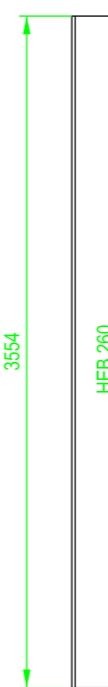
C27

1 UNIDAD



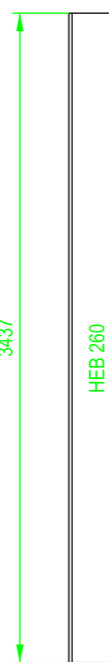
C28

1 UNIDAD



C29

1 UNIDAD



C30

MATERIAL: S275 JR

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Corte vigas potelets fachadas laterales
HEB 260

FORMATO: A2
ESCALA: 1/40

PLANO Nº: PT-181

6 UNIDADES

2880

HEB 180

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Corte vigas potelats A'25:A'30

HEB 180

FORMATO : A3

ESCALA: 1/10

PLANO Nº :

PT-182

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.3. Potelets.

3.3.1. Fachadas laterales.

3.3.1.2. Ensamblaje.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PT-182A

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

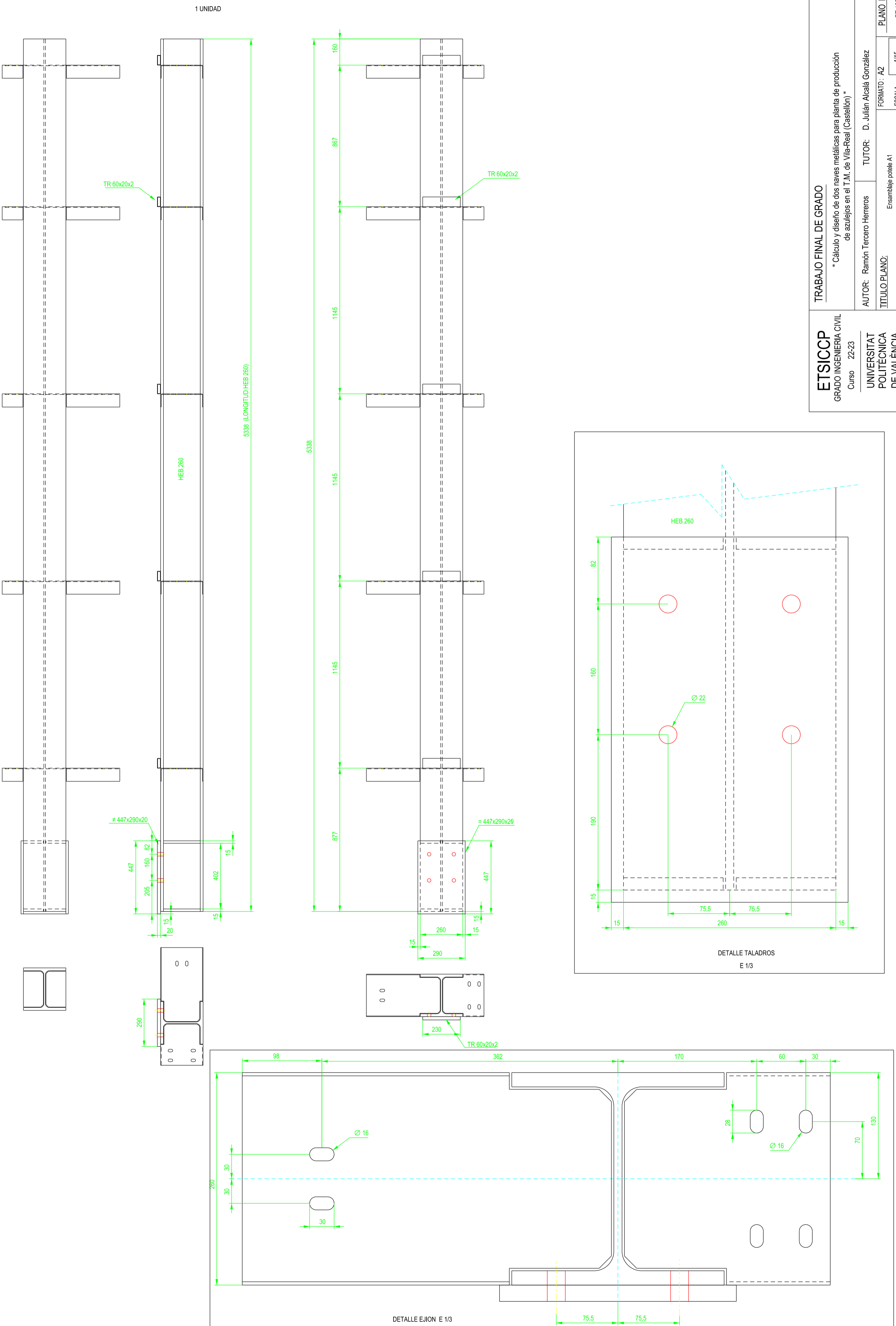
AUTOR: Ramón Tercero Herreros TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO: Ensamblaje pòtele A1

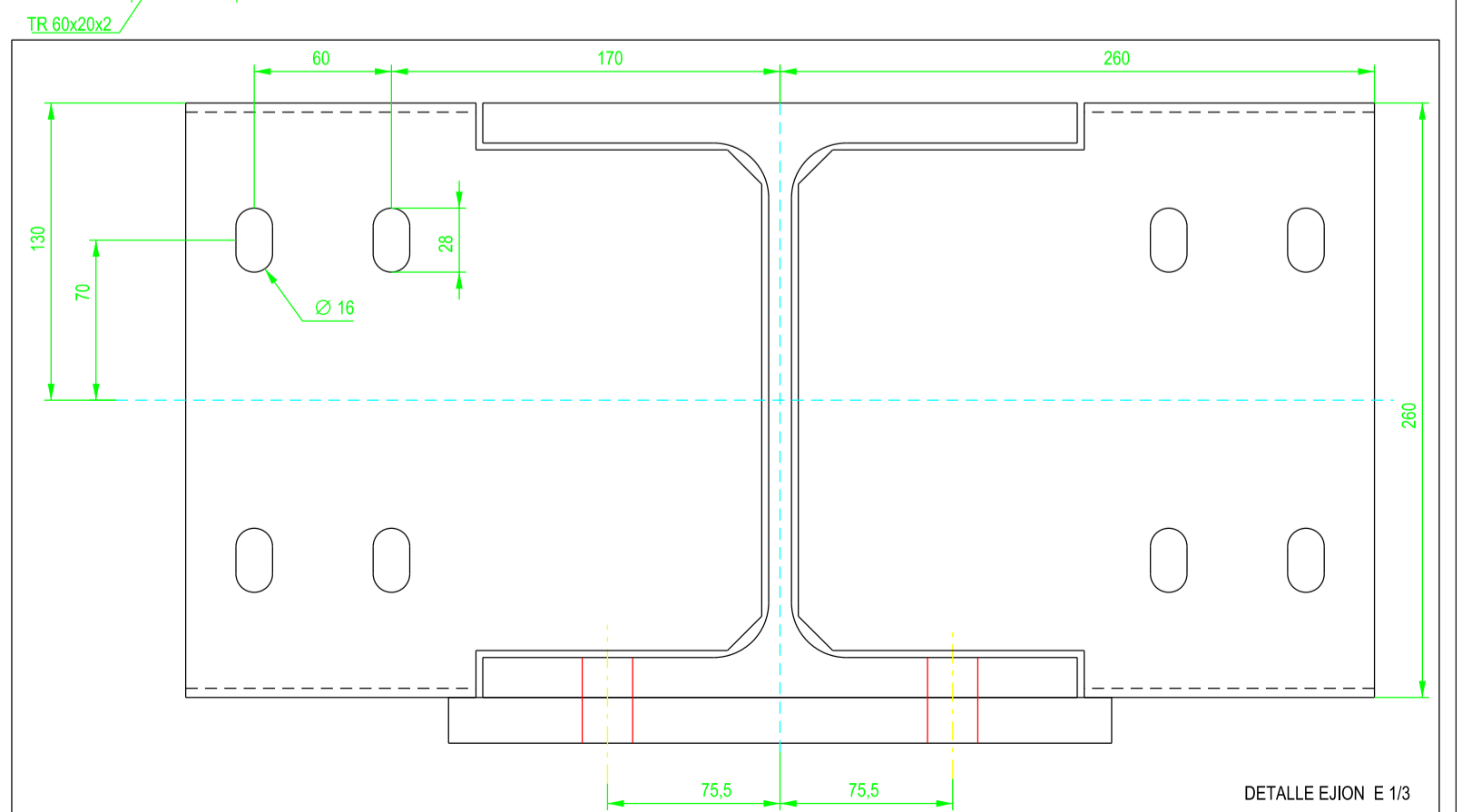
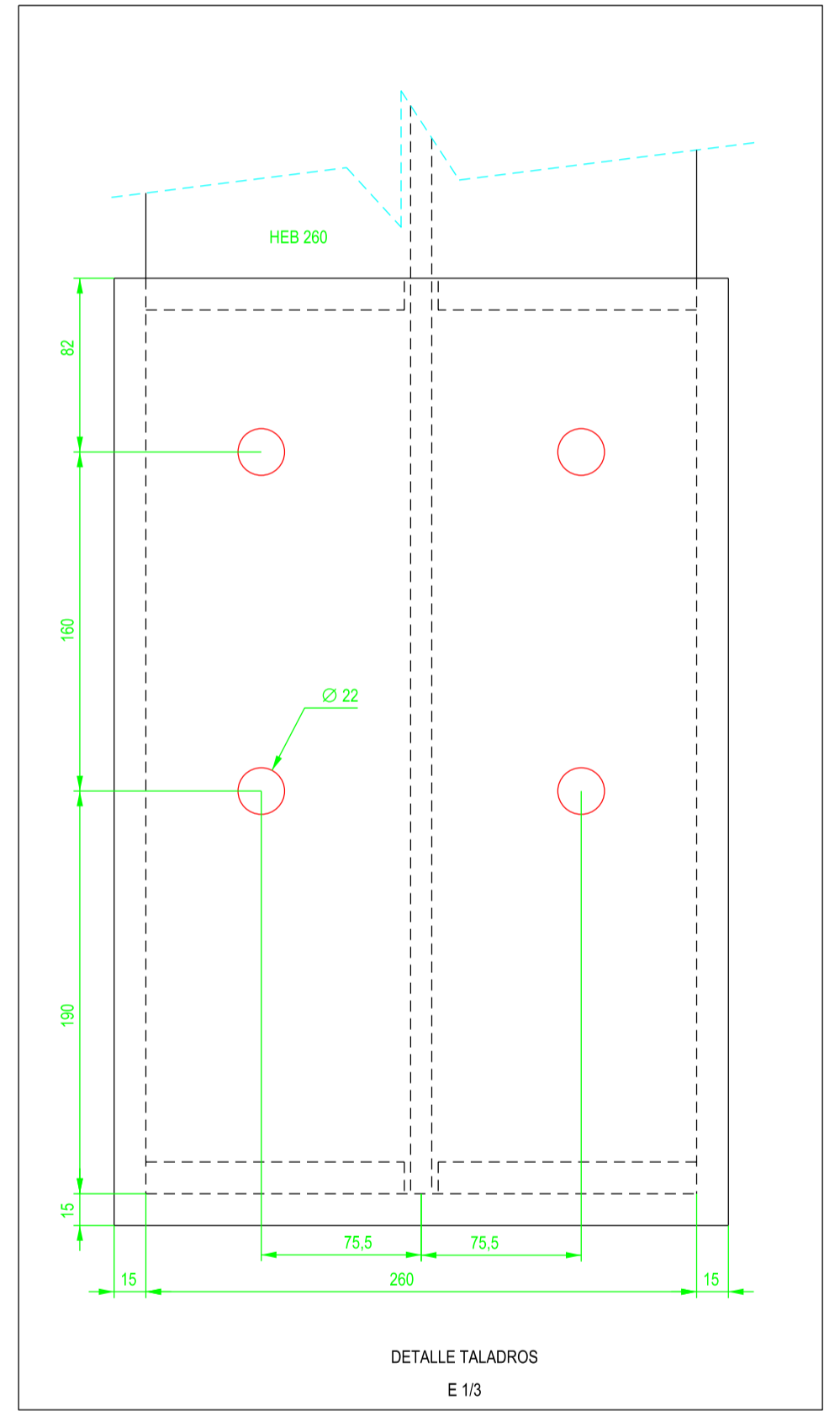
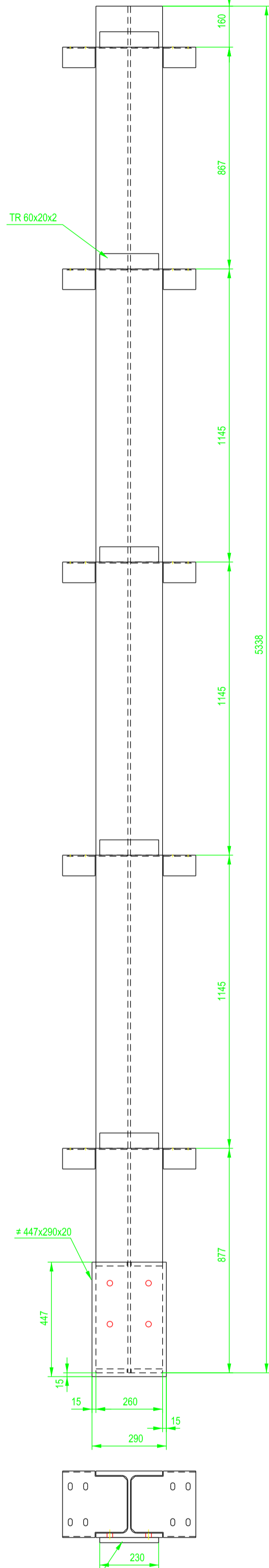
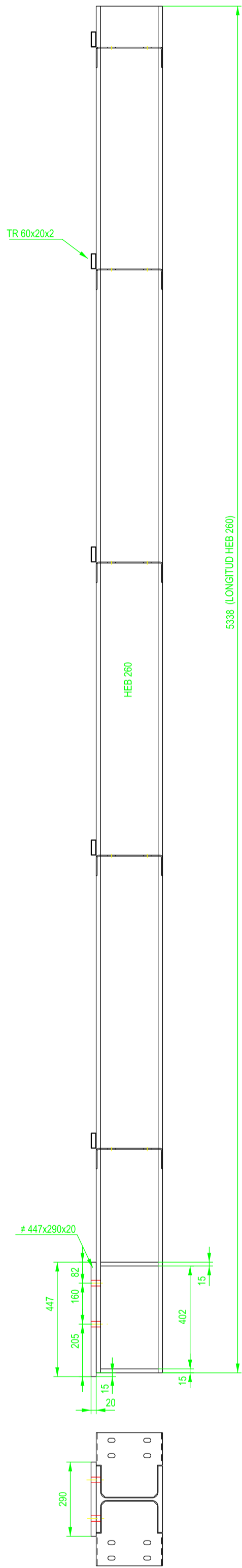
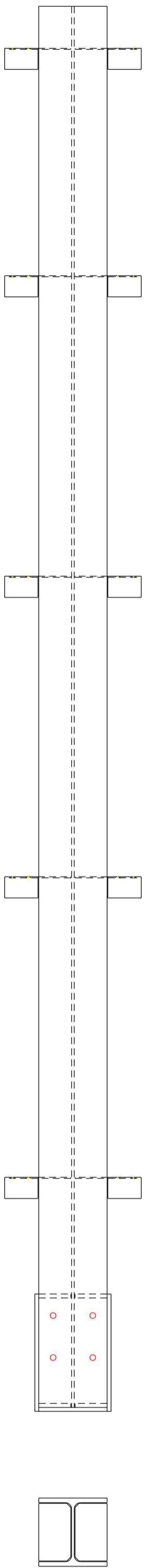
FORMATO: A2 ESCALA: 1/15 PLANO Nº.: PT-183

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



35 UNIDADES



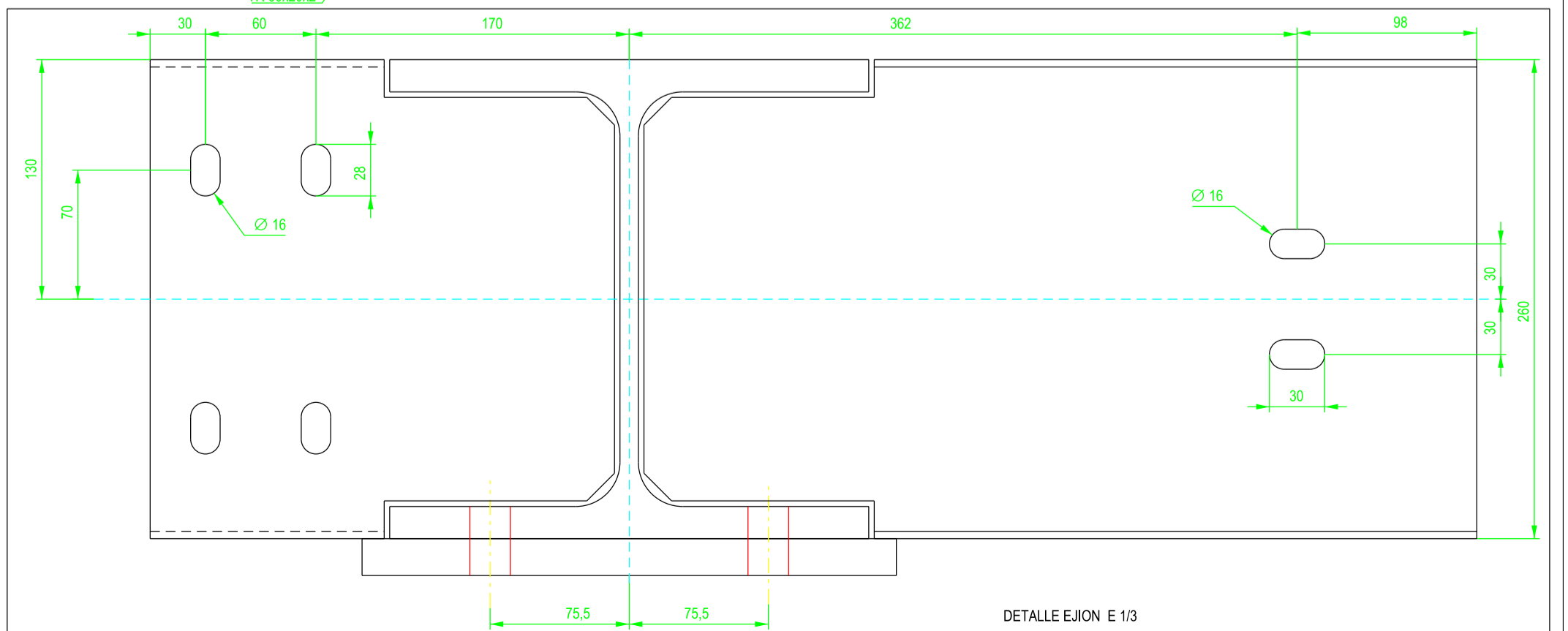
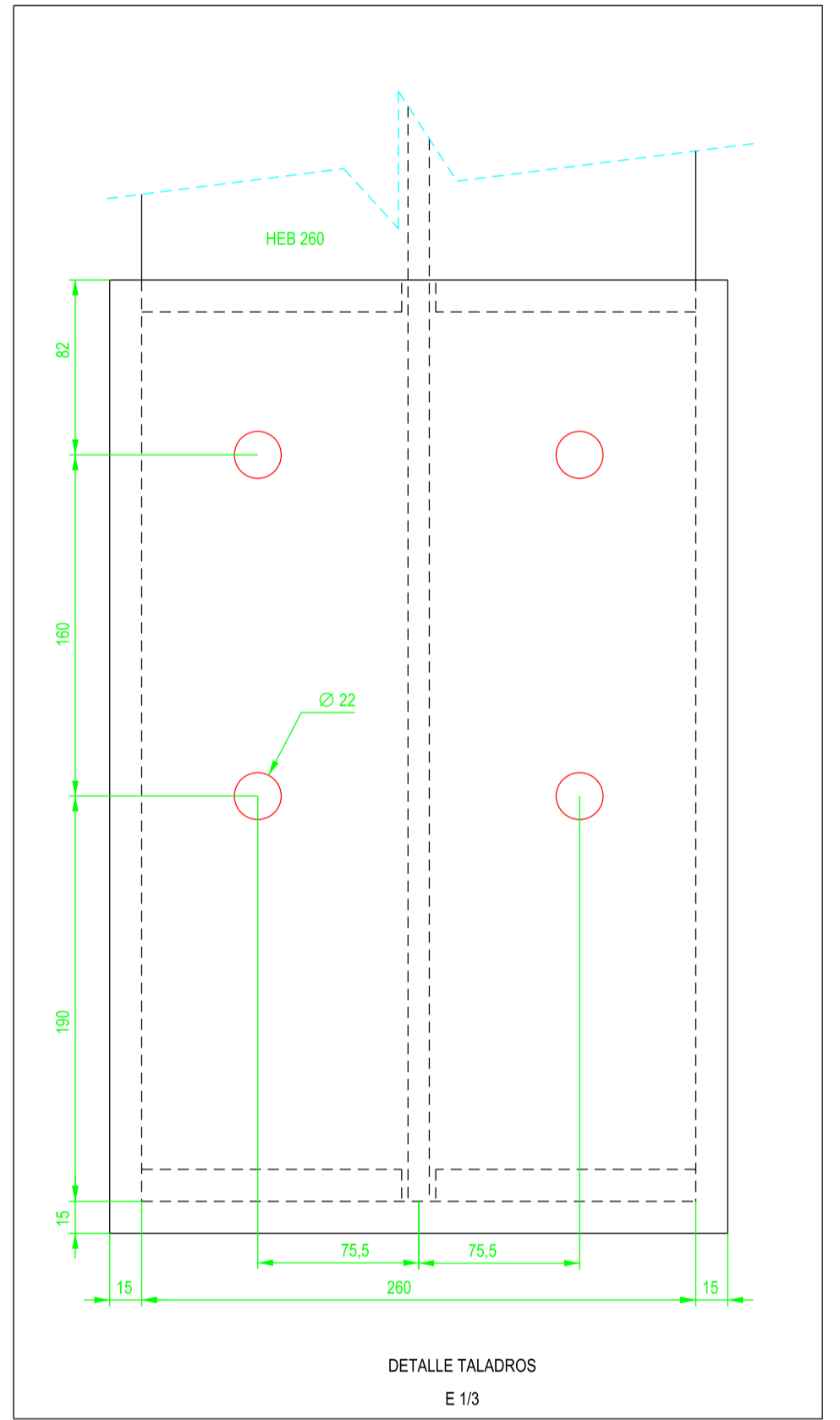
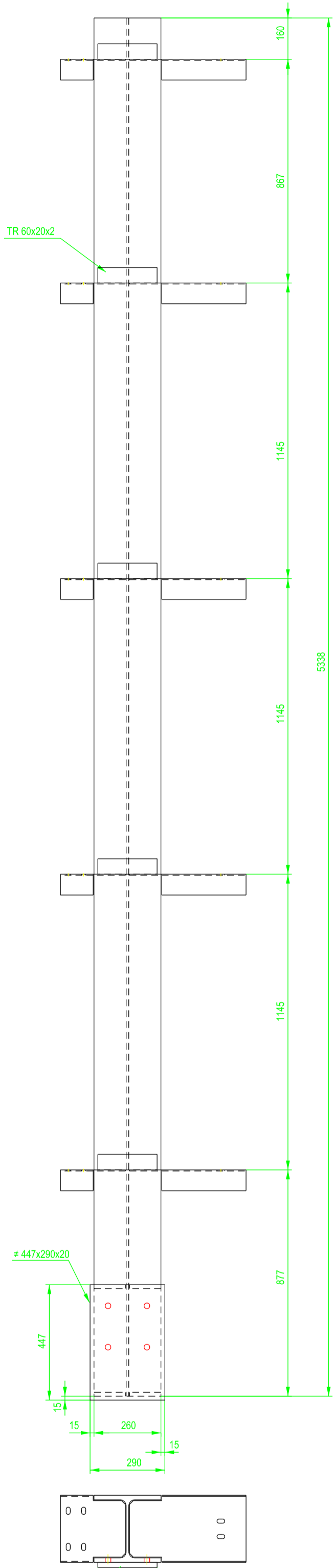
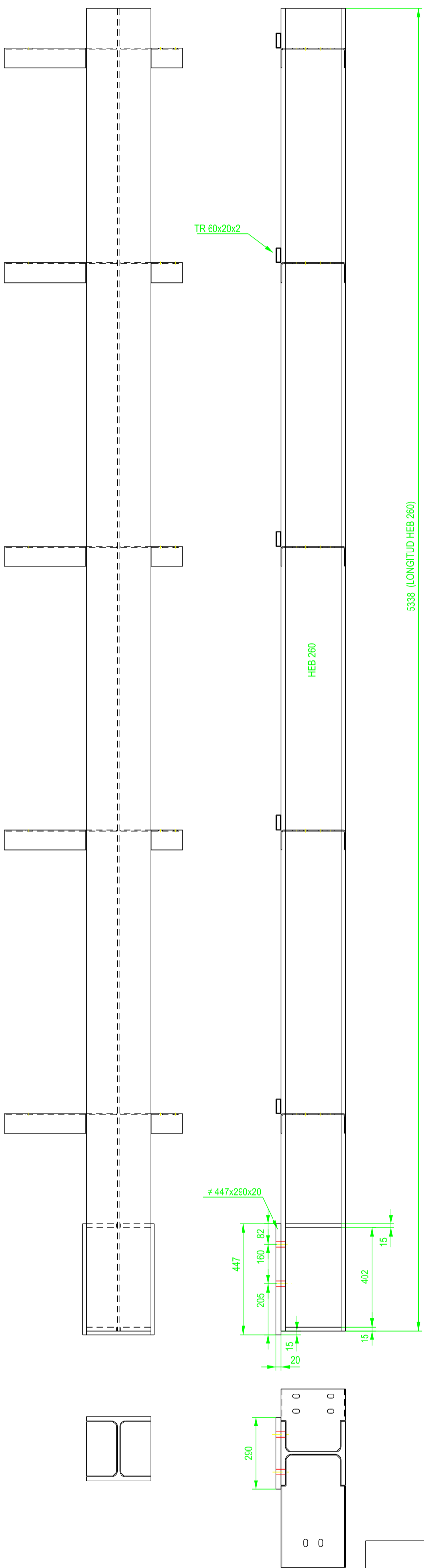
ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-REAL (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González
TÍTULO PLANO: Ensamblaje pteleleis A2-A24 y C2-C13

FORMATO: A2
ESCALA: 1/15
PLANO Nº.: PT-184

2 UNIDADES



TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

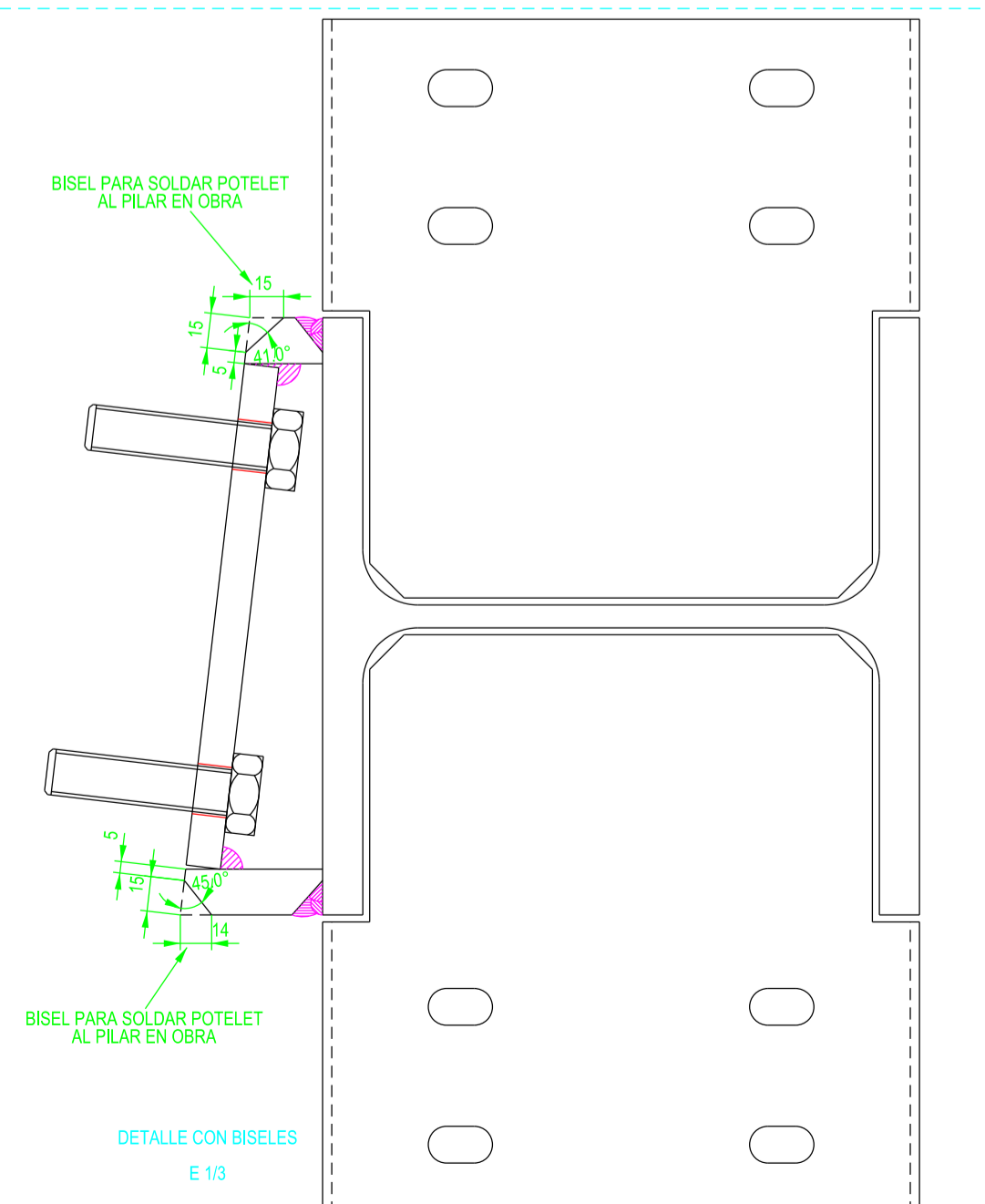
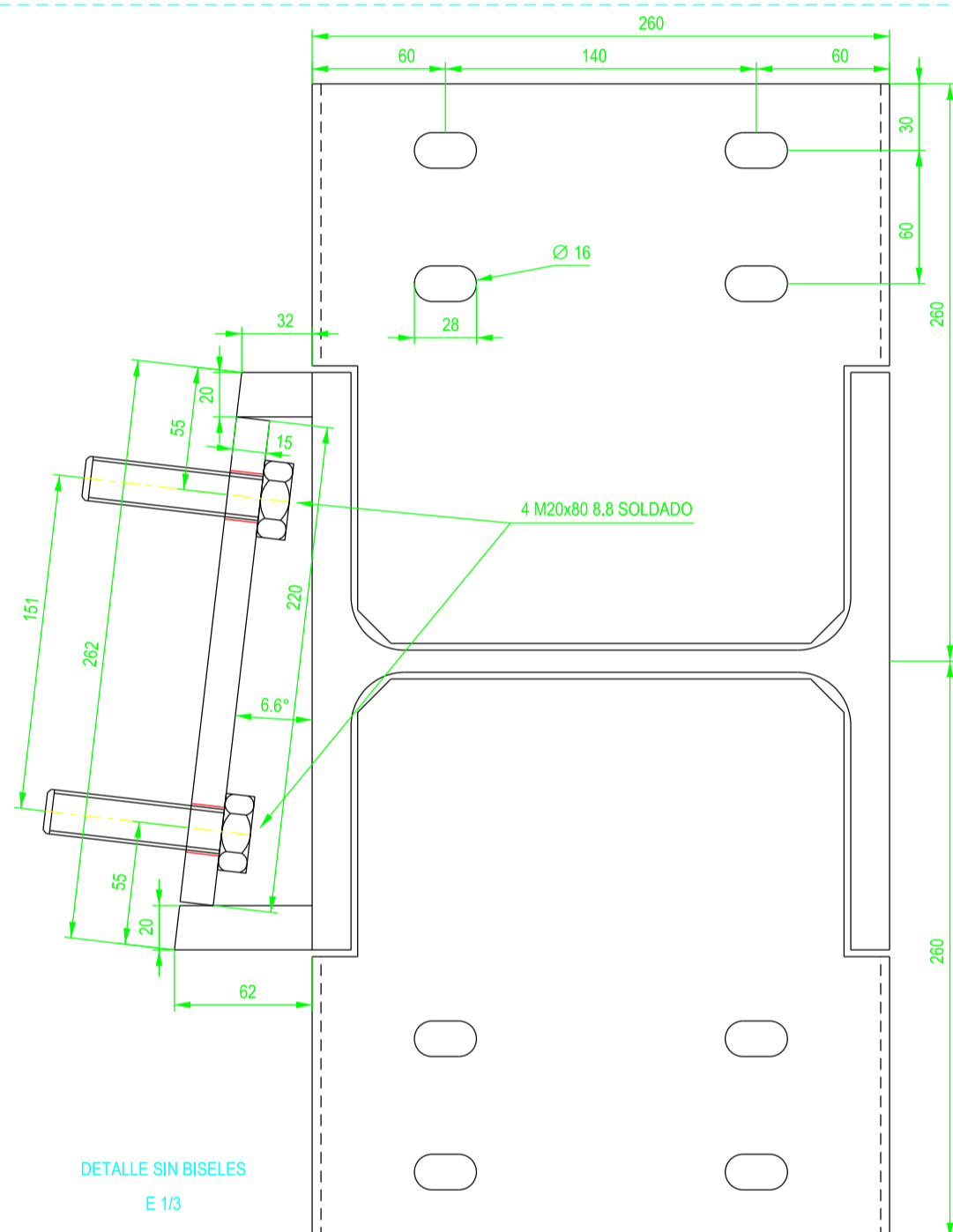
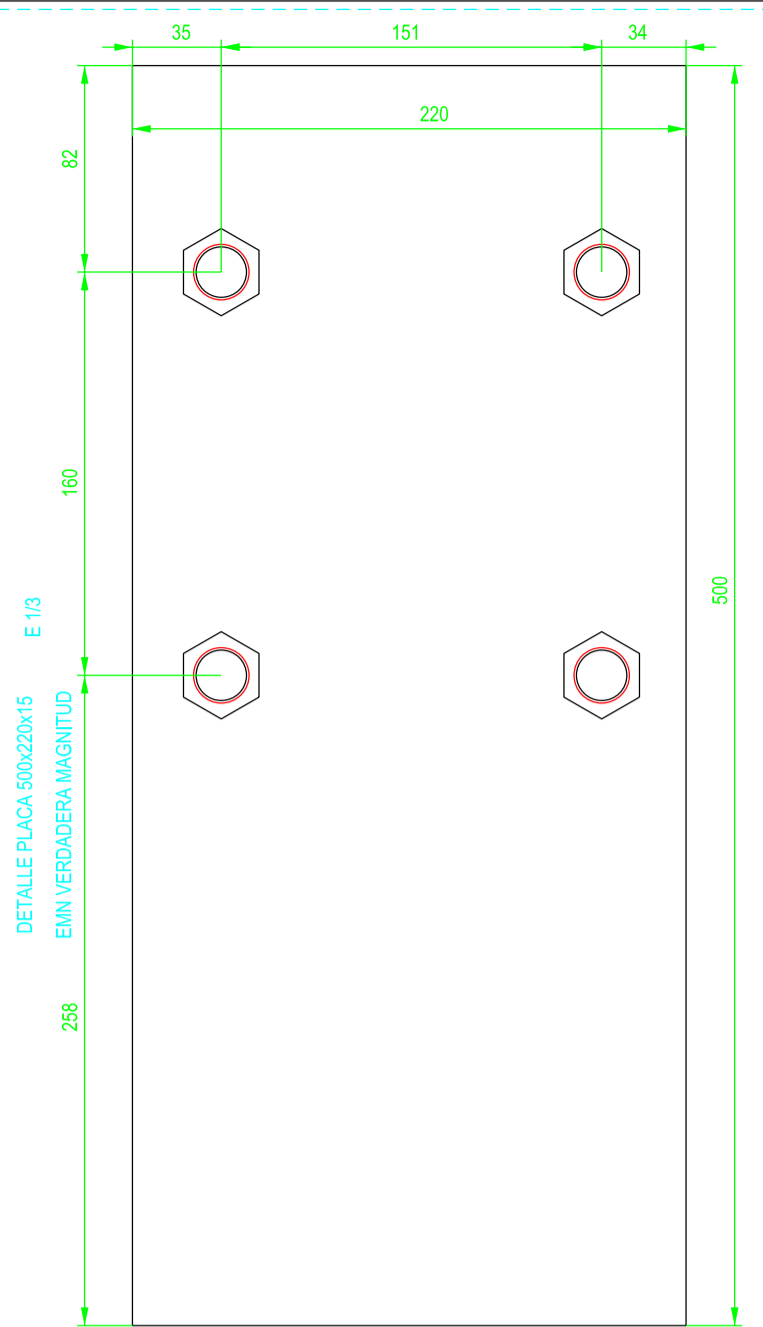
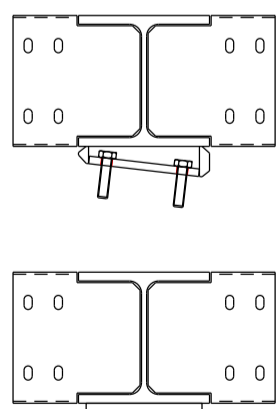
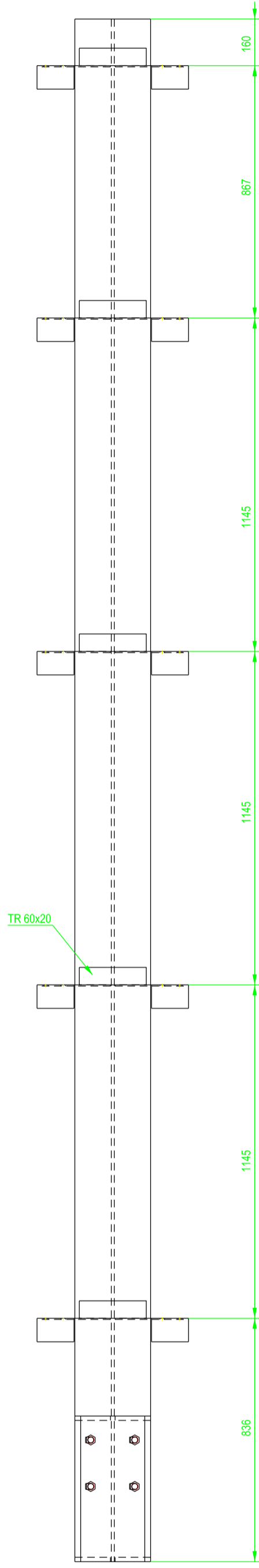
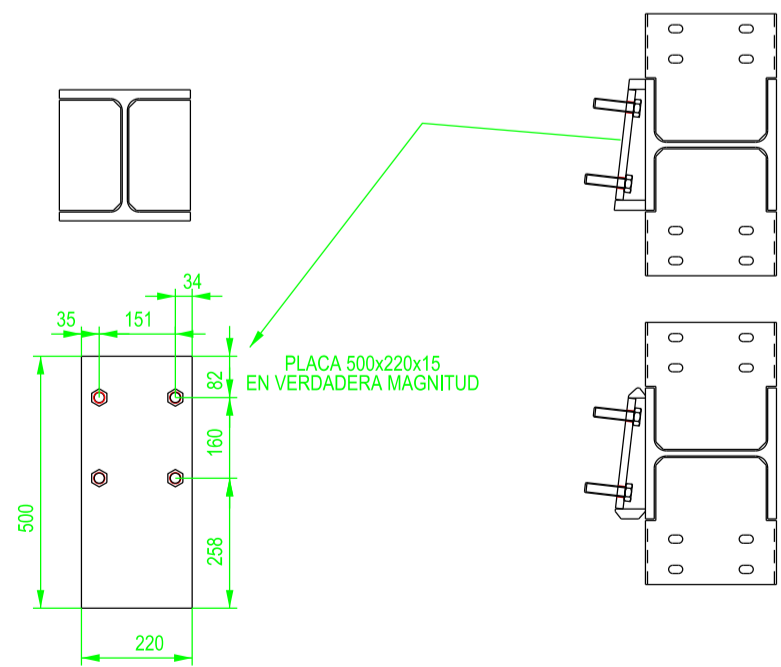
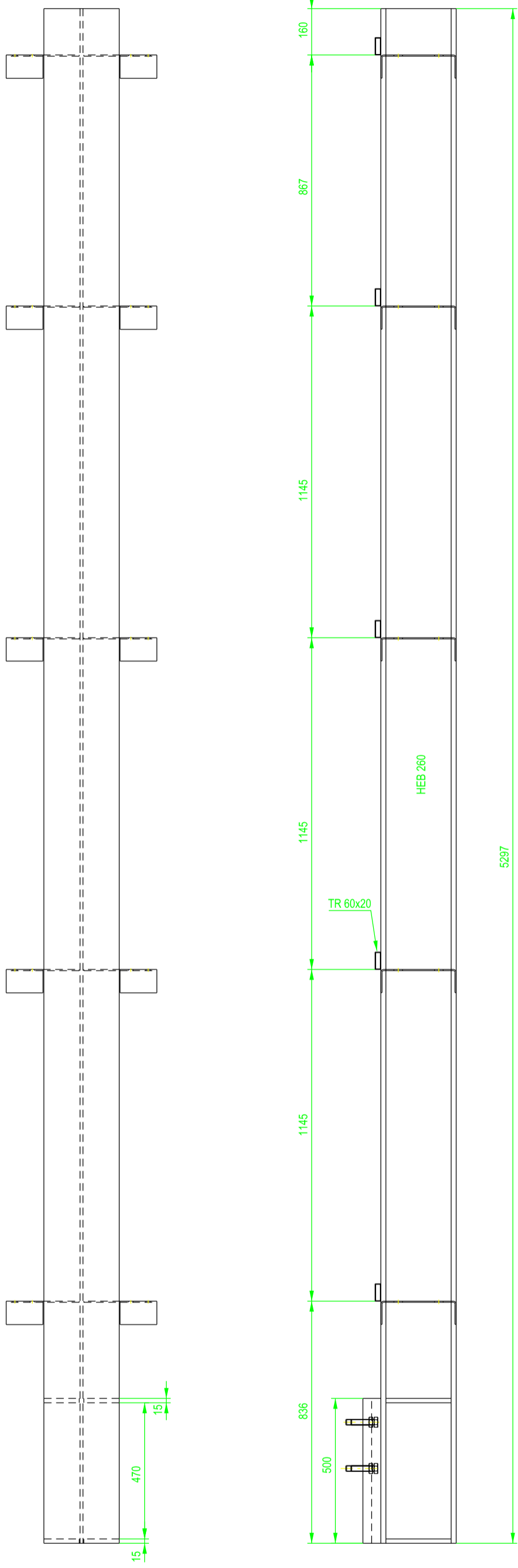
Ensamblaje pteletats A25 y C1

FORMATO: A2

PLANO Nº: PT-185

ESCALA: 1/15

1 UNIDAD



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO:

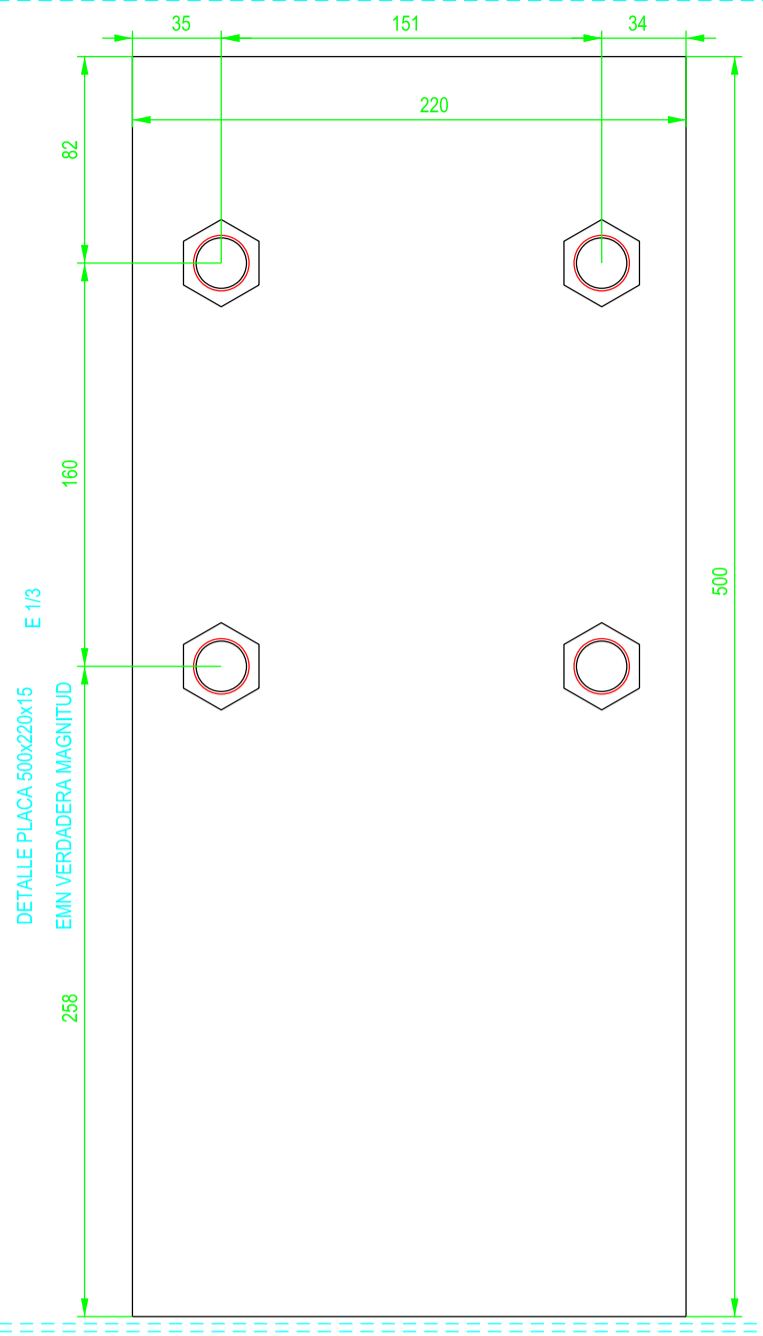
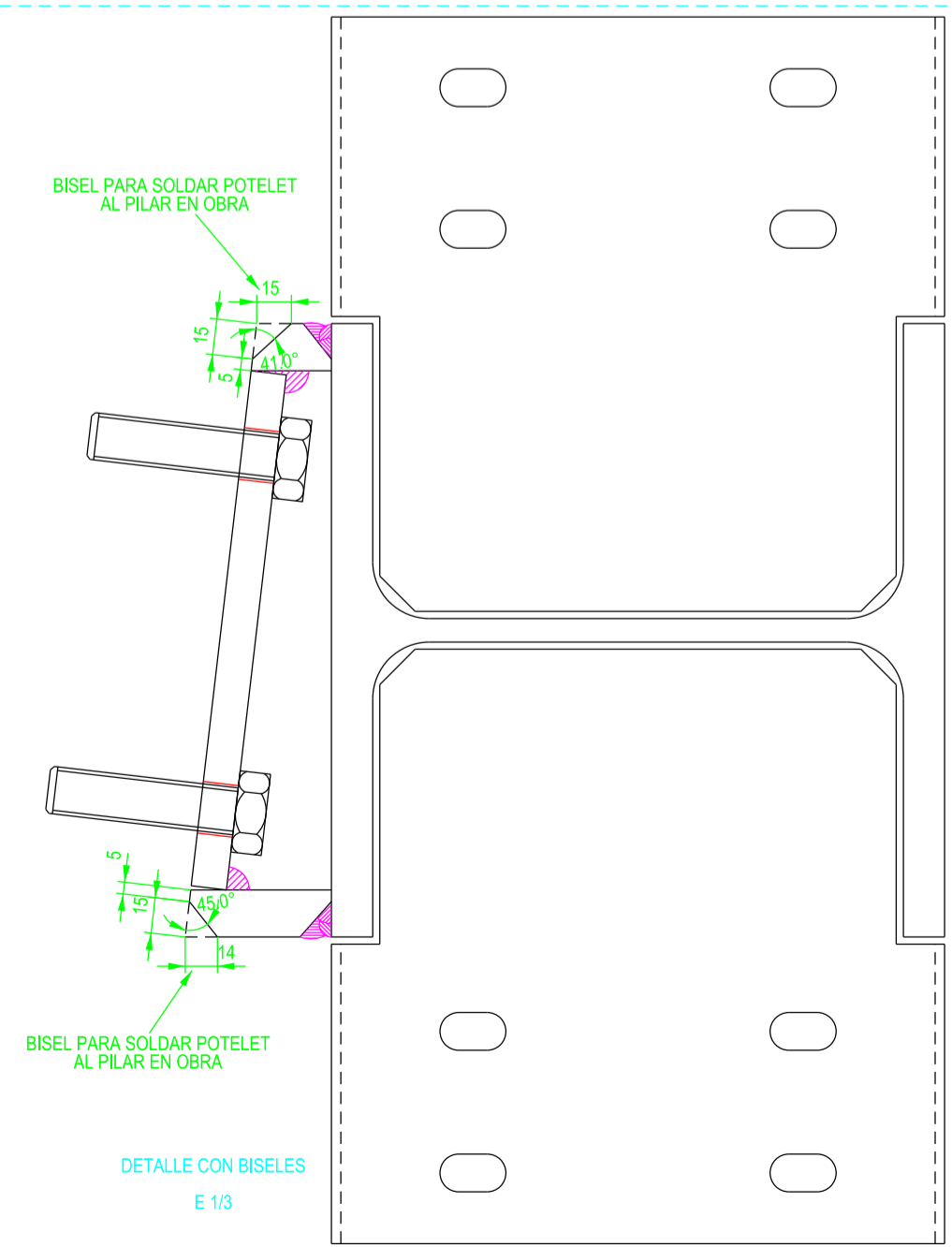
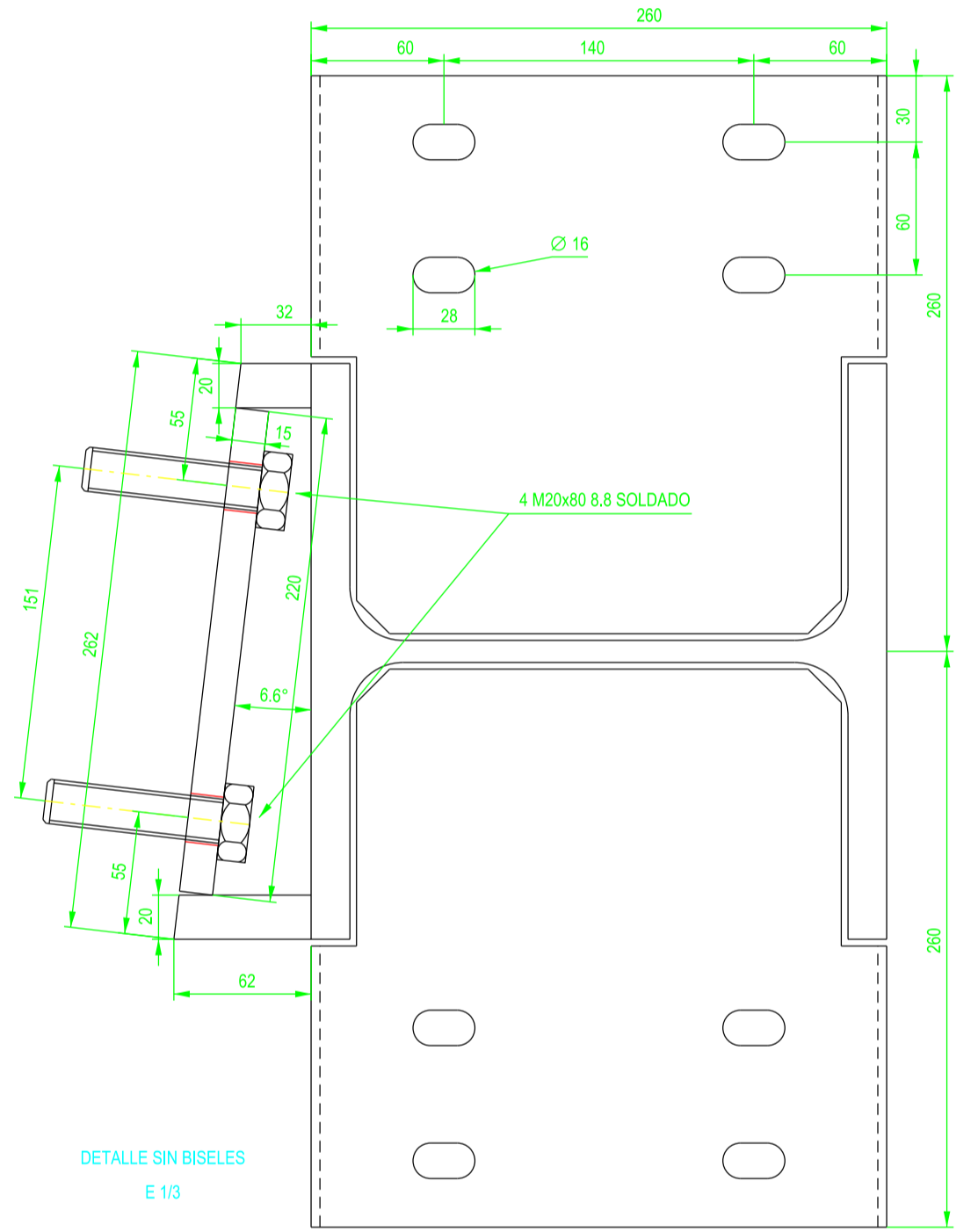
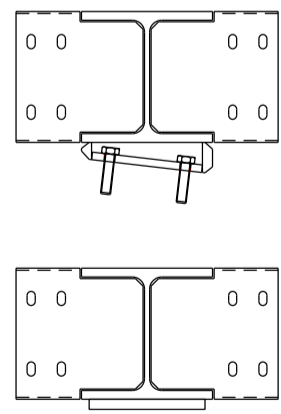
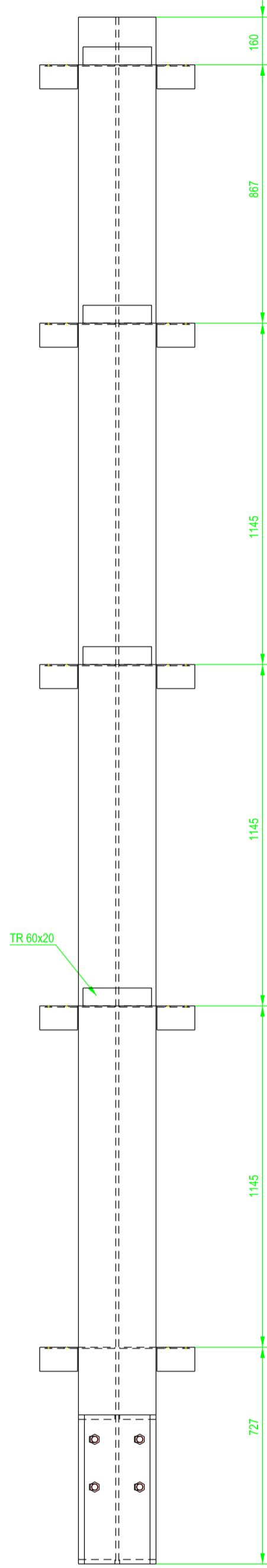
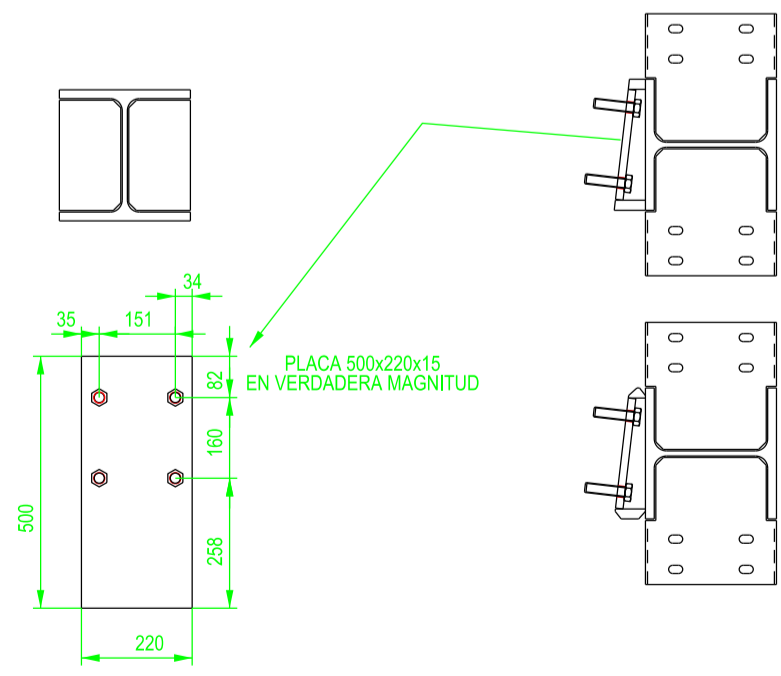
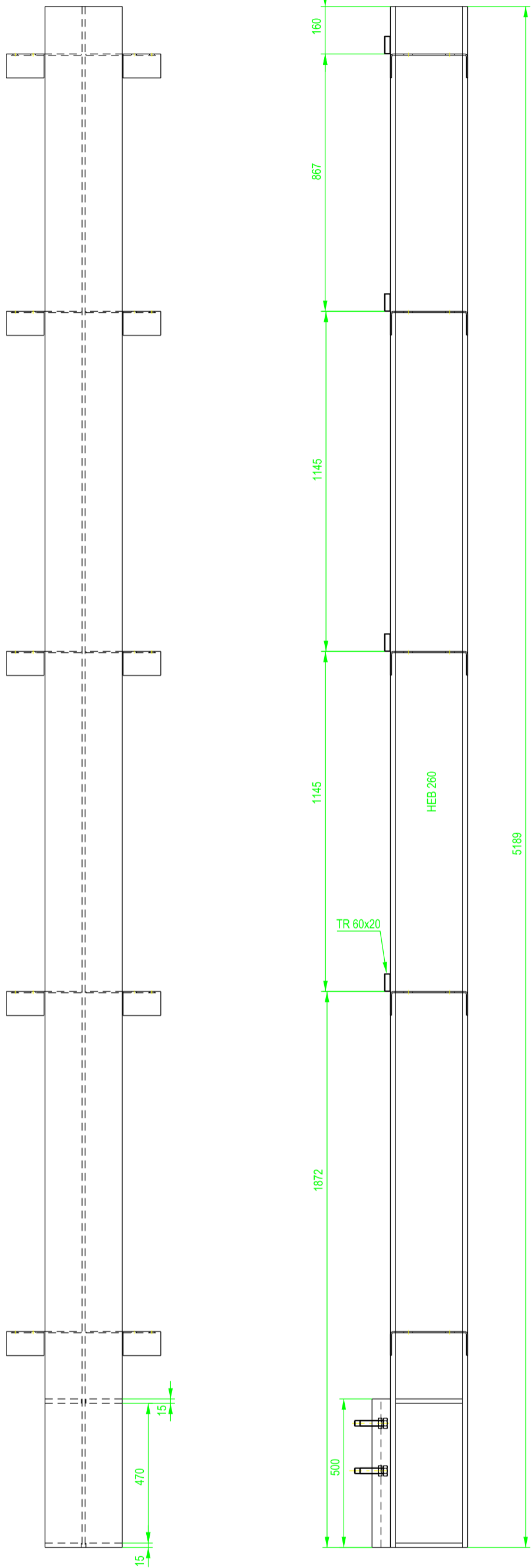
Ensamblaje potelet C14

FORMATO: A2

PLANO Nº: PT-186

ESCALA: 1/15

1 UNIDAD



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO:

Ensamblaje potelet C15

FORMATO: A2

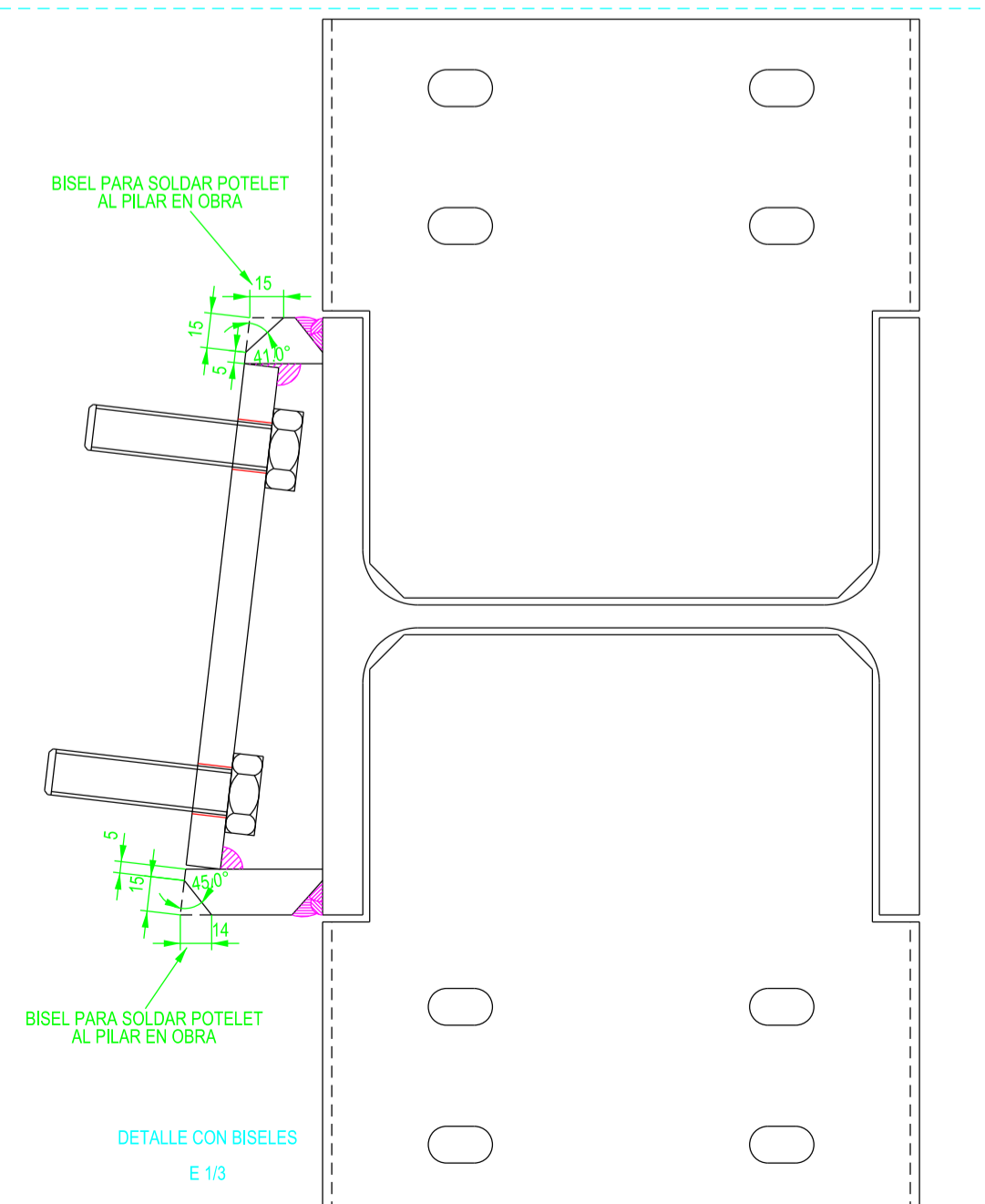
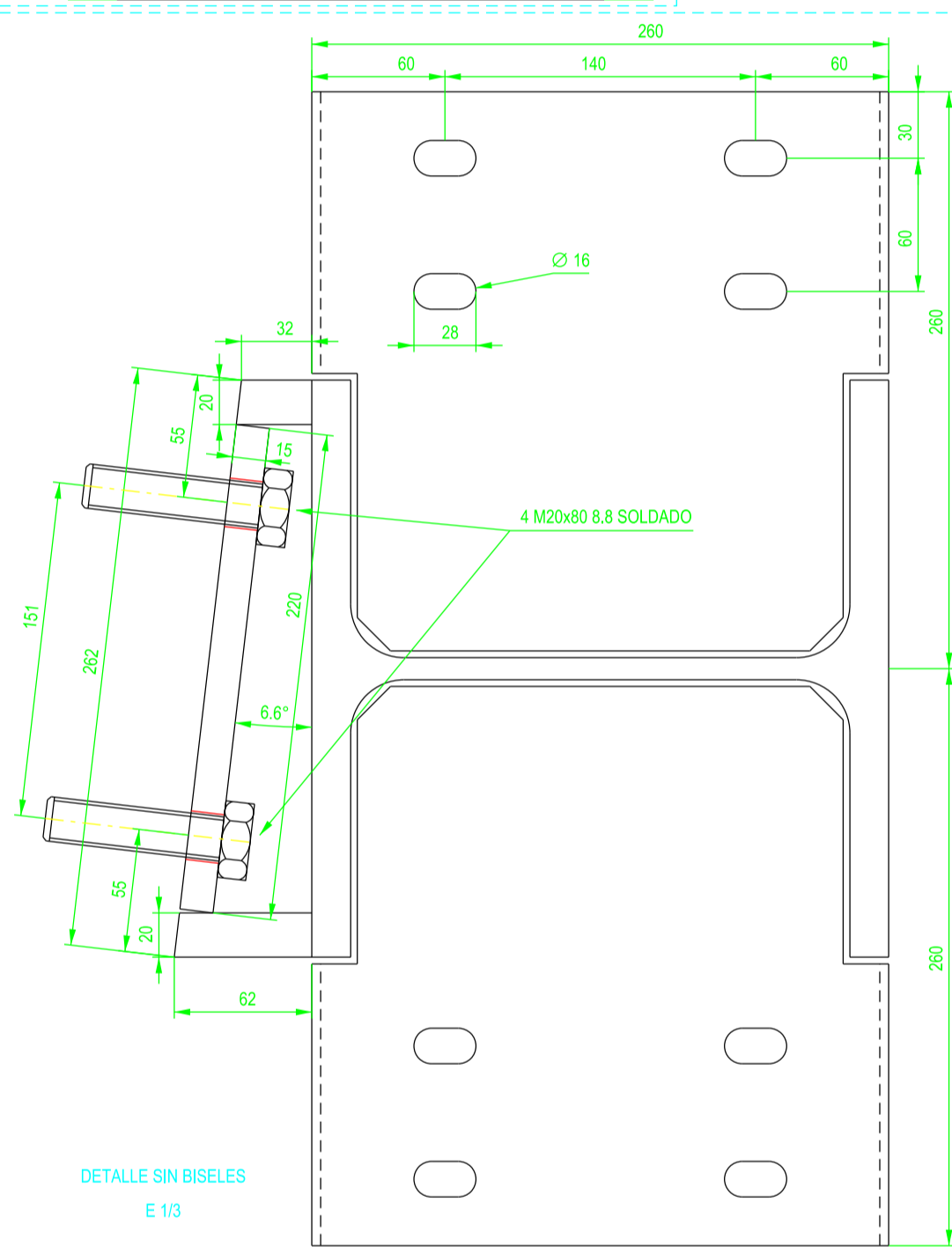
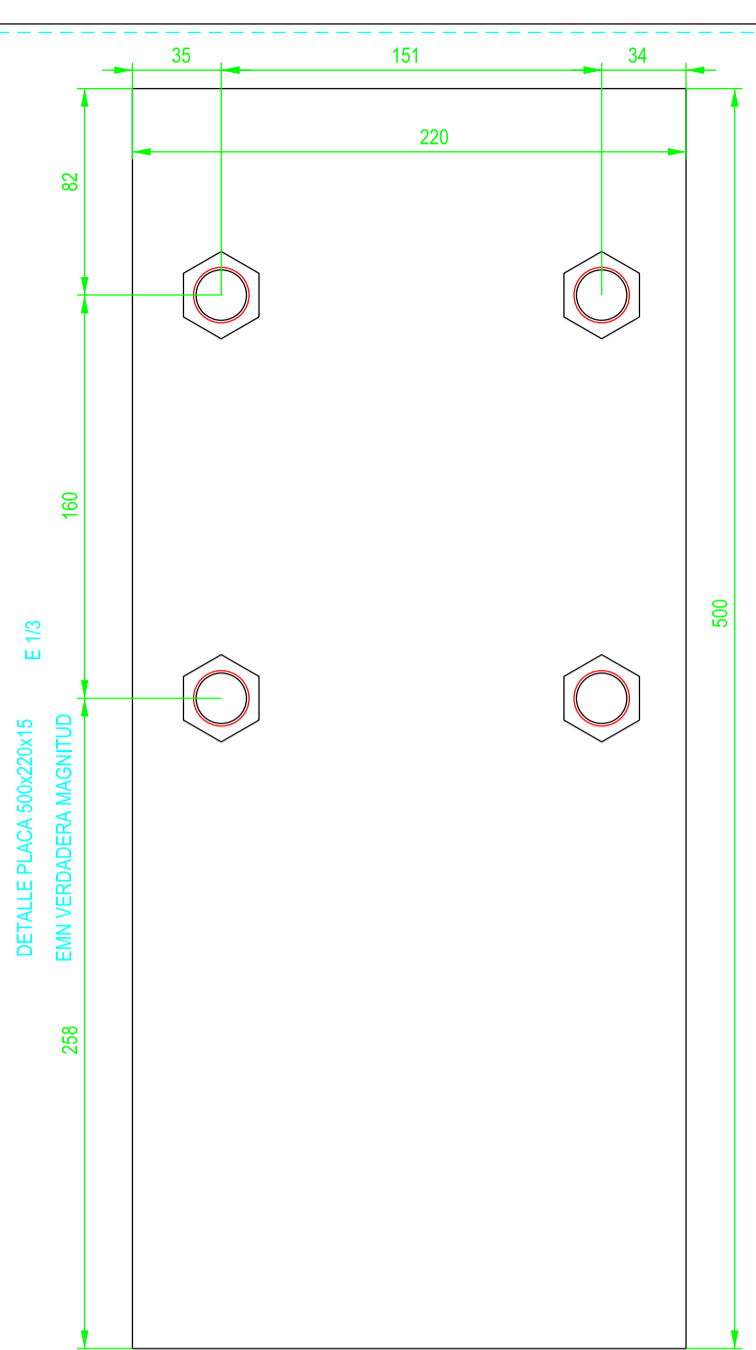
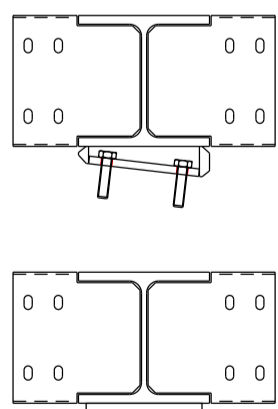
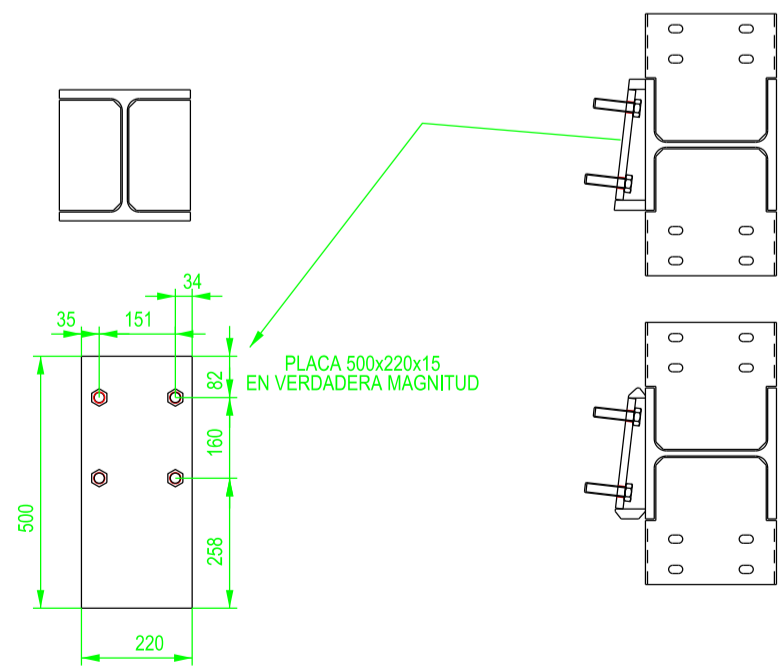
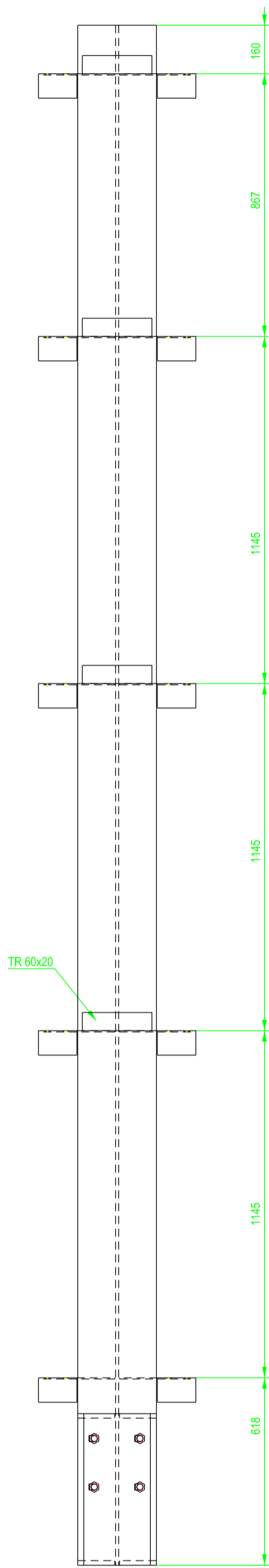
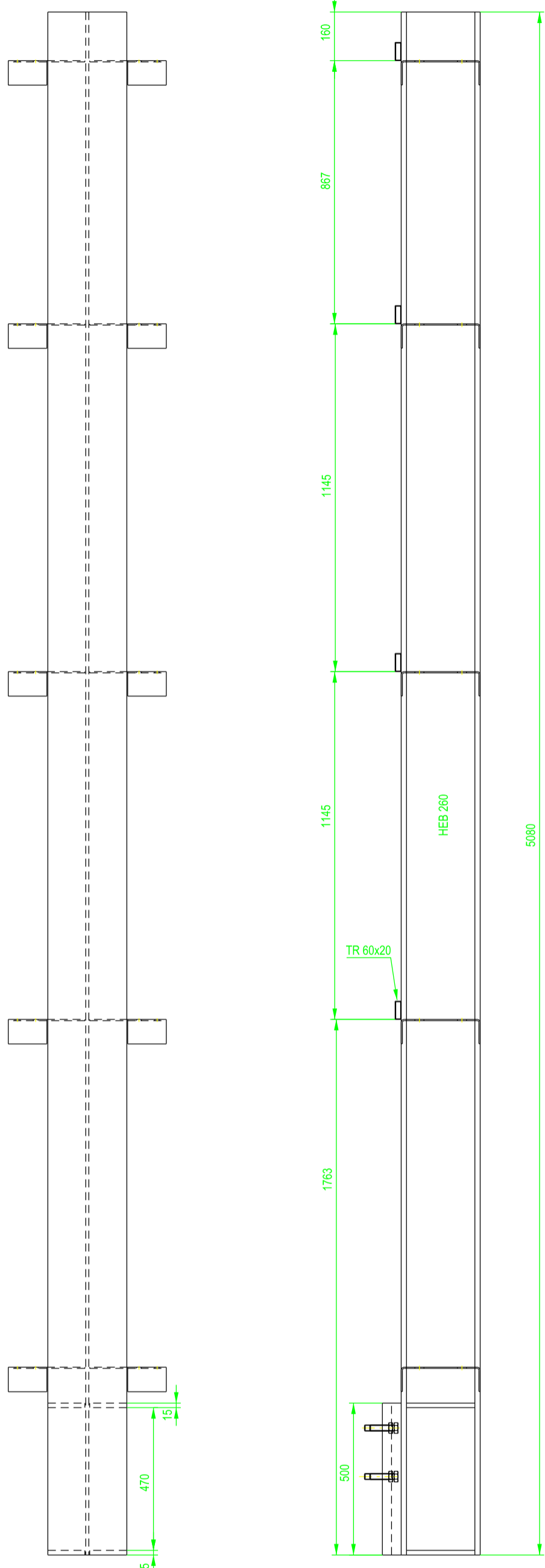
ESCALA:

1/15

PLANO Nº.:

PT-187

1 UNIDAD



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Ensamblaje potelet C16

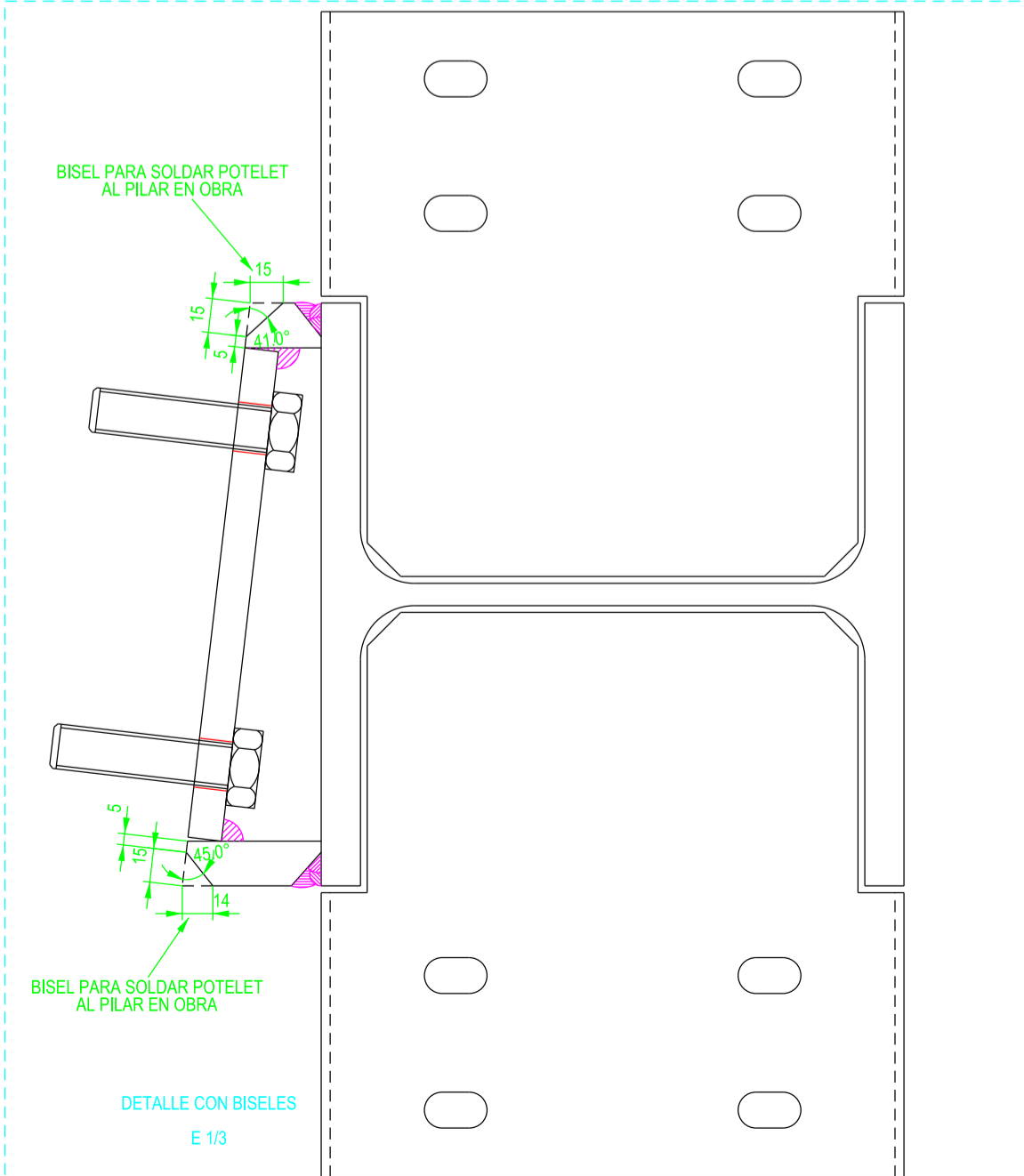
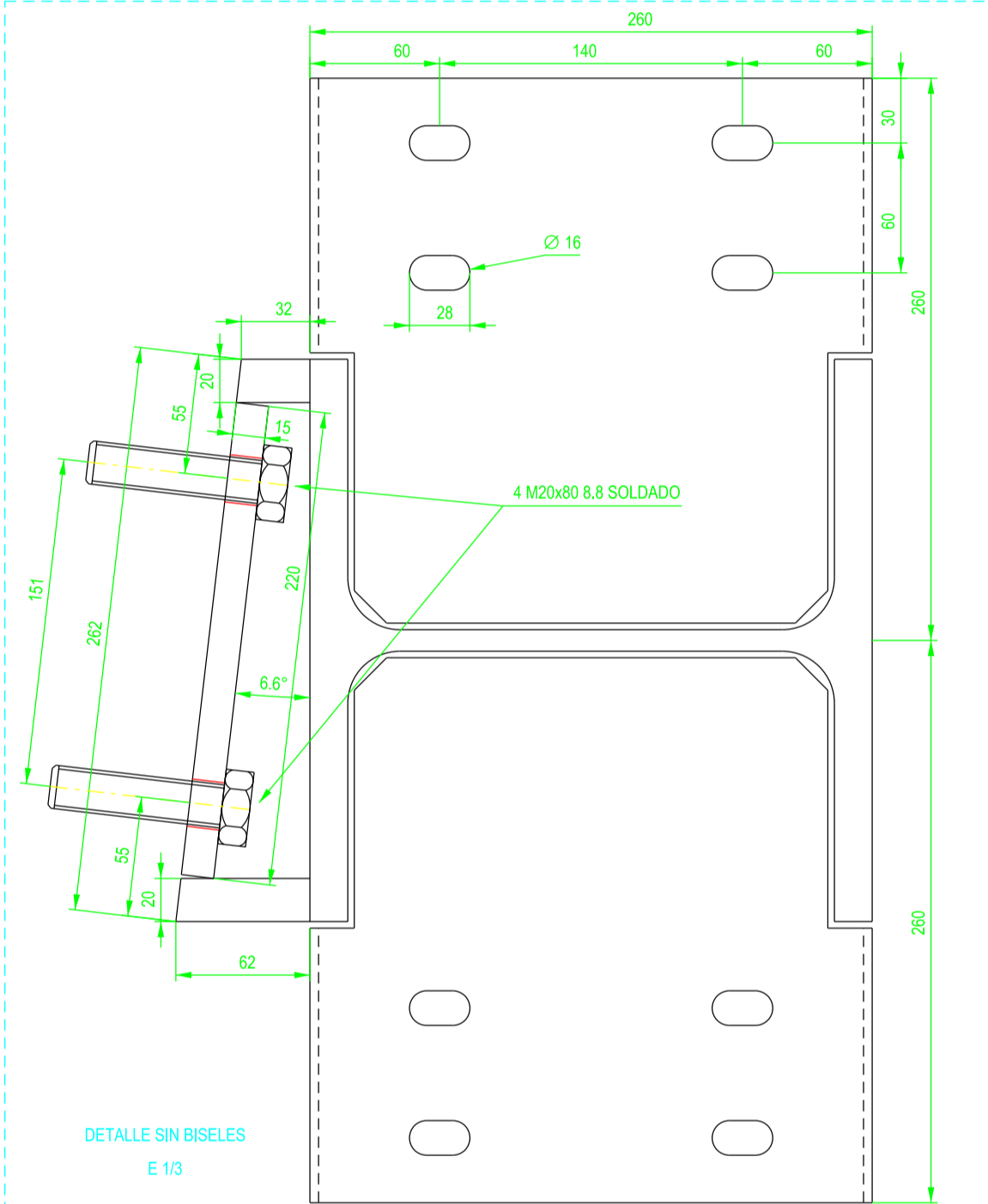
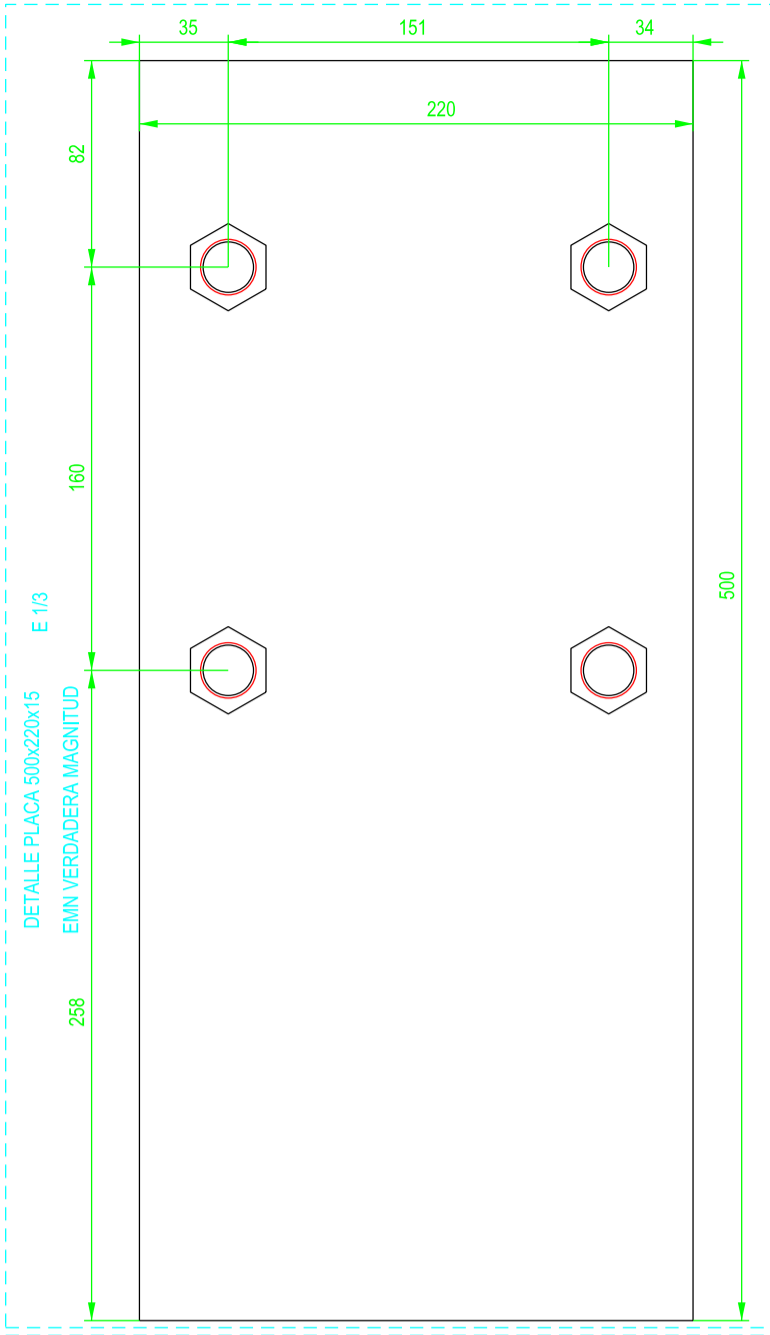
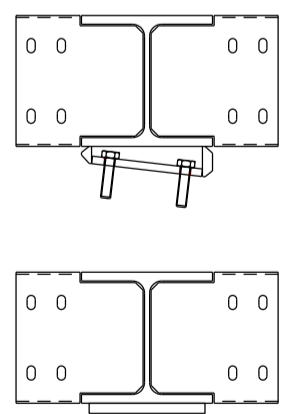
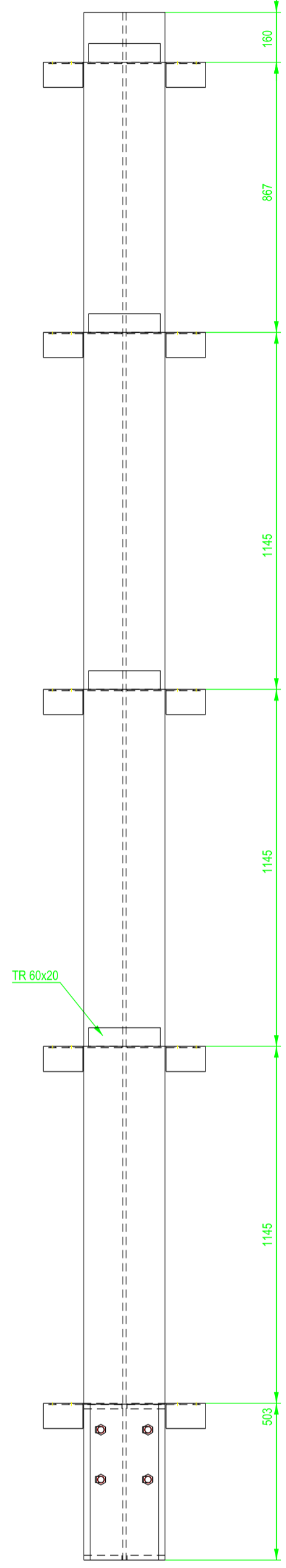
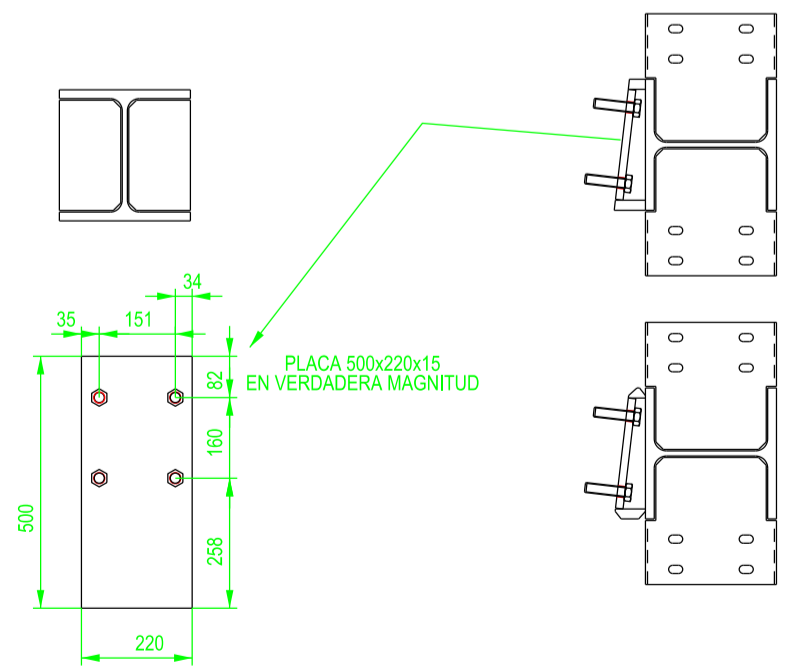
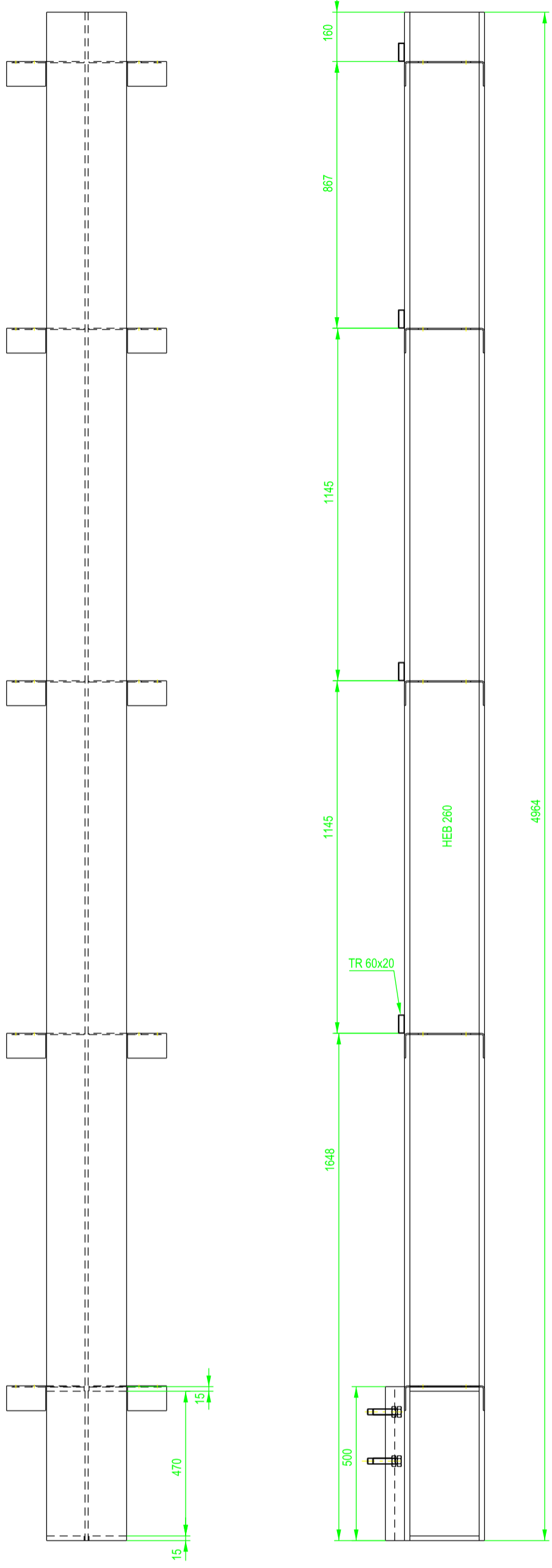
ESCALA:

1/15

PLANO Nº.:

PT-188

1 UNIDAD



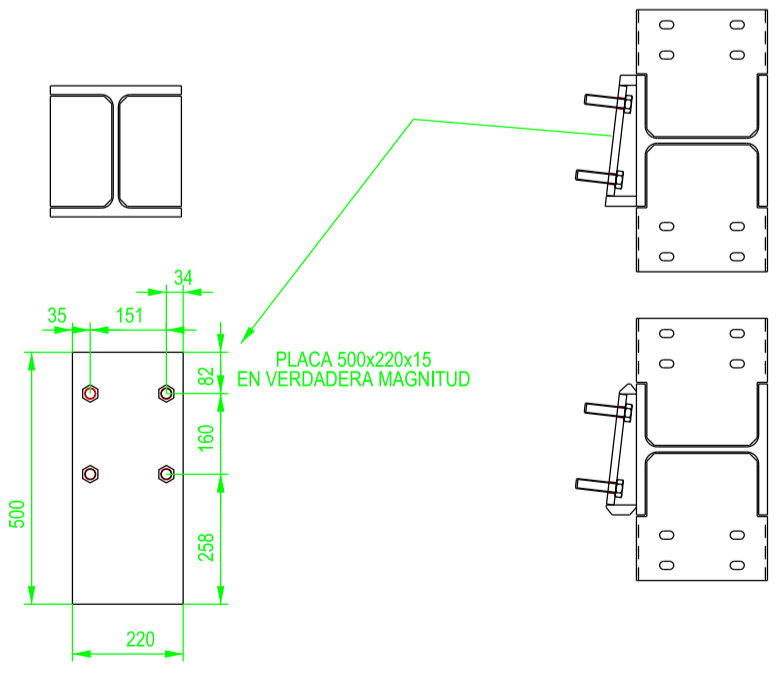
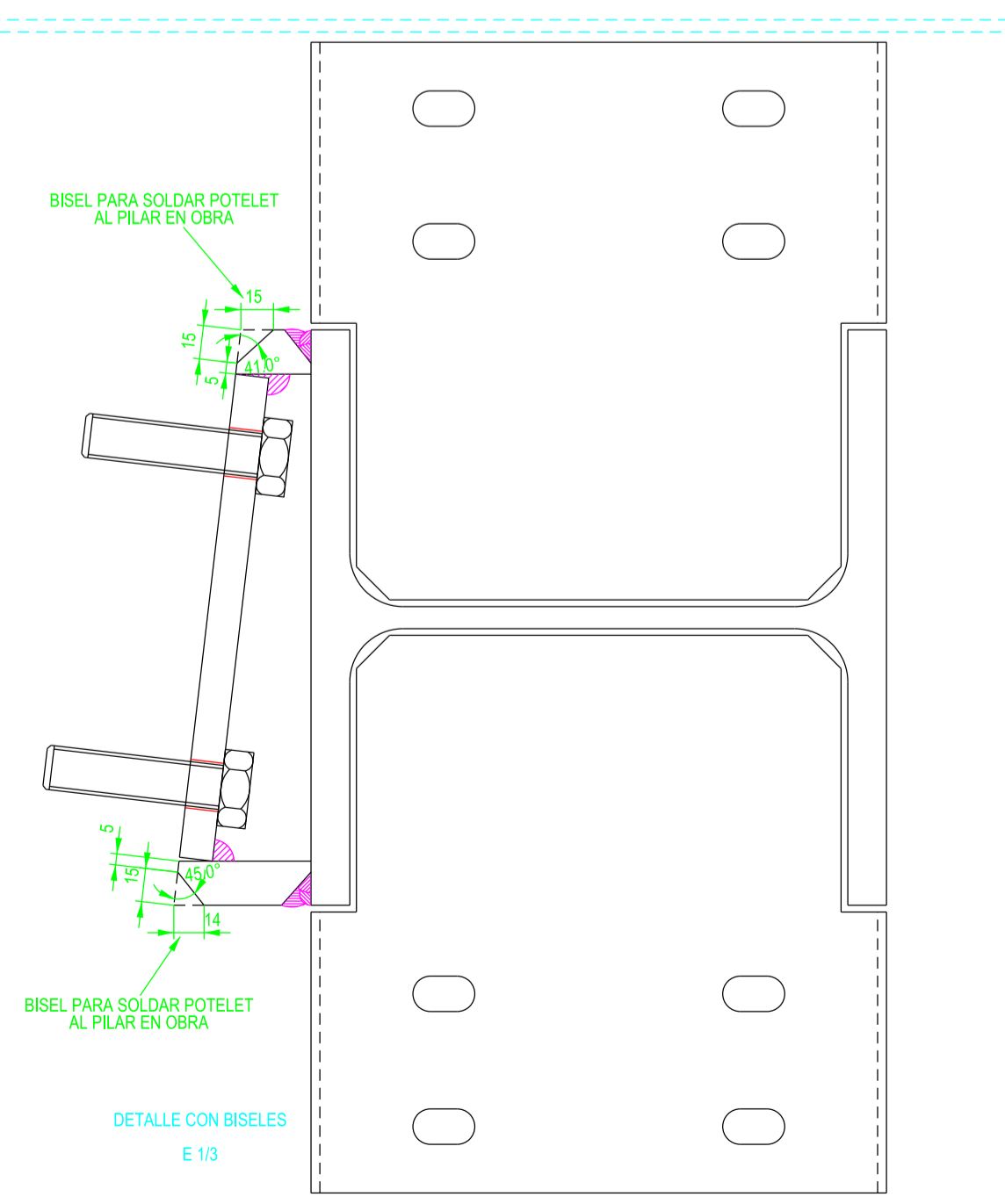
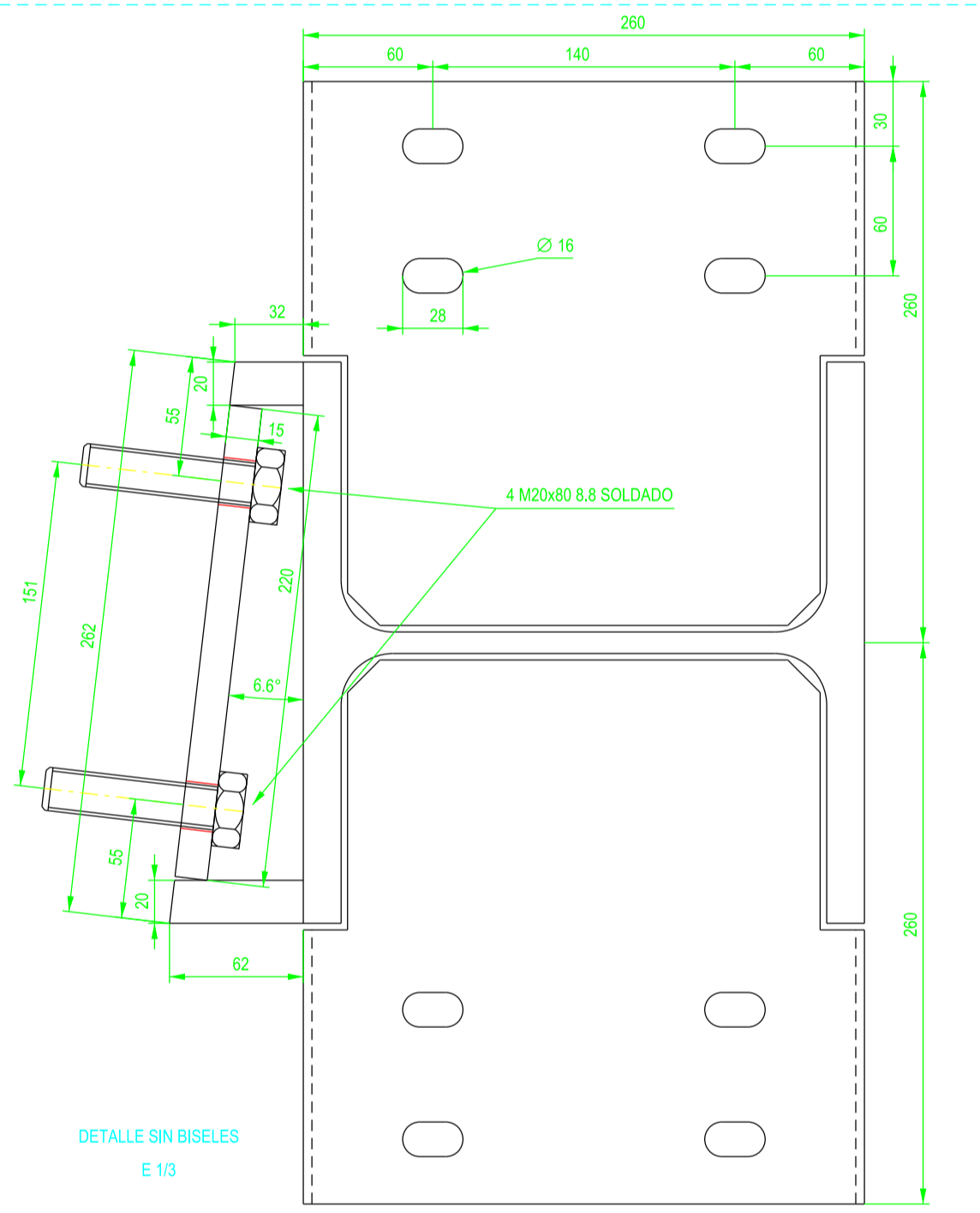
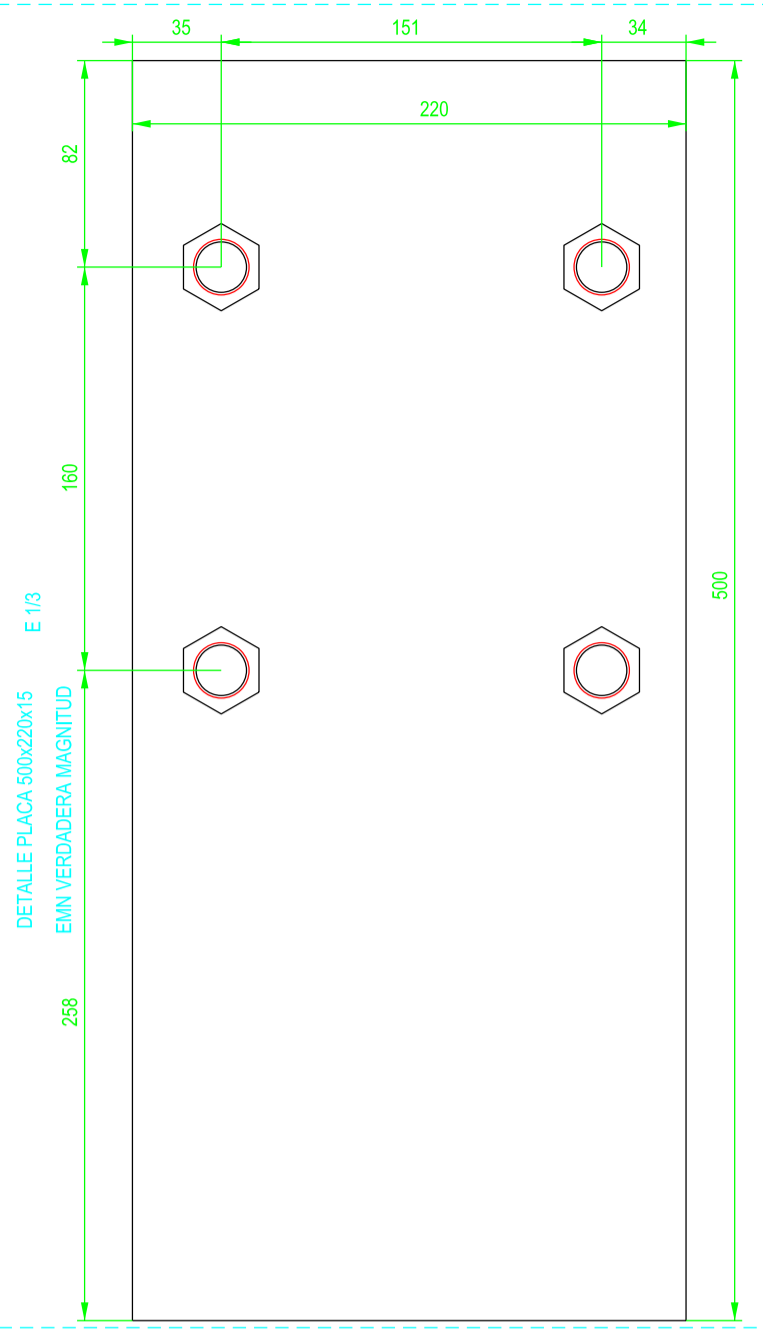
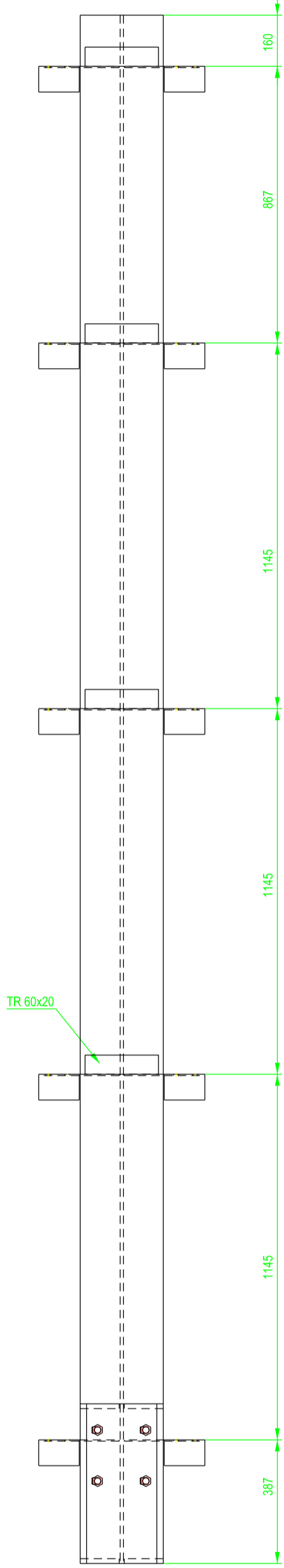
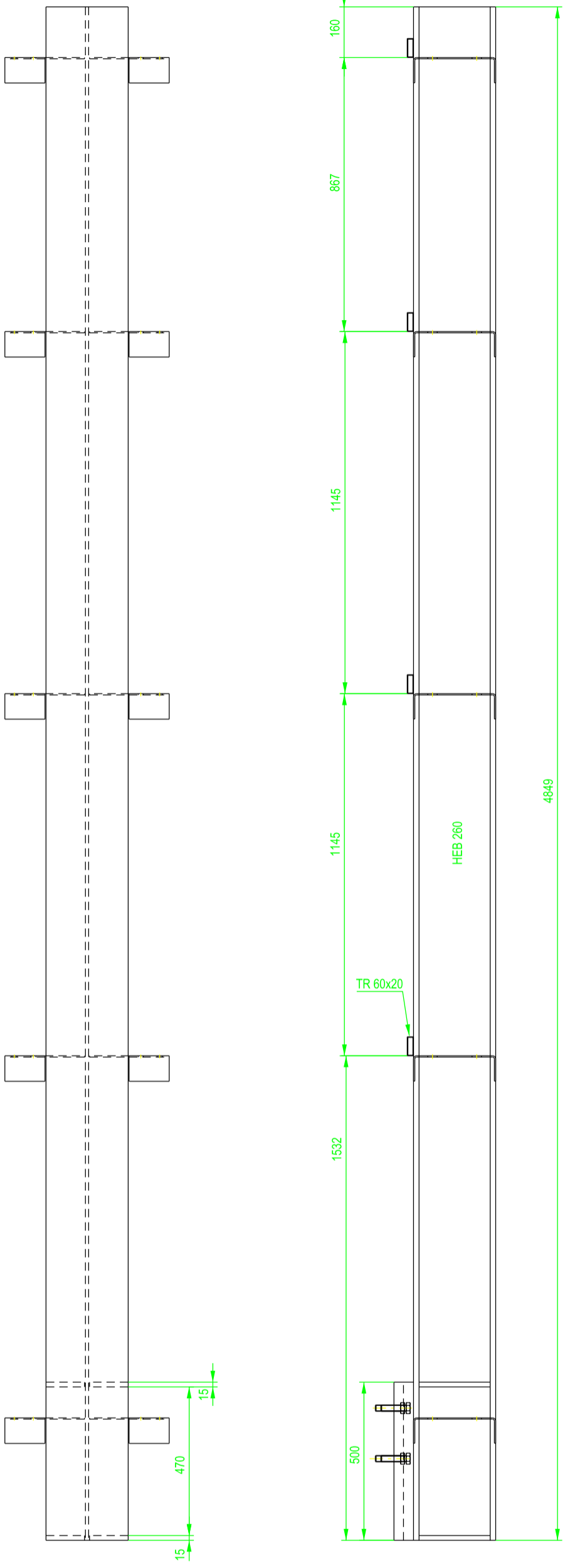
ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
"Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González
TÍTULO PLANO: Ensamblaje potelet C17

FORMATO: A2
ESCALA: 1/15
PLANO Nº.: PT-189

1 UNIDAD



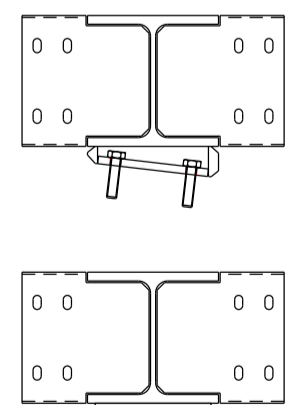
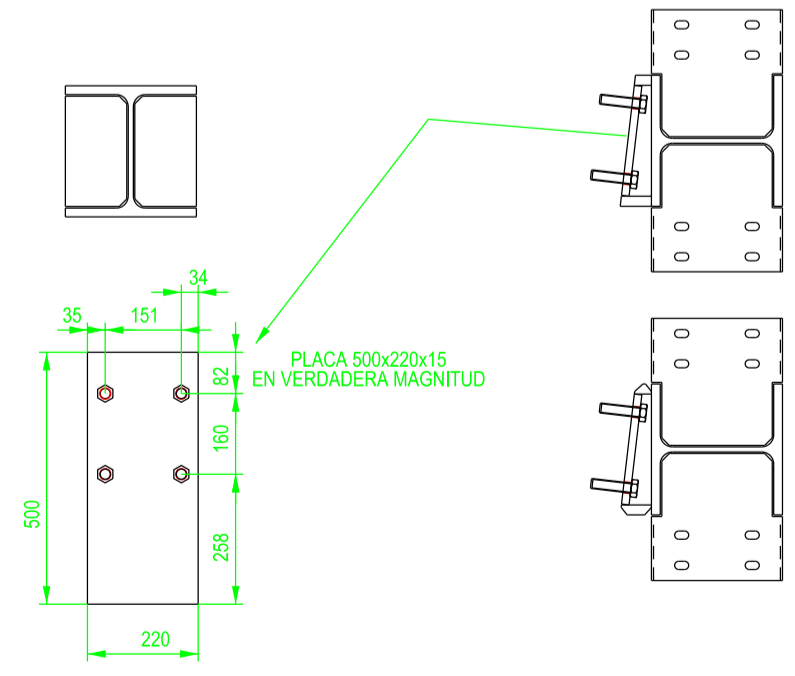
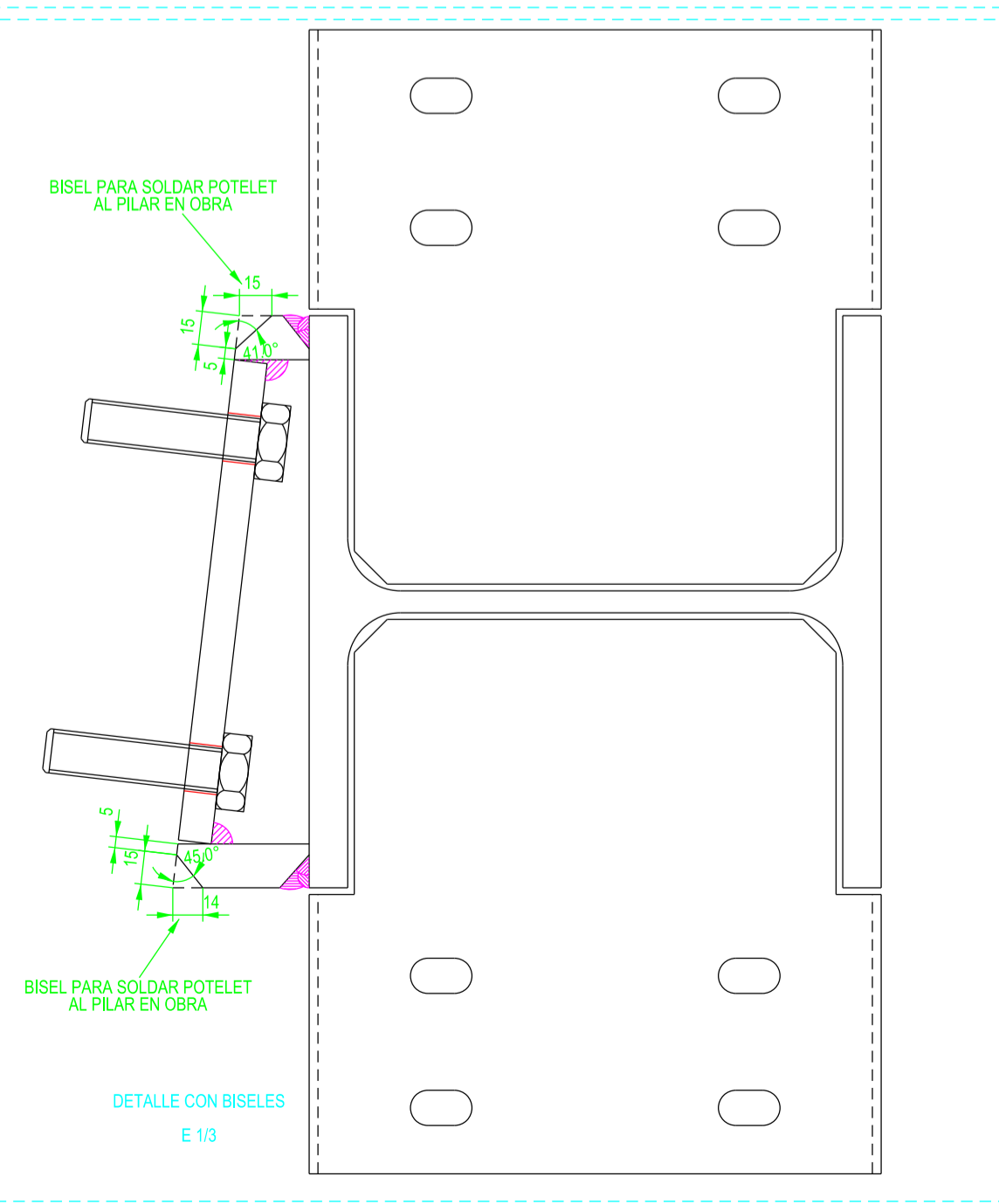
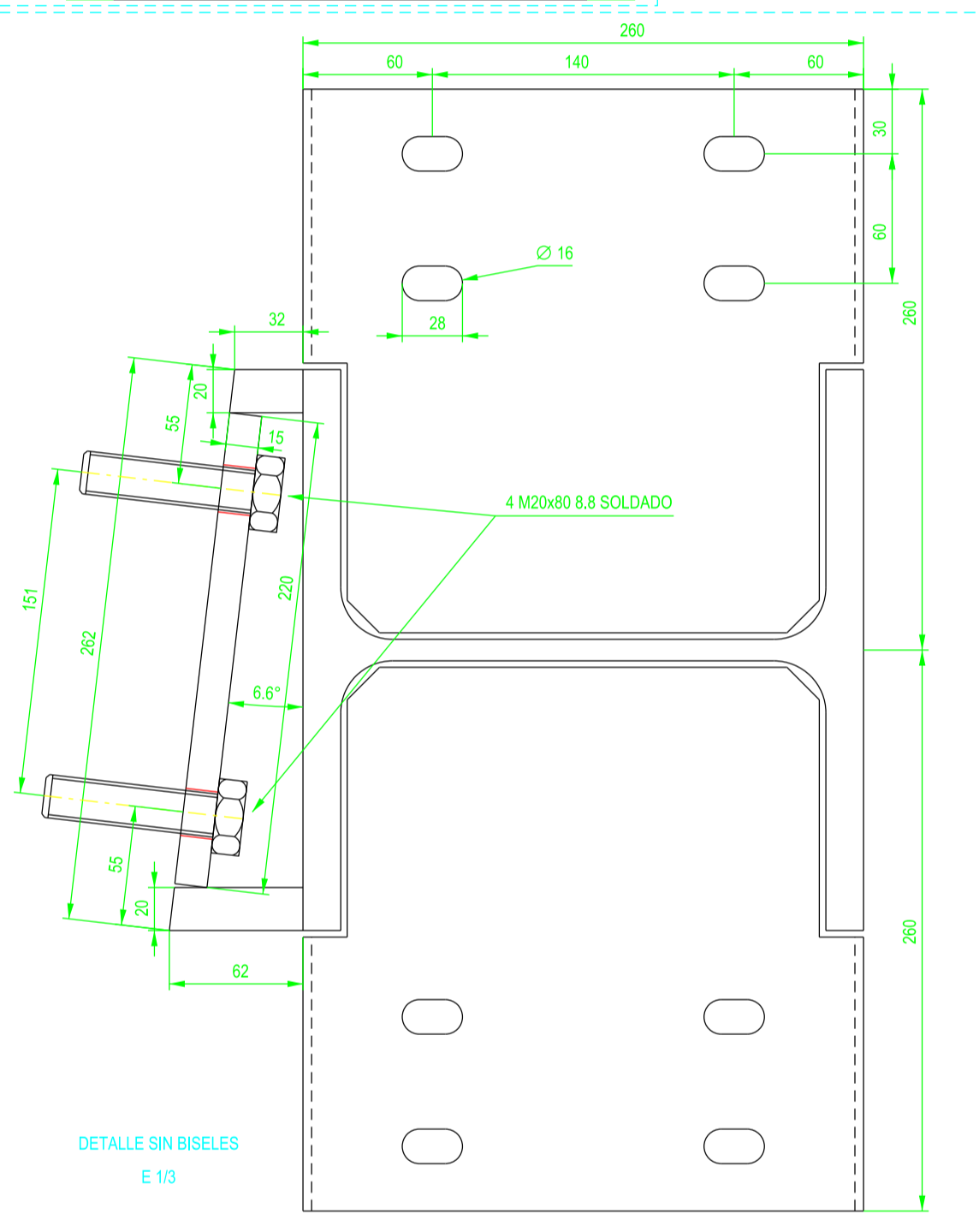
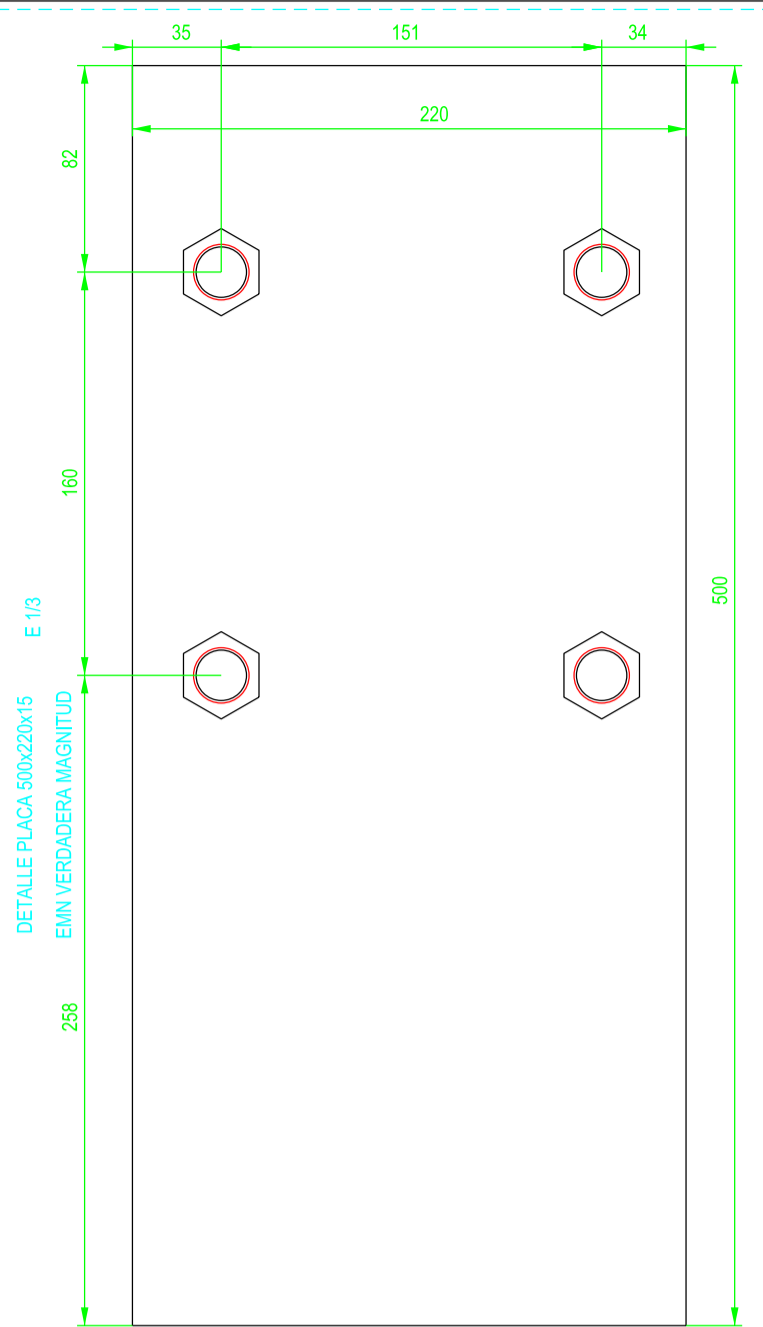
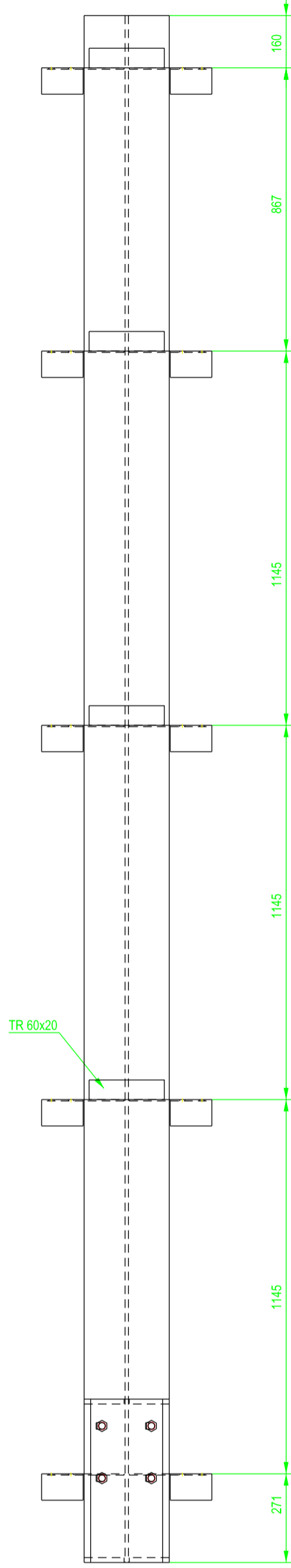
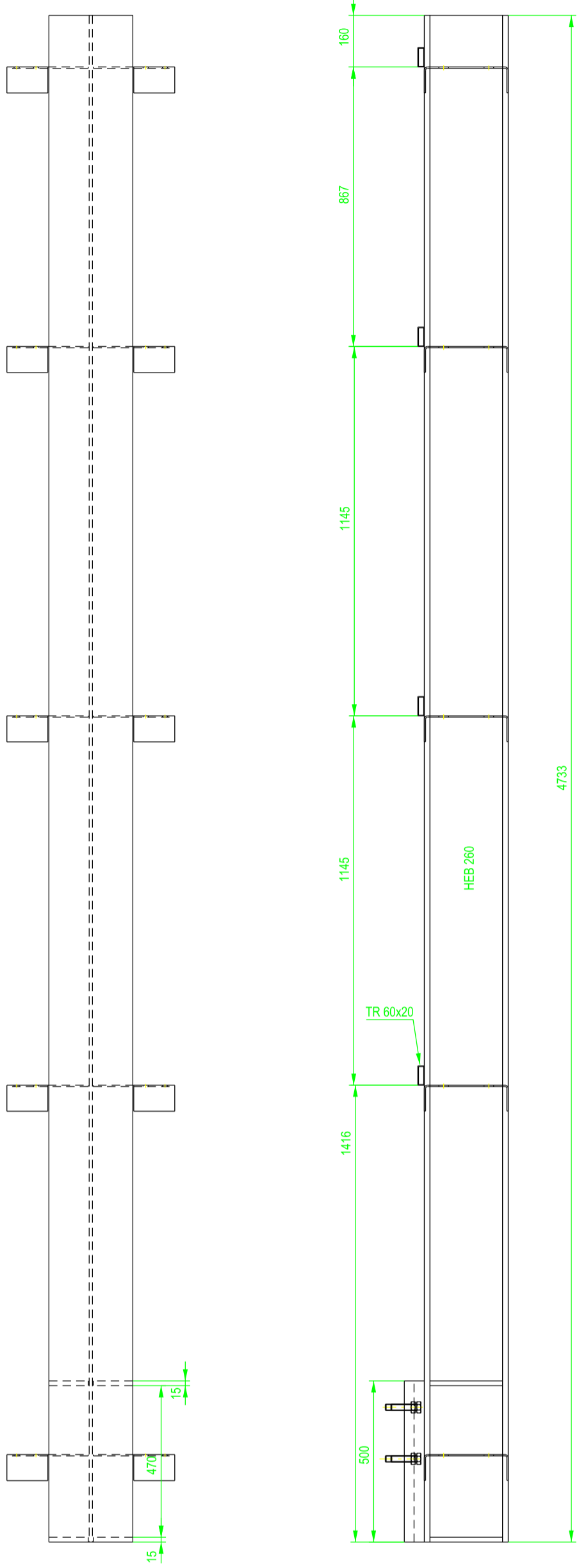
ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO:
Ensamblaje potelet C18

FORMATO: A2
ESCALA: 1/15
PLANO Nº.: PT-190

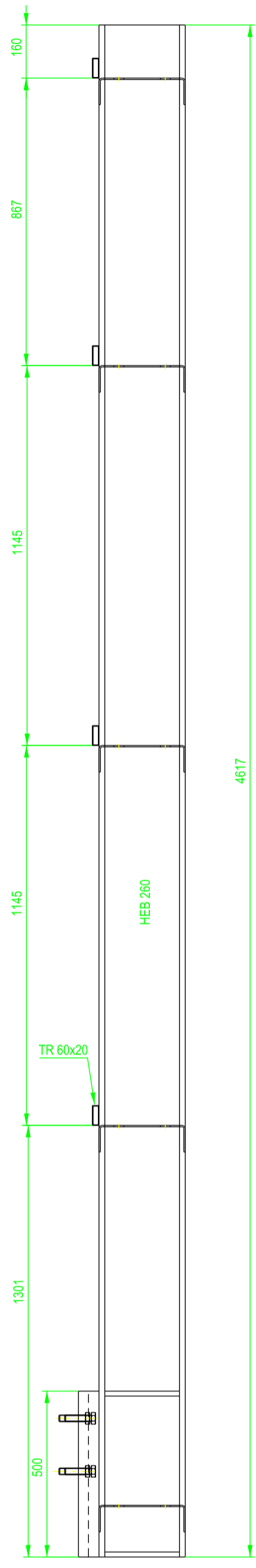
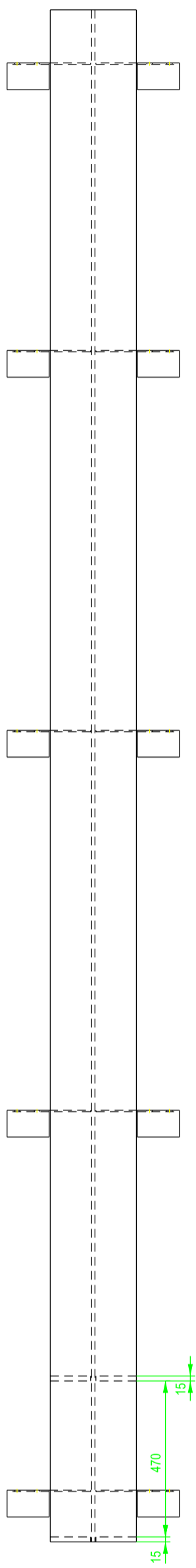
1 UNIDAD



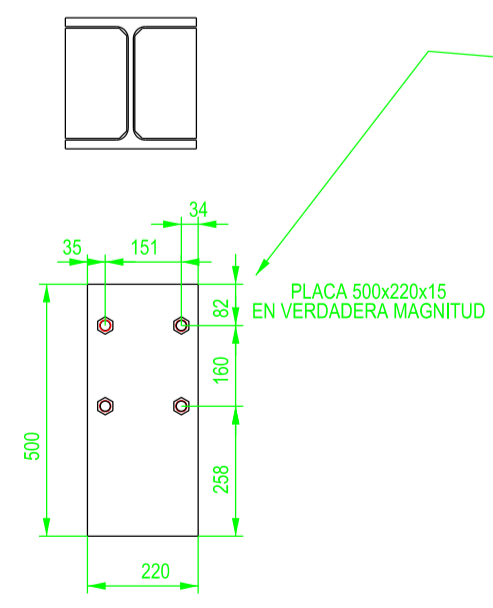
ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

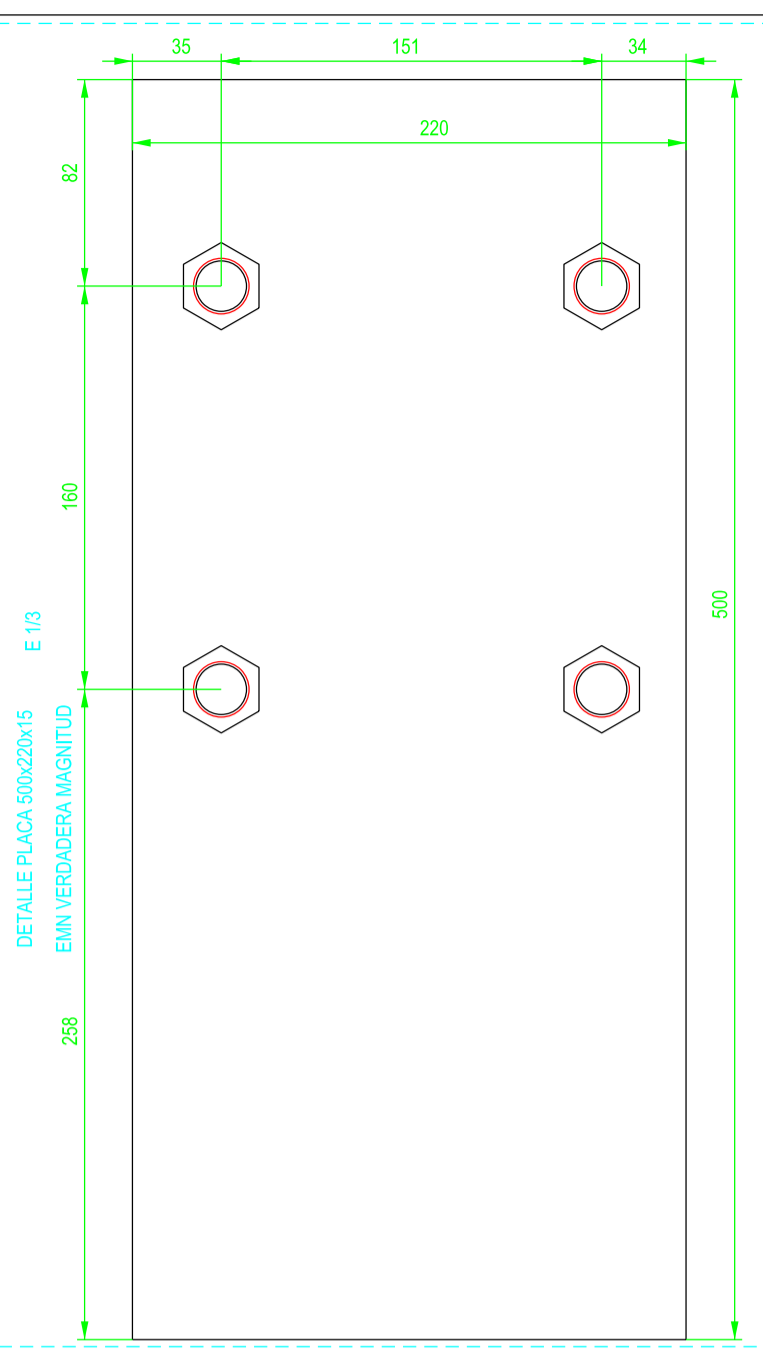
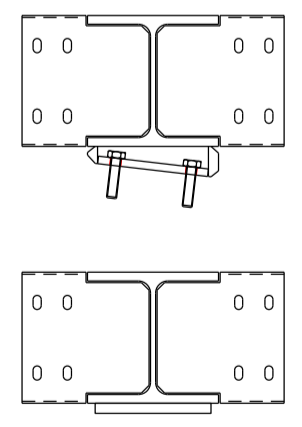
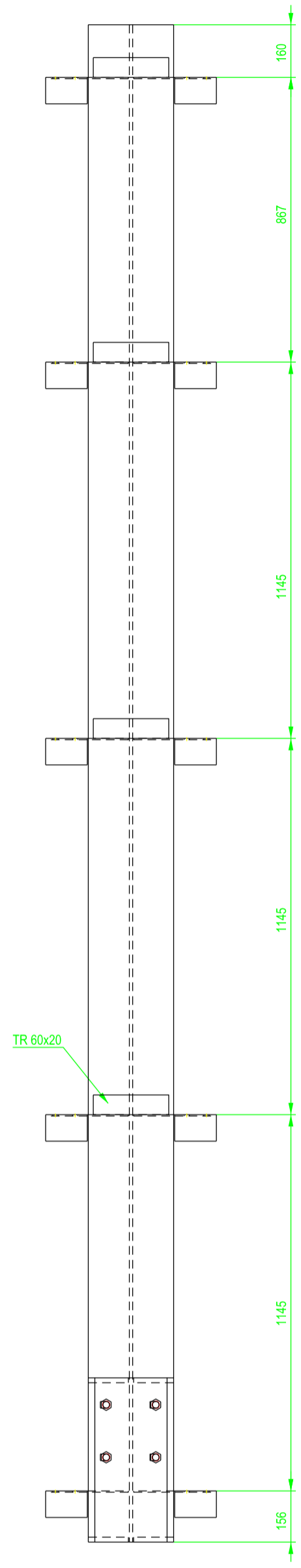
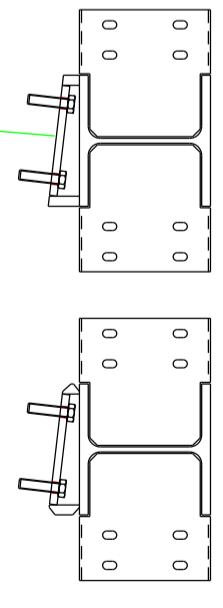
AUTOR: Ramón Tercero Herreros TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje potelet C19 ESCALA: 1/15 PLANO Nº.: PT-191



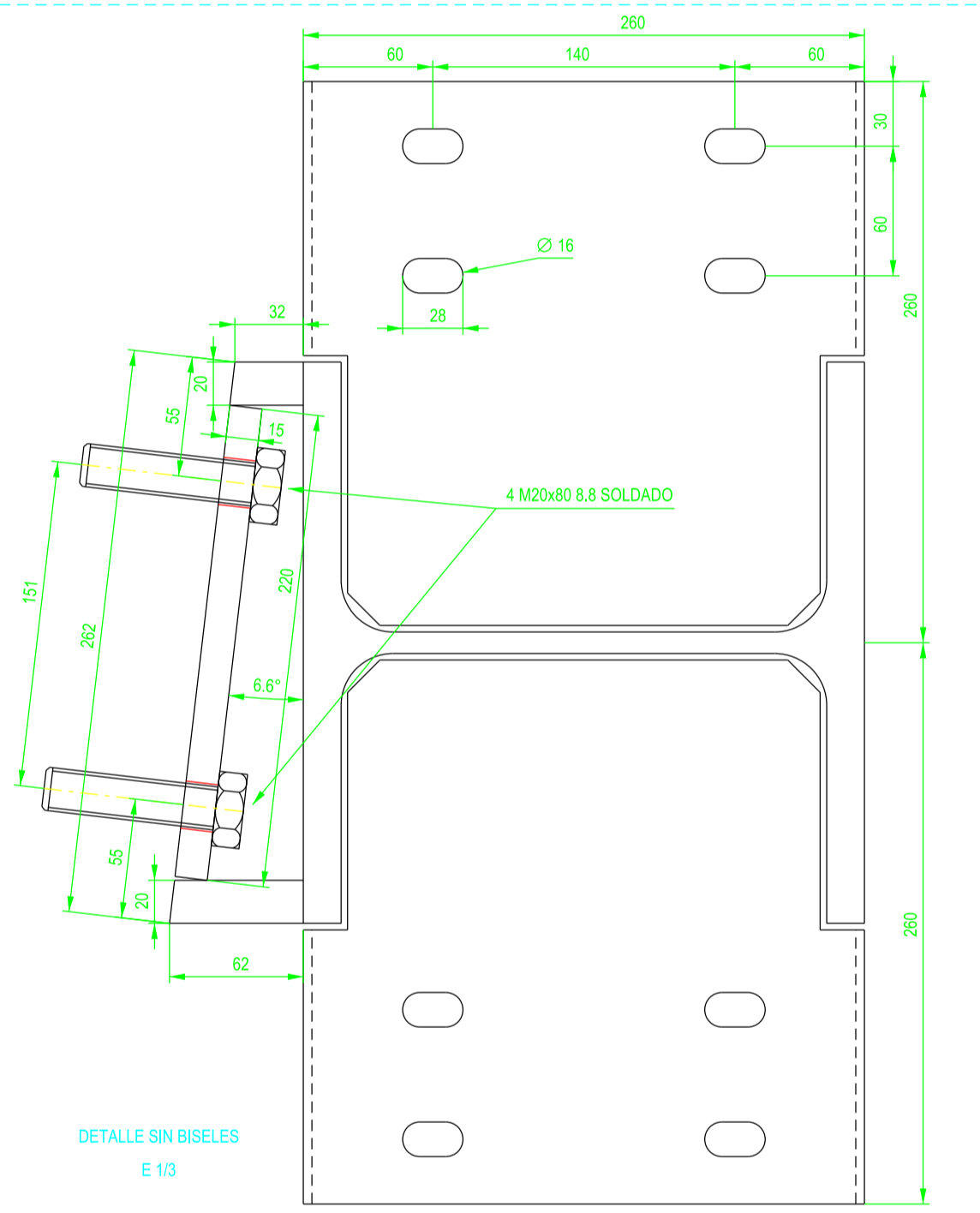
1 UNIDAD



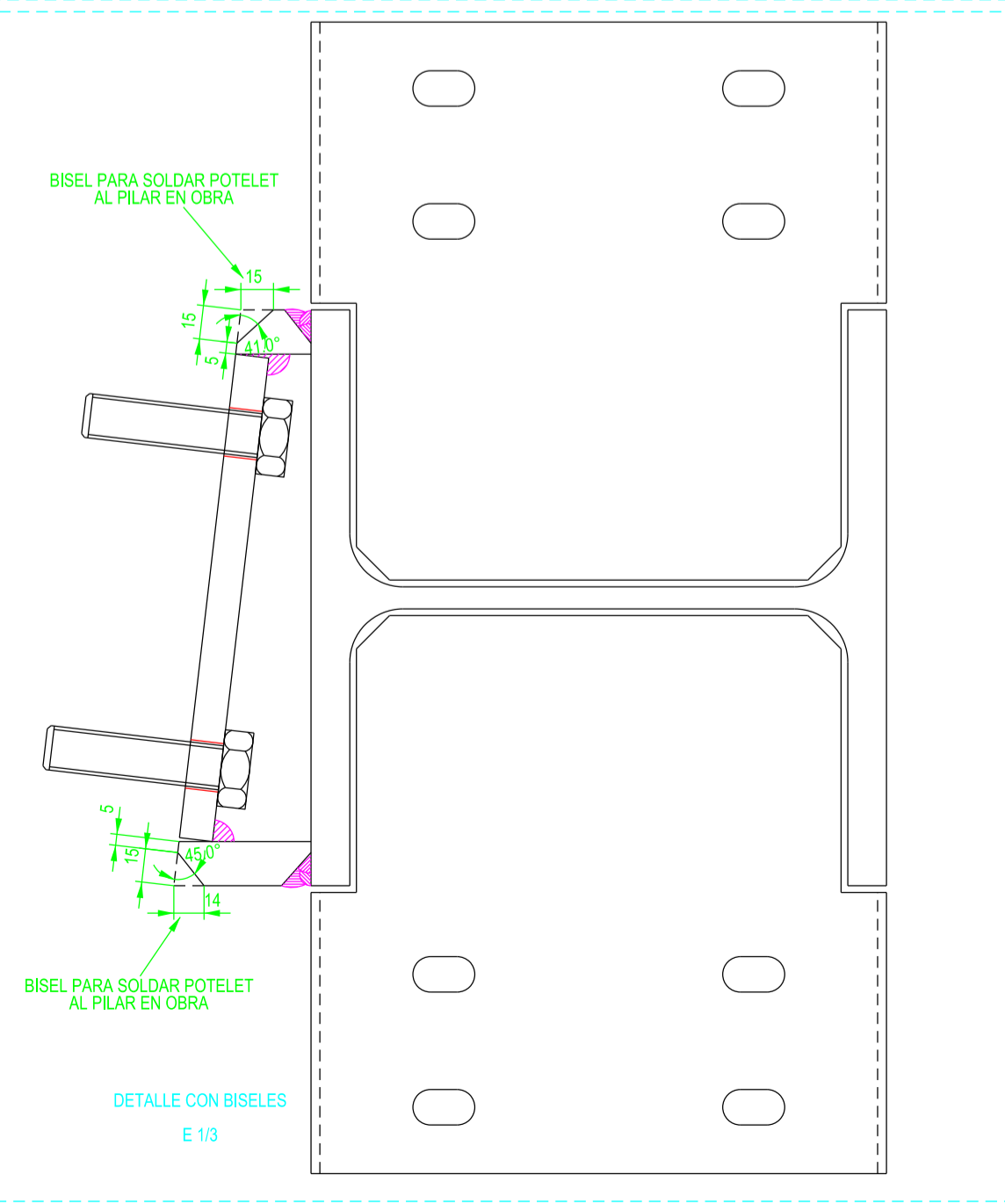
PLACA 500x220x15
EN VERDADERA MAGNITUD



DETALLE PLACA 500x220x15
EN VERDADERA MAGNITUD
E 1/3



DETALLE SIN BISELES
E 1/3



DETALLE CON BISELES
E 1/3

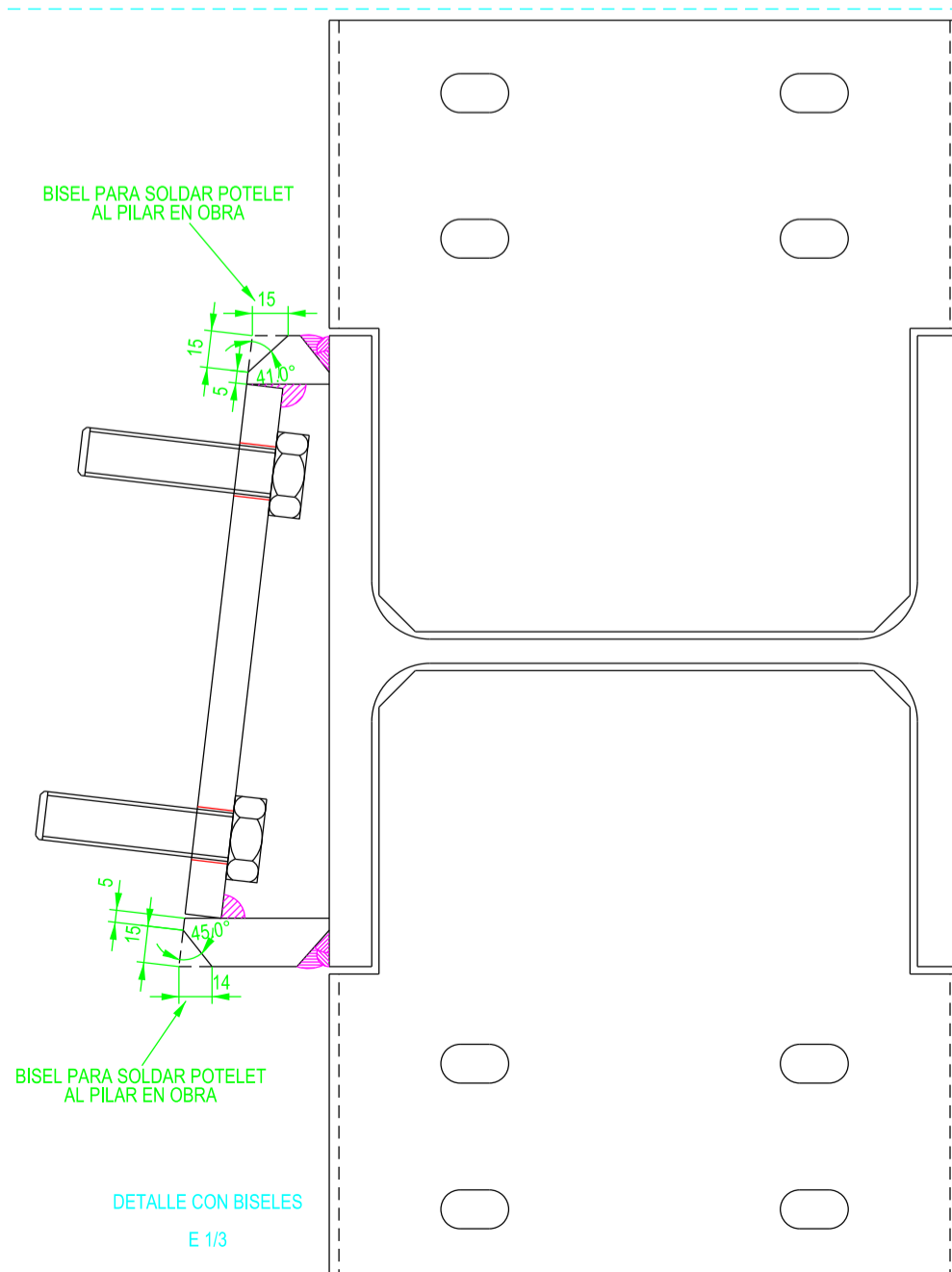
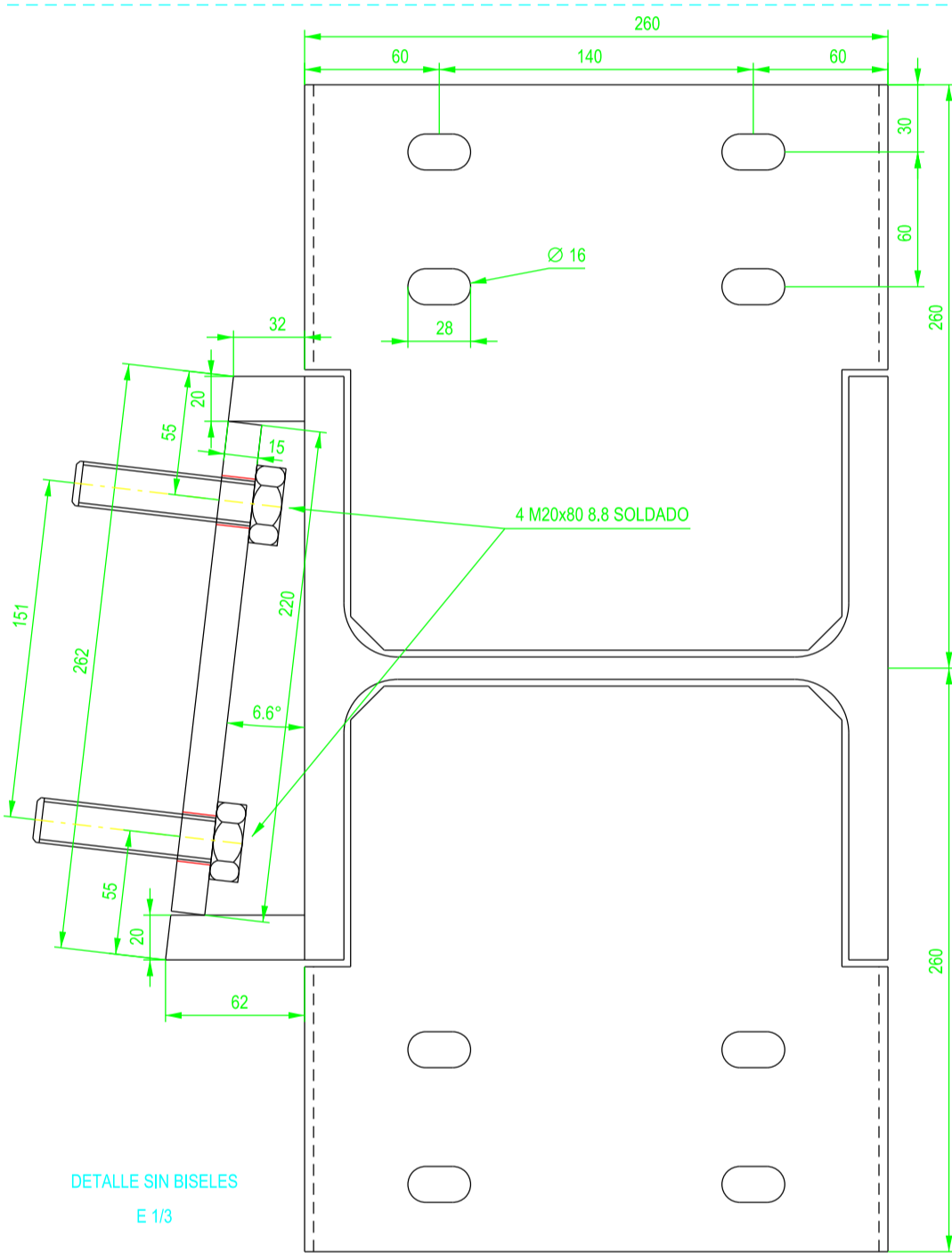
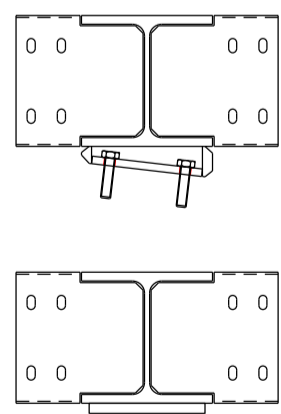
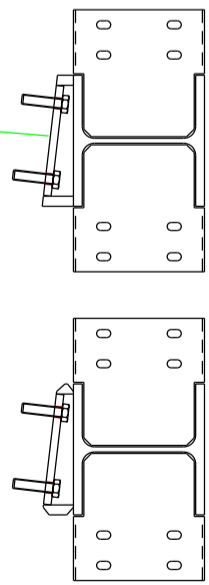
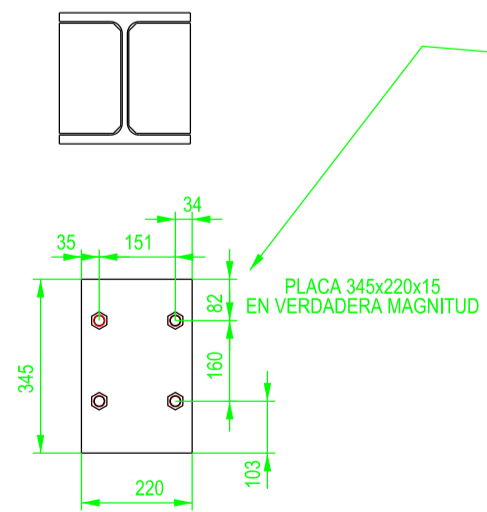
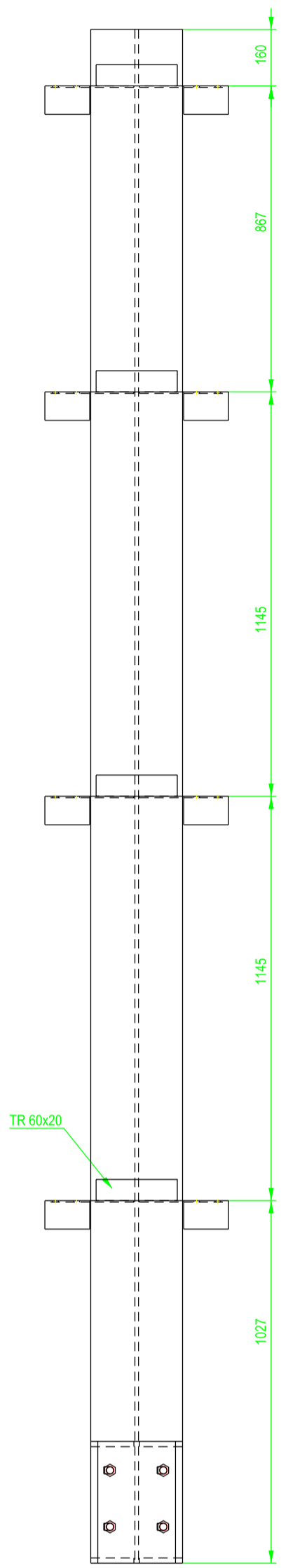
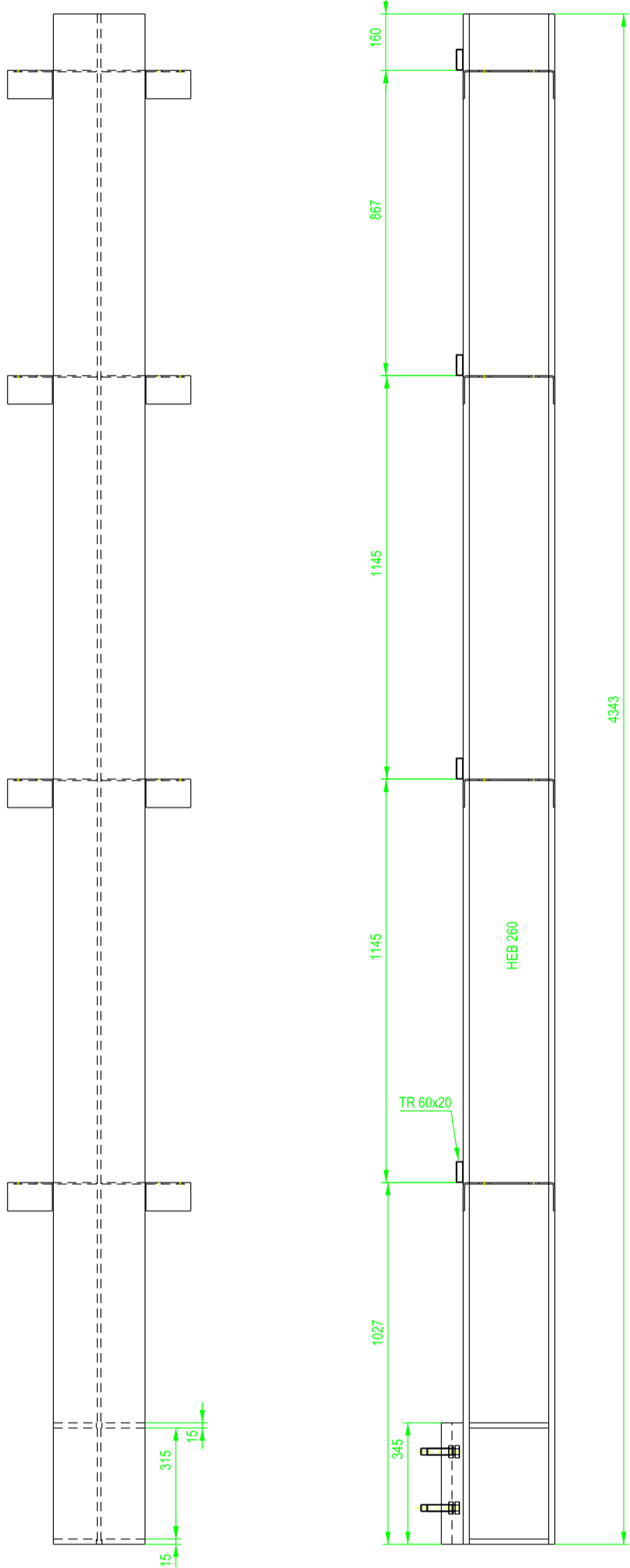
ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González
TÍTULO PLANO: Ensamblaje potelet C20

FORMATO: A2
ESCALA: 1/15
PLANO Nº.: PT-192

1 UNIDAD



DETALLE PLACA 345x220x15
EN VERDADERA MAGNITUD

E 1/3

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción
de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

PLANO Nº.:

FORMATO: A2

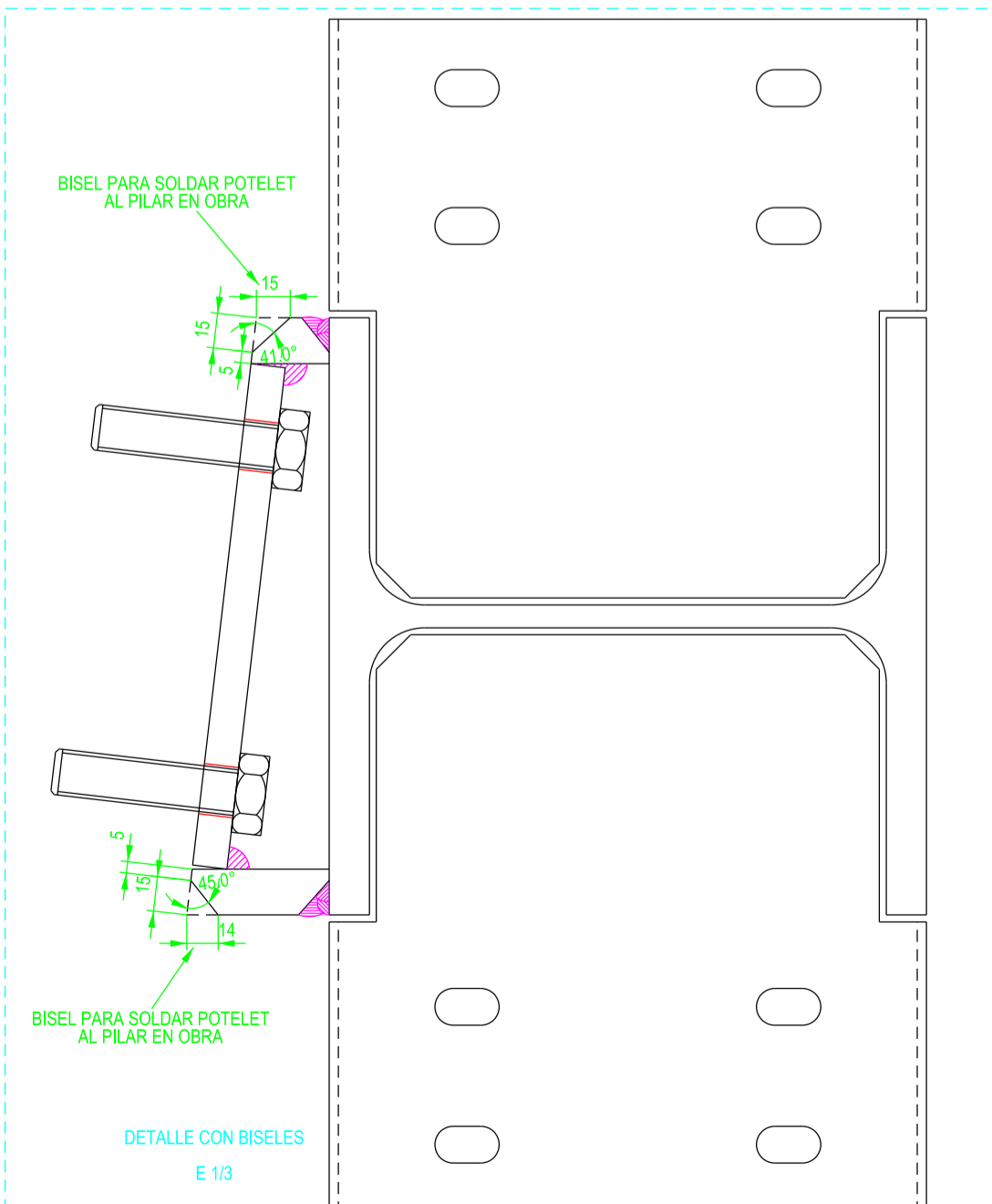
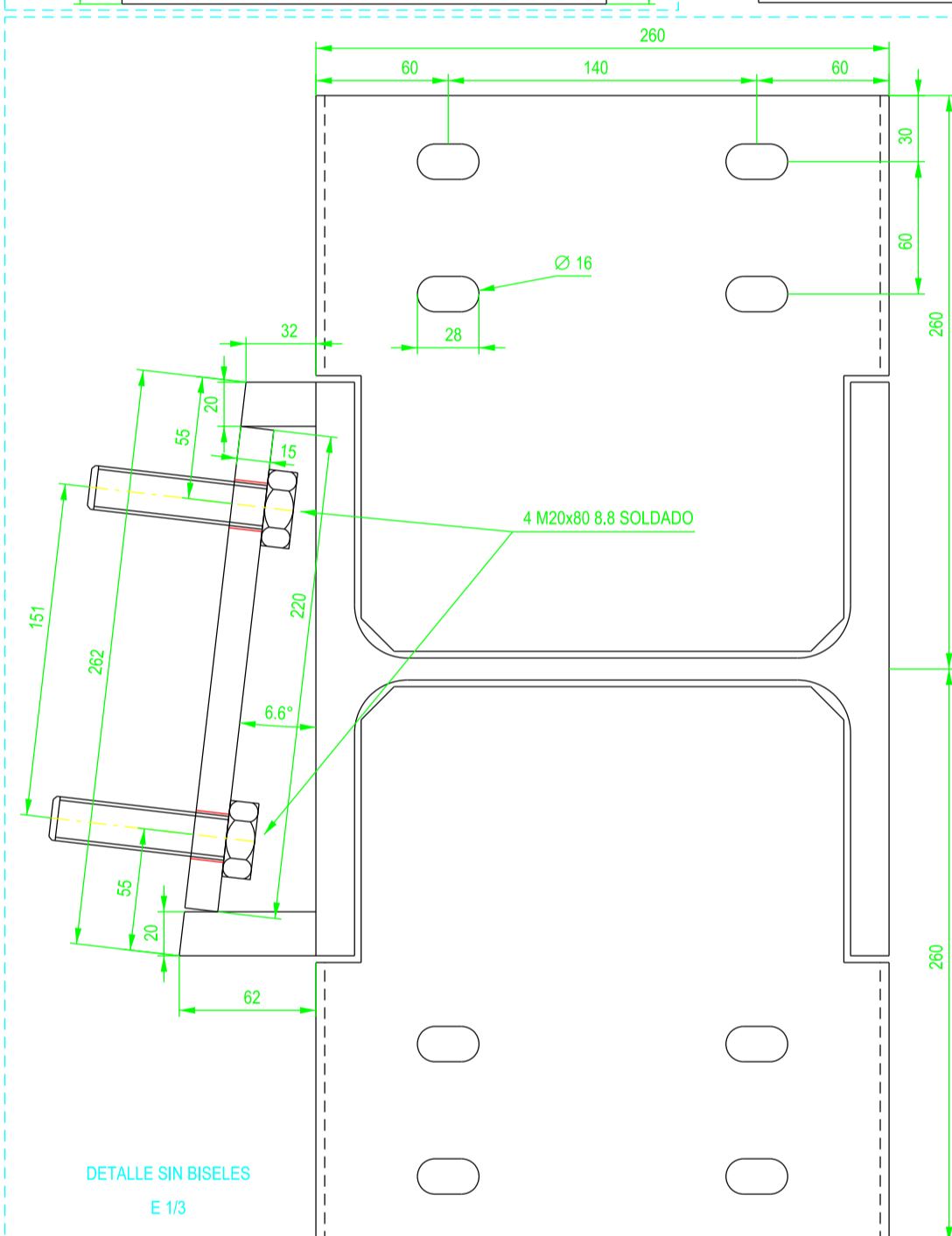
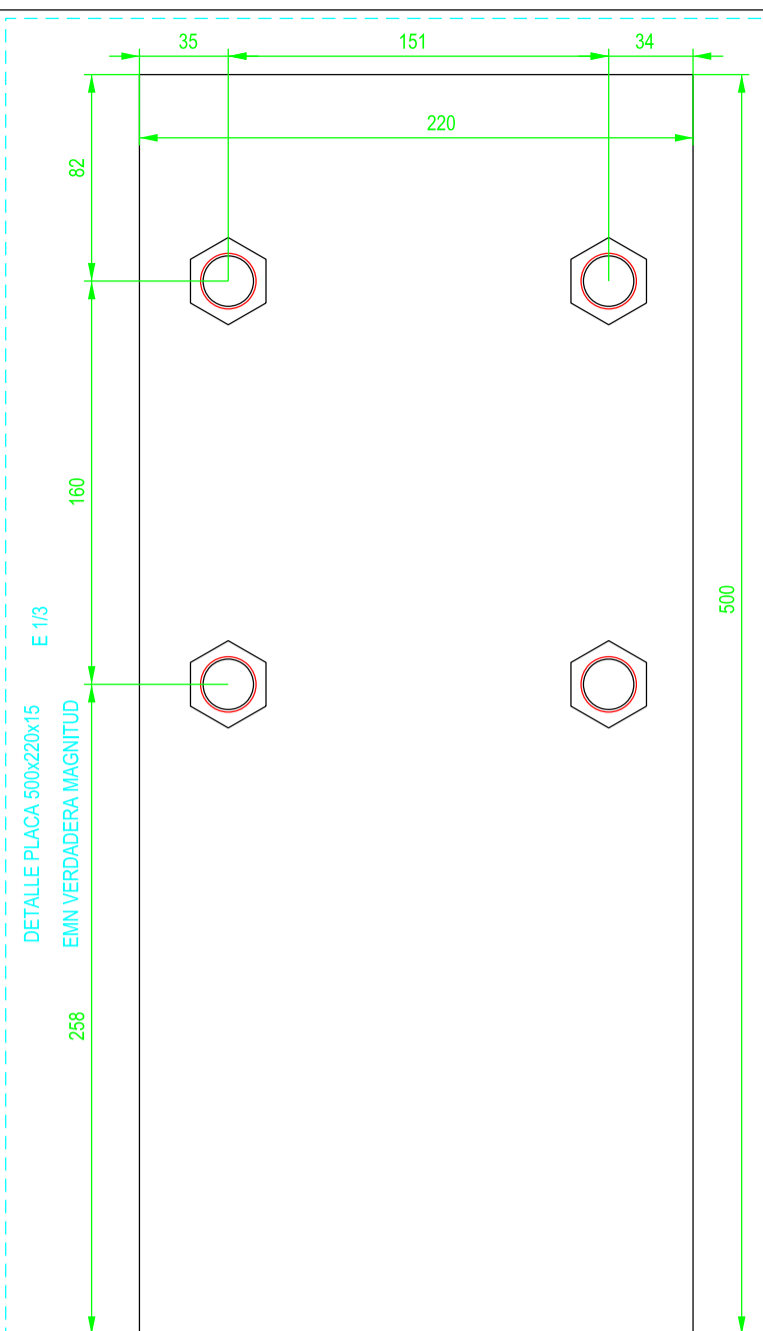
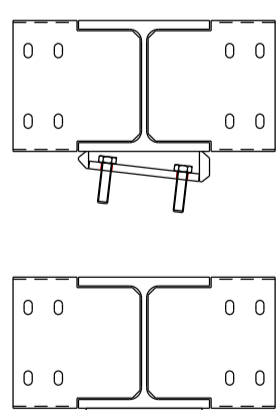
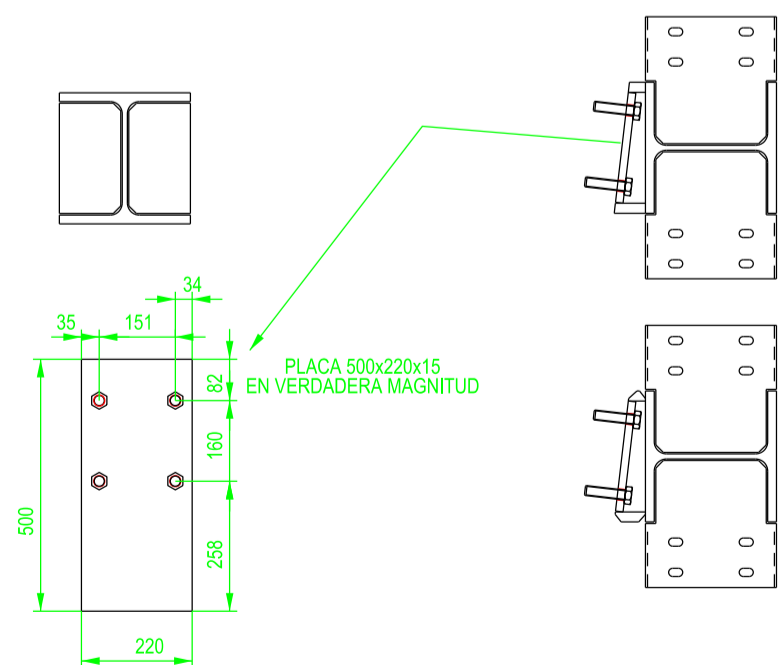
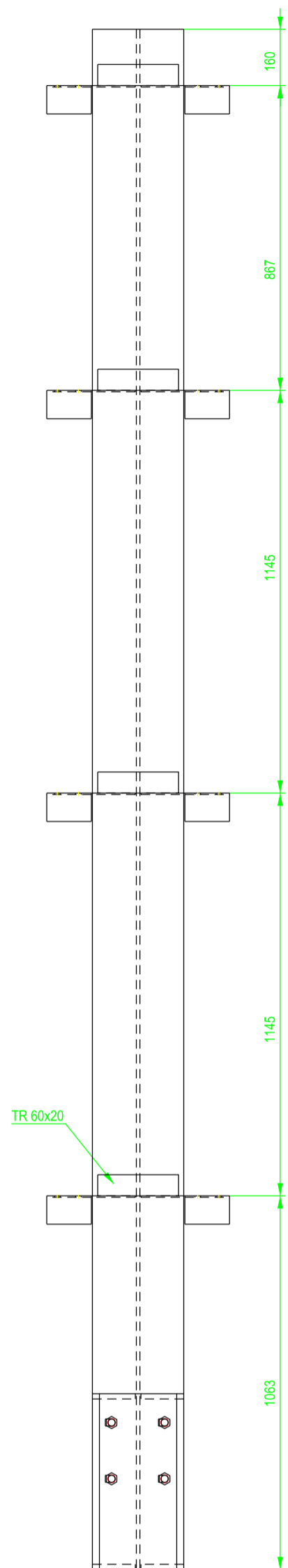
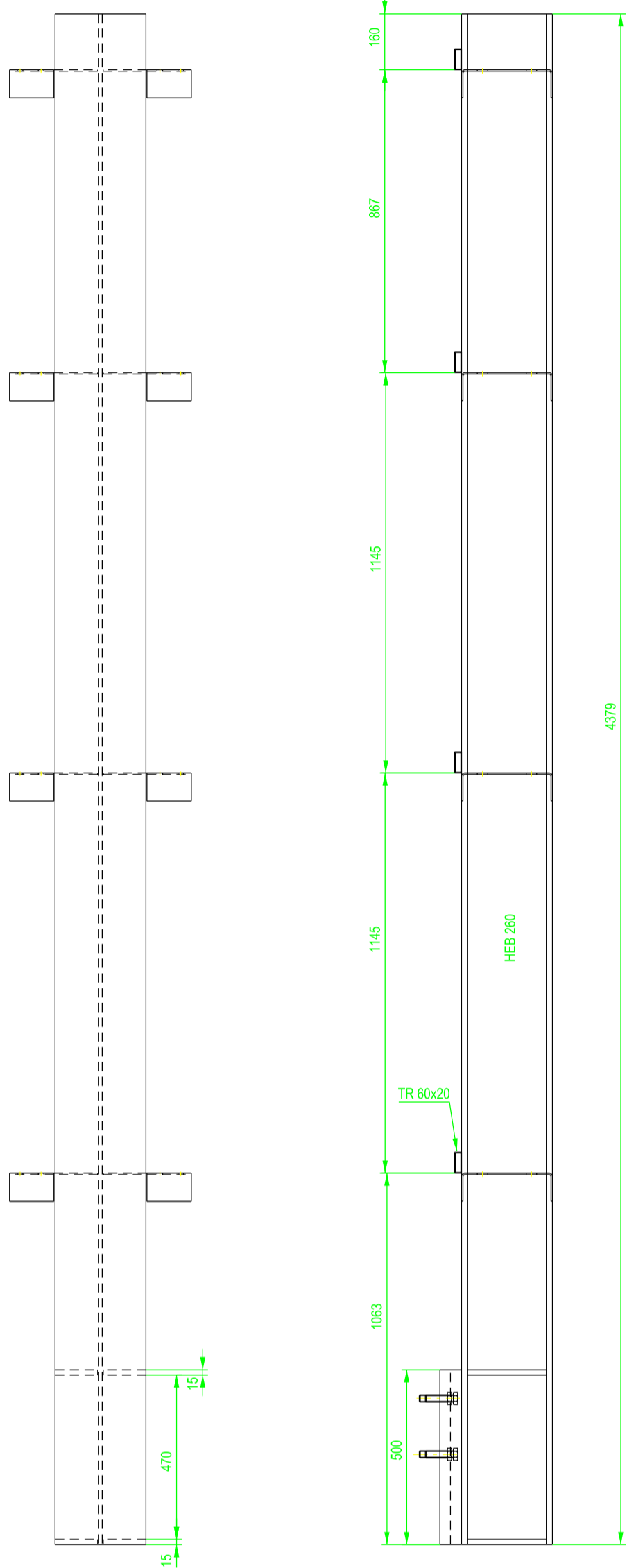
ESCALA:

1/15

PT-193

Ensamblaje potelet C21

1 UNIDAD



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

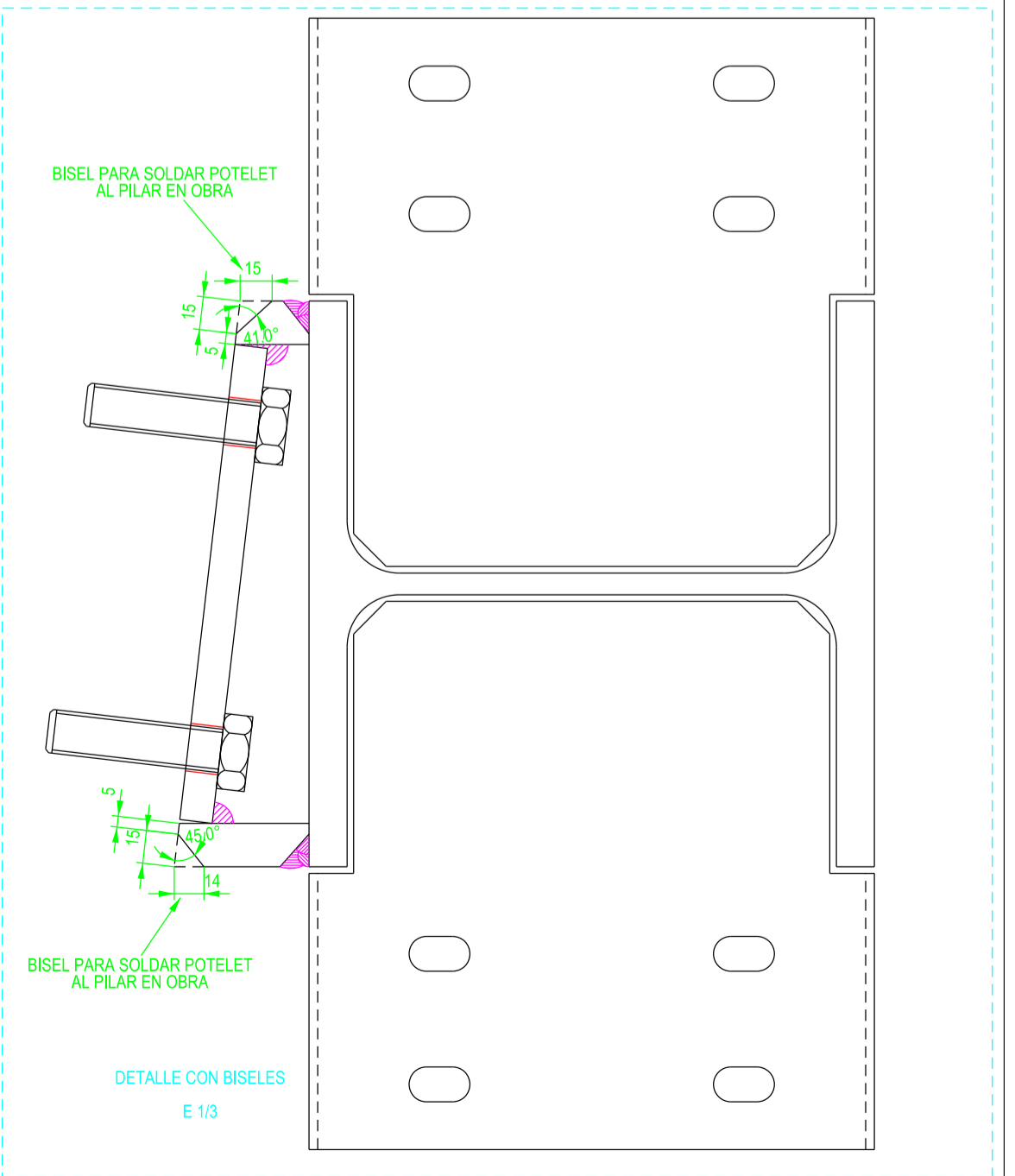
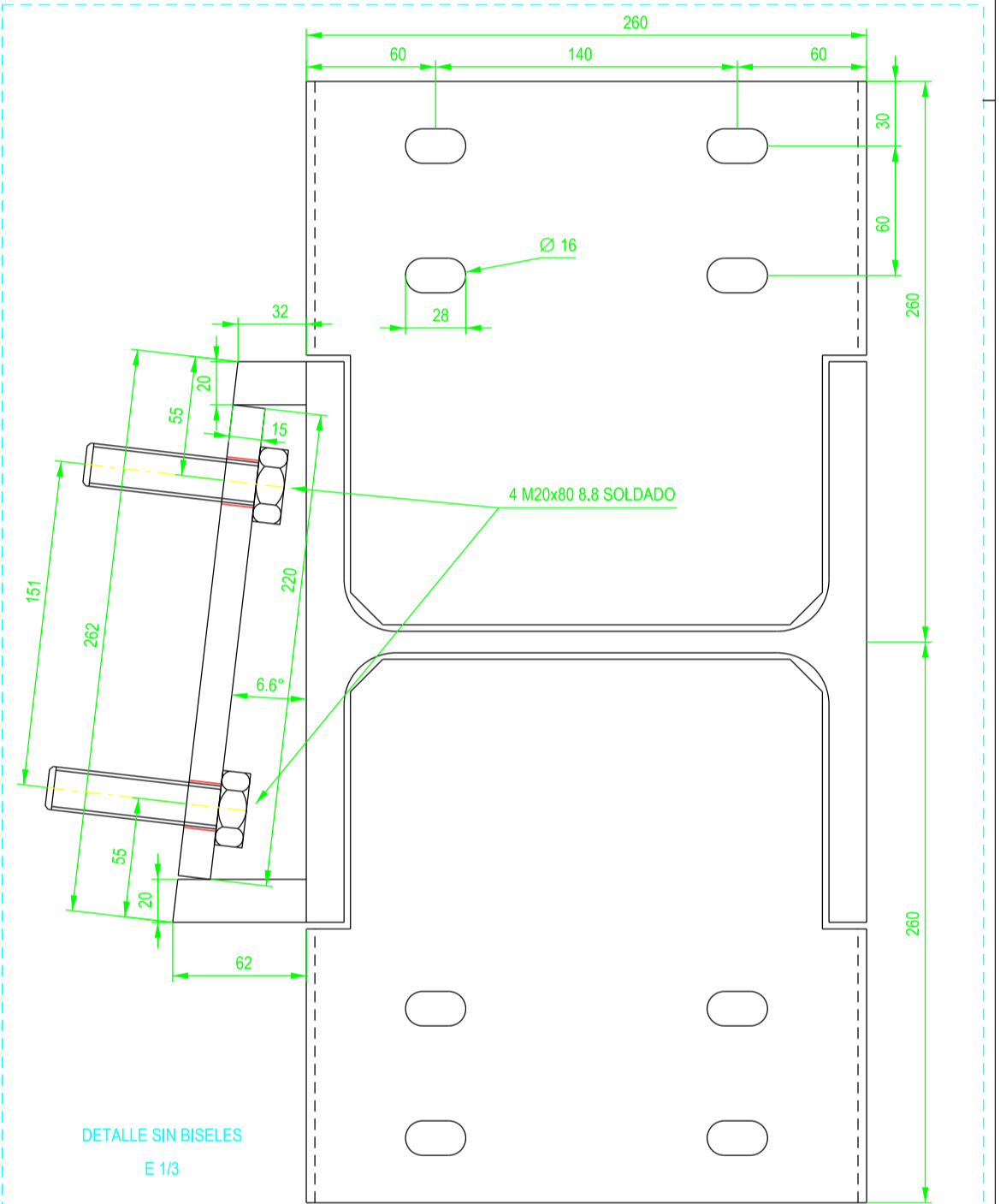
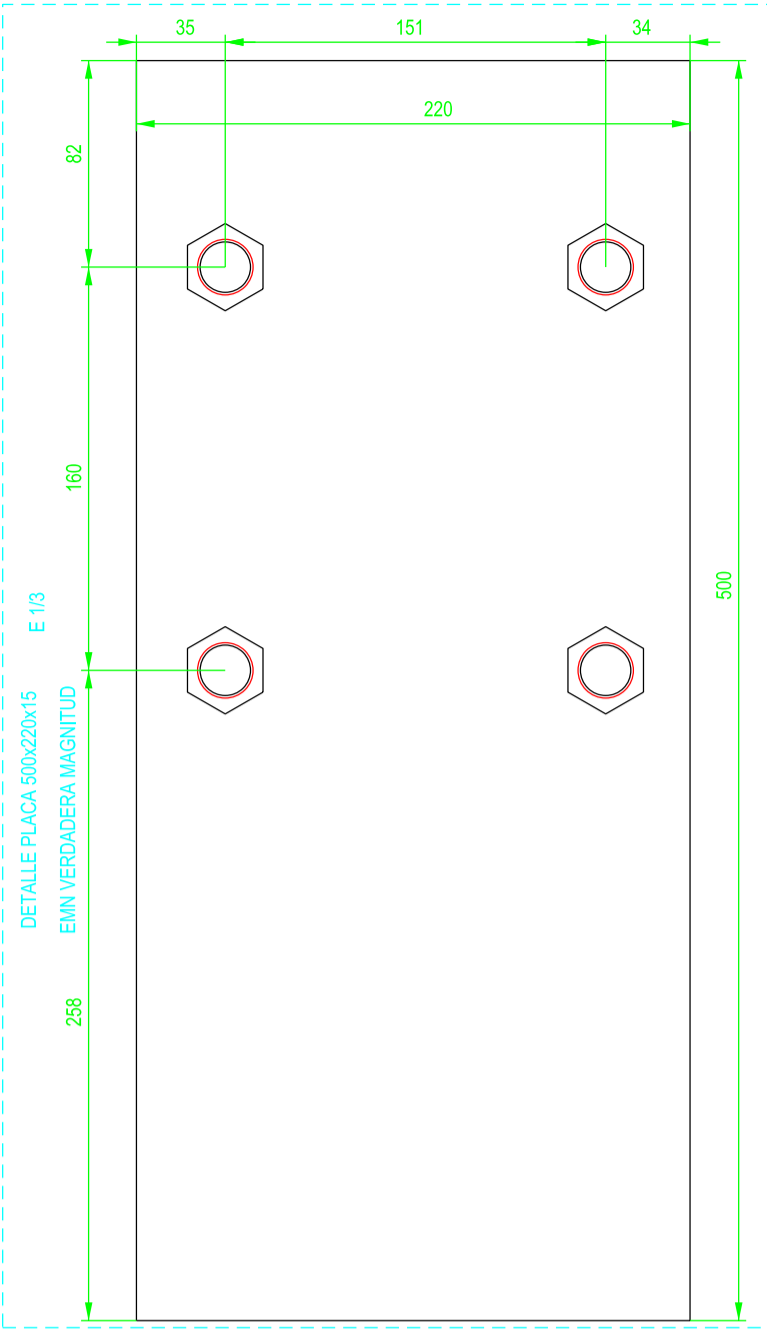
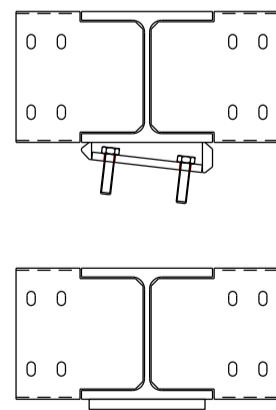
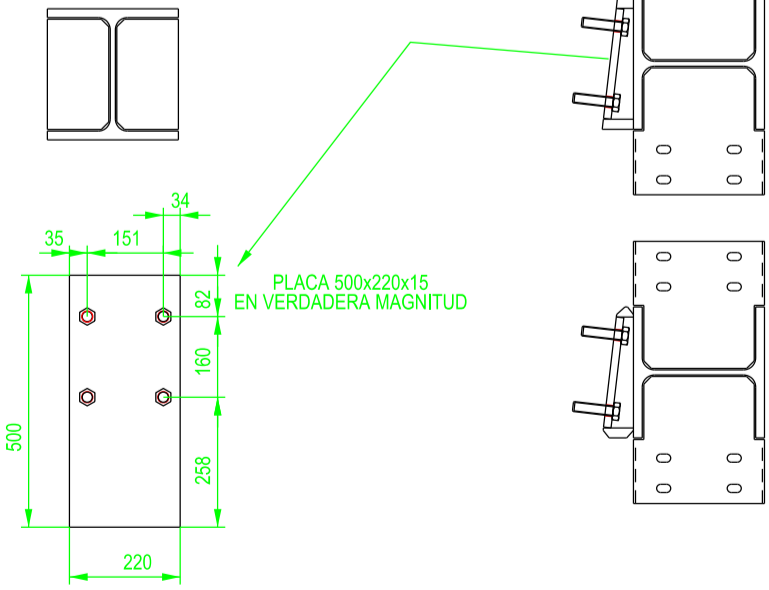
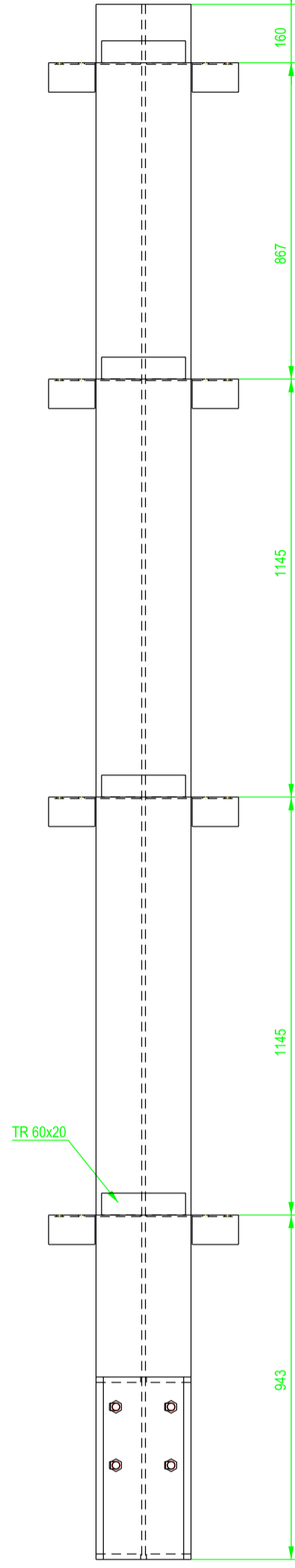
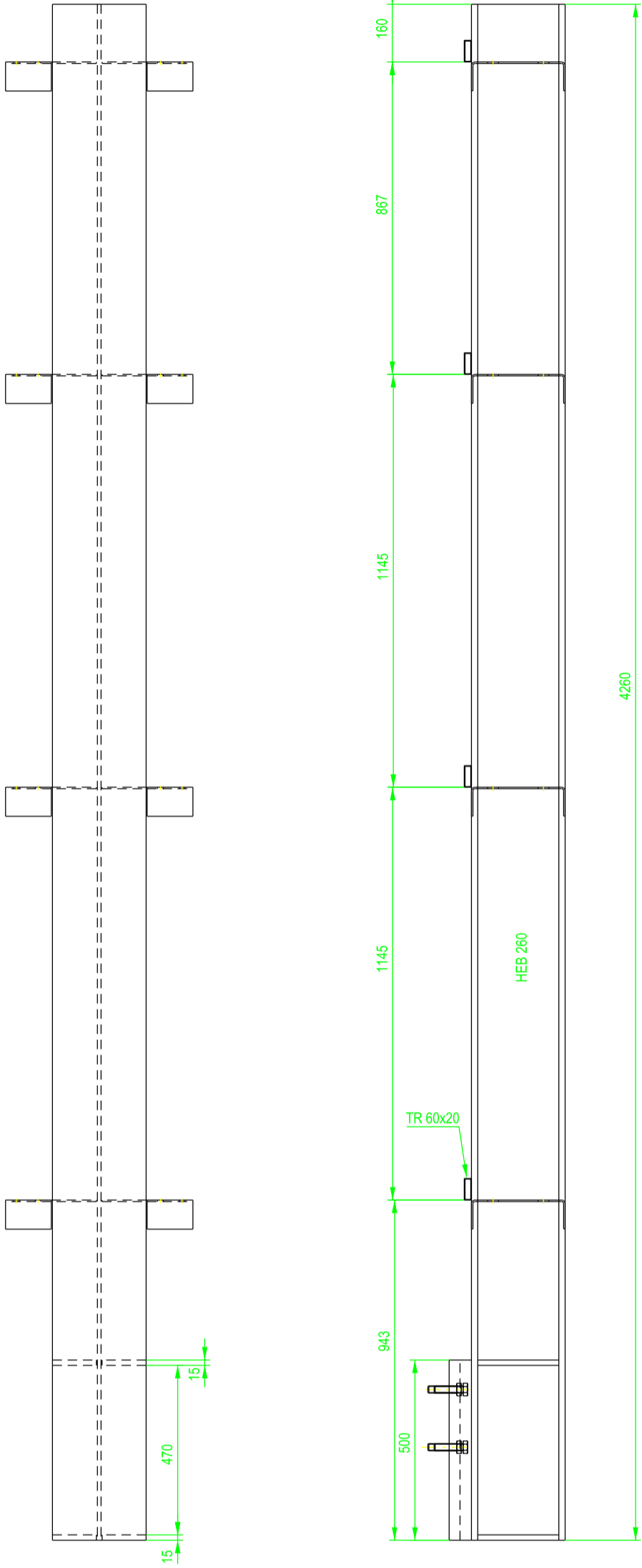
Ensamblaje potelet C22

FORMATO: A2

PLANO Nº: 1115

ESCALA: PT-194

1 UNIDAD



TRABAJO FINAL DE GRADO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

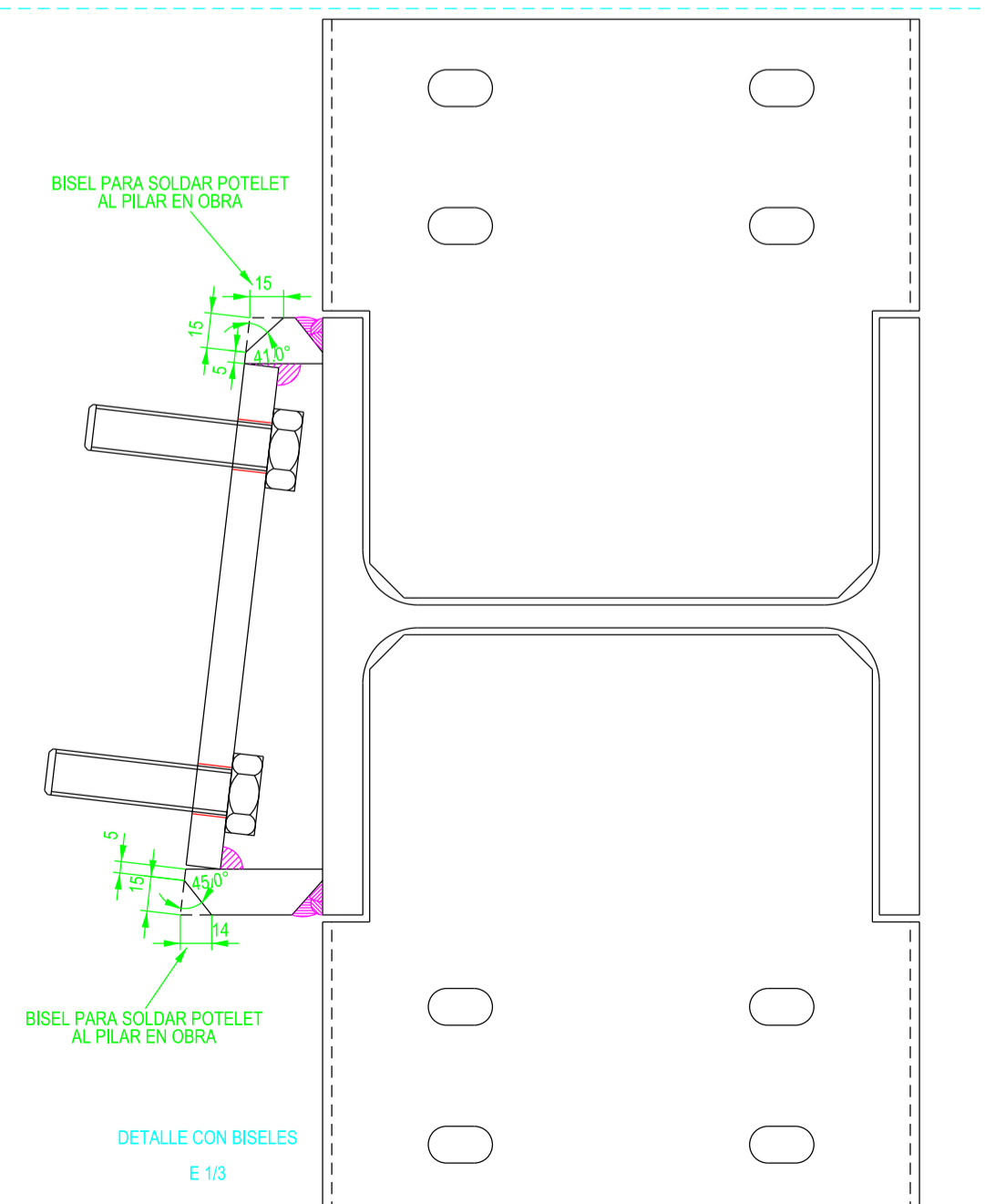
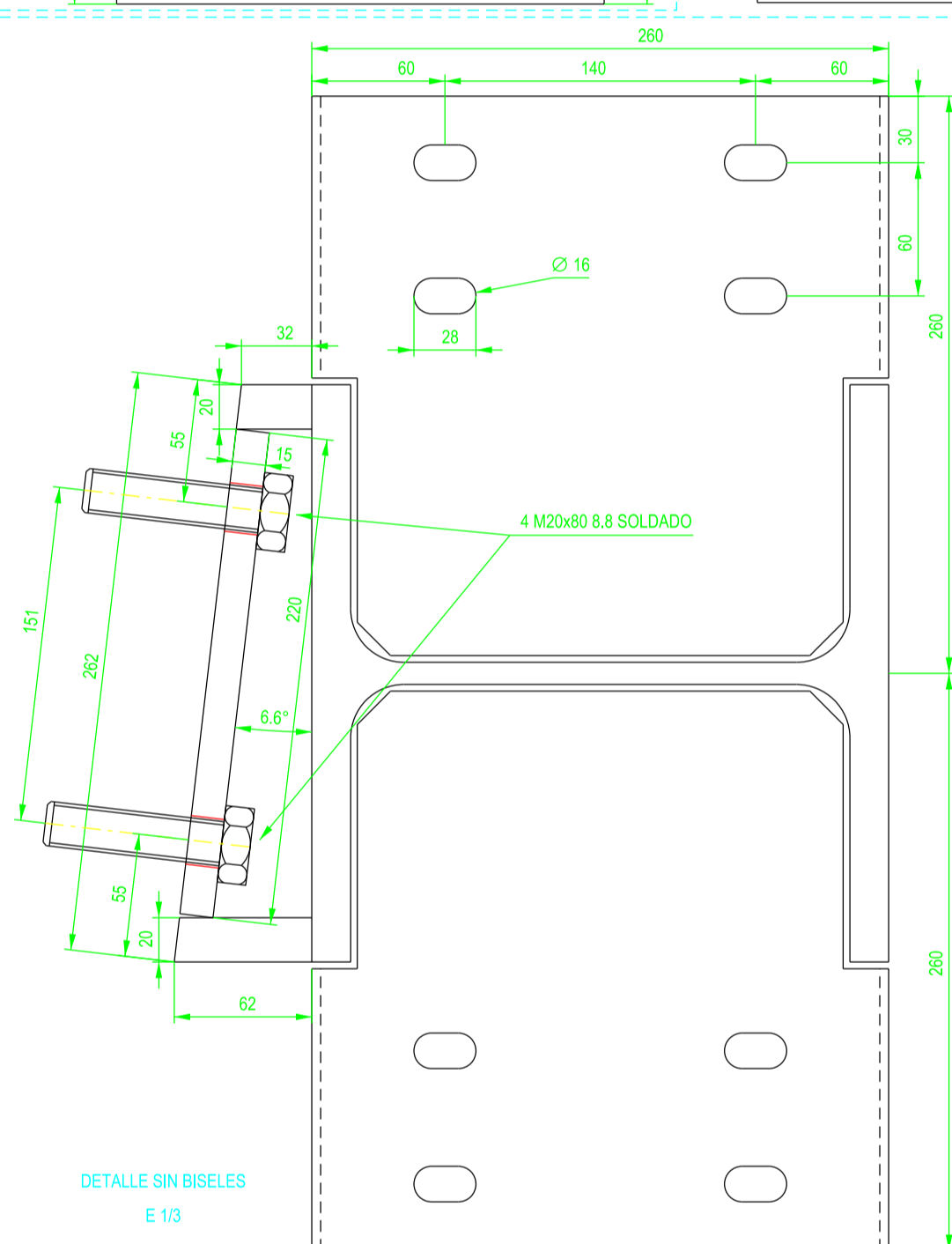
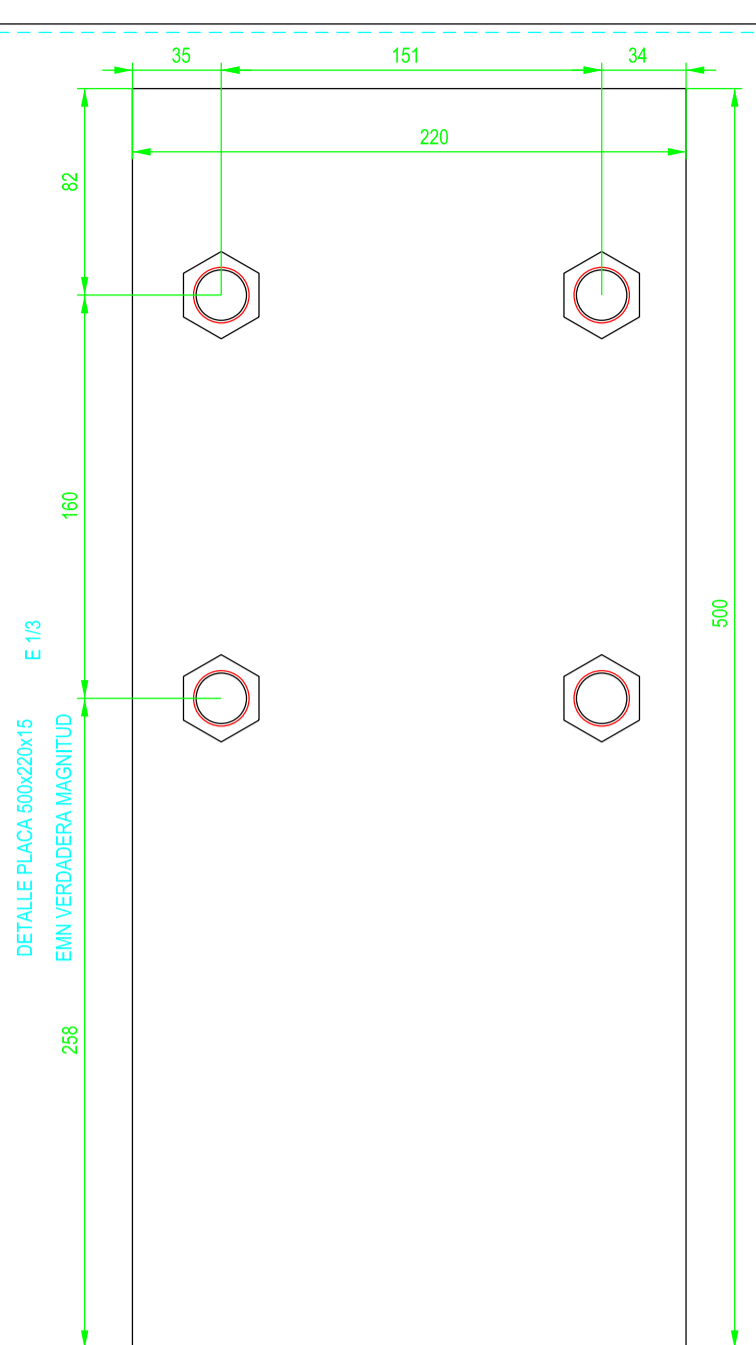
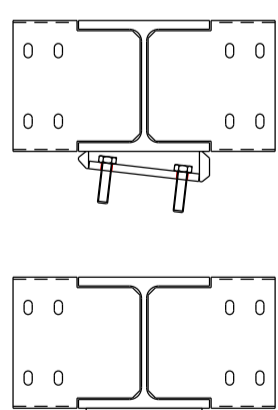
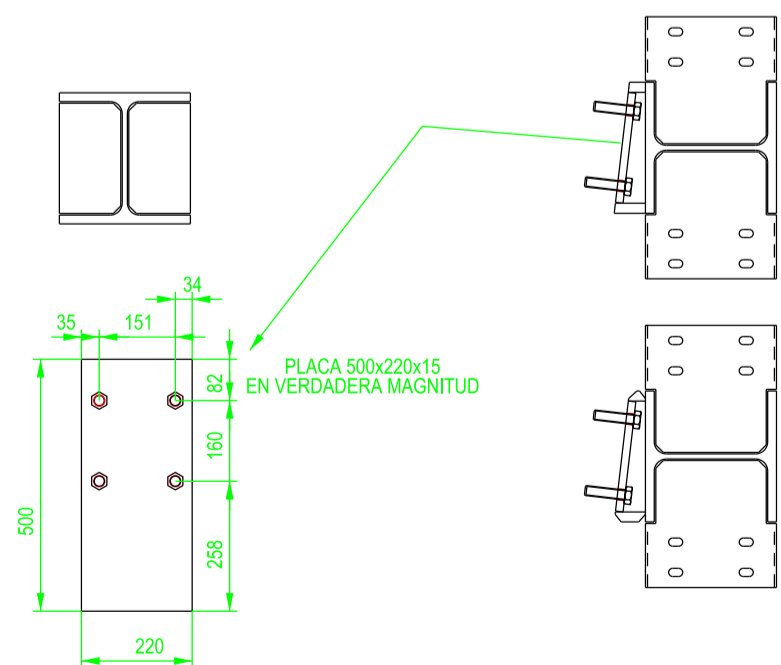
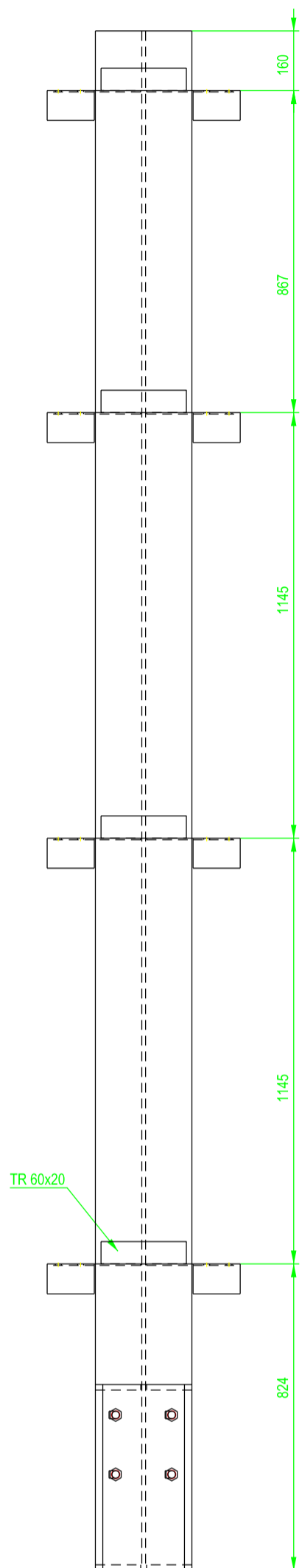
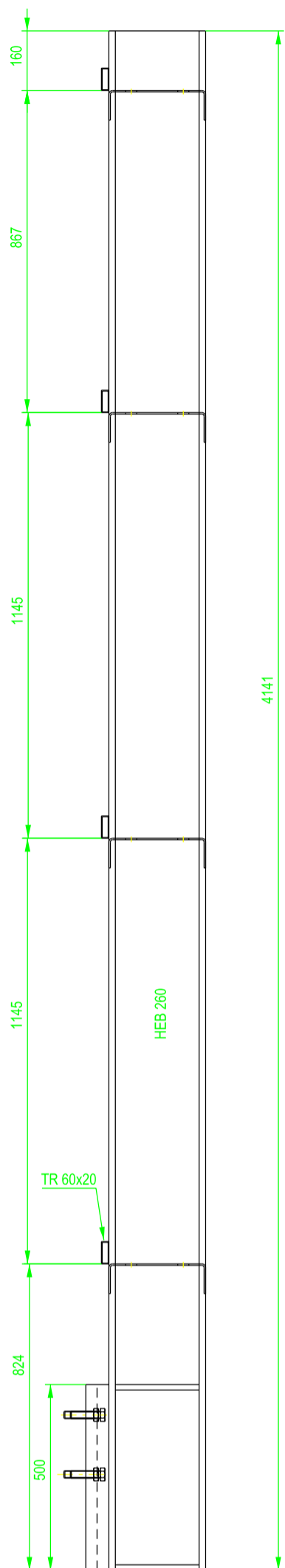
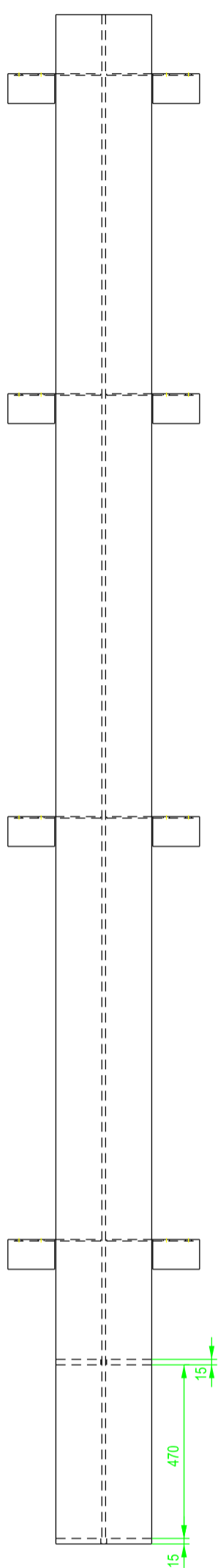
TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:
Ensamblaje potelet C23

PLANO Nº.:
PT-195

FORMATO: A2
ESCALA: 1/15

1 UNIDAD



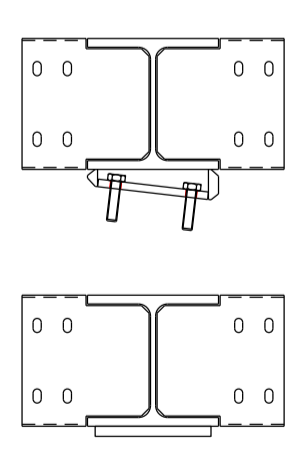
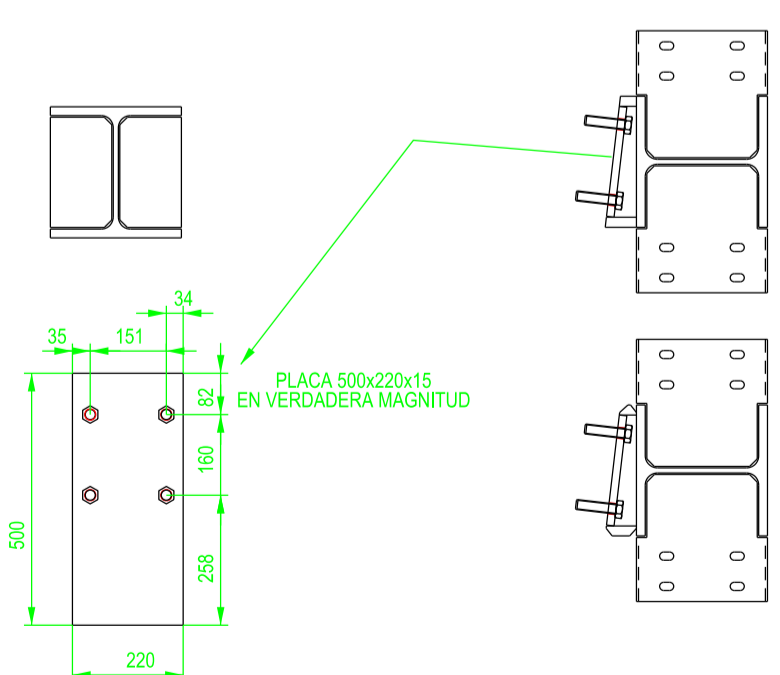
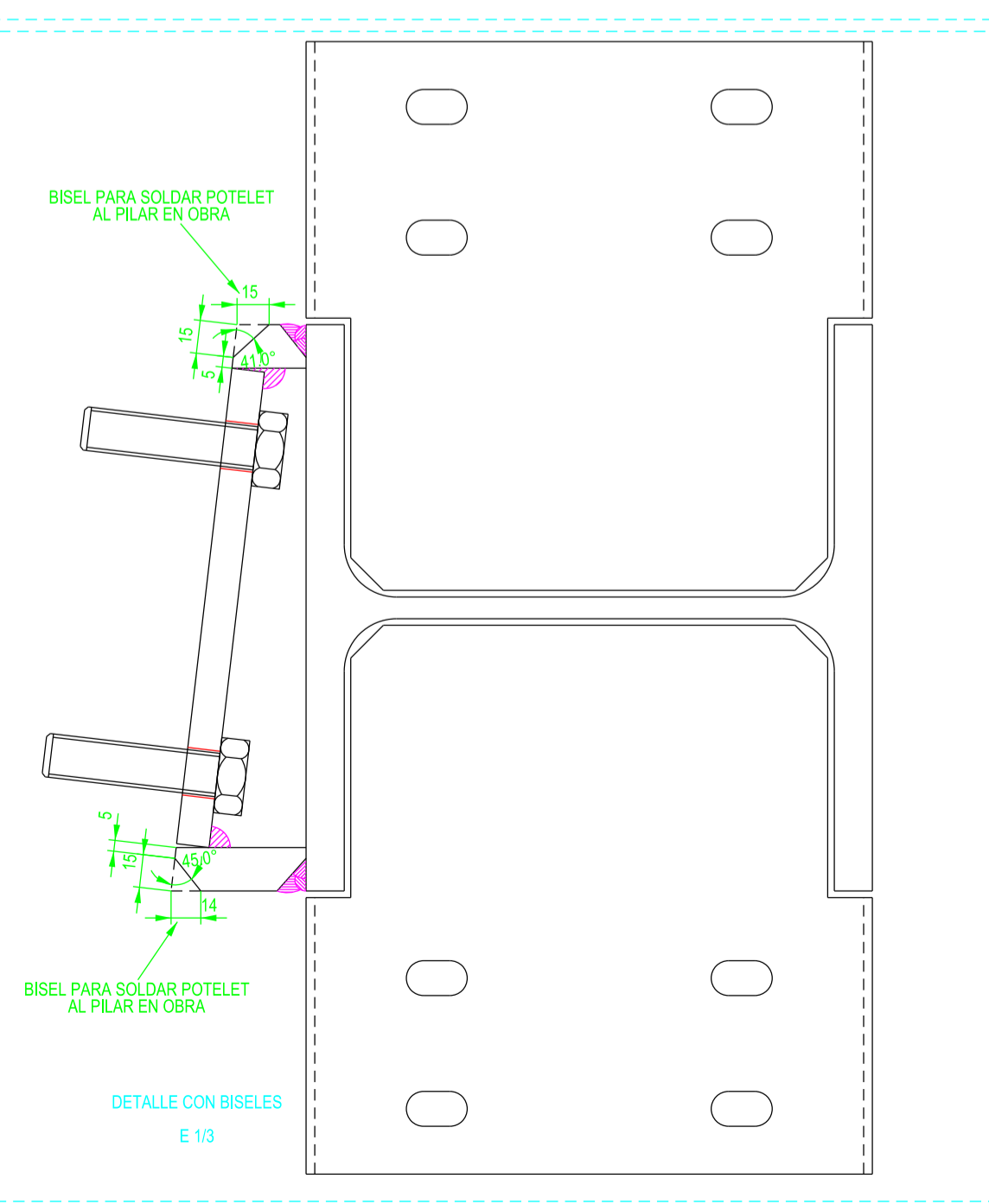
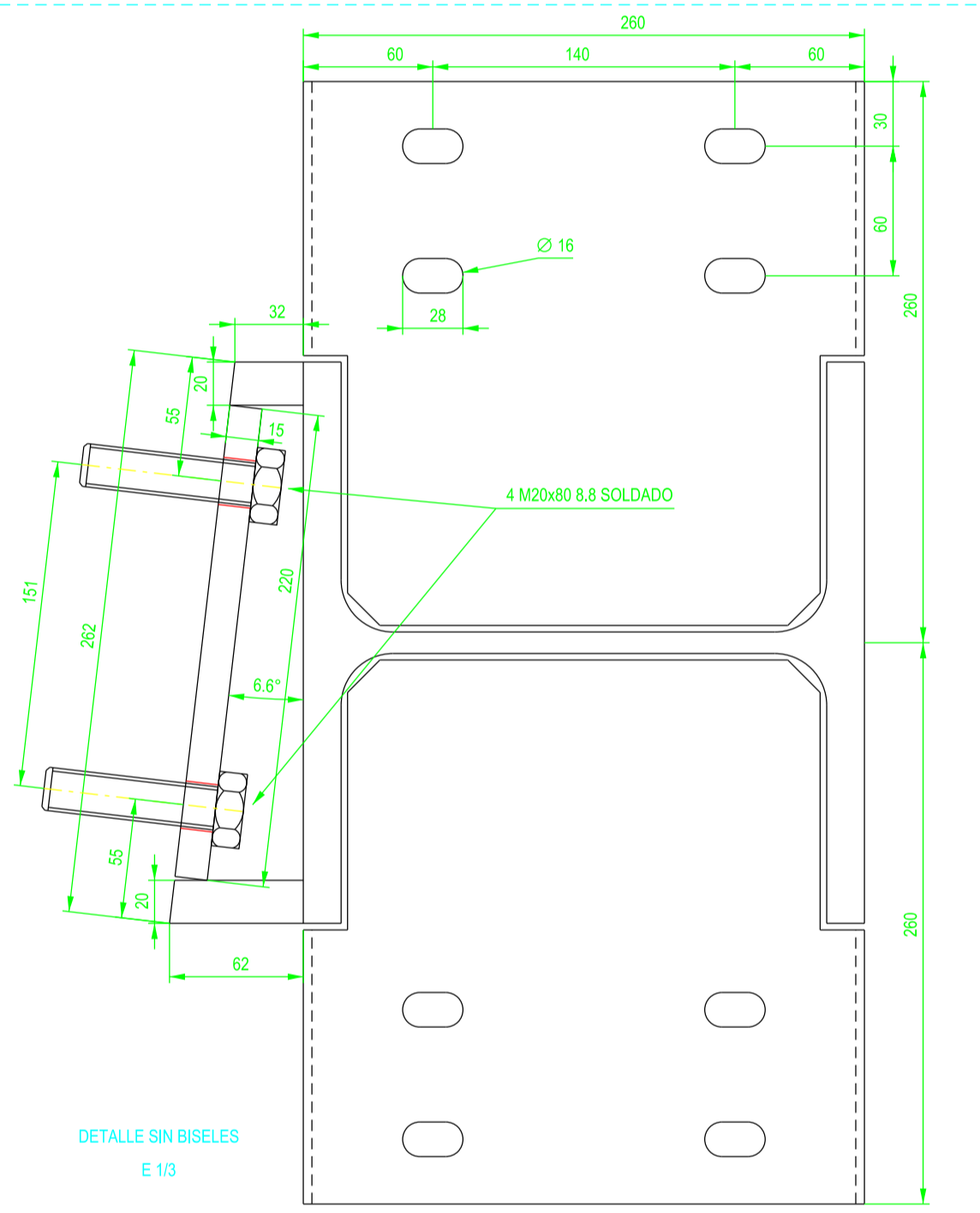
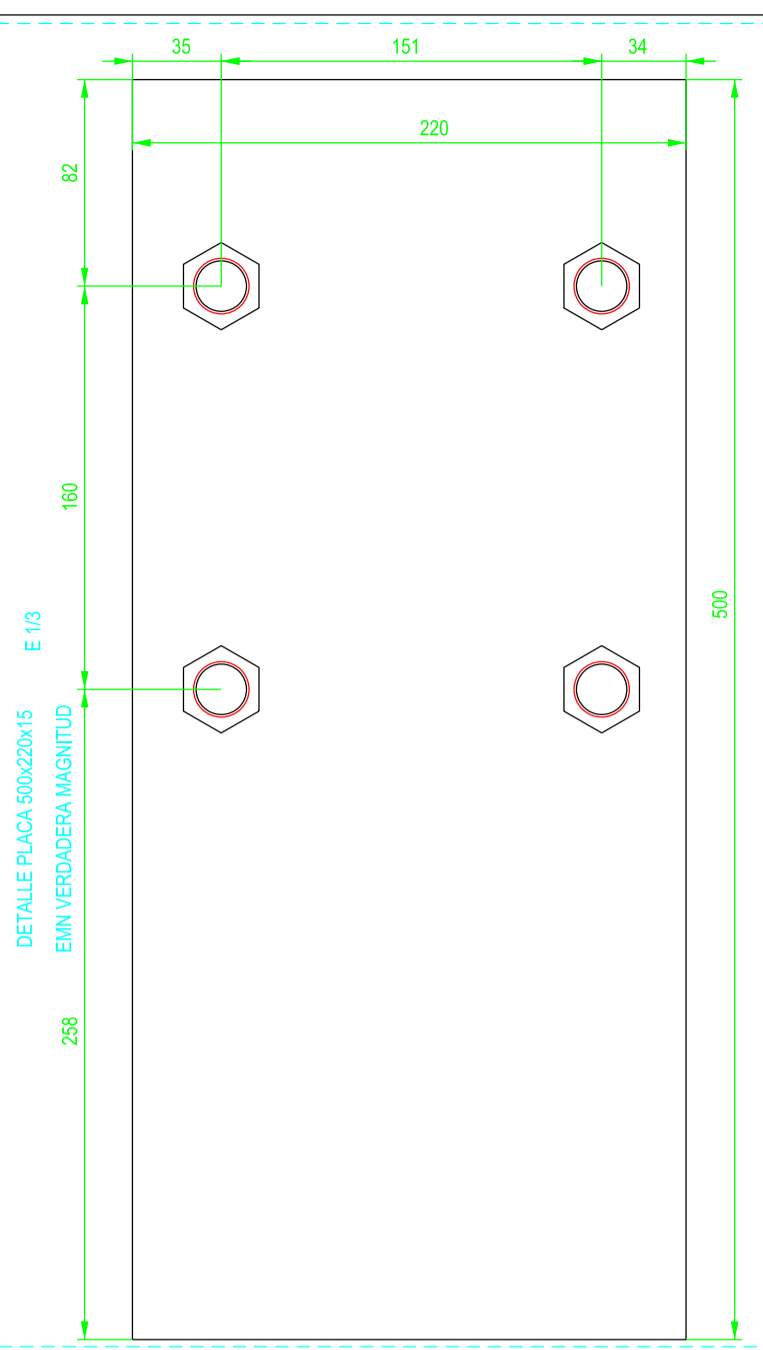
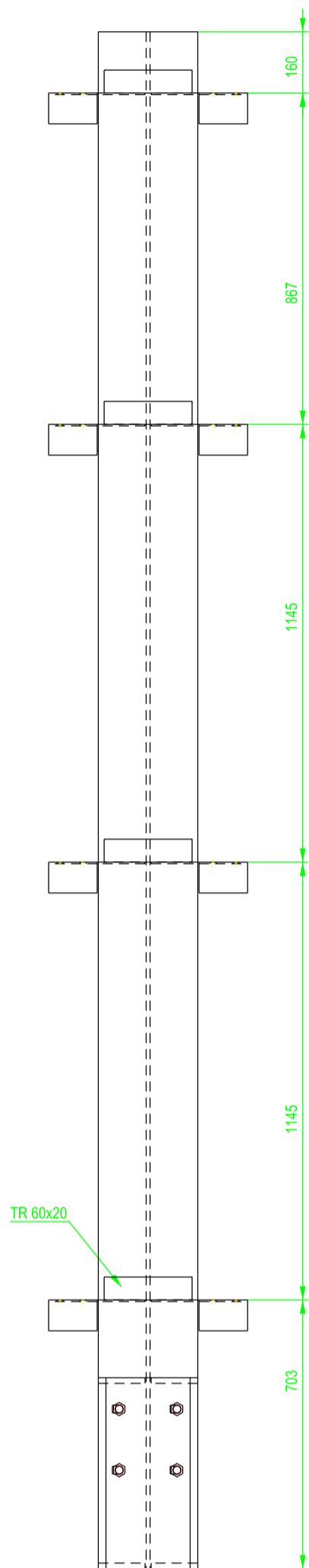
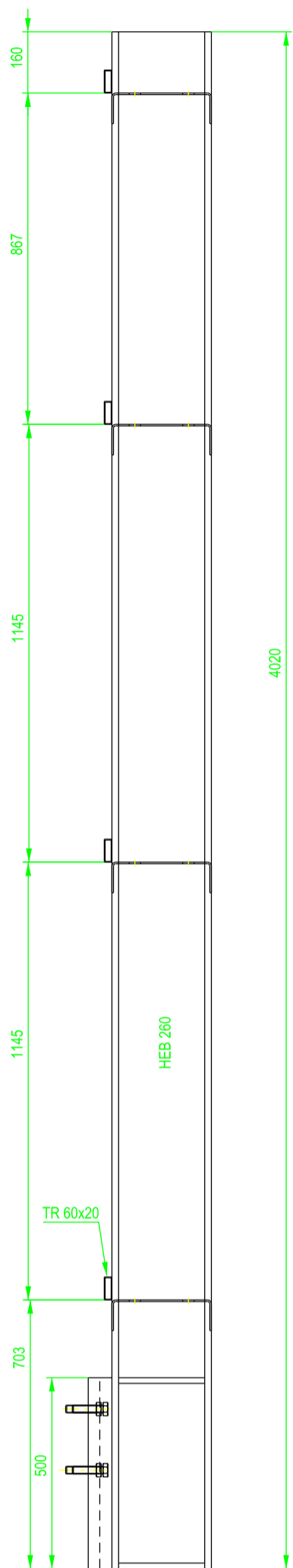
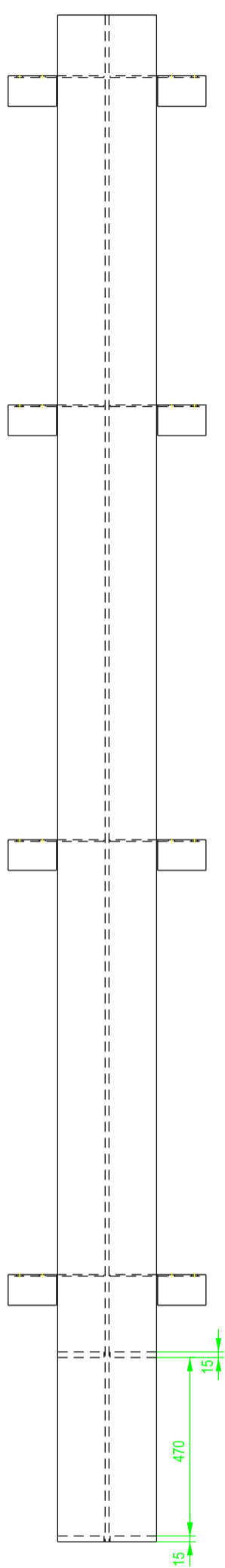
ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros
TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Ensamblaje potelet C24

FORMATO: A2
ESCALA: 1/15
PLANO Nº.: PT-196

1 UNIDAD



TRABAJO FINAL DE GRADO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

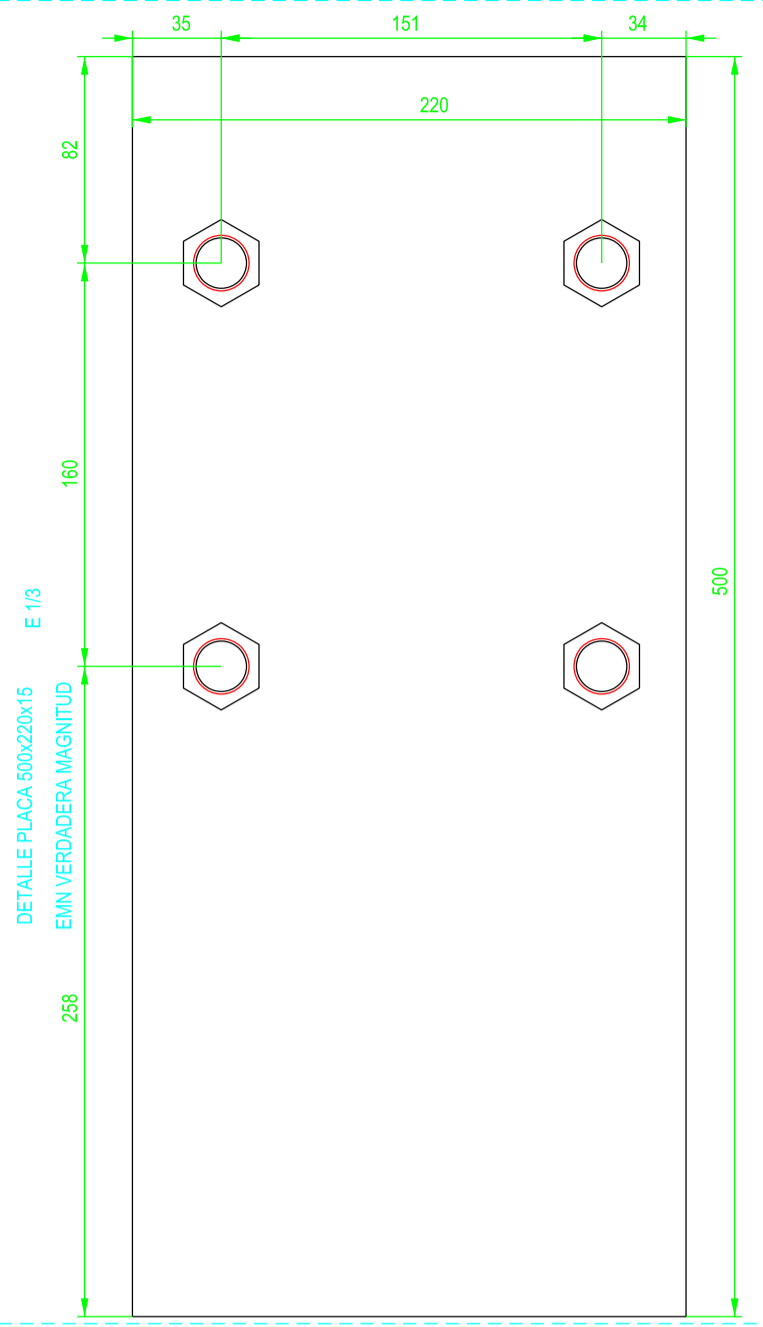
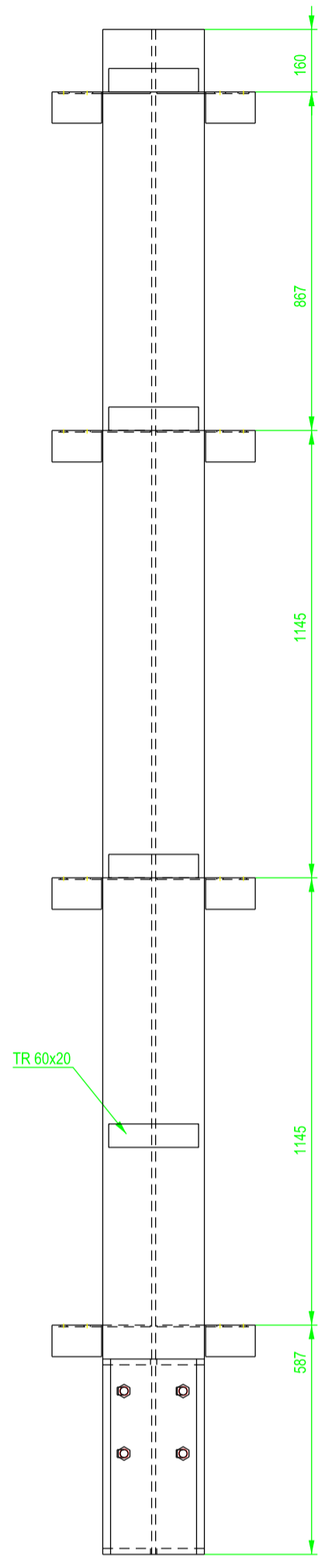
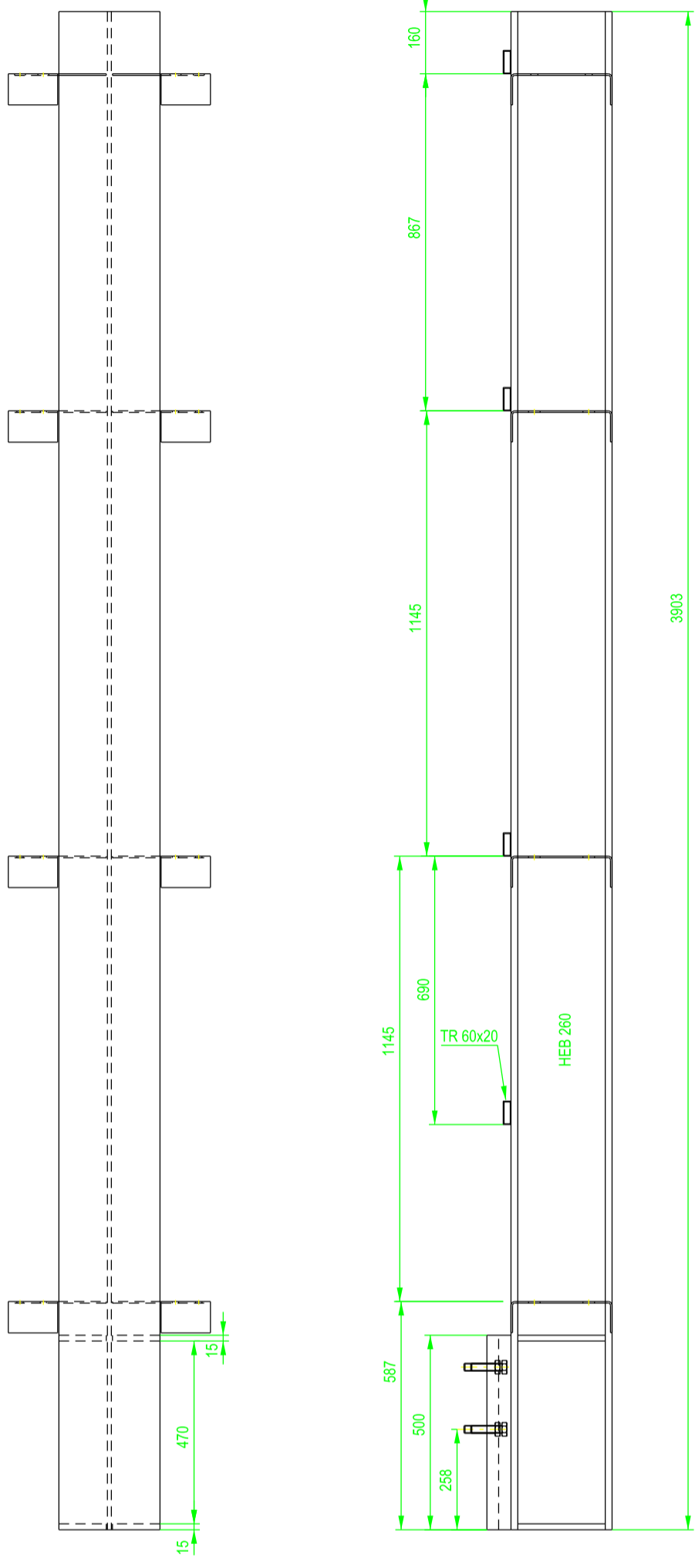
TITULO PLANO:
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Ensamblaje potelet C25

FORMATO: A2
ESCALA: 1/15

PLANO Nº.: PT-197

1 UNIDAD



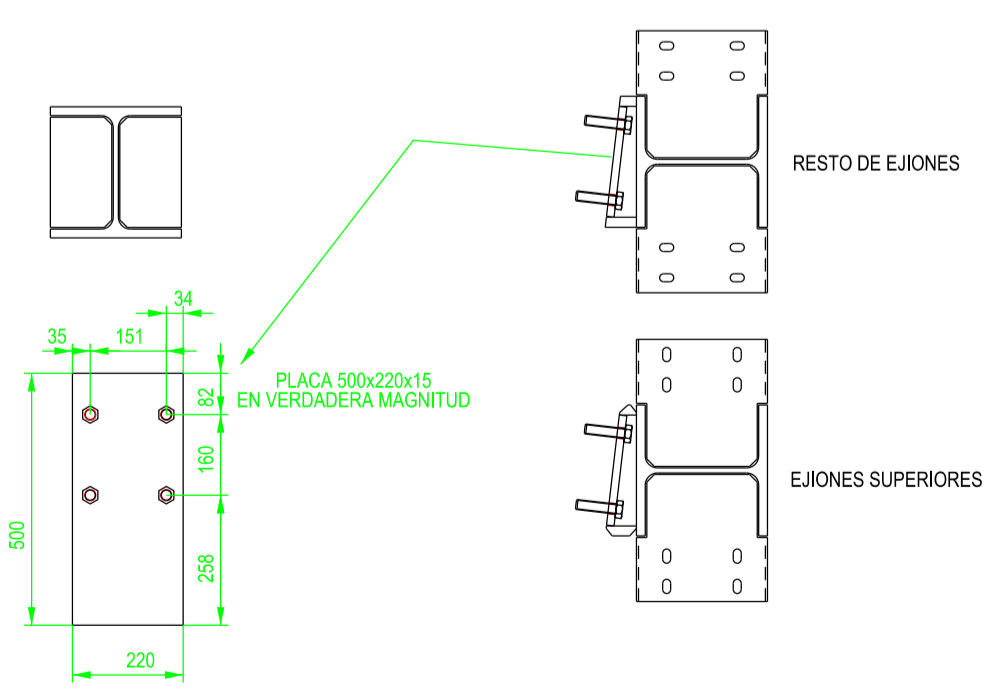
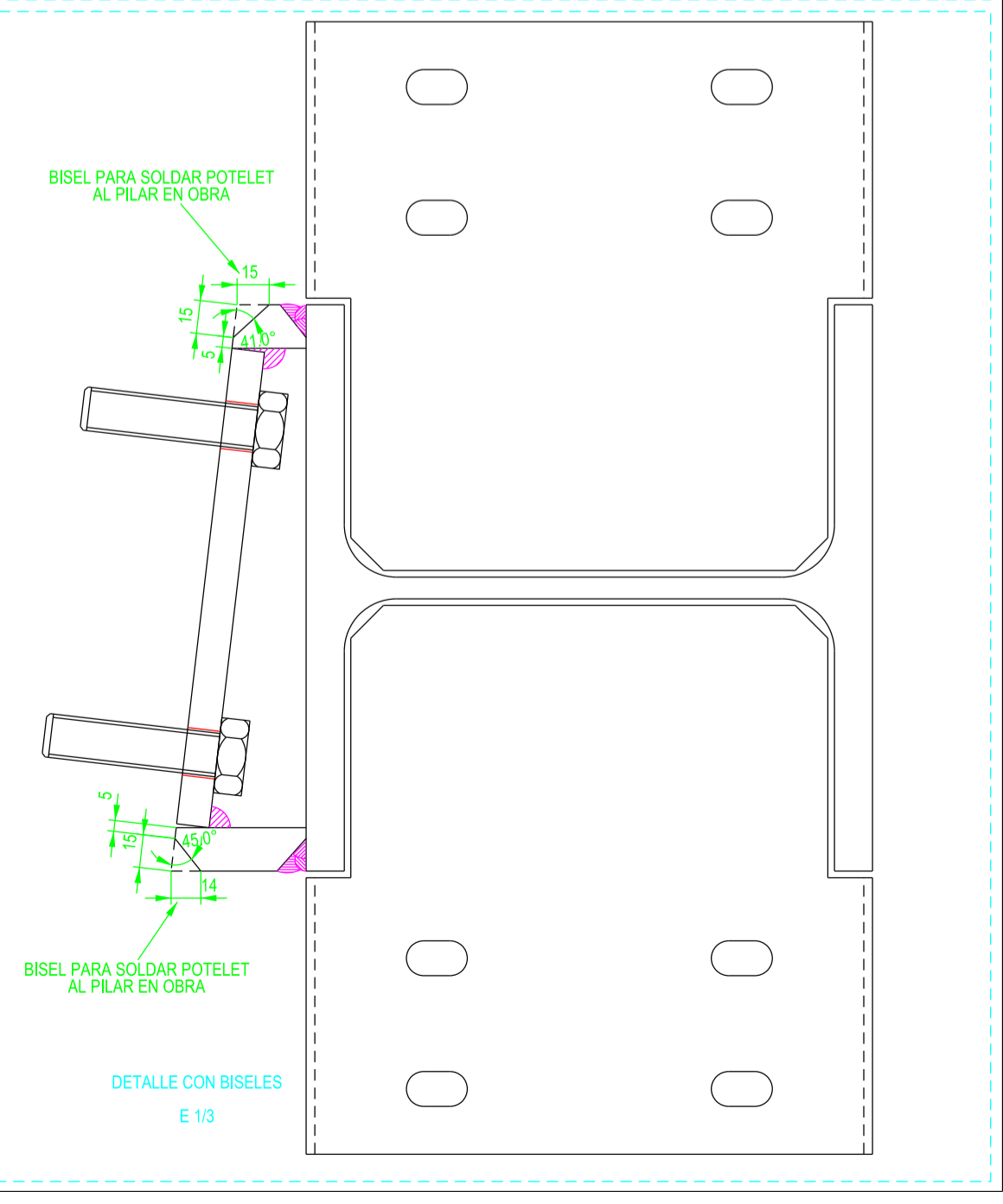
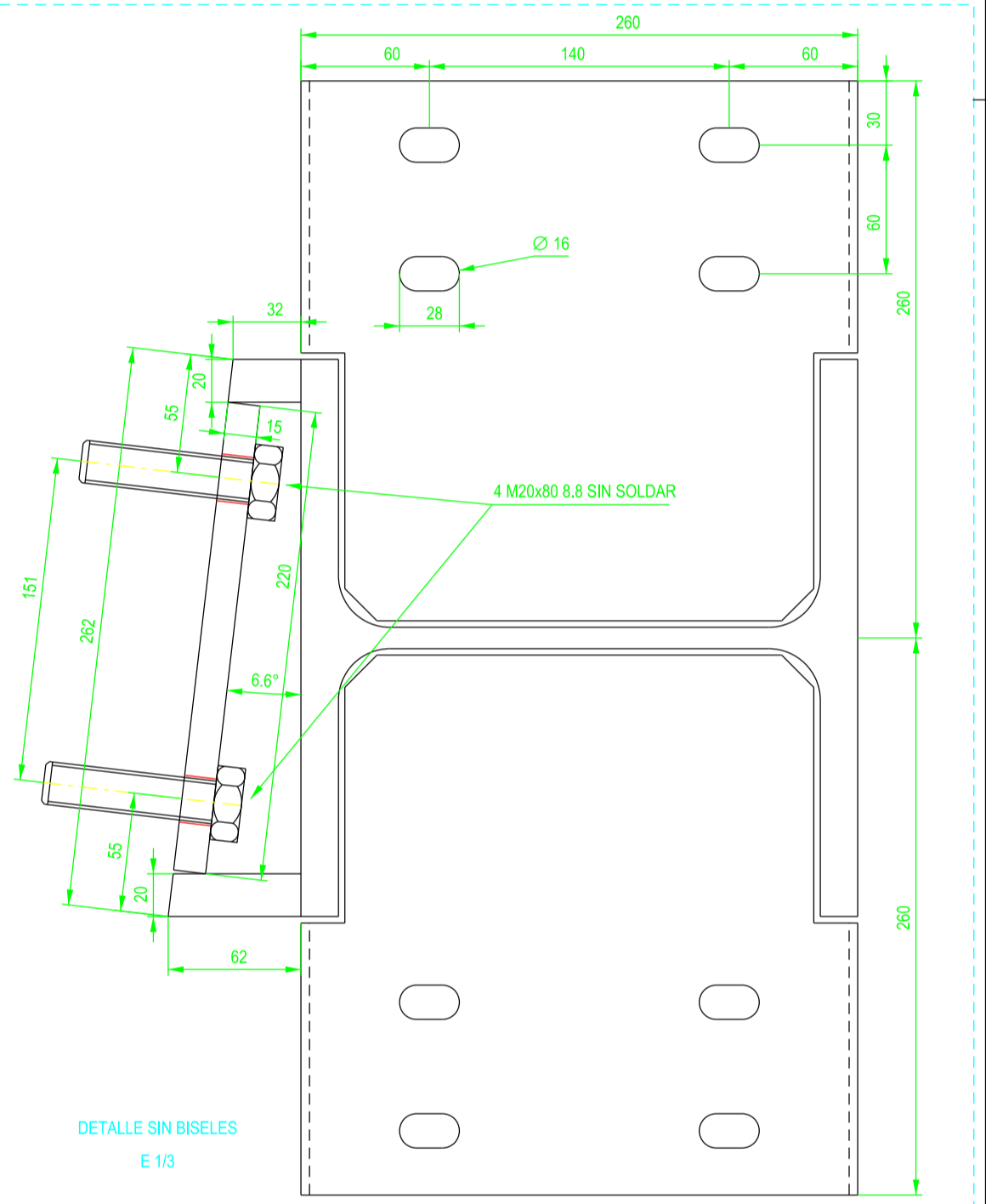
ETSIKCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

TRABAJO FINAL DE GRADO
* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *

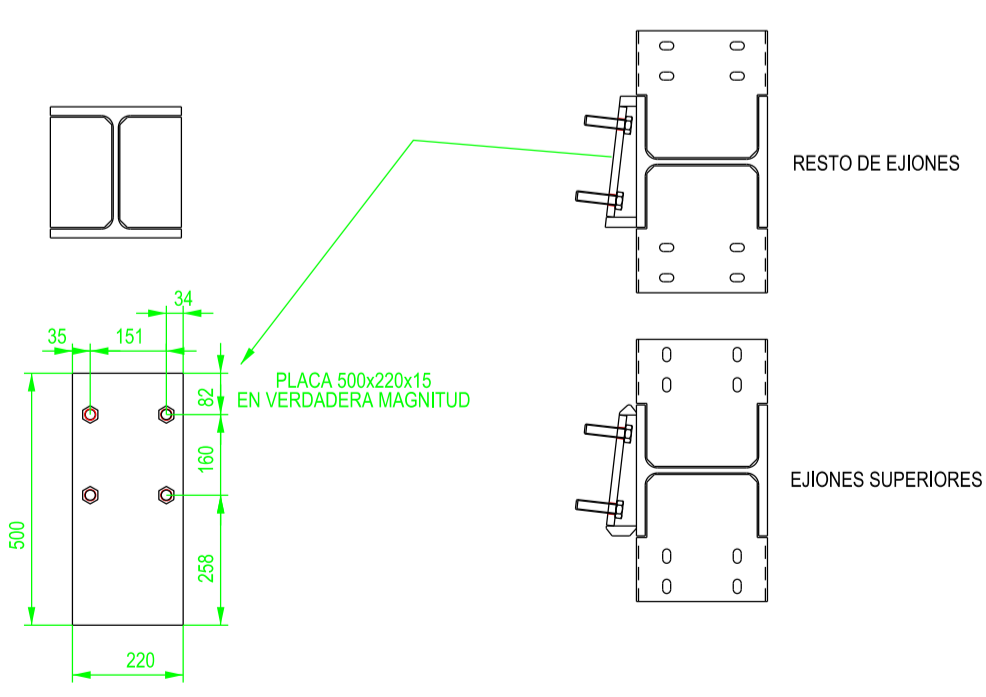
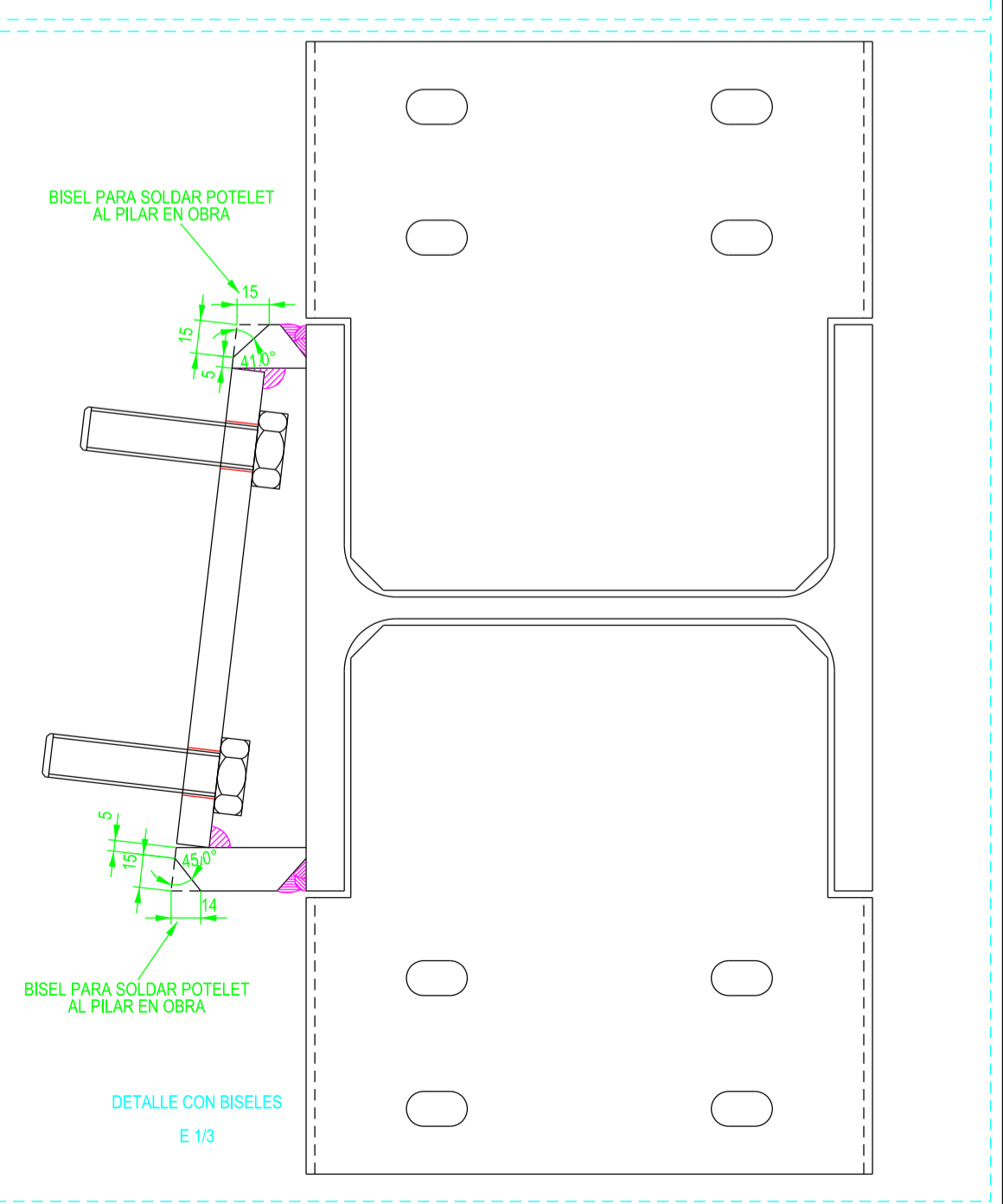
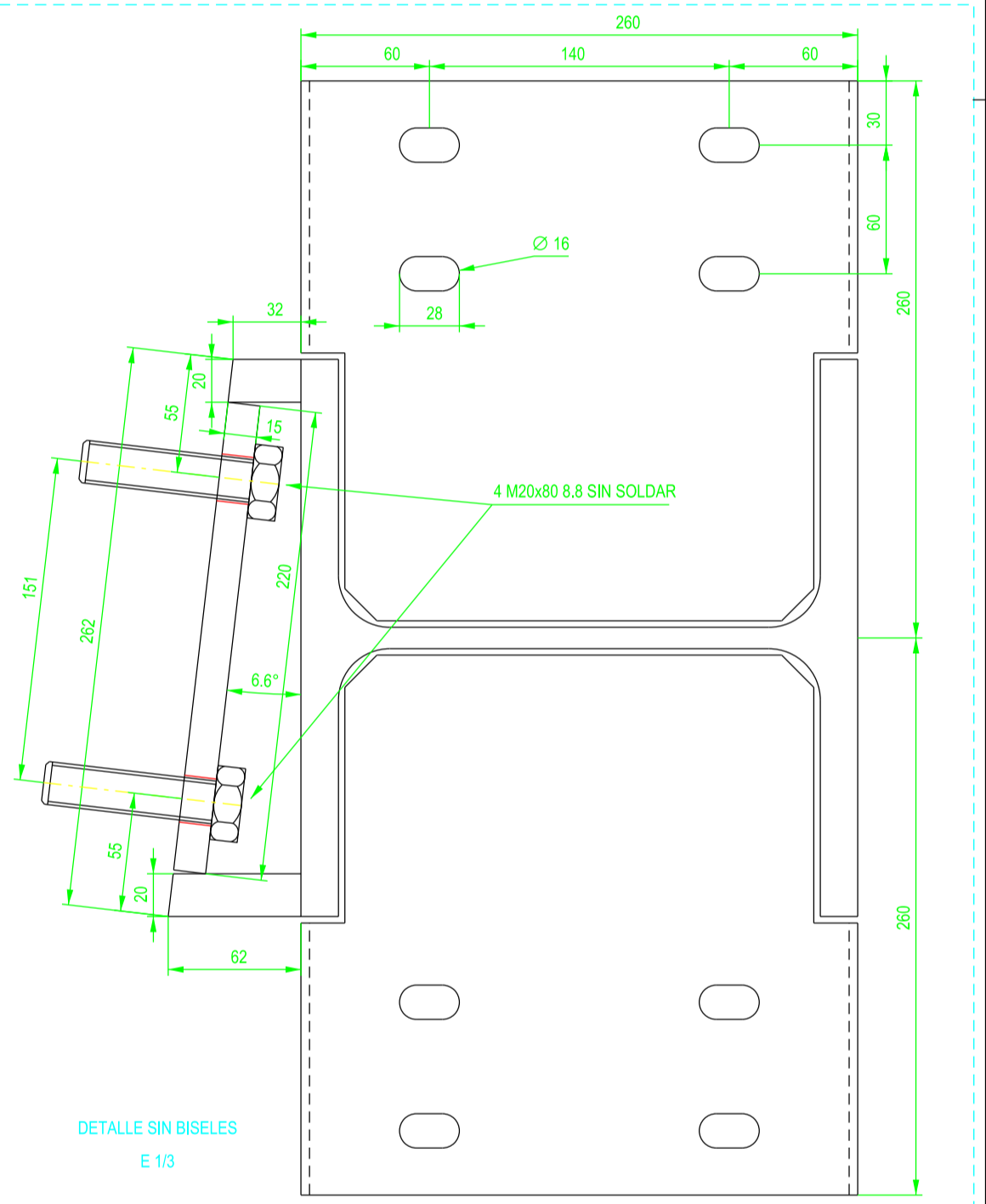
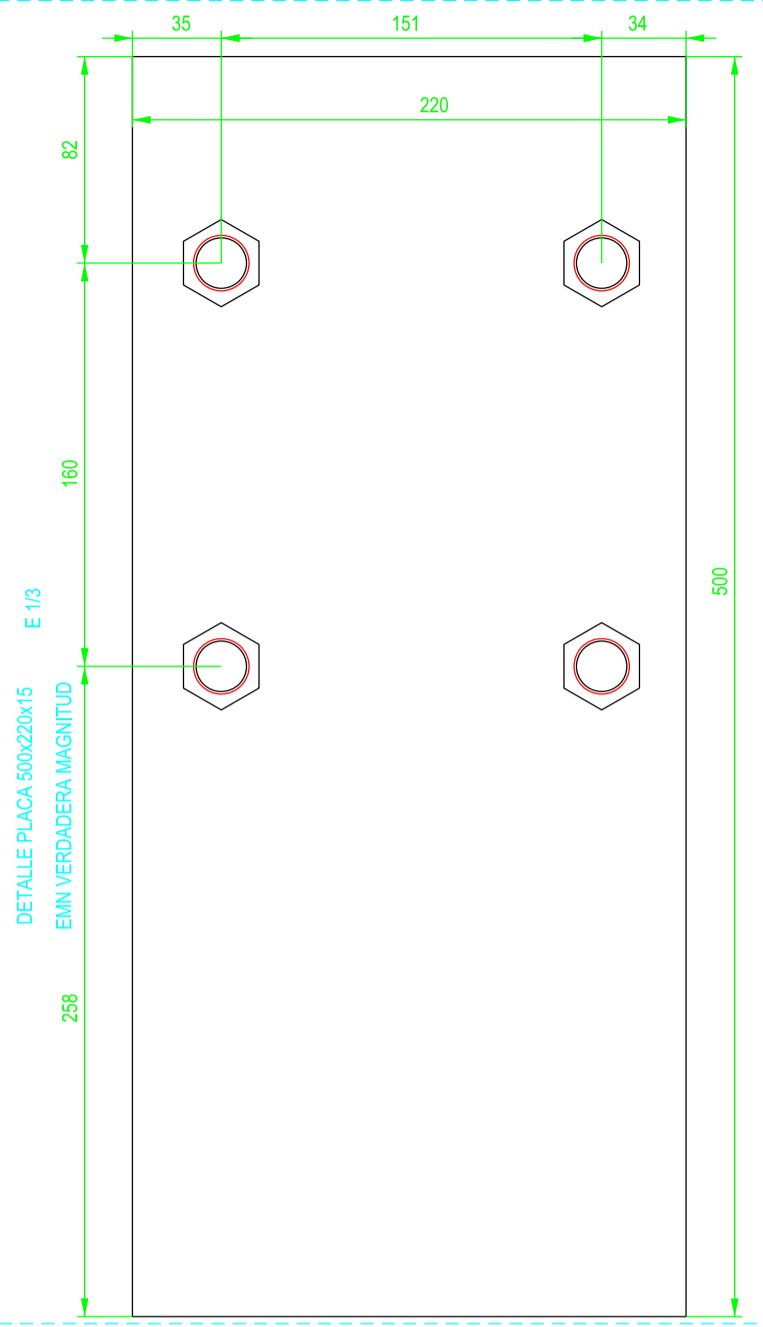
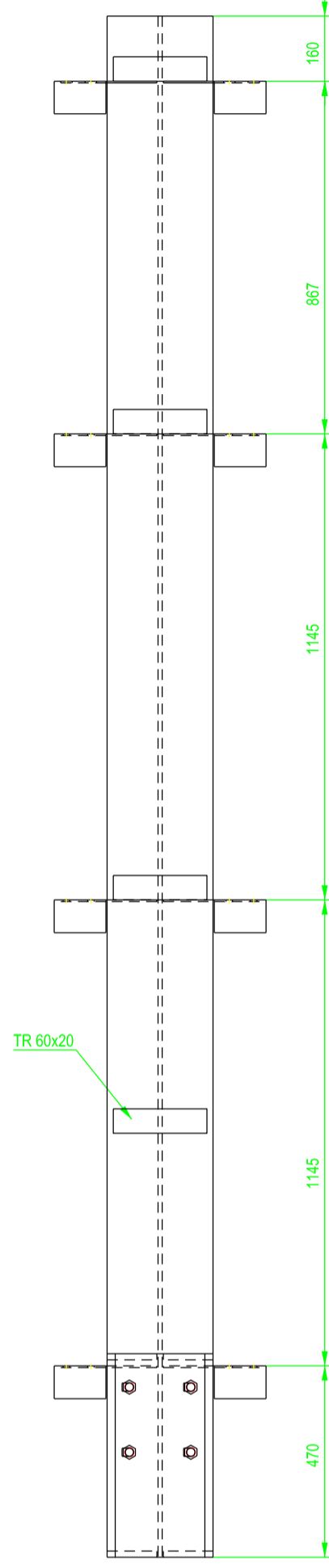
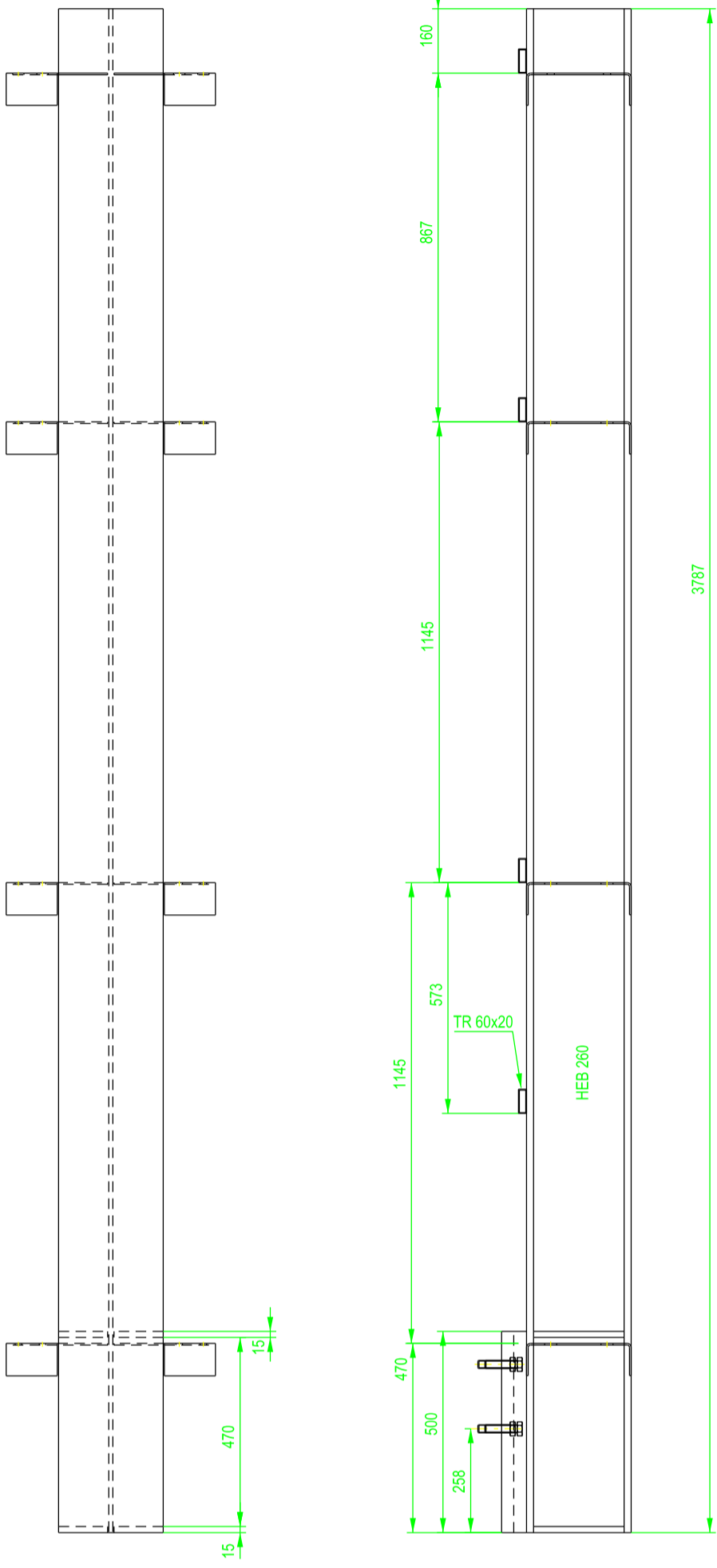
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

AUTOR: Ramon Herrero
TUTOR: D. Julián Alcalá González
TÍTULO PLANO: Ensamblaje potelet C26

FORMATO: A2
ESCALA: 1/15
PLANO Nº.: PT-198



1 UNIDAD



TRABAJO FINAL DE GRADO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

"Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramon Reñero Herreros

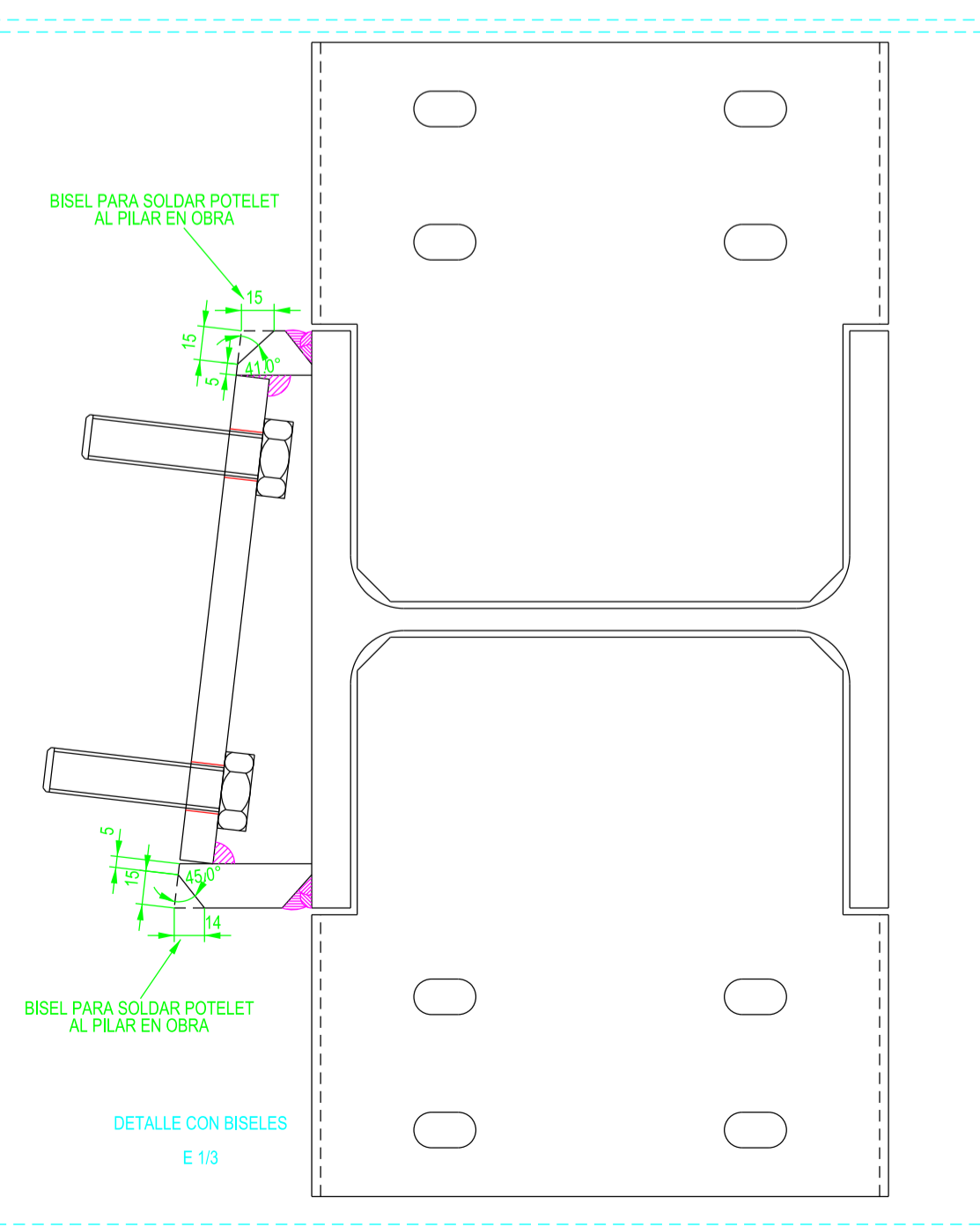
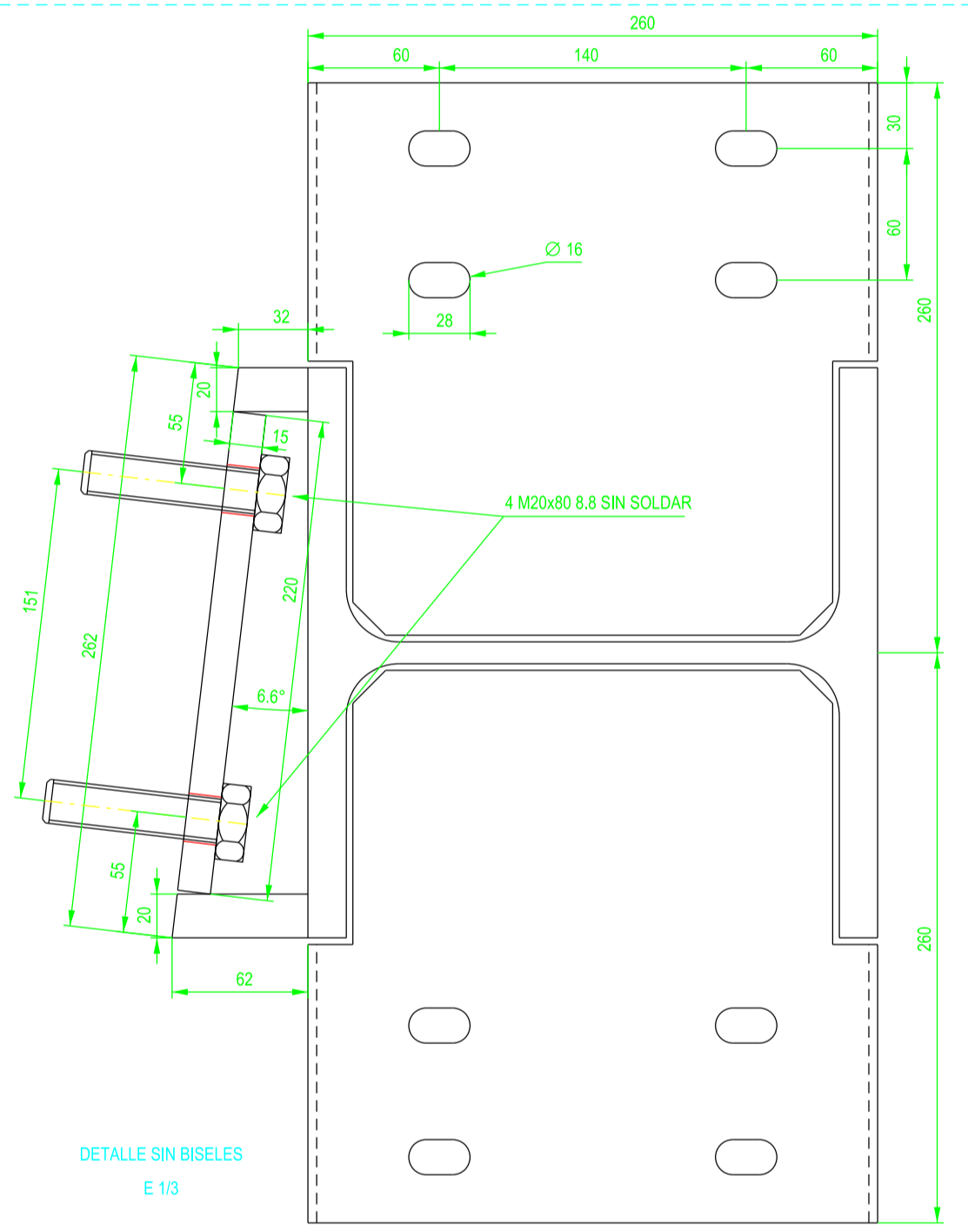
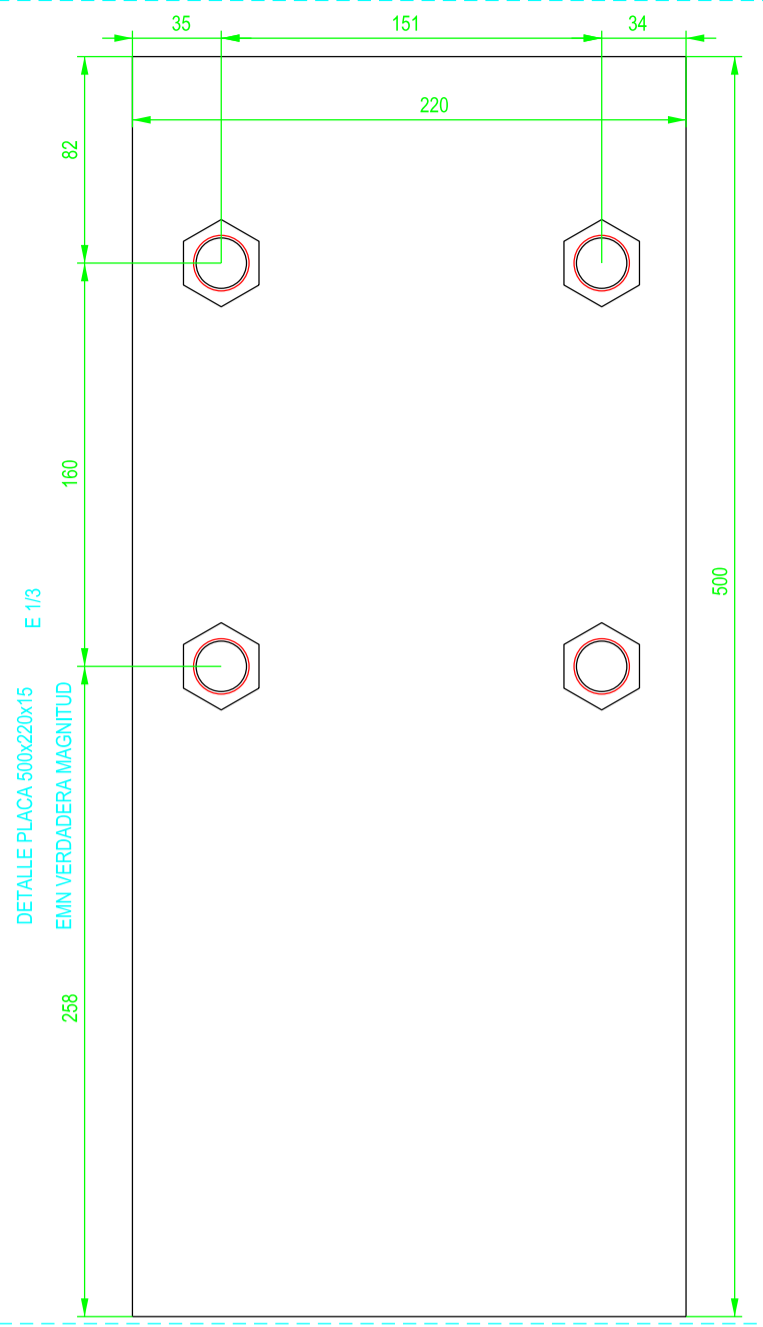
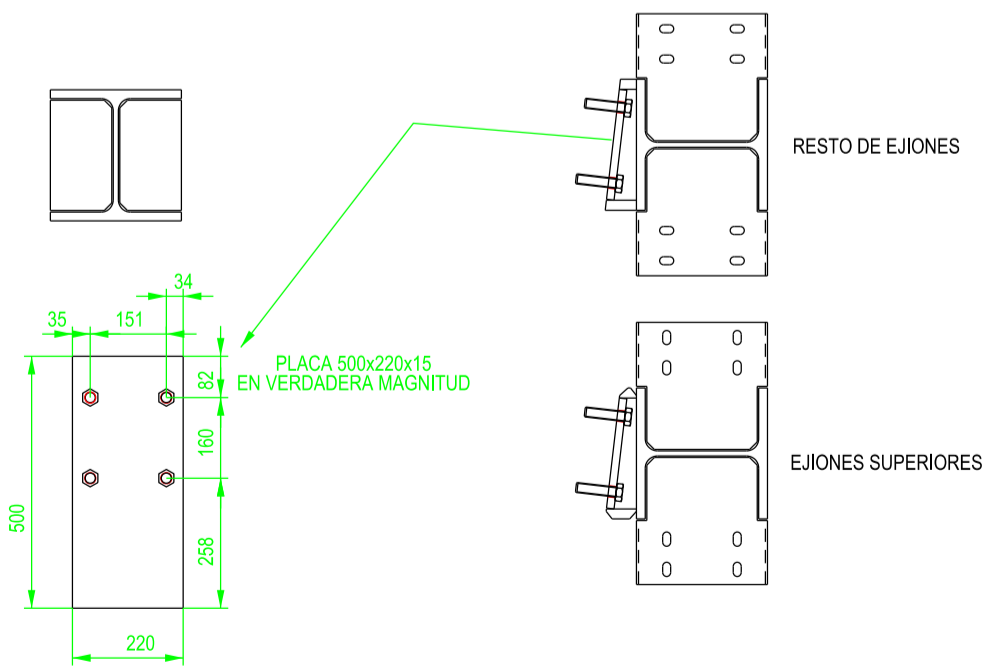
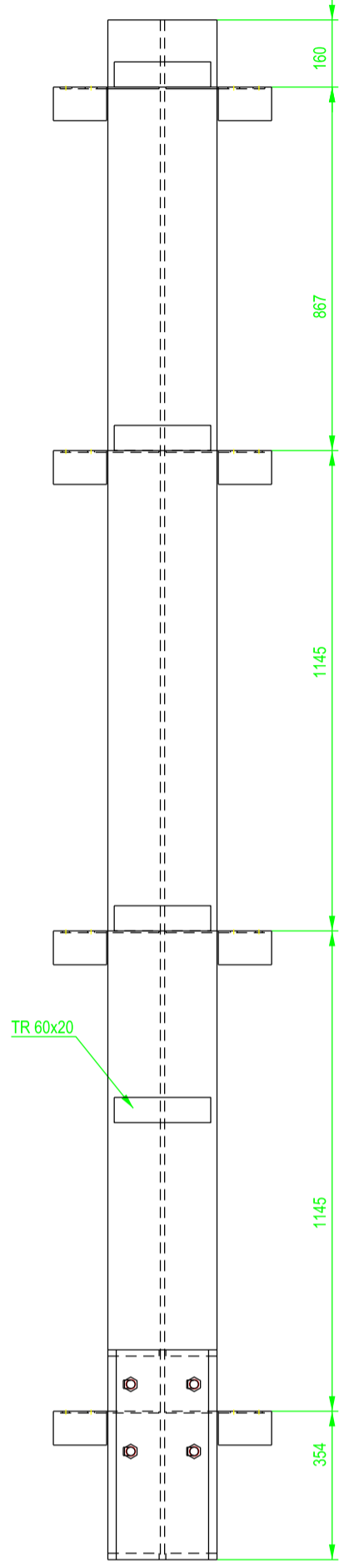
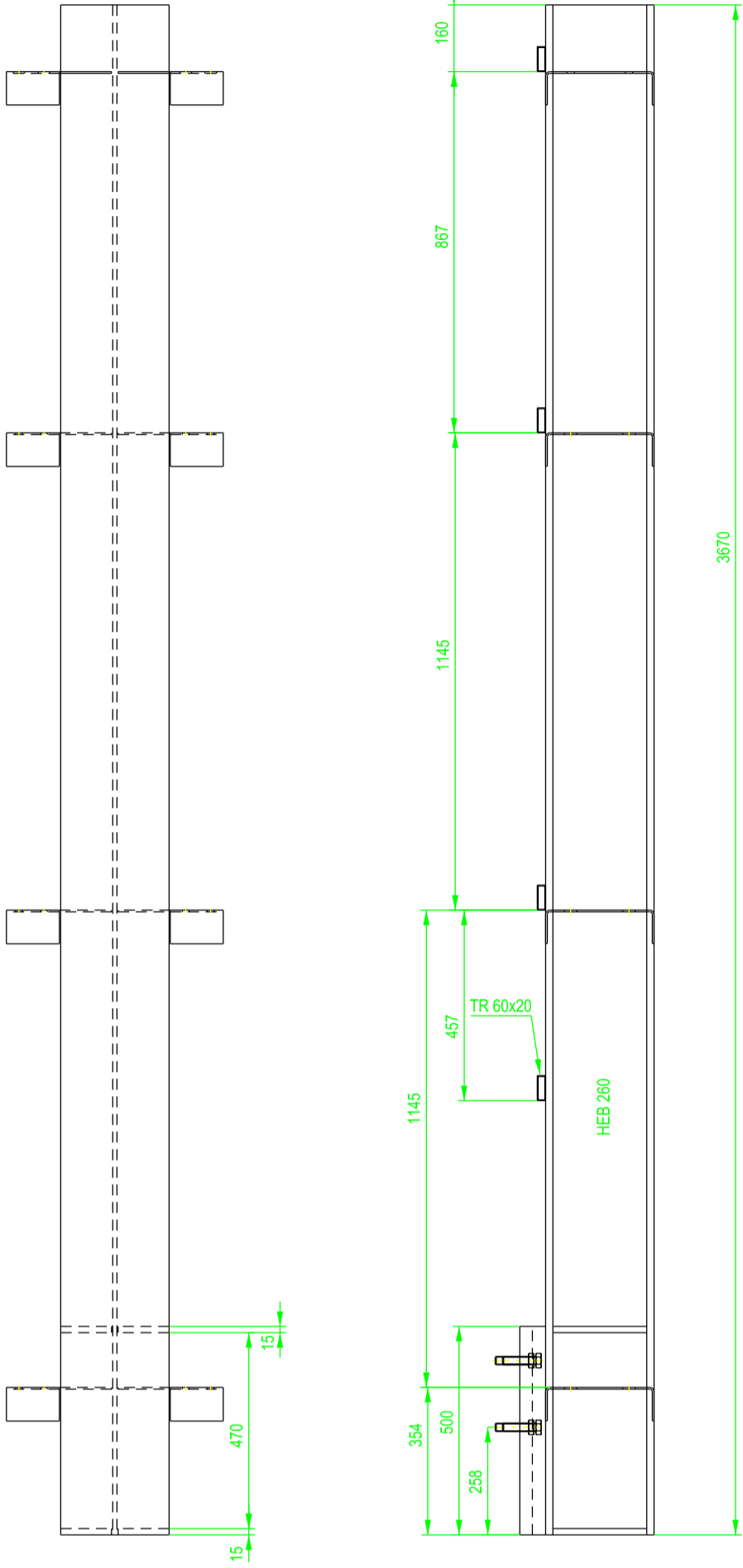
TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:
Ensamble potelet C27

FORMATO: A2
ESCALA: 1/15

PLANO Nº.: PT-199

1 UNIDAD



TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

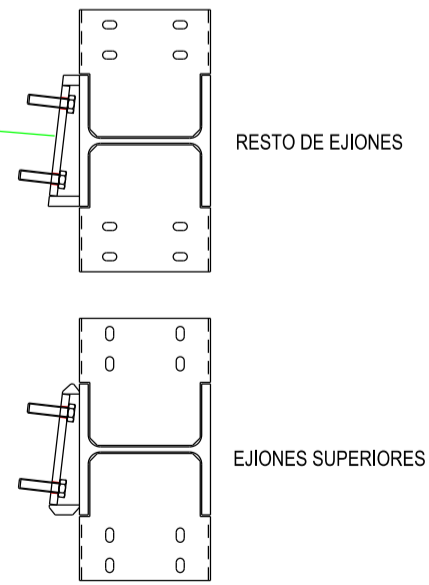
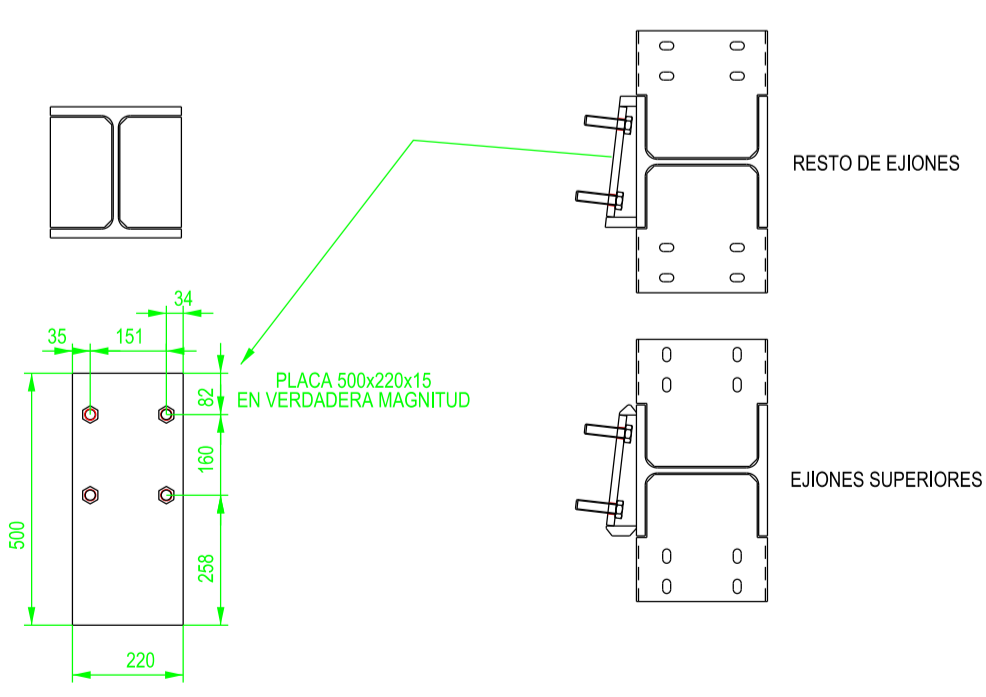
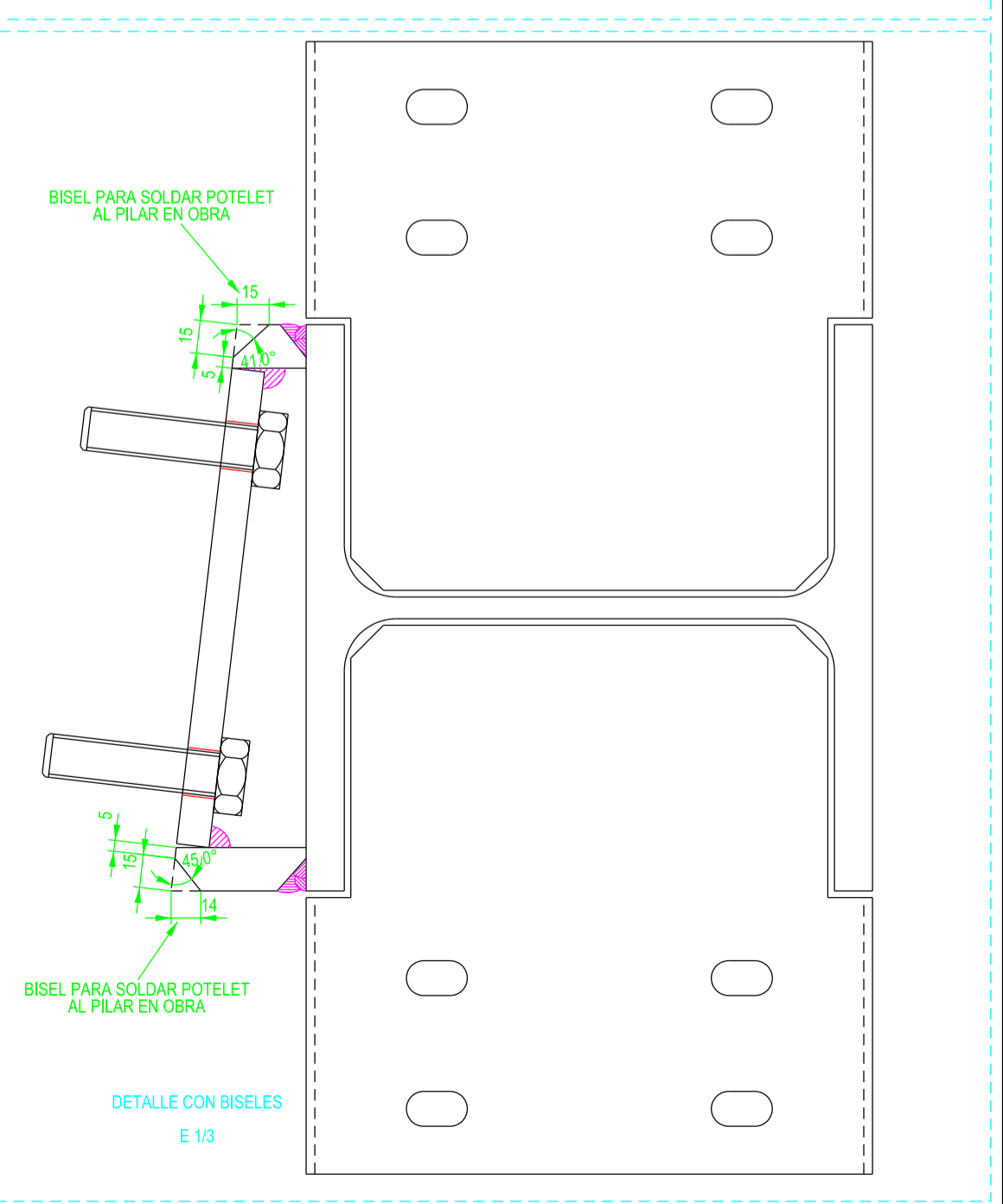
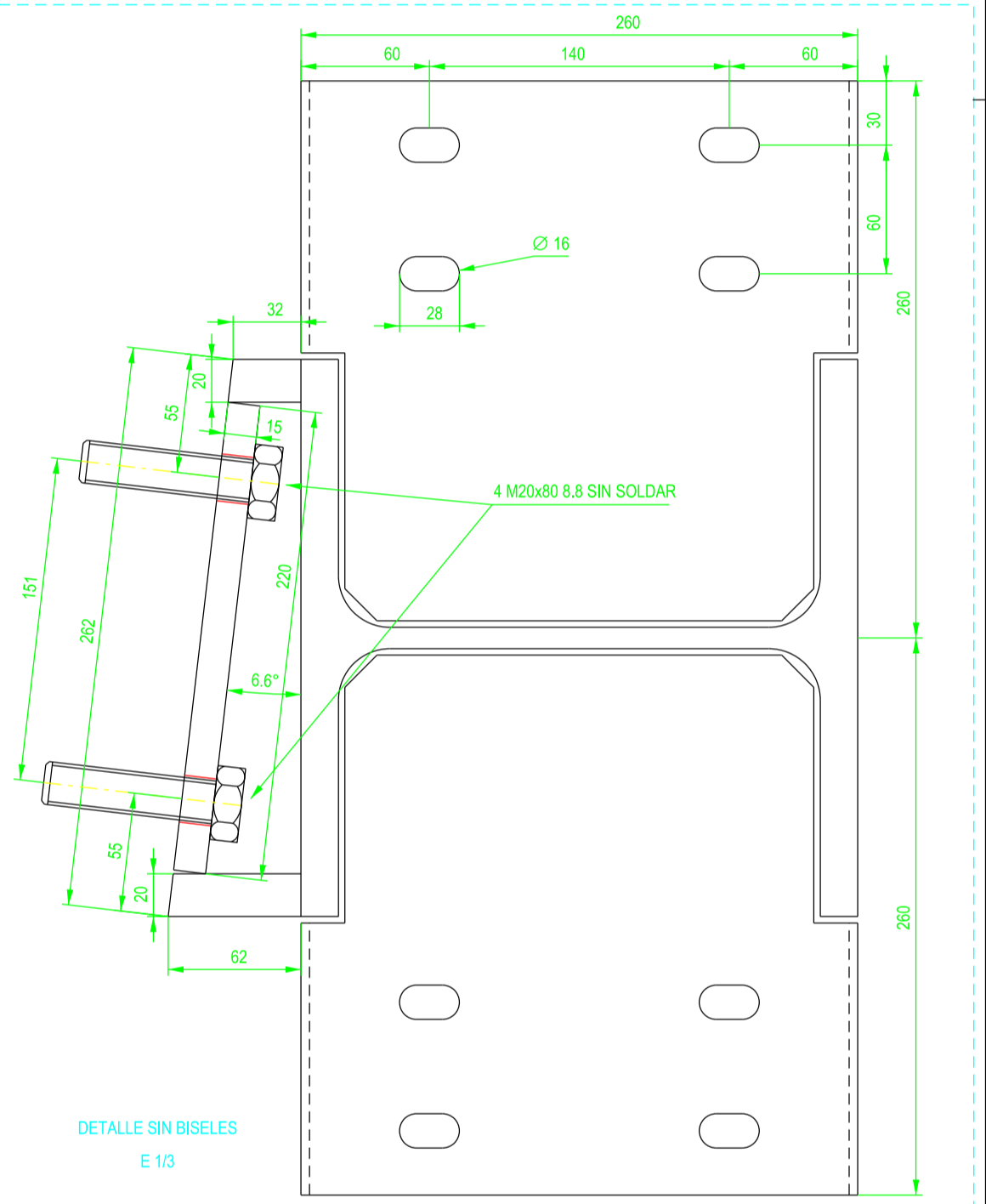
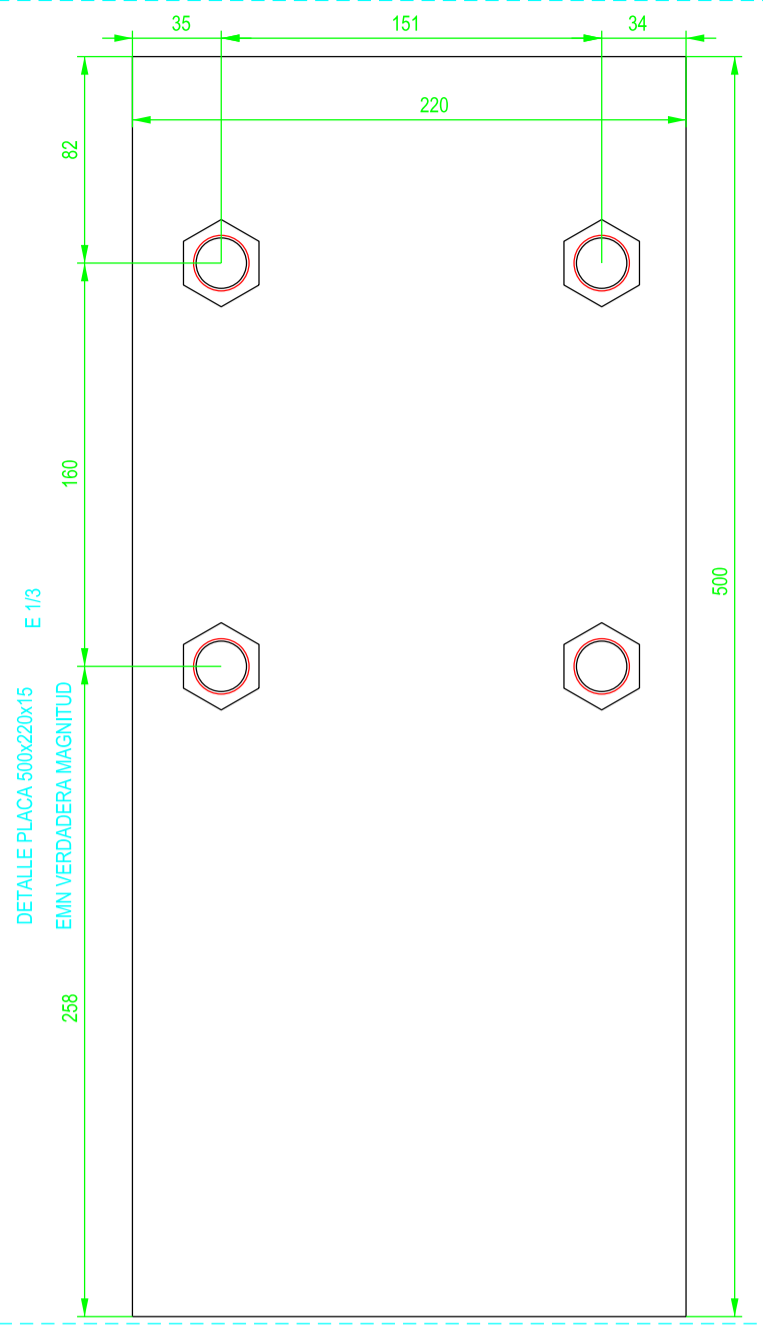
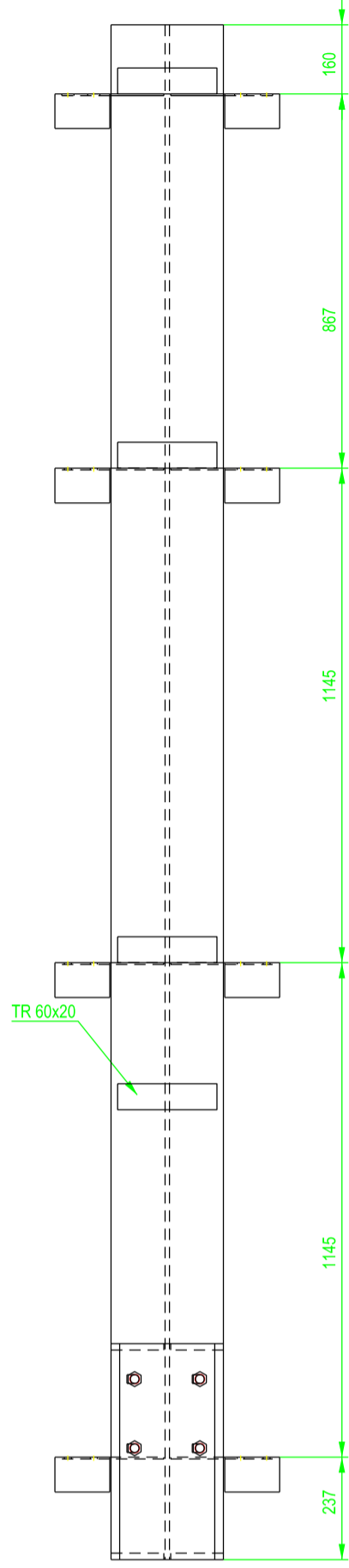
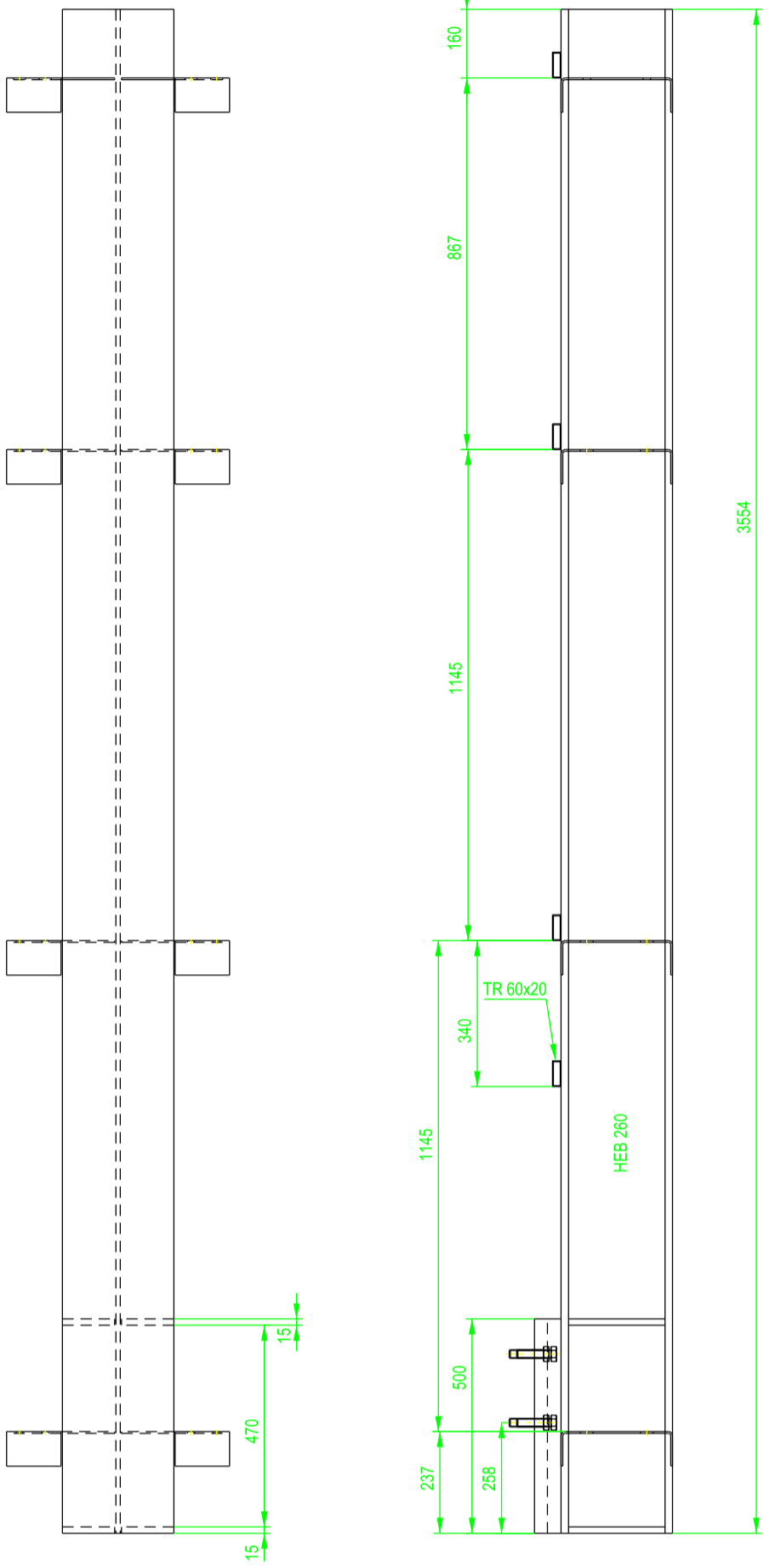
TUTOR: D. Julián Alcalá González

UNIVERSITAT
POLITECNICA
DE VALÈNCIA

TITULO PLANO:
Ensamblaje potelet C28

FORMATO: A2
ESCALA: 1/15
PLANO Nº.: PT-200

1 UNIDAD



TRABAJO FINAL DE GRADO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

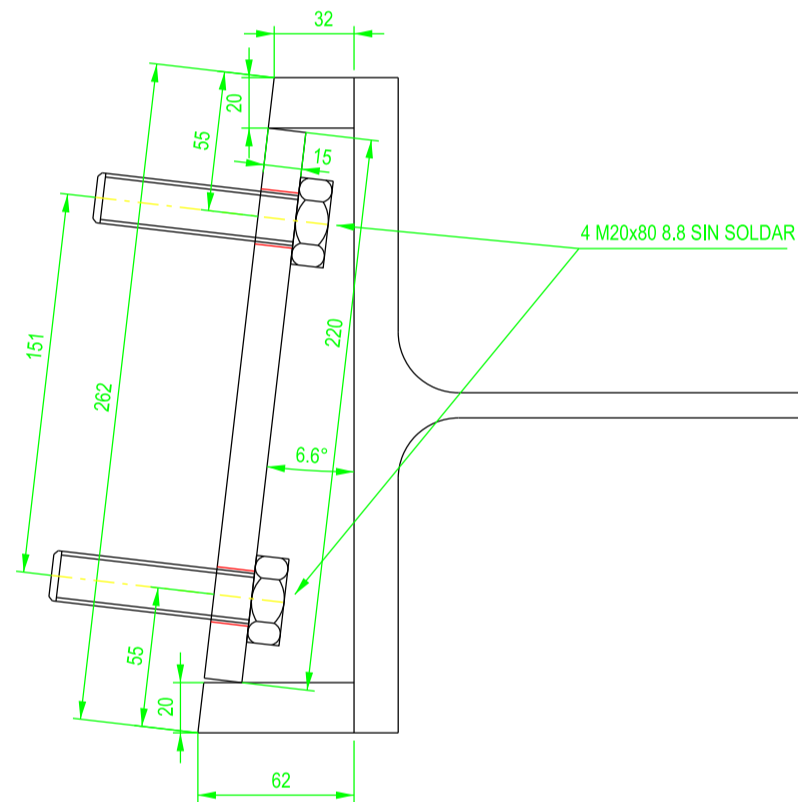
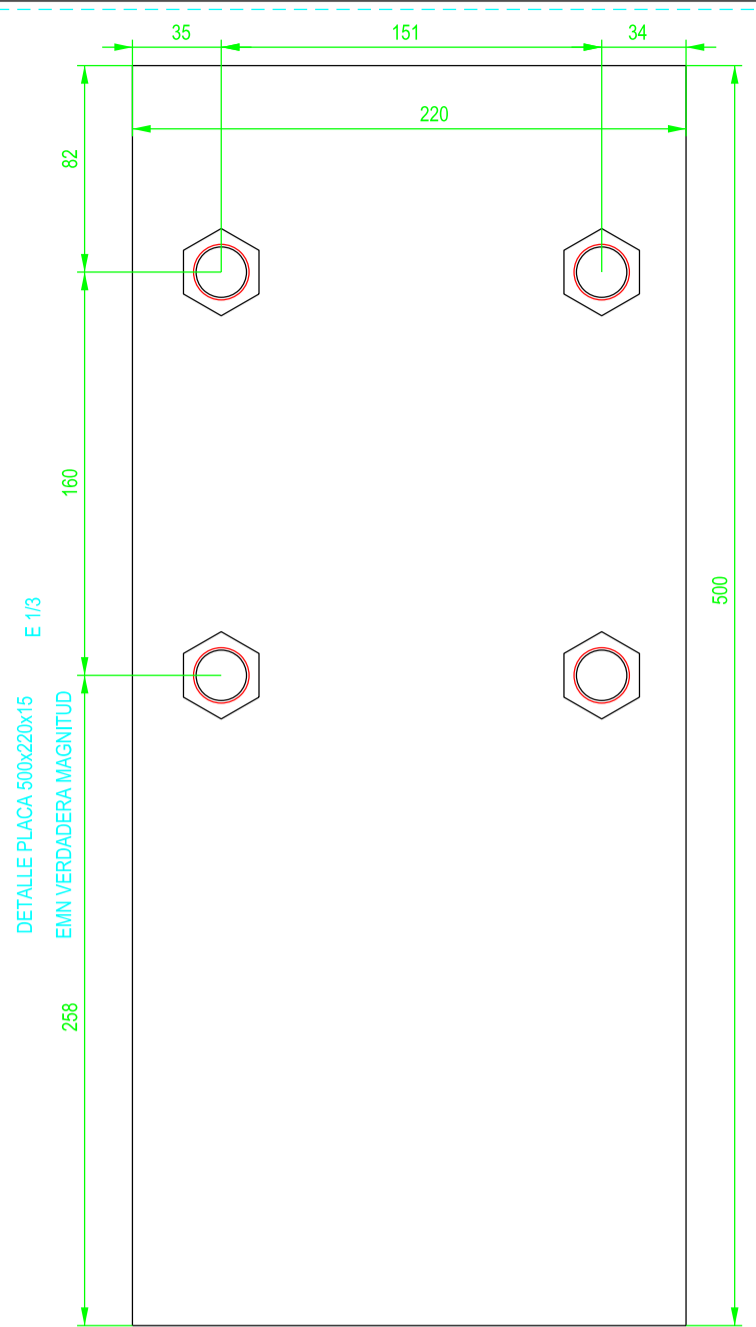
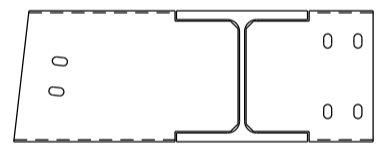
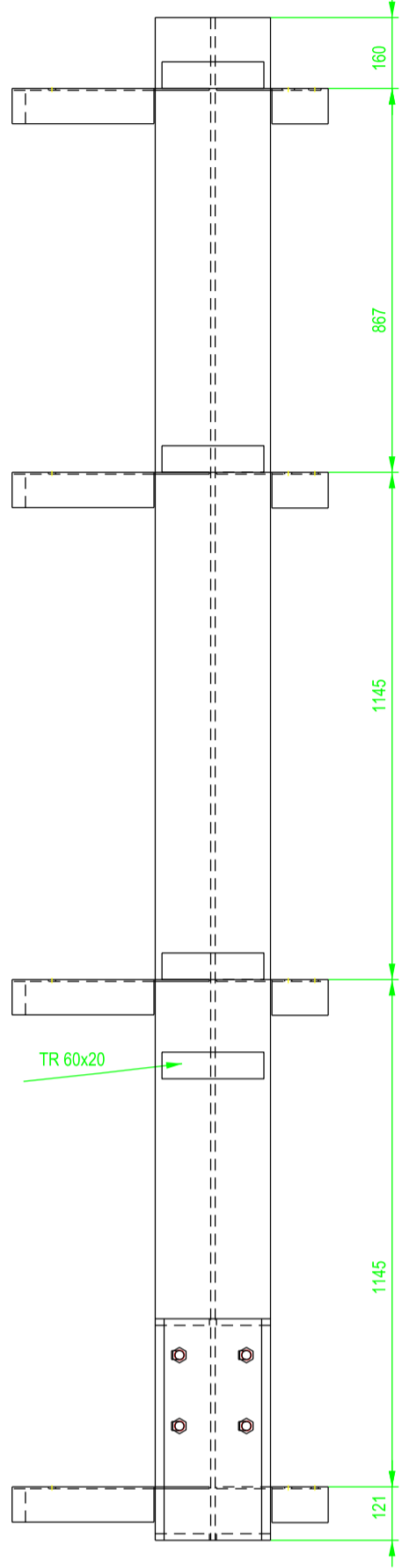
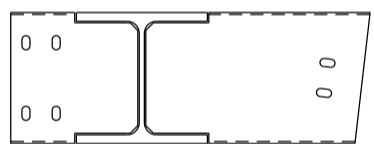
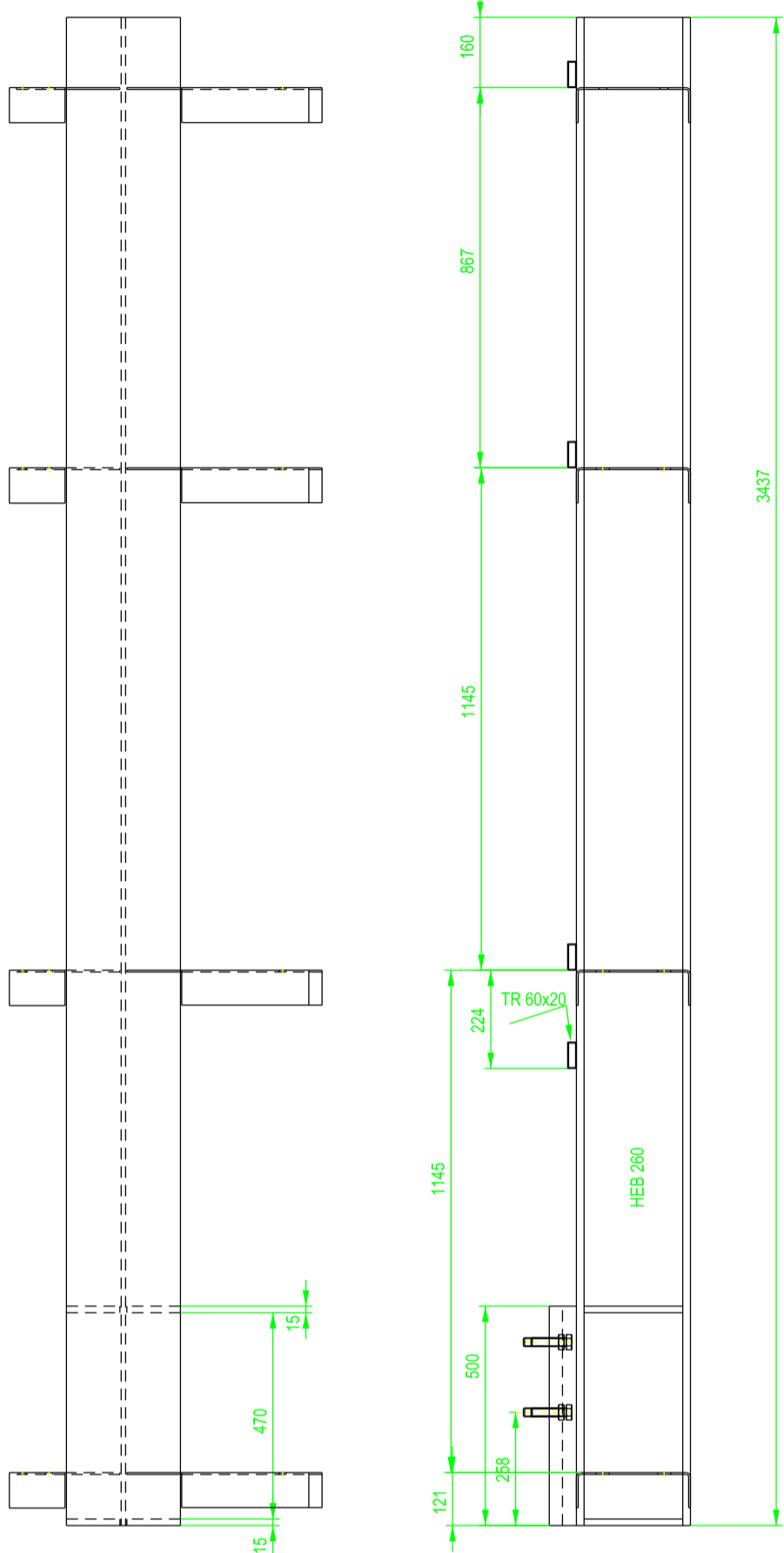
* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *

AUTOR: Ramón Tercero Herreros TUTOR: D. Julián Alcalá González

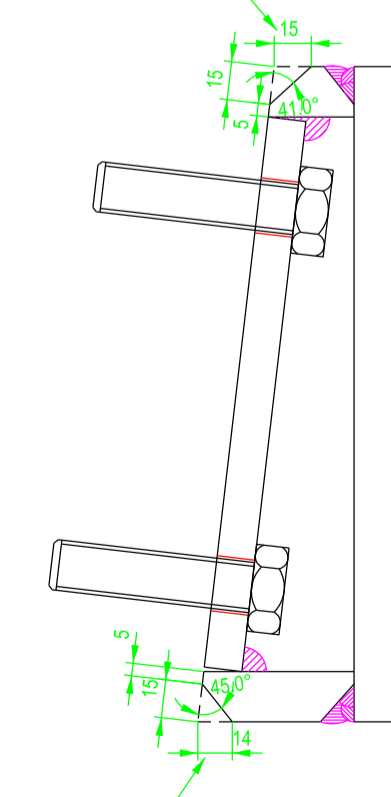
TITULO PLANO: Ensamblaje potelet C29

FORMATO: A2 ESCALA: 1/15 PLANO Nº.: PT-201

1 UNIDAD

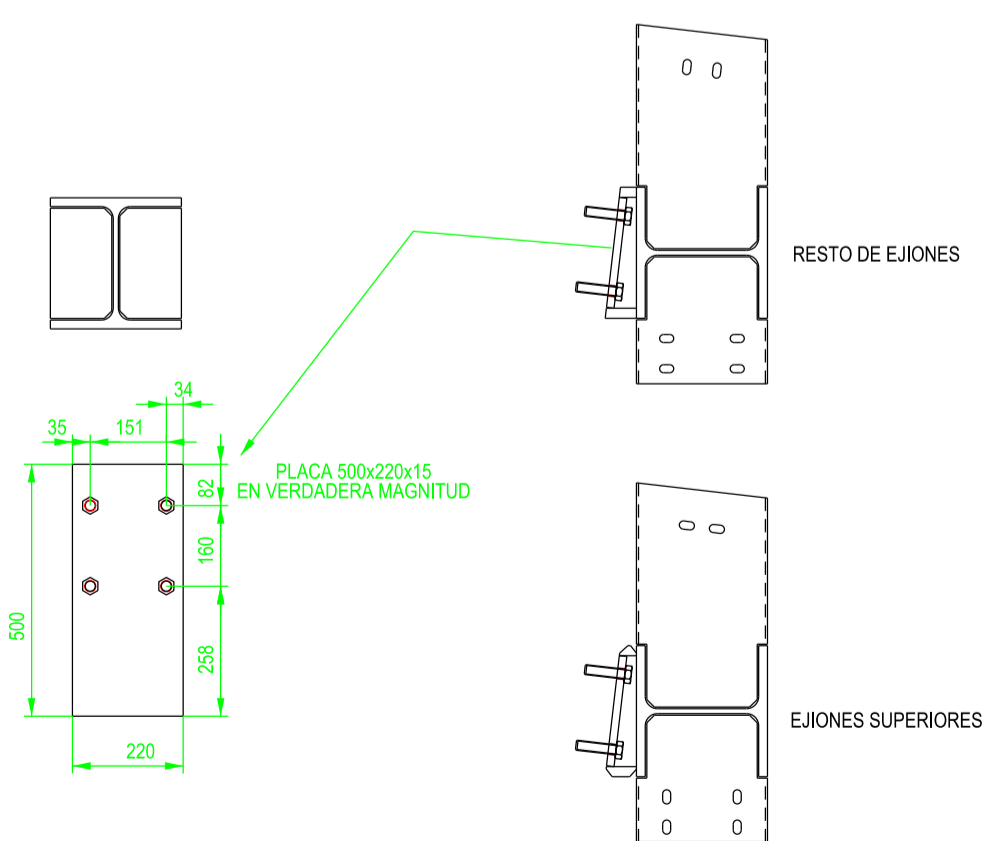


BISEL PARA SOLDAR POTELET AL PILAR EN OBRA



BISEL PARA SOLDAR POTELET AL PILAR EN OBRA

DETALLE CON BISELES E 1/3



TRABAJO FINAL DE GRADO

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

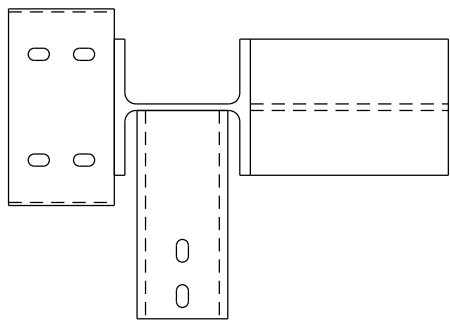
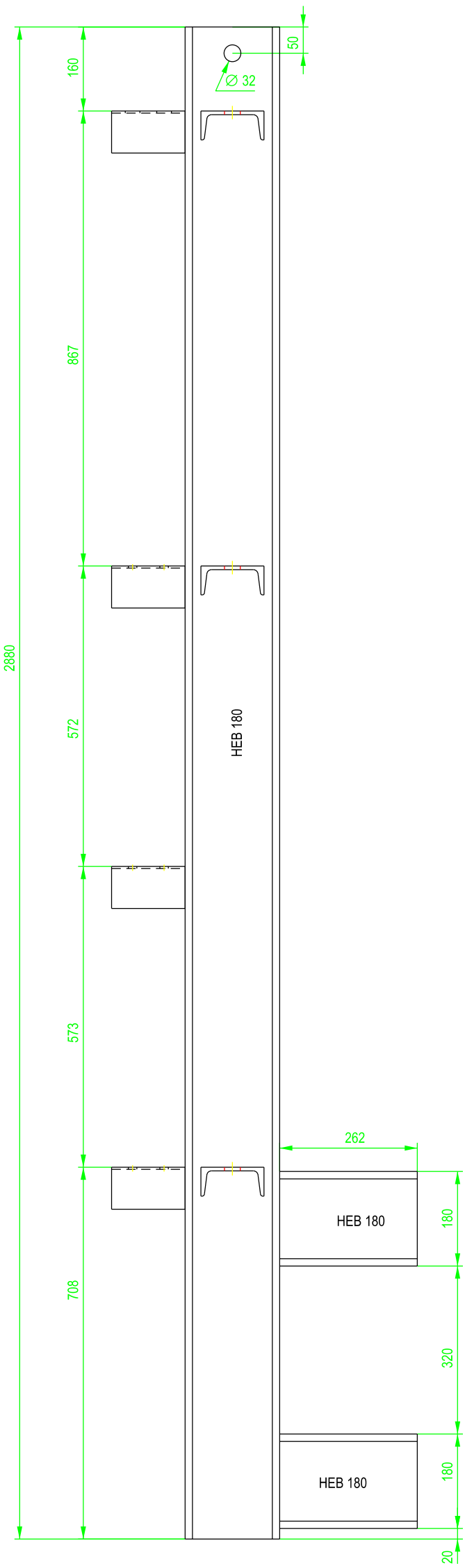
TITULO PLANO: Ensamblaje potelet C30

FORMATO: A2

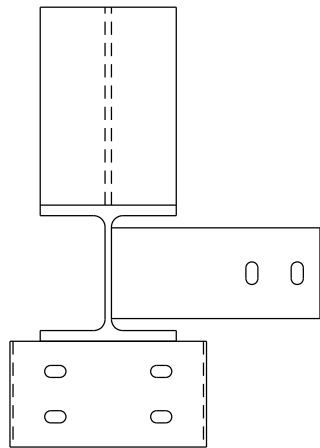
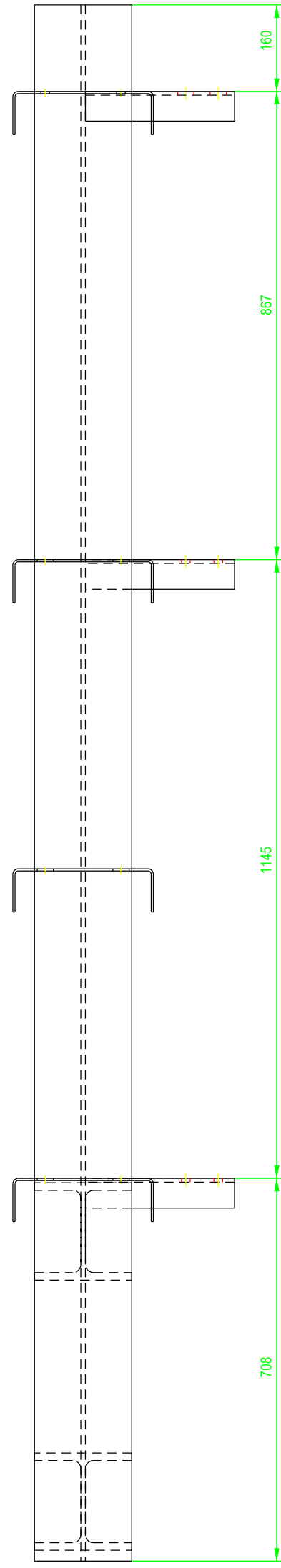
PLANO Nº: PT-202

ESCALA: 1/15

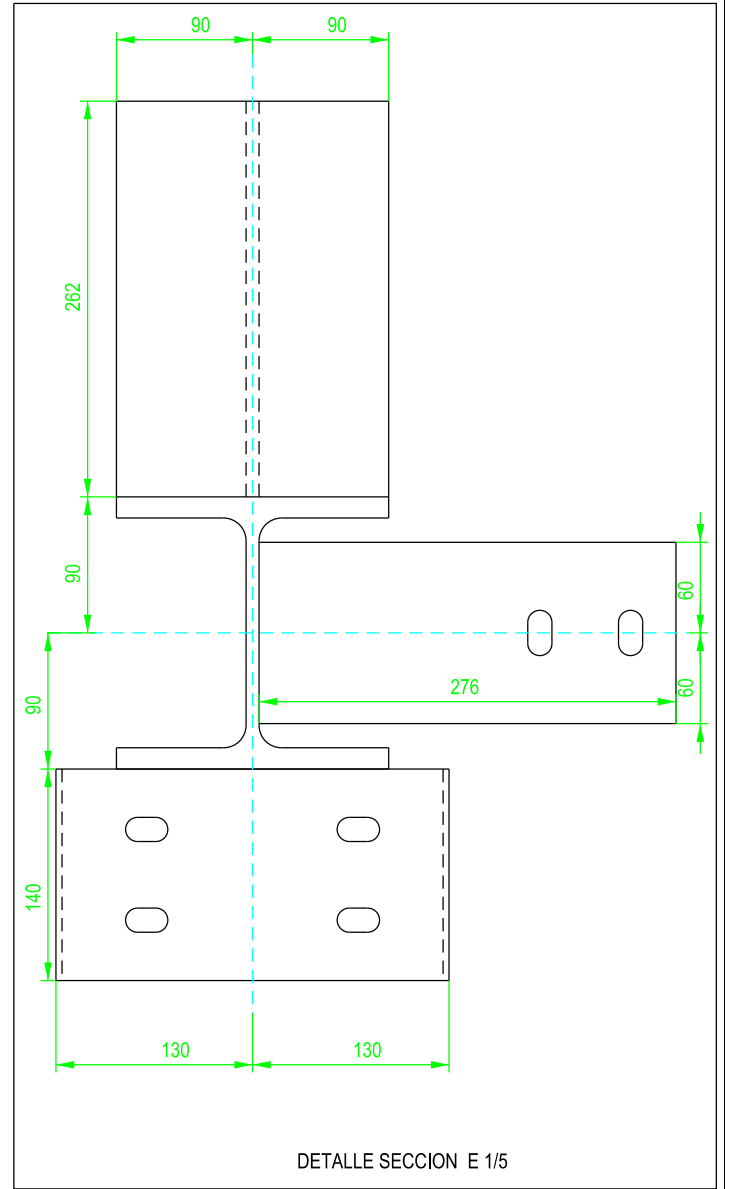
1 UNIDAD



EJION SUPERIOR



RESTO EJIONES



DETALLE SECCION E 1/5

ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23
 UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

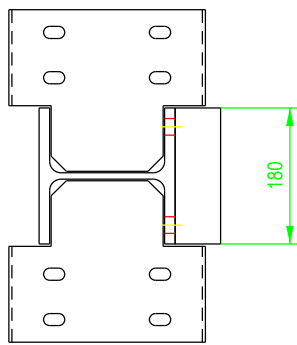
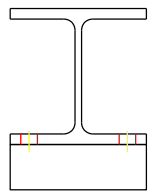
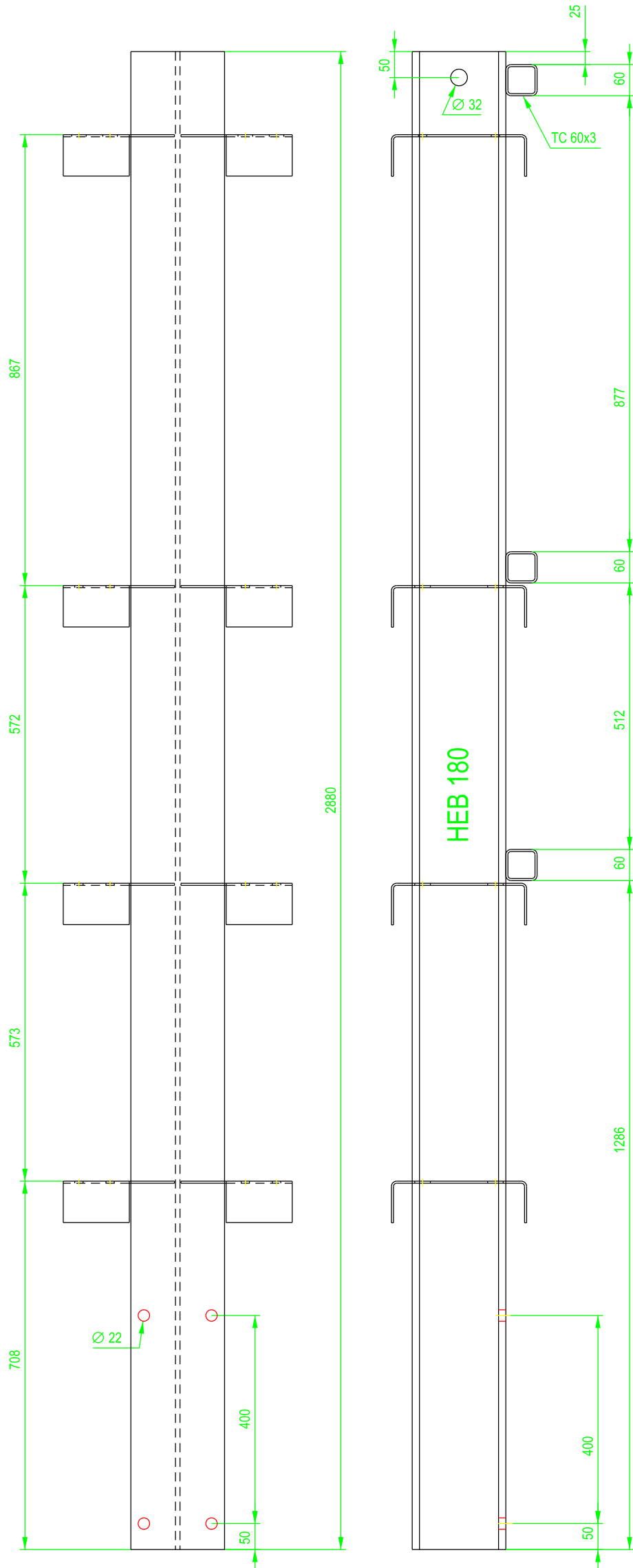
Ensamblaje potelet A25

FORMATO: A3

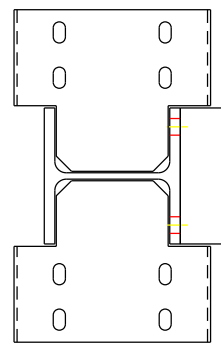
ESCALA: 1/10

PLANO Nº:
PT-203

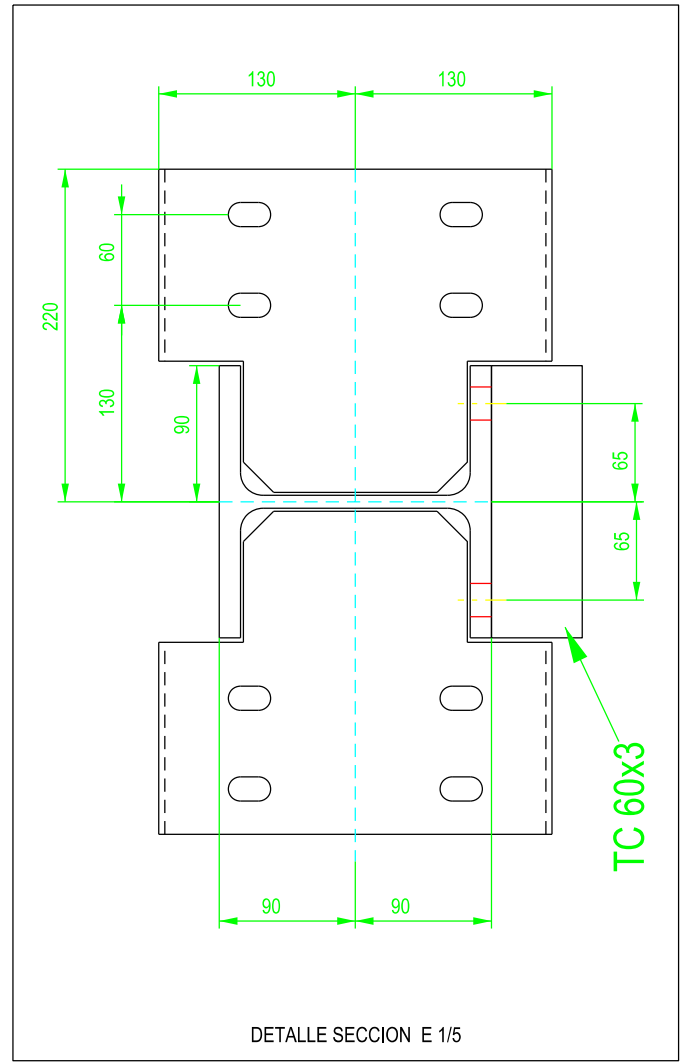
4 UNIDADES



RESTO DE EJIONES



EJION SUPERIOR



DETALLE SECCION E/15

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

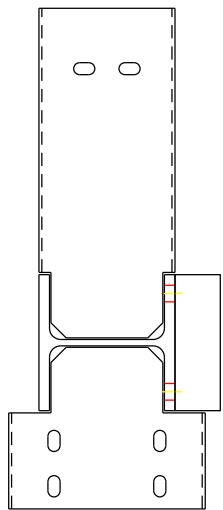
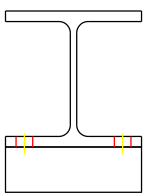
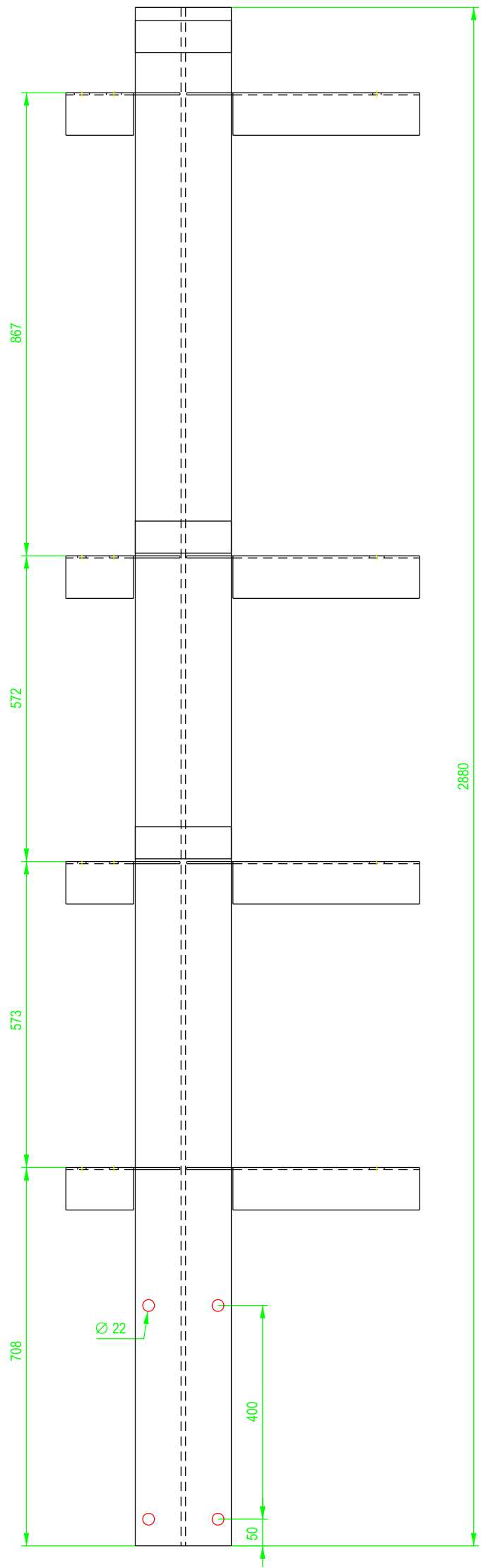
Ensamblaje potelet A26:A29

FORMATO: A3

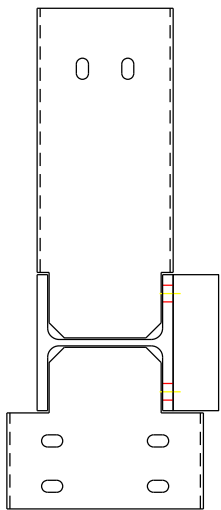
ESCALA: 1/10

PLANO Nº:

PT-204

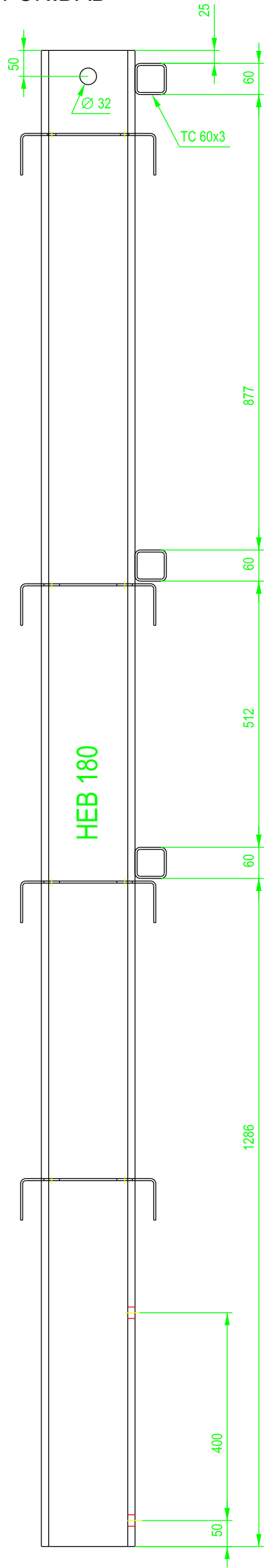


EJION SUPERIOR

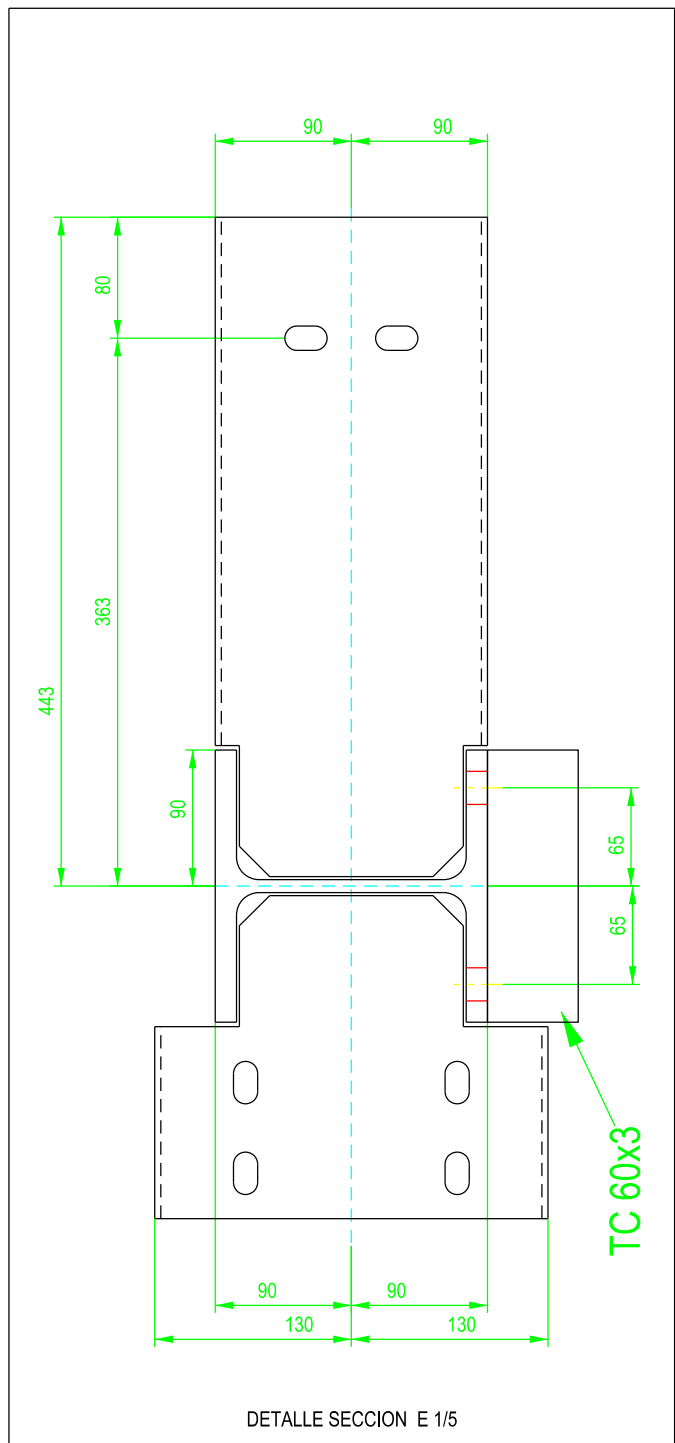


RESTO DE EJIONES

1 UNIDAD



HEB 180



DETALLE SECCION E 1/5

TRABAJO FINAL DE GRADO

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Ensamblaje potelet A'30

FORMATO: A3

1/10

PLANO Nº:

PT-205

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.3. Potelets.

3.3.2. Fachadas frontales.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PT-205A

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.3. Potelets.

3.3.2. Fachadas frontales.

3.3.2.1. Despiece.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

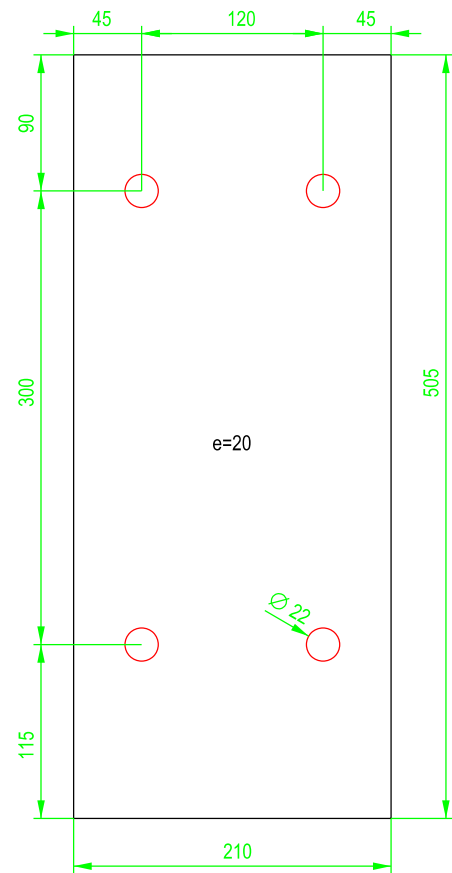
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

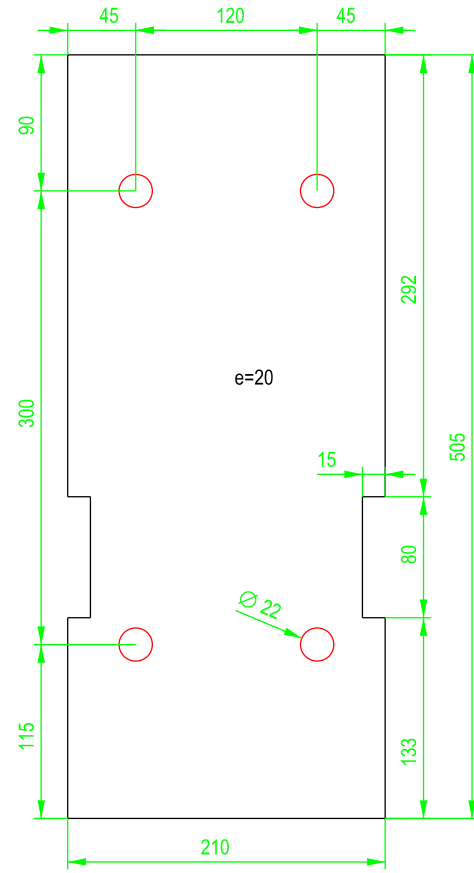
PT-205B



22 UNIDADES

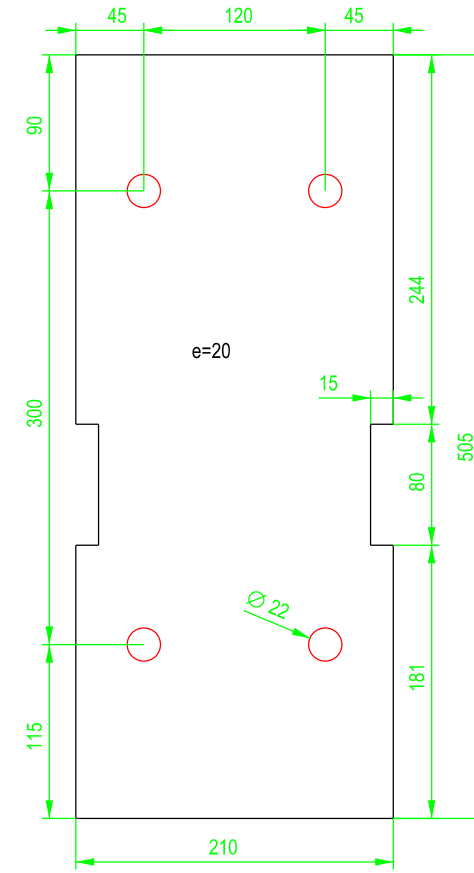
HE : 1, 2, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15 y 16

HO: 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15 y 16



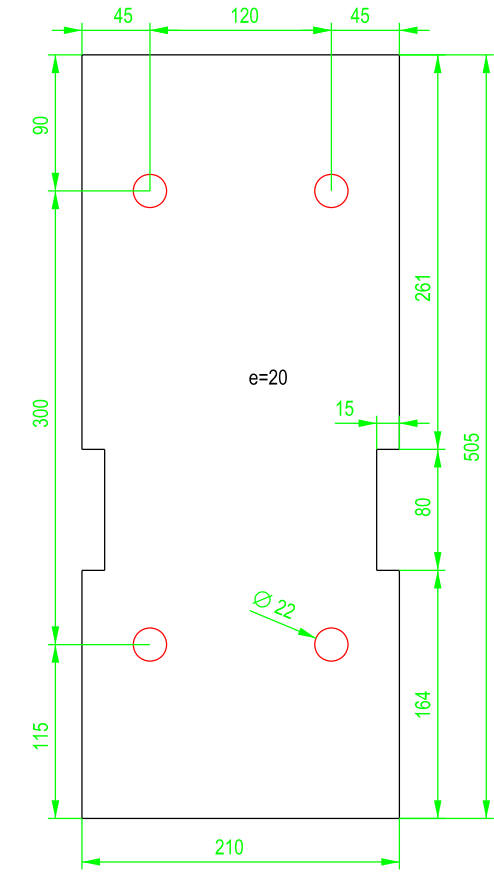
2 UNIDADES

HE/O 13



3 UNIDADES

HE 3 Y 7
HO 7



2 UNIDADES

HE/O 5

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Chapas sujeción potelets frontales

FORMATO: A3

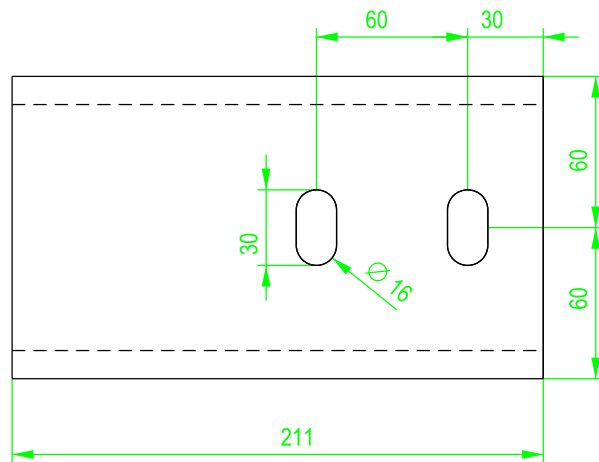
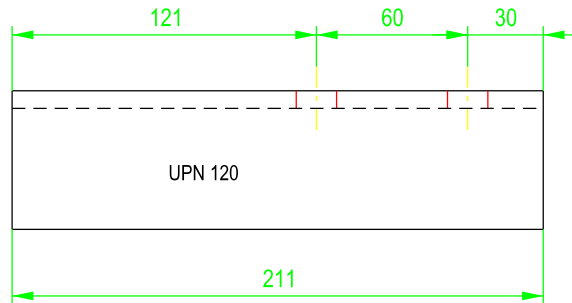
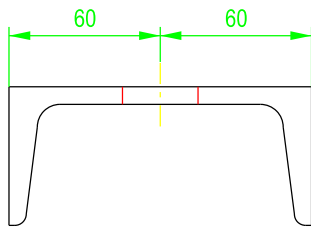
ESCALA:

1/5

PLANO Nº:

PT-206

300 UNIDADES



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Ejiones potelets frontales

FORMATO: A4

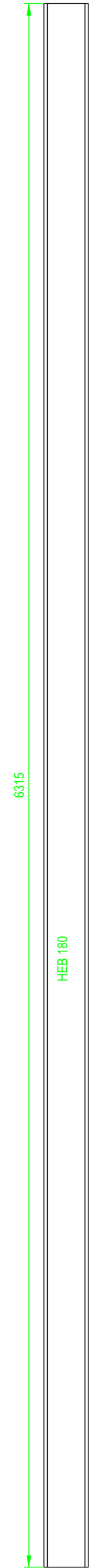
ESCALA:

1/3

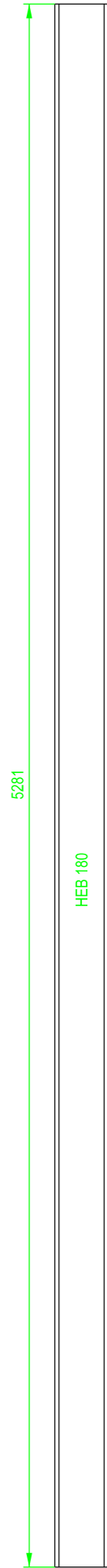
PLANO N°:

PT-207

3 UNIDADES HE1 y HE/O9



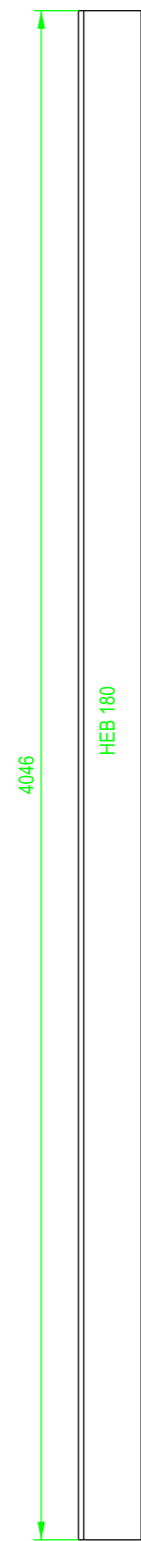
3 UNIDADES HE2 y HE/O8



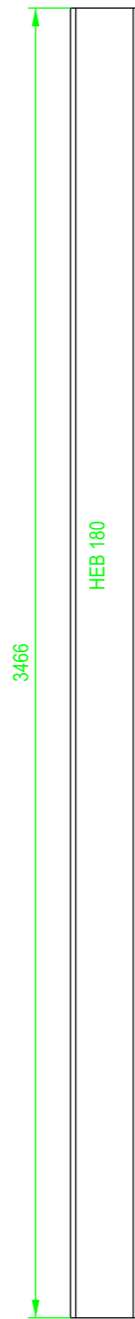
3 UNIDADES HE3 y HE/O7



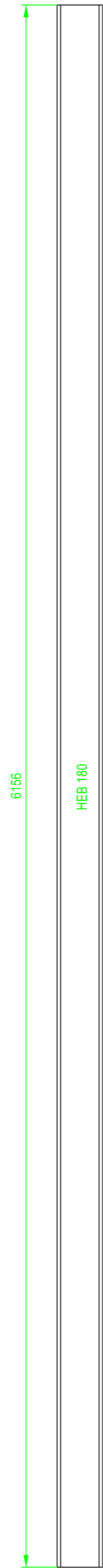
4 UNIDADES HE/O4 y HE/O6



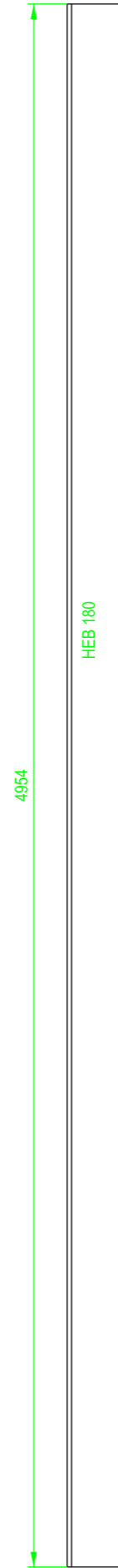
2 UNIDADES HE/O5



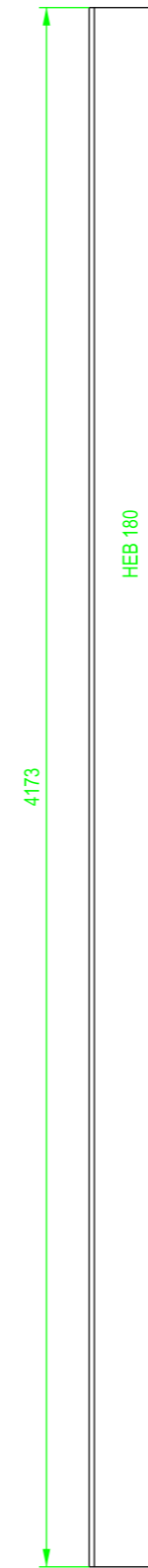
4 UNIDADES HE/O10 y HE/O16



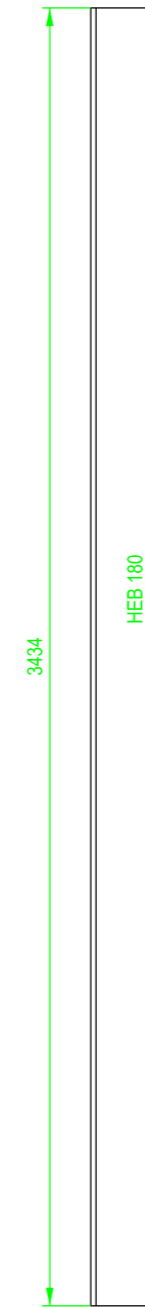
4 UNIDADES HE/O11 y HE/O15



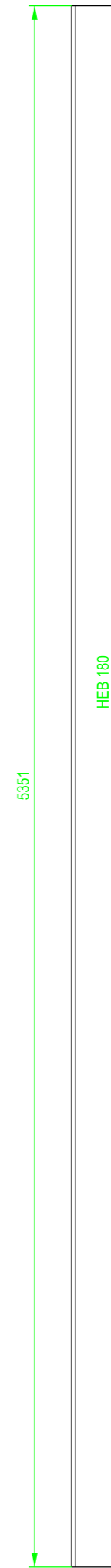
4 UNIDADES HE/O12 y HE/O14



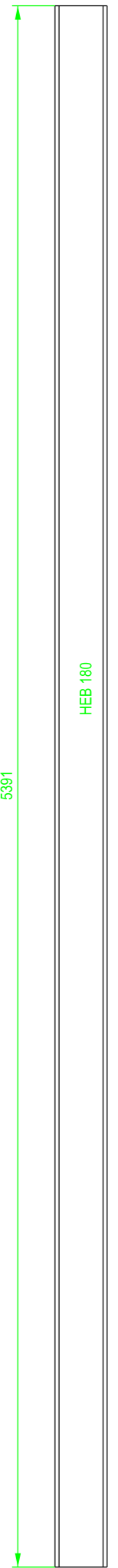
2 UNIDADES HE/O13



1 UNIDAD B1



1 UNIDAD B30



ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23
 UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO	
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Corte vigas potelets frontales HEB 180	FORMATO: A2 ESCALA: 1/20
	PLANO Nº: PT-208

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.3. Potelets.

3.3.2. Fachadas frontales.

3.3.2.2. Ensamblaje.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

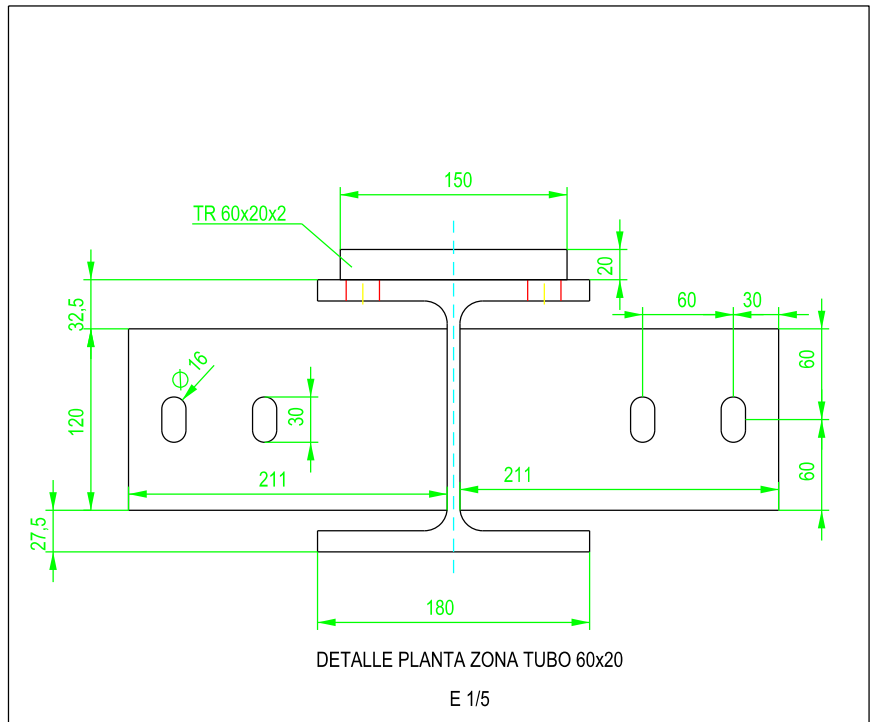
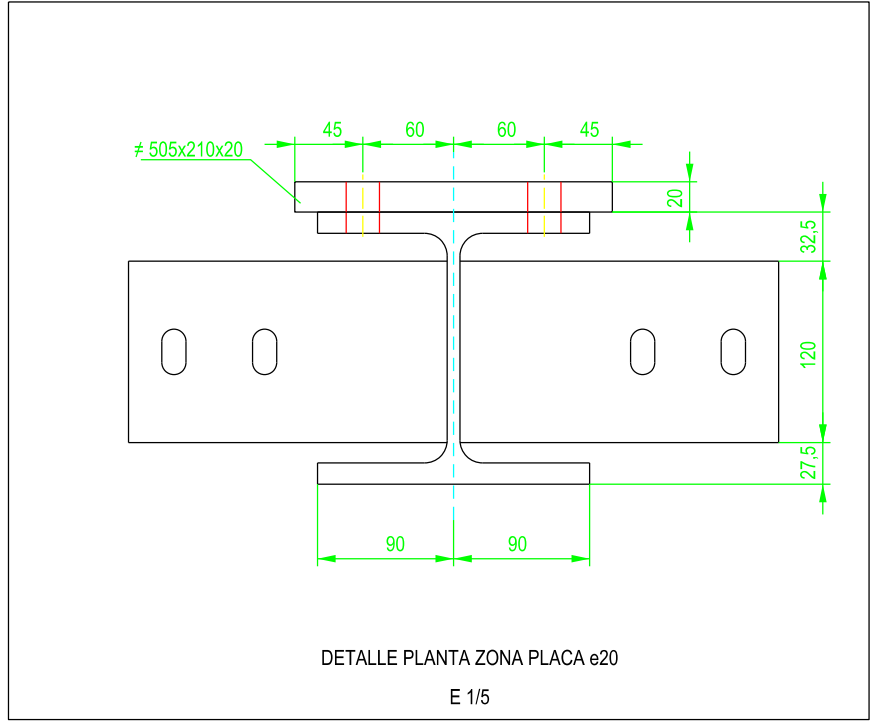
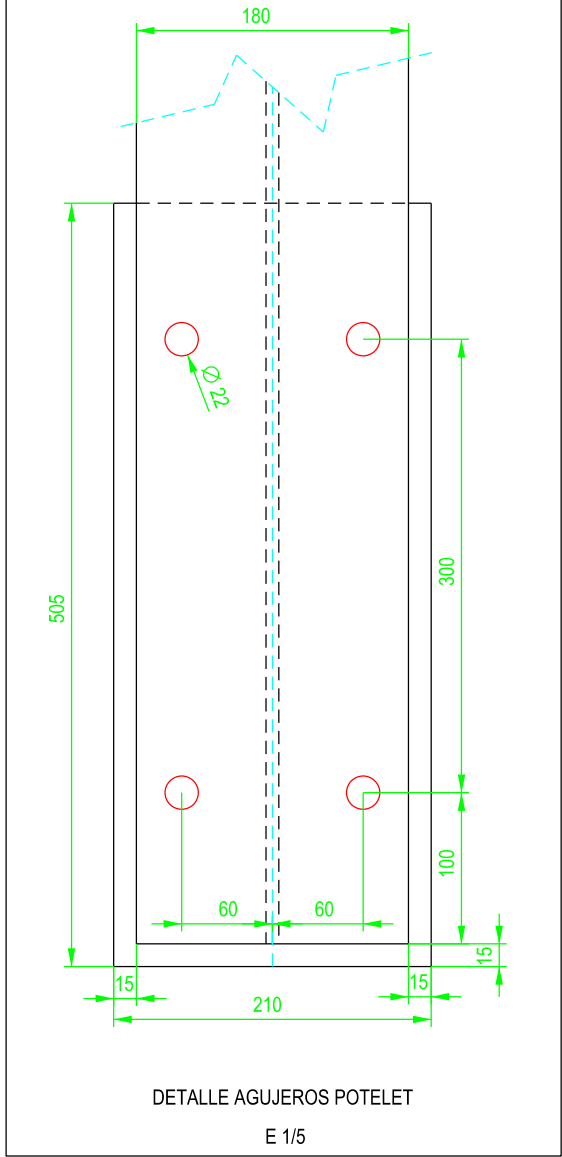
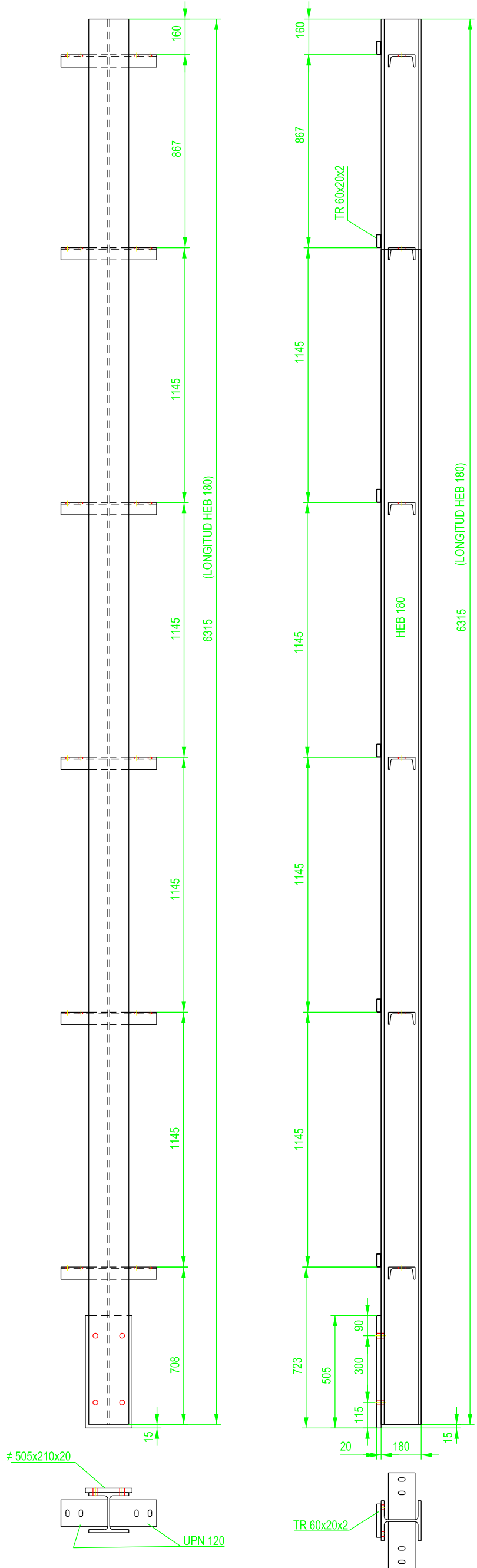
FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PT-208A

3 UNIDADES



TRABAJO FINAL DE GRADO

ETSICCP

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros TUTOR: D. Julián Alcalá González

Curso 22-23

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

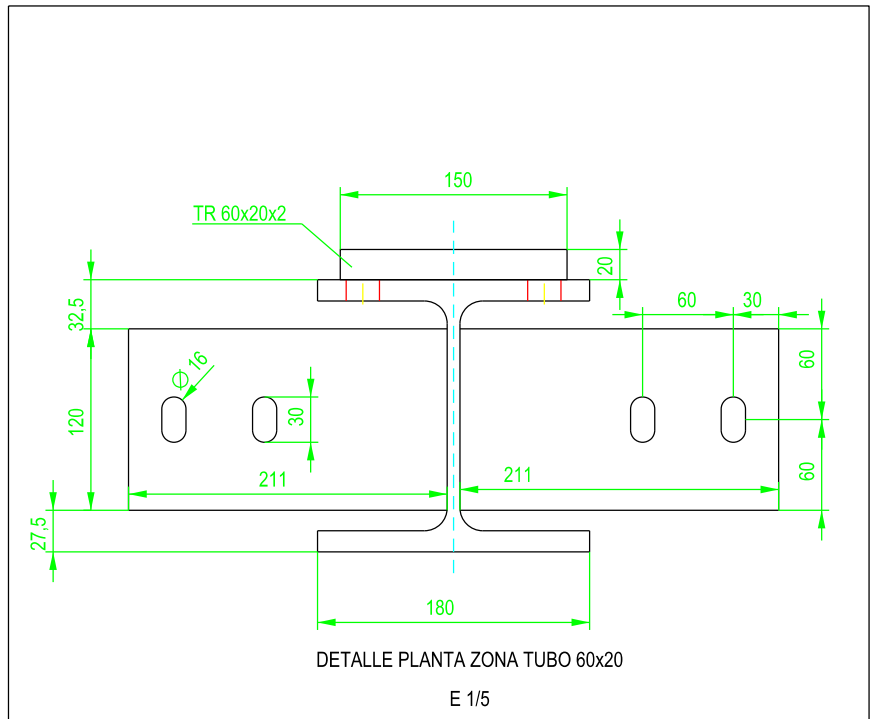
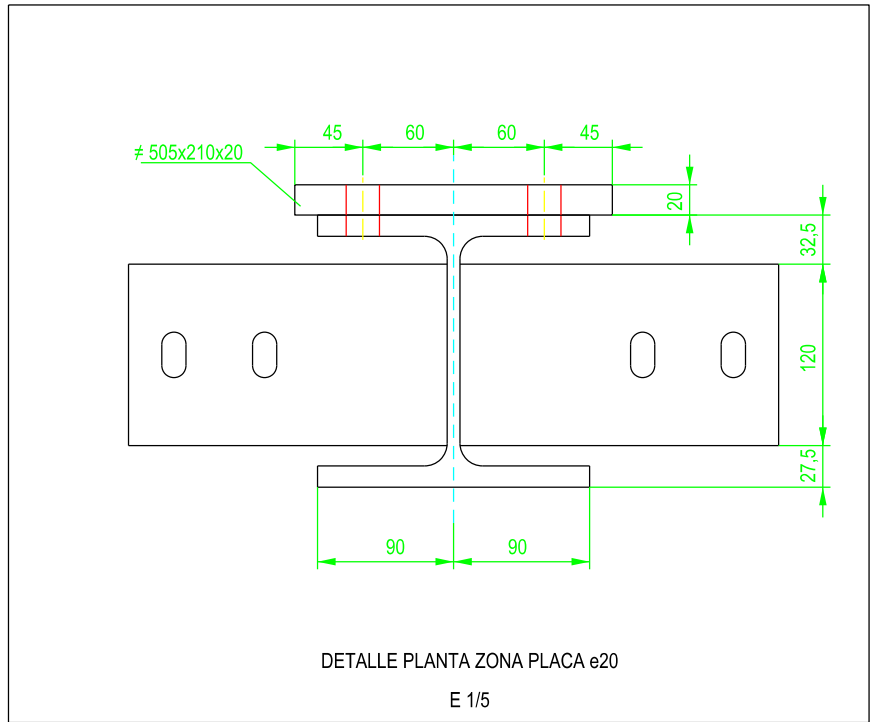
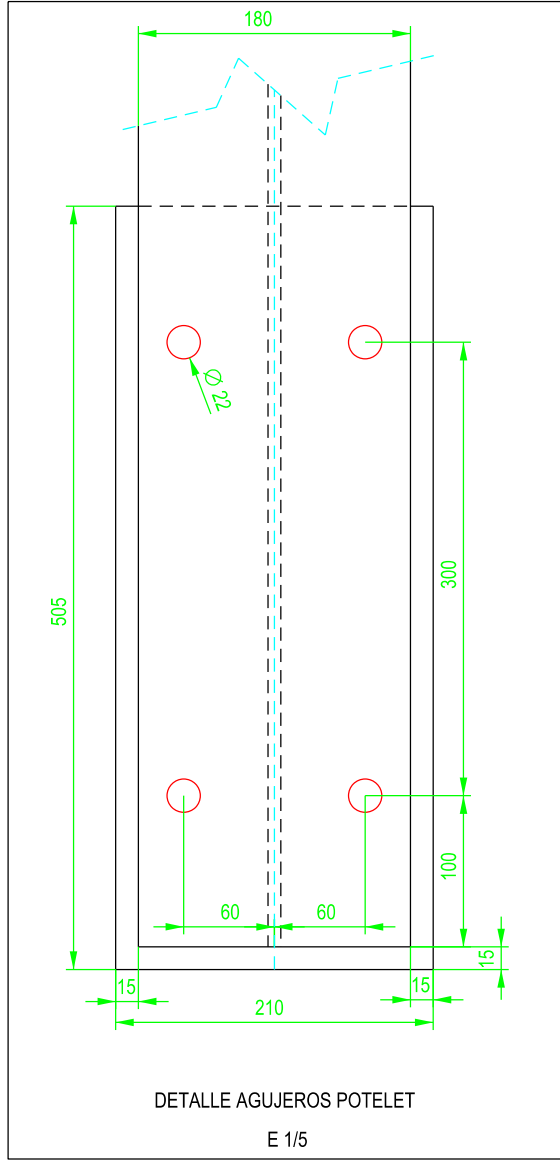
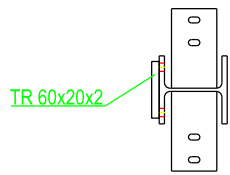
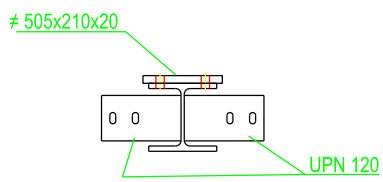
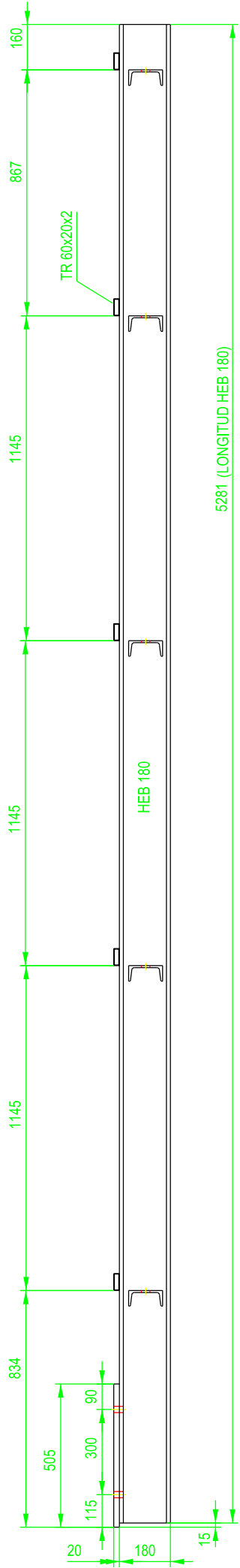
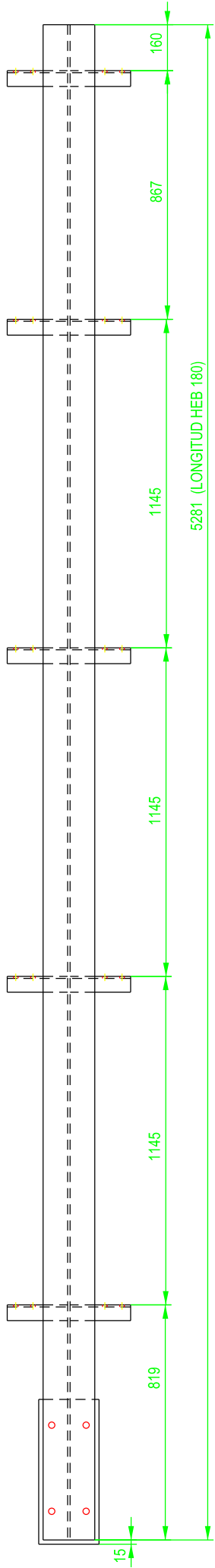
TÍTULO PLANO: Ensamblaje potelets frontales HE1 y HE/O9

FORMATO: A3

ESCALA: 1/20

PLANO Nº: PT-209

3 UNIDADES



TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

FORMATO : A3

ESCALA: 1/20

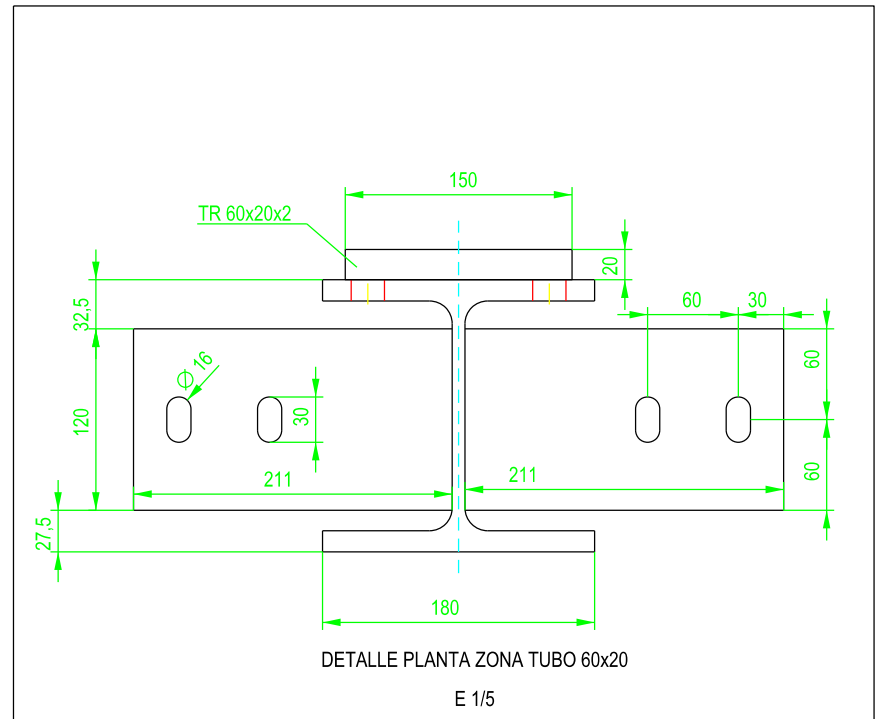
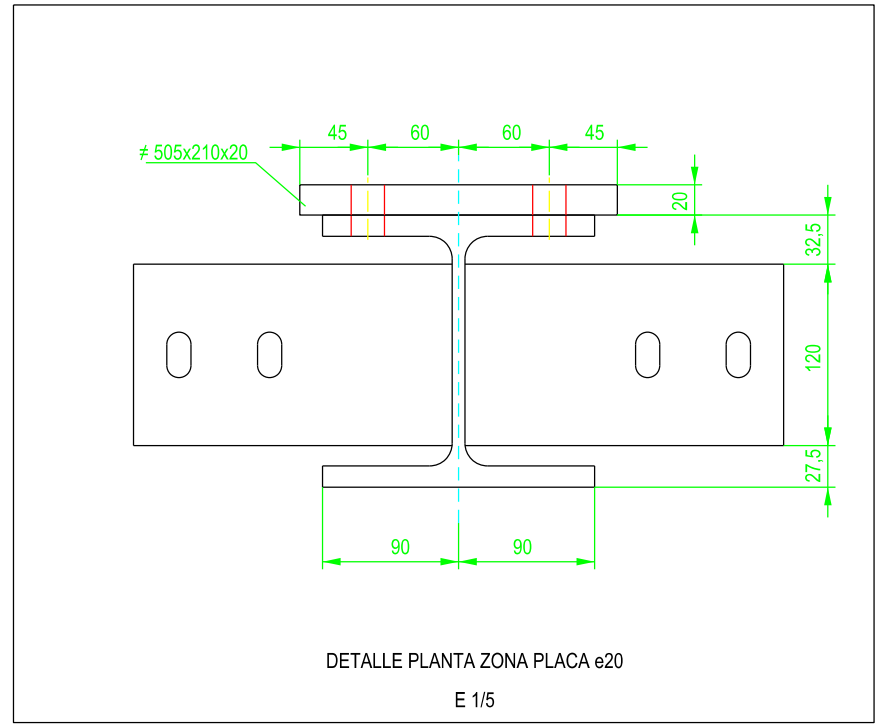
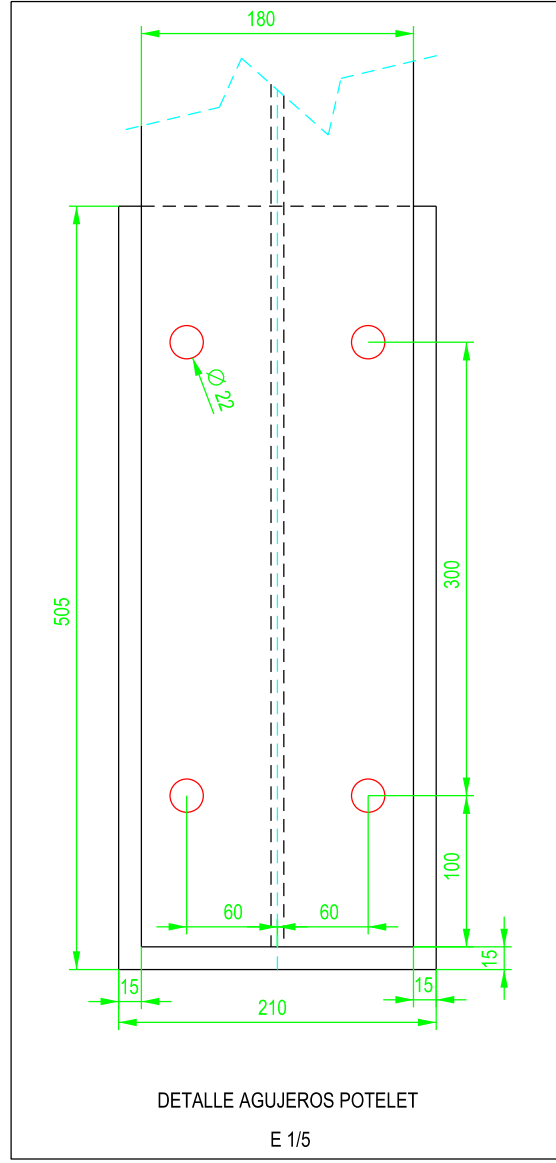
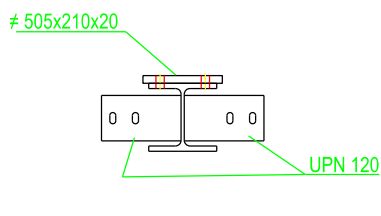
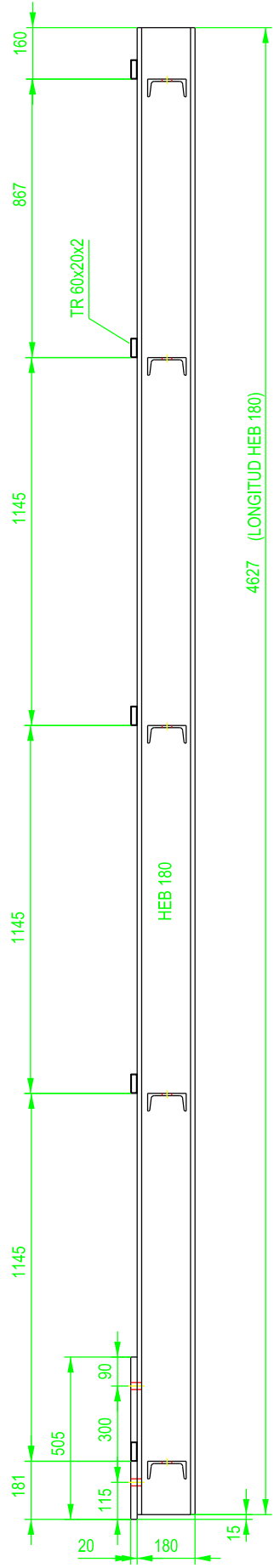
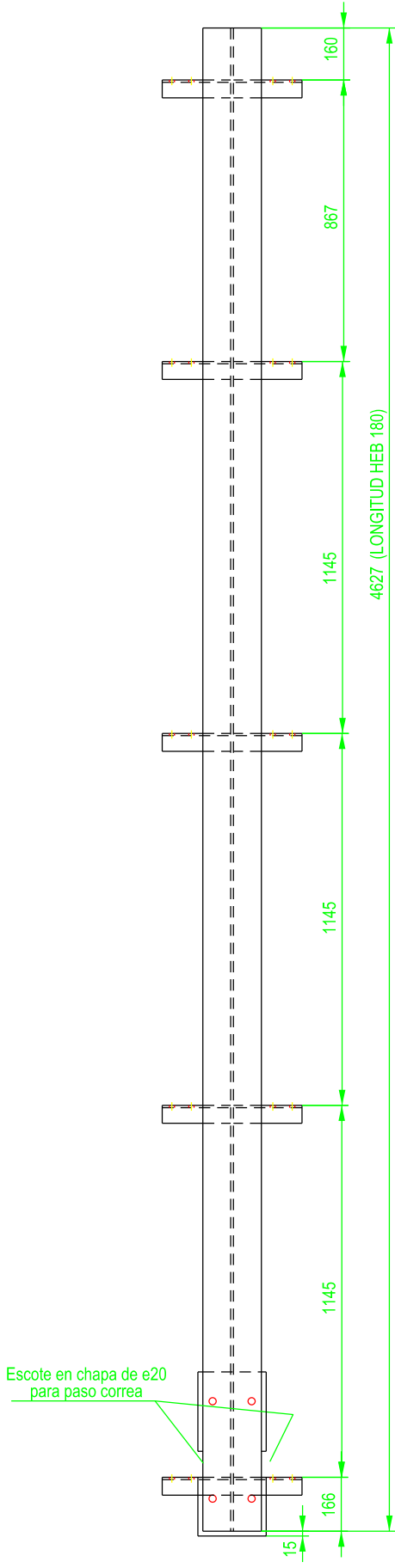
TITULO PLANO: Ensamblaje potelets frontales HE2 y HE108

PLANO Nº: PT-210

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

3 UNIDADES



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

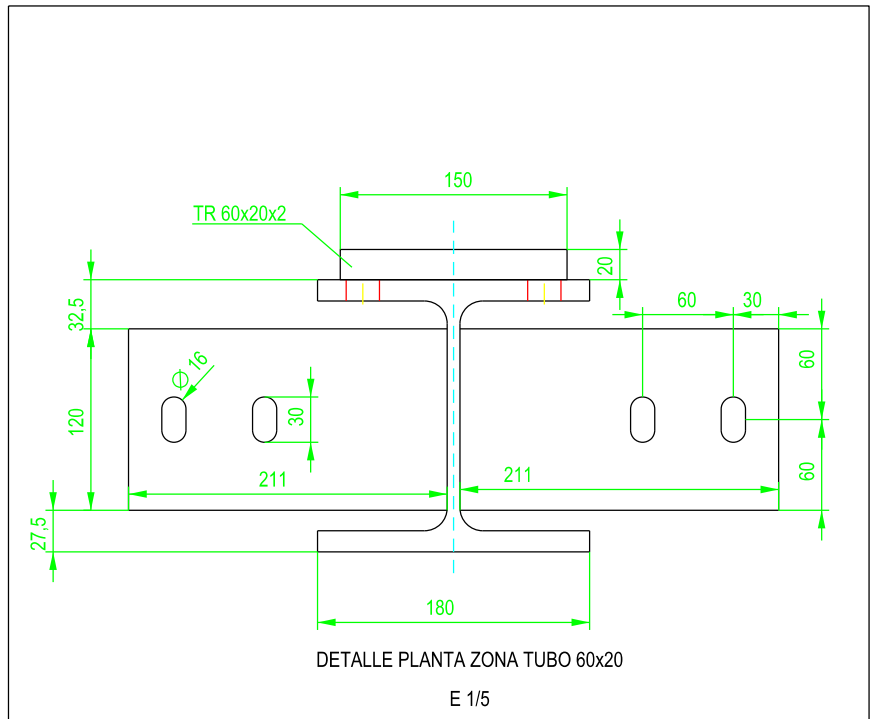
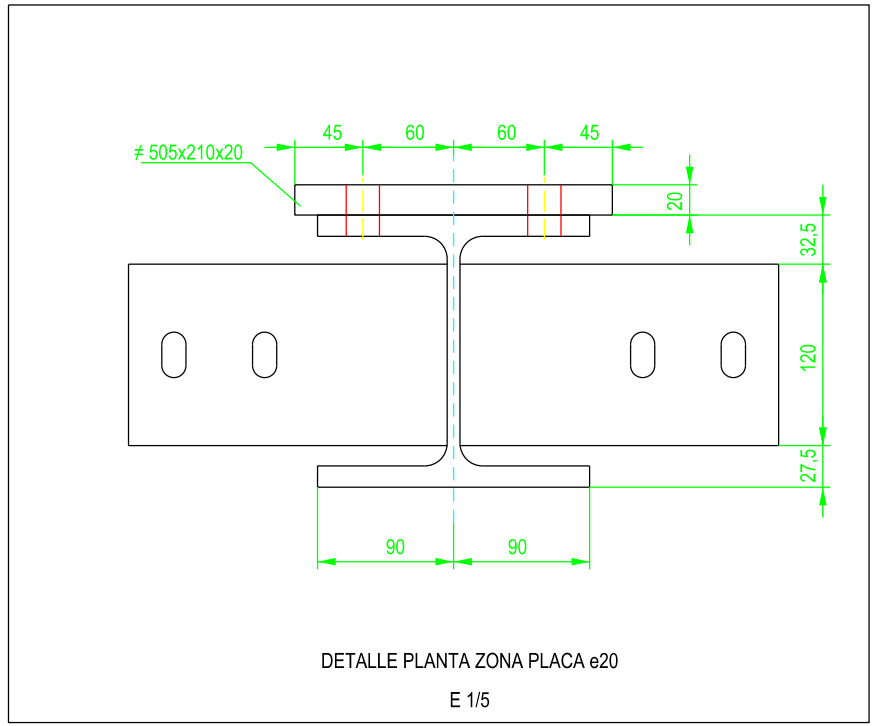
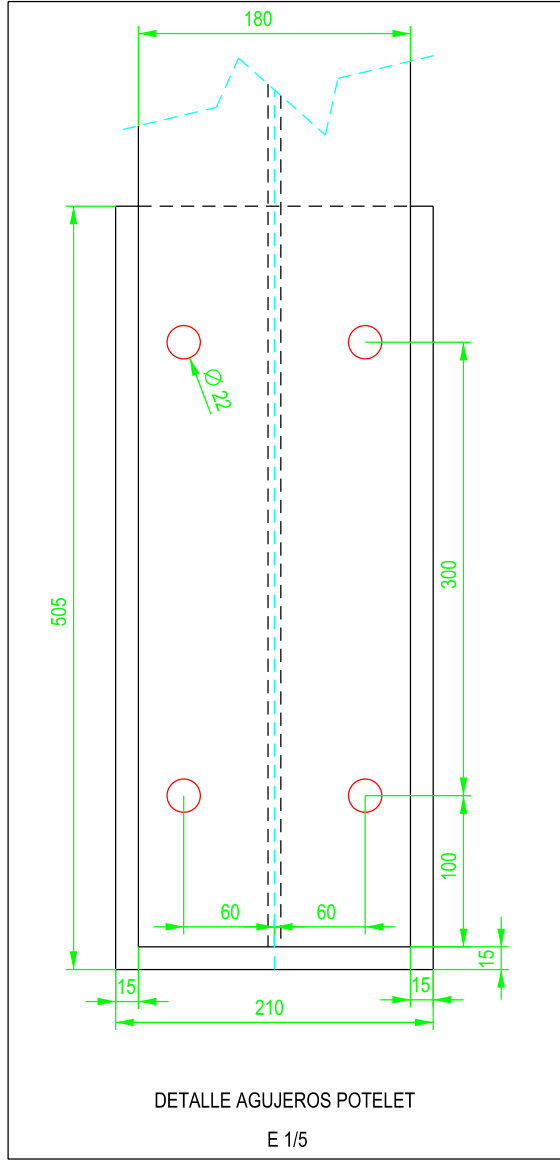
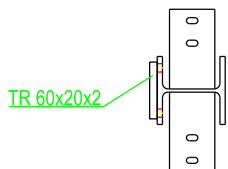
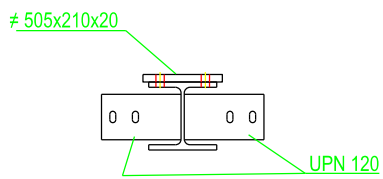
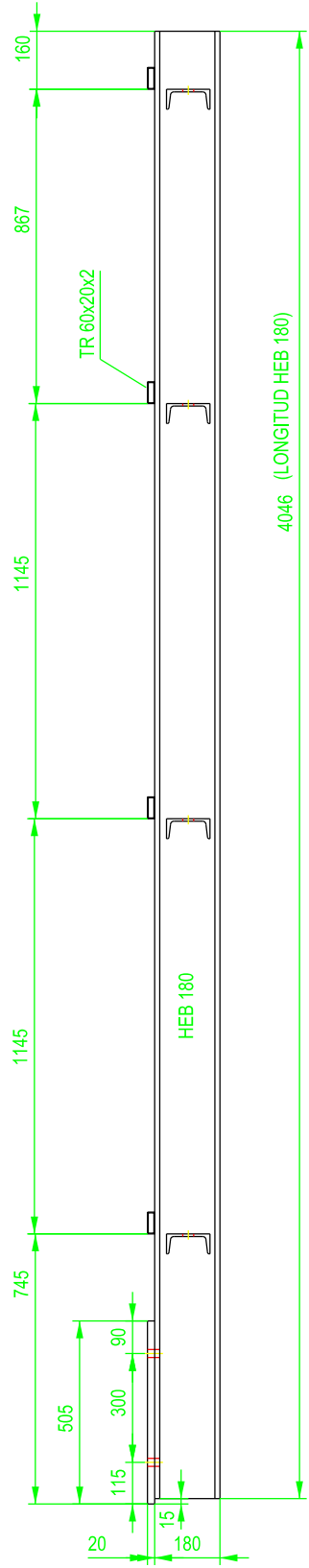
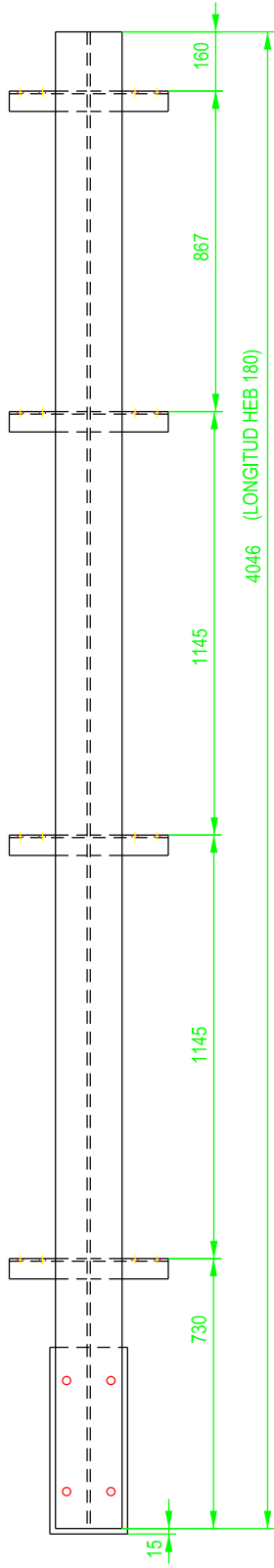
FORMATO: A3

ESCALA: 1/20

TITULO PLANO: Ensamblaje potelets frontales HEB3 y HE107

PLANO Nº: PT-211

4 UNIDADES



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

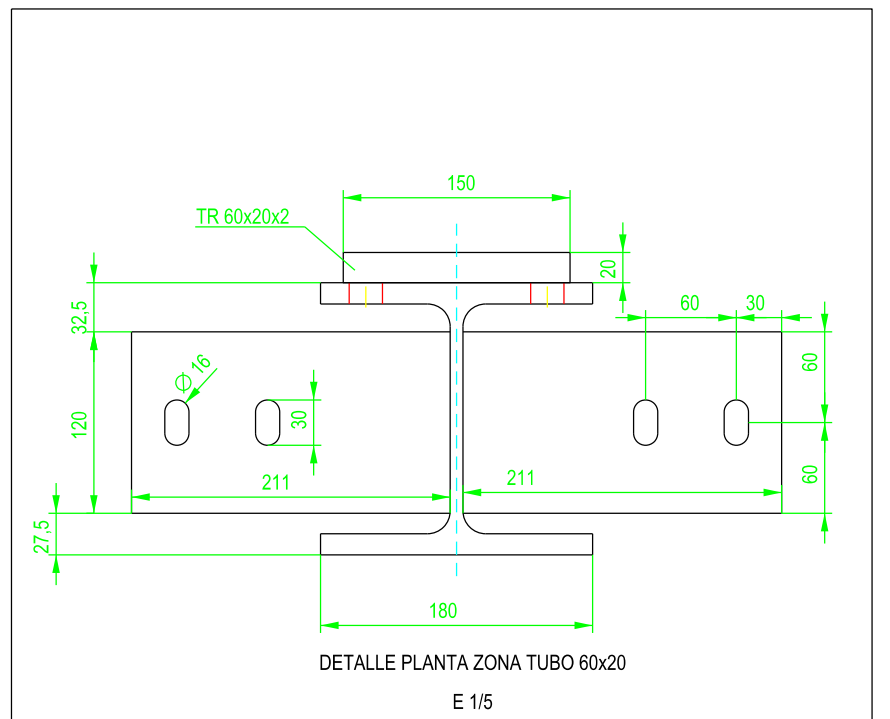
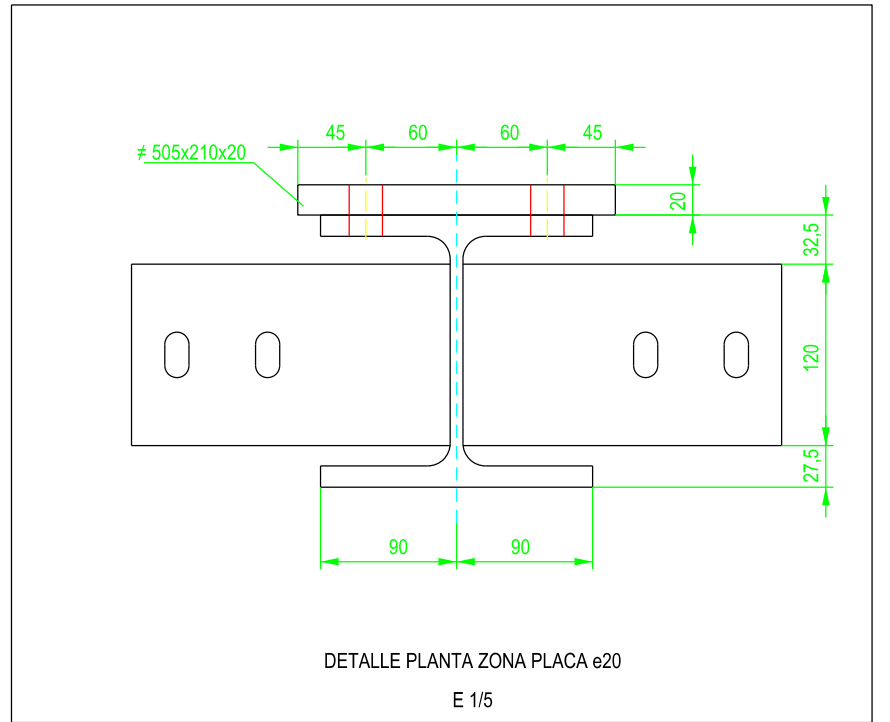
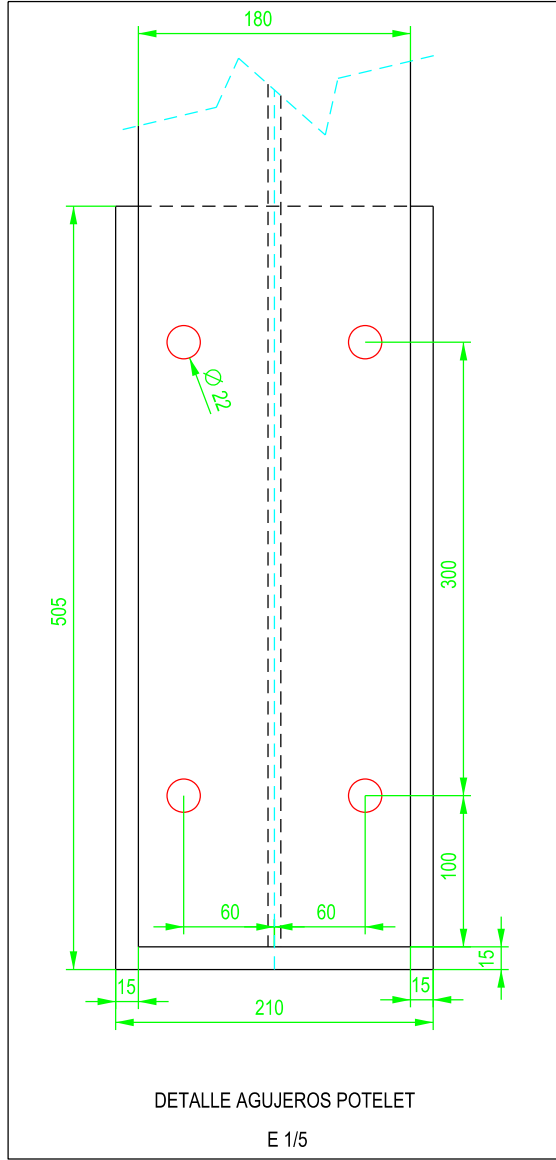
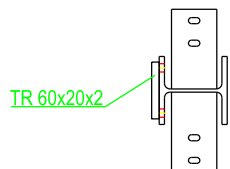
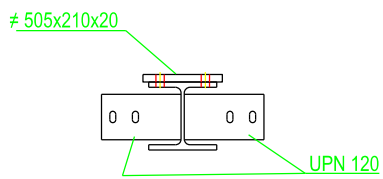
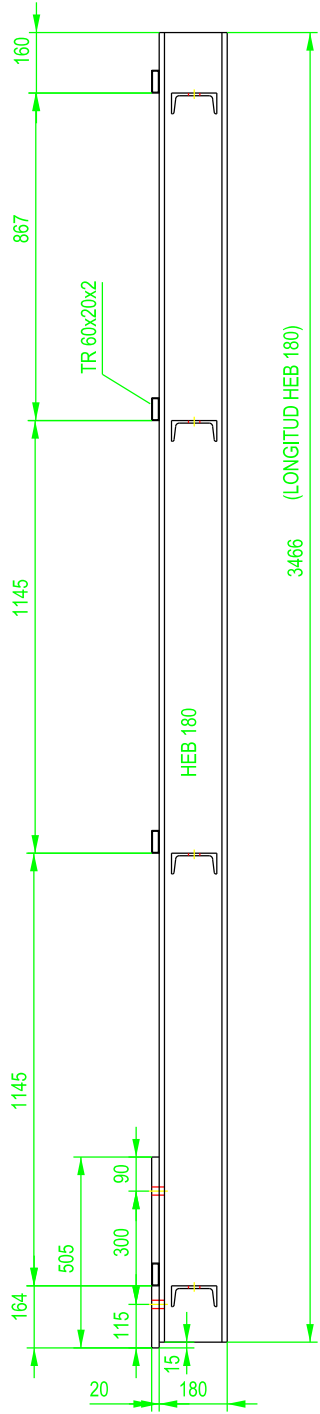
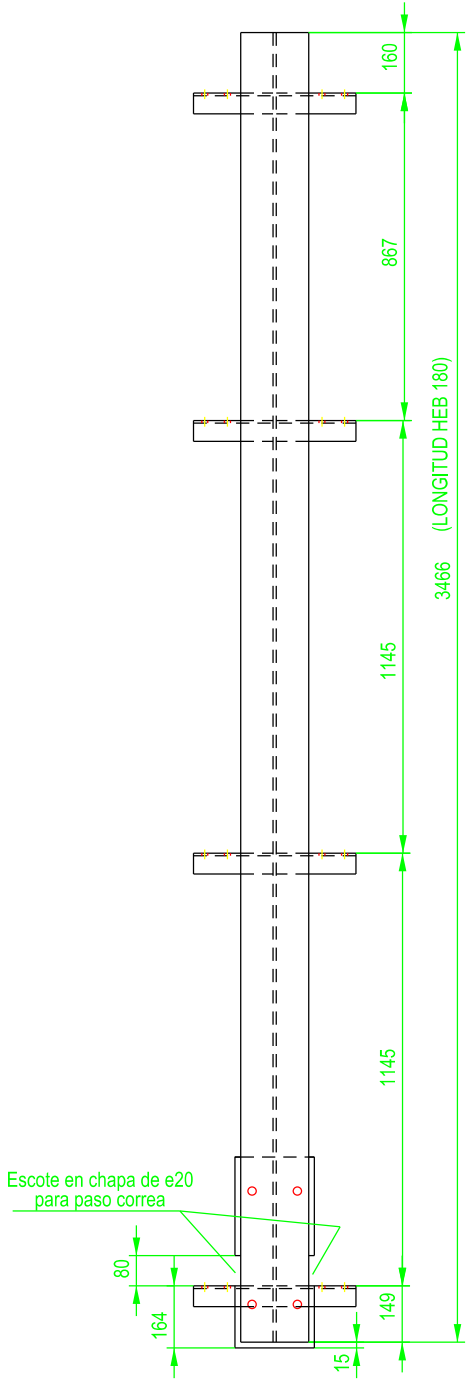
TITULO PLANO: Ensamblaje potelets frontales HE/O4 y HE/O6

FORMATO: A3

ESCALA: 1/20

PLANO Nº: PT-212

2 UNIDADES



TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

FORMATO : A3

ESCALA: 1/20

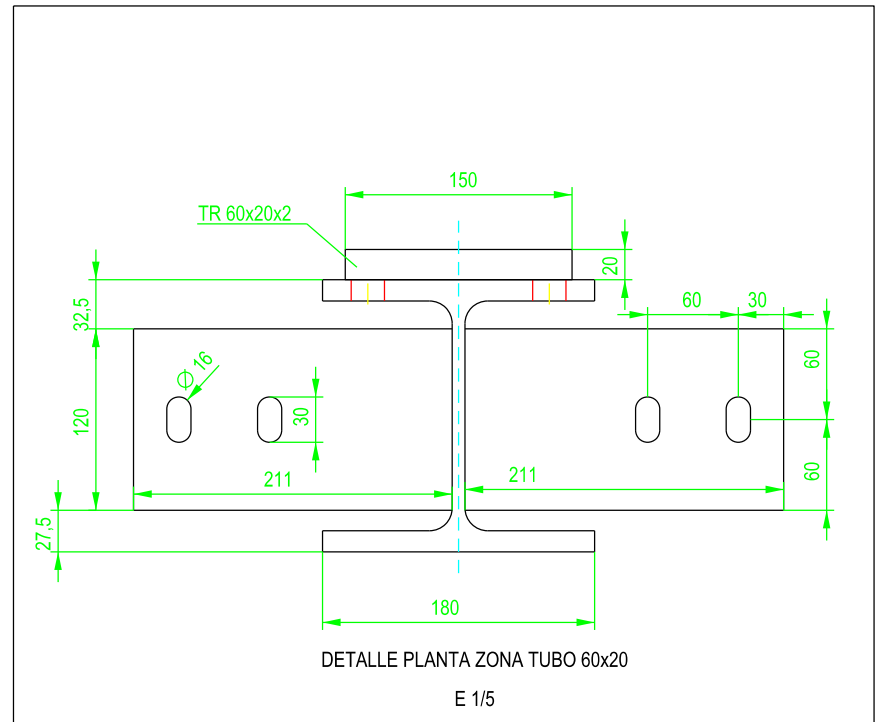
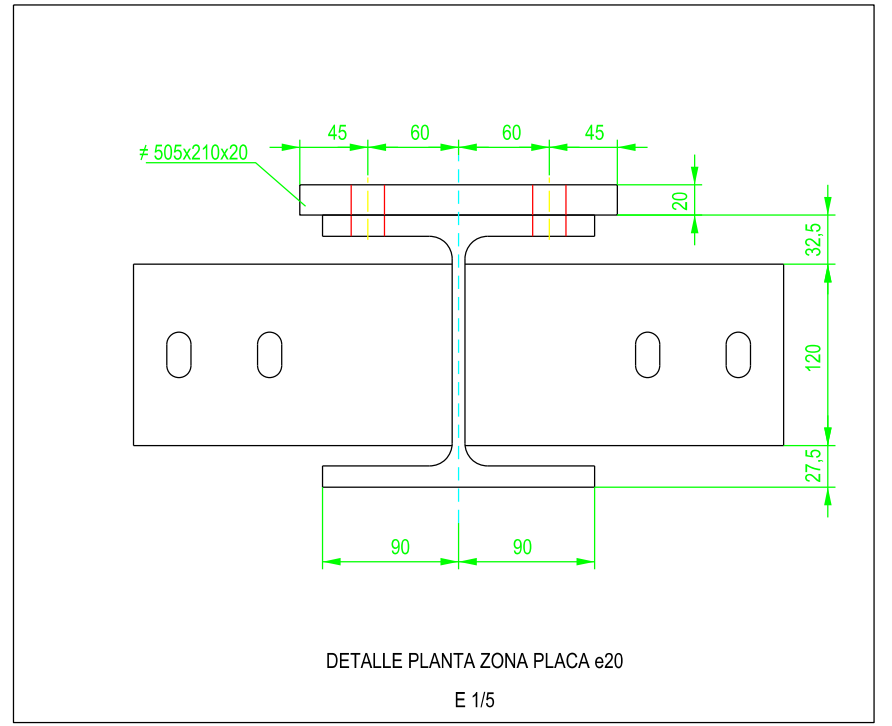
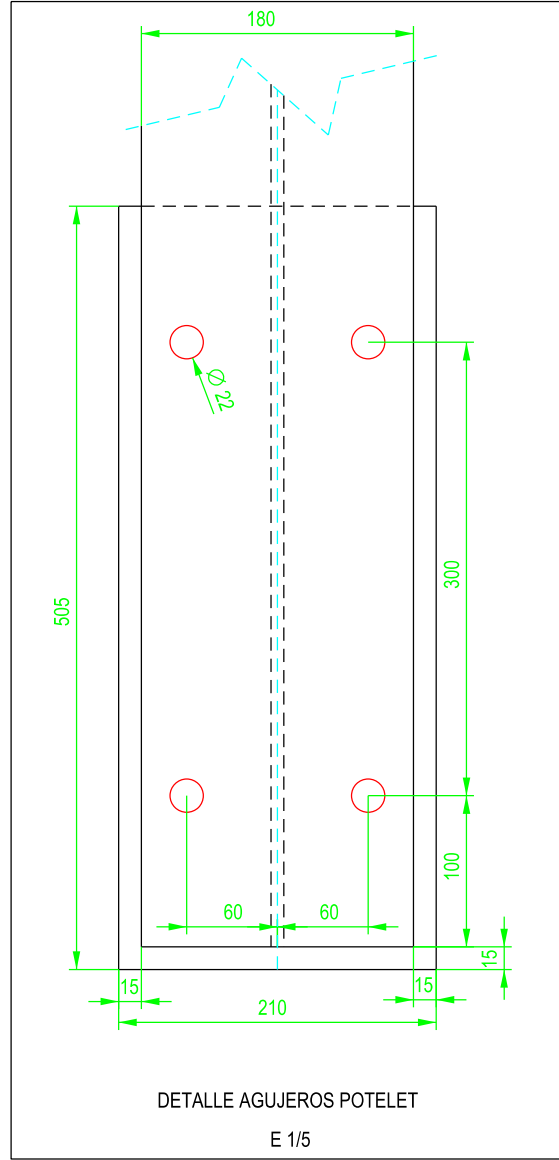
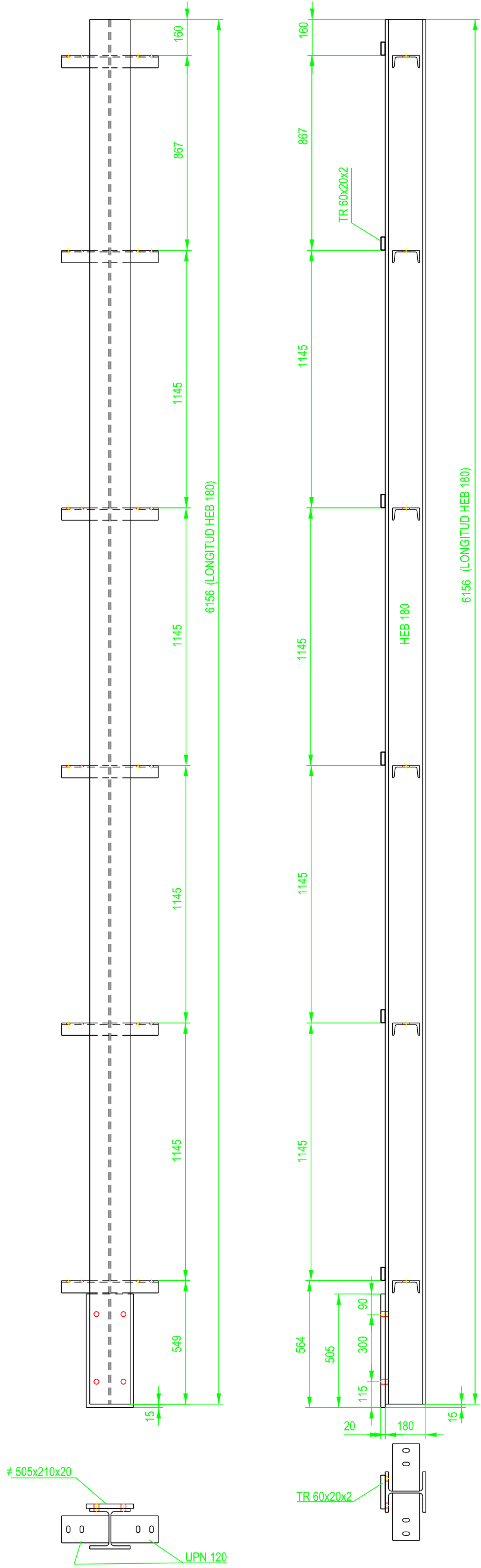
TITULO PLANO: Ensamblaje potelets frontales HEIO5

PLANO Nº: PT-213

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

4 UNIDADES



TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

FORMATO : A3

ESCALA: 1/20

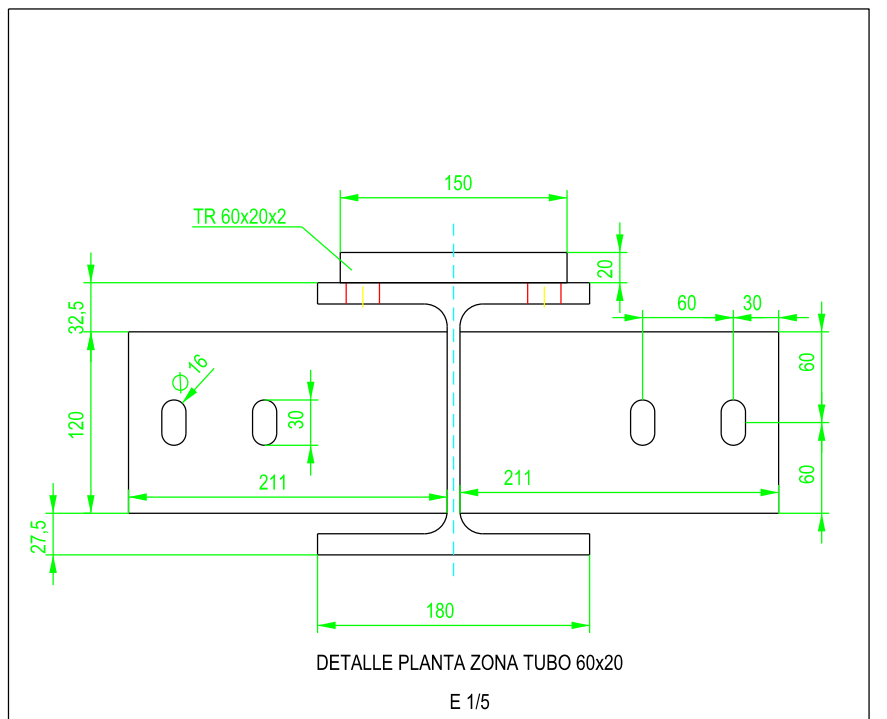
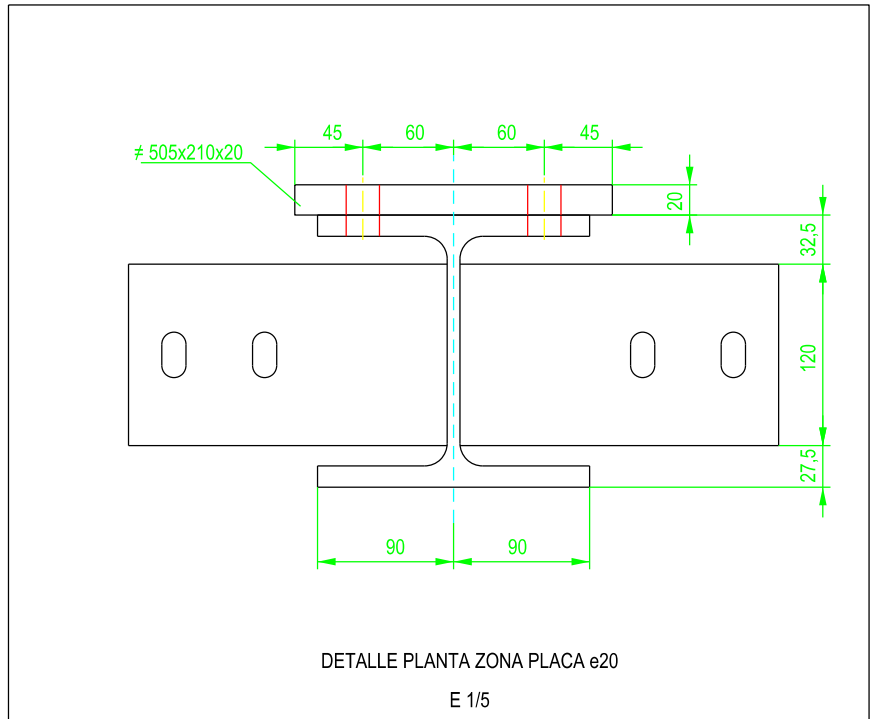
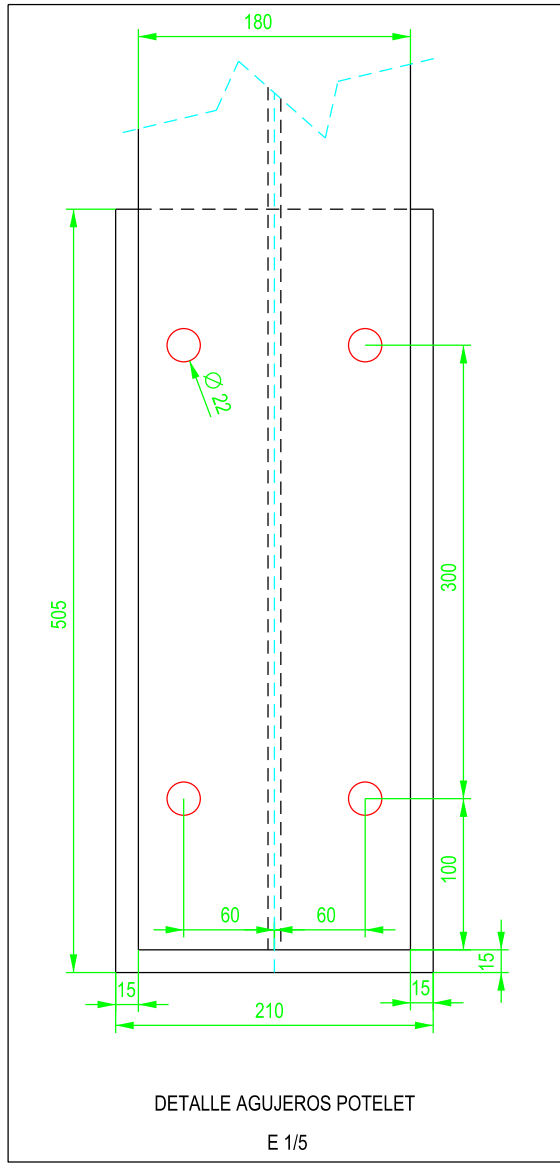
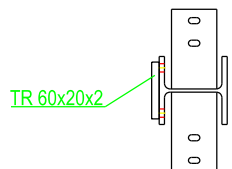
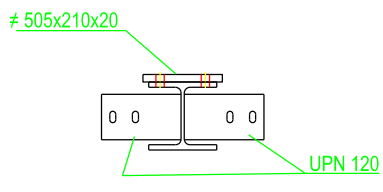
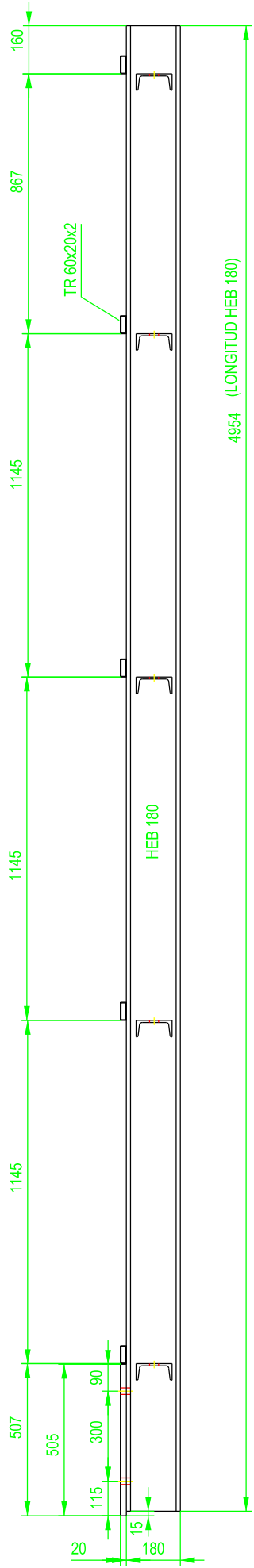
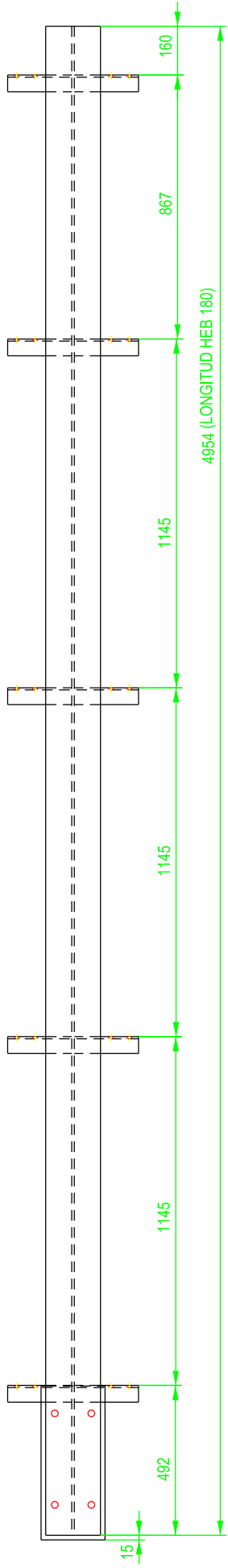
TÍTULO PLANO: Ensamblaje potetelets frontales HE/O10 y HE/O16

PLANO Nº: PT-214

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

4 UNIDADES



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

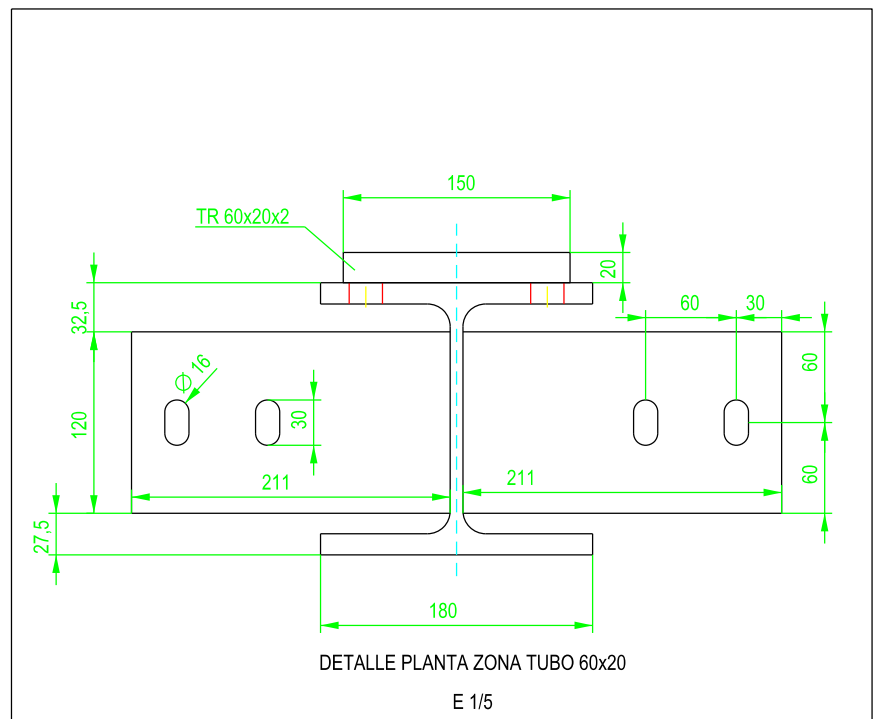
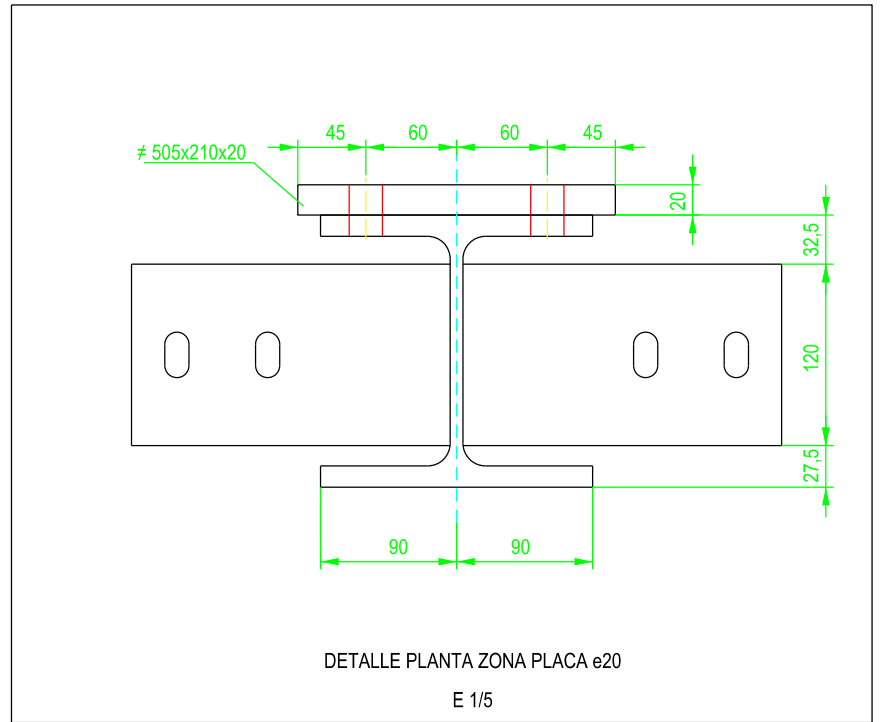
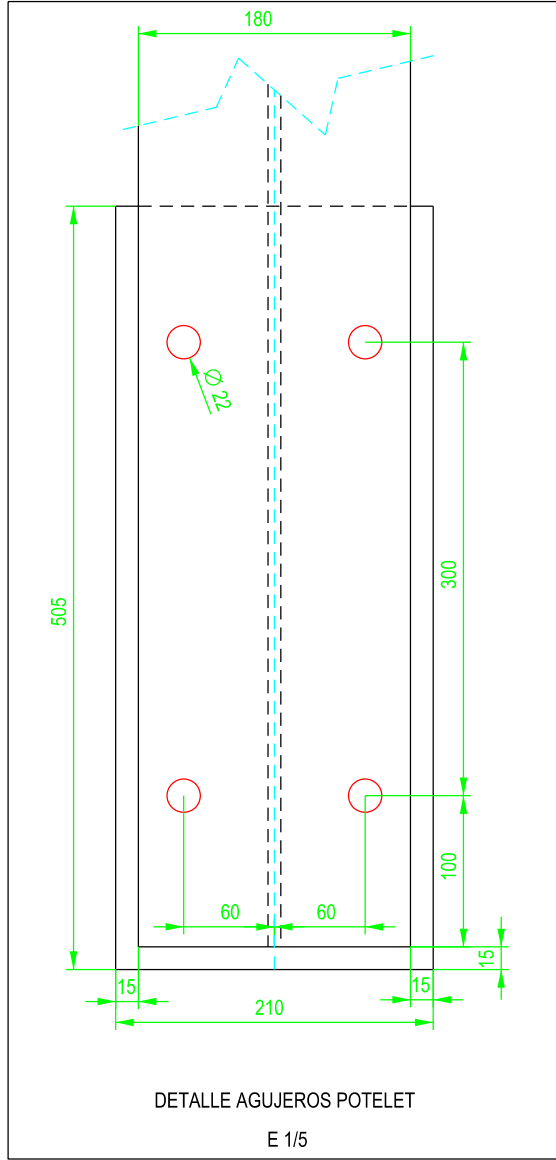
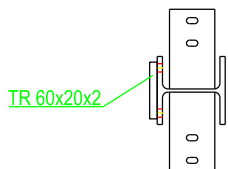
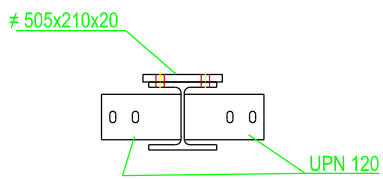
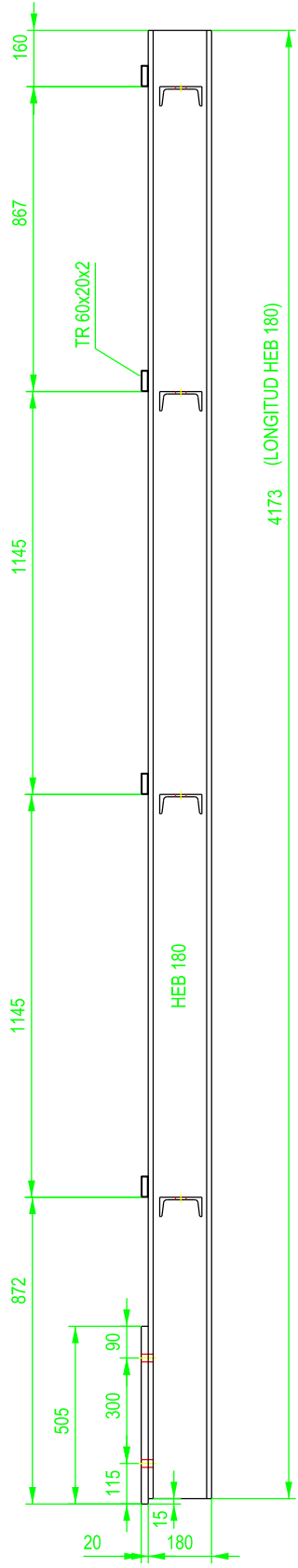
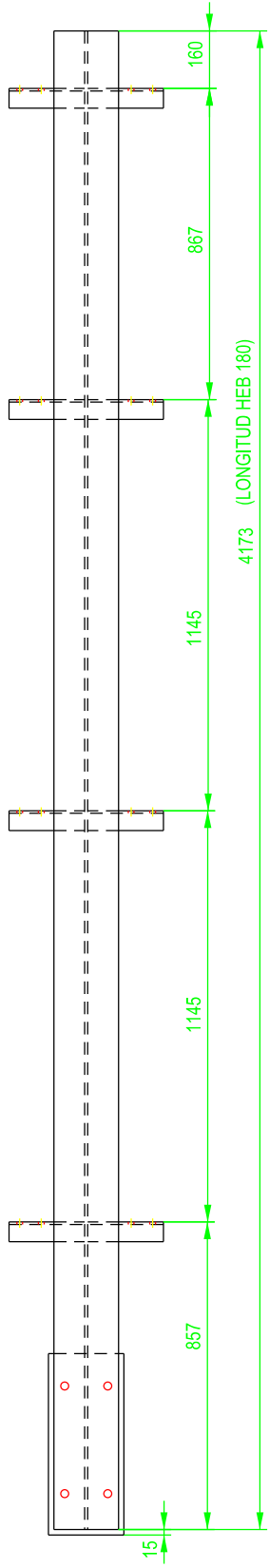
TÍTULO PLANO: Ensamblaje potelets frontales HE/O11 y HE/O15

FORMATO: A3

ESCALA: 1/20

PLANO Nº: PT-215

4 UNIDADES



TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

FORMATO : A3

TÍTULO PLANO: Ensamblaje potelets frontales HE1012 y HE1014

ESCALA: 1/20

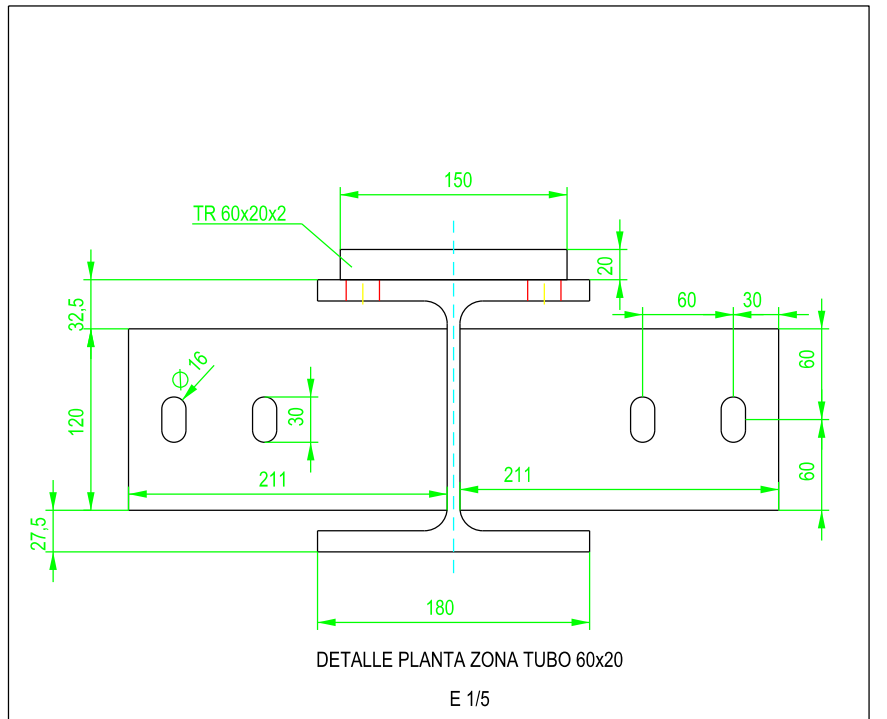
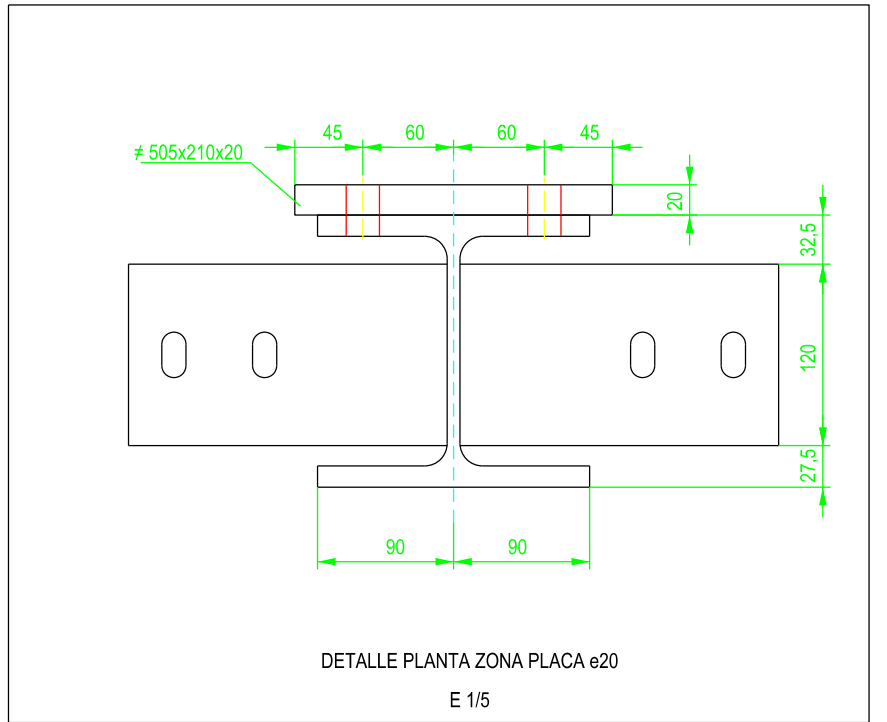
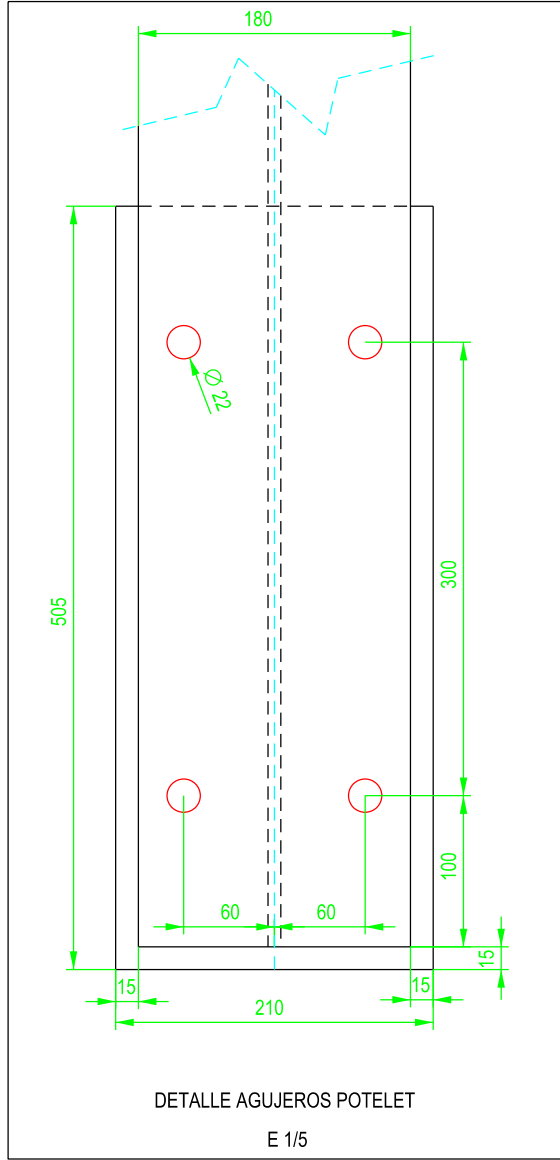
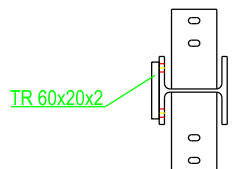
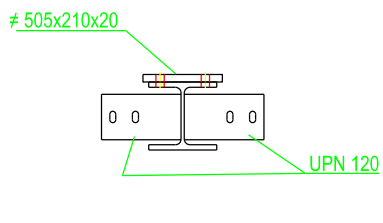
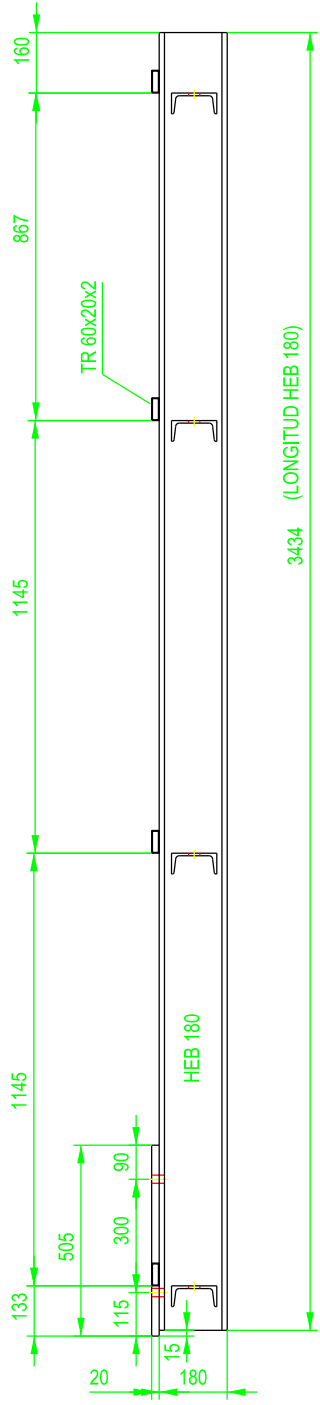
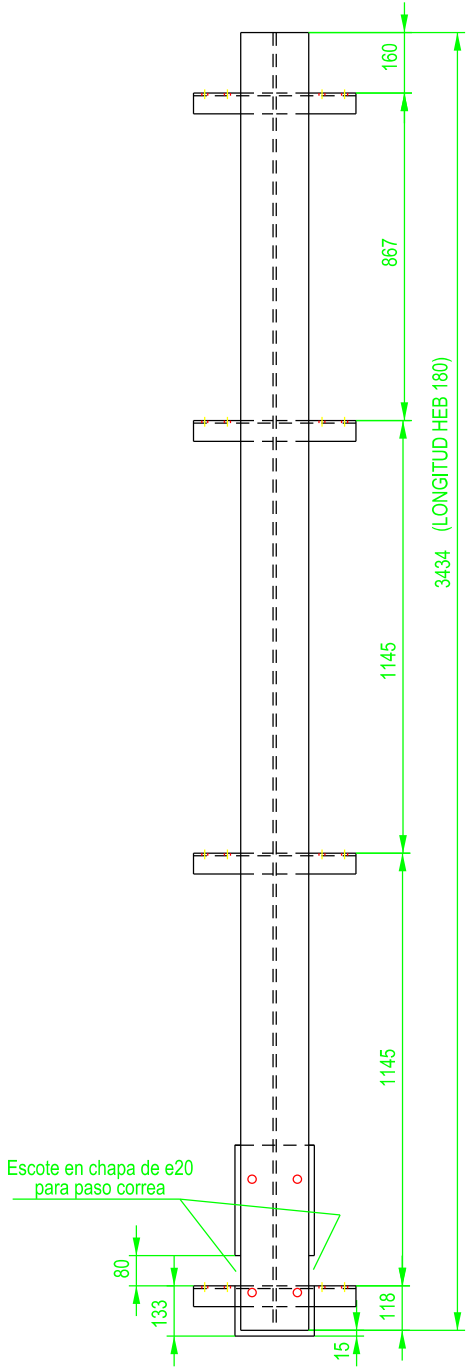
PLANO Nº: PT-216

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

2 UNIDADES



TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Ensamblaje potelets frontales HE/O13

FORMATO: A3

ESCALA: 1/20

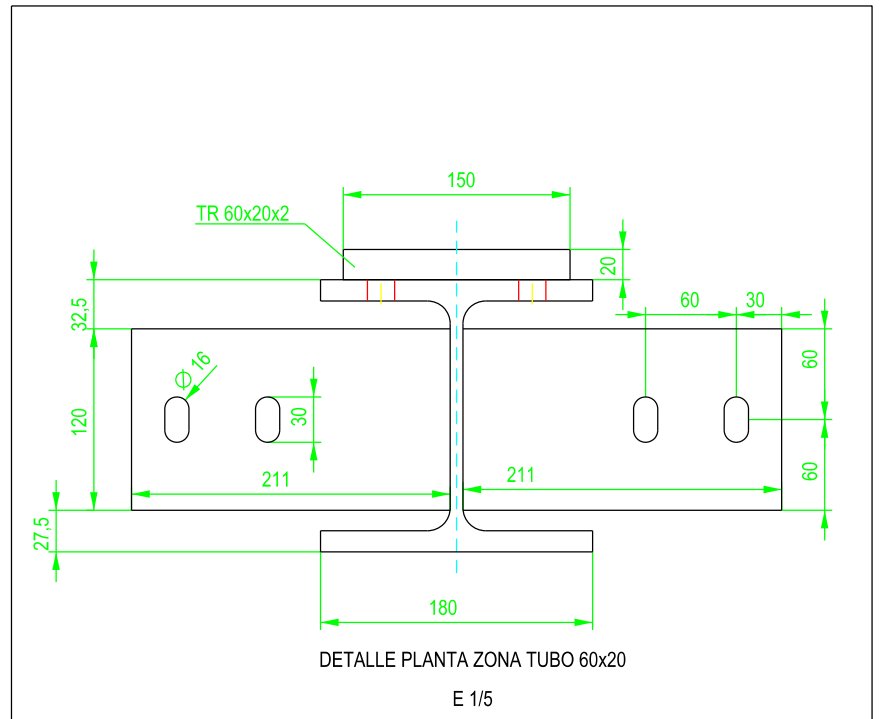
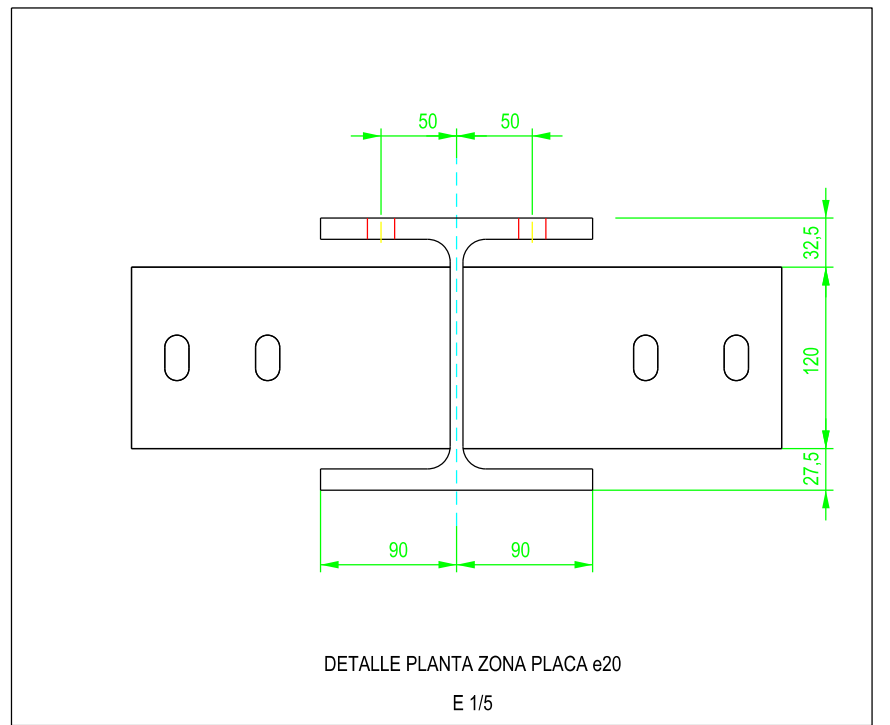
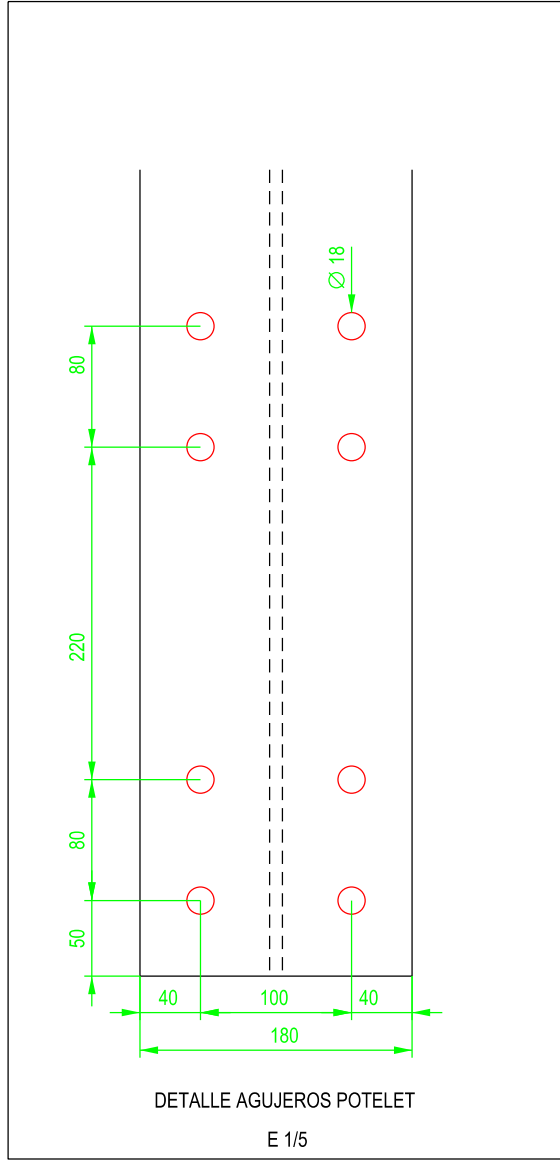
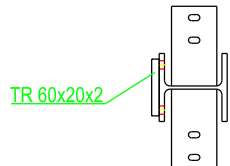
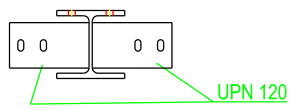
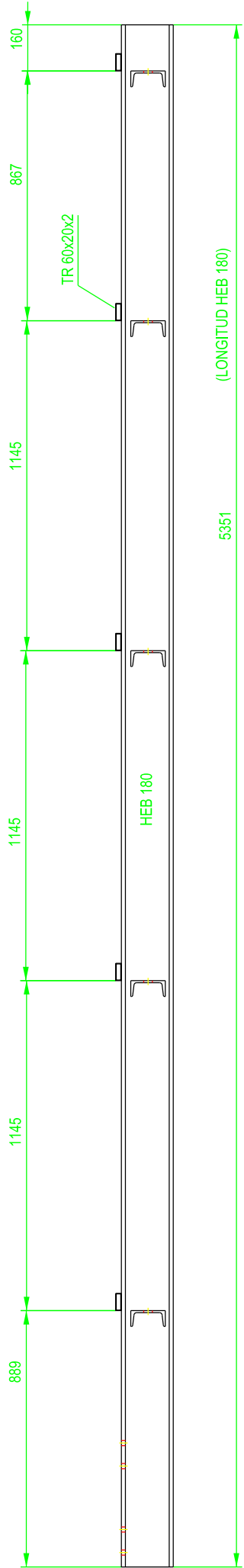
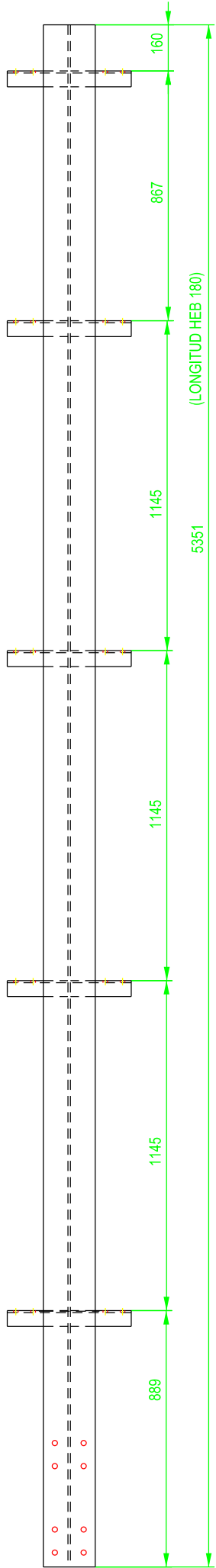
PLANO Nº: PT-217

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

1 UNIDAD



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO: Ensamblaje potelets frontales pilar B1

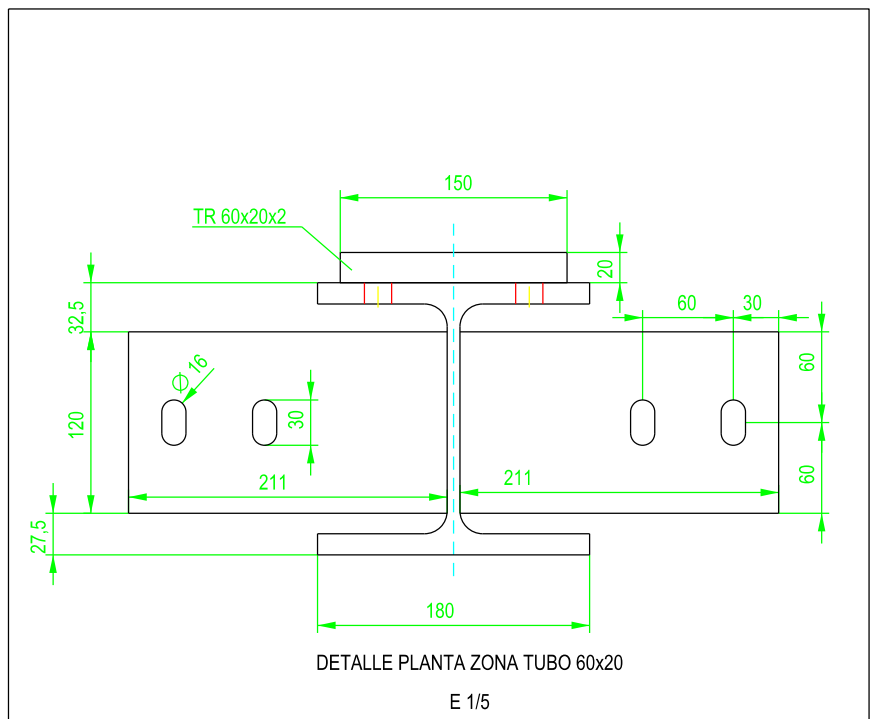
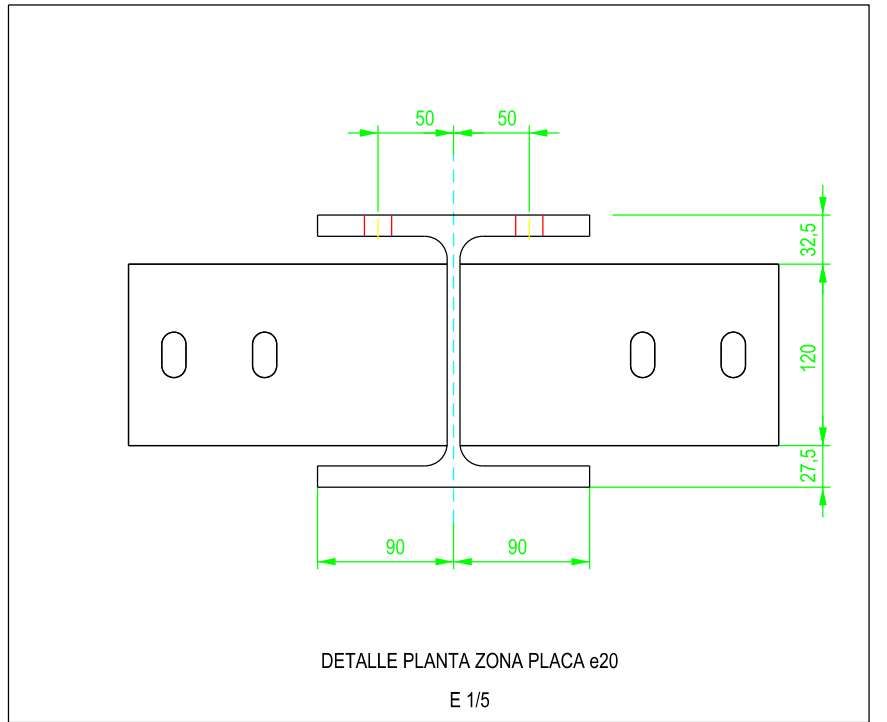
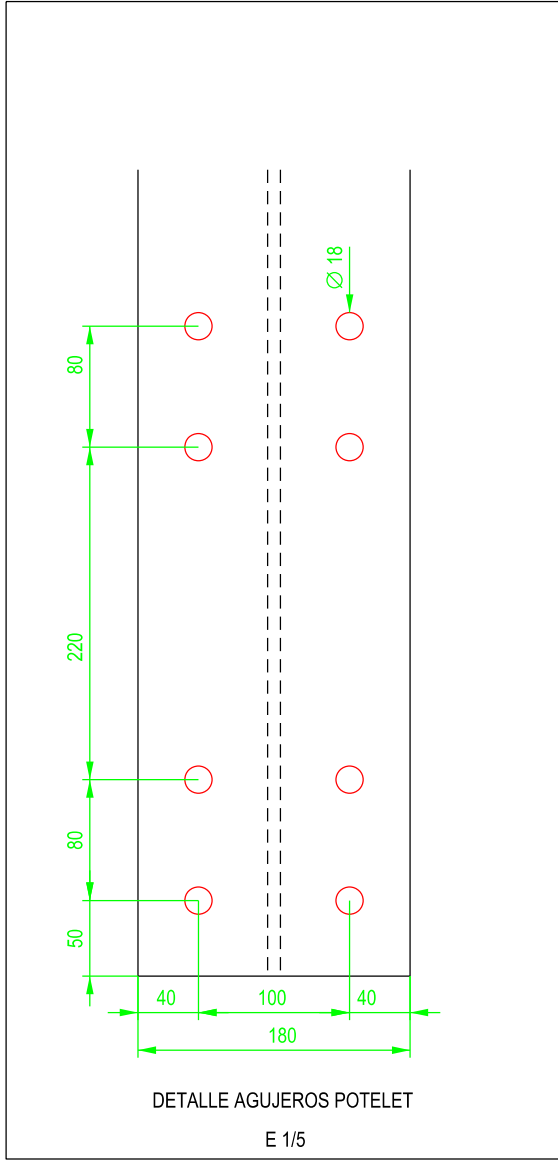
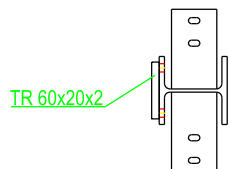
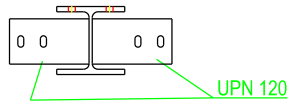
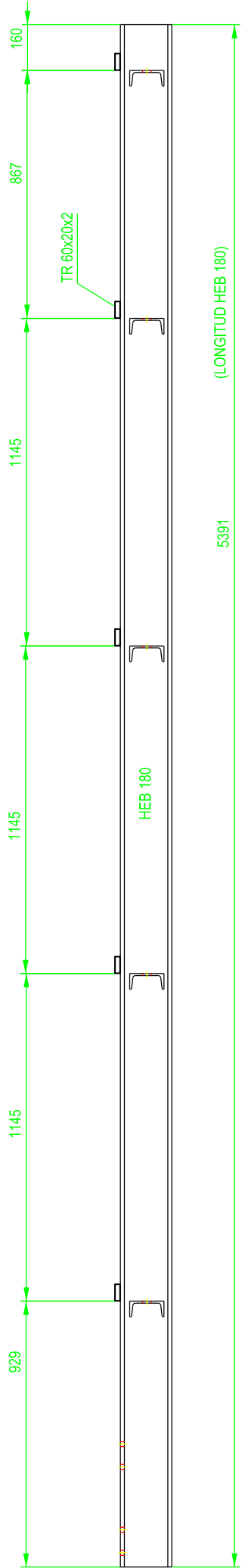
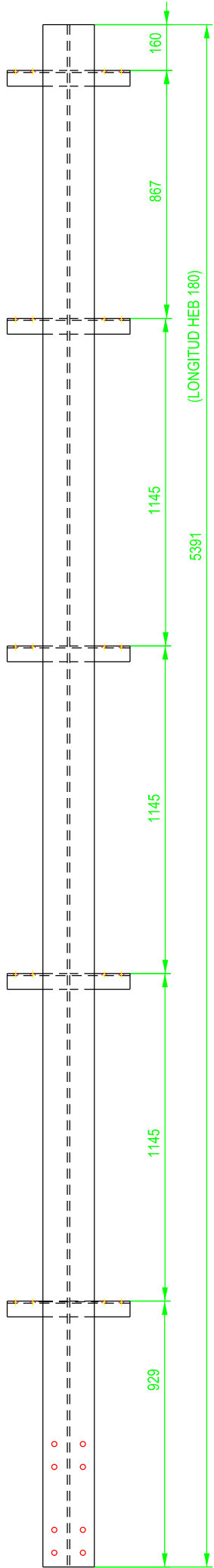
FORMATO: A3

ESCALA: 1/20

PLANO Nº:

PT-218

1 UNIDAD



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO:

Ensamblaje potelets frontales pilar B30

FORMATO: A3

ESCALA: 1/20

PLANO N°:

PT-219

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.4. Arriostramientos.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u>	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> PT-219A

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.4. Arriostramientos.

3.4.1. Fachadas.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PT-219B

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.4. Arriostramientos.

3.4.1. Fachadas.

3.4.1.1. Longitudinal A-A

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

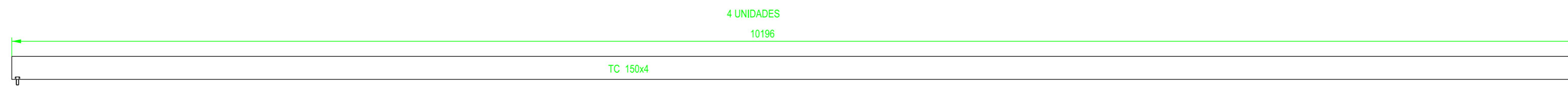
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

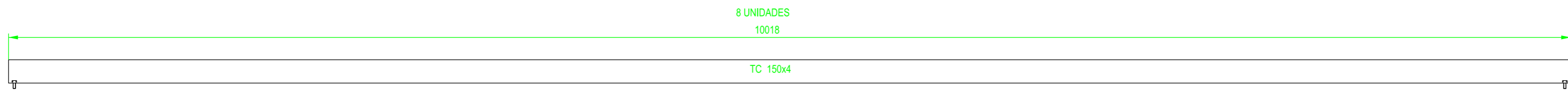
PLANO N° :

ESCALA:

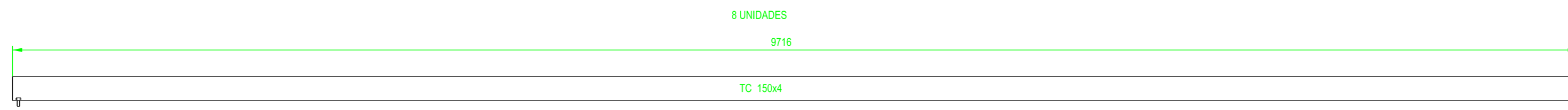
PT-219C



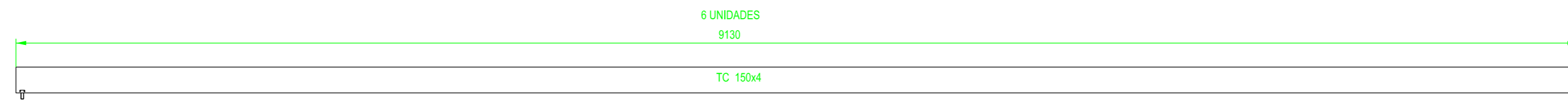
FACHADA LATERAL VANOS : A8-A9
A9-A10



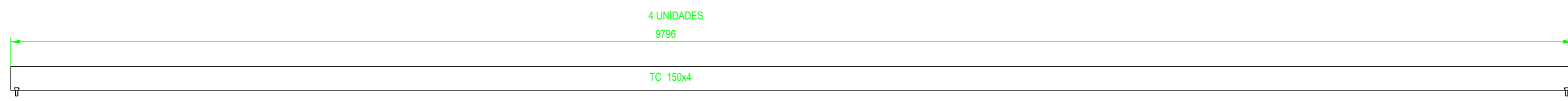
FACHADA LATERAL VANOS : A20-A21
A21-A22
A22-A23
A23-A24



FACHADA LATERAL VANOS : A16-A17
A17-A18
A18-A19
A19-A20

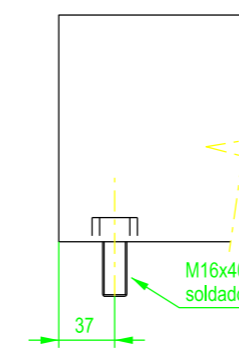


FACHADA LATERAL VANOS : A13-A14
A14-A15
A15-A16



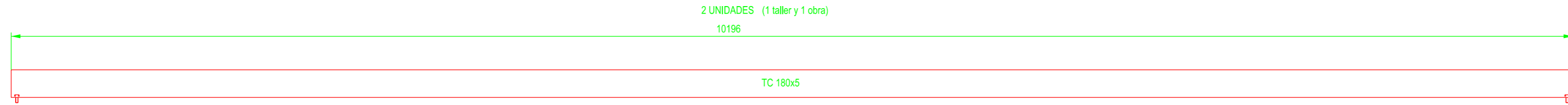
FACHADA LATERAL VANOS : A2-A3
A3-A4

EN TODOS LOS TUBOS
LOS DOS EXTREMOS

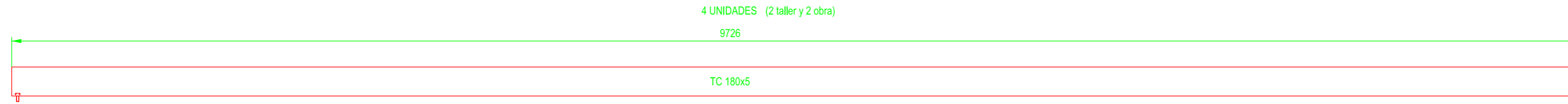


MATERIAL: S275 JOH

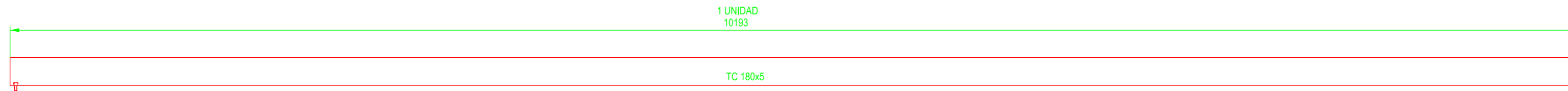
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Tubos atado TC150x4 fachada longitudinal A-A	FORMATO: A2 ESCALA: 1/25	PLANO Nº : PT-220	



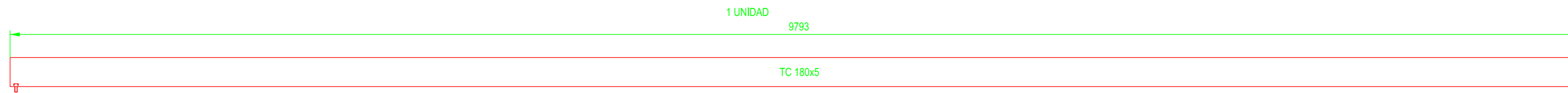
FACHADA LATERAL VANOS : A24-A25



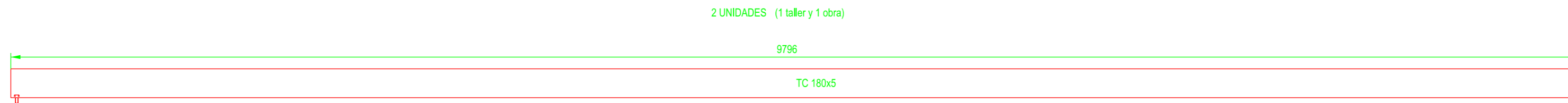
FACHADA LATERAL VANOS : A10-A11
A12-A13



FACHADA LATERAL VANOS : A7-A8

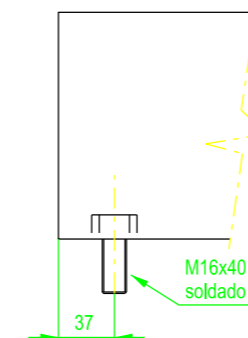


FACHADA LATERAL VANOS : A4-A5



FACHADA LATERAL VANOS : A1-A2

EN TODOS LOS TUBOS
LOS DOS EXTREMOS



MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción
de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

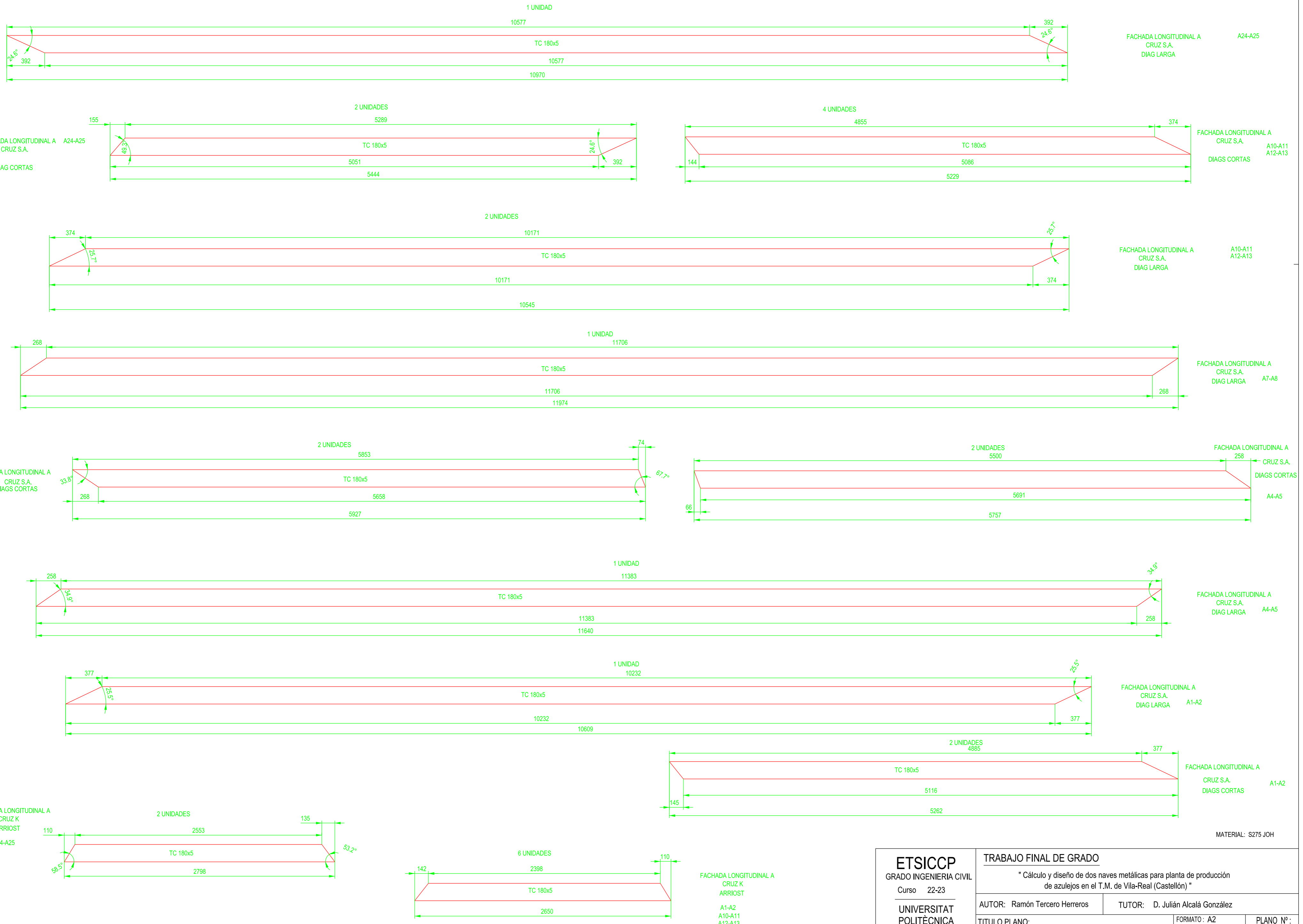
Tubos atado TC180X5 fachada longitudinal A-A

FORMATO : A2

ESCALA: 1/25

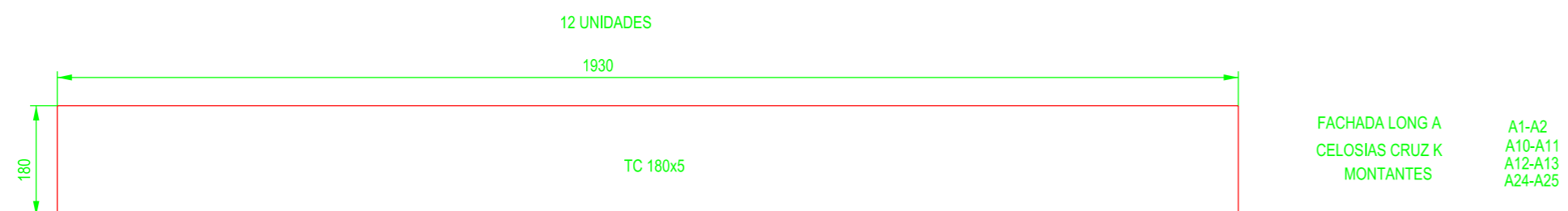
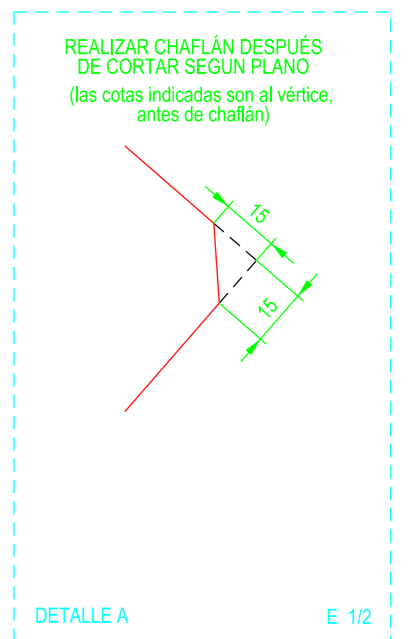
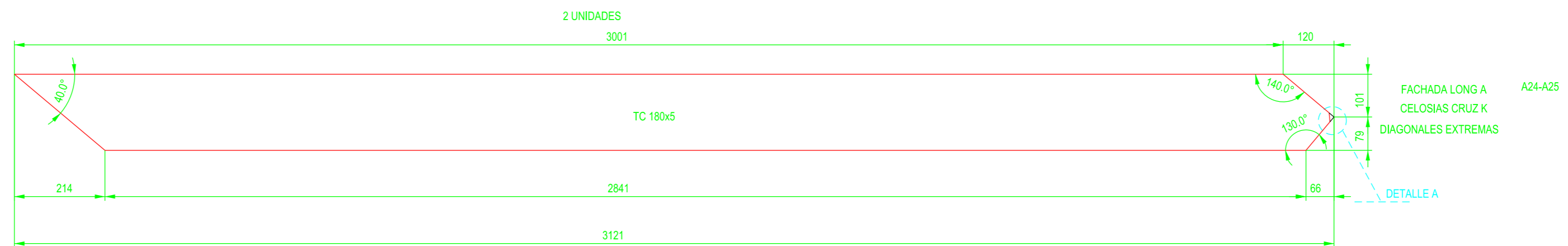
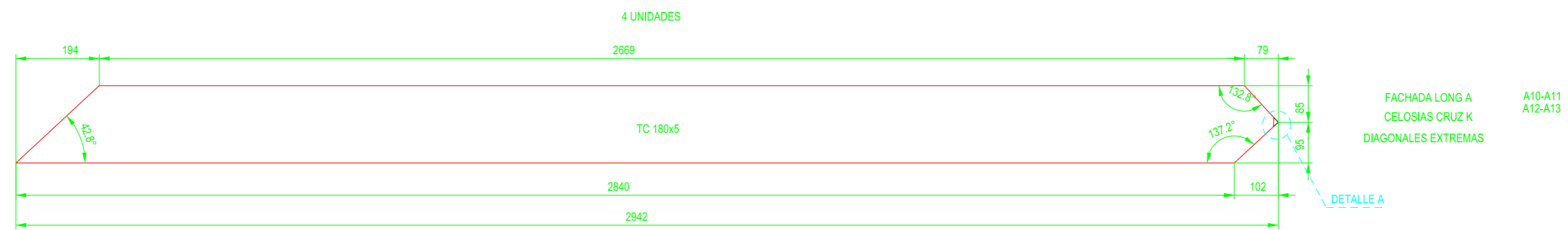
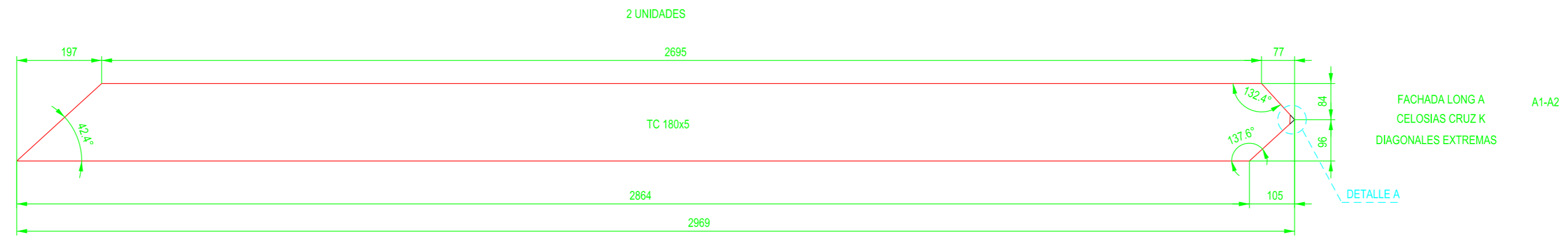
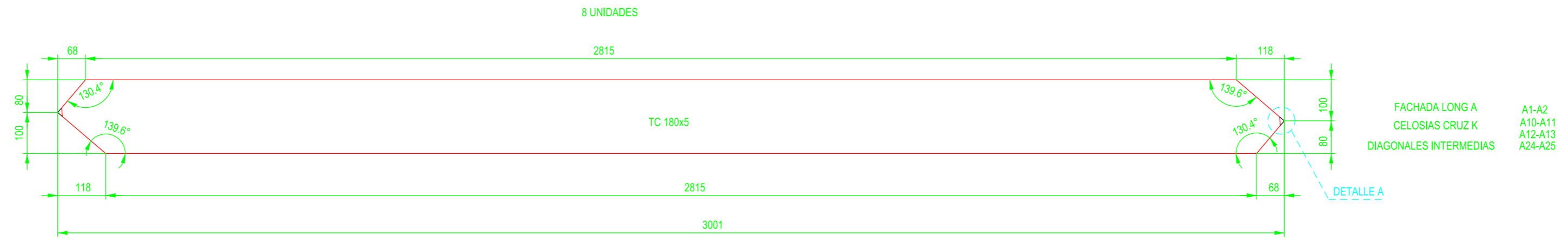
PLANO Nº :

PT-221



MATERIAL: S275 JOH

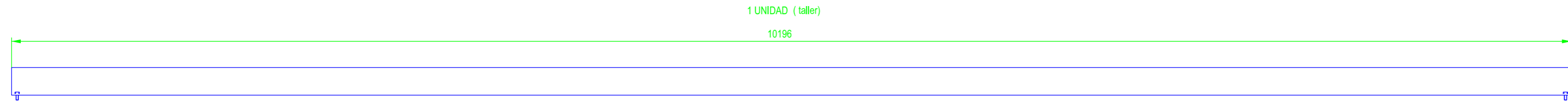
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TÍTULO PLANO: Diagonales TC180X5 fachada longitudinal A-A		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
	PLANO Nº: PT-222		



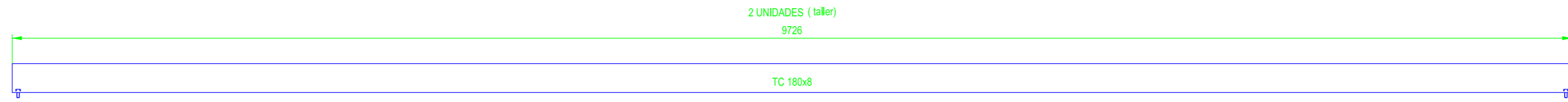
TODAS ESTAS PIEZAS, JUNTO A LOS TUBOS DE ATADO CORRESPONDIENTES, SE QUEDAN EN TALLER PARA CONSTRUIR LAS CELOSÍAS

MATERIAL: S275 J0H

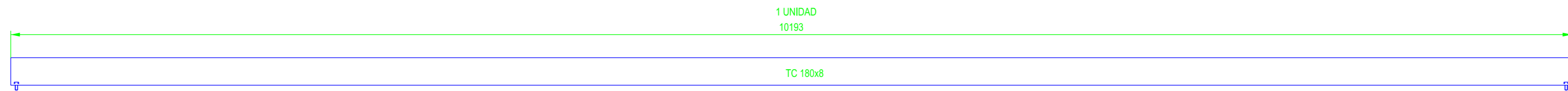
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Montantes y diagonales celosias TC180X5 fachada longitudinal A-A		FORMATO: A2 ESCALA: 1/10
			PLANO Nº: PT-223



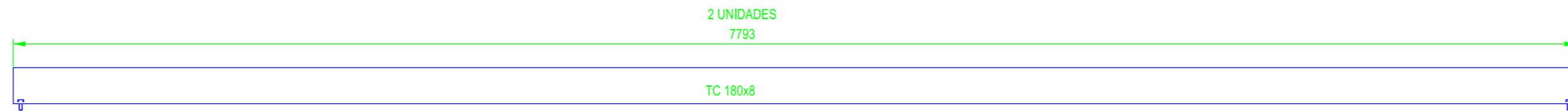
FACHADA LATERAL VANOS : A24-A25



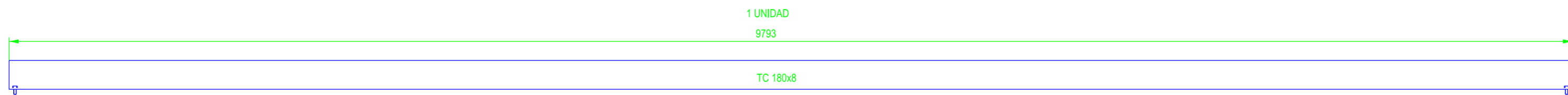
FACHADA LATERAL VANOS : A10-A11
A12-A13



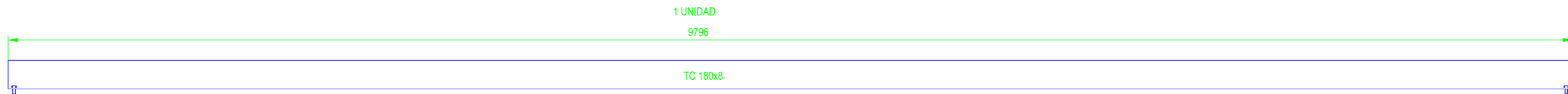
FACHADA LATERAL VANOS : A7-A8



FACHADA LATERAL VANOS : A5-A6
A6-A7

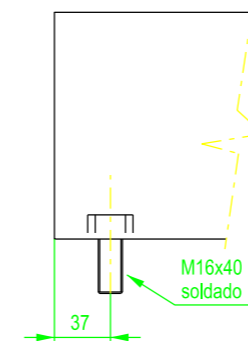


FACHADA LATERAL VANOS : A4-A5



FACHADA LATERAL VANOS : A1-A2

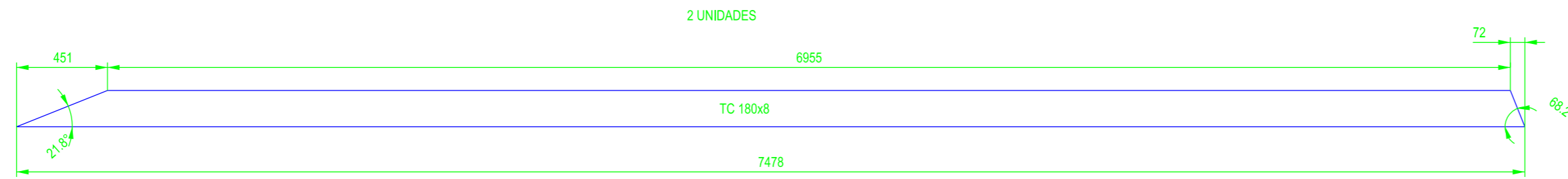
EN TODOS LOS TUBOS
LOS DOS EXTREMOS



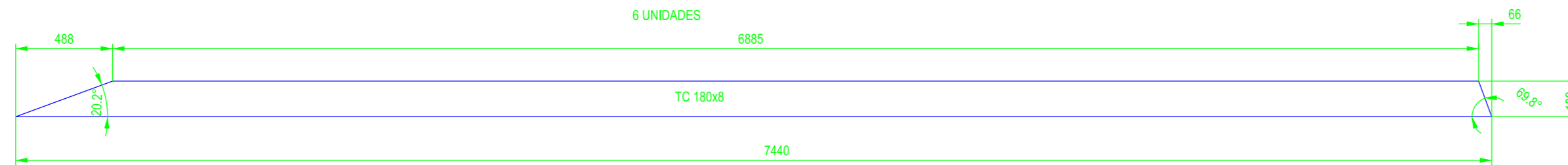
MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

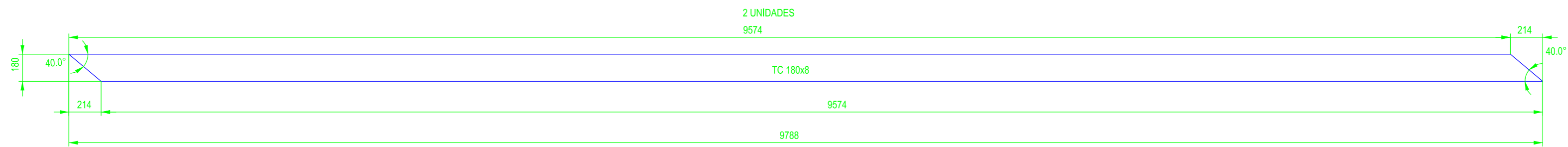
TRABAJO FINAL DE GRADO		
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Tubos atado TC180X8 fachada longitudinal A-A	FORMATO: A2 ESCALA: 1/25	PLANO Nº : PT-224



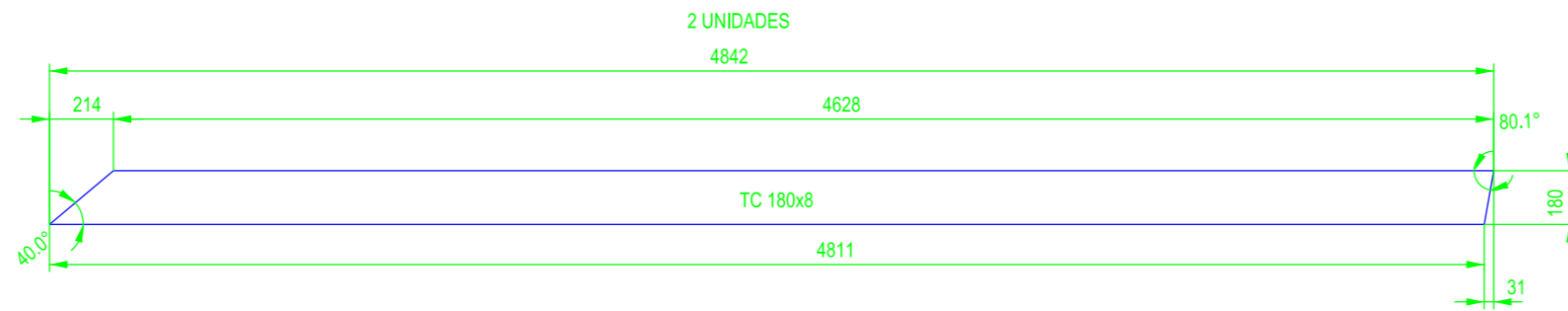
FACHADA LONGITUDINAL A
CRUZ K A24-A25



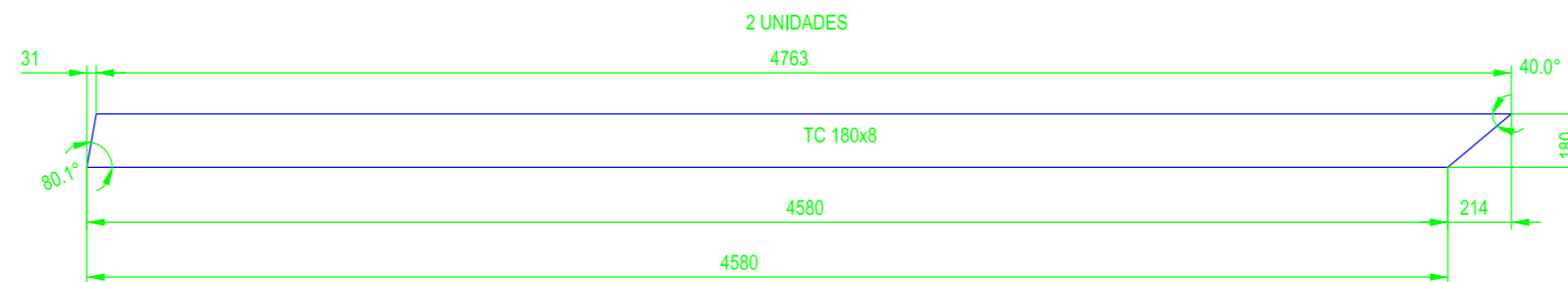
FACHADA LONGITUDINAL A
CRUZ K A1-A2
A10-A11
A11-A12



FACHADA LONGITUDINAL A
CRUZ S.A.
DIAG LARGA A5-A6
A6-A7



FACHADA LONGITUDINAL A
CRUZ S.A.
DIAG CORTA SUP A5-A6
A6-A7

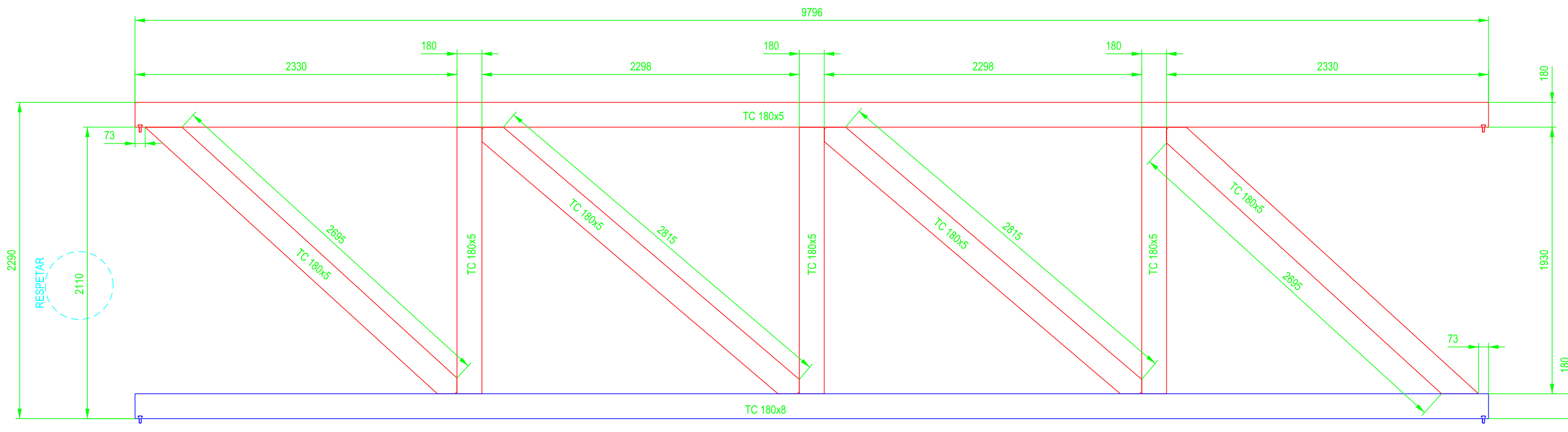


FACHADA LONGITUDINAL A
CRUZ S.A.
DIAG CORTA INF A5-A6
A6-A7

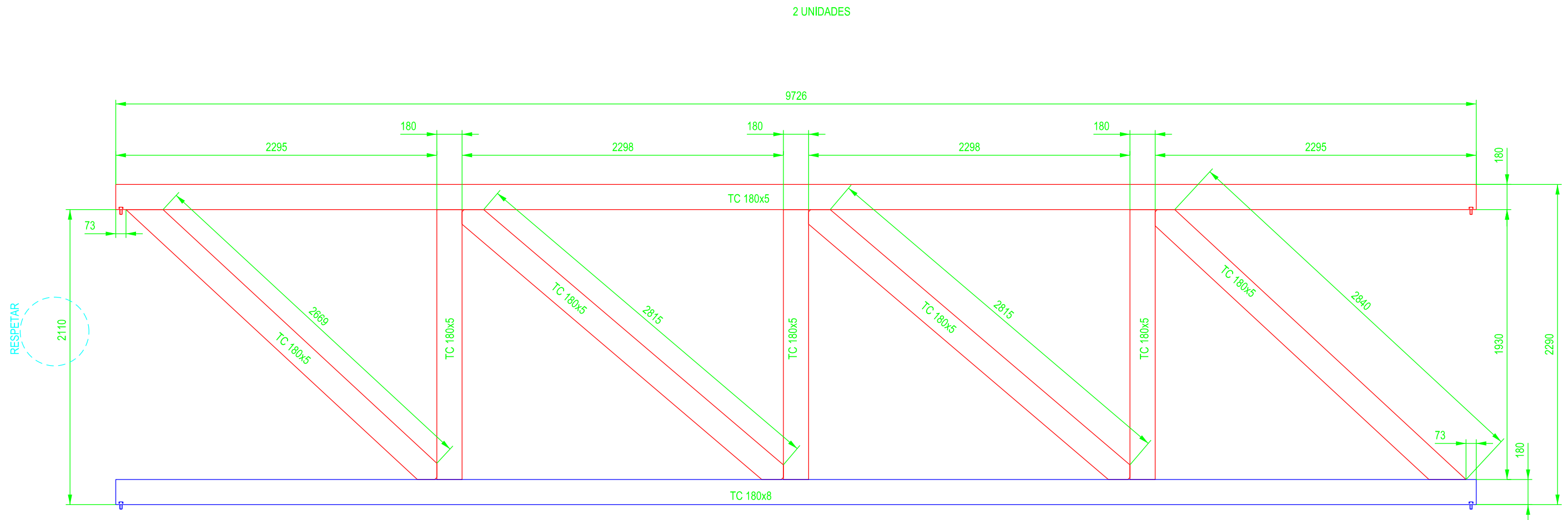
MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Diagonales TC180X8 fachada longitudinal A-A		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
	PLANO Nº: PT-225		

1 UNIDAD



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: Celosía cruz "K" fachada longitudinal A-A. Vano A1-A2	FORMATO: A3 ESCALA: 1/30	PLANO Nº: PT-226



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

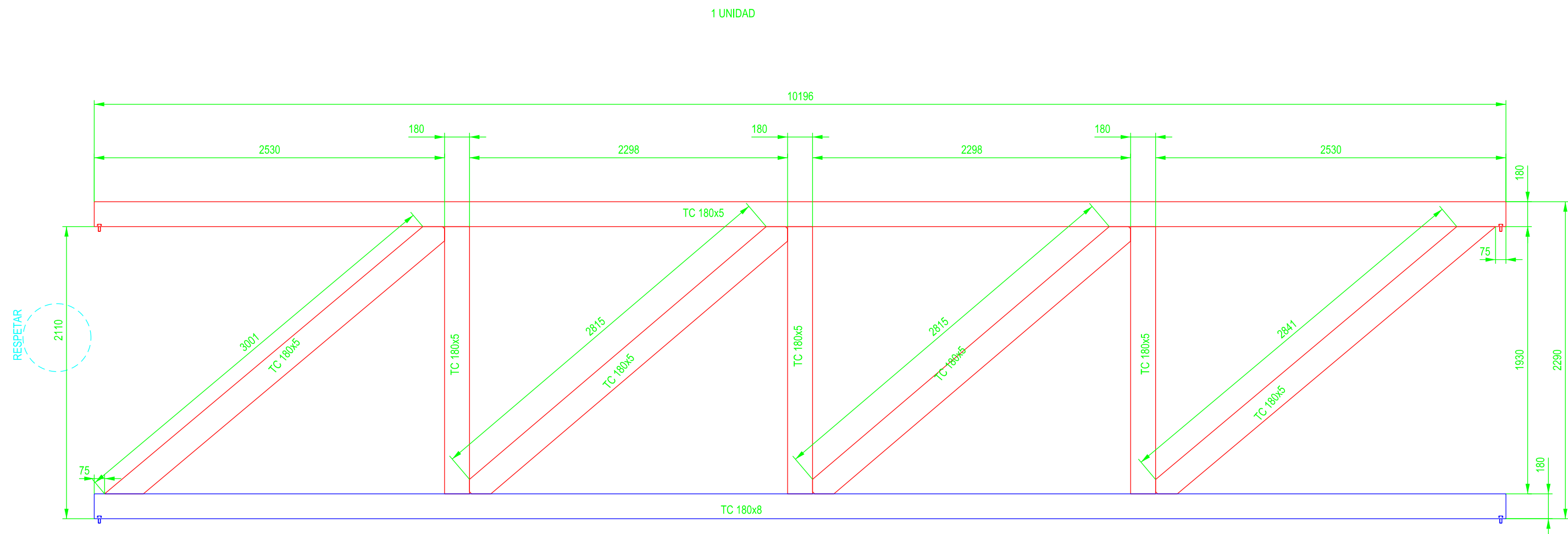
Celosía cruz "K" fachada longitudinal A-A. Vanos A10-A11 y A12-A13

FORMATO: A3

ESCALA: 1/30

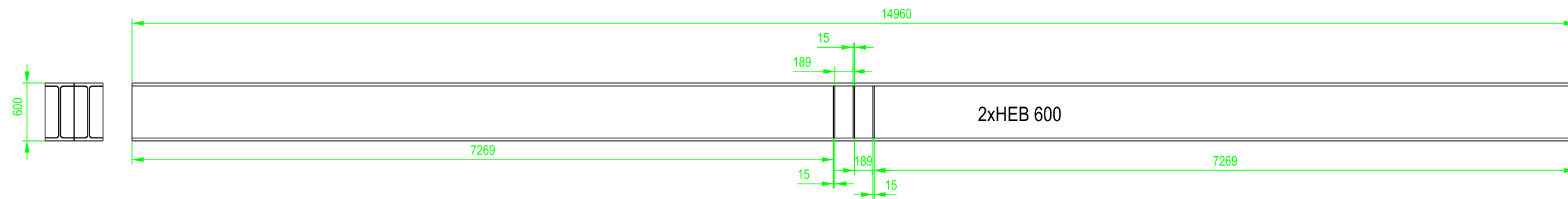
PLANO Nº:

PT-227

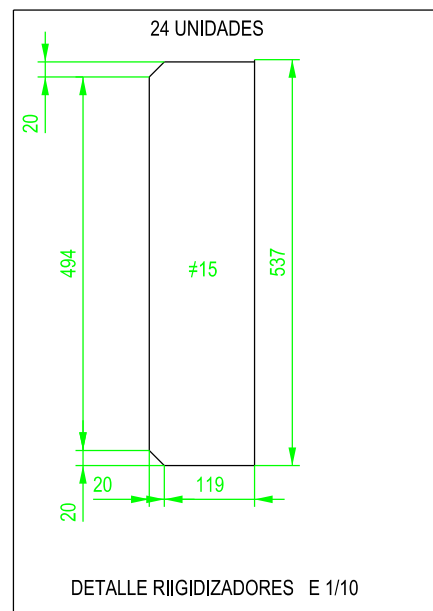


<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23</p> <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: Celosía cruz "K" fachada longitudinal A-A. Vano A24-A25	FORMATO: A3 ESCALA: 1/30	PLANO Nº: PT-228

2 UNIDADES



YA SE HAN DESCONTADO 9 mm PARA HOLGURA



MATERIAL: S275 JR

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Viga apoyo pilares A6 y B6
2xHEB 600

FORMATO: A3

ESCALA: 1/50

PLANO Nº:

PT-229

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.4. Arriostramientos.

3.4.1. Fachadas.

3.4.1.2. Longitudinal B-B

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

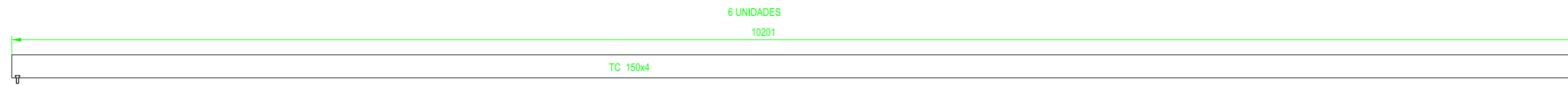
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

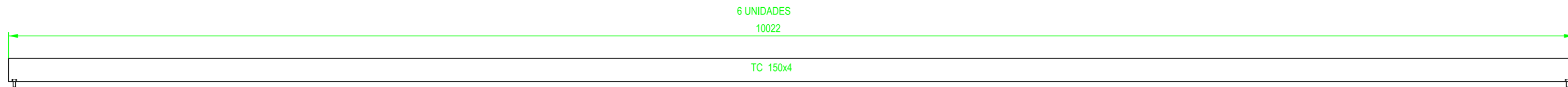
PLANO N° :

ESCALA:

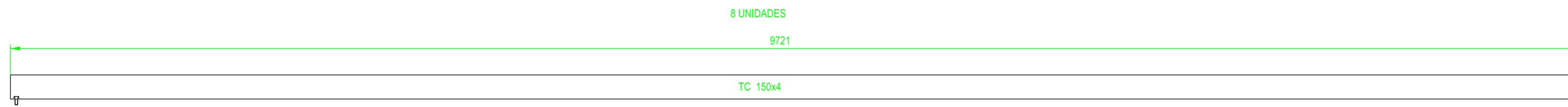
PT-229A



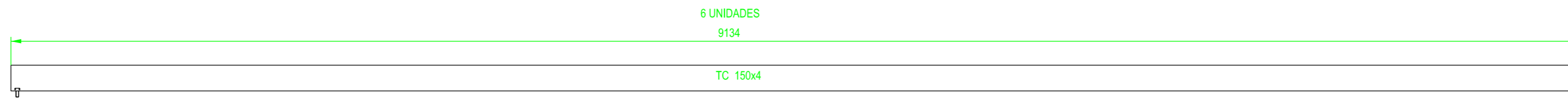
FACHADA LATERAL VANOS : B8-B9
B9-B10
B24-B25



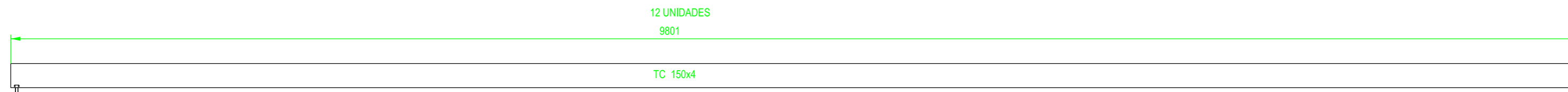
FACHADA LATERAL VANOS : B20-B21
B21-B22
B22-B23



FACHADA LATERAL VANOS : B16-B17
B17-B18
B18-B19
B19-B20

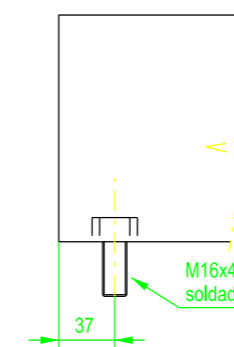


FACHADA LATERAL VANOS : B13-B14
B14-B15
B15-B16



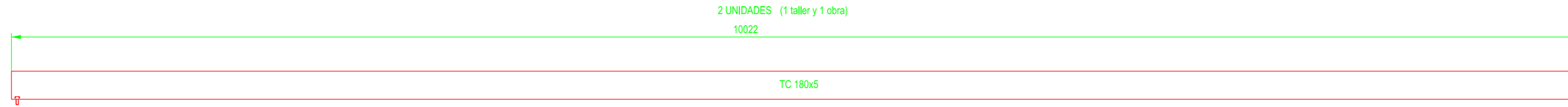
FACHADA LATERAL VANOS : B1-B2
B3-B4
B1-B2
B25-B26
B26-B27
B27-B28
B28-B29

EN TODOS LOS TUBOS
LOS DOS EXTREMOS

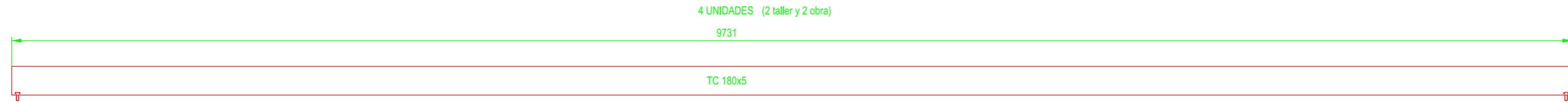


MATERIAL: S275 JOH

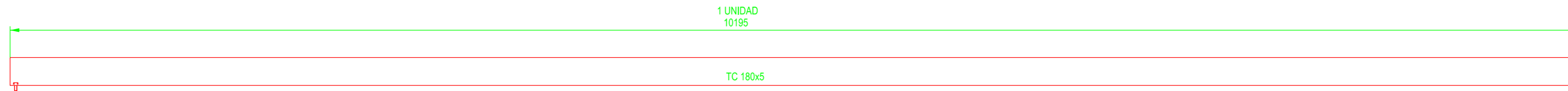
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Tubos atado TC150x4 fachada longitudinal B-B	FORMATO: A2 ESCALA: 1/25	PLANO Nº : PT-230	



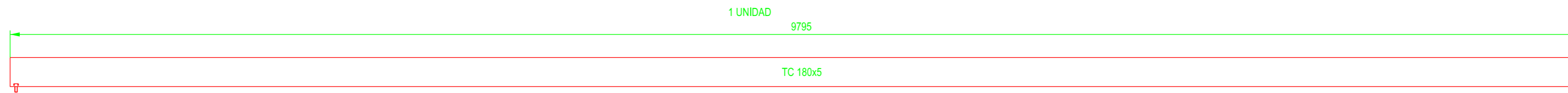
FACHADA LATERAL VANOS : B23-B24



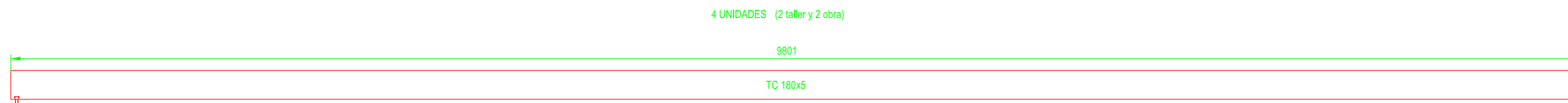
FACHADA LATERAL VANOS : B10-B11
B12-B13



FACHADA LATERAL VANOS : B7-B8

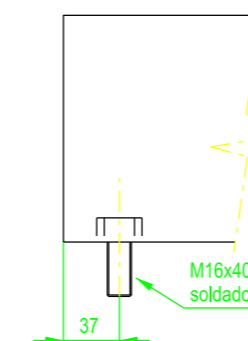


FACHADA LATERAL VANOS : B4-B5



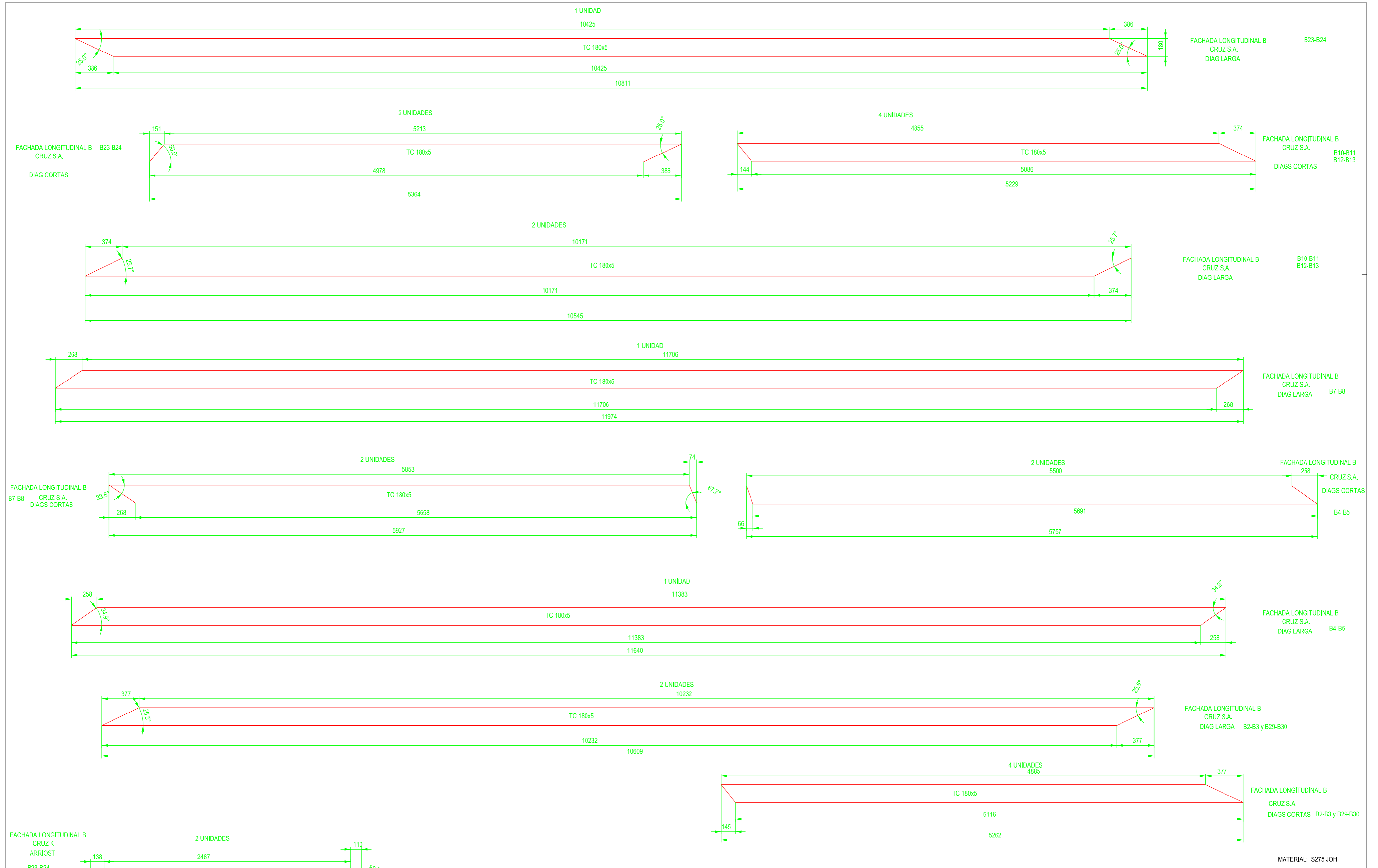
FACHADA LATERAL VANOS : B2-B3 B29-B30

EN TODOS LOS TUBOS
LOS DOS EXTREMOS



MATERIAL: S275 JOH

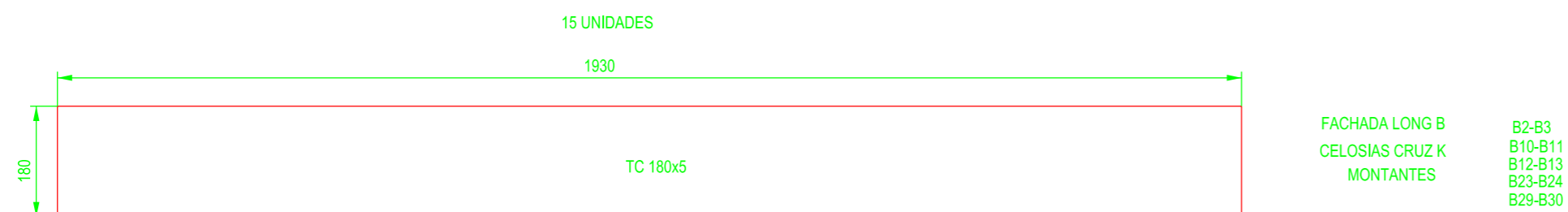
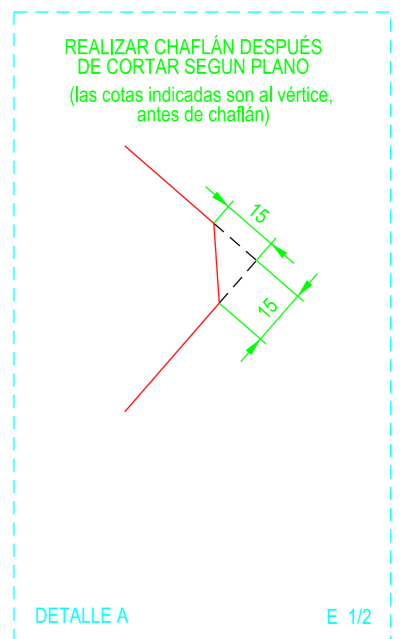
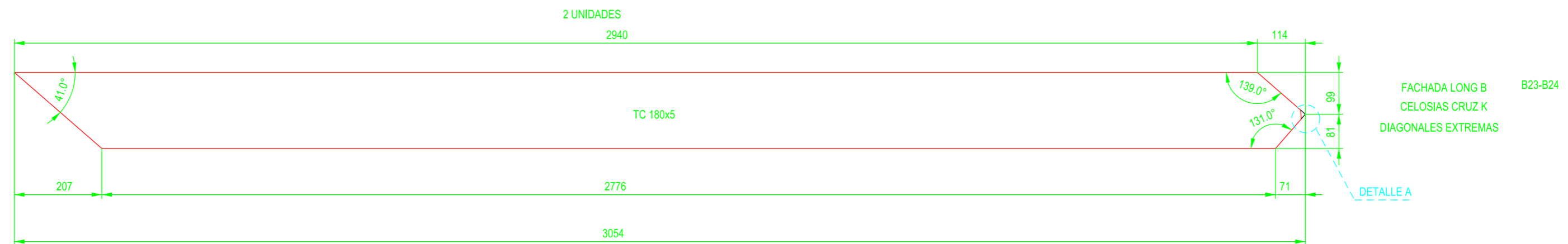
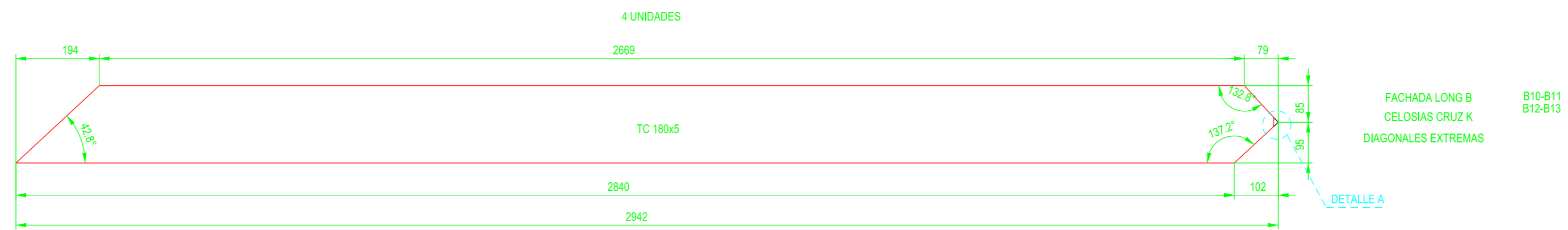
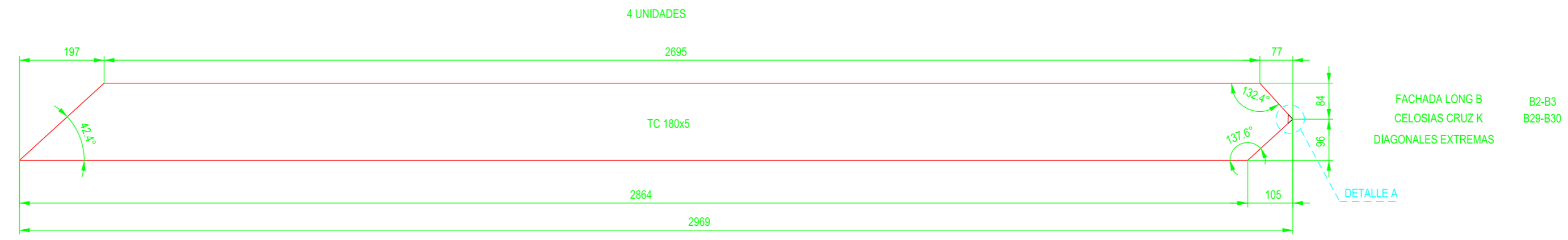
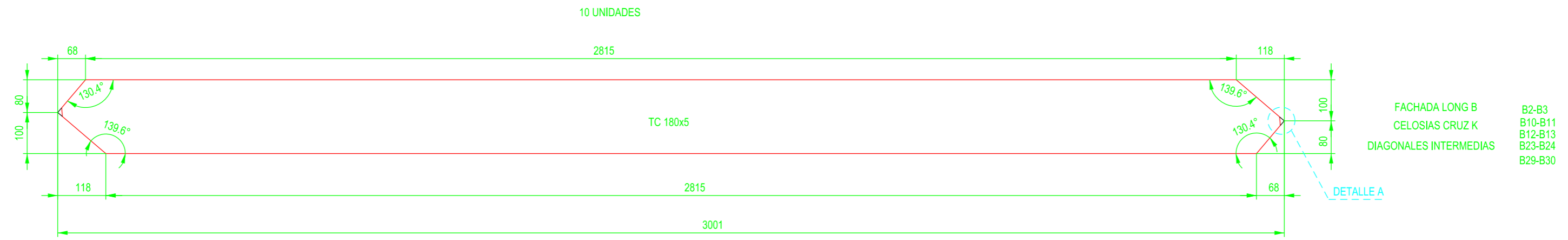
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Tubo atado TC 180x5 fachada longitudinal B-B	FORMATO: A2 ESCALA: 1/25	PLANO Nº : PT-231	



MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Diagonales TC 180x5 fachada longitudinal B-B		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
	PLANO Nº: PT-232		

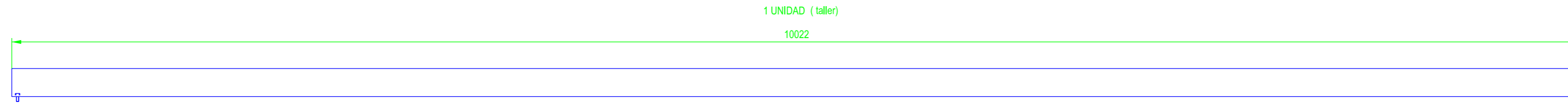
FACHADA LONGITUDINAL B
 CRUZ K
 ARRIOST
 B2-B3
 B10-B11
 B12-B13
 B29-B30



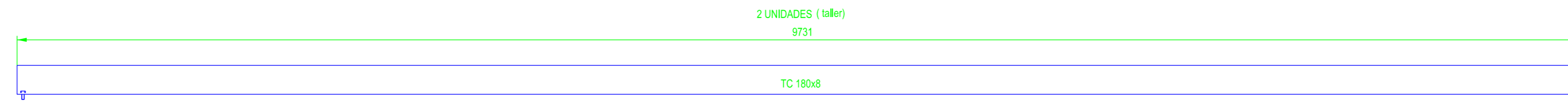
TODAS ESTAS PIEZAS, JUNTO A LOS TUBOS DE ATADO CORRESPONDIENTES, SE QUEDAN EN TALLER PARA CONSTRUIR LAS CELOSÍAS

MATERIAL: S275 JOH

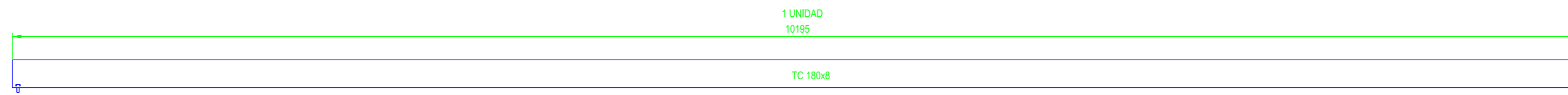
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TÍTULO PLANO: Montantes y diagonales celosías TC 180x5 fachada longitudinal B-B		FORMATO: A2 ESCALA: 1/10
			PLANO Nº: PT-233



FACHADA LATERAL VANOS : B23-B24
LONGITUD PEDIDO 10,400



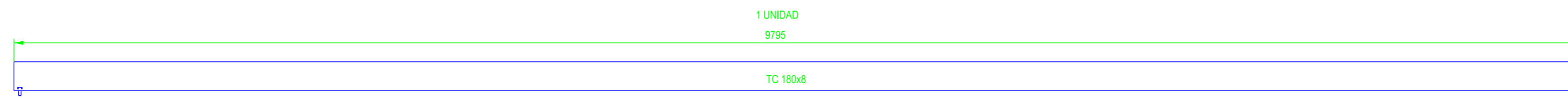
FACHADA LATERAL VANOS : B10-B11
B12-B13
LONGITUD PEDIDO 10,000



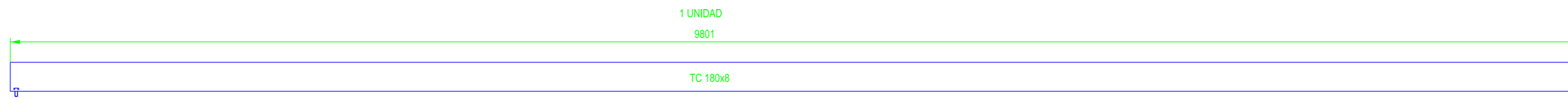
FACHADA LATERAL VANOS : B7-B8
LONGITUD PEDIDO 10,400



FACHADA LATERAL VANOS : B5-B6
B6-B7
LONGITUD PEDIDO 8,000

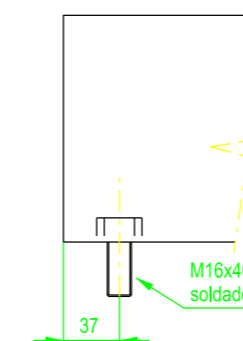


FACHADA LATERAL VANOS : B4-B5
LONGITUD PEDIDO 10,000



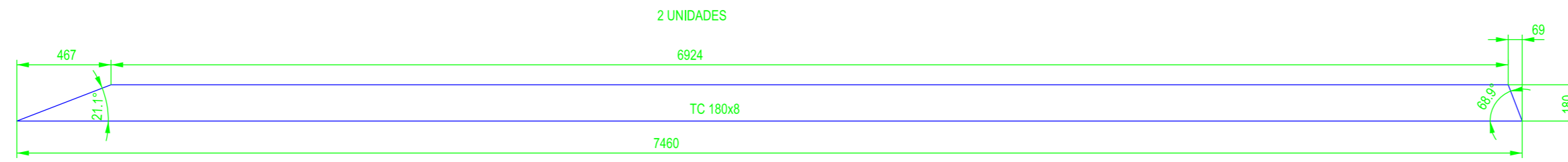
FACHADA LATERAL VANOS : B2-B3
LONGITUD PEDIDO 10,000

EN TODOS LOS TUBOS
LOS DOS EXTREMOS



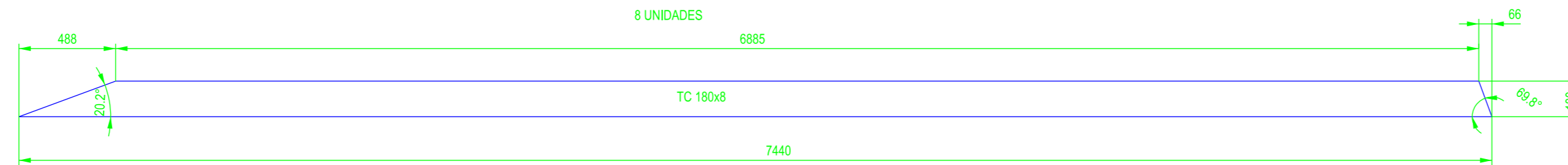
MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Tubos atado TC 180x8 fachada longitudinal B-B	FORMATO: A2 ESCALA: 1/25	PLANO Nº : PT-234	



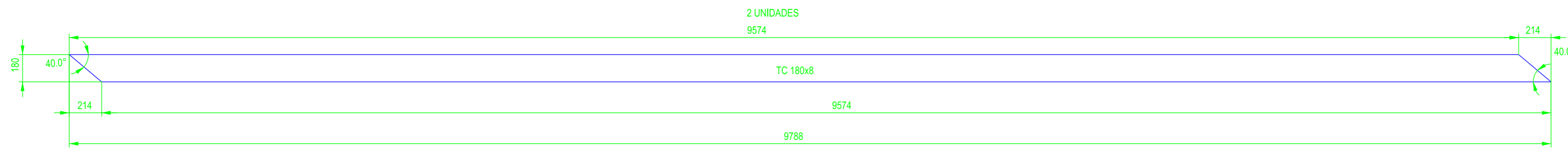
FACHADA LONGITUDINAL B
CRUZ K
LONGITUD PEDIDO 8500

B23-B24



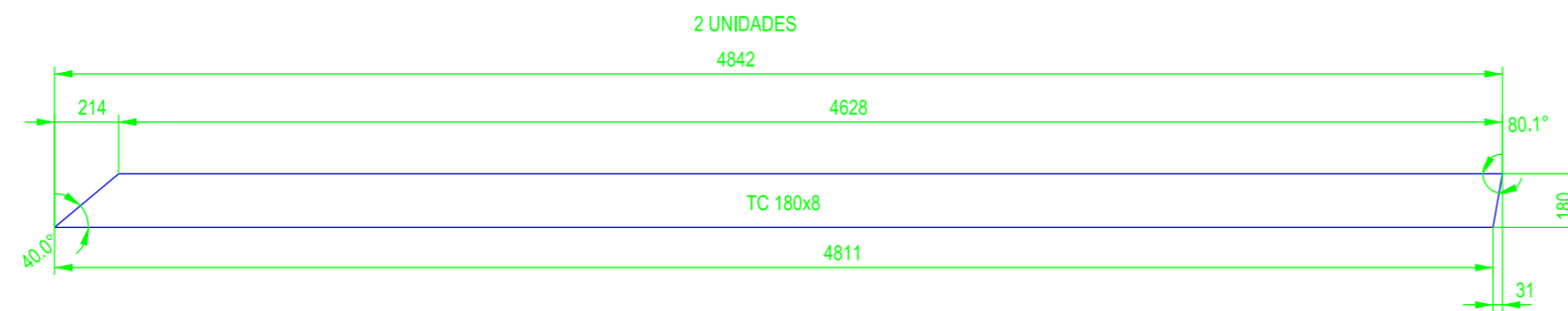
FACHADA LONGITUDINAL B
CRUZ K
LONGITUD PEDIDO 8500

B2-B3
B10-B11
B11-B12
B29-B30



FACHADA LONGITUDINAL B
CRUZ S.A.
DIAG LARGA
LONGITUD PEDIDO 10.000

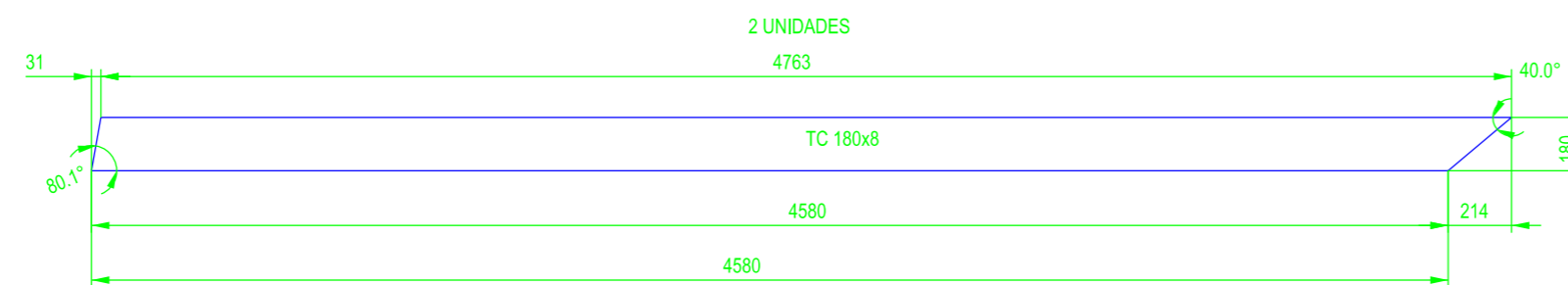
B5-B6
B6-B7



FACHADA LONGITUDINAL B
CRUZ S.A.
DIAG CORTA SUP

B5-B6
B6-B7

LONGITUD PEDIDO 10.000 (1/2)



FACHADA LONGITUDINAL B
CRUZ S.A.
DIAG CORTA INF

B5-B6
B6-B7

LONGITUD PEDIDO 10.000 (1/2)

MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Diagonales TC 180x8 fachada longitudinal B-B

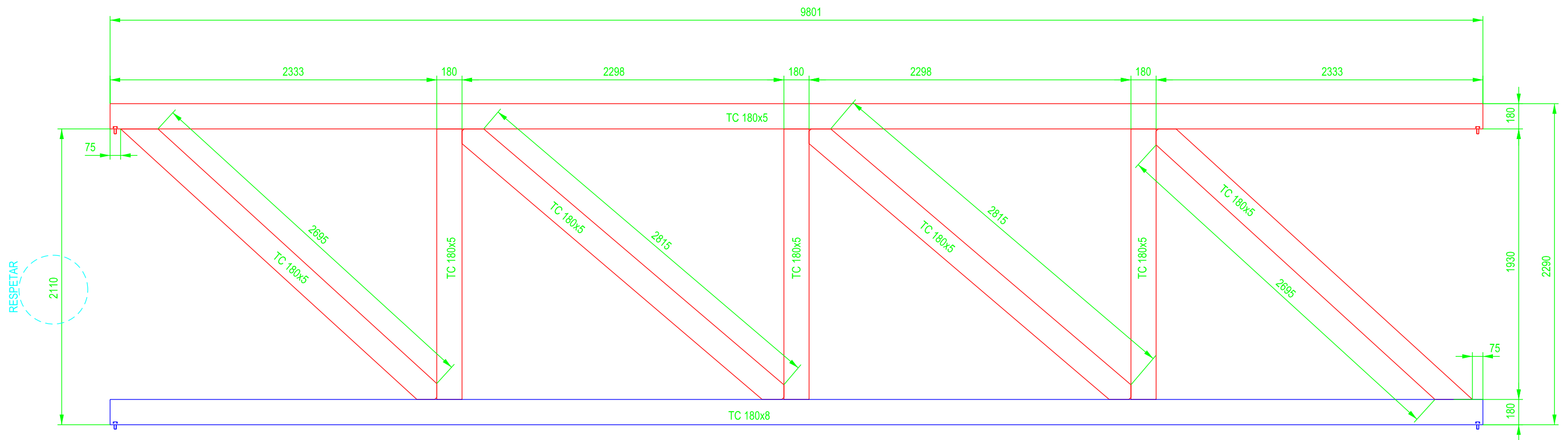
FORMATO: A2

ESCALA: 1/25

PLANO Nº:

PT-235

2 UNIDADES



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

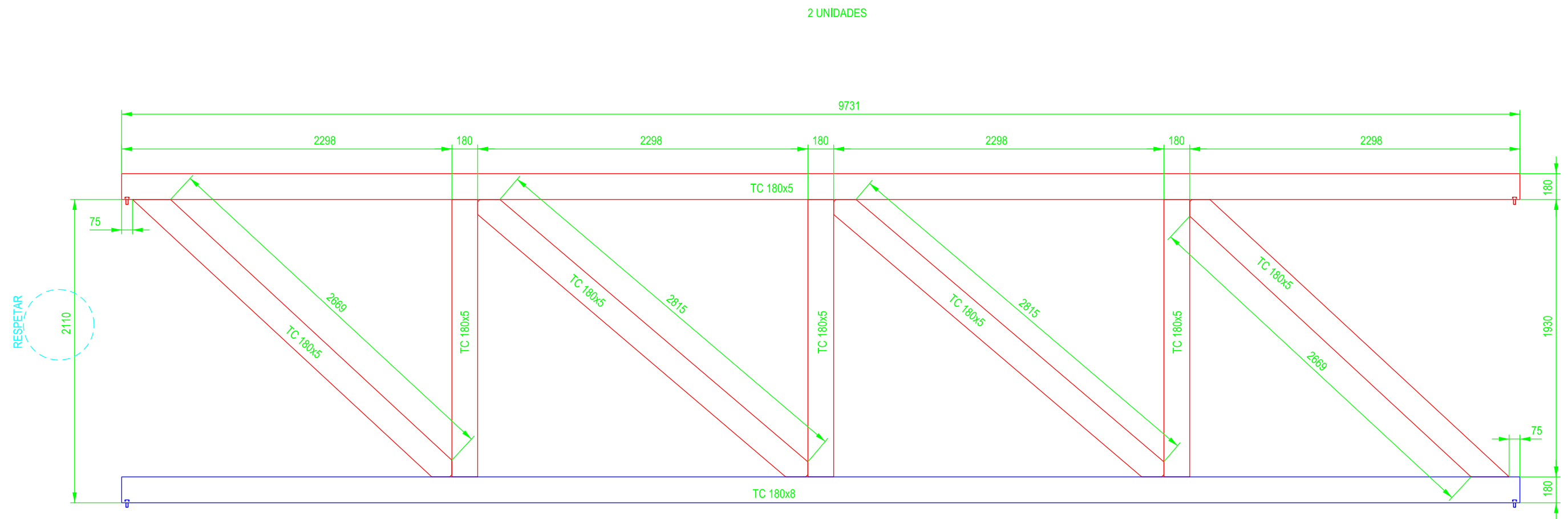
Celosia cruz "K" fachada longitudinal B-B. Vanos B2-B3 y B29-B30

FORMATO: A3

ESCALA: 1/30

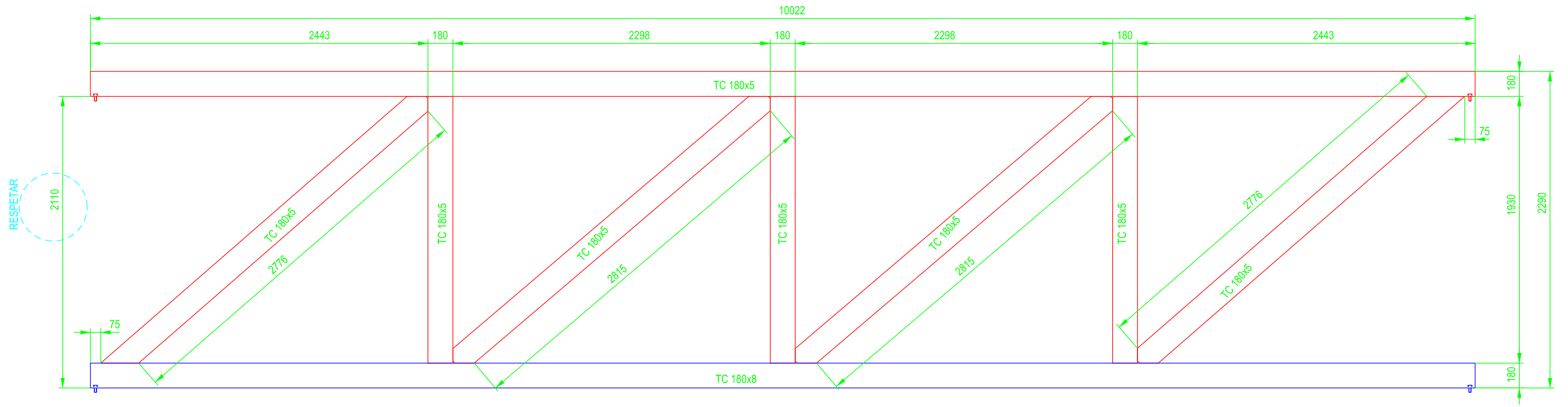
PLANO Nº:

PT-236



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: Celosia cruz "K" fachada longitudinal B-B. Vanos B10-B11 y B12-B13	FORMATO: A3 ESCALA: 1/30	PLANO Nº: PT-237

1 UNIDAD



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO	
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Celosía cruz "K" fachada longitudinal B-B. Vano B23-B24	FORMATO: A3 ESCALA: 1/30
	PLANO Nº: PT-238

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.4. Arriostramientos.

3.4.1. Fachadas.

3.4.1.3. Longitudinal C-C

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PT-238A

FACHADA LATERAL VANOS : C2-C3
C3-C4

FACHADA LATERAL VANOS : C8-C9
C9-C10

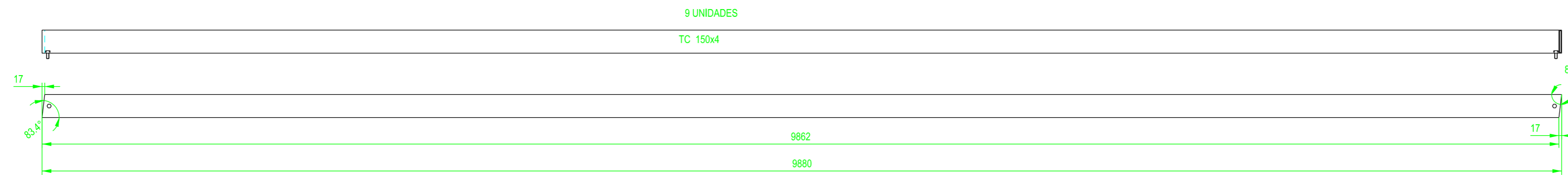
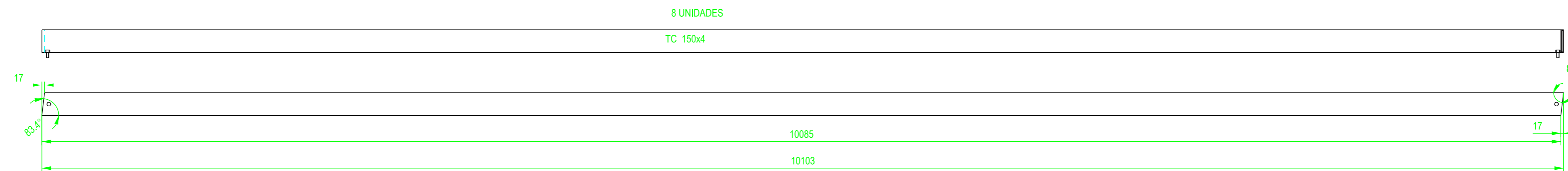
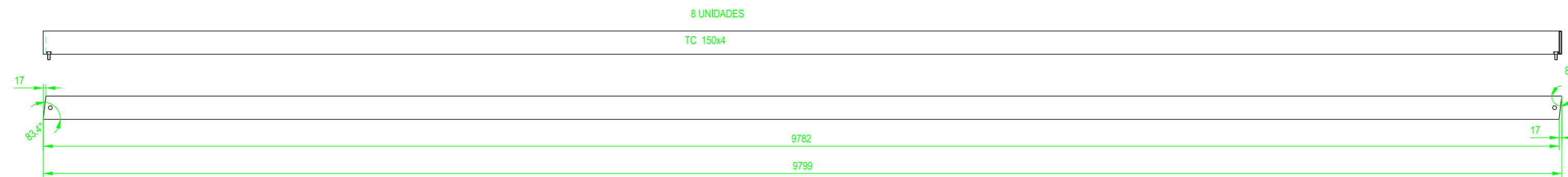
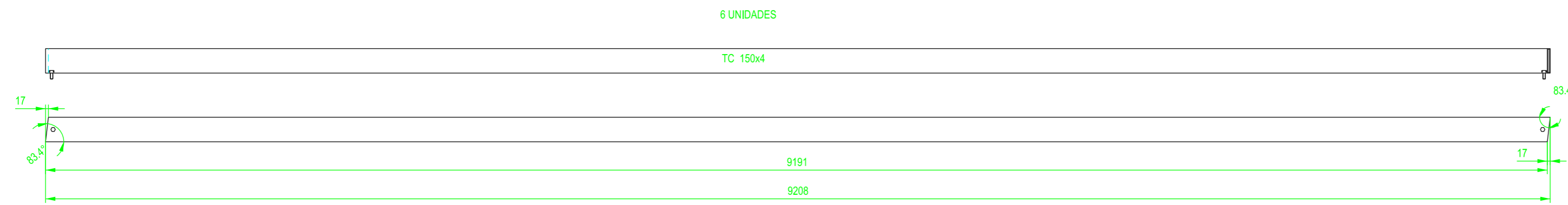
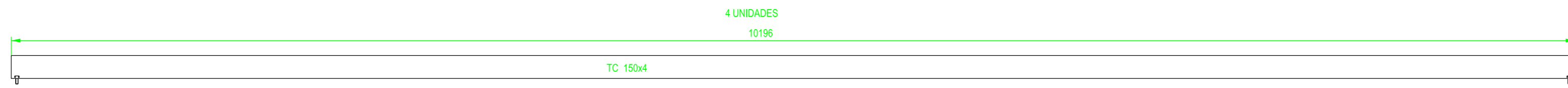
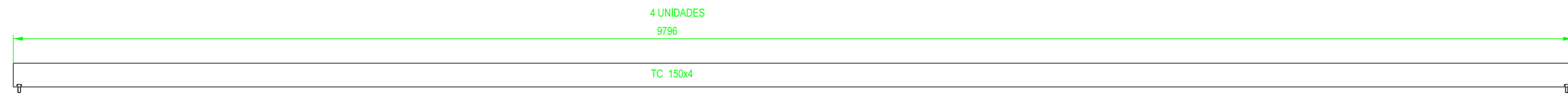
FACHADA LATERAL VANOS : C13-C14
C14-C15
C15-C16

FACHADA LATERAL VANOS : C16-C17
C17-C18
C18-C19
C19-C20

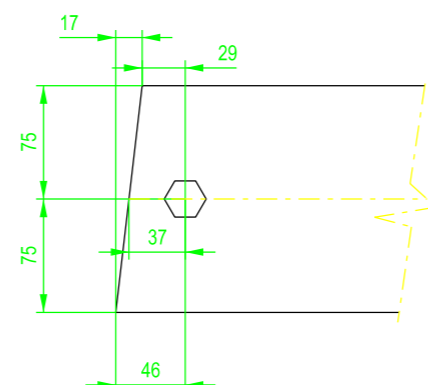
FACHADA LATERAL VANOS : C20-C21
C21-C22
C22-C23
C23-C24

FACHADA LATERAL C VANOS : C25-C26 (inf + sup)
C26-C27 (inf + sup)
C27-C28 (inf + sup)
C28-C29 (inf + sup)
C29-C30 (inf)

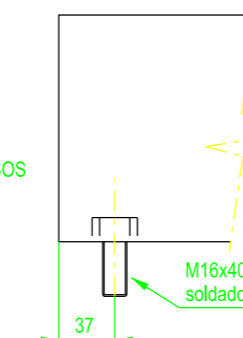
MATERIAL: S275 JOH



PLANTA SUPERIOR EN TUBOS CORTE INCLINADO (C13 a C24) LOS DOS EXTREMOS



SECCIÓN MEDIA EN TODOS LOS TUBOS LOS DOS EXTREMOS



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO:

Tubos atado TC 150x4 fachada longitudinal C-C

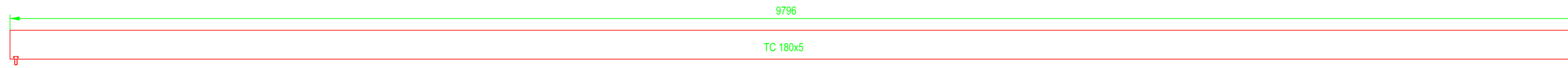
FORMATO: A2

ESCALA: 1/25

PLANO Nº:

PT-239

2 UNIDADES (1 taller y 1 obra)



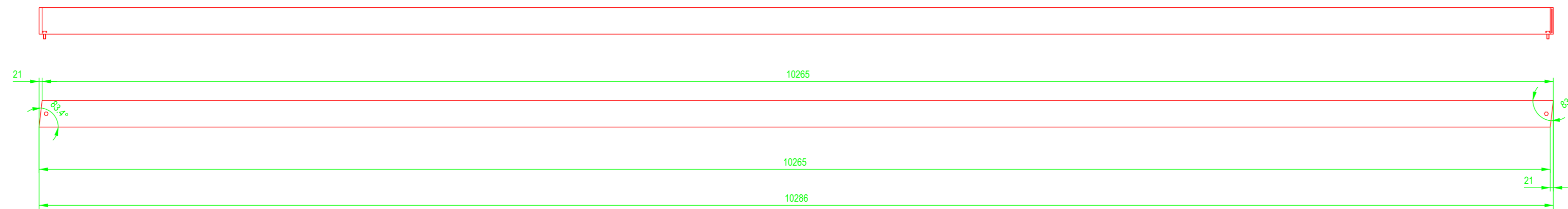
FACHADA LATERAL VANOS : C1-C2

4 UNIDADES (2 taller y 2 obra)



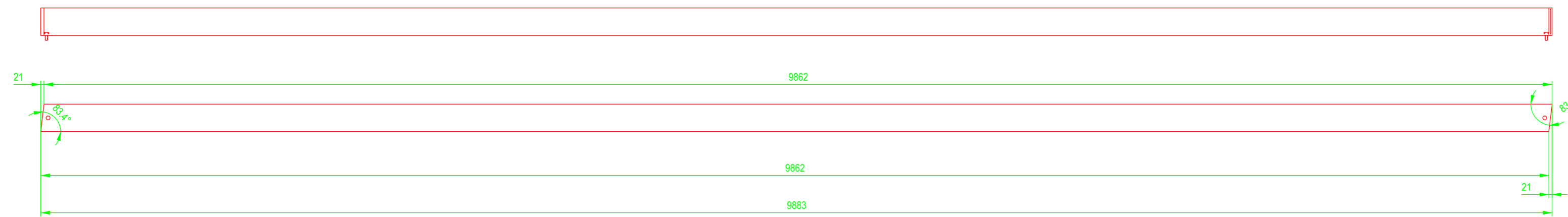
FACHADA LATERAL VANOS : C10-C11
C12-C13

2 UNIDADES (1 taller y 1 obra)



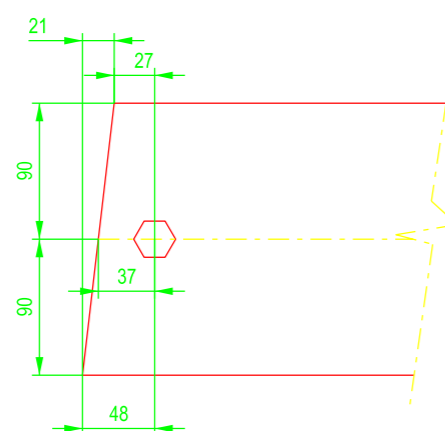
FACHADA LATERAL VANOS : C24-C25

1 UNIDAD

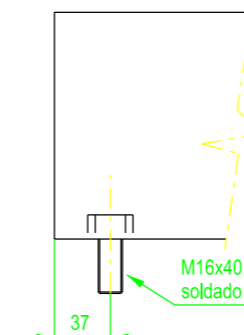


FACHADA LATERAL C VANOS : C29-C30 (sup)

PLANTA SUPERIOR EN TUBOS CORTE INCLINADO
(C24-C25)
LOS DOS EXTREMOS



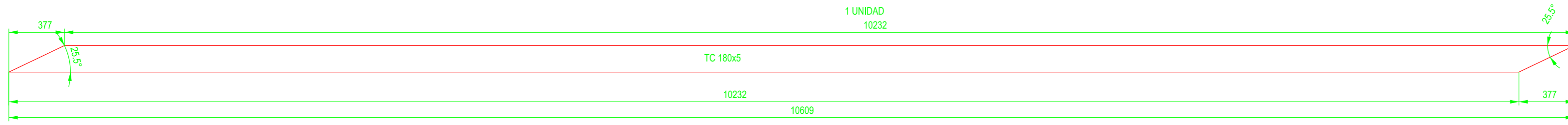
SECCIÓN MEDIA EN TODOS LOS TUBOS
LOS DOS EXTREMOS



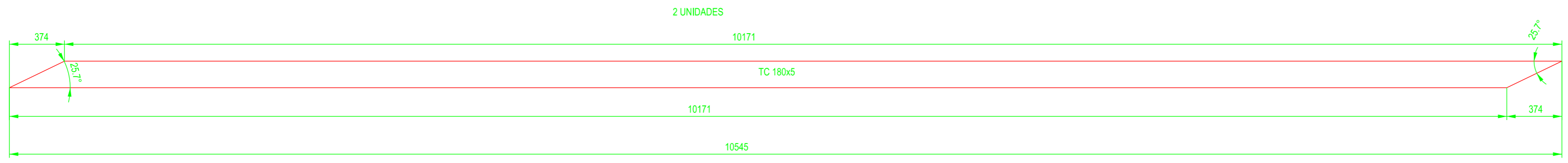
MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

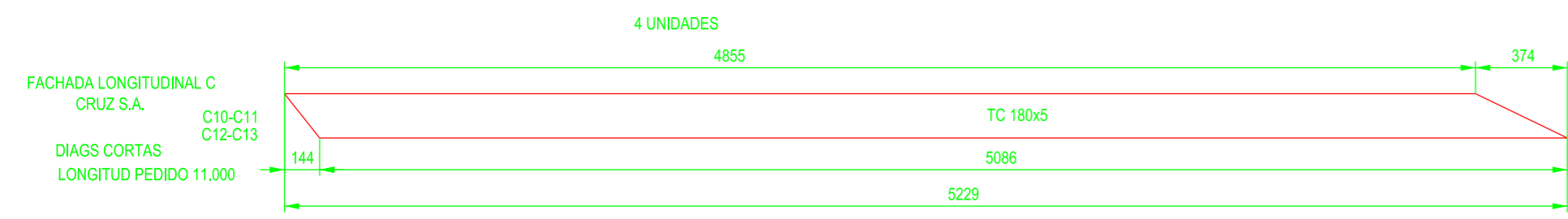
TRABAJO FINAL DE GRADO			
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "			
AUTOR: Ramón Tercero Herrerros		TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Tubos atado TC 180x5 fachada longitudinal C-C		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25	PLANO Nº: PT-240



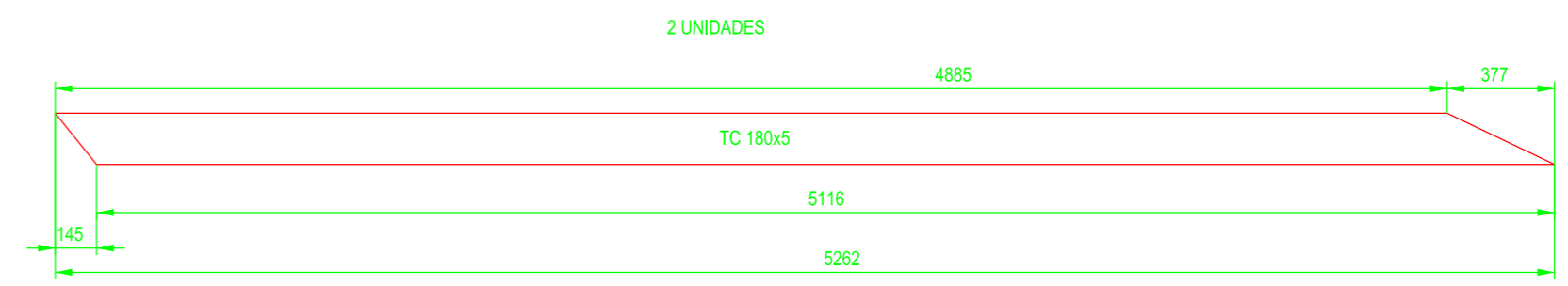
FACHADA LONGITUDINAL C
CRUZ S.A.
DIAG LARGA C1-C2



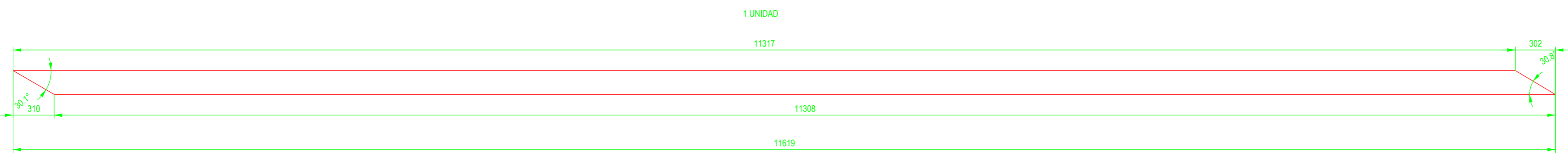
FACHADA LONGITUDINAL C
CRUZ S.A.
DIAG LARGA C10-C11
C12-C13



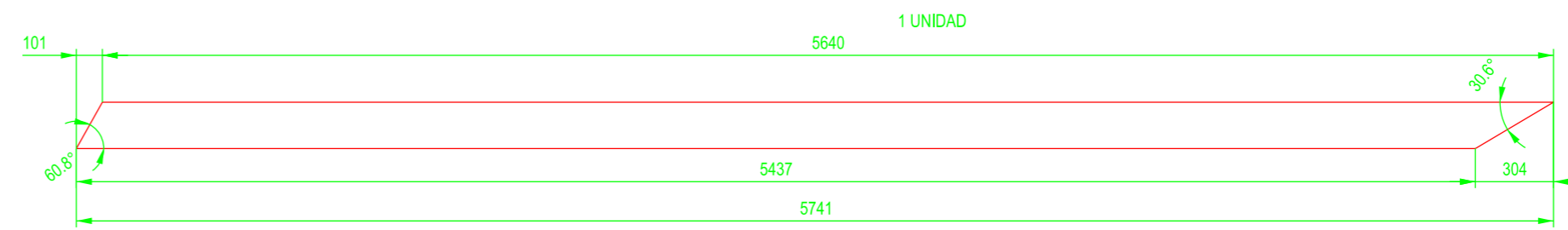
FACHADA LONGITUDINAL C
CRUZ S.A.
C10-C11
C12-C13
DIAGS CORTAS
LONGITUD PEDIDO 11.000



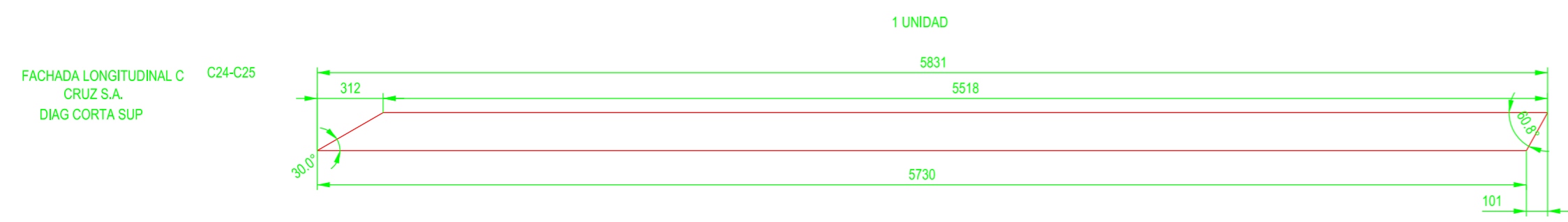
FACHADA LONGITUDINAL C
CRUZ S.A.
DIAGS CORTAS C1-C2



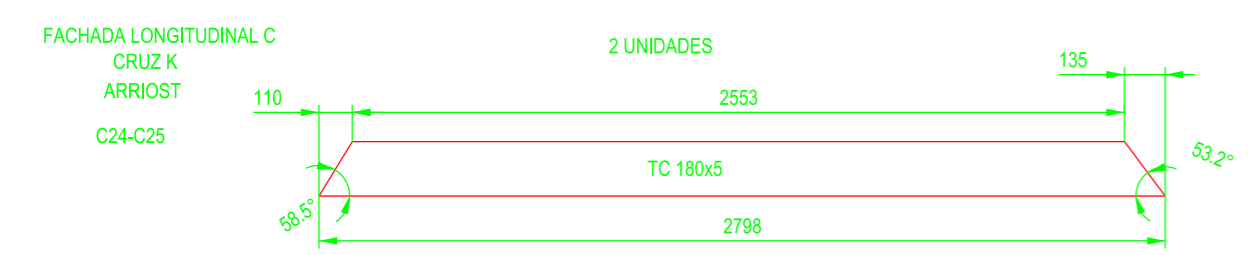
FACHADA LONGITUDINAL C
CRUZ S.A.
DIAG LARGA C24-C25



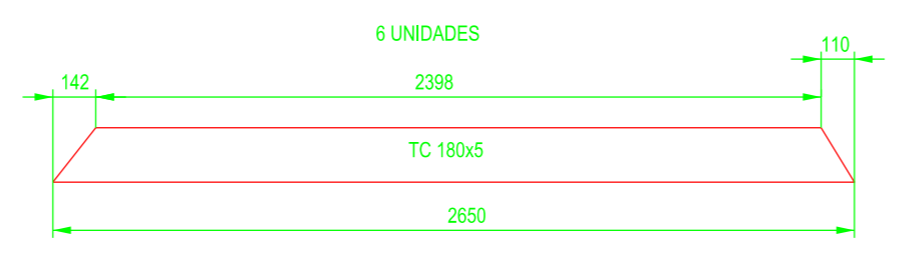
FACHADA LONGITUDINAL C
CRUZ S.A.
DIAG CORTA INF C24-C25



FACHADA LONGITUDINAL C
CRUZ S.A.
DIAG CORTA SUP C24-C25



FACHADA LONGITUDINAL C
CRUZ K
ARRIOST C24-C25



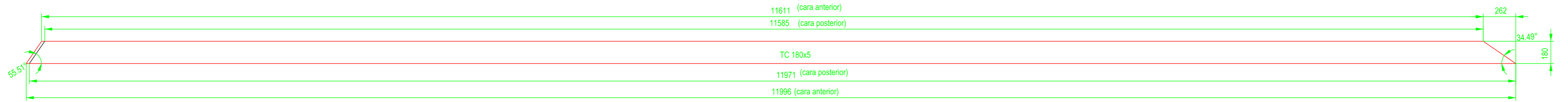
FACHADA LONGITUDINAL C
CRUZ K
ARRIOST C1-C2
C10-C11
C12-C13

MATERIAL: S275 JOH

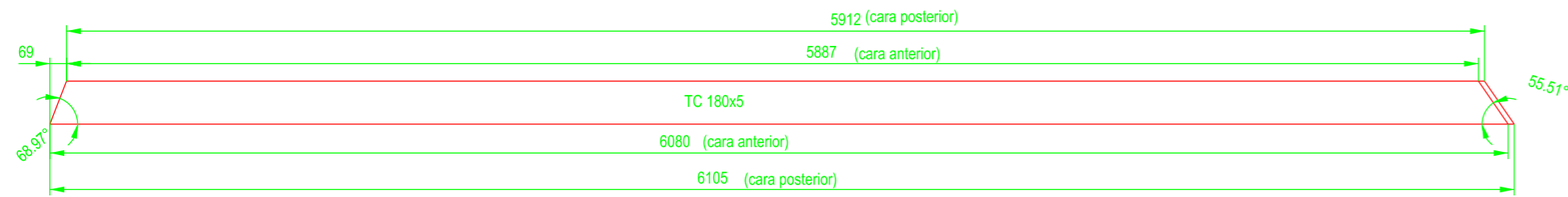
ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO		
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Diagonales TC 180x5 fachada longitudinal C-C (1 de 2)	FORMATO: A2 ESCALA: 1/25	PLANO Nº: PT-241

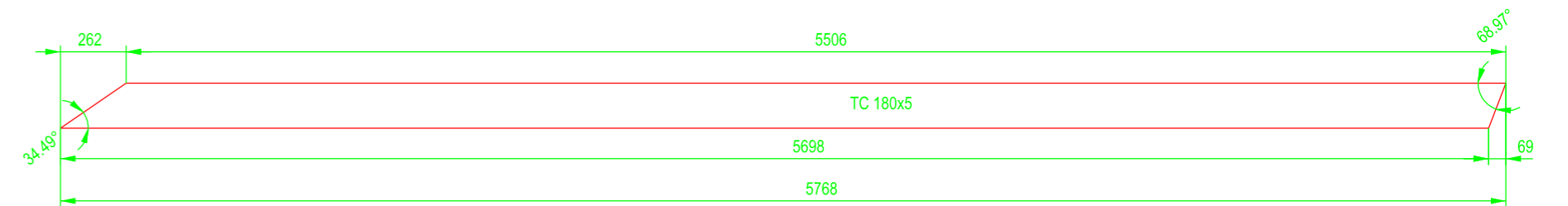
DIAGONAL LARGA CRUZ INFERIOR
1 UNIDAD



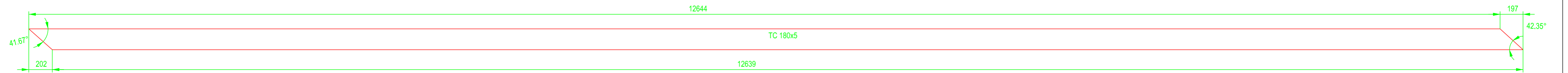
DIAGONAL CORTA INFERIOR, CRUZ INFERIOR
1 UNIDAD



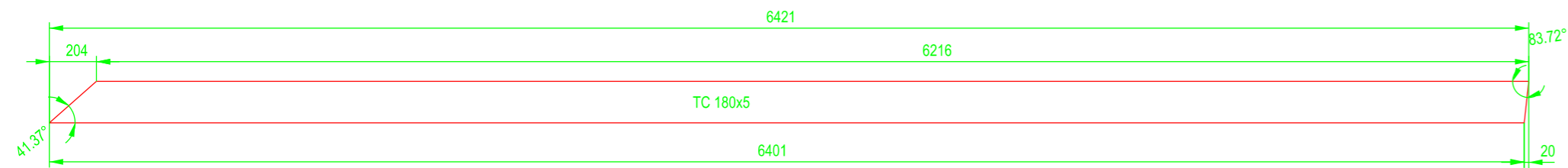
DIAGONAL CORTA SUPERIOR, CRUZ INFERIOR
1 UNIDAD



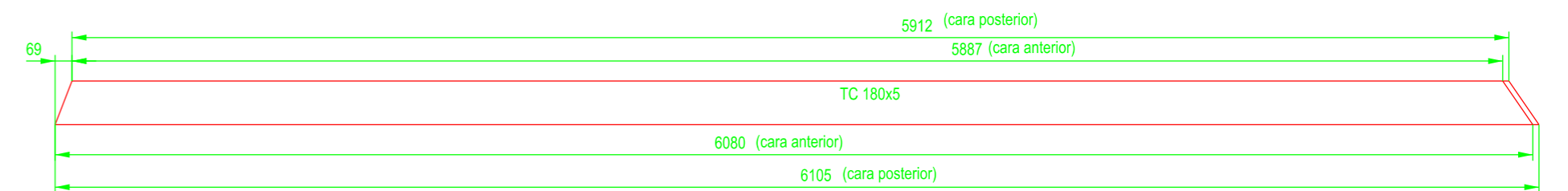
DIAGONAL LARGA, CRUZ SUPERIOR
1 UNIDAD



DIAGONAL CORTA SUPERIOR, CRUZ SUPERIOR
1 UNIDAD

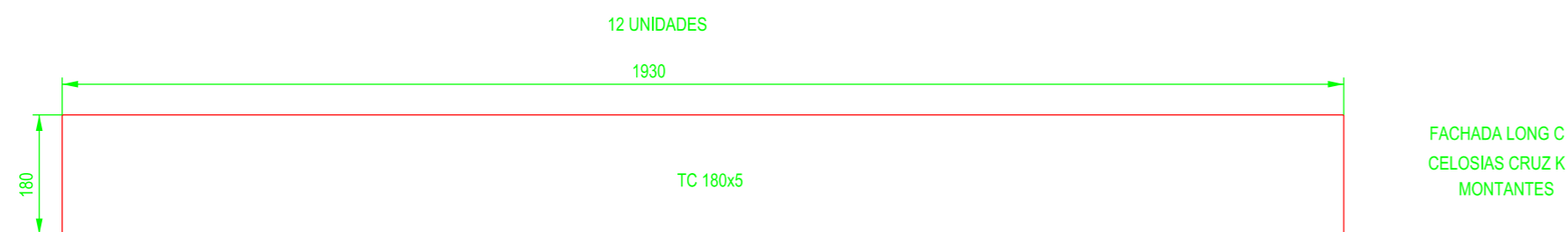
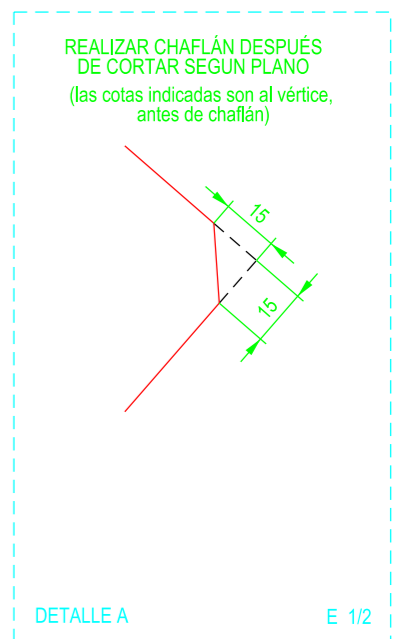
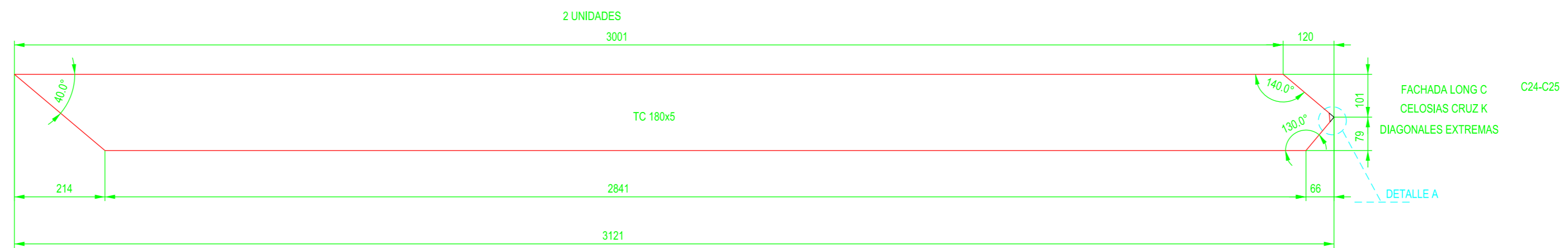
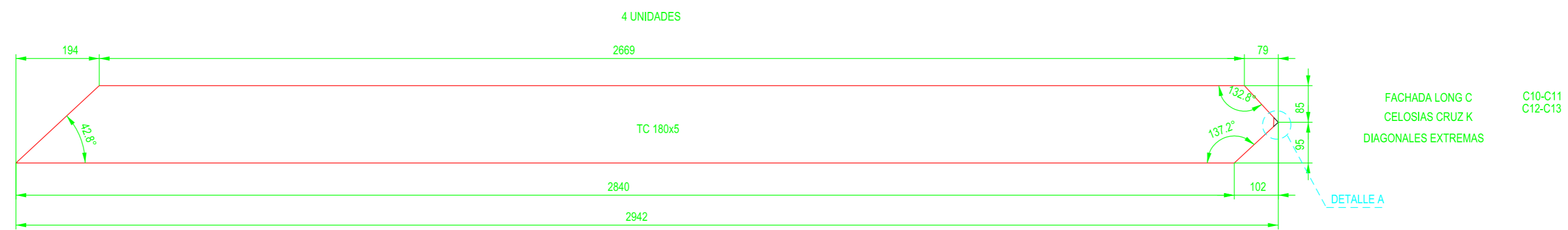
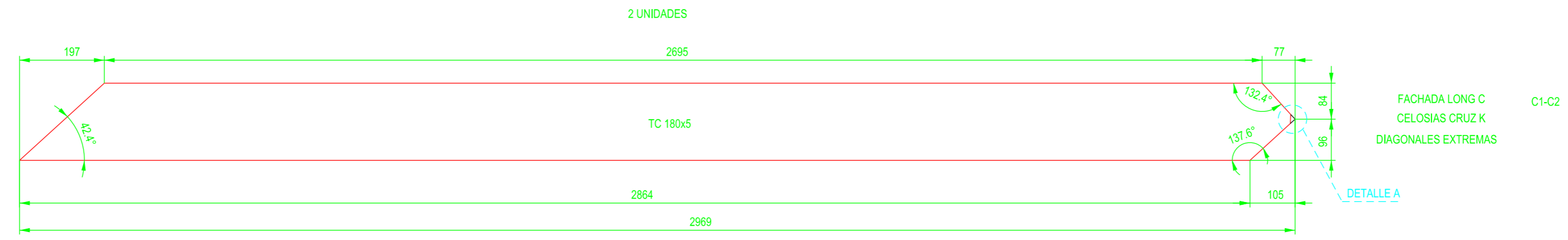
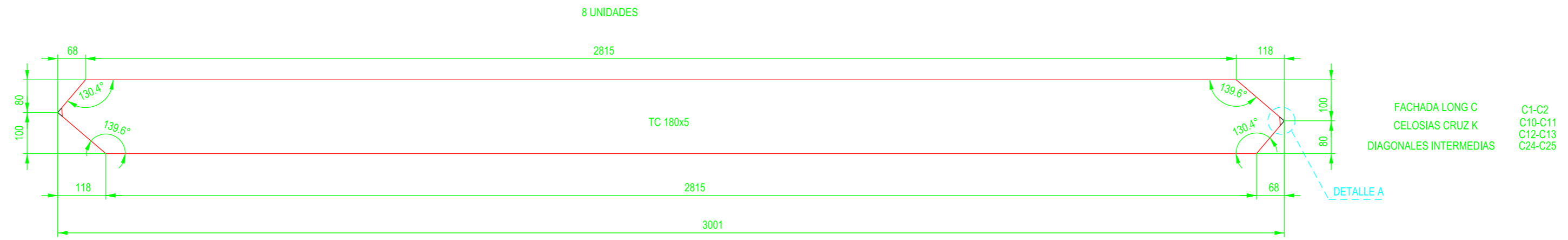


DIAGONAL CORTA INFERIOR, CRUZ SUPERIOR
1 UNIDAD



MATERIAL: S275 JOH

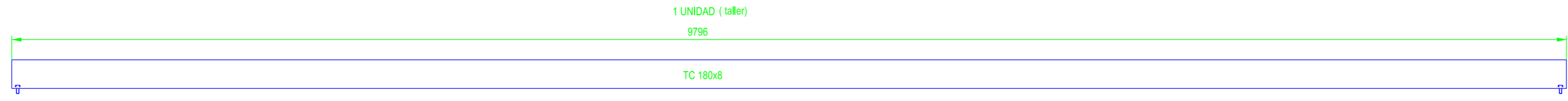
<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "</p>		
	<p>AUTOR: Ramón Tercero Herreros</p>		<p>TUTOR: D. Julián Alcalá González</p>
	<p>TÍTULO PLANO: Diagonales TC 180x5 fachada longitudinal C-C (2 de 2)</p>		<p>FORMATO: A2 ESCALA: 1/25</p>
	<p>PLANO Nº: PT-242</p>		



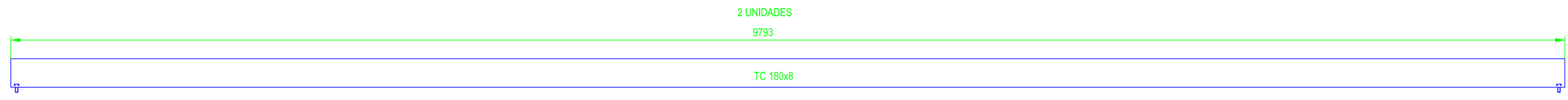
TODAS ESTAS PIEZAS, JUNTO A LOS TUBOS DE ATADO CORRESPONDIENTES, SE QUEDAN EN TALLER PARA CONSTRUIR LAS CELOSÍAS

MATERIAL: S275 JOH

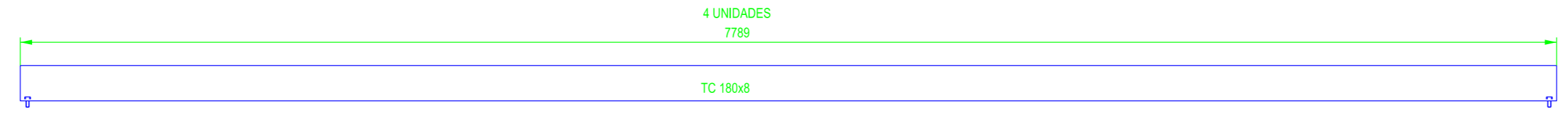
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TÍTULO PLANO: Montantes y diagonales celosías TC 180x5 fachada longitudinal C-C		FORMATO: A2 ESCALA: 1/10
			PLANO Nº: PT-243



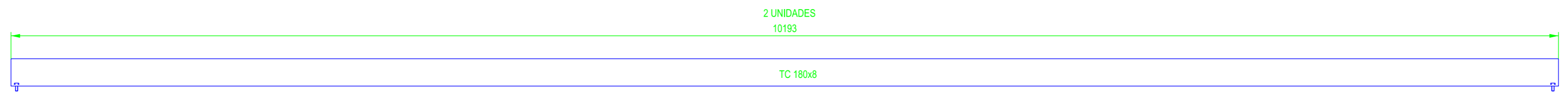
FACHADA LATERAL VANOS : C1-C2



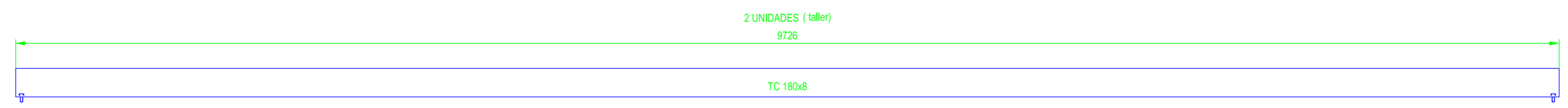
FACHADA LATERAL VANOS : C4-C5



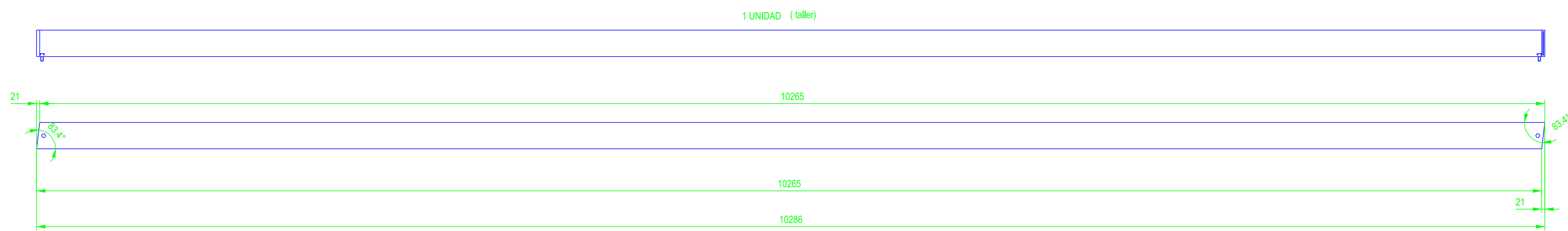
FACHADA LATERAL VANOS : C5-C6
C6-C7



FACHADA LATERAL VANOS : C7-C8

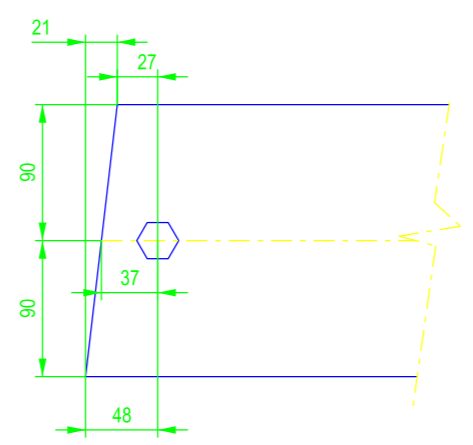


FACHADA LATERAL VANOS : C10-C11
C12-C13

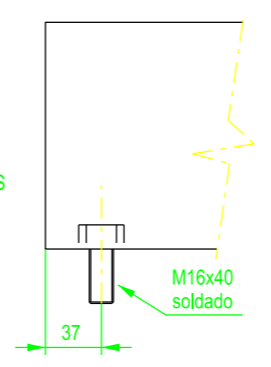


FACHADA LATERAL VANOS : C24-C25

PLANTA SUPERIOR EN TUBOS CORTE INCLINADO (C24-C25)
LOS DOS EXTREMOS



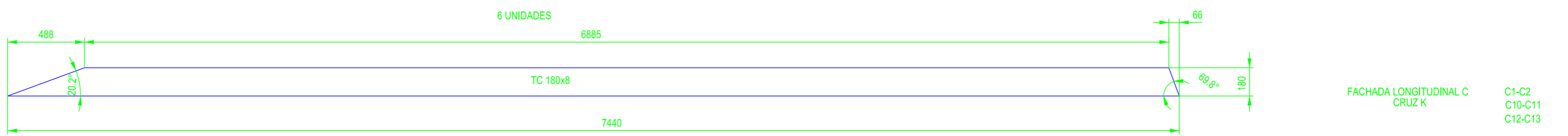
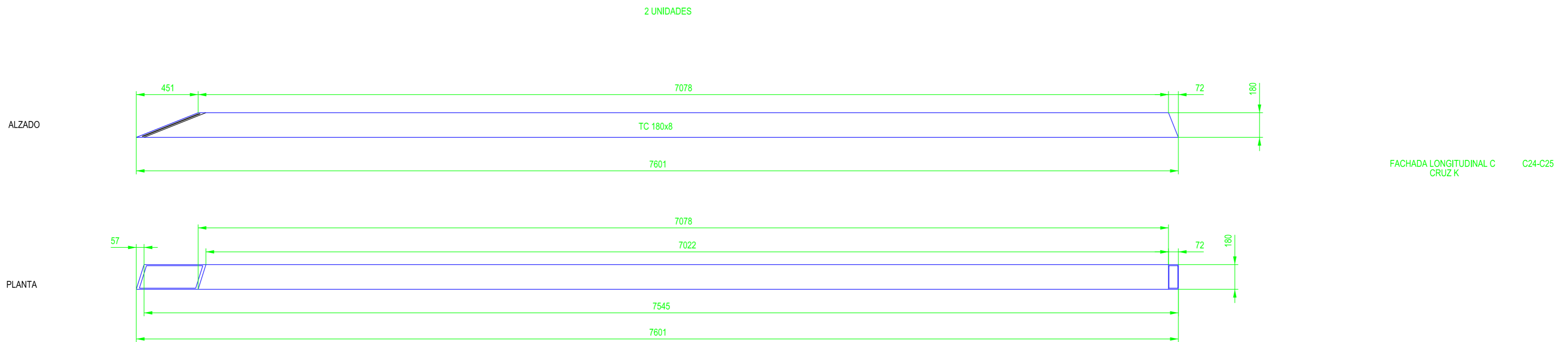
SECCIÓN MEDIA EN TODOS LOS TUBOS
LOS DOS EXTREMOS



MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

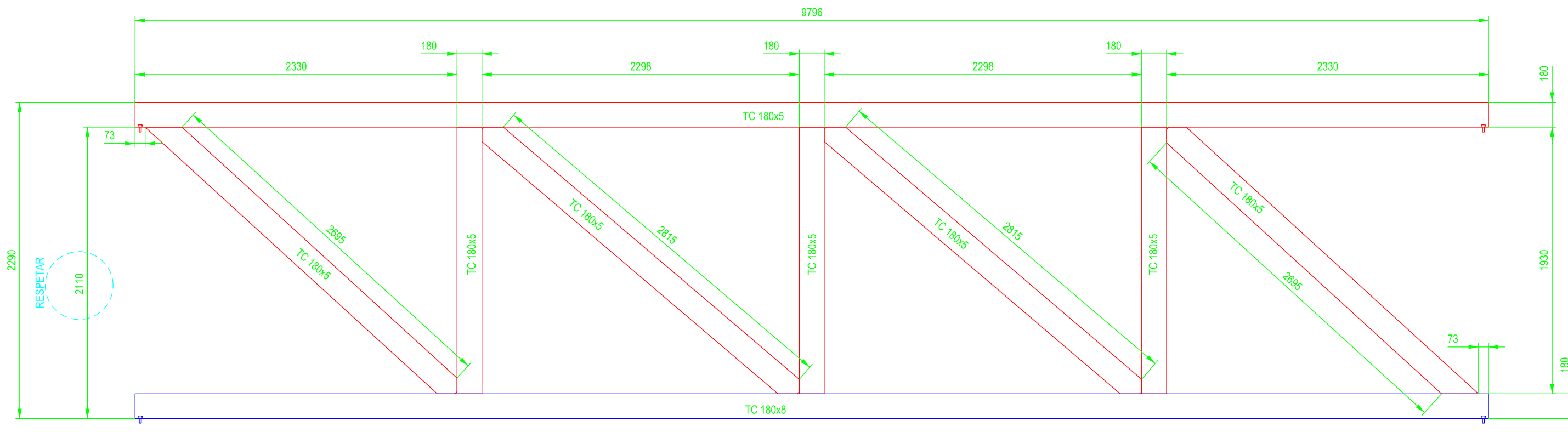
TRABAJO FINAL DE GRADO			
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "			
AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TÍTULO PLANO: Tubos atado TC 180x8 fachada longitudinal C-C		FORMATO: A2	PLANO Nº: PT-244
ESCALA: 1/25			



MATERIAL: S275 JOH

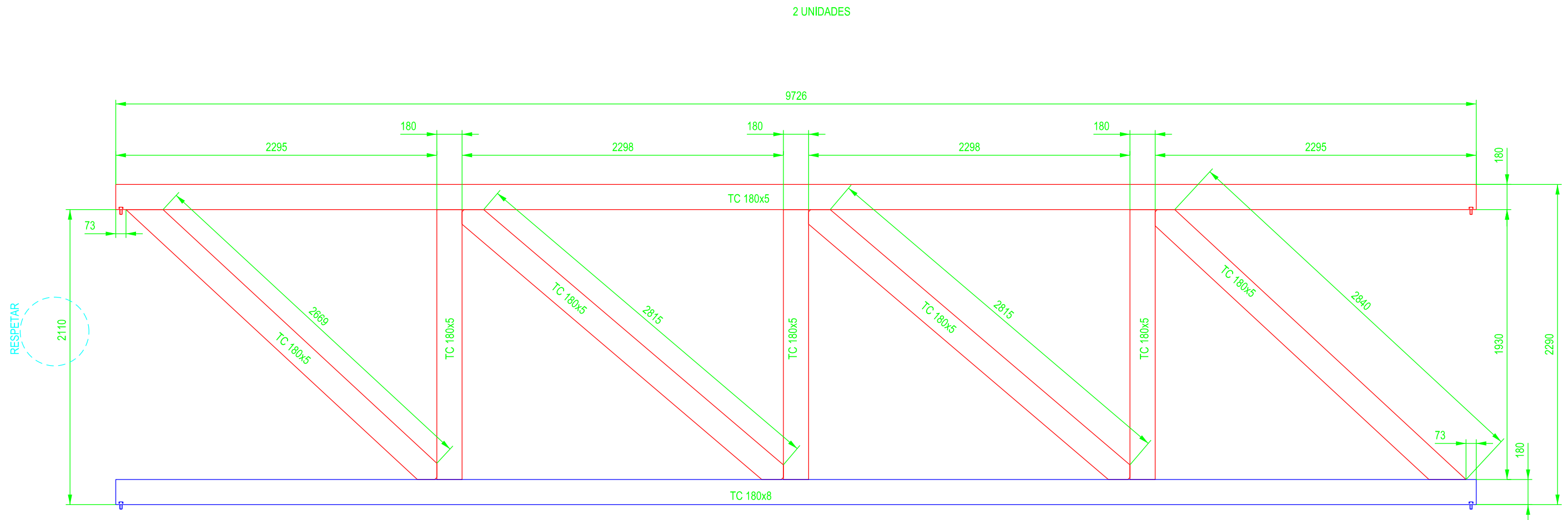
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: DiagonalesTC 180x8 fachada longitudinal C-C	FORMATO: A2 ESCALA: 1/25	PLANO Nº: PT-245

1 UNIDAD



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO	
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Celosia cruz "K" fachada longitudinal C-C . Vano C1-C2	FORMATO: A3 ESCALA: 1/30
	PLANO Nº: PT-246



ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23
 UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

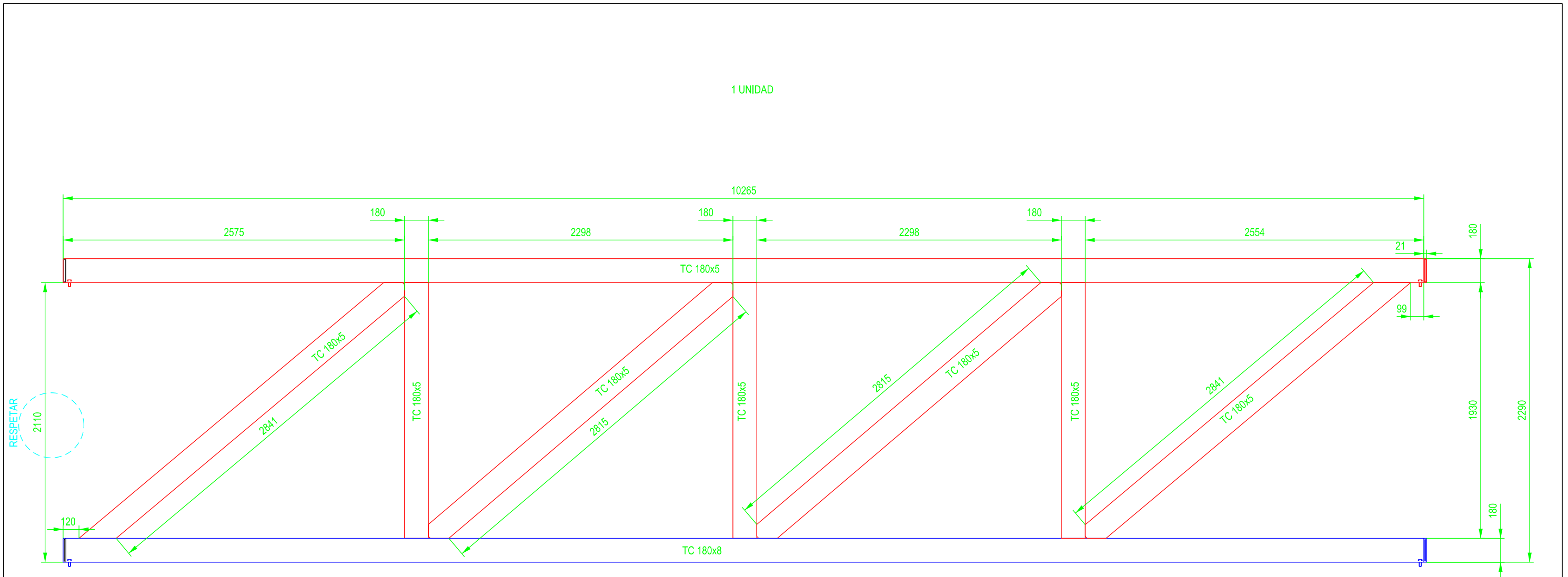
Celosia cruz "K" fachada longitudinal C-C . Vanos C10-C11 y C12-C13

FORMATO: A3

ESCALA: 1/30

PLANO Nº:

PT-247



<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23</p> <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>TRABAJO FINAL DE GRADO</p> <p>" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "</p>			
	<p>AUTOR: Ramón Tercero Herreros</p>		<p>TUTOR: D. Julián Alcalá González</p>	
	<p>TITULO PLANO: Celosía cruz "K" fachada longitudinal C-C . Vano C24-C25</p>		<p>FORMATO: A3</p>	<p>PLANO Nº: PT-248</p>
			<p>ESCALA: 1/30</p>	

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.4. Arriostramientos.

3.4.1. Fachadas.

3.4.1.4. Longitudinal A'-A'

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

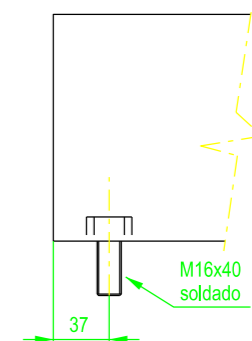
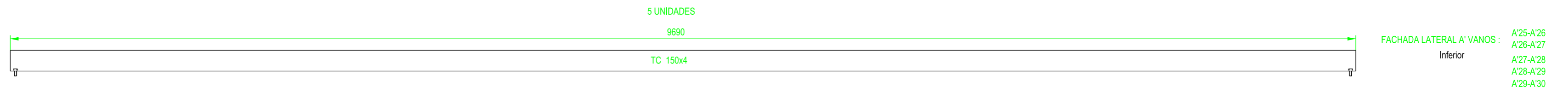
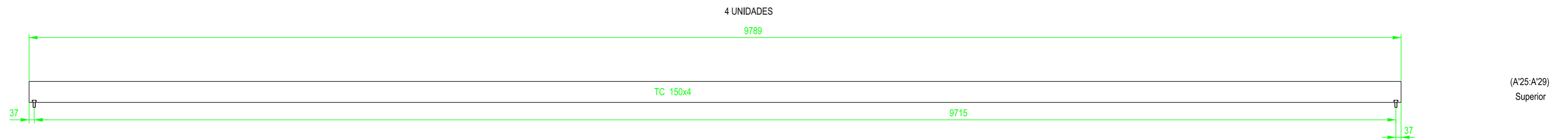
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

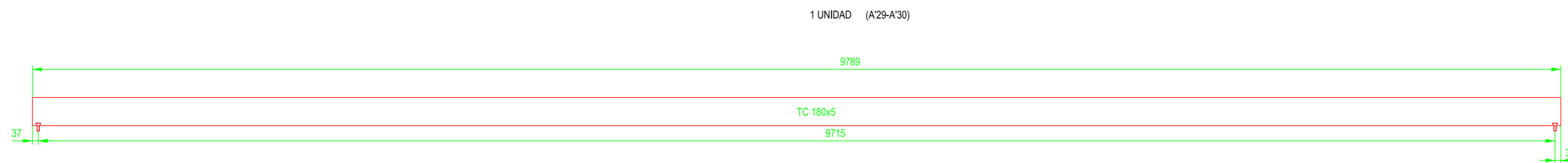
PLANO N° :

ESCALA:

PT-248A

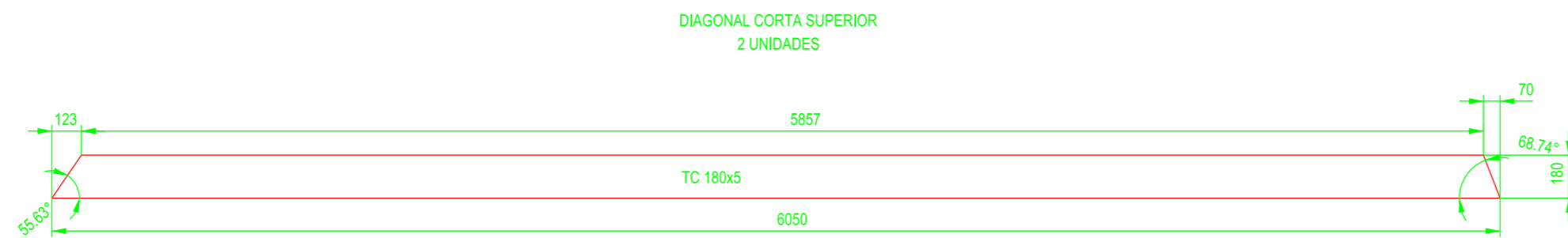
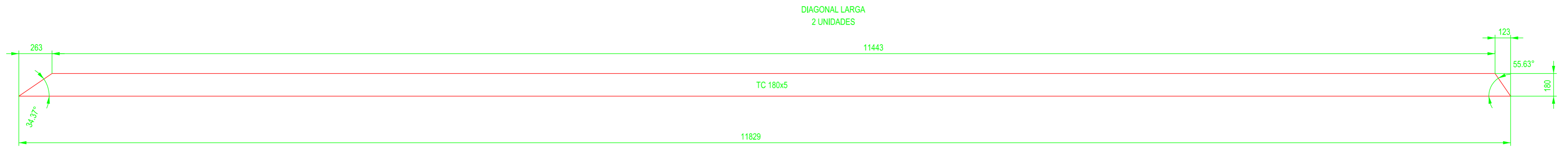


EN TODOS LOS TUBOS
LOS DOS EXTREMOS



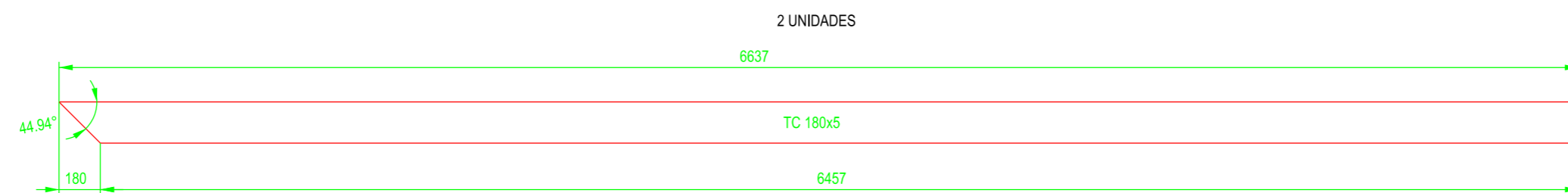
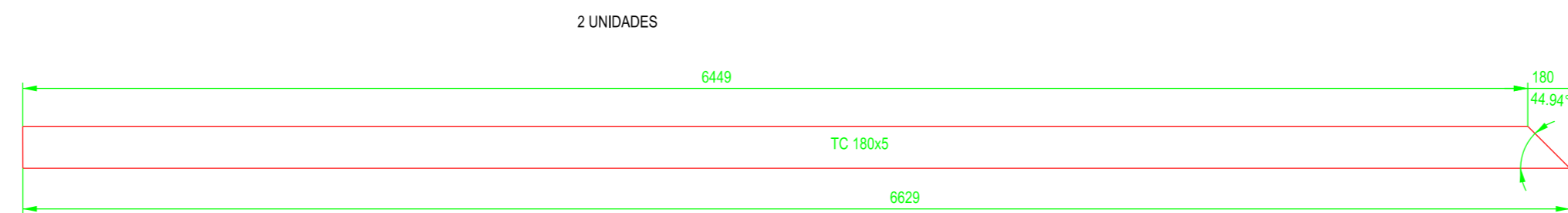
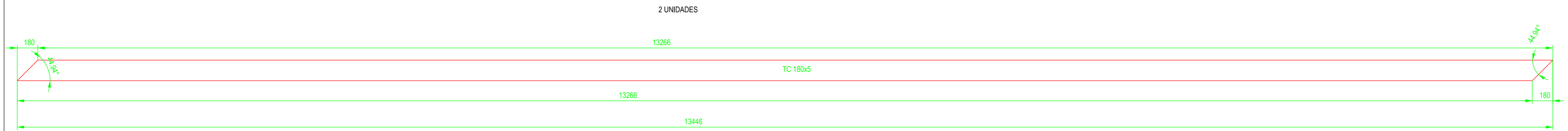
MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Tubos atado fachada longitudinal A'-A'		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
			PLANO Nº : PT-249



MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Diagonales inferiores fachada longitudinal A'-A'		FORMATO: A2 ESCALA: 1/30
	PLANO Nº: PT-250		



MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Diagonales superiores fachada longitudinal A-A'		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
	PLANO Nº: PT-251		

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.4. Arriostramientos.

3.4.1. Fachadas.

3.4.1.5. Frontales.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

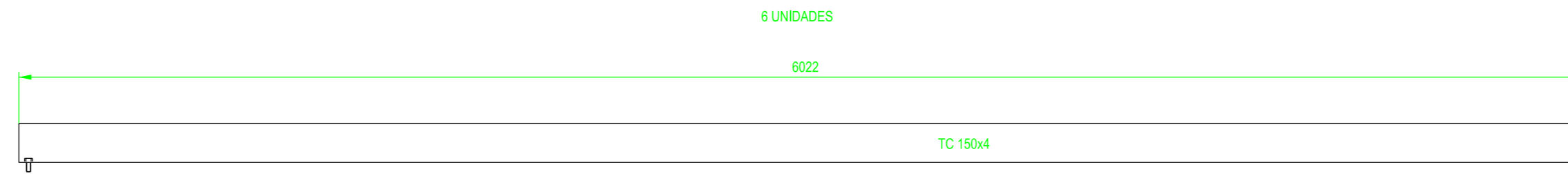
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

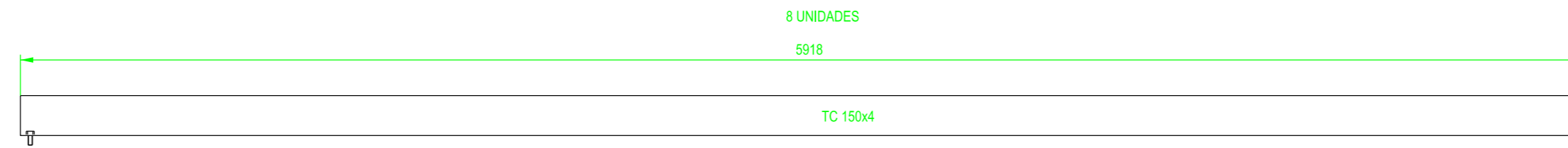
PLANO Nº :

ESCALA:

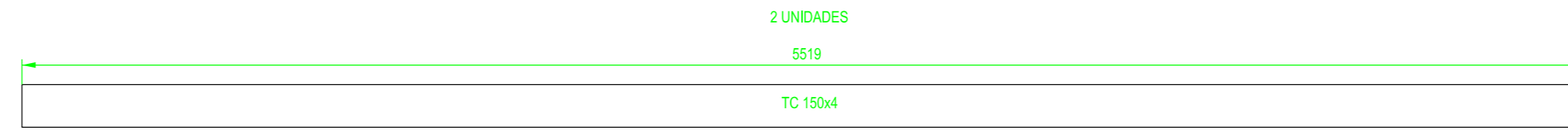
PT-251A



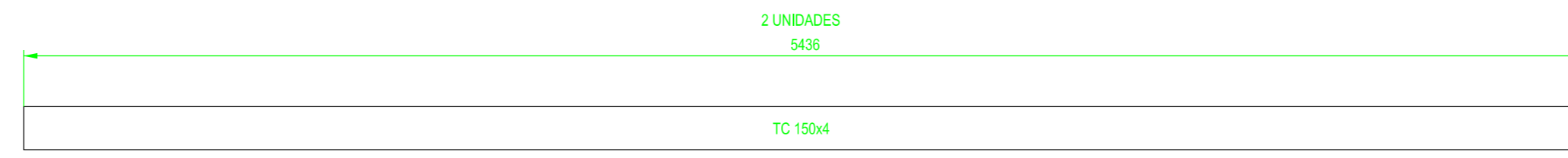
INTERMEDIOS NAVE AB (NAVE 2)



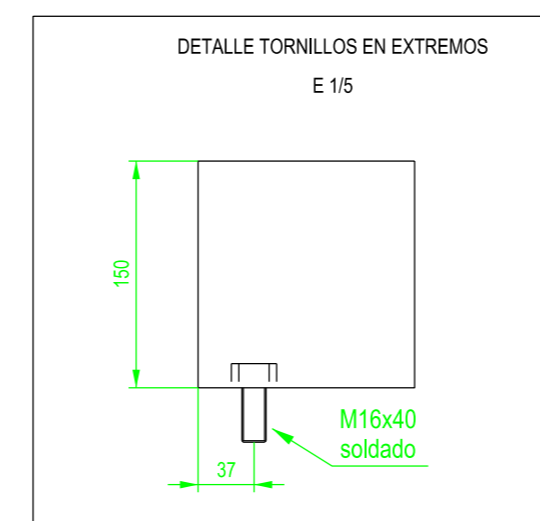
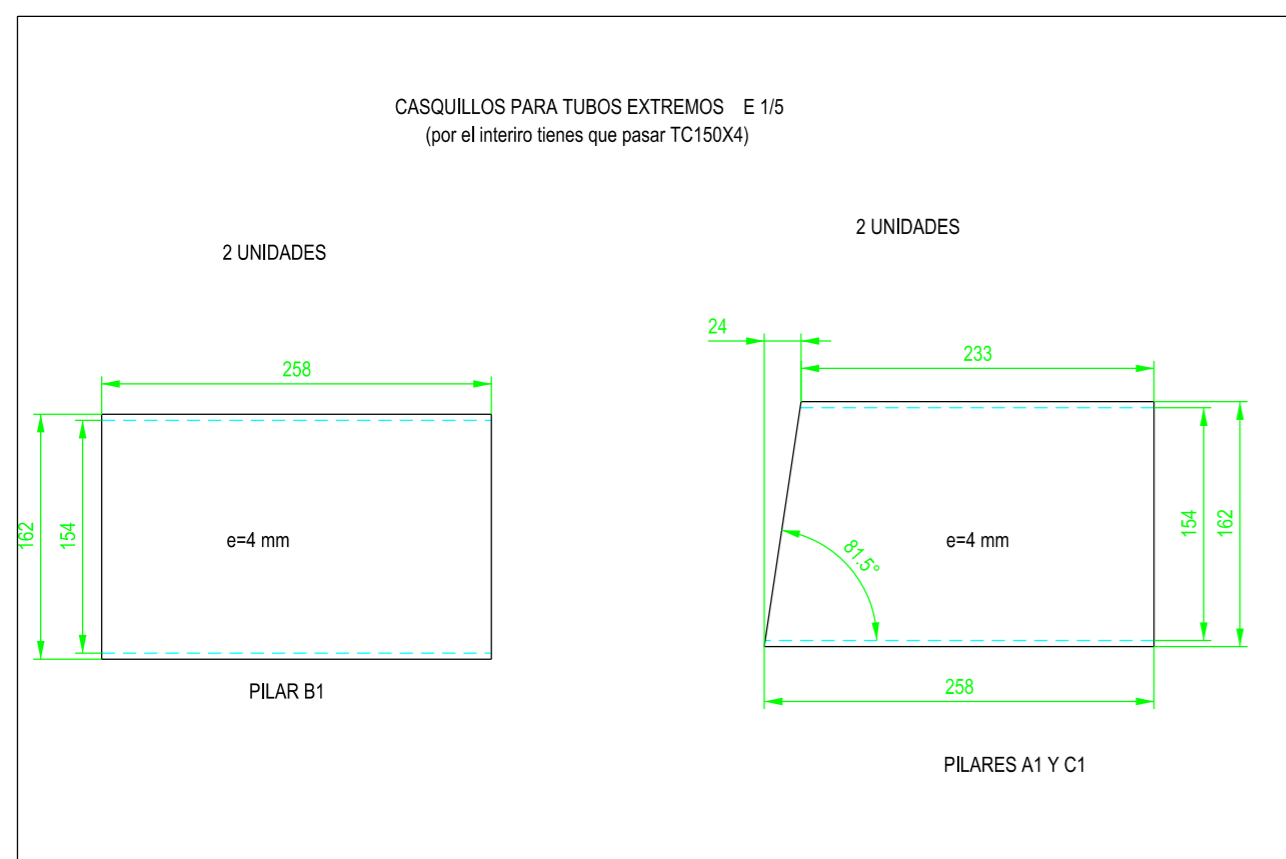
INTERMEDIOS NAVE BC (NAVE 1)



EXTREMOS NAVE AB (NAVE 2)

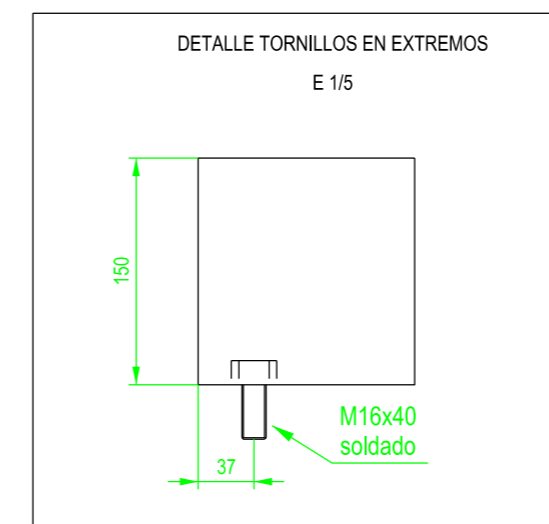
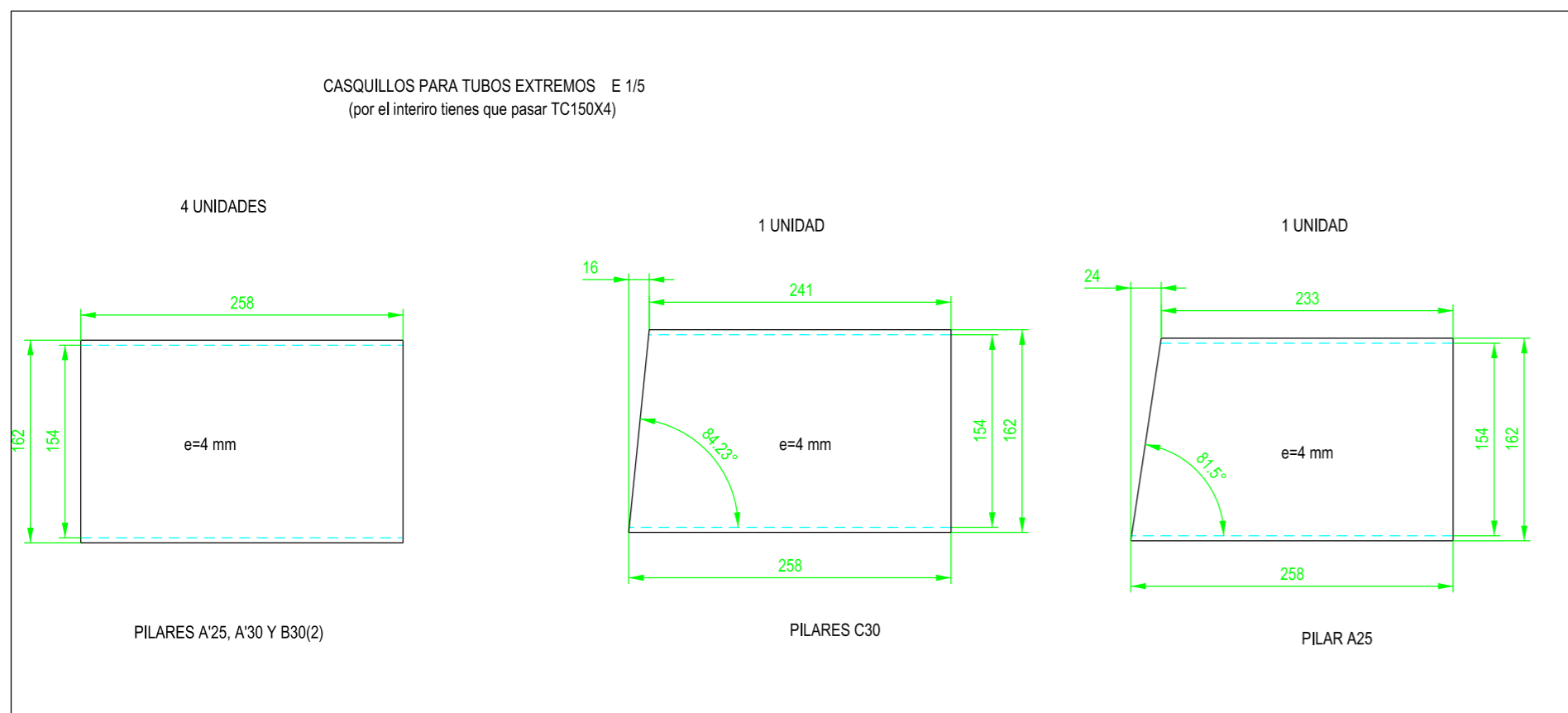


EXTREMOS NAVE BC (NAVE 1)



MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO "Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón)"		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Tubo atado TC 150x4 fachada frontal este		FORMATO: A2 ESCALA: 1/20
			PLANO Nº: PT-252



MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

"Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón)"

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Tubo atado TC 150x4 fachada frontal oeste

FORMATO: A2

ESCALA: 1/20

PLANO Nº:

PT-253

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.4. Arriostramientos.

3.4.2. Cubierta.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PT-253A

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.4. Arriostramientos.

3.4.2. Cubierta.

3.4.2.1. AB

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO Nº :

ESCALA:

PT-253B

37 UNIDADES

VANOS 2-3, 3-4 y 4-5
VANOS 25-26, 26-27, 27-28, y 28-29 NAVE A'B

9799

TC 150x4

VANOS 7-8, 8-9 y 9-10 21 UNIDADES

10199

TC 150x4

VANOS 13-14, 14-15 y 15-16 21 UNIDADES

9132

TC 150x4

VANOS 16-17, 17-18, 18-19 y 19-20 28 UNIDADES

9719

TC 150x4

VANOS 20-21, 21-22, 22-23 y 23-24 28 UNIDADES

10020

TC 150x4

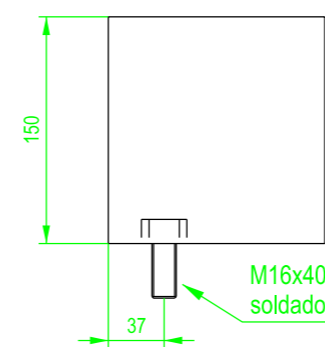
VANOS 5-6 y 6-7 10 UNIDADES

7799

TC 150x4

DETALLE TORNILLOS EN EXTREMOS

E 1/5



MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción
de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

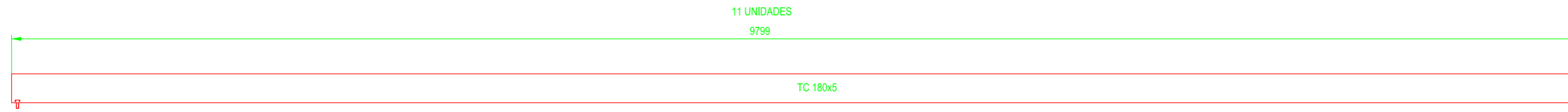
Tubos atado TC 150x4 cubierta AB

FORMATO: A2

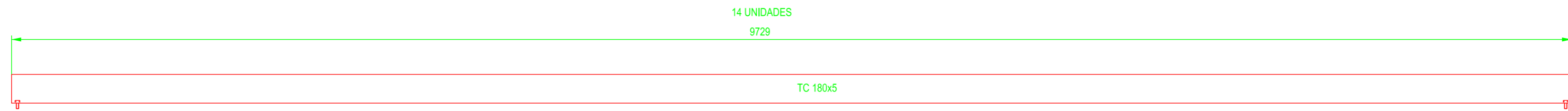
ESCALA: 1/20

PLANO Nº:

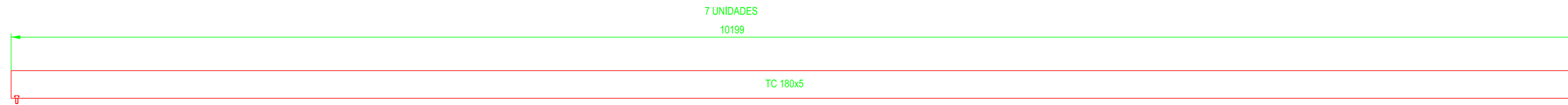
PT-254



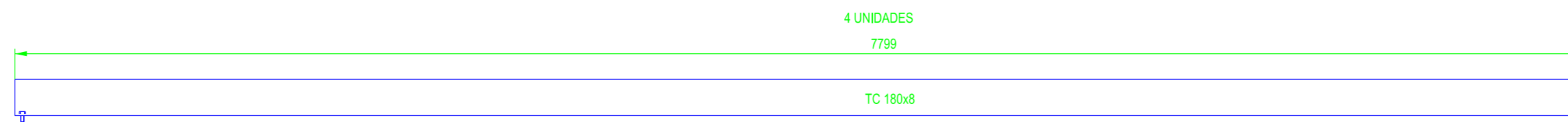
CUBIERTA VANO: 1-2 VANO 29-30 NAVE AB



CUBIERTA VANOS: 10-11 Y 12-13

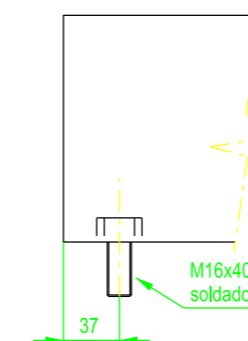


CUBIERTA VANO: 24-25



CUBIERTA AB VANOS: 5-6 Y 6-7

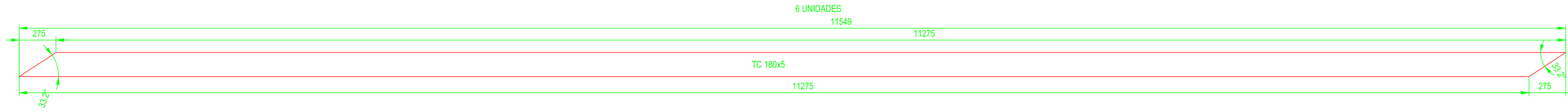
EN TODOS LOS TUBOS
LOS DOS EXTREMOS



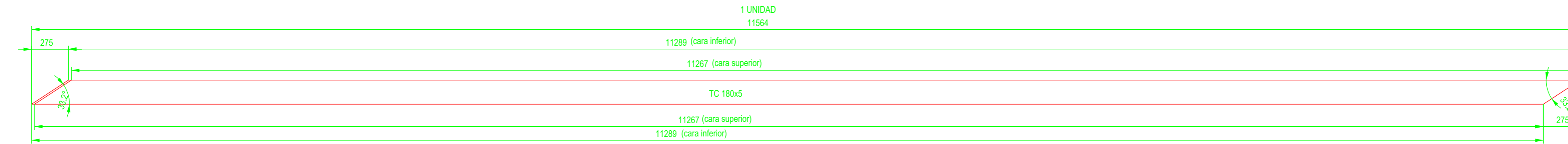
MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

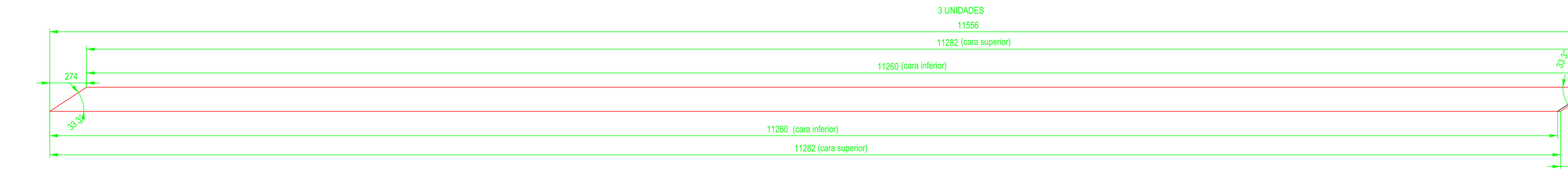
TRABAJO FINAL DE GRADO		
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Tubos atado TC 180x5 y TC 180x8 cubierta AB	FORMATO: A2	PLANO Nº: PT-255
ESCALA: 1/25		



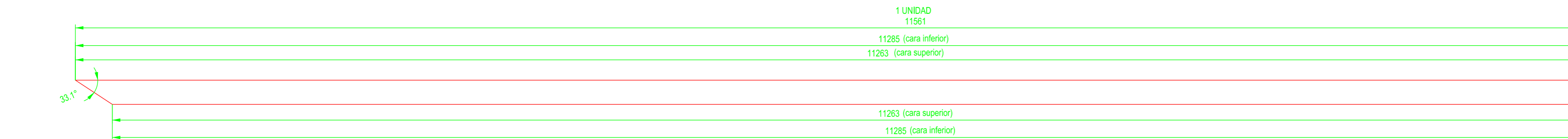
HE10-HE11; HE11-HE12; HE14-HE15 y HE15-HE16
HO10-HO11 y HO11-HO12



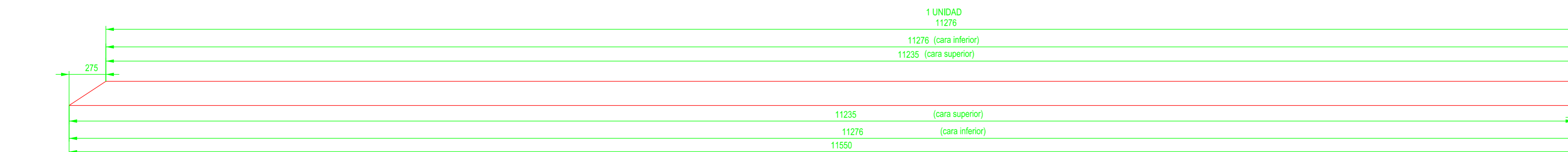
HE16-A1



HE12-HE13; HE13-HE14
HO12-HO13



HE10-B1

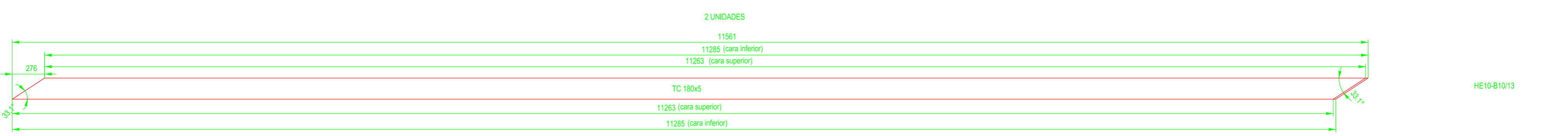
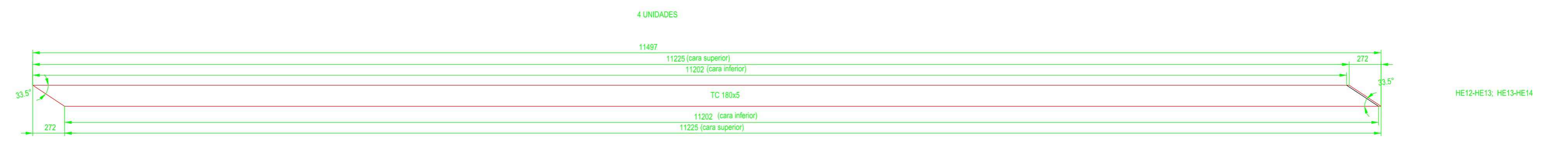
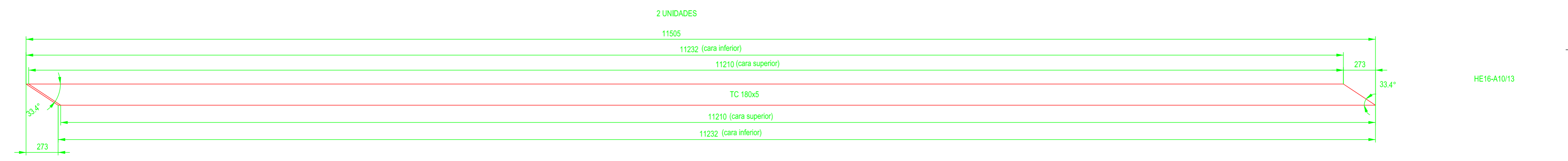
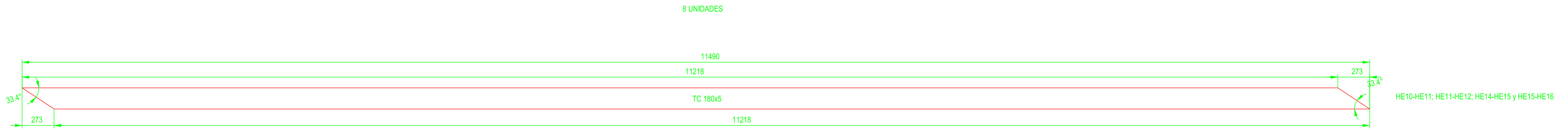


HO10-B30

TODAS LAS VISTAS SON EN PLANTA SUPERIOR

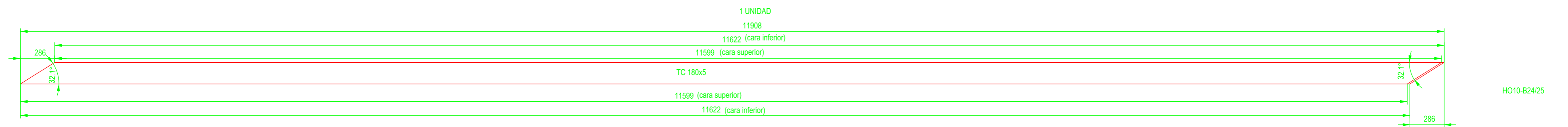
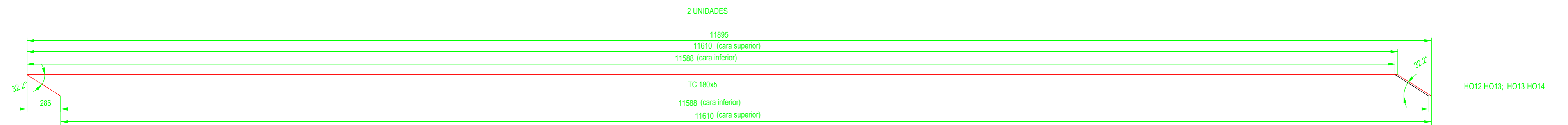
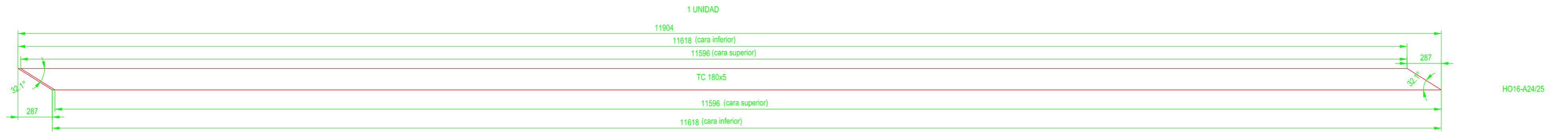
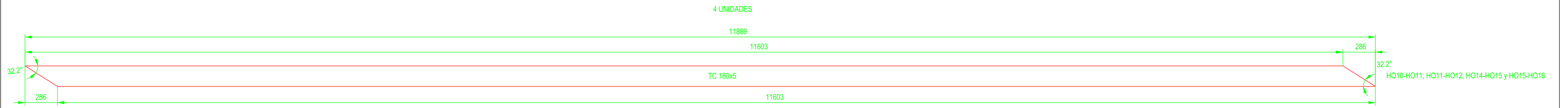
MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Diagonales largas TC 180x5 cubierta AB vanos 1-2 y 29-30		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
			PLANO Nº: PT-256



TODAS LAS VISTAS SON EN PLANTA SUPERIOR
MATERIAL: S275 JOH

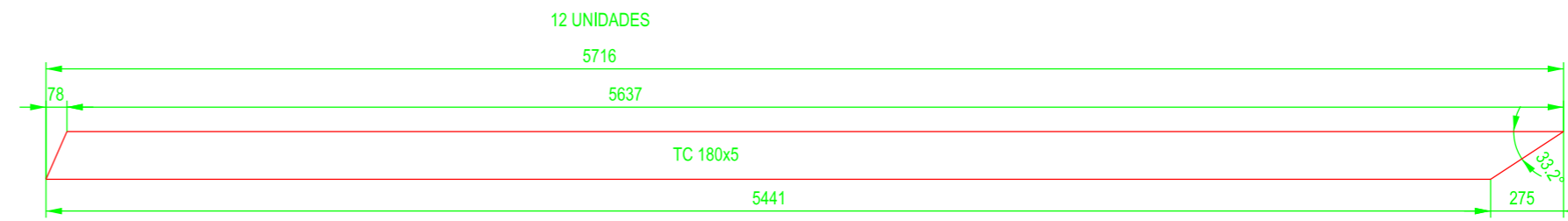
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Diagonales largas TC 180x5 cubierta AB vanos 10-11 y 12-13 (JD)		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
			PLANO Nº: PT-257



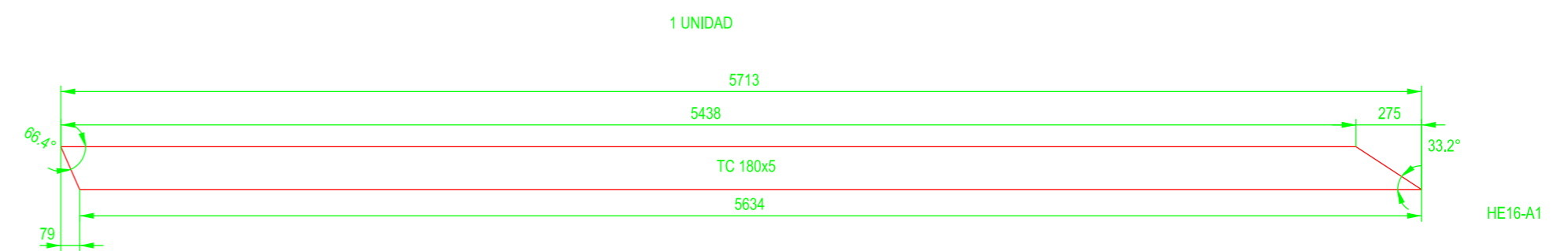
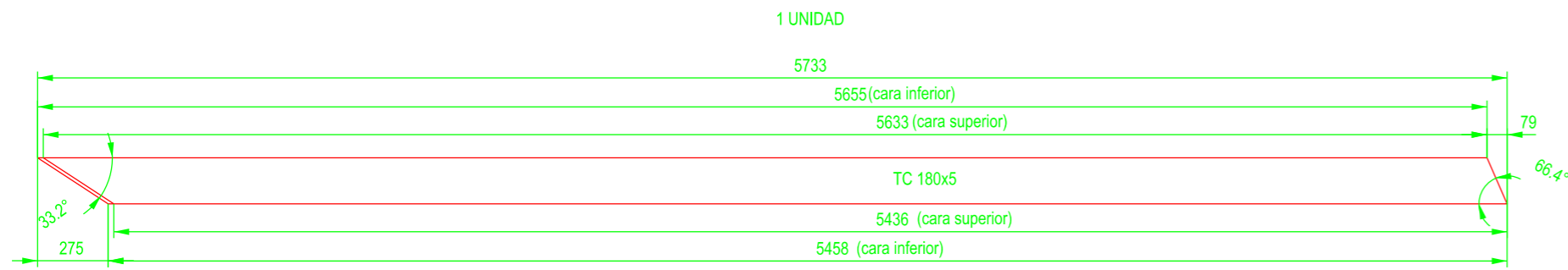
TODAS LAS VISTAS SON EN PLANTA SUPERIOR

MATERIAL: S275 JOH

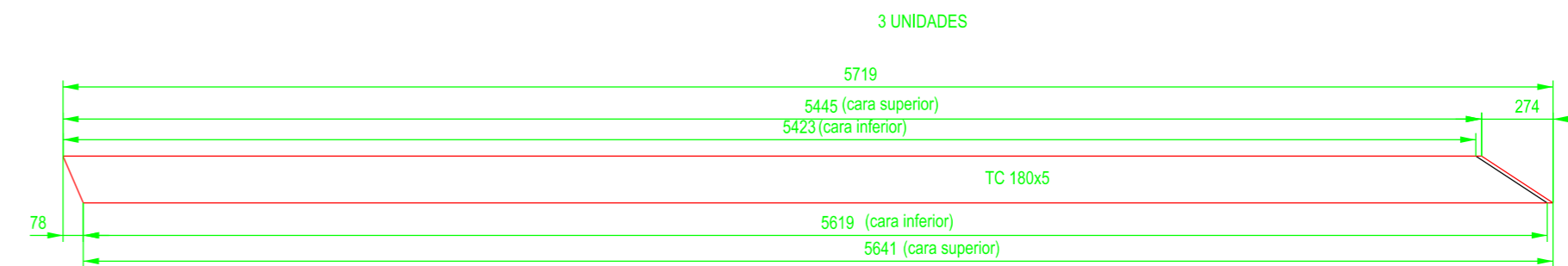
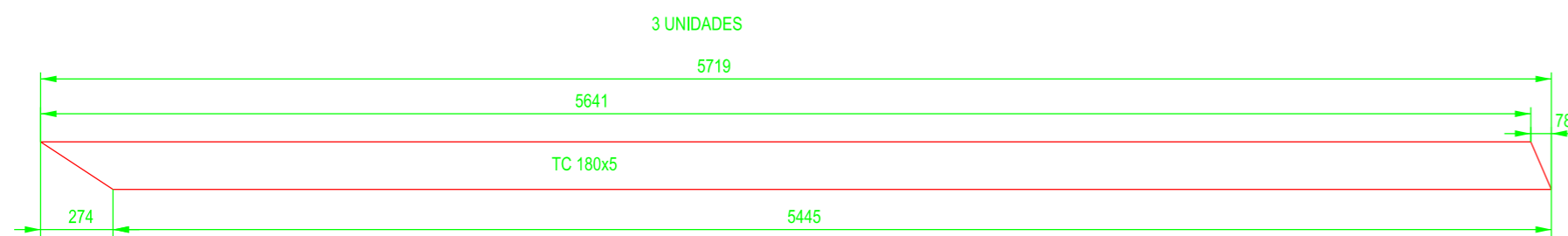
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Diagonales largas TC 180x5 cubierta AB vano 24-25		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
	PLANO Nº: PT-258		



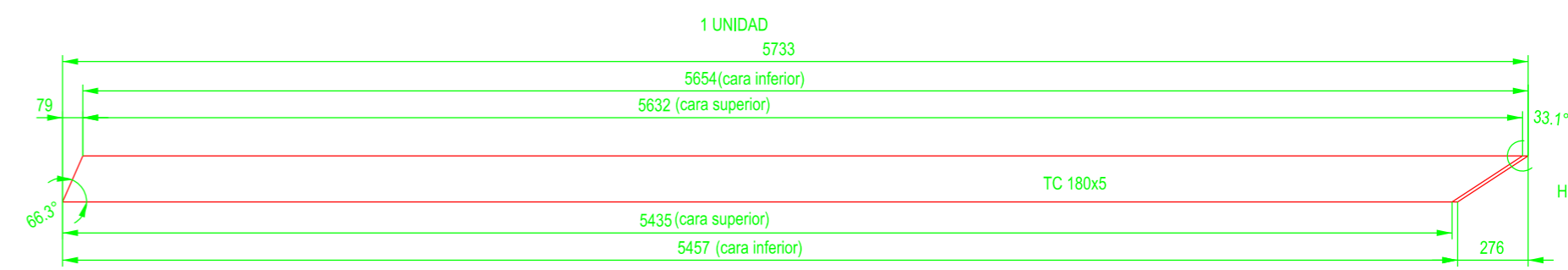
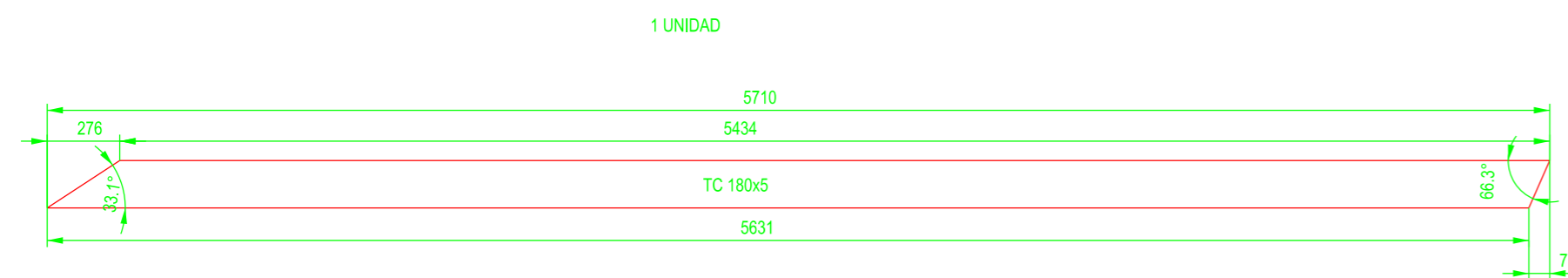
HE10-HE11; HE11-HE12; HE14-HE15 y HE15-HE16
HO10-HO11 y HO11-HO12



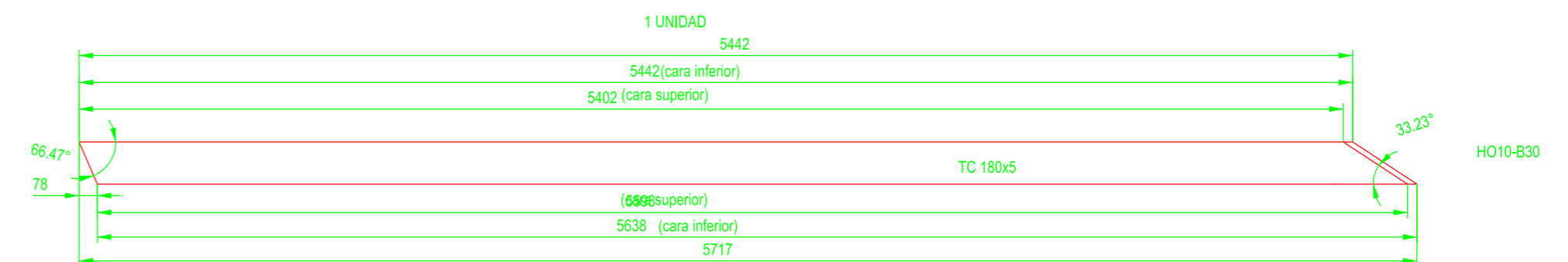
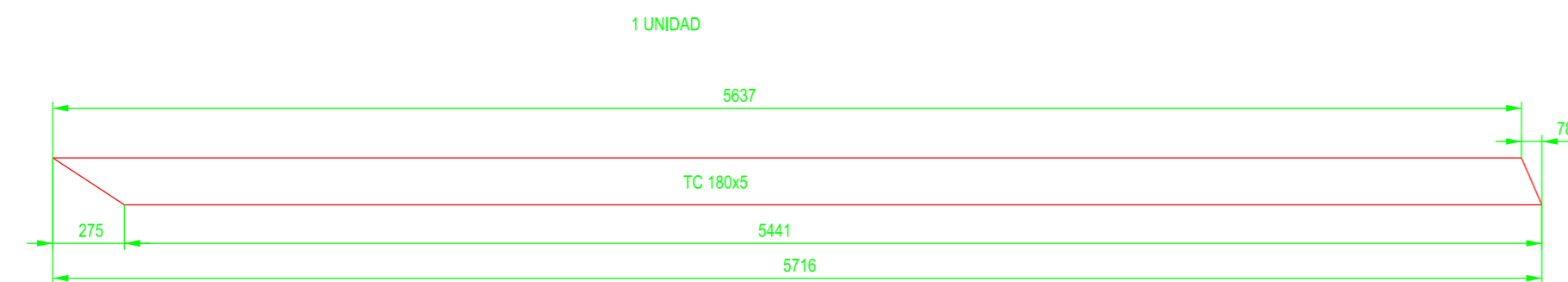
HE16-A1



HE12-HE13; HE13-HE14
HO12-HO13



HE10-B1

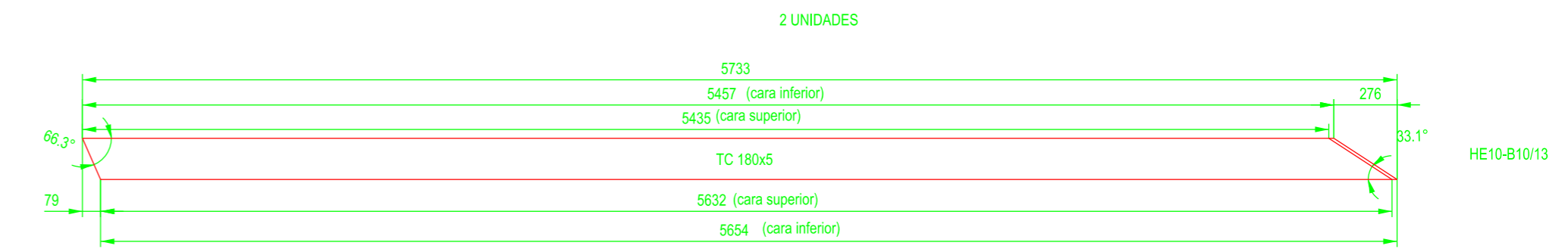
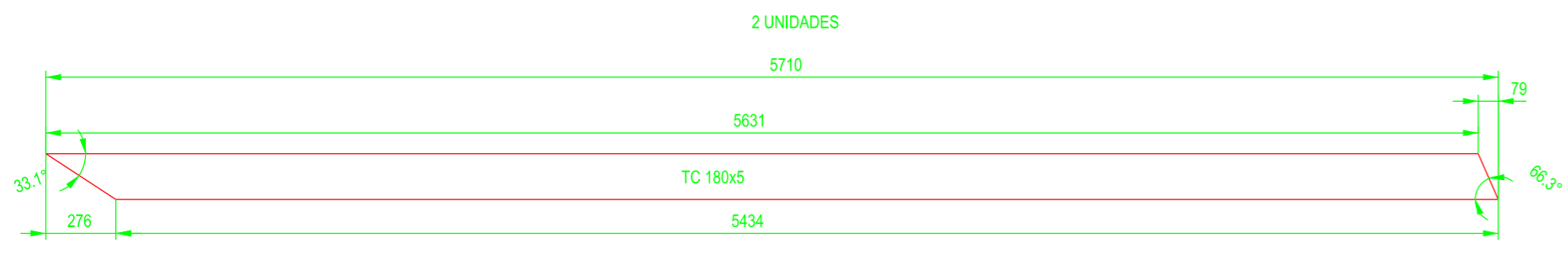
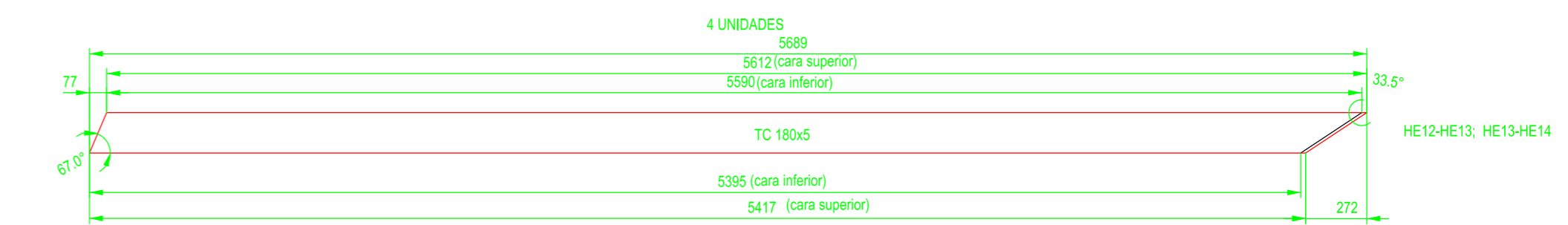
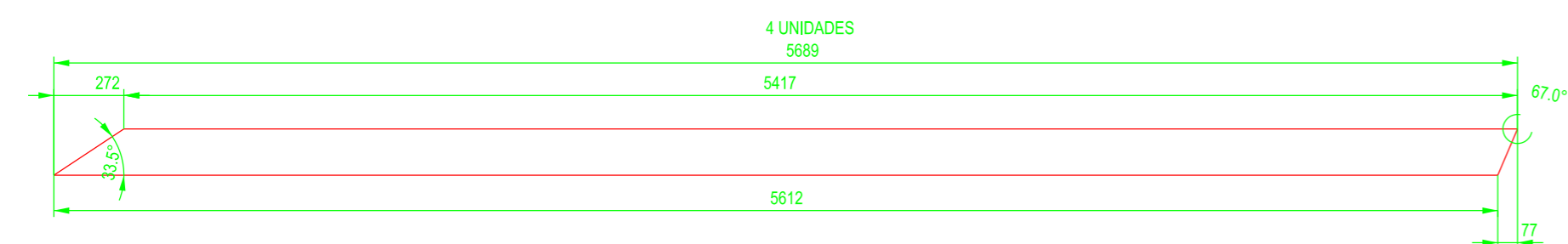
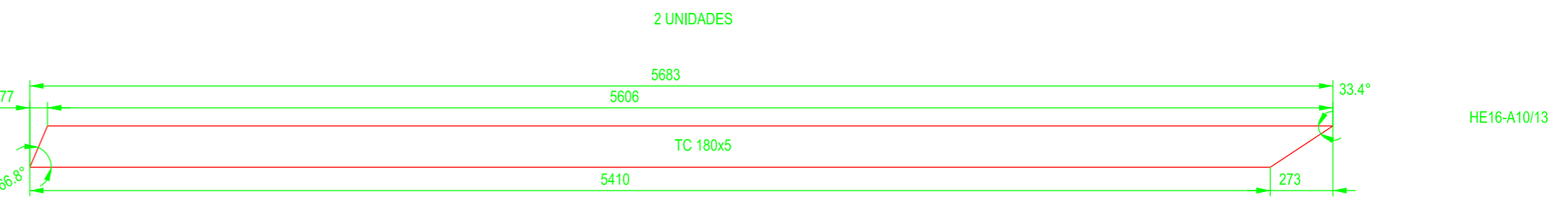
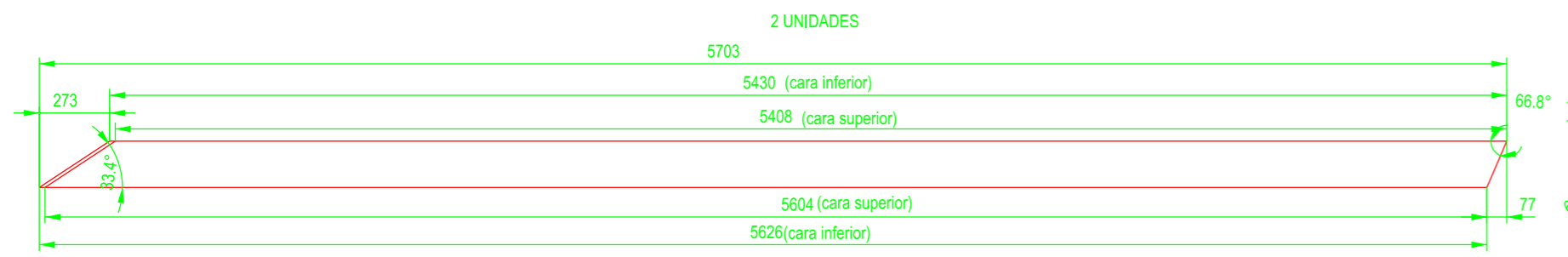
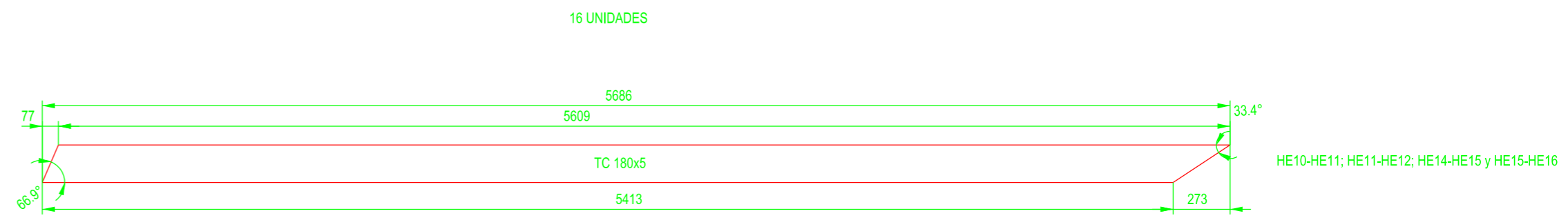


HO10-B30

TODAS LAS VISTAS SON EN PLANTA SUPERIOR

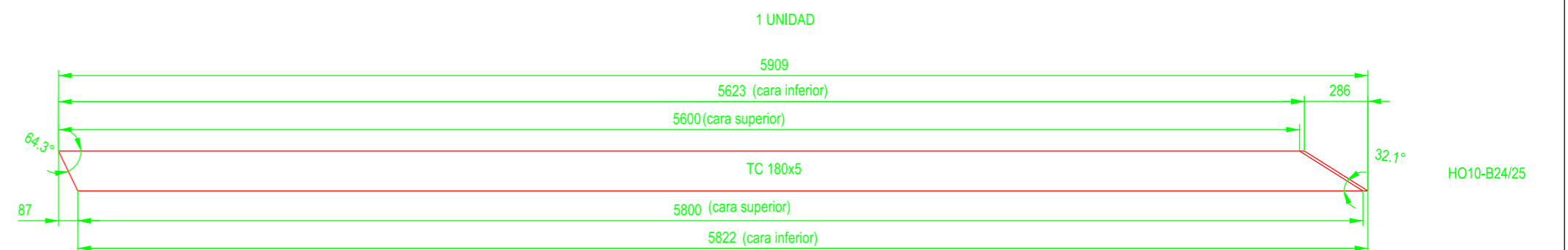
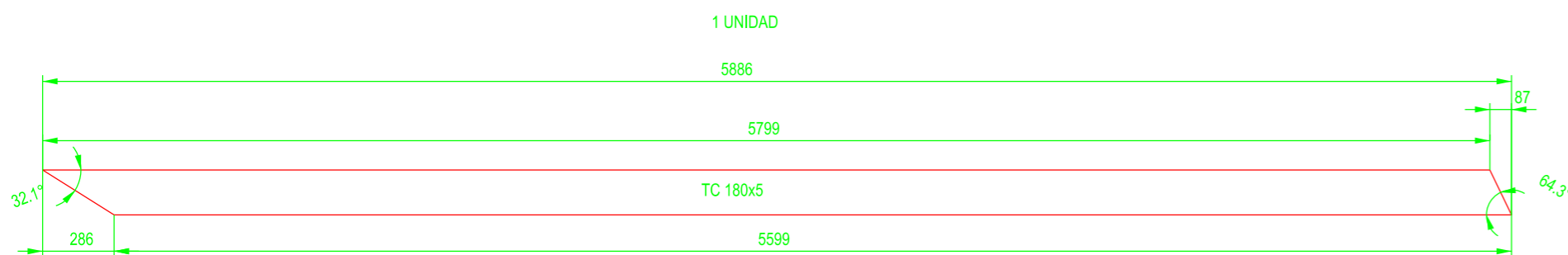
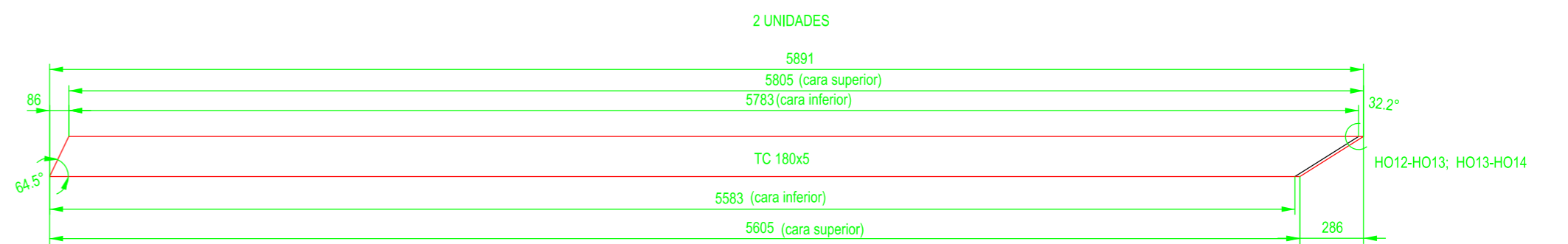
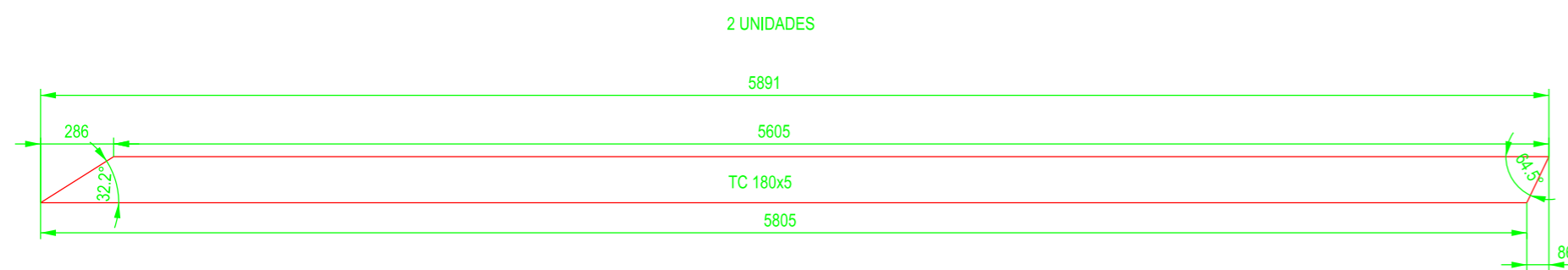
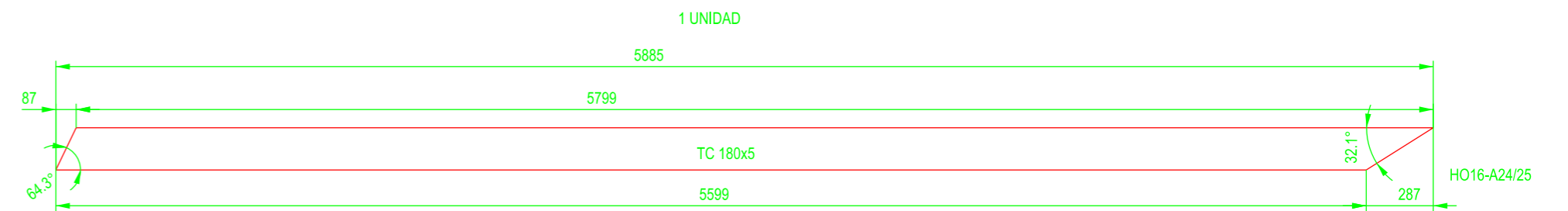
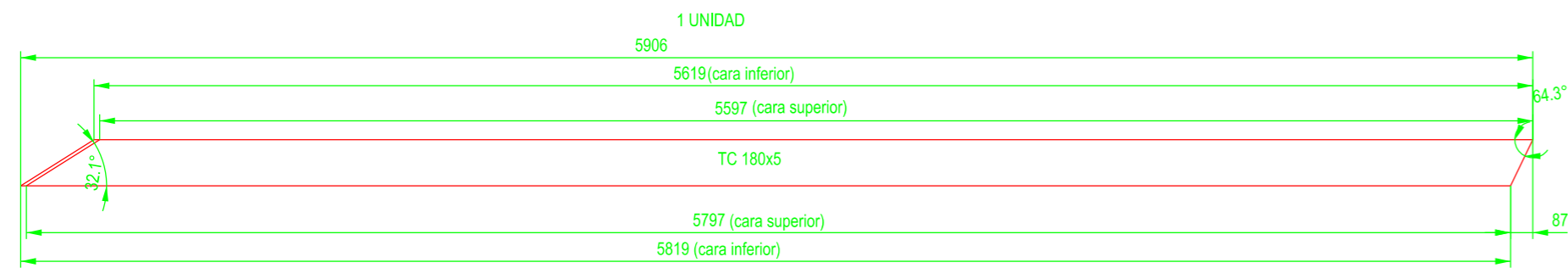
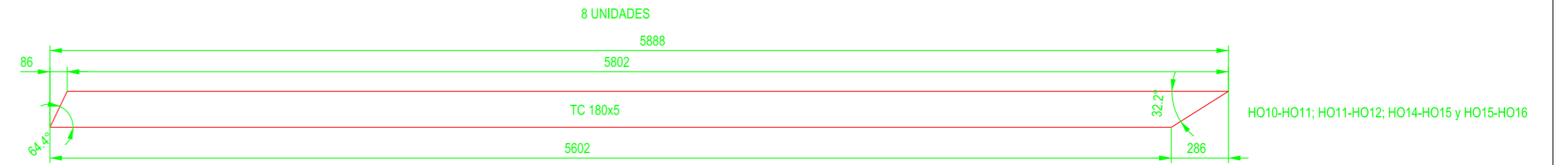
MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Diagonales cortas TC 180x5 cubierta AB vanos 1-2 y 29-30		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
			PLANO Nº: PT-259



TODAS LAS VISTAS SON EN PLANTA SUPERIOR
MATERIAL: S275 JOH

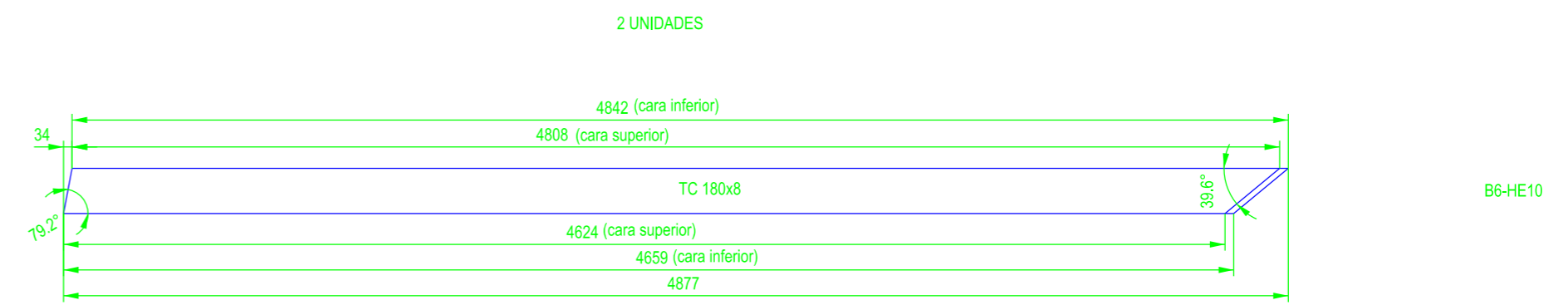
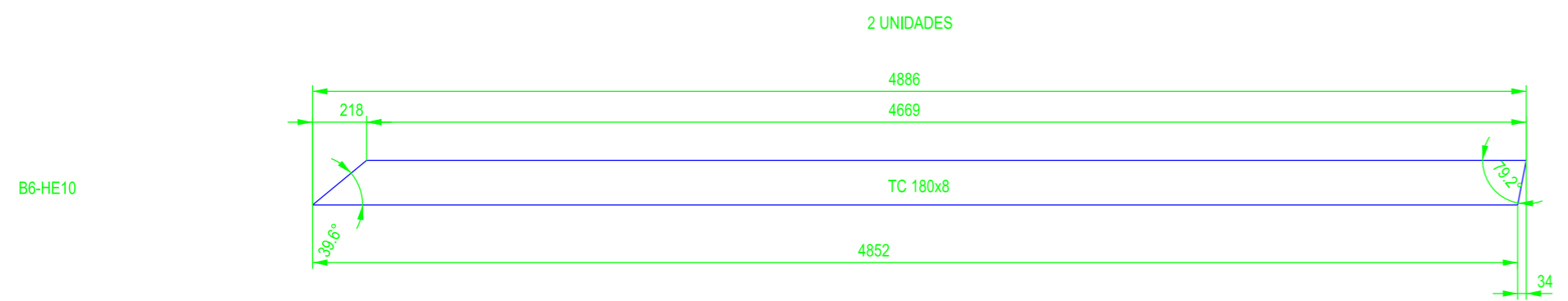
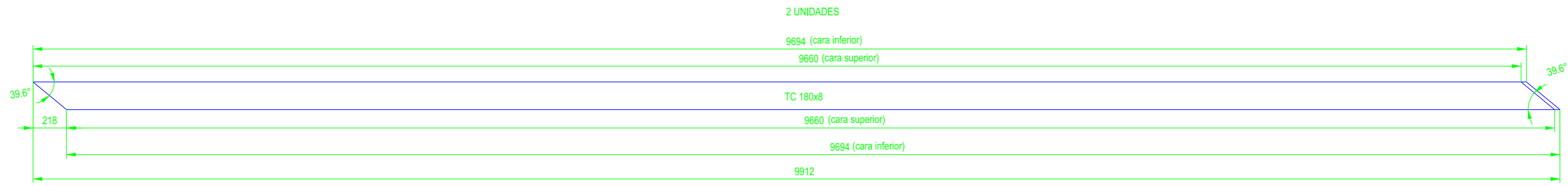
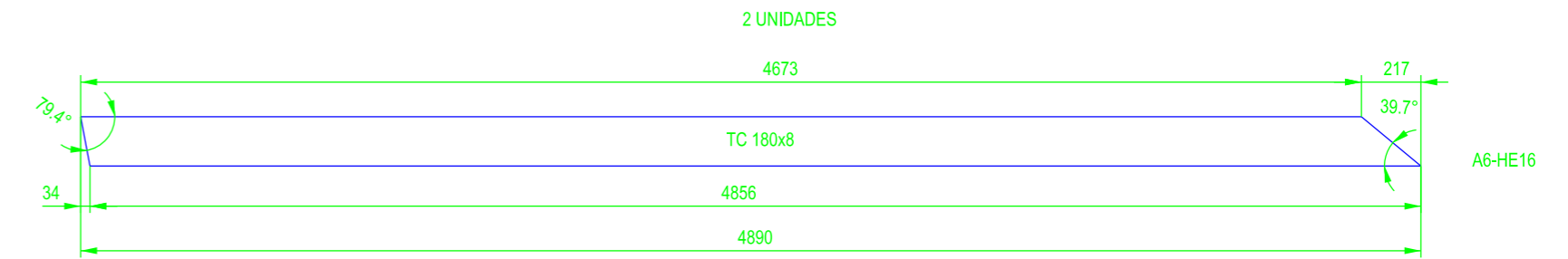
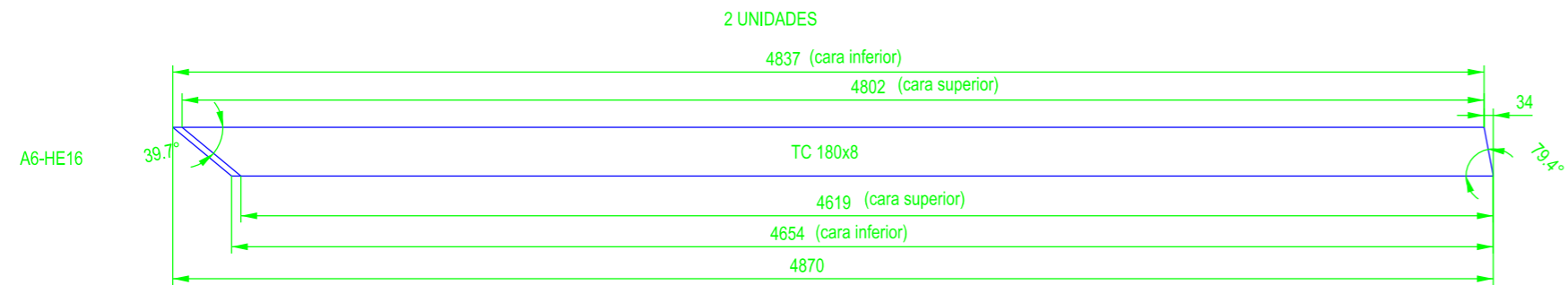
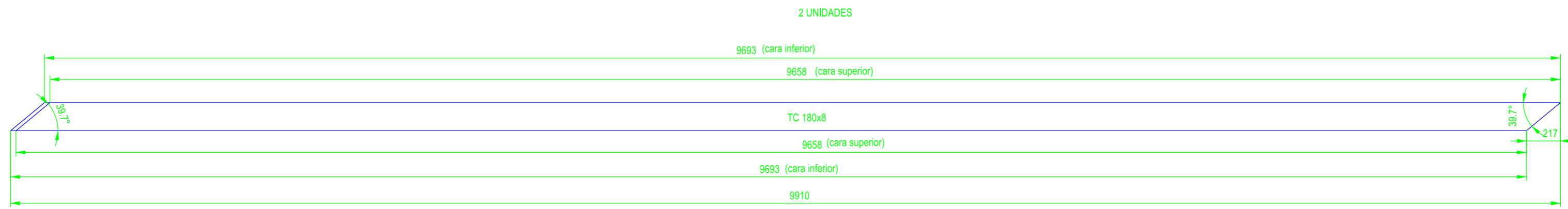
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Diagonales cortas TC 180x5 cubierta AB vanos 10-11 y 12-13 (JD)		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
			PLANO Nº: PT-260



TODAS LAS VISTAS SON EN PLANTA SUPERIOR

MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Diagonales cortas TC 180x5 cubierta AB vano 24-25		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
	PLANO Nº: PT-261		



TODAS LAS VISTAS SON EN PLANTA SUPERIOR
MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: Diagonales TC 180x8 cubierta AB, Vanos 5-6 y 6-7	FORMATO: A2 ESCALA: 1/25	PLANO Nº: PT-262

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.4. Arriostramientos.

3.4.2. Cubierta.

3.4.2.2. BC

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

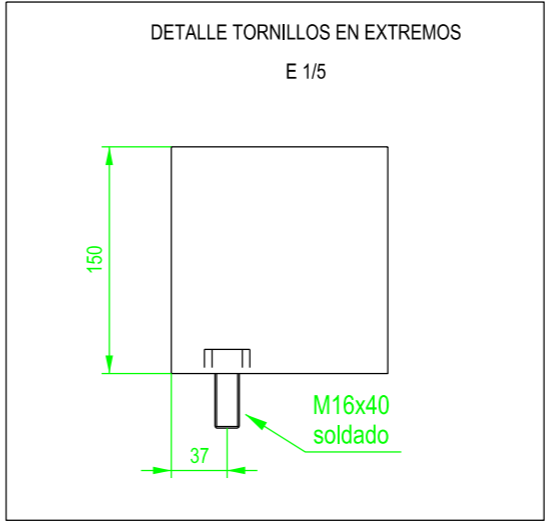
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PT-262A

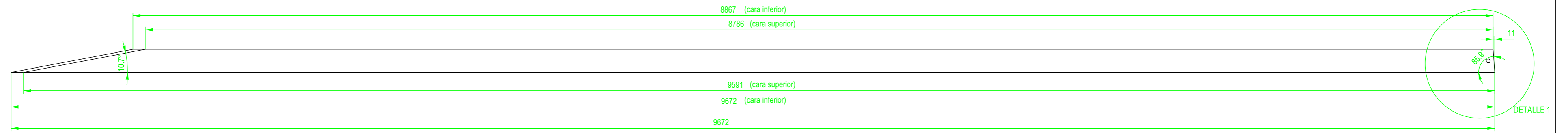


MATERIAL: S275 JOH

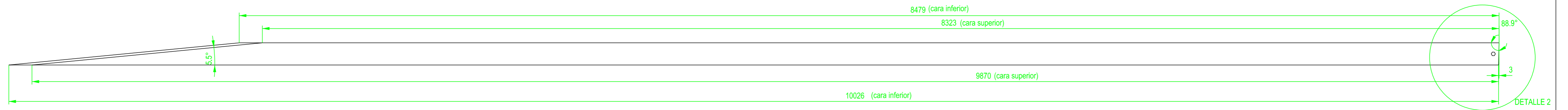
ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO	
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Tubos atado TC 150x4 cubierta BC	FORMATO: A2 ESCALA: 1/20 PLANO Nº: PT-263

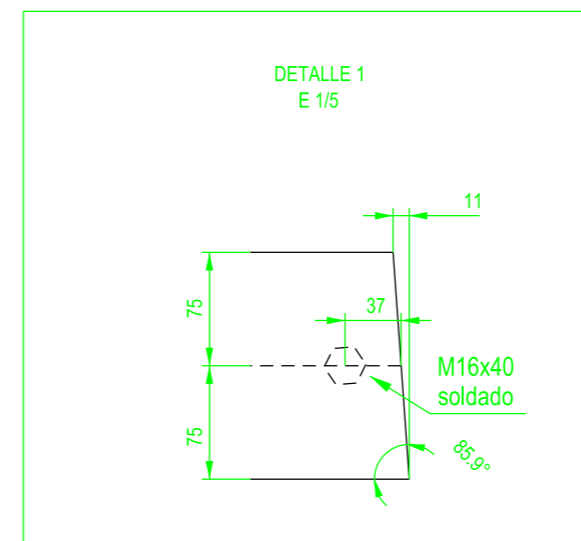
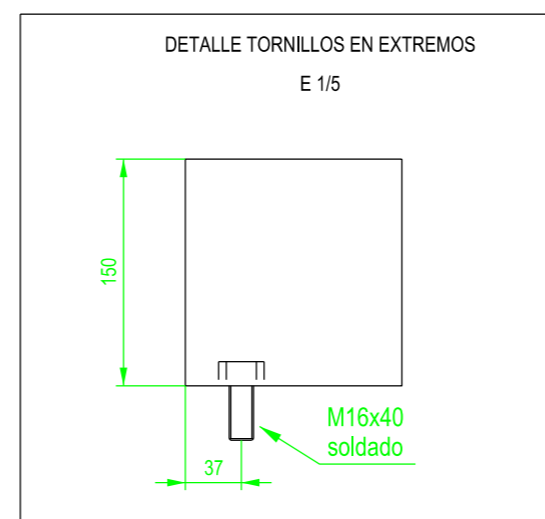
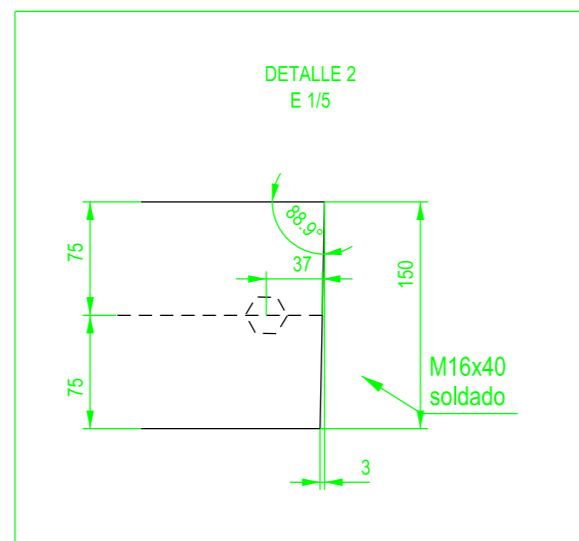
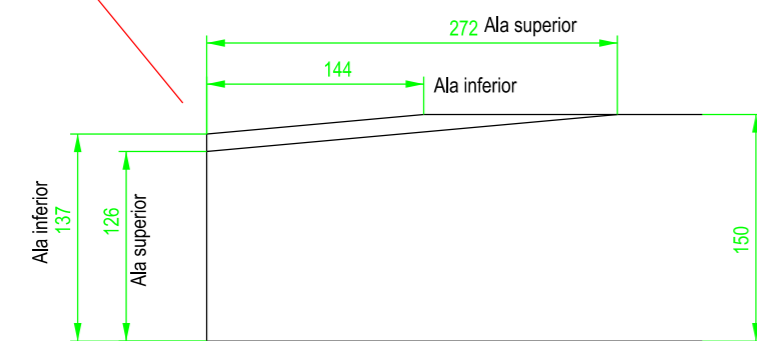
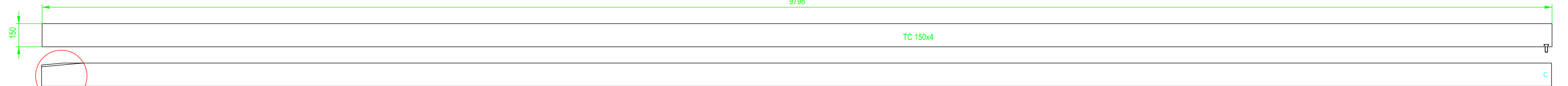
1 UNIDAD
HE 1 - PILAR C18 (VANO 17-18)



1 UNIDAD
HE 2 - PILAR C24 (VANO 23-24)



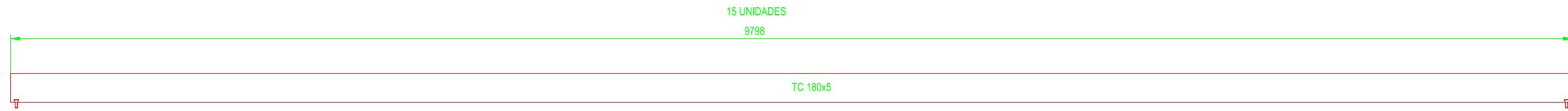
VANO 28-29 (contra pilar C29) NAVE BC
1 UNIDAD
9798



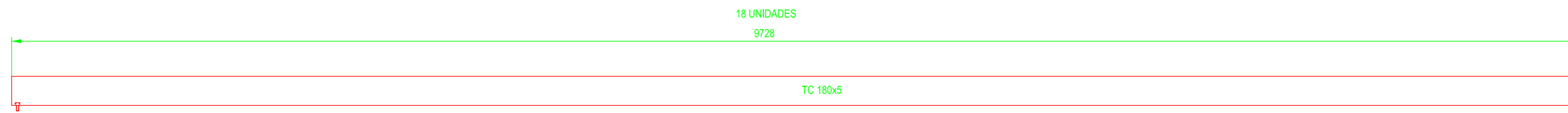
MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

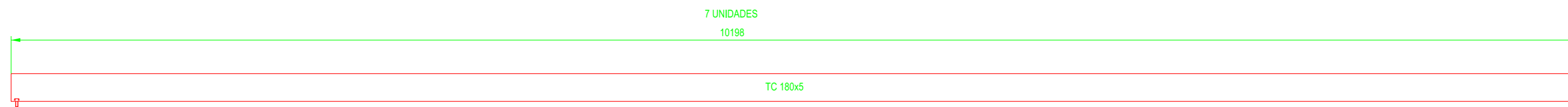
TRABAJO FINAL DE GRADO		" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González		
TITULO PLANO:	FORMATO: A2	PLANO Nº:	
Tubos atado TC 150x4 especiales cubierta BC	ESCALA: 1/20	PT-264	



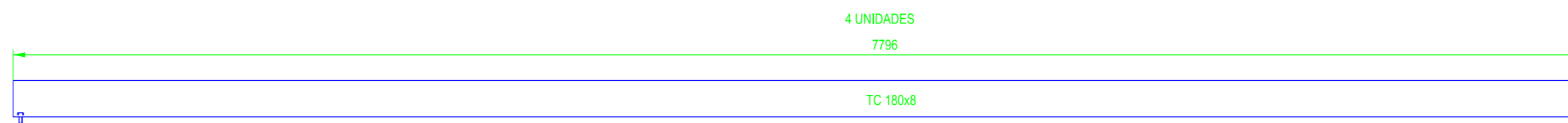
CUBIERTA VANO: 1-2 29-30



CUBIERTA VANOS: 10-11 Y 12-13

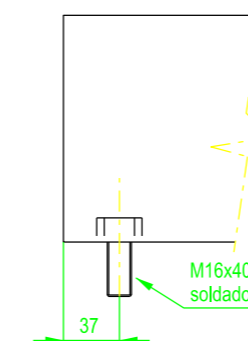


CUBIERTA VANO: 24-25



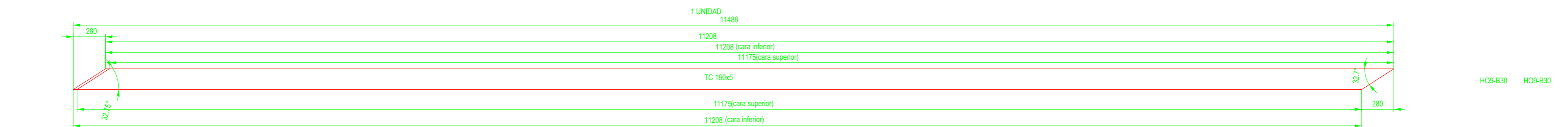
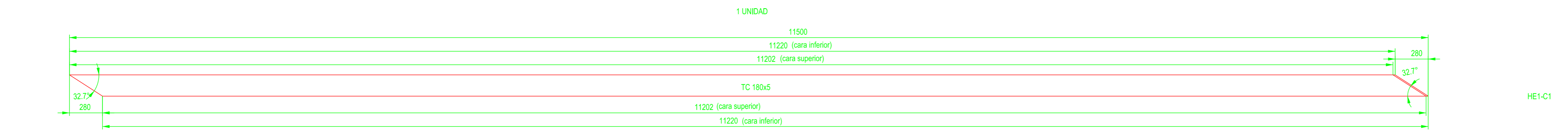
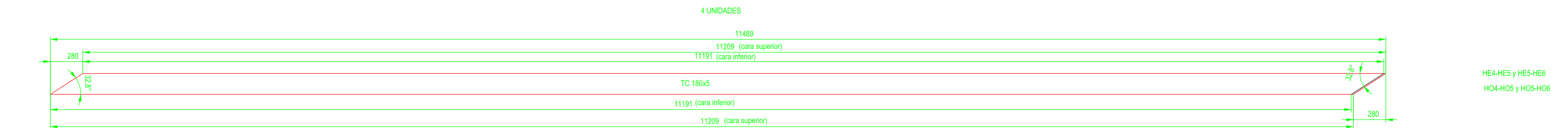
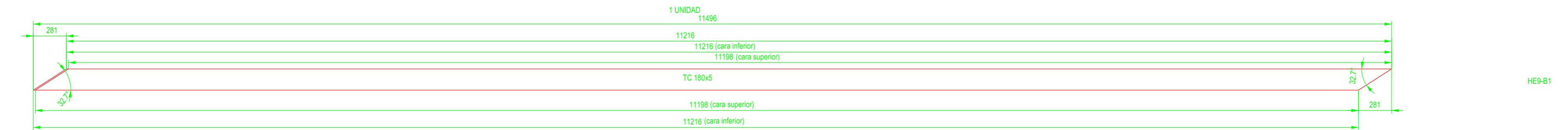
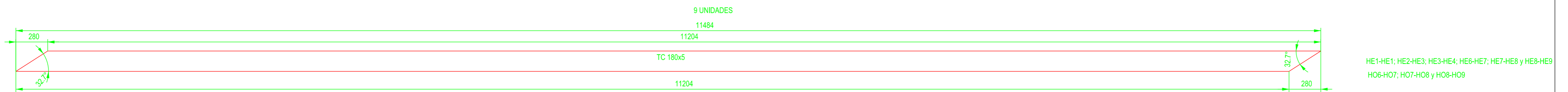
CUBIERTA AB VANOS : 5-6 Y 6-7
LONGITUD PEDIDO 8.000

EN TODOS LOS TUBOS
LOS DOS EXTREMOS



MATERIAL: S275 JOH

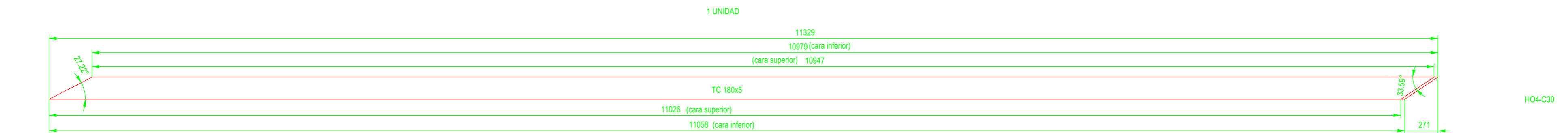
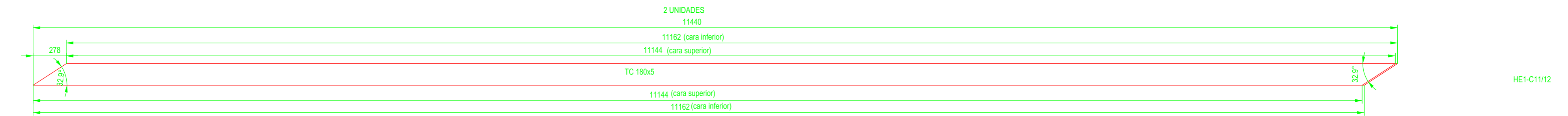
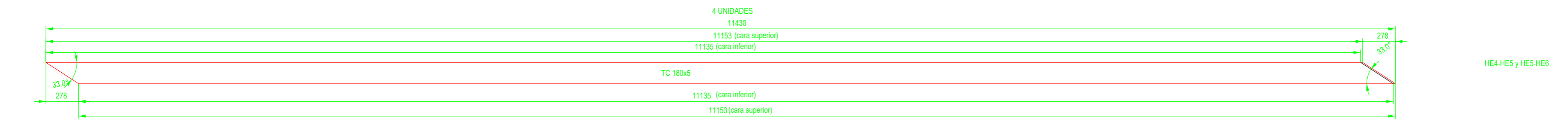
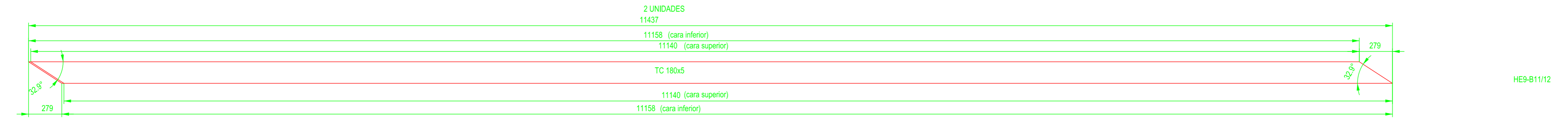
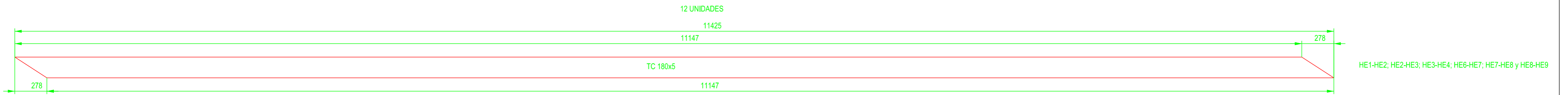
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Tubos atado TC 180x5 y 180x8 cubierta BC	FORMATO: A2 ESCALA: 1/25	PLANO Nº: PT-265



TODAS LAS VISTAS SON EN PLANTA SUPERIOR

MATERIAL: S275 JOH

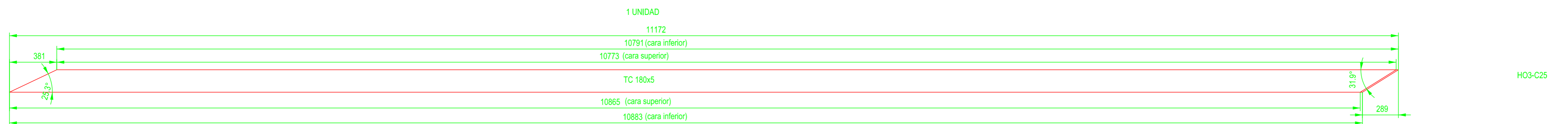
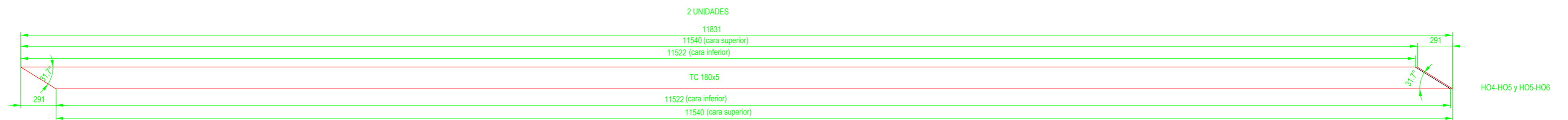
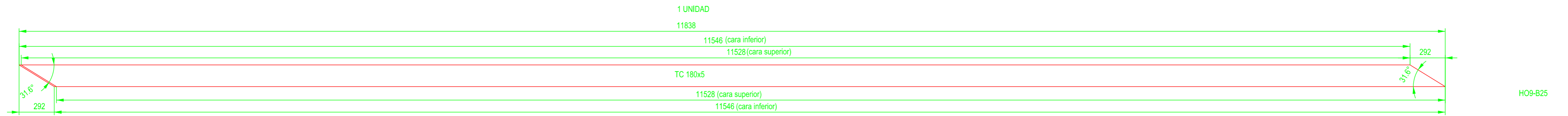
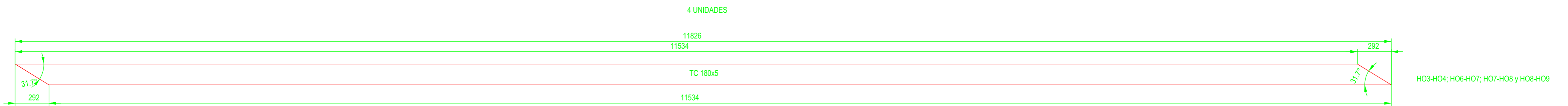
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Diagonales largas TC 180x5 cubierta BC. Vano 1-2 y 29-30		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
			PLANO Nº: PT-266



TODAS LAS VISTAS SON EN PLANTA SUPERIOR

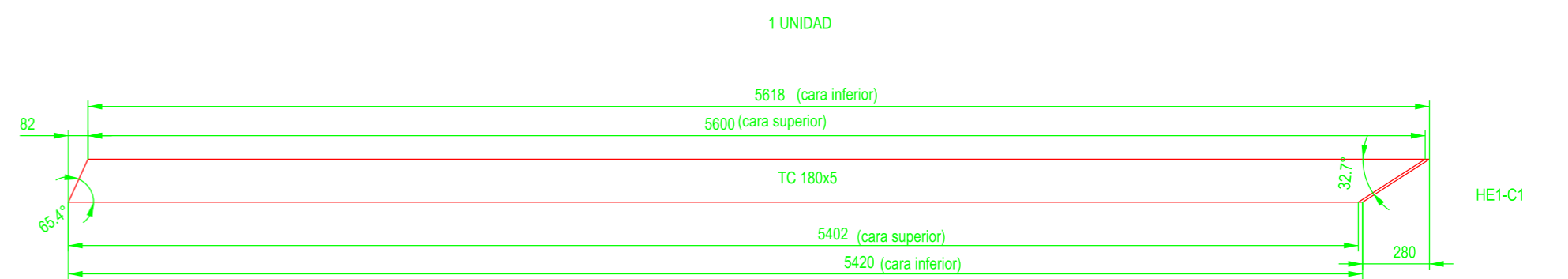
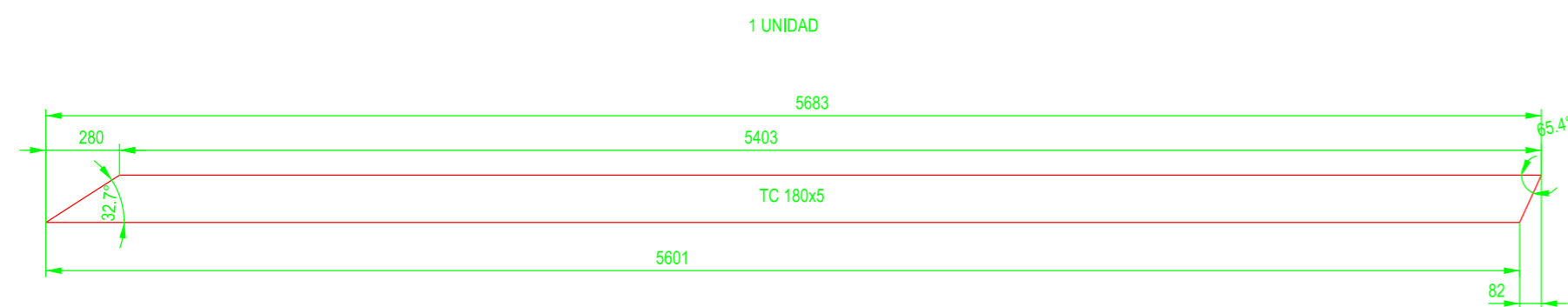
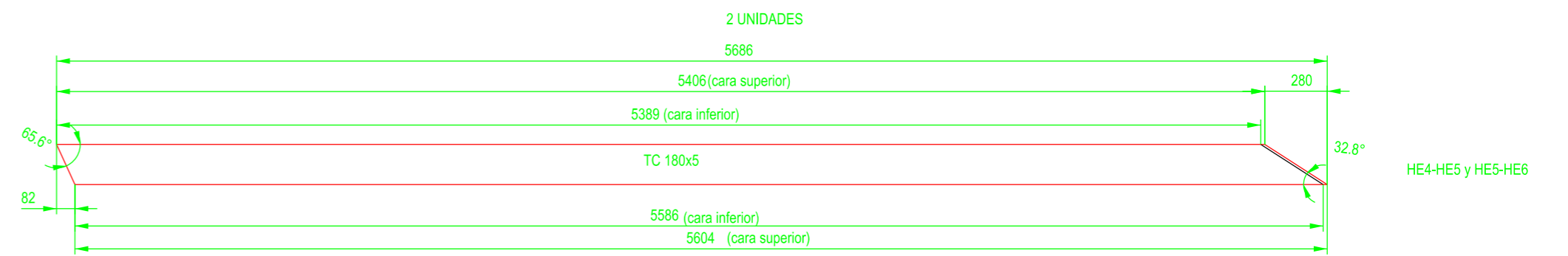
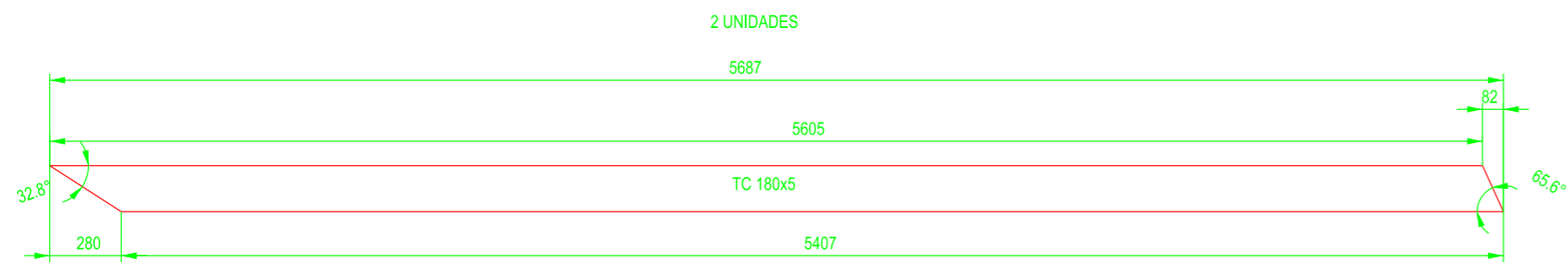
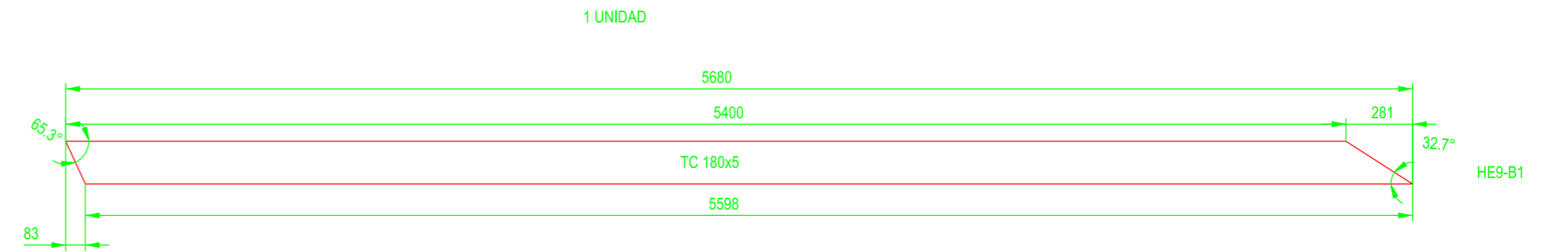
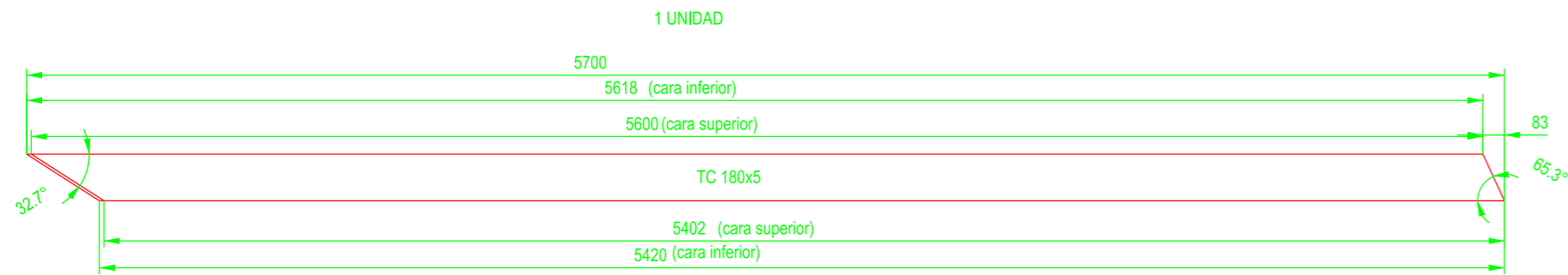
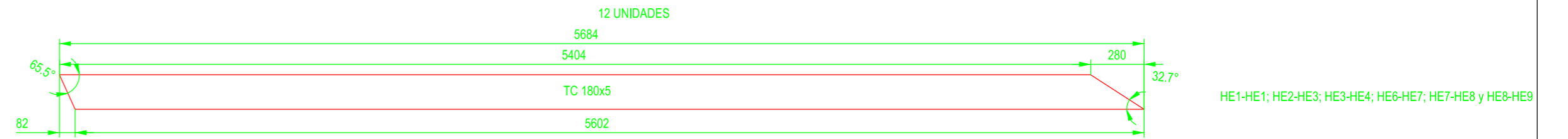
MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Diagonales largas TC 180x5 cubierta BC, Vanos 10-11 y 12-13 (JD)		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
			PLANO Nº: PT-267



TODAS LAS VISTAS SON EN PLANTA SUPERIOR
MATERIAL: S275 JOH

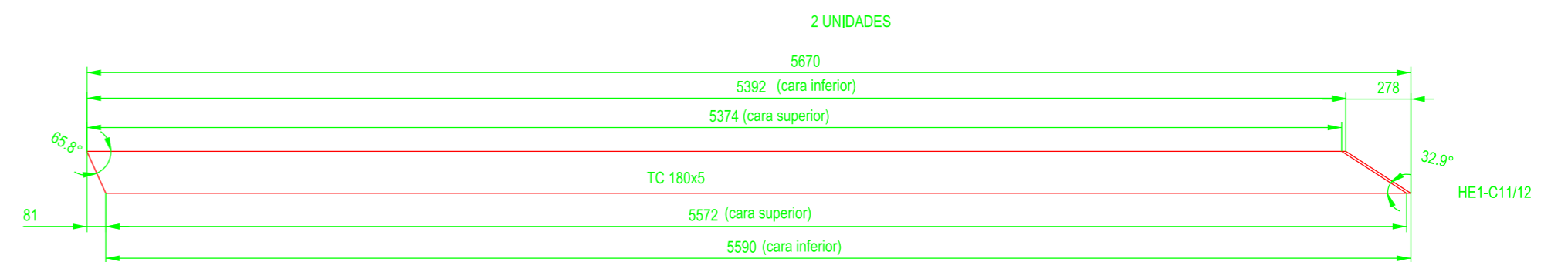
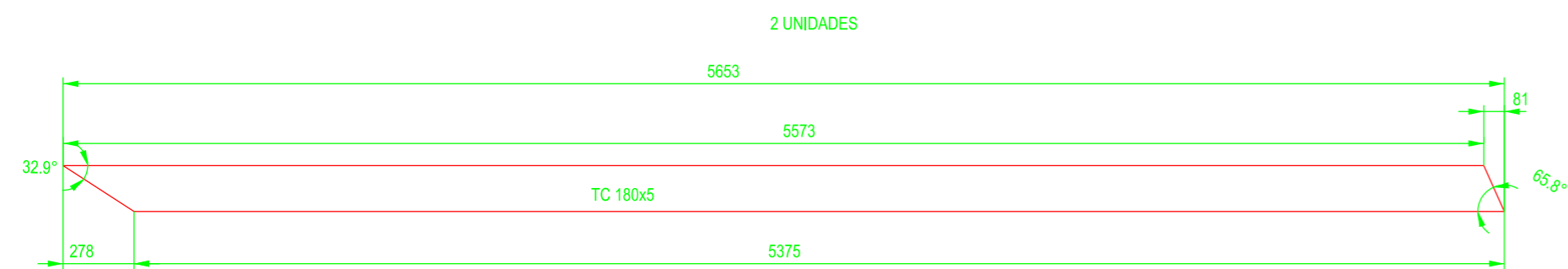
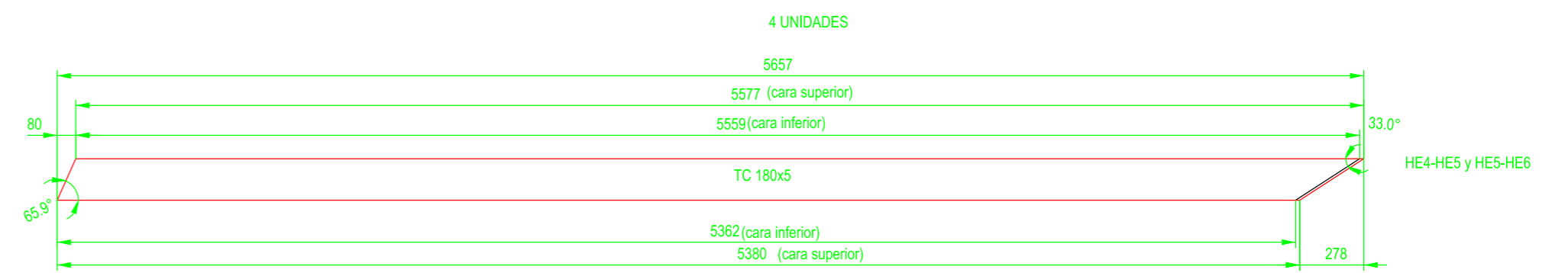
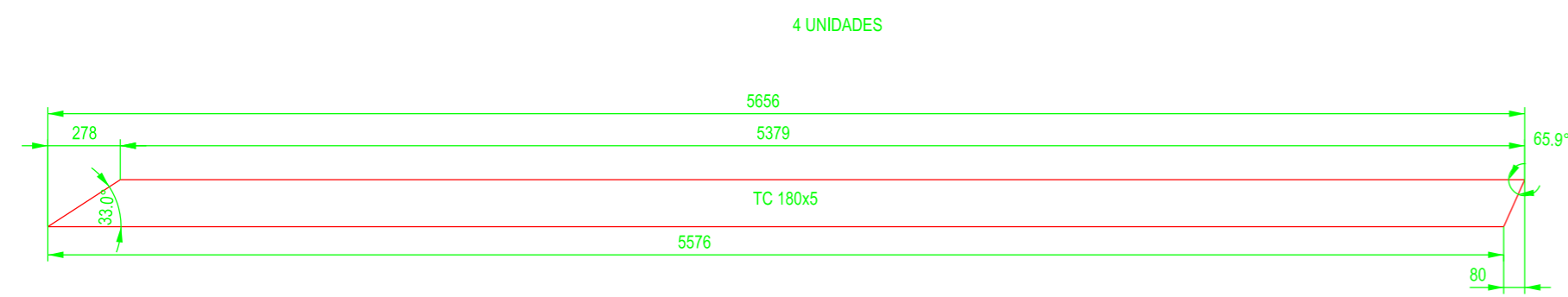
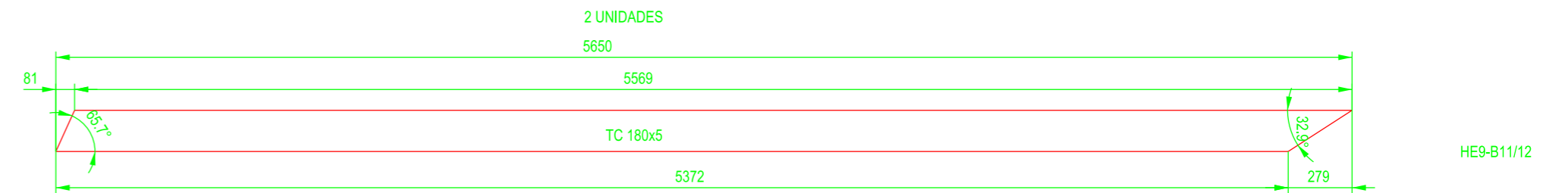
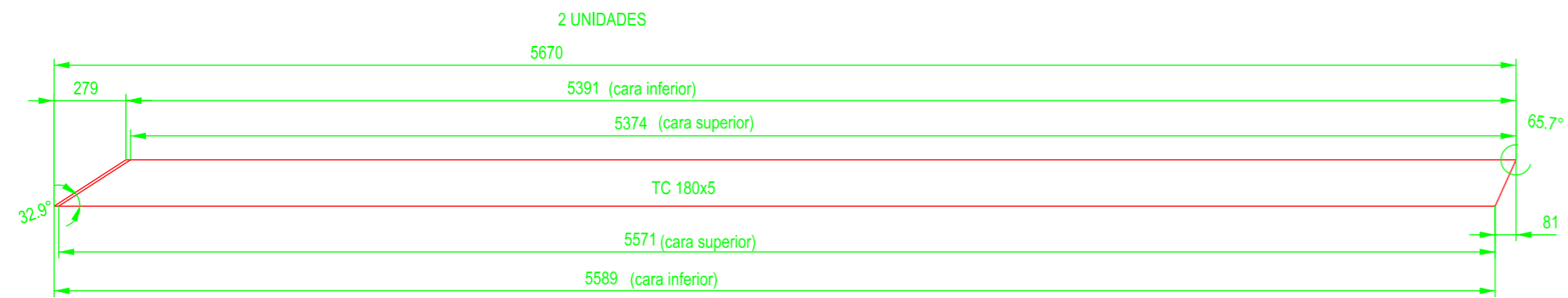
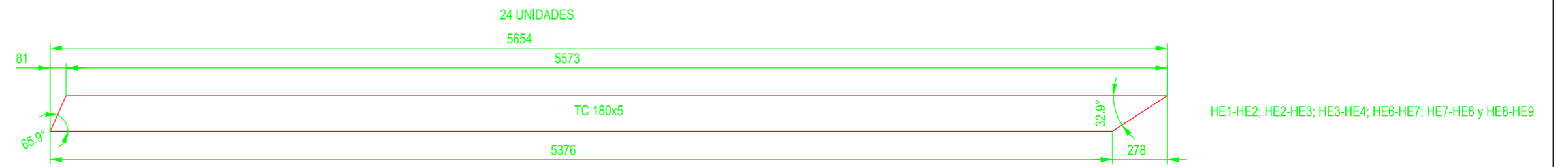
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Diagonales largas TC 180x5 cubierta BC. Vano 24-25		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
			PLANO Nº: PT-268



TODAS LAS VISTAS SON EN PLANTA SUPERIOR

MATERIAL: S275 JOH

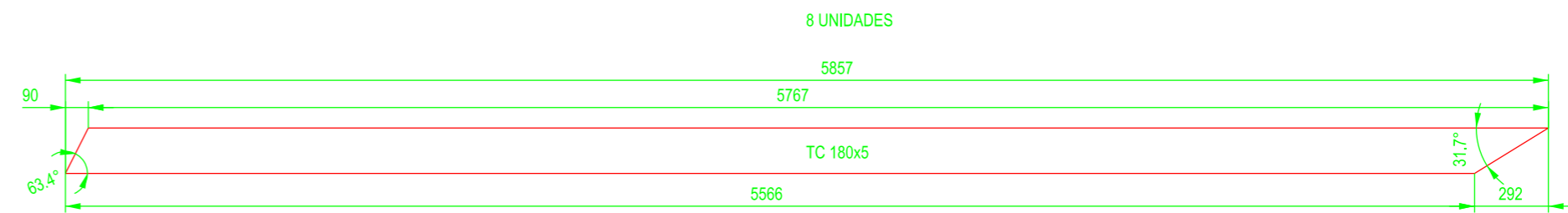
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Diagonales cortas TC 180x5 cubierta BC. Vano 1-2		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
	PLANO Nº: PT-269		



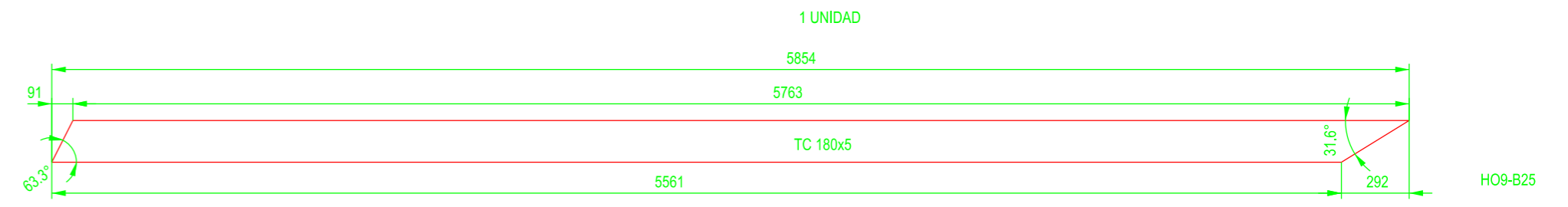
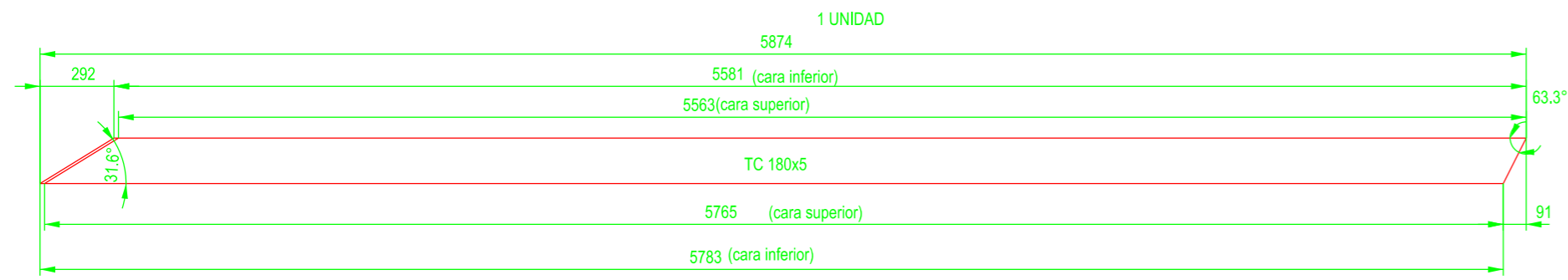
TODAS LAS VISTAS SON EN PLANTA SUPERIOR

MATERIAL: S275 JOH

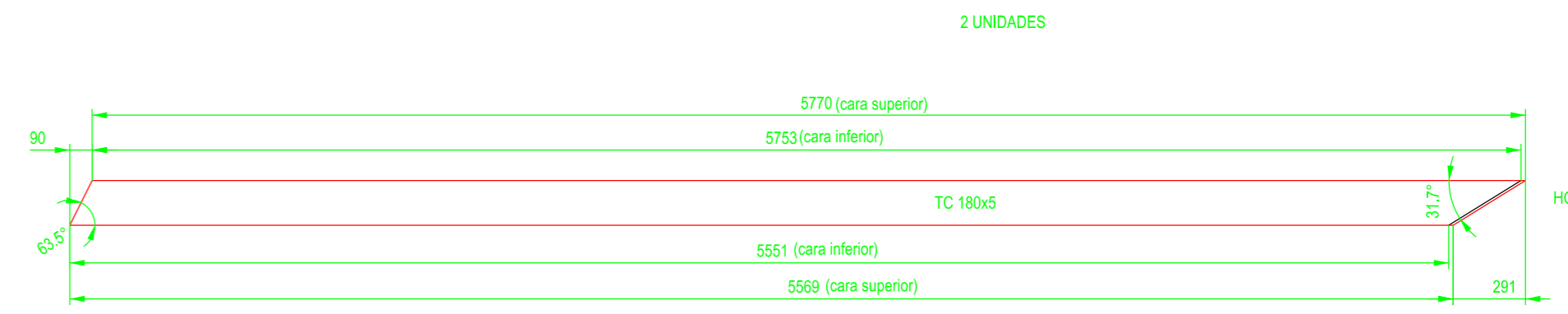
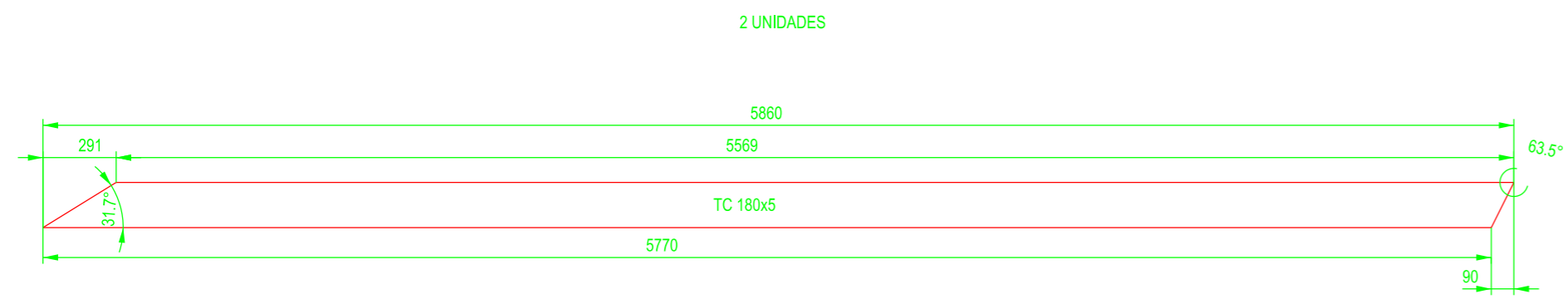
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Diagonales cortas TC 180x5 cubierta BC. Vanos 10-11- y 12-13 (JD)		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
	PLANO Nº: PT-270		



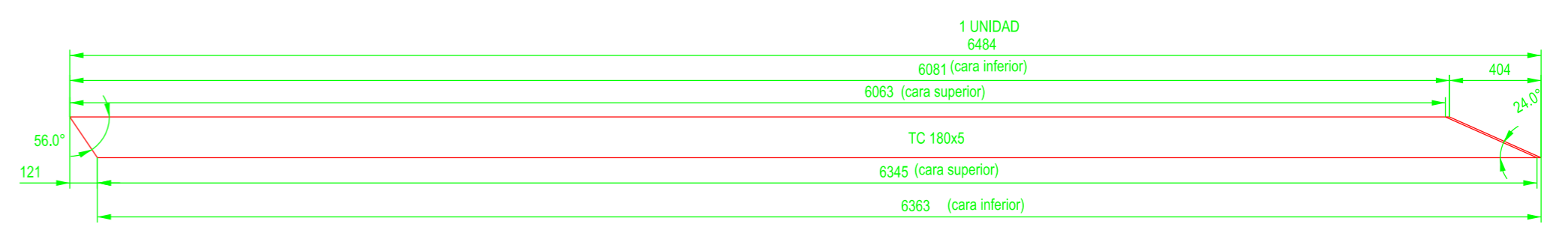
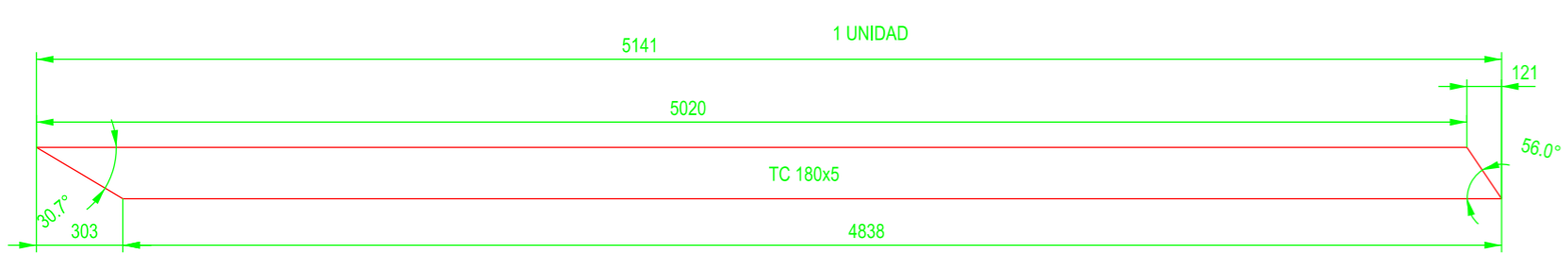
HO3-HO4; HO6-HO7; HO7-HO8 y HO8-HO9



HO9-B25



HO4-HO5 y HO5-HO6

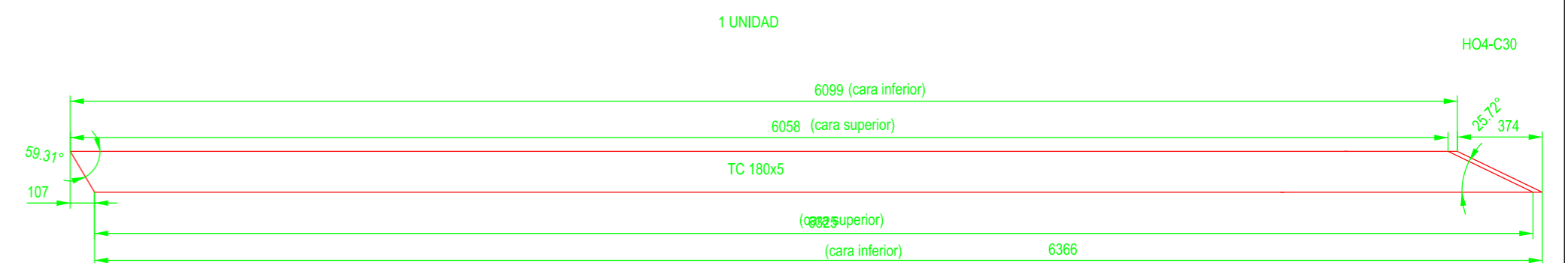
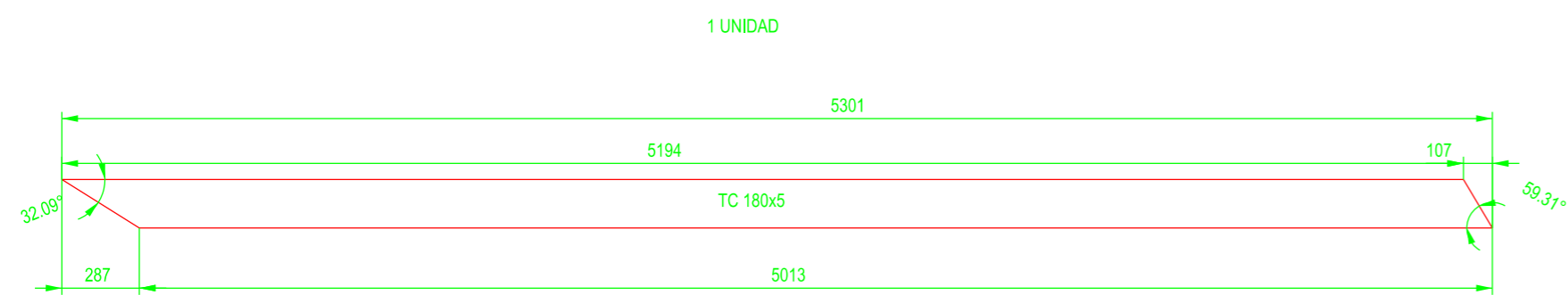
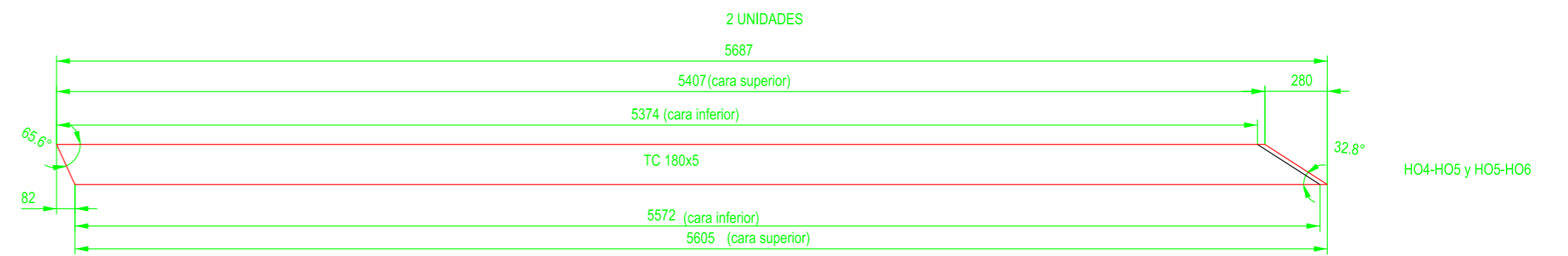
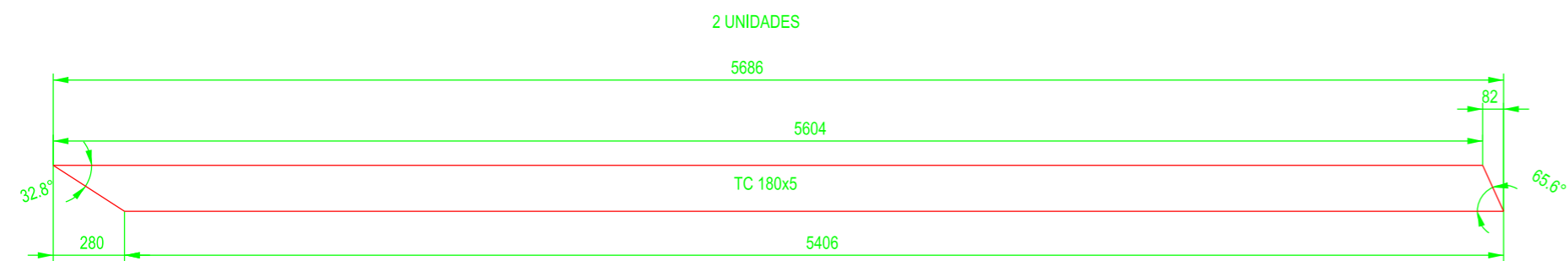
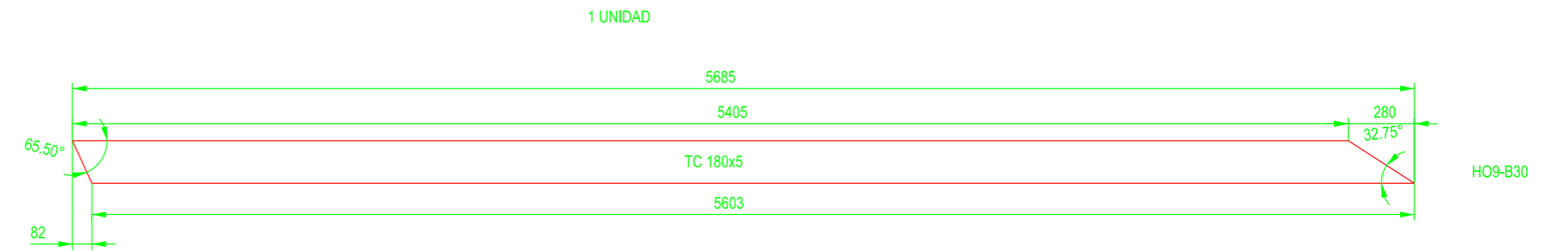
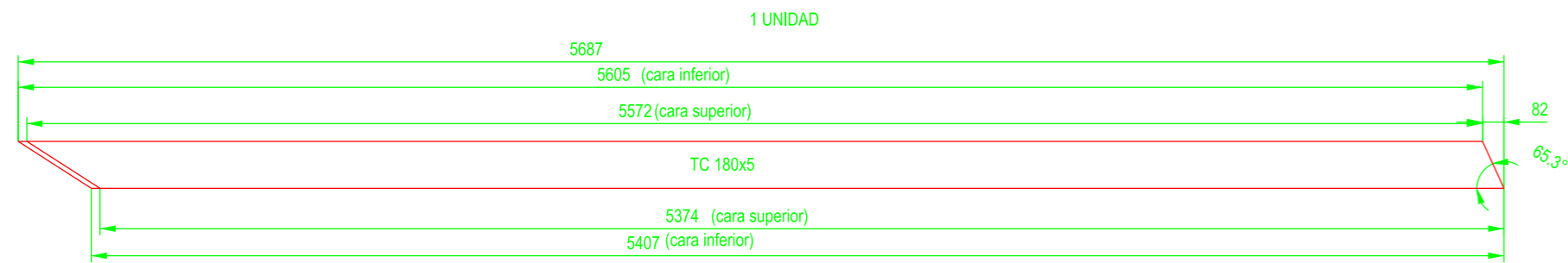
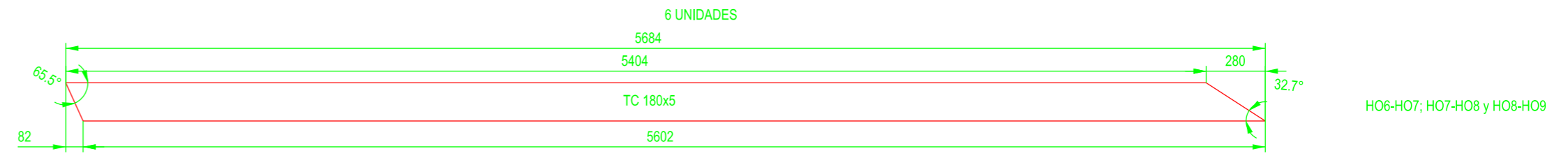


HO3-C25

TODAS LAS VISTAS SON EN PLANTA SUPERIOR

MATERIAL: S275 JOH

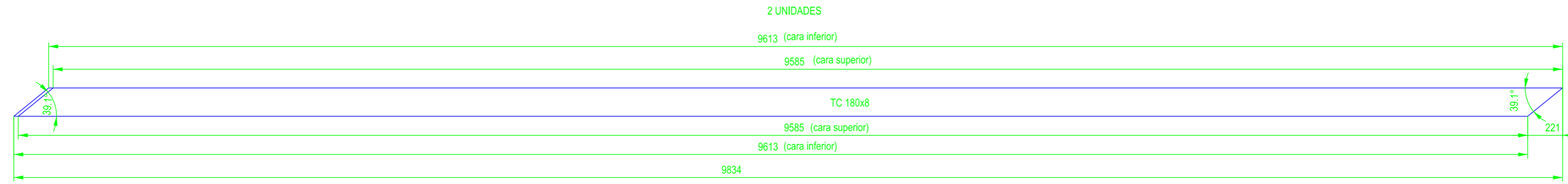
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Diagonales cortas TC 180x5 cubierta BC. Vano 24-25		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
	PLANO Nº: PT-271		



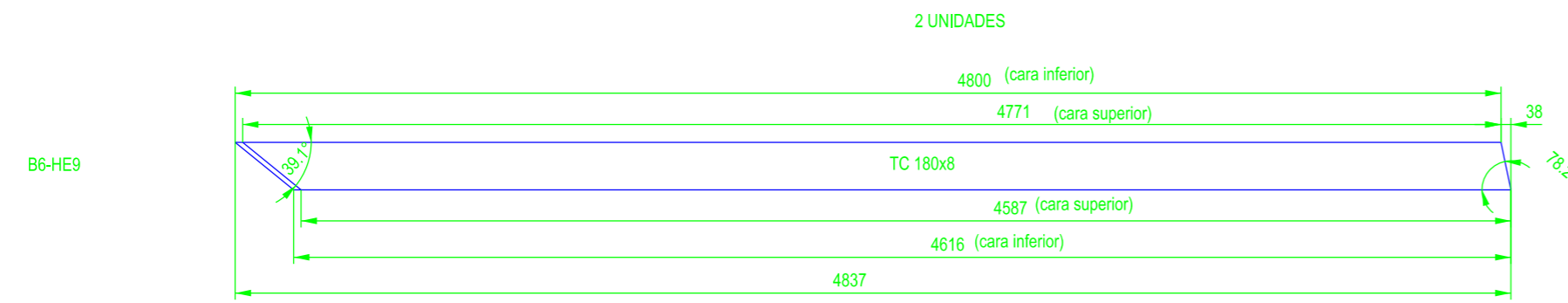
TODAS LAS VISTAS SON EN PLANTA SUPERIOR

MATERIAL: S275 JOH

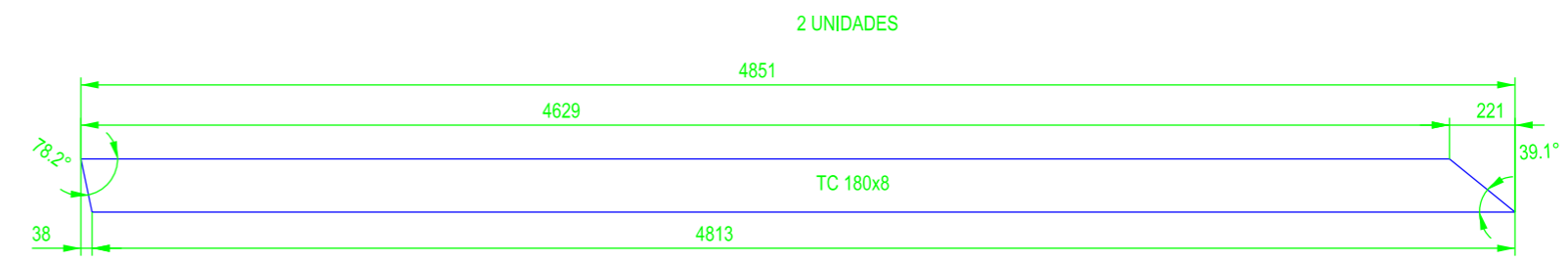
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Diagonales cortas TC 180x5 cubierta BC. Vano 29-30		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
	PLANO Nº: PT-272		



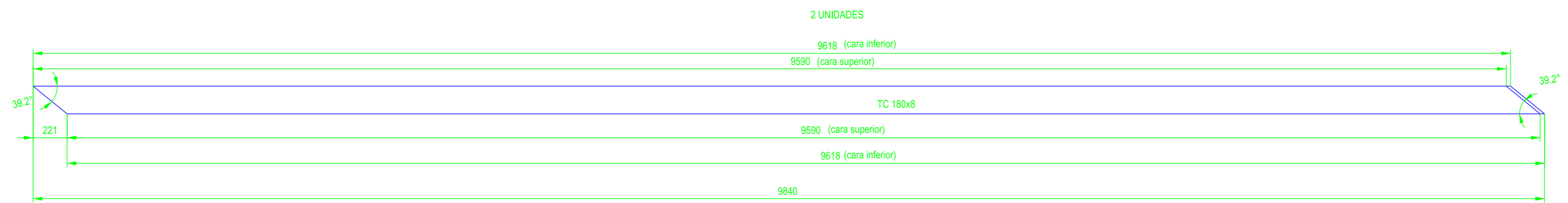
B6-HE9



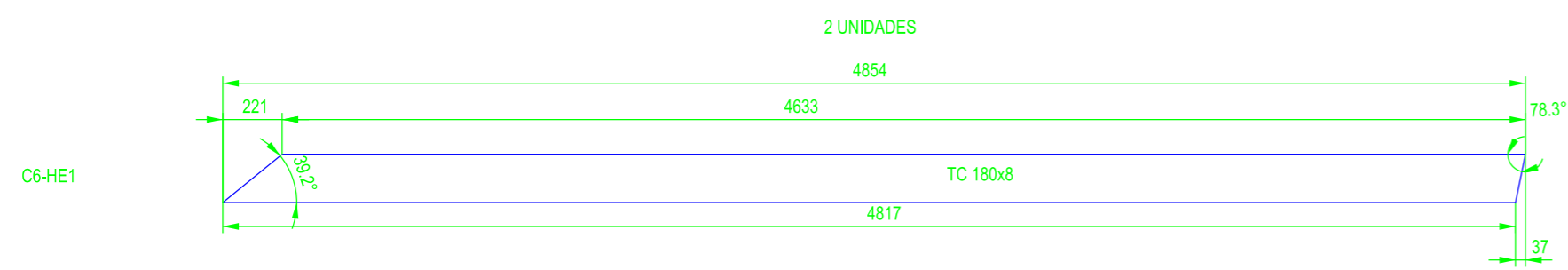
B6-HE9



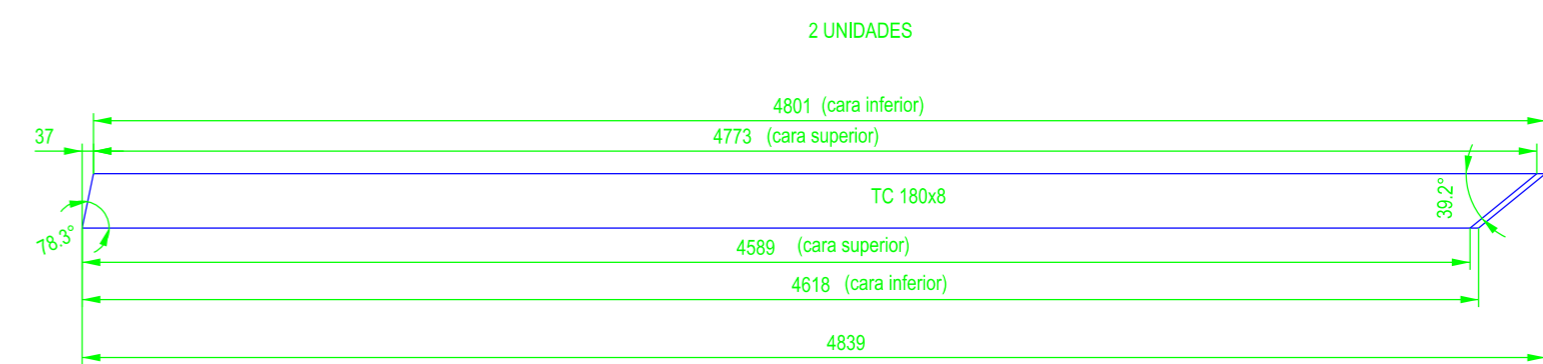
B6-HE9



C6-HE1



C6-HE1



C6-HE1

TODAS LAS VISTAS SON EN PLANTA SUPERIOR
MATERIAL: S275 JOH

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Diagonales TC 180x cubierta BC. Vanos 5-6 y 6-7		FORMATO: A2 ESCALA: 1/25
			PLANO Nº: PT-273

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.5. Correas y tirantillos.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PT-273A

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.5. Correas y tirantillos.

3.5.1.Fachadas.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PT-273B

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.5. Correas y tirantillos.

3.5.1.Fachadas.

3.5.1.1. Laterales.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

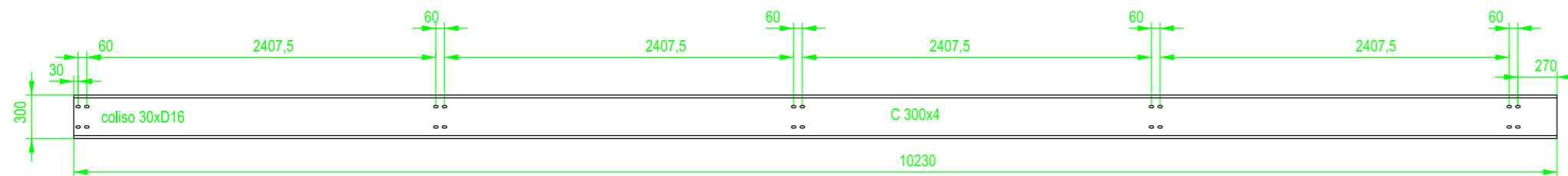
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

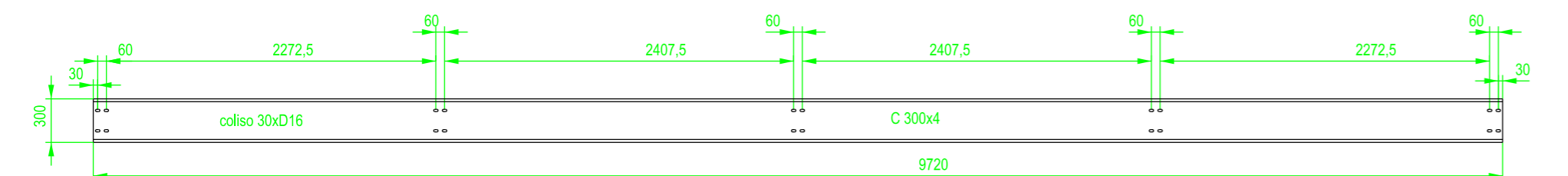
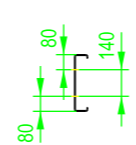
PLANO Nº :

ESCALA:

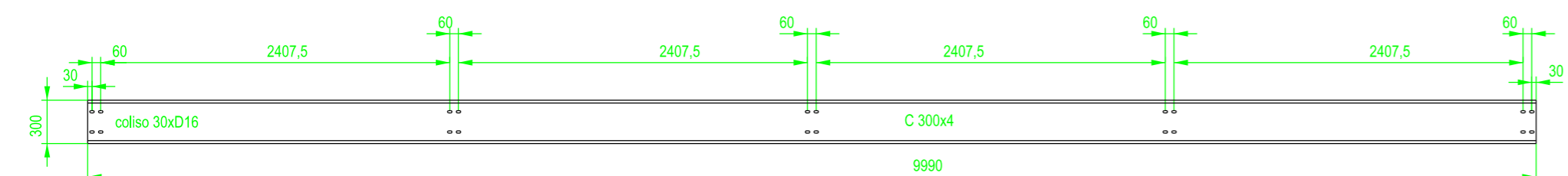
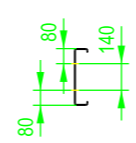
PT-273C



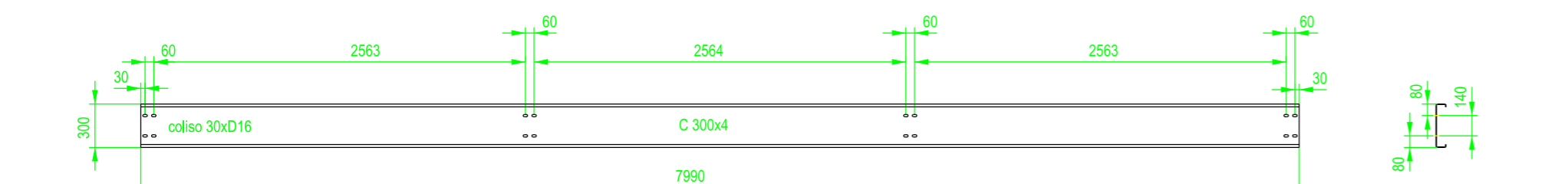
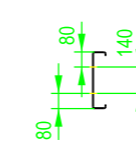
4 UNIDADES
 VANO 10.000 EXTREMO (1-2)
 ZONA PILAR



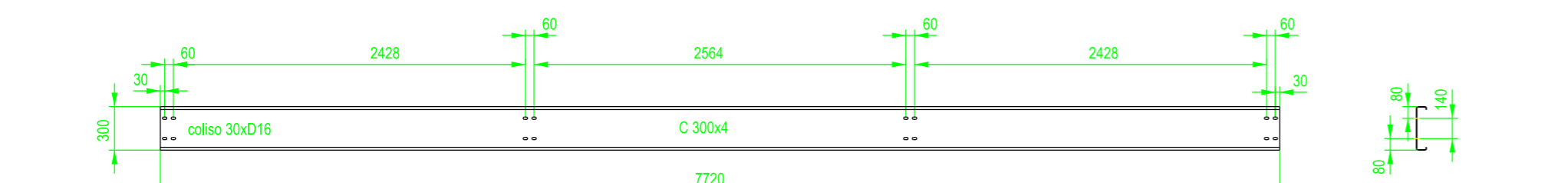
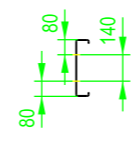
12 UNIDADES
 VANOS 10.000 (1-2; 2-3; 3-4 y 4-5)
 ZONA POTELET



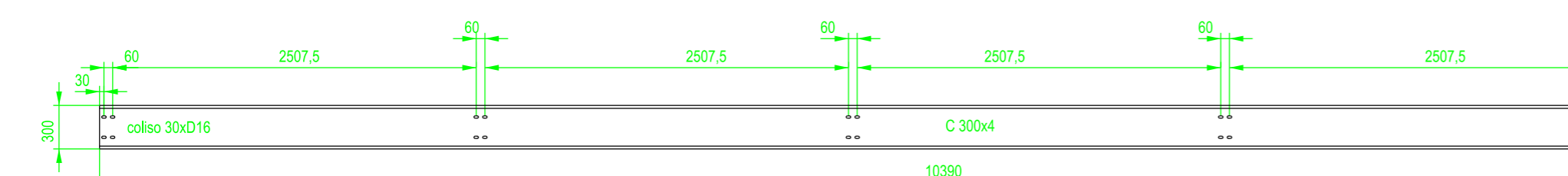
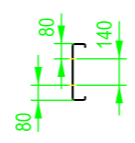
16 UNIDADES
 VANOS 10.000 INTERMEDIOS (2-3; 3-4 y 4-5)
 ZONA PILAR



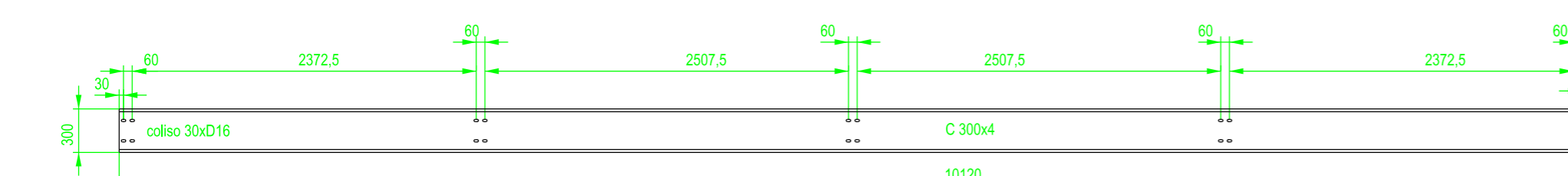
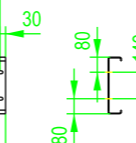
8 UNIDADES
 VANOS 8.000 (5-6 y 6-7)
 ZONA PILAR



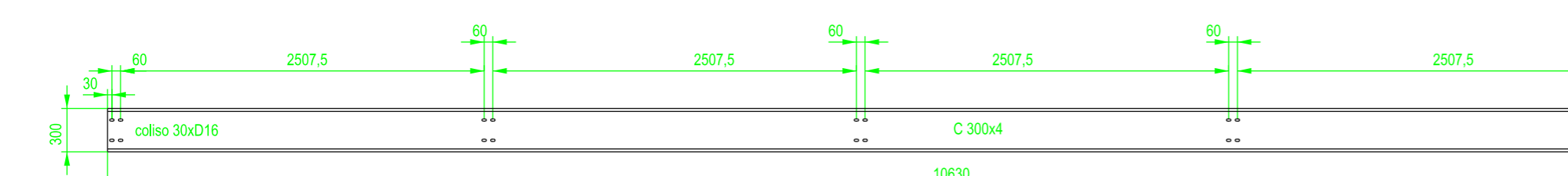
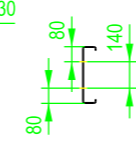
6 UNIDADES
 VANOS 8.000 (5-6 y 6-7)
 ZONA POTELET



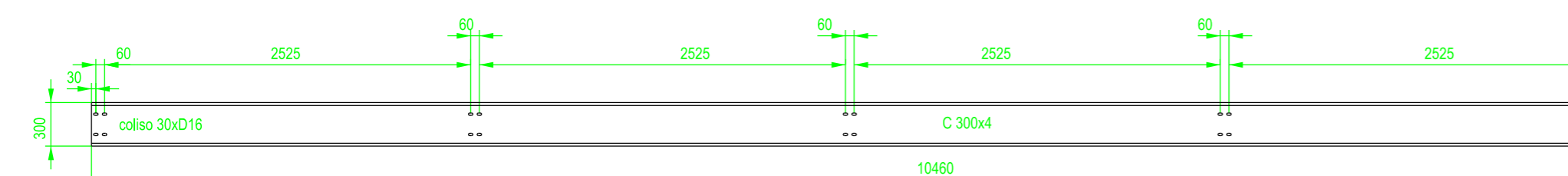
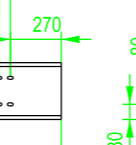
12 UNIDADES
 VANOS 10.400 INTERMEDIOS (7-8; 8-9, 9-10)
 ZONA PILAR



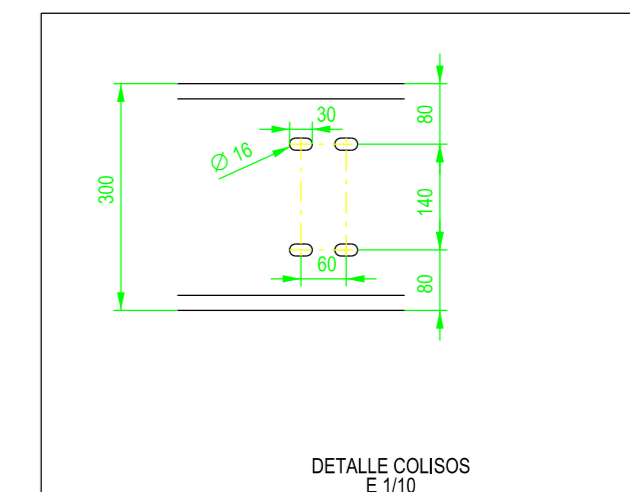
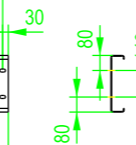
12 UNIDADES
 VANOS 10.400 INTERMEDIOS (7-8; 8-9, 9-10)
 VANO 10.400 EXT (FAC A) (24-25)
 ZONA POTELET



4 UNIDADES
 VANO 10.400 EXTREMO (FAC A) 24-25
 ZONA PILAR

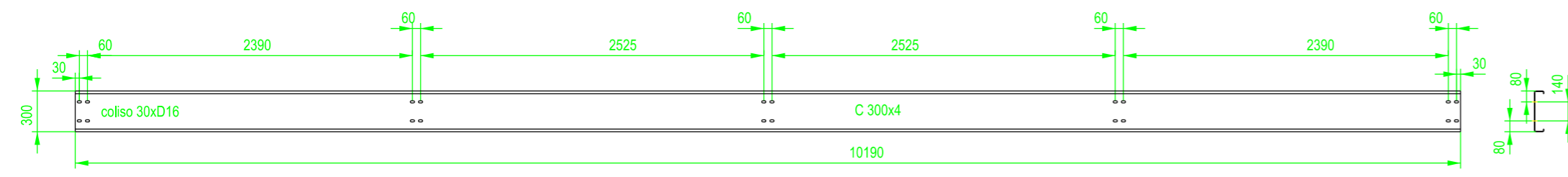


5 UNIDADES
 VANO 10.400 FAC C (24-25)
 ZONA PILAR

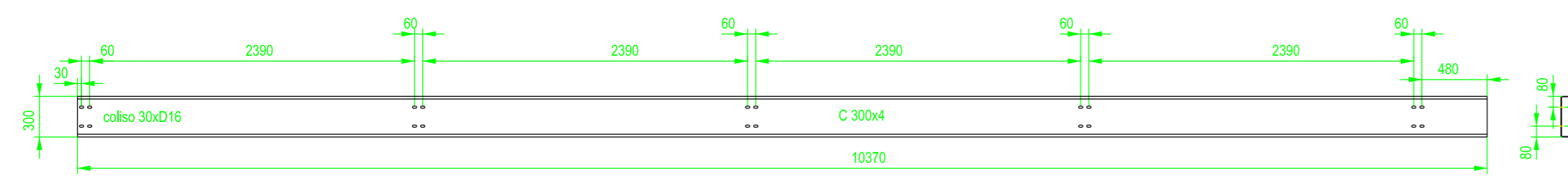


MATERIAL: S235 JOH

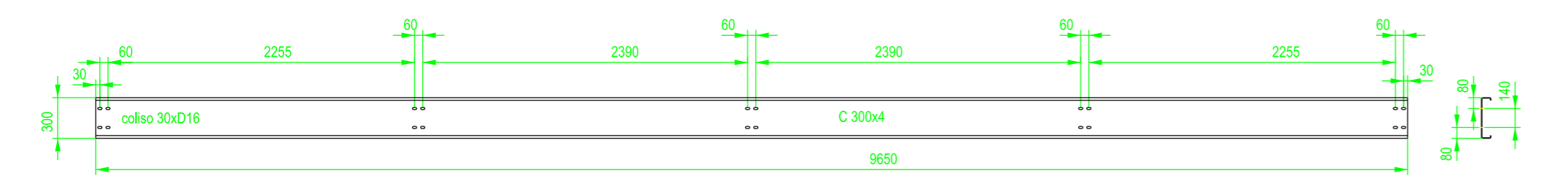
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Correas de fachada lateral C300x4 lacadas al fuego RAL 7032 (1 de 3)		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-274		



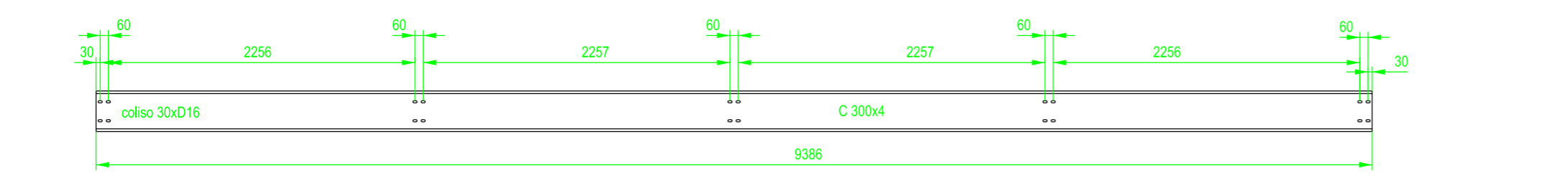
2 UNIDADES
 VANO 10.400 FAC C (24-25)
 ZONA POTELET



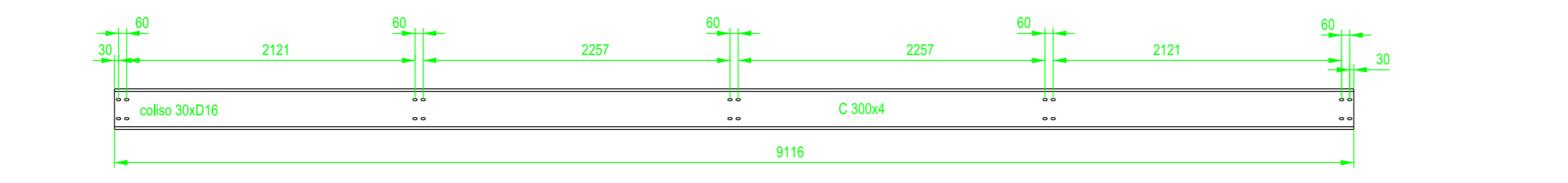
8 UNIDADES
 VANOS 9930 (JUNTA DIL) (10-11 y 12-13)
 ZONA PILAR



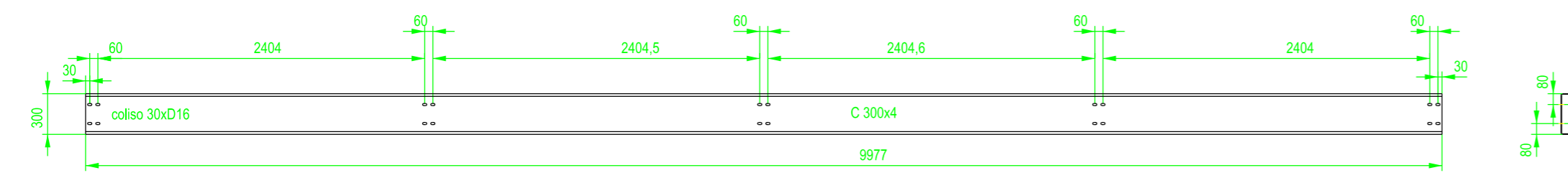
6 UNIDADES
 VANOS 9930 (JUNTA DIL) (10-11 y 12-13)
 ZONA POTELET



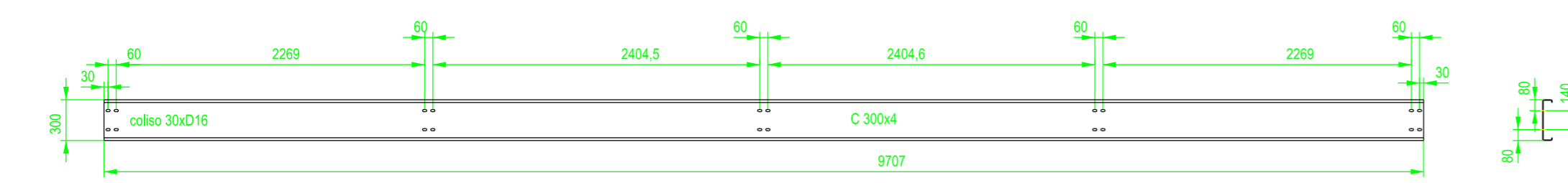
8 UNIDADES
 VANOS 9.333 (14-15 y 15-16)
 ZONA PILAR



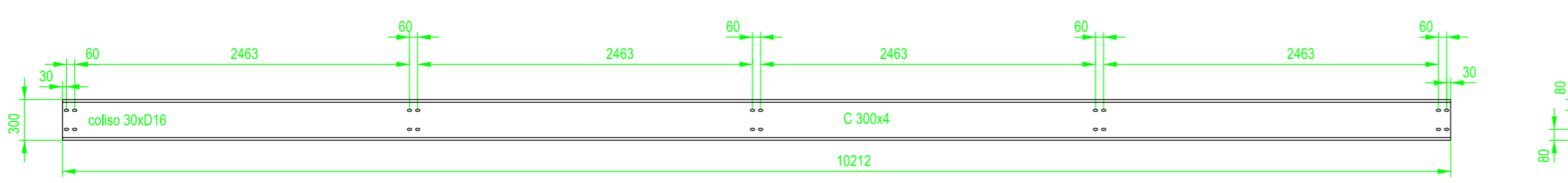
6 UNIDADES
 VANOS 9.333 (14-15 y 15-16)
 ZONA POTELET



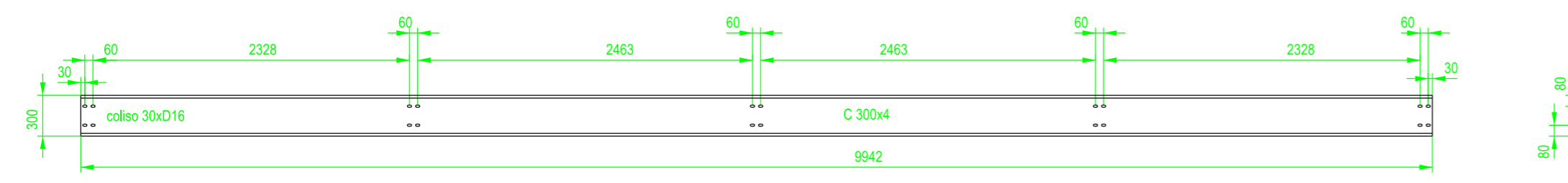
16 UNIDADES
 VANOS 9920 (16-17; 17-18; 18-19 y 19-20)
 ZONA PILAR



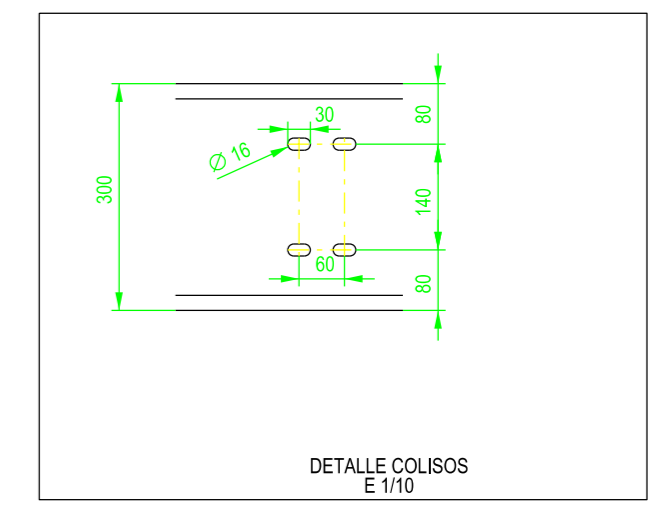
12 UNIDADES
 VANOS 9920 (16-17; 17-18; 18-19 y 19-20)
 ZONA POTELET



16 UNIDADES
 VANOS 10222 FAC A (20-21; 21-22; 22-23 Y 23-24)
 ZONA PILAR



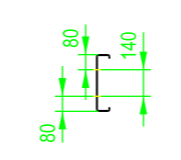
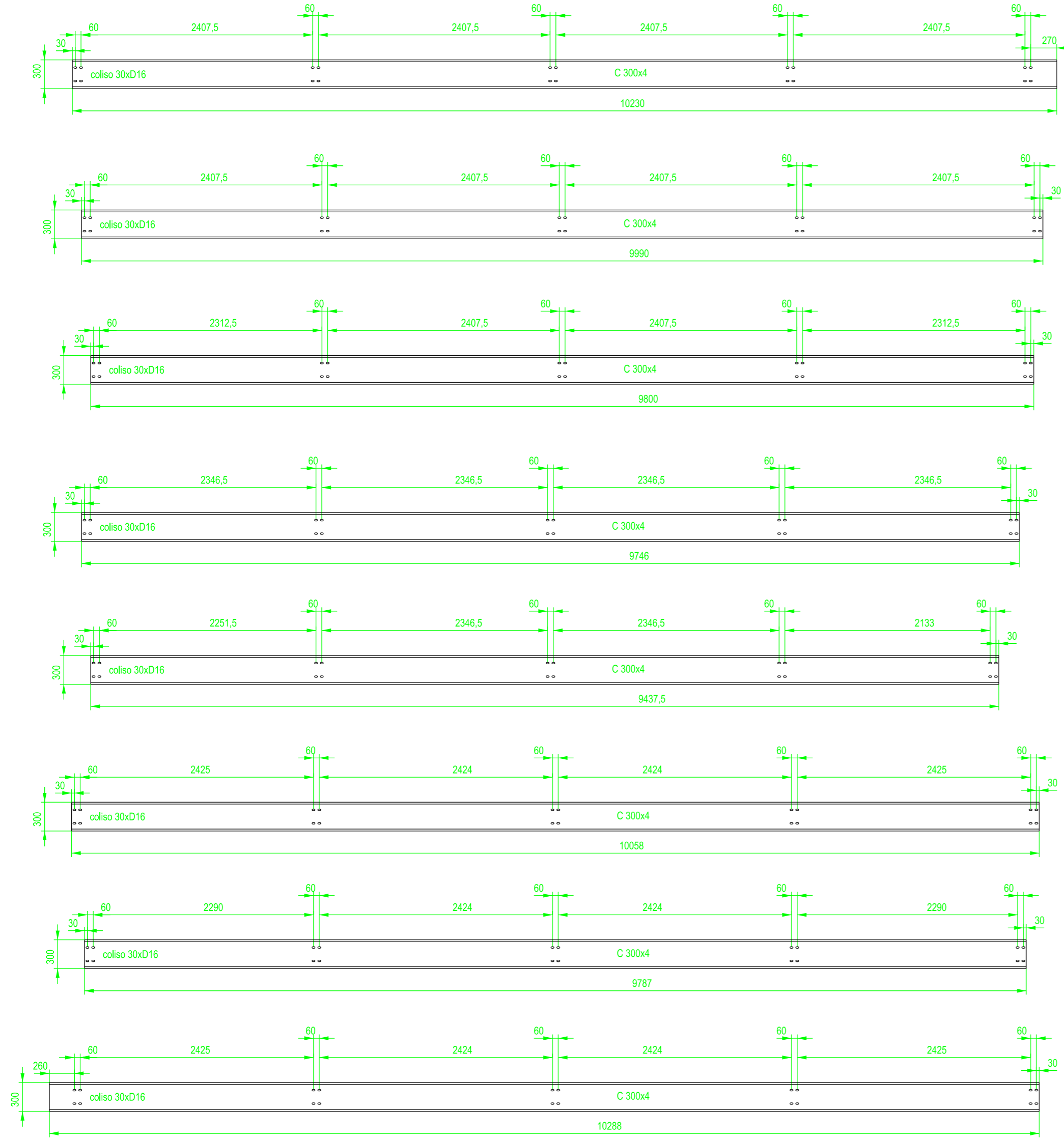
12 UNIDADES
 VANOS 10222 FAC A (20-21; 21-22; 22-23 Y 23-24)
 ZONA POTELET



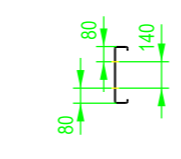
DETALLE COLISOS
 E 1/10

MATERIAL: S235 JOH

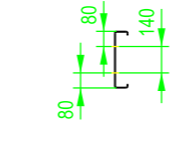
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Correas de fachada lateral C300x4 lacadas al fuego RAL 7032 (2 de 3)		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
			PLANO Nº: PT-275



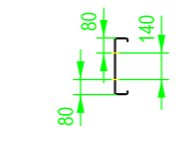
7 UNIDADES
 VANO 10.000 FAC A' EXTREMO (29-30)
 ZONA PILAR



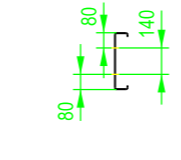
21 UNIDADES
 VANOS 10.000 FAC A' INTERMEDIOS (26-27, 27-28 y 28-29)
 ZONA PILAR



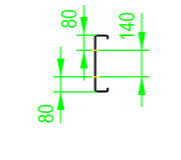
8 UNIDADES
 VANOS 10.000 FAC A' (26-27, 27-28, 28-29 y 29-30)
 ZONA POTELET



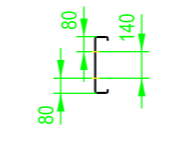
7 UNIDADES
 VANOS 10.000 FAC A' EXTREMO (25-26)
 ZONA PILAR



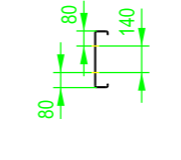
2 UNIDADES
 VANOS 10.000 FAC A' EXTREMO (25-26)
 ZONA POTELET



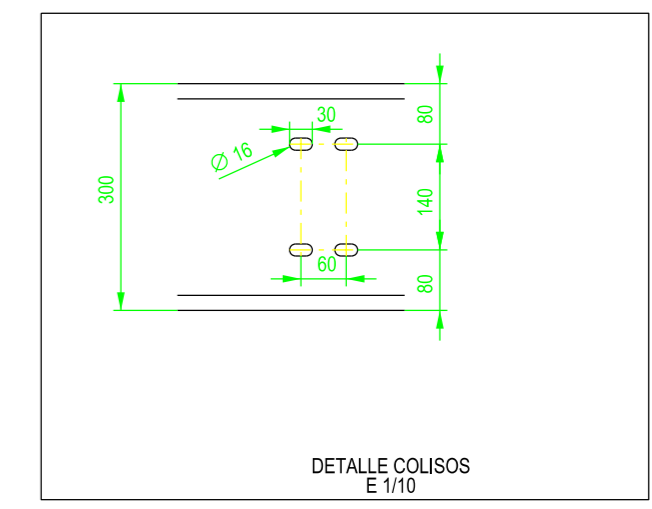
24 UNIDADES
 VANOS 10.000 INTERMEDIOS FAC C (25-26, 26-27, 27-28 y 28-29)
 ZONA PILAR



10 UNIDADES
 VANOS 10.000 FAC C (25-26, 26-27, 27-28, 28-29 y 29-30)
 ZONA POTELET

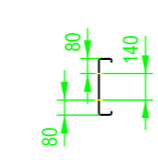
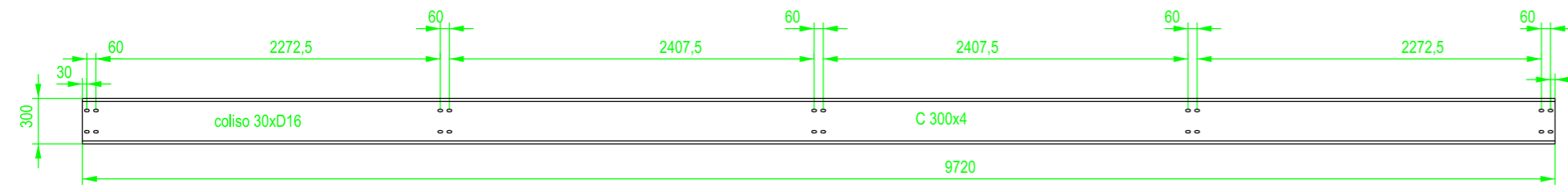


6 UNIDADES
 VANOS 10.000 EXTREMO FAC C (29-30)
 ZONA PILAR

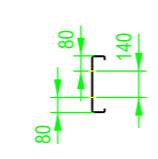
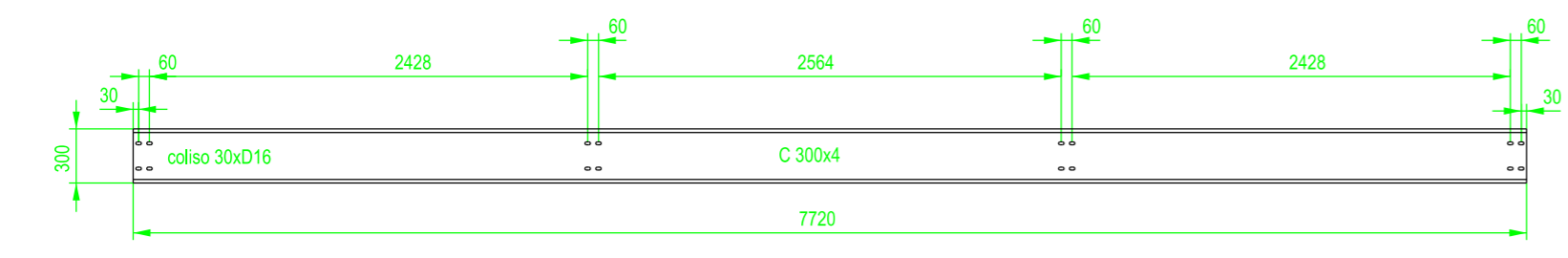


MATERIAL: S235 JOH

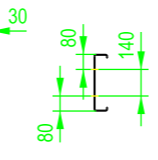
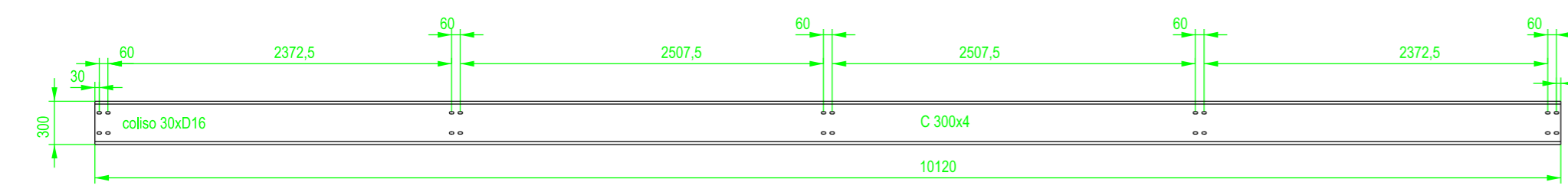
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Correas de fachada lateral C300x4 lacadas al fuego RAL 7032 (3 de 3)		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
			PLANO Nº: PT-276



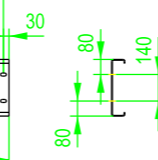
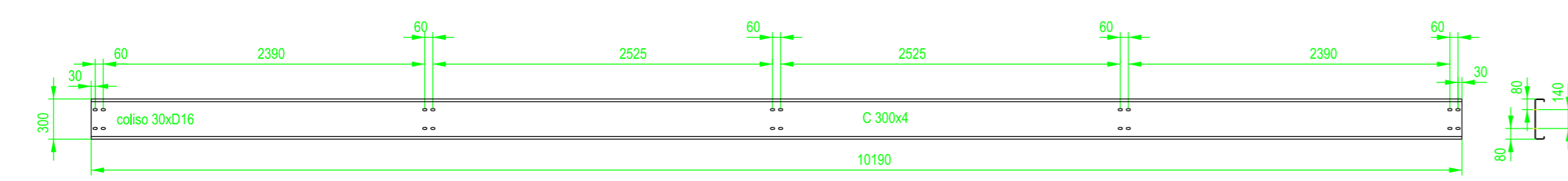
12 UNIDADES
VANOS 10.000 (1-2; 2-3; 3-4 y 4-5)
ZONA POTELET



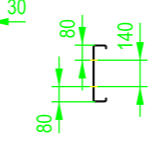
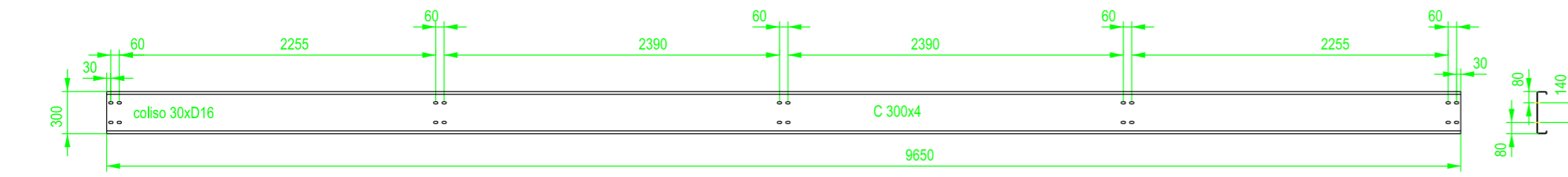
6 UNIDADES
VANOS 8.000 (5-6 y 6-7)
ZONA POTELET



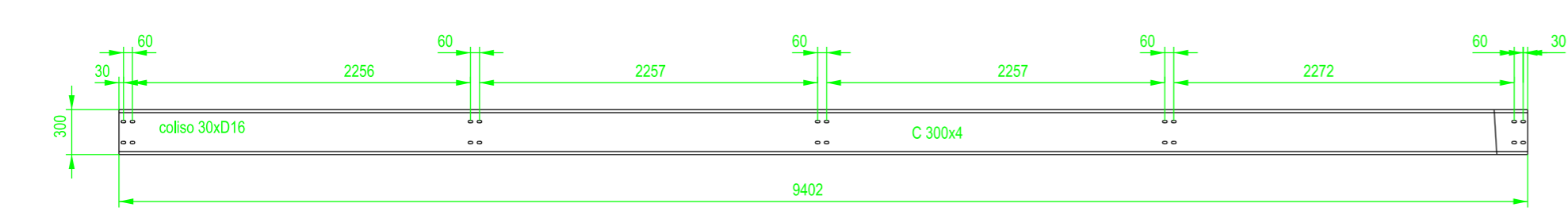
12 UNIDADES
VANOS 10.400 INTERMEDIOS (7-8; 8-9, 9-10)
VANO 10.400 EXT (FAC A) (24-25)
ZONA POTELET



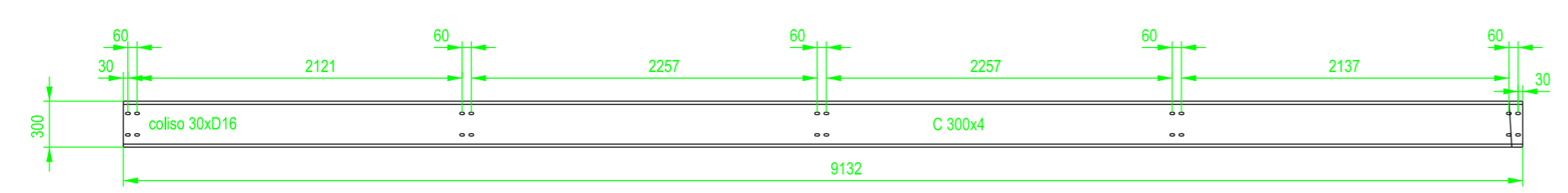
3 UNIDADES
VANO 10.400 FAC C (24-25)
ZONA POTELET



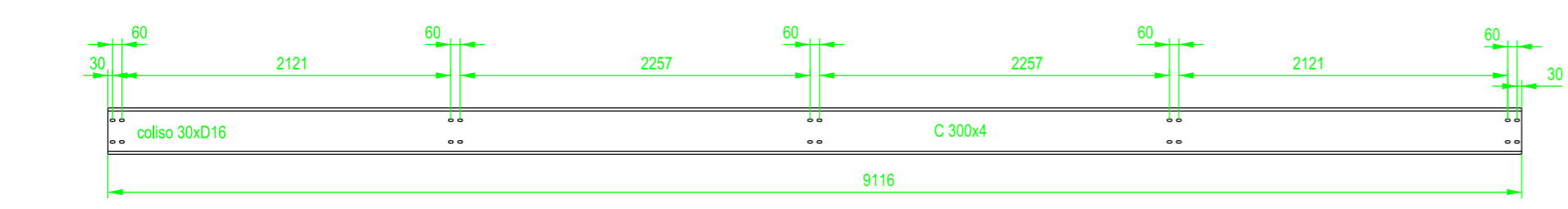
6 UNIDADES
VANOS 9930 (JUNTA DIL) (10-11 y 12-13)
ZONA POTELET



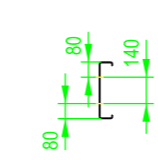
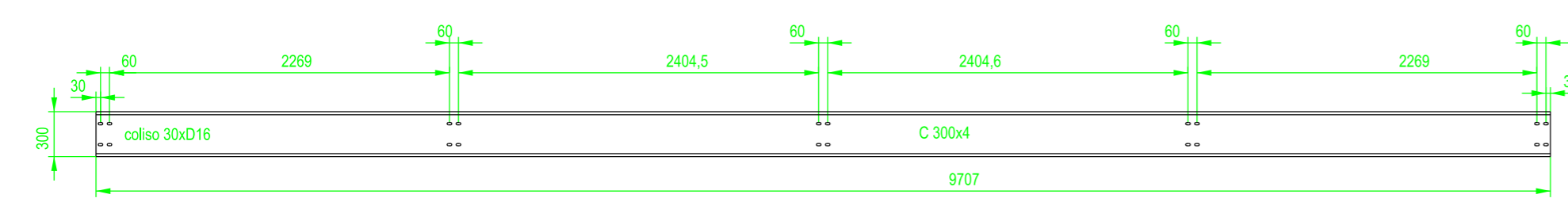
4 UNIDADES
VANO 9.333 (QUIEBRO) (13-14)
ZONA PILAR



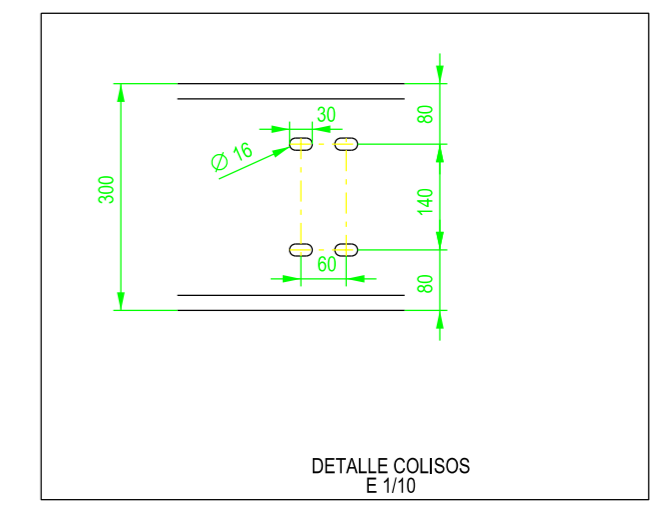
6 UNIDADES
VANO 9.333 (QUIEBRO) (13-14)
ZONA POTELET



6 UNIDADES
VANOS 9.333 (14-15 y 15-16)
ZONA POTELET



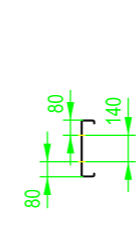
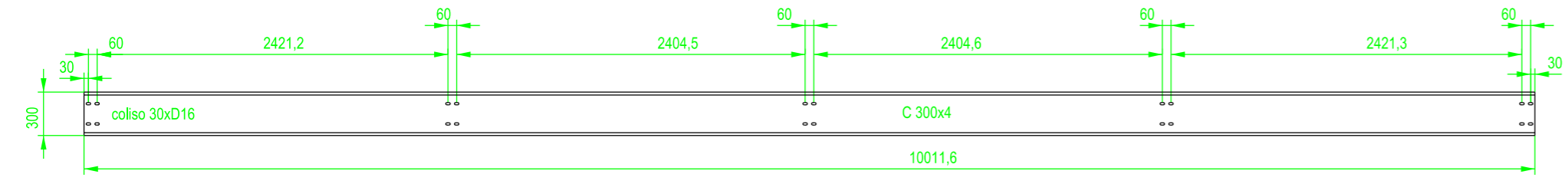
12 UNIDADES
VANOS 9920 (16-17; 17-18; 18-19 y 19-20)
ZONA POTELET



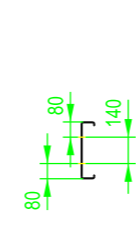
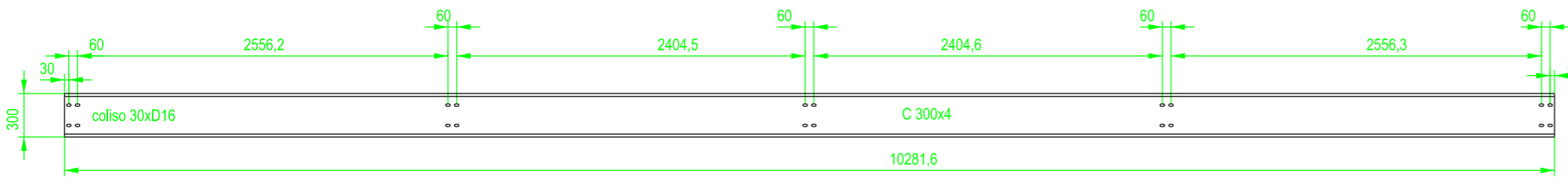
DETALLE COLISOS
E 1/10

MATERIAL: S235 JOH

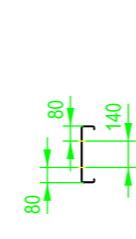
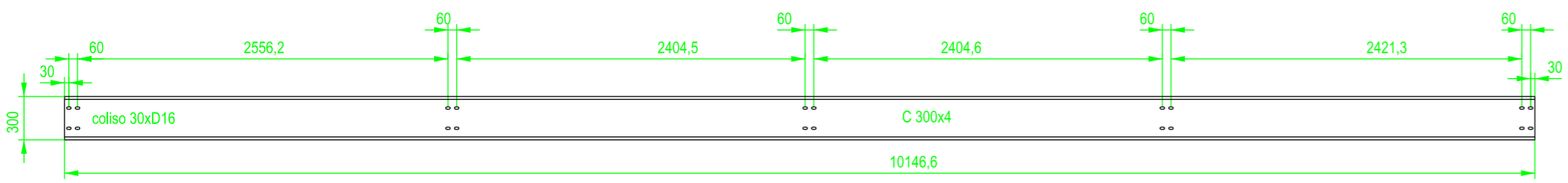
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TÍTULO PLANO: Correas de fachada lateral C300x4 sin pintar (1 de 3)		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
			PLANO Nº: PT-277



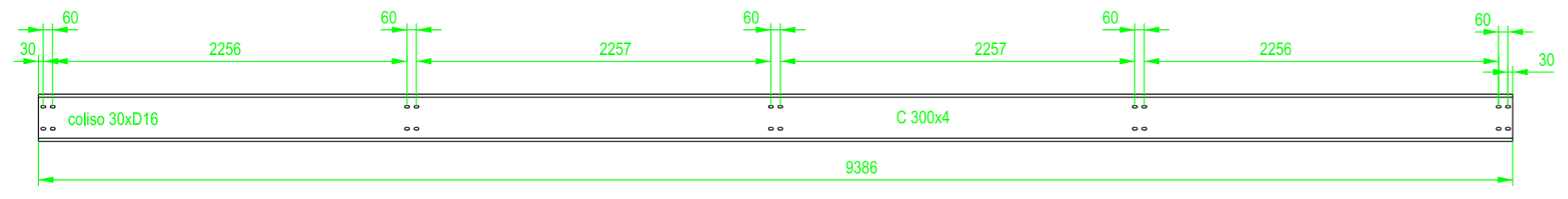
8 UNIDADES
 VANOS 10222 FAC C (20-21; 21-22; 22-23 Y 23-24)
 ZONA POTELET



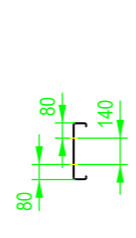
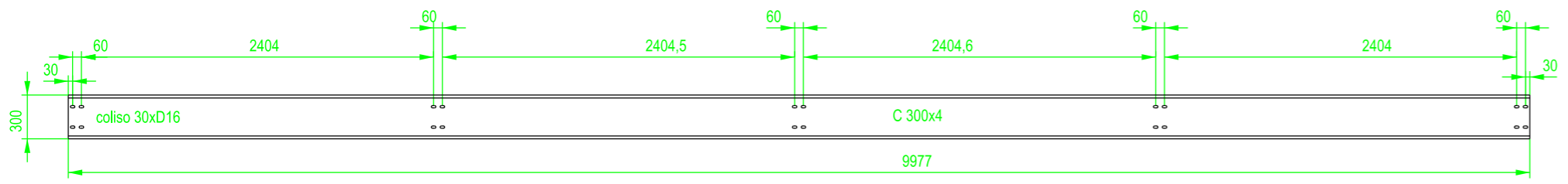
19 UNIDADES
 VANOS 10222 FAC C (20-21; 21-22; 22-23 Y 23-24)
 ZONA PILAR



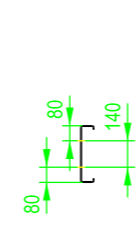
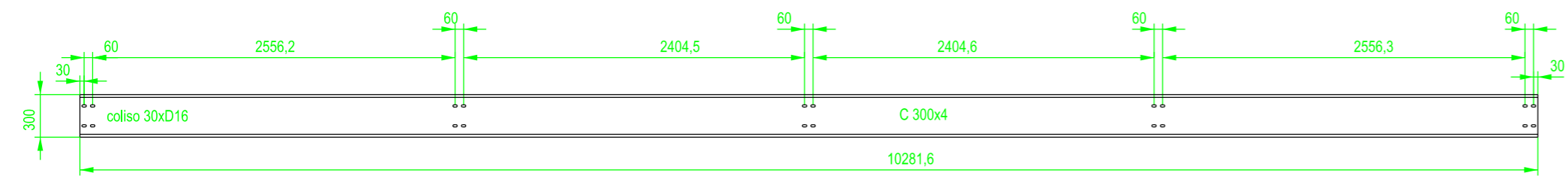
1 UNIDAD
 VANO 10222 FAC C (20-21)
 ZONA PILAR-POTELET



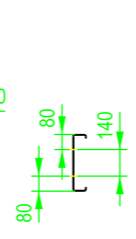
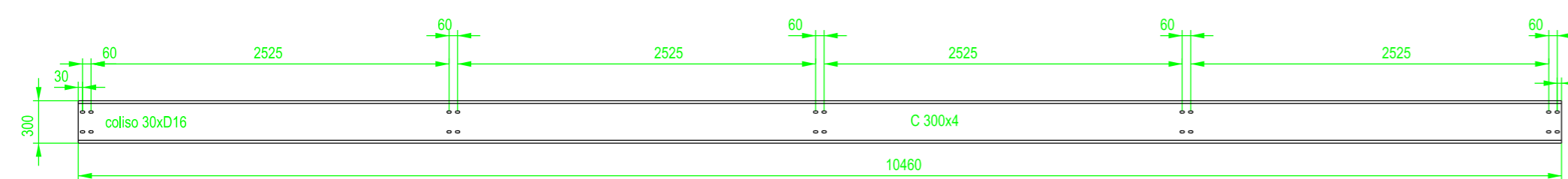
2 UNIDADES
 VANOS 9.333 (14-15 y 15-16)
 APOYO CANAL 1



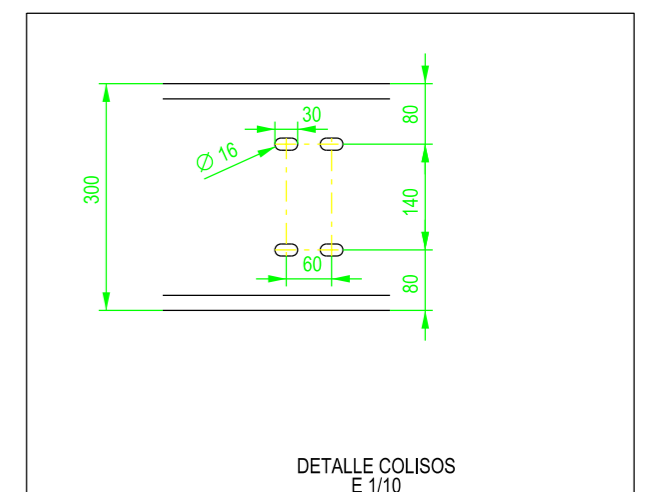
4 UNIDADES
 VANOS 9920 (16-17; 17-18; 18-19 y 19-20)
 APOYO CANAL 1



4 UNIDADES
 VANOS 10222 (20-21; 21-22; 22-23 Y 23-24)
 APOYO CANAL 1

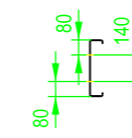
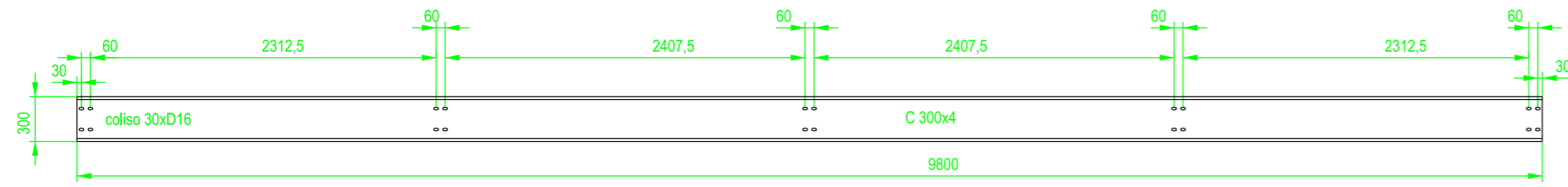


1 UNIDAD
 VANO 10.400 (24-25)
 APOYO CANAL 1

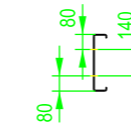
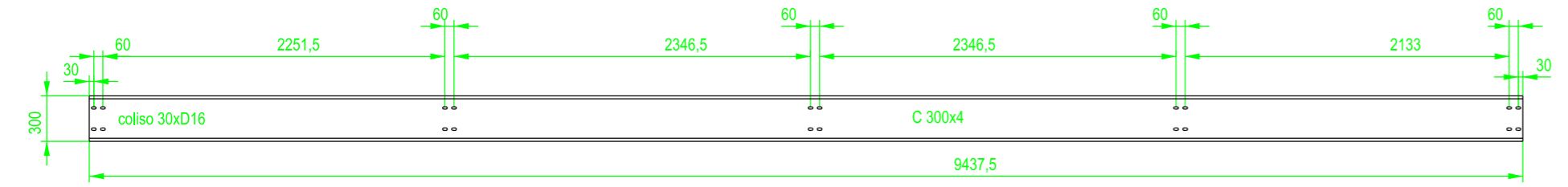


MATERIAL: S235 JOH

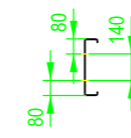
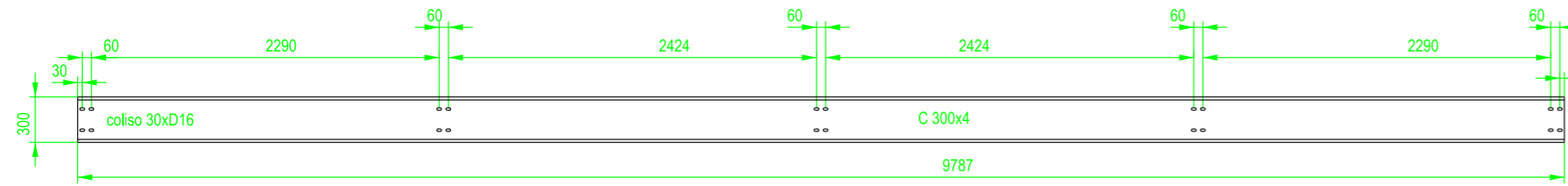
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Correas de fachada lateral C300x4 sin pintar (2 de 3)		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-278		



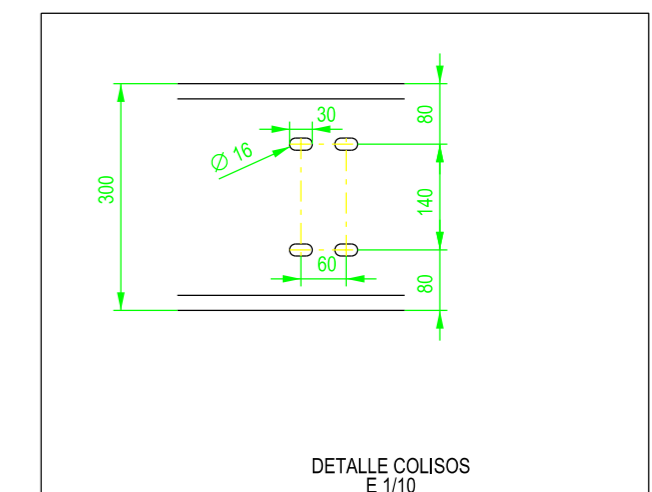
12 UNIDADES
VANOS 10.000 FAC A'
ZONA POTELET
(26-27, 27-28, 28-29 y 29-30)



3 UNIDADES
VANOS 10.000 FAC A' EXTREMO
ZONA POTELET
(25-26)



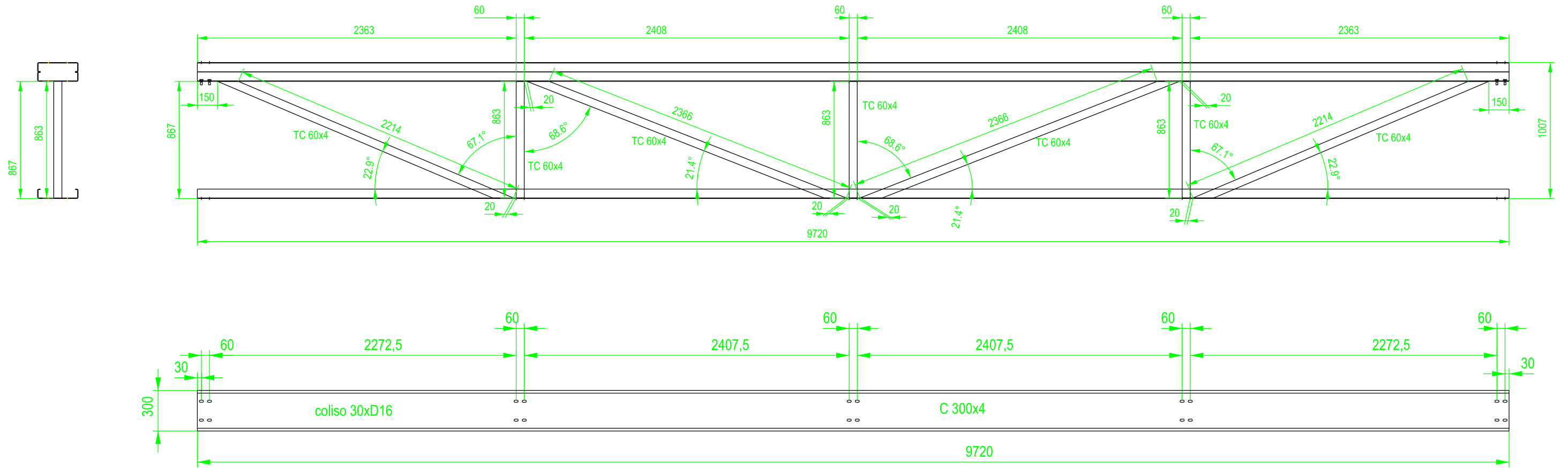
15 UNIDADES
VANOS 10.000 FAC C
ZONA POTELET
(25-26, 26-27, 27-28, 28-29 y 29-30)



MATERIAL: S235 JOH

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: Correas de fachada lateral C300x4 sin pintar (3 de 3)	FORMATO: A2 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-279

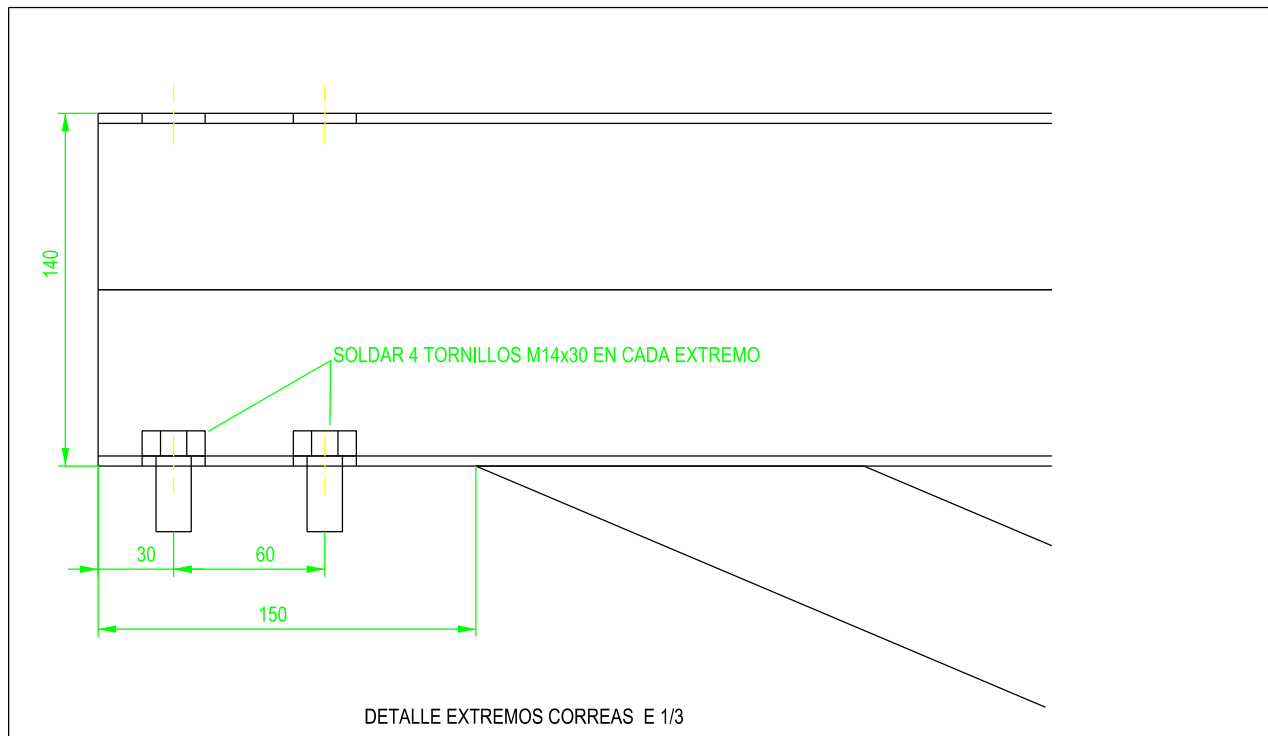
8 UNIDADES



12 UNIDADES

VANOS 10.000 (1-2; 2-3; 3-4 y 4-5)

ZONA POTELET



DETALLE EXTREMOS CORREAS E 1/3

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Celosías de fachada lateral vanos 10.000. (A/C: 1-2, 2-3, 3-4 y 4-5)

FORMATO: A3

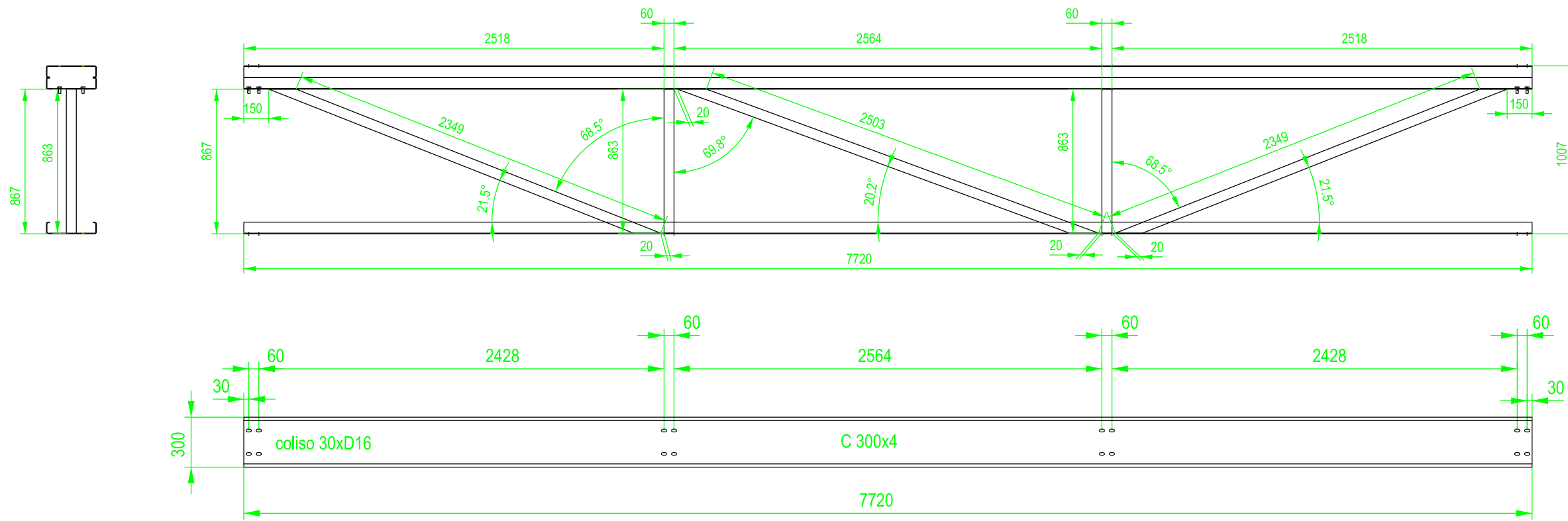
ESCALA:

1/30

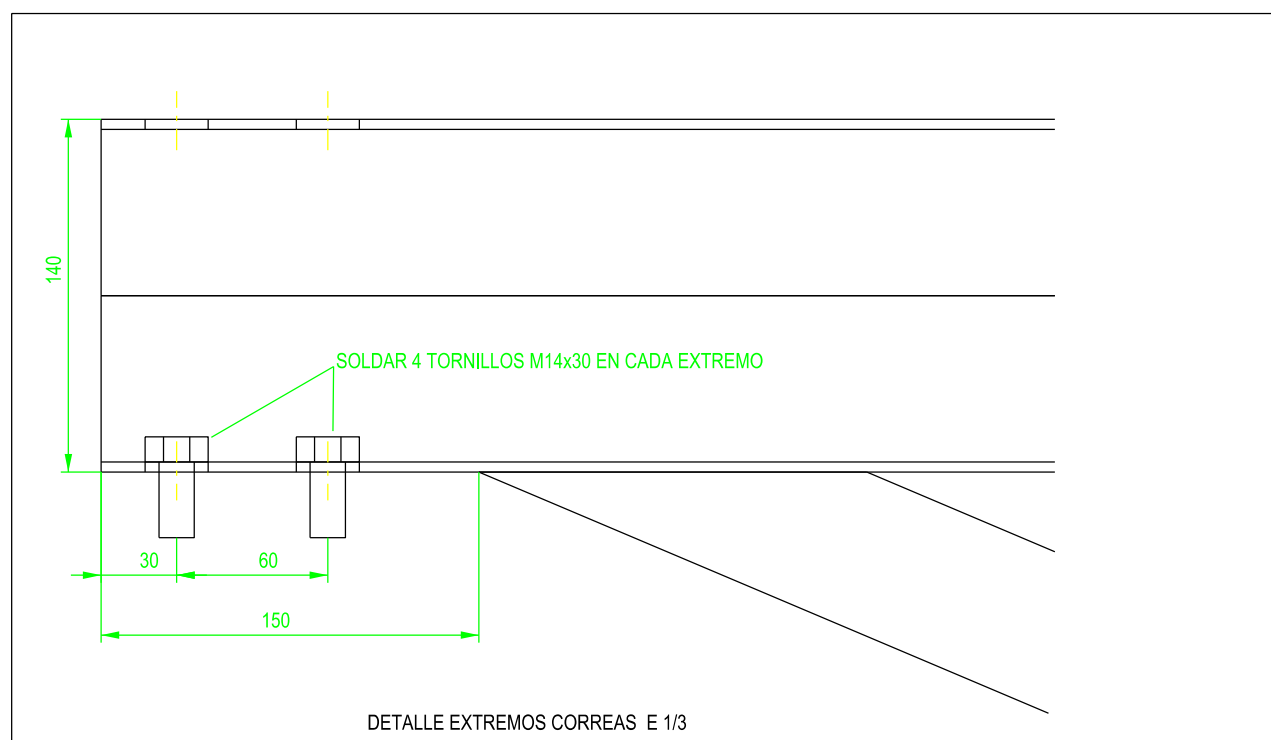
PLANO Nº:

PT-280

4 UNIDADES

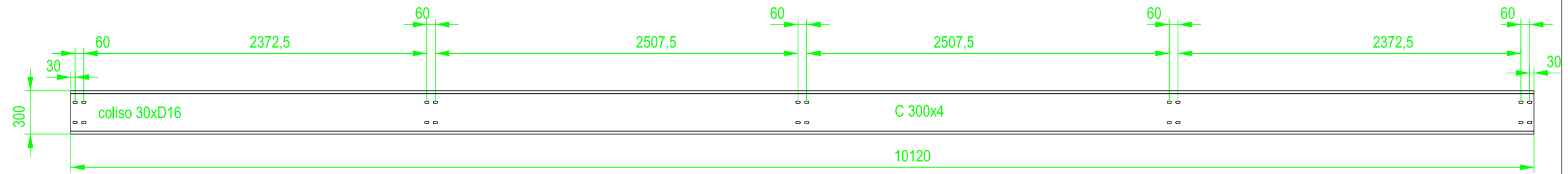
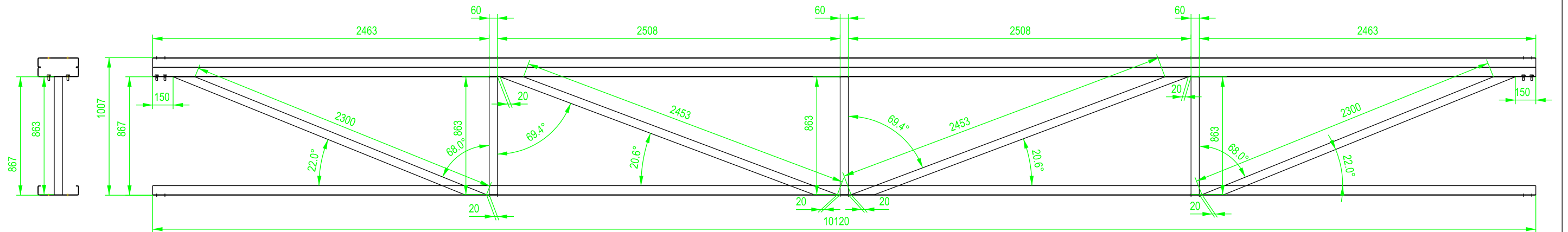


6 UNIDADES
VANOS 8.000 (5-6 y 6-7)
ZONA POTELET



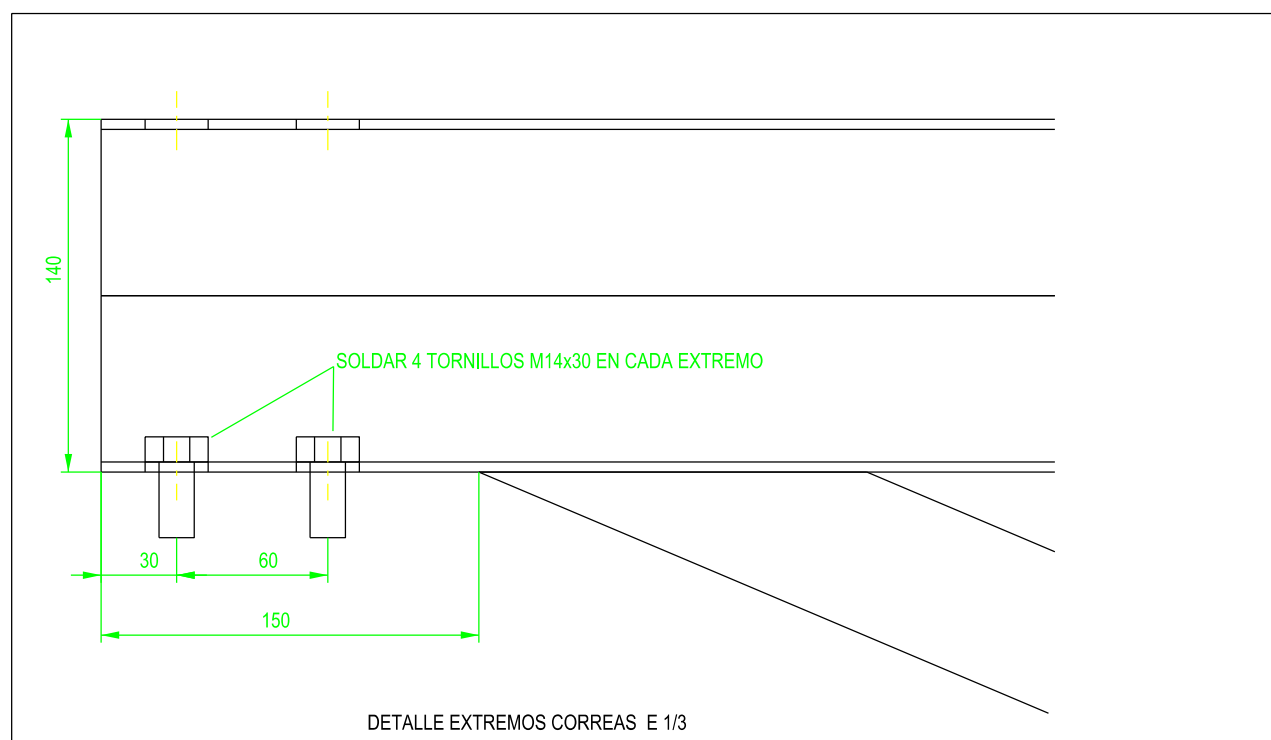
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Celosías de fachada lateral vanos 8.000. (A/C: 5-6 y 6-7)		FORMATO: A3 ESCALA: 1/30
	PLANO Nº: PT-281		

7 UNIDADES



12 UNIDADES

VANOS 10.400 INTERMEDIOS (7-8; 8-9, 9-10)
 VANO 10.400 EXT (FAC A) (24-25)
 ZONA POTELET



DETALLE EXTREMOS CORREAS E 1/3

ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23
 UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Celosias de fachada lateral vanos 10.400. (A:24-25 y A/C:7-8,8-9 y 9-10)

FORMATO: A3

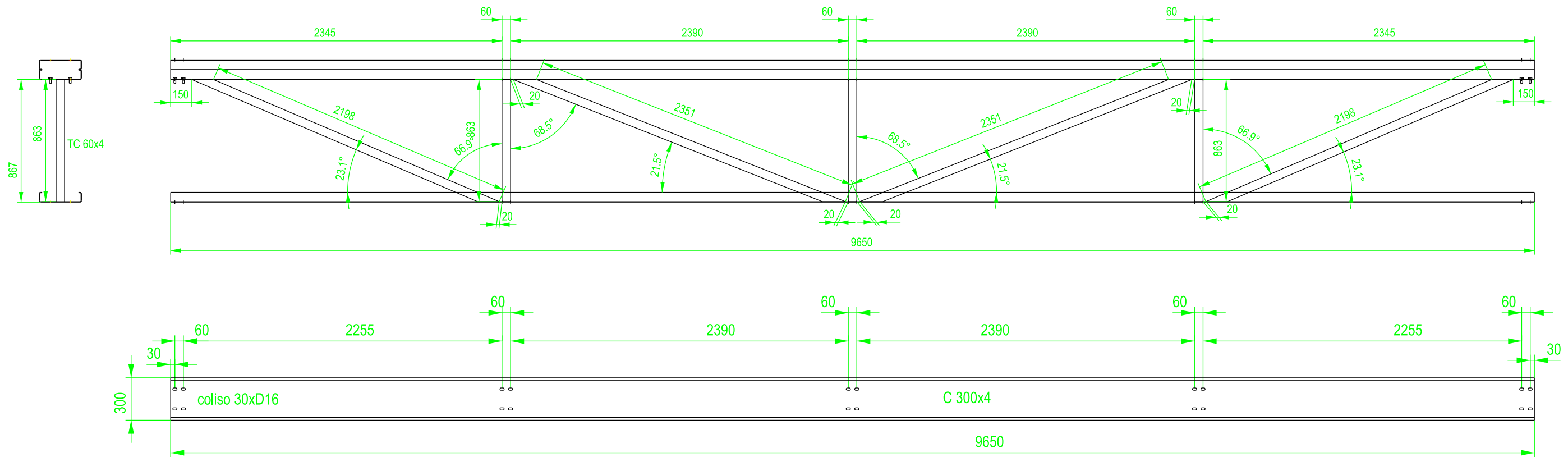
ESCALA:

1/30

PLANO Nº:

PT-282

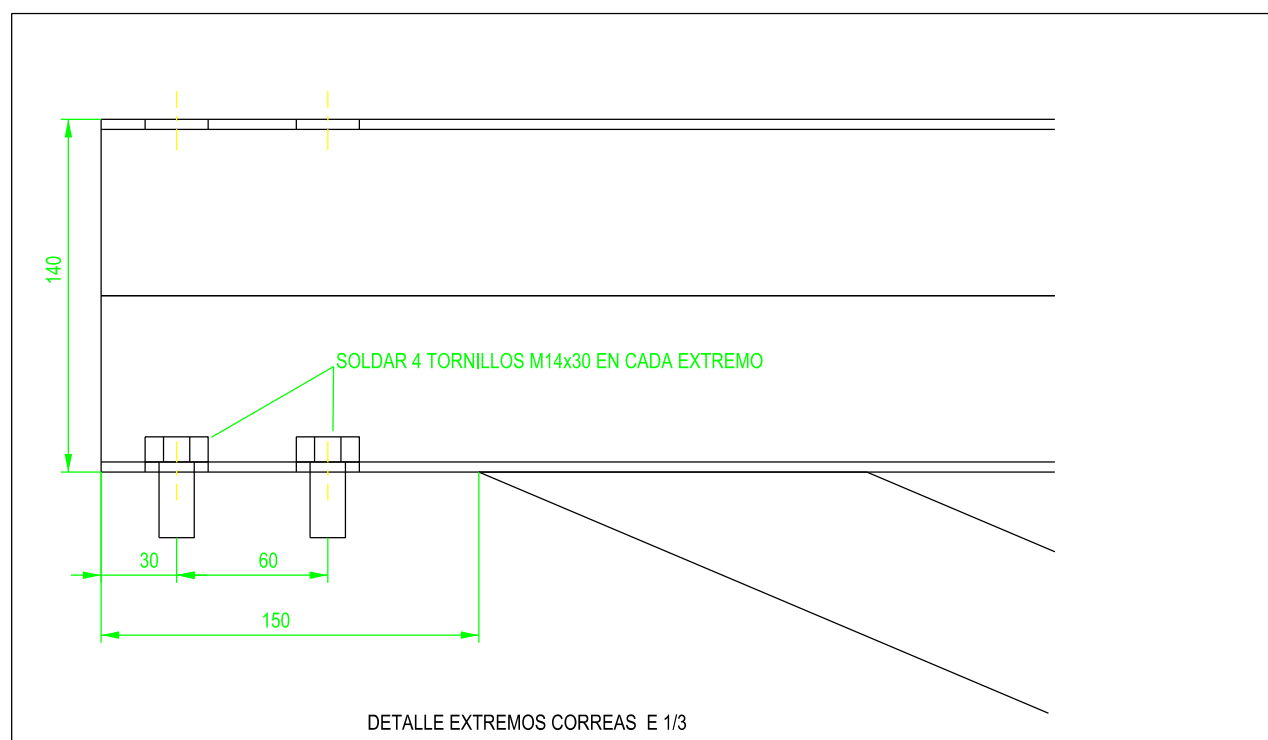
4 UNIDADES



6 UNIDADES

VANOS 9930 (JUNTA DIL) (10-11 y 12-13)

ZONA POTELET



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Celosias de fachada lateral vanos 9.930. (A/C:10-11 y 12-13)

FORMATO: A3

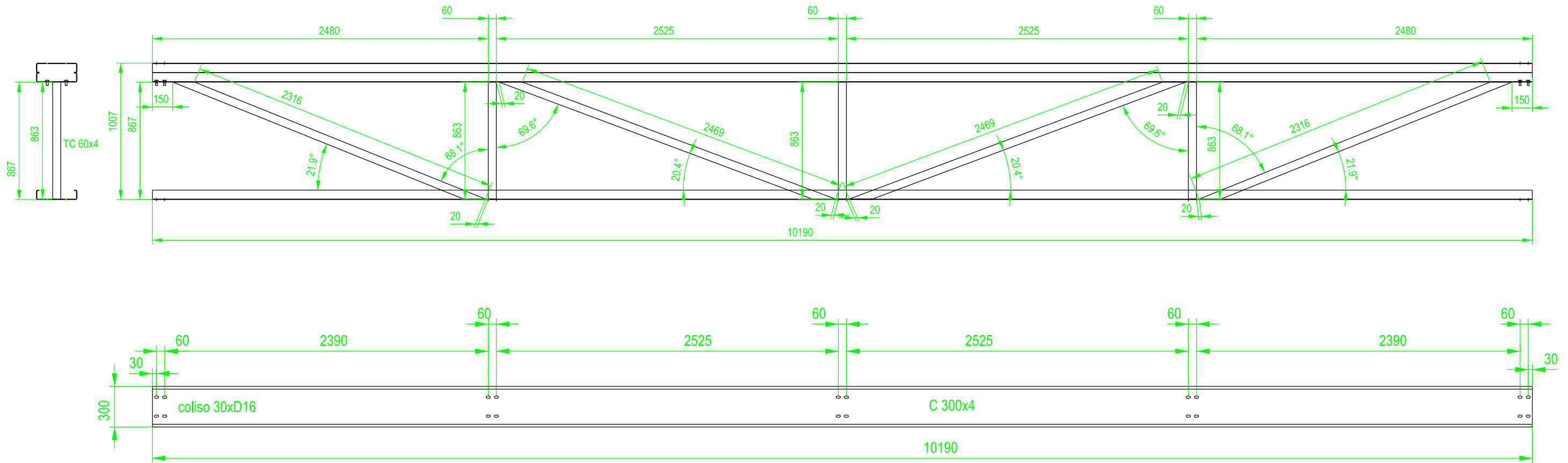
ESCALA:

1/30

PLANO Nº:

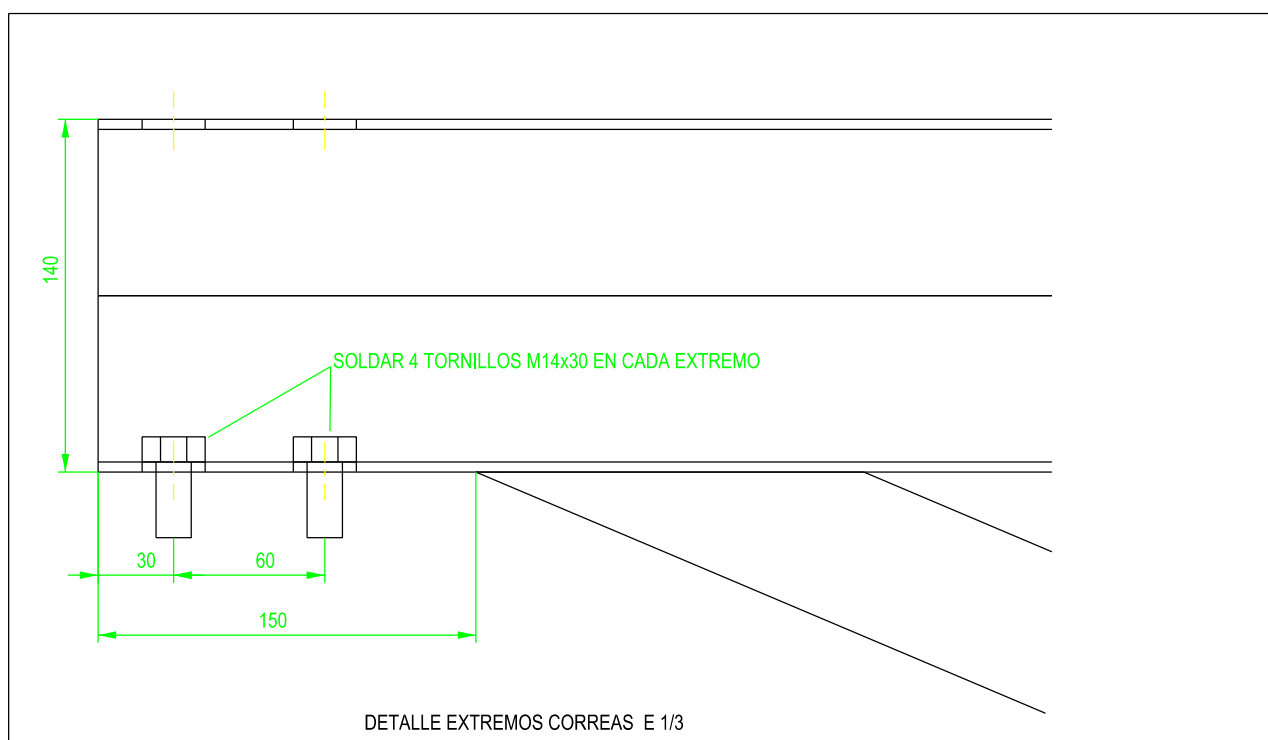
PT-283

1 UNIDAD



3 UNIDADES

VANO 10.400 FAC C (24-25)
ZONA POTELET



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Celosías de fachada lateral vano 10.400, (C:24-25)

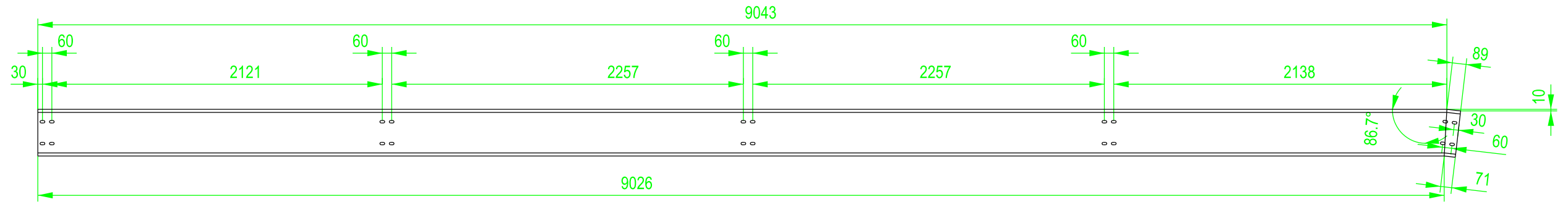
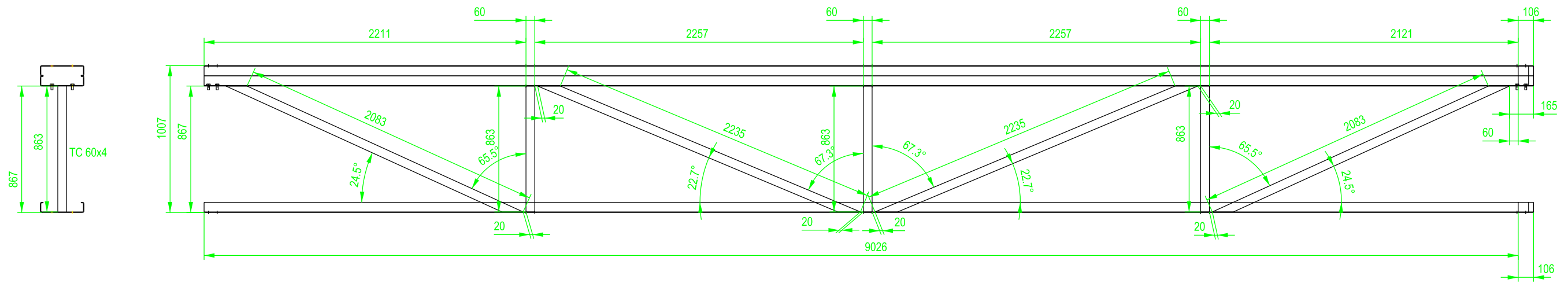
FORMATO: A3

ESCALA: 1/30

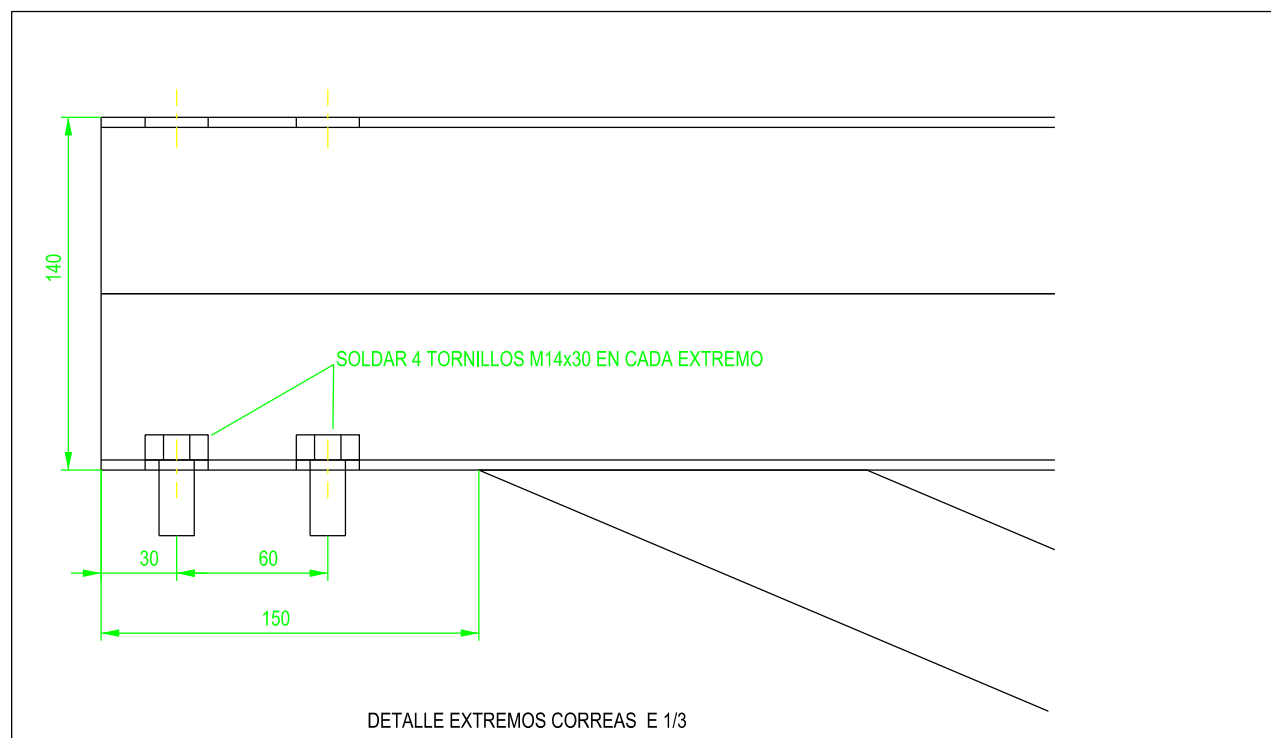
PLANO Nº:

PT-284

1 UNIDAD

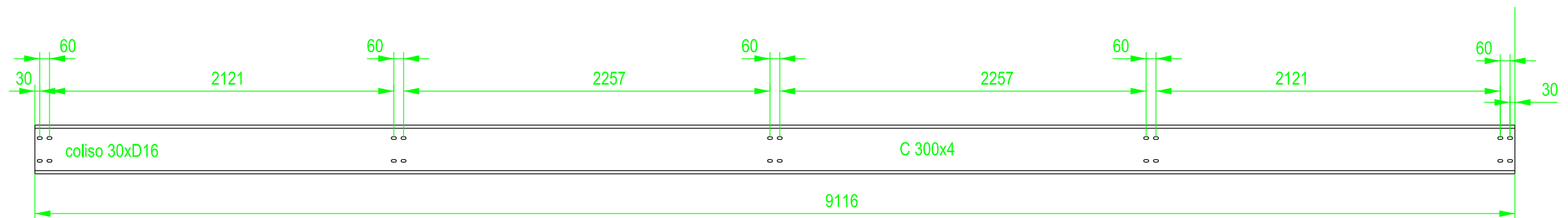
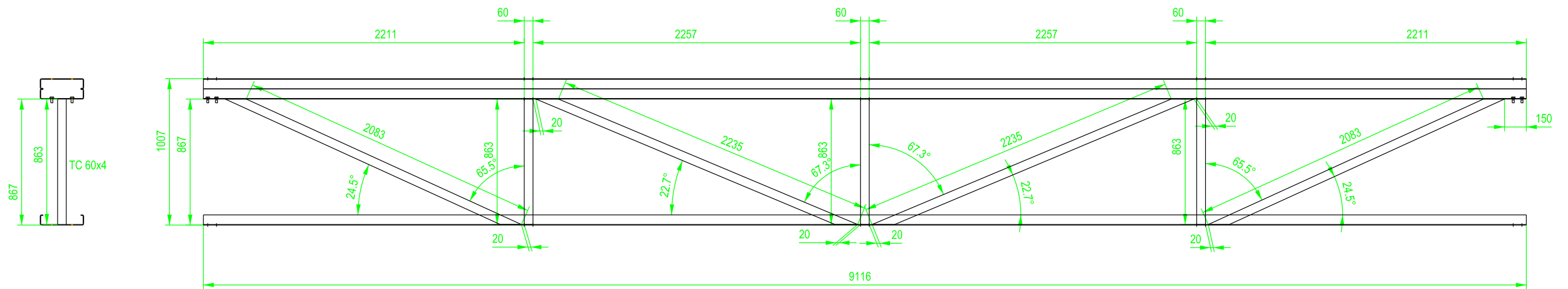


6 UNIDADES (COGER 3 PARA CELOSIA)
 VANO 9.333 (QUIEBRO) (13-14)
 ZONA POTELET

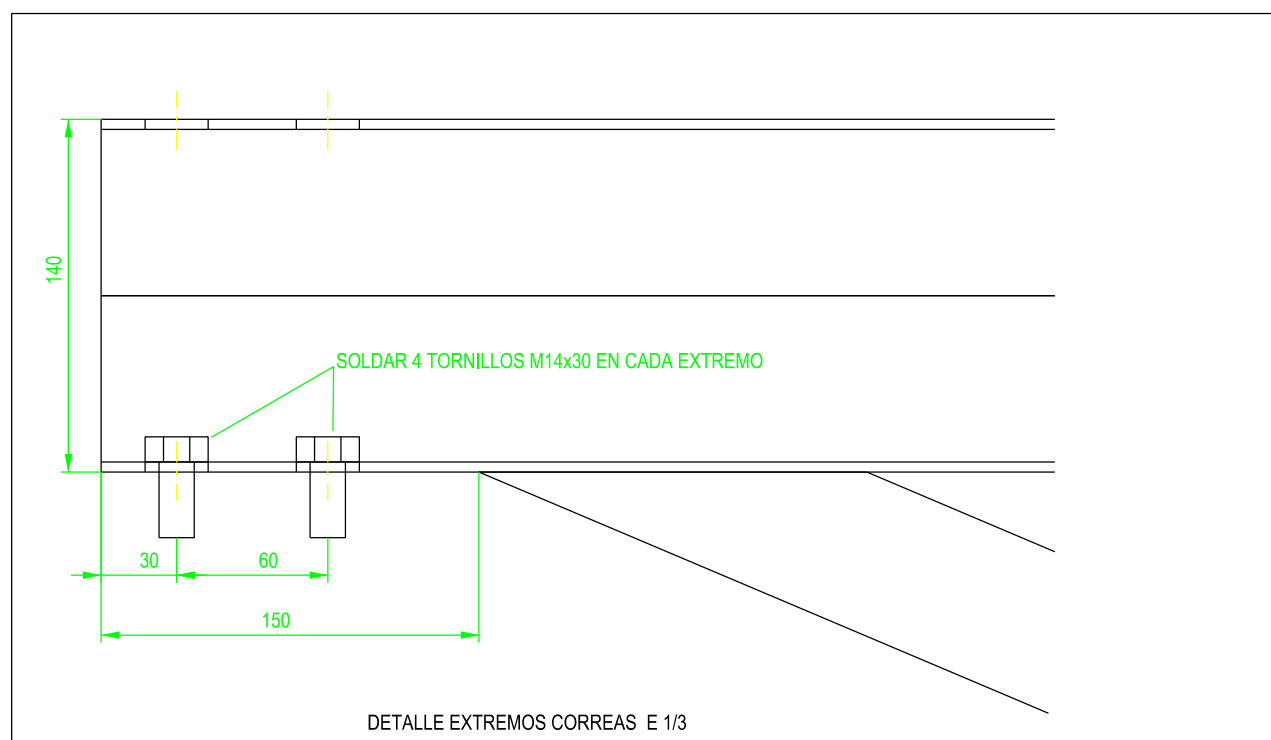


ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Celosias de fachada lateral vano 9.333. (C:13-14)	FORMATO: A3 ESCALA: 1/30	PLANO Nº: PT-285	

2 UNIDADES



6 UNIDADES
VANOS 9.333
ZONA POTELET



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Celosías de fachada lateral vanos 9.333. (C:14-15 y 15-16)

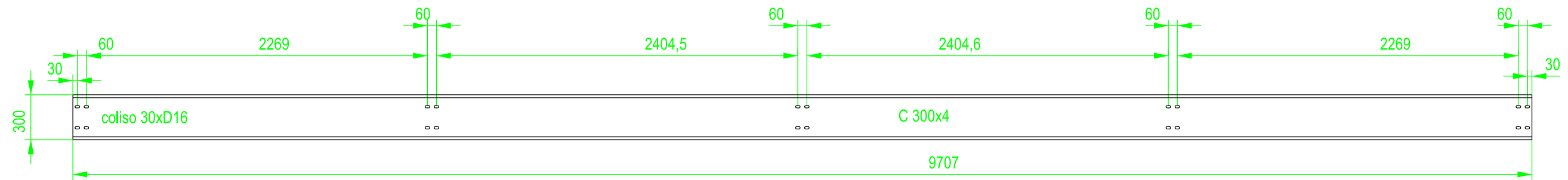
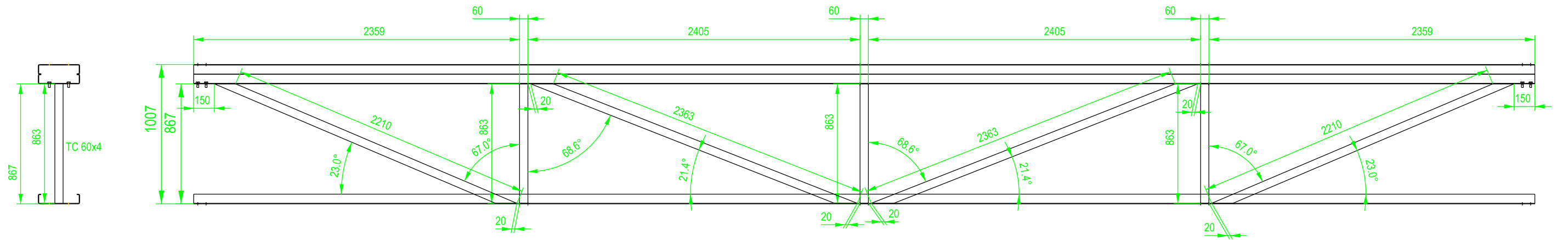
FORMATO: A3

ESCALA: 1/30

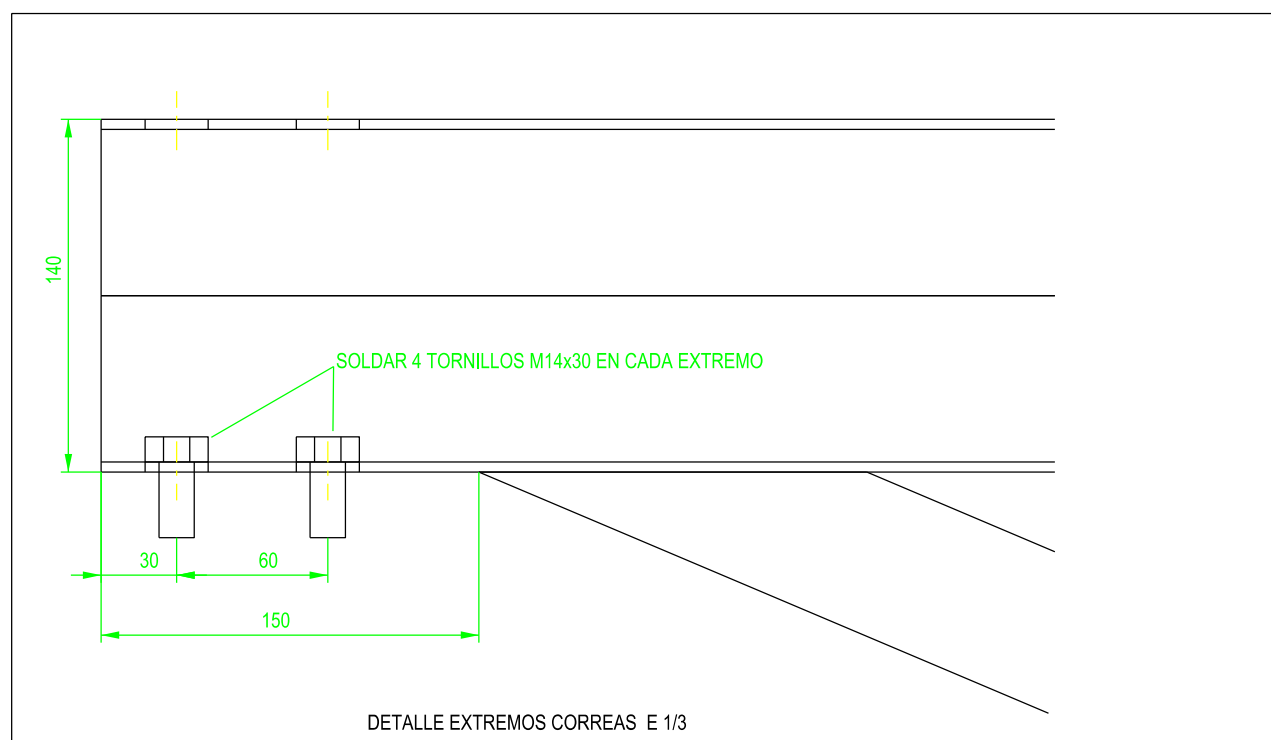
PLANO Nº:

PT-286

4 UNIDADES

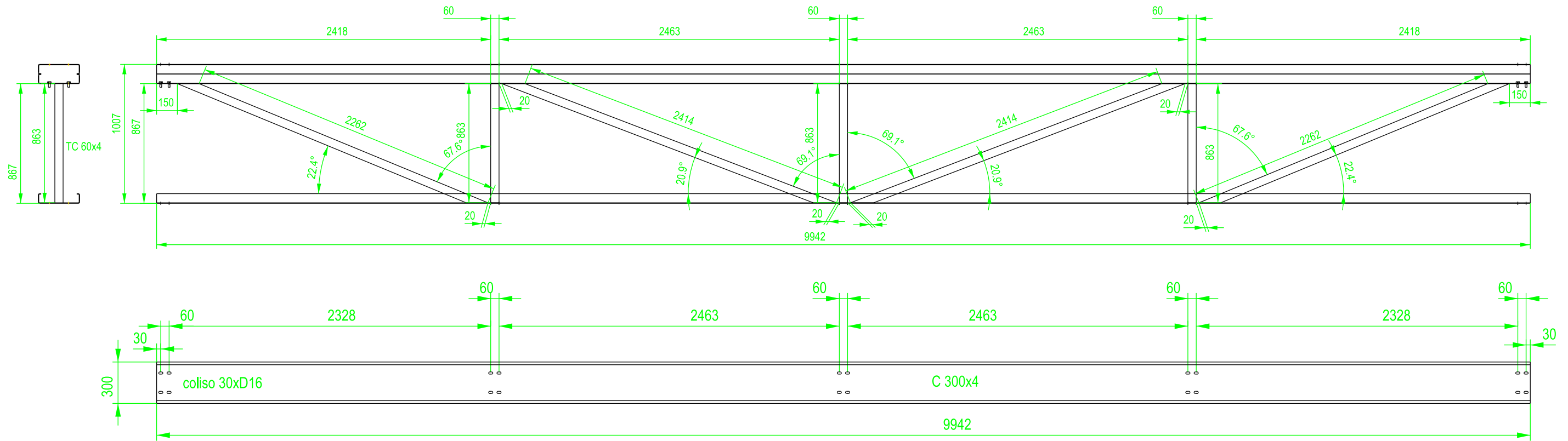


12 UNIDADES
 VANOS 9920 (16-17; 17-18; 18-19 y 19-20)
 ZONA POTELET

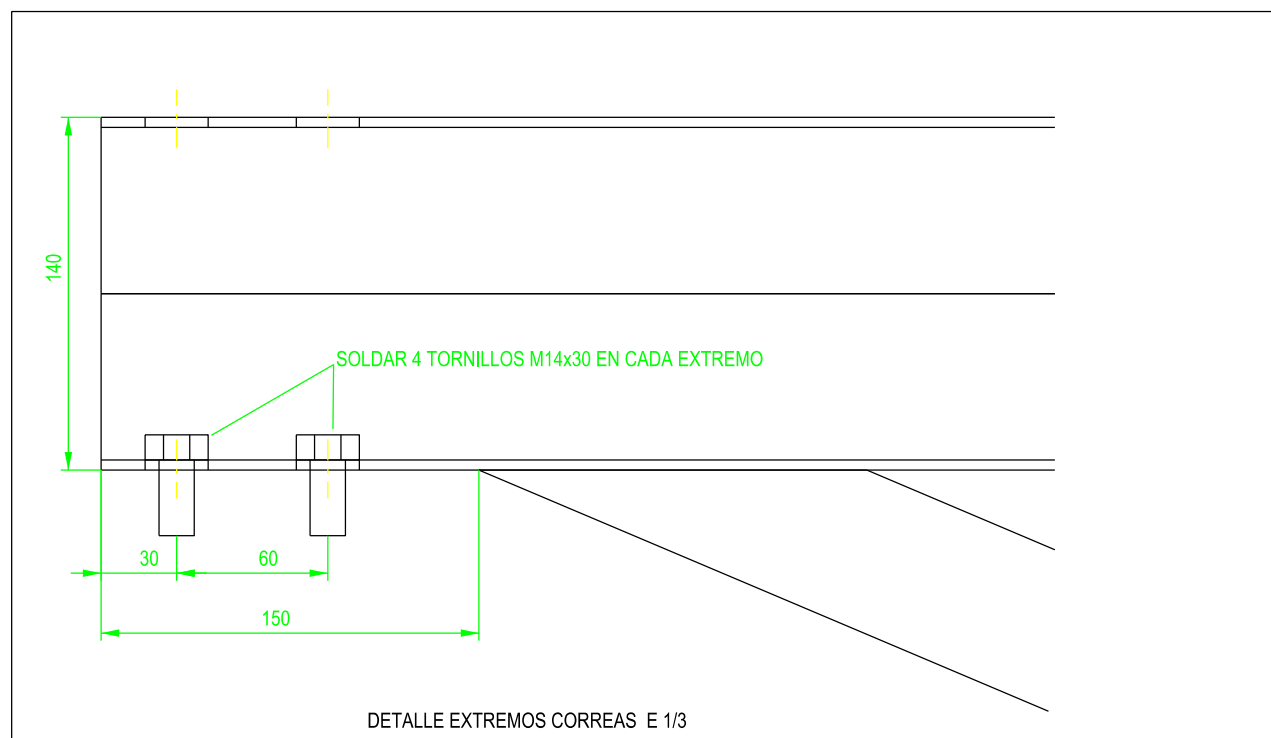


ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Celosías de fachada lateral vanos 9.920. (C:16-17 , 17-18 y 18-19)		FORMATO: A3 ESCALA: 1/30
			PLANO Nº: PT-287

4 UNIDADES



12 UNIDADES
 VANOS 10222 FAC A (20-21; 21-22; 22-23 Y 23-24)
 ZONA POTELET



DETALLE EXTREMOS CORREAS E 1/3

ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23
 UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Celosías de fachada lateral vanos 10.222, (A:20-21 , 21-22 ,22-23 y 23-24)

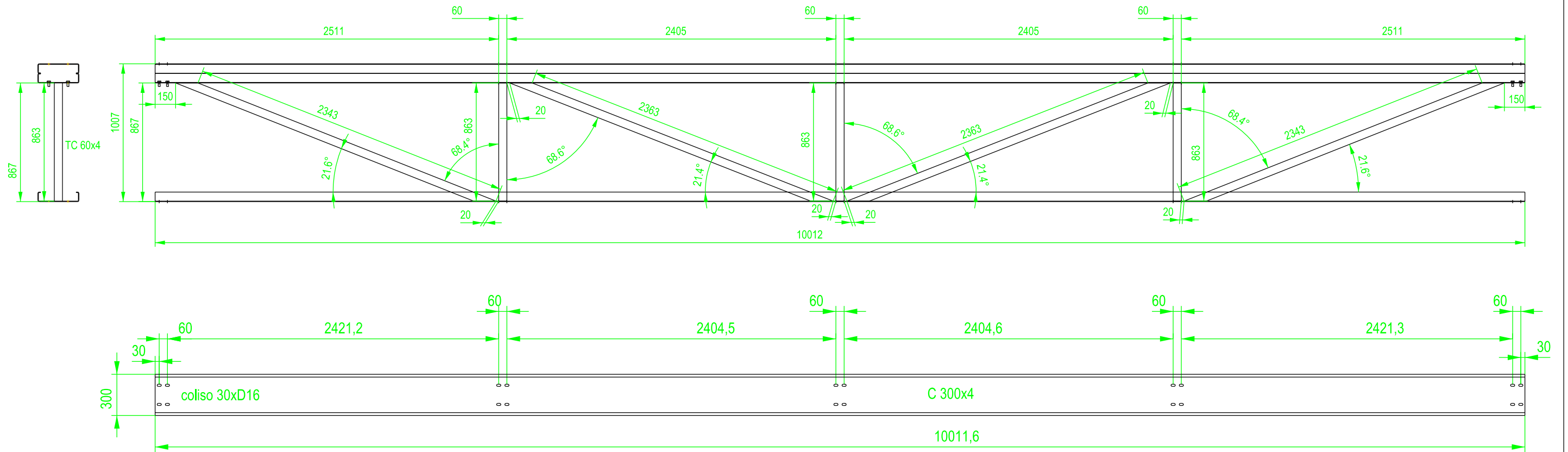
FORMATO: A3

ESCALA: 1/30

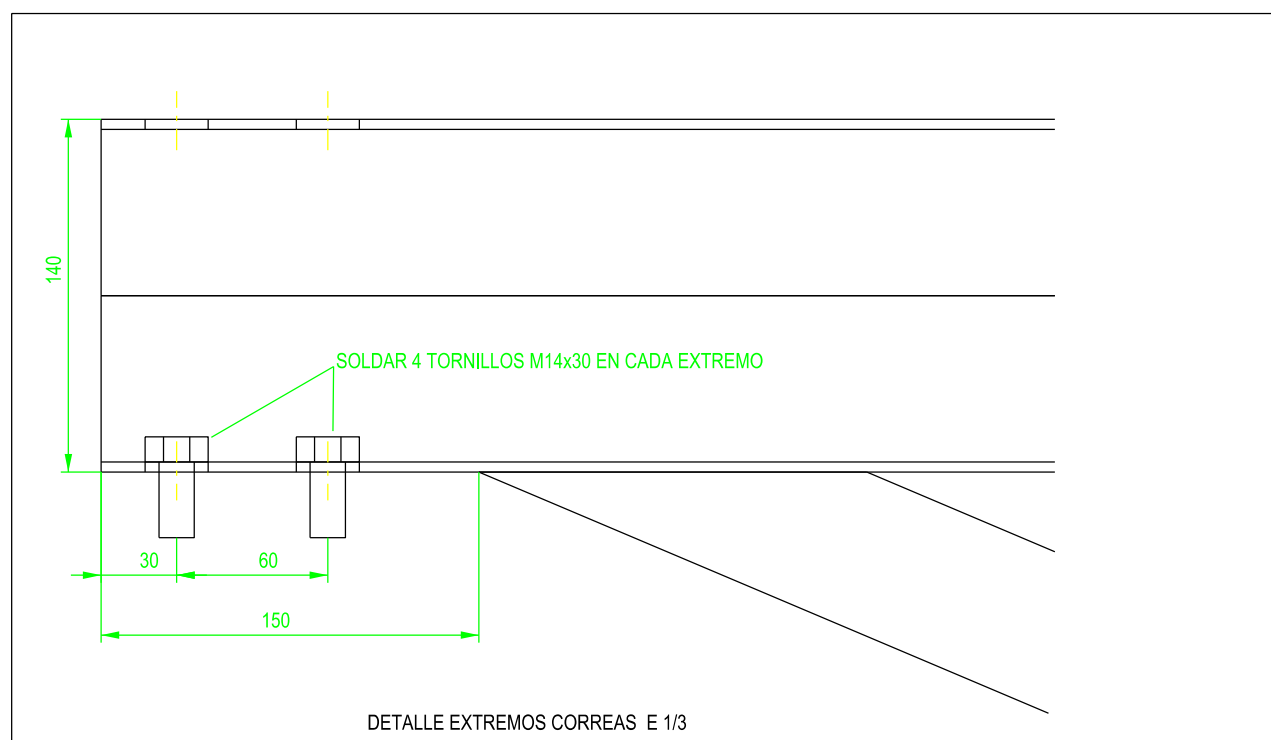
PLANO Nº:

PT-288

4 UNIDADES



12 UNIDADES
 VANOS 10222 FAC C (20-21; 21-22; 22-23 Y 23-24)
 ZONA POTELET



DETALLE EXTREMOS CORREAS E 1/3

ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23
 UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Celosias de fachada lateral vanos 10.222. (C:20-21 , 21-22 ,22-23 y 23-24)

FORMATO: A3

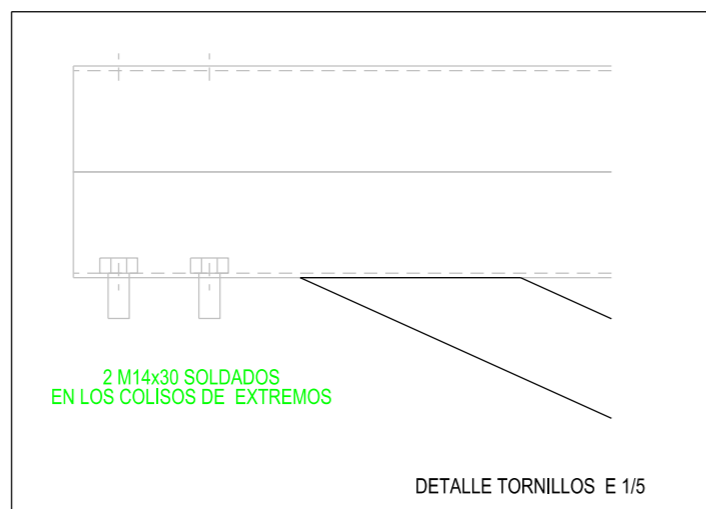
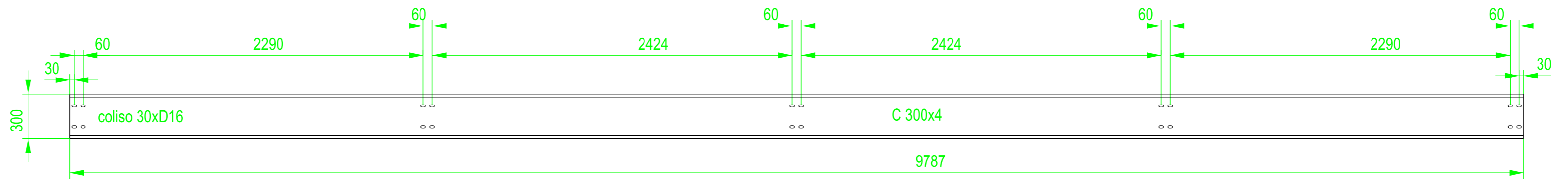
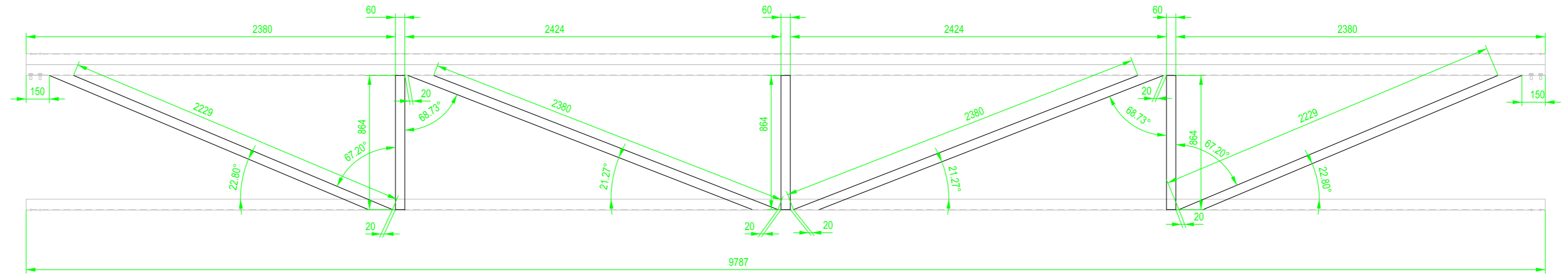
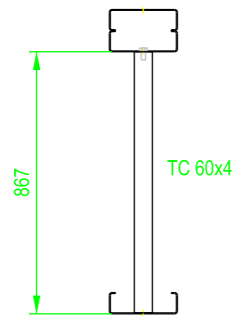
ESCALA:

1/30

PLANO Nº:

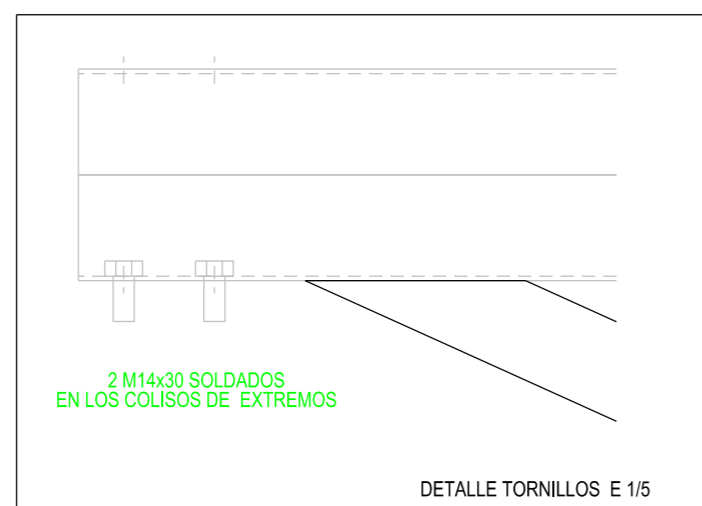
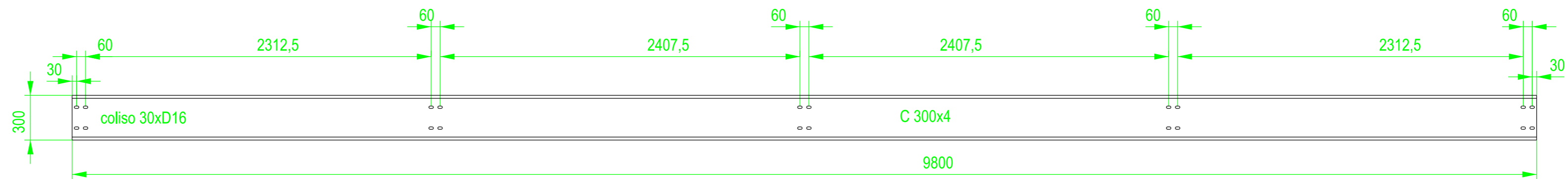
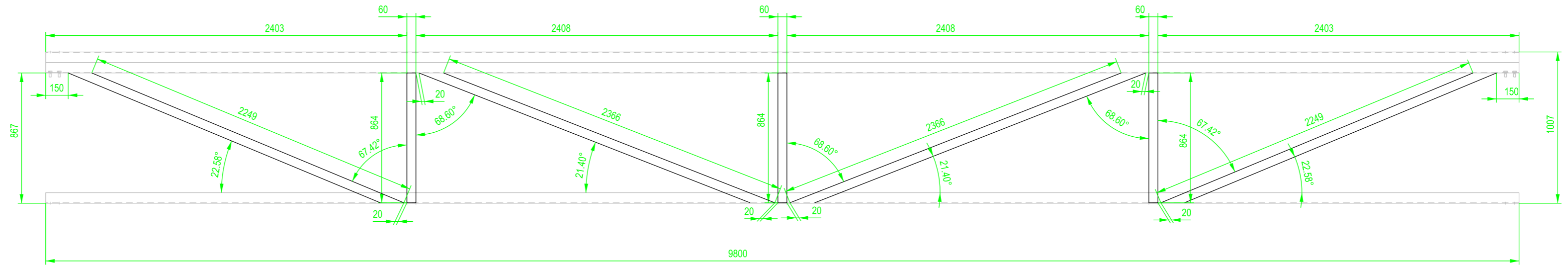
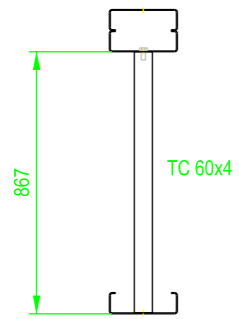
PT-289

5 UNIDADES



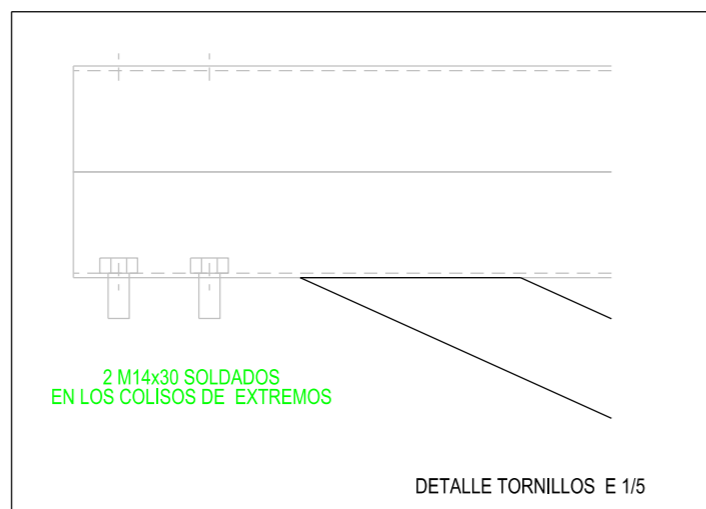
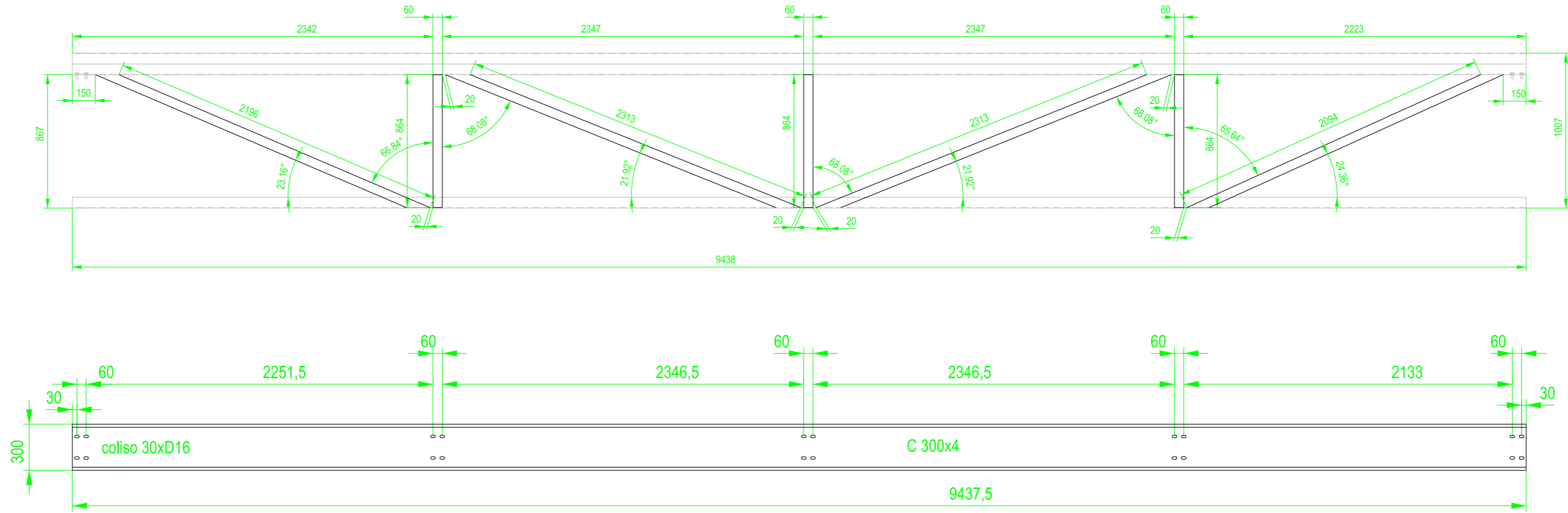
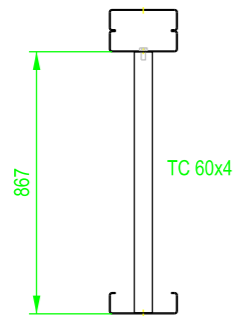
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Celosías de fachada lateral vanos 10.000. (C:25-26 , 26-27 ,27-28, 28-29 y 29-30)	FORMATO: A2 ESCALA: 1/25	PLANO Nº: PT-290

4 UNIDADES



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Celosías de fachada lateral vanos 10.000. (A: 26-27 ,27-28, 28-29 y 29-30)	FORMATO: A2 ESCALA: 1/25	PLANO Nº: PT-291	

1 UNIDAD



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TITULO PLANO: Celosías de fachada lateral vanos 10.000. (A': 25-26)	FORMATO: A2 ESCALA: 1/25	PLANO Nº: PT-292

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.5. Correas y tirantillos.

3.5.1. Fachadas.

3.5.1.2. Frontales.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

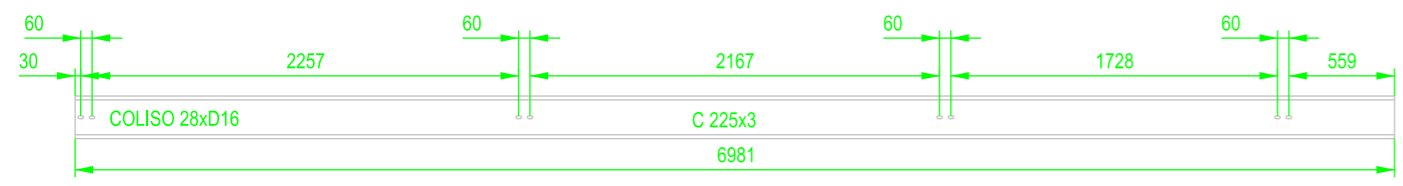
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

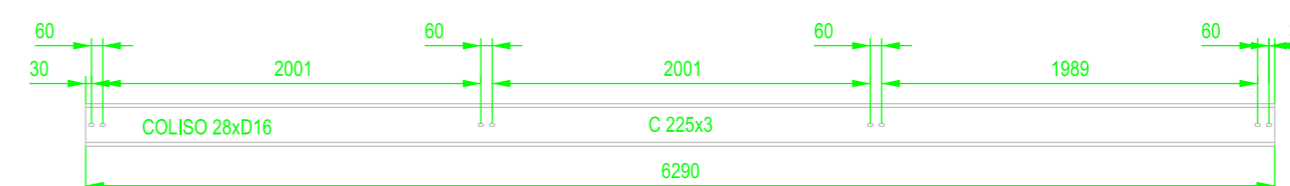
PLANO Nº :

ESCALA:

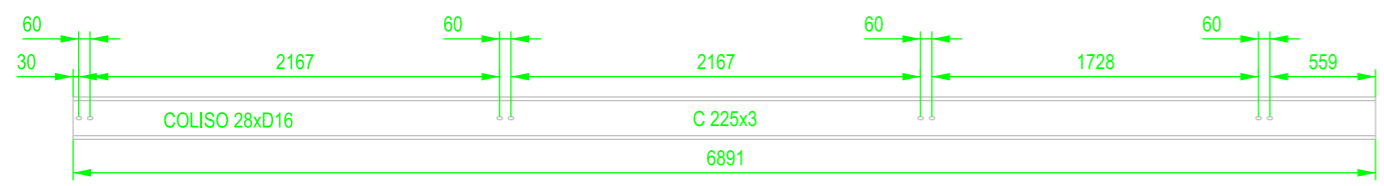
PT-292A



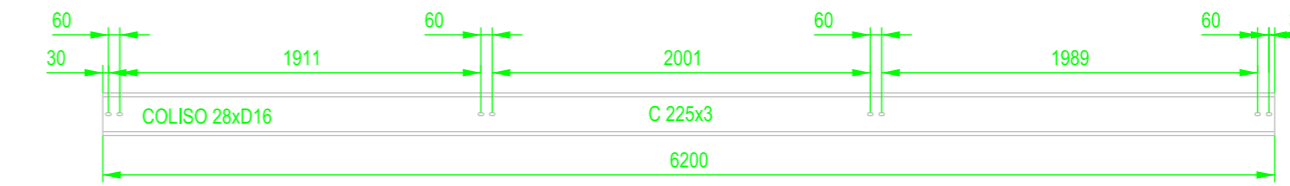
4 UNIDADES
VANO 6.212 EXTREMO (C1-HE1)
ZONA PILAR



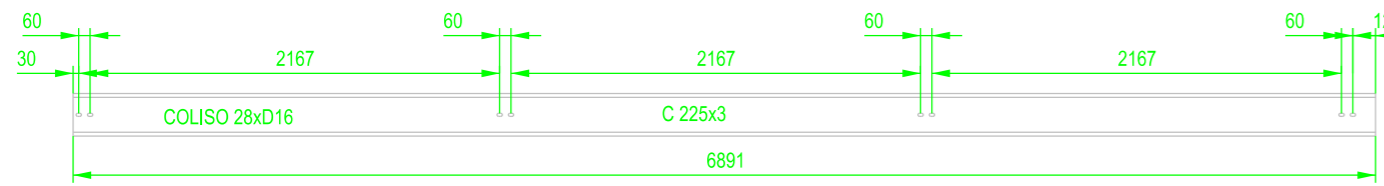
4 UNIDADES
VANO 6.300 (B1-HE10)
ZONA PILAR



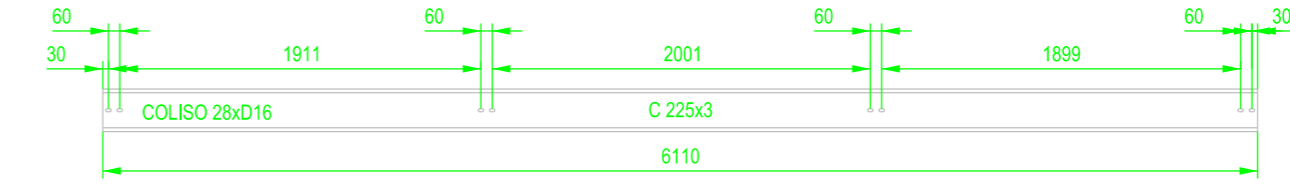
1 UNIDAD
VANO 6.212 EXTREMO (C1-HE1)
ZONA PILAR-POTELET



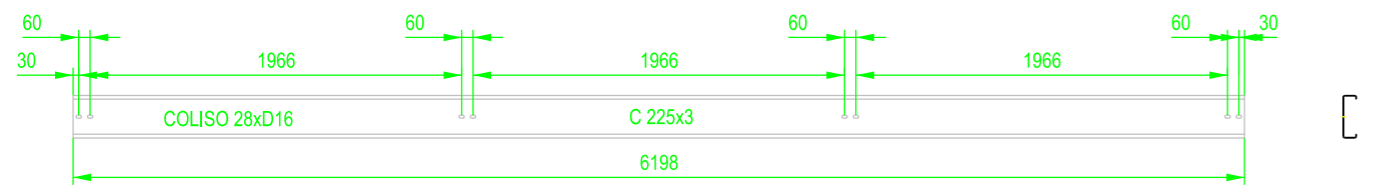
1 UNIDAD
VANO 6.300 (B1-HE10)
ZONA PILAR-POTELET



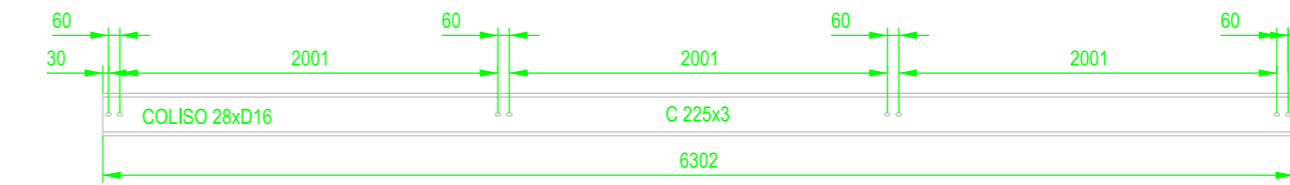
3 UNIDADES
VANO 6.212 EXTREMO (C1-HE1)
ZONA POTELET



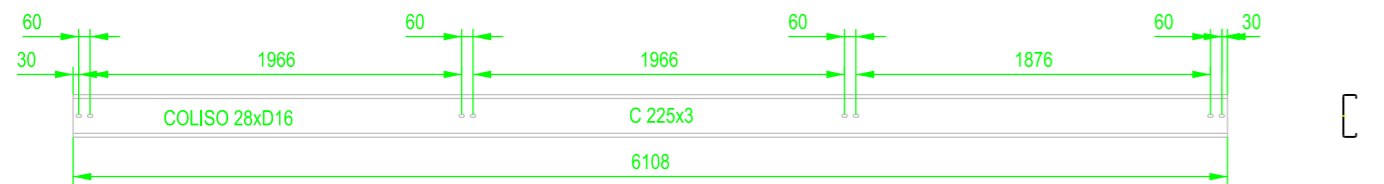
3 UNIDADES
VANO 6.300 (B1-HE10)
ZONA POTELET



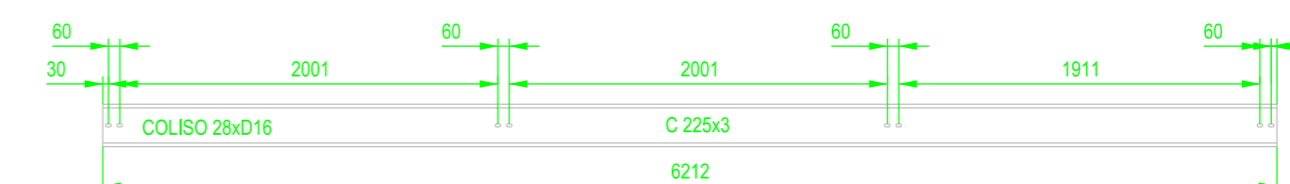
40 UNIDADES
VANOS 6.208 (HE1-HE9)
ZONA PILAR



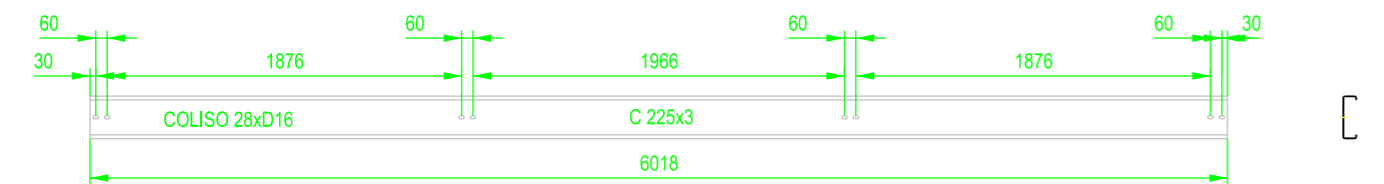
30 UNIDADES
VANO 6.312 (HE10-HE16)
ZONA PILAR



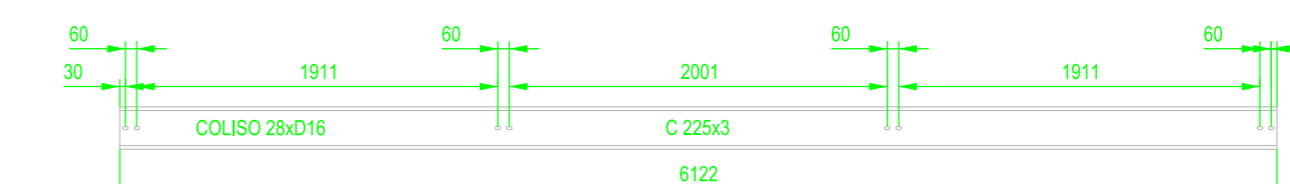
4 UNIDADES
VANOS 6.208 (HE1-HE9)
ZONA PILAR-POTELET



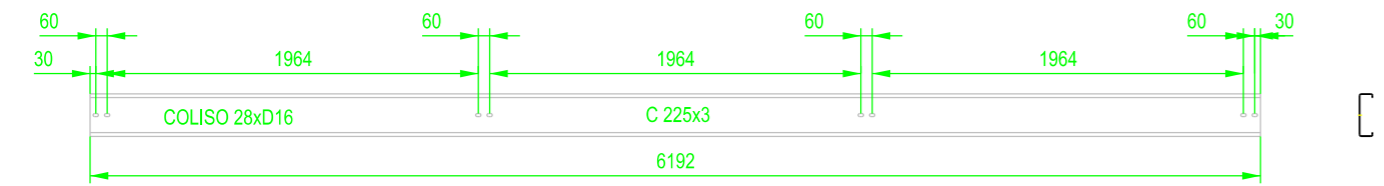
4 UNIDADES
VANO 6.312 (HE10-HE16)
ZONA PILAR-POTELET



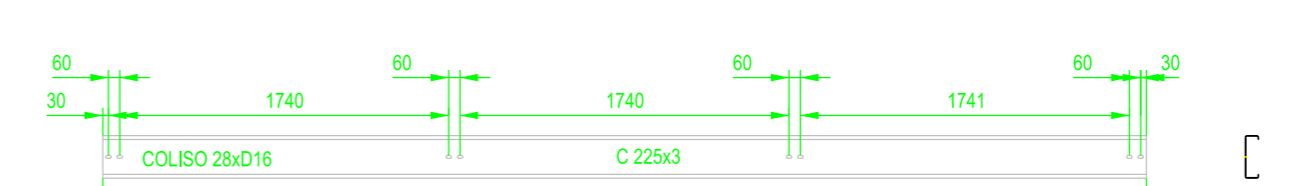
21 UNIDADES
VANOS 6.208 (HE1-HE9)
ZONA POTELET



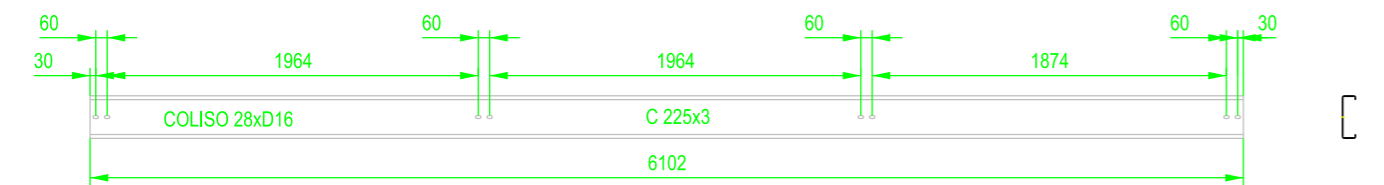
14 UNIDADES
VANO 6.312 (HE10-HE16)
ZONA POTELET



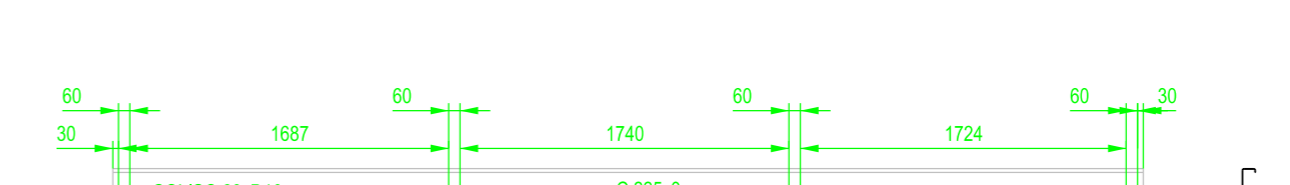
4 UNIDADES
VANO 6.202 (HE9-B1)
ZONA PILAR



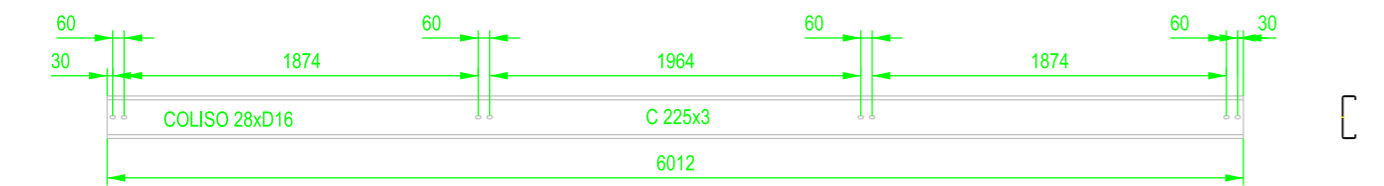
4 UNIDADES
VANO 6.311 (HE16-A1)
ZONA PILAR



1 UNIDAD
VANO 6.202 (HE9-B1)
ZONA PILAR-POTELET



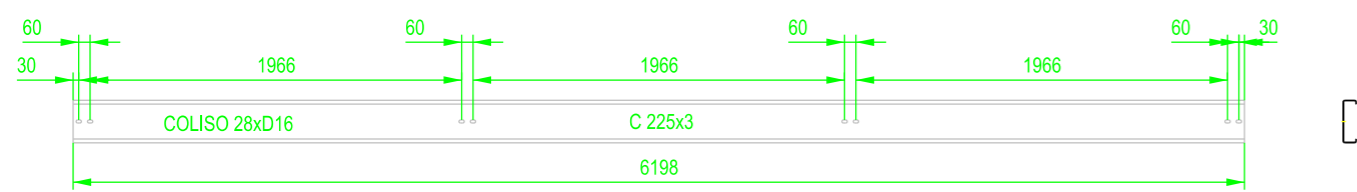
4 UNIDADES
VANO 6.311 (HE16-A1)
ZONA POTELET



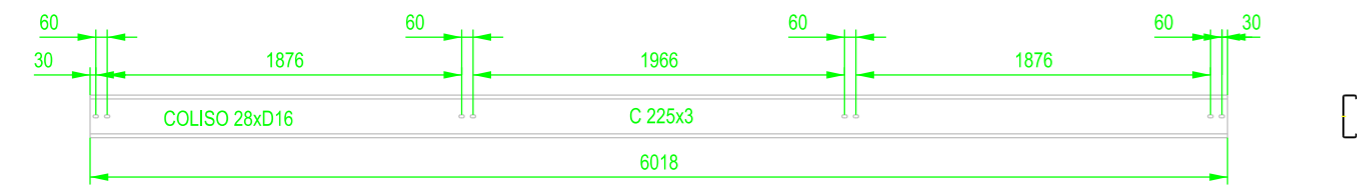
3 UNIDADES
VANO 6.202 (HE9-B1)
ZONA POTELET

MATERIAL: S235 JOH

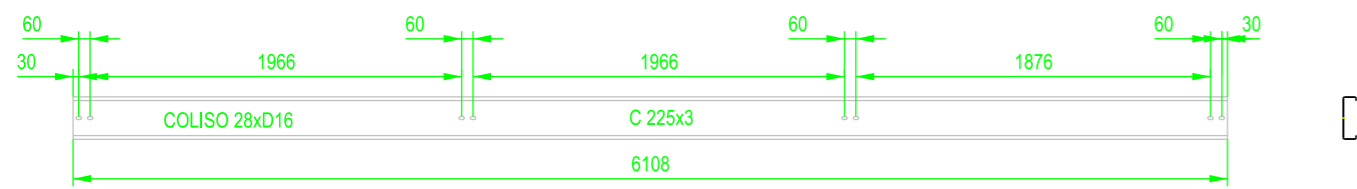
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Correas de fachada frontal C225x3 lacadas al fuego RAL 7032 (1 de 2)		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
			PLANO Nº: PT-293



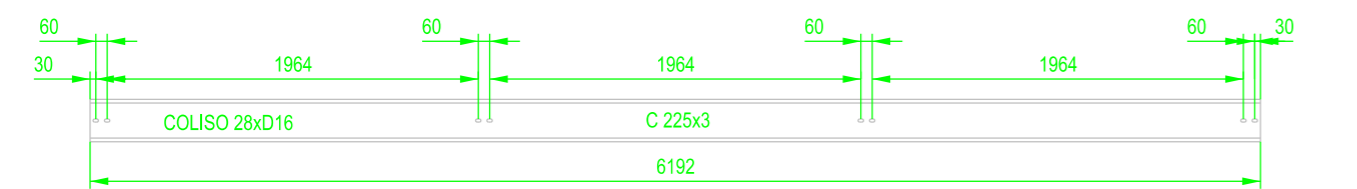
26 UNIDADES
VANOS 6.208 (HO4:HE9)
ZONA PILAR



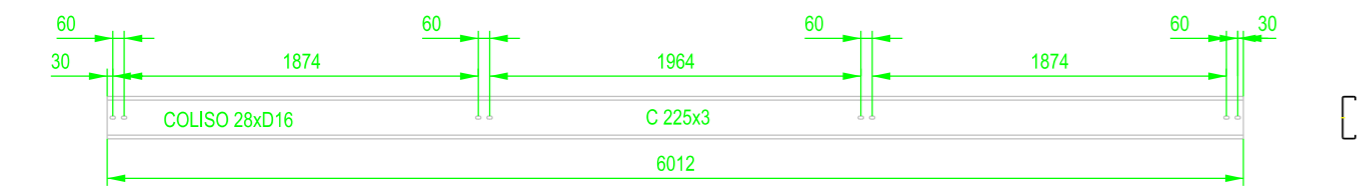
12 UNIDADES
VANOS 6.208 (HO4:HO9)
ZONA POTELET



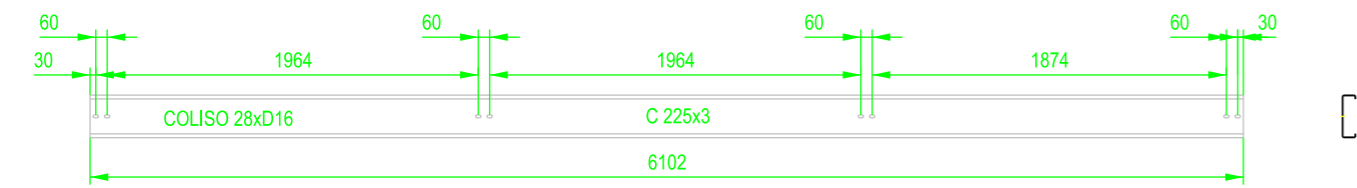
2 UNIDADES
VANOS 6.208 (HO4:HO9)
ZONA PILAR-POTELET



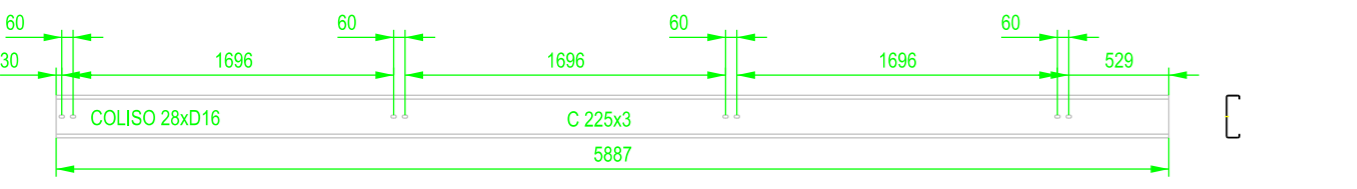
4 UNIDADES
VANO 6.202 (HO9-B30)
ZONA PILAR



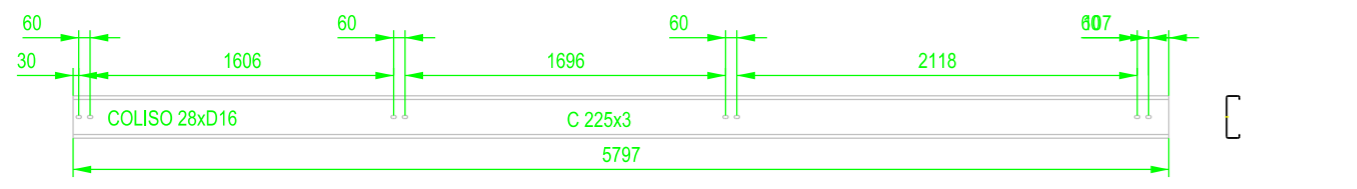
3 UNIDADES
VANO 6.202 (HO9-B30)
ZONA POTELET



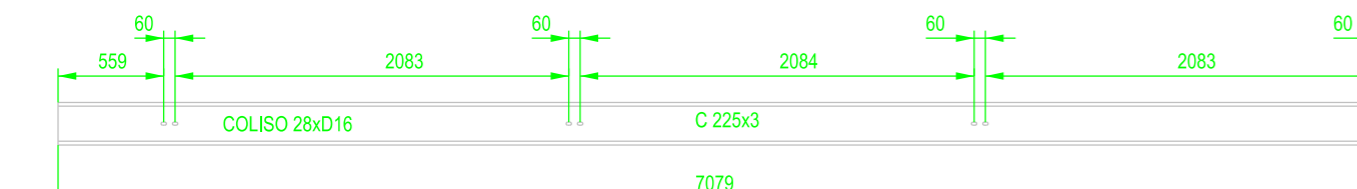
1 UNIDAD
VANO 6.202 (HO9-B30)
ZONA PILAR-POTELET



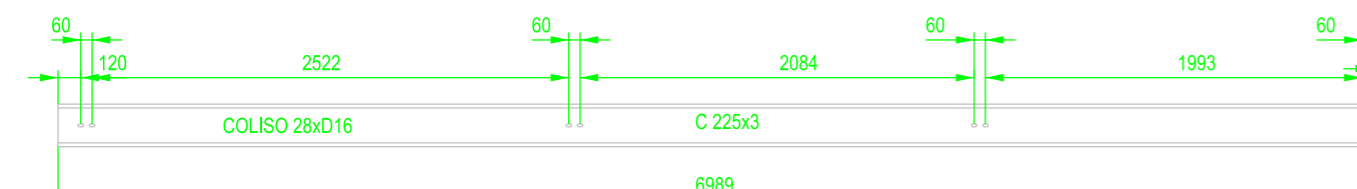
6 UNIDADES
VANO C30-HO4
ZONA PILAR



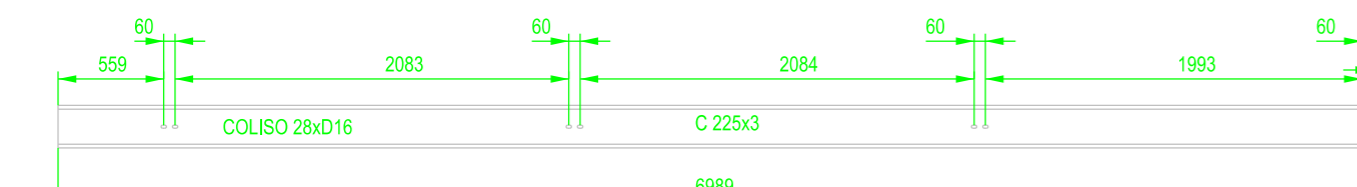
2 UNIDADES
VANO C30-HO4
ZONA POTELET



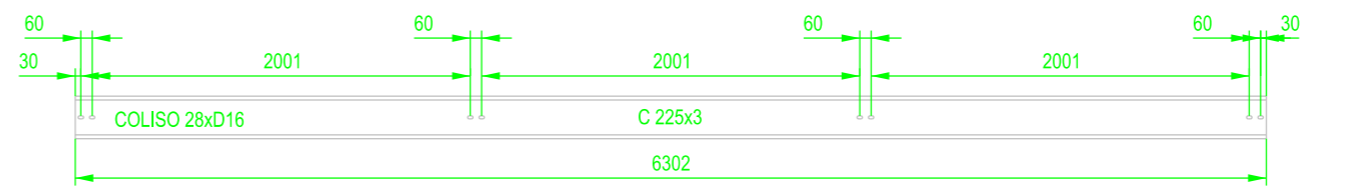
4 UNIDADES
VANO A25-HO16
ZONA PILAR



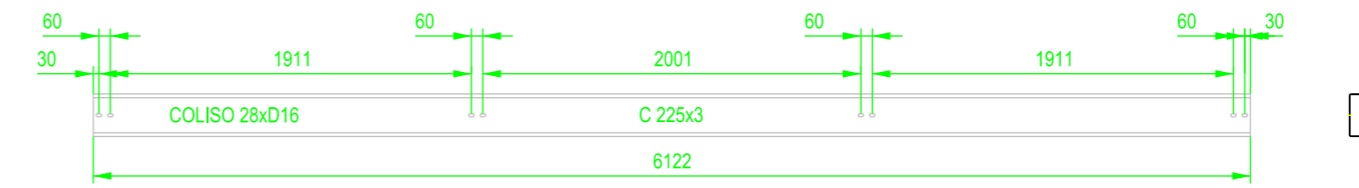
3 UNIDADES
VANO A25-HO16
ZONA POTELET



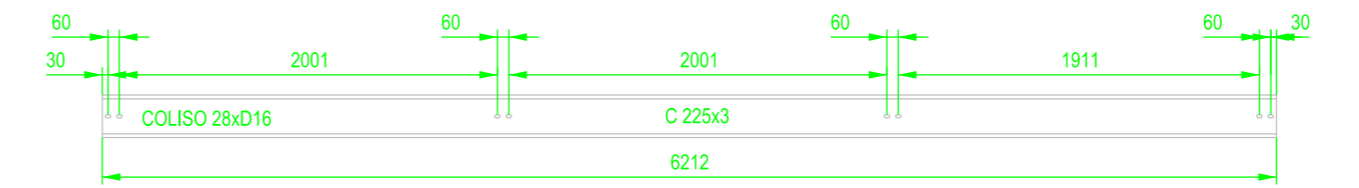
1 UNIDAD
VANO A25-HO16
ZONA PILAR-POTELET



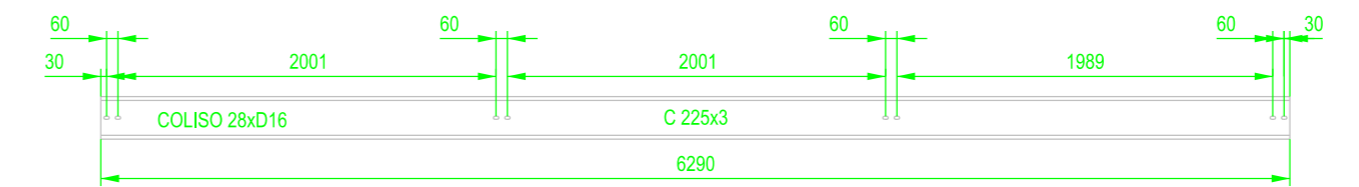
24 UNIDADES
VANO 6.312 (HO10:HO16)
ZONA PILAR



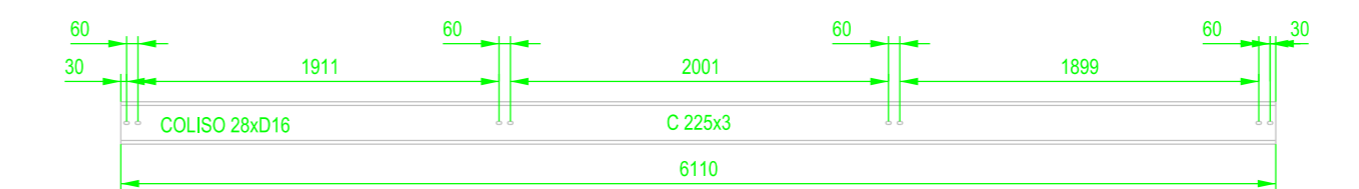
12 UNIDADES
VANO 6.312 (HO10:HO16)
ZONA POTELET



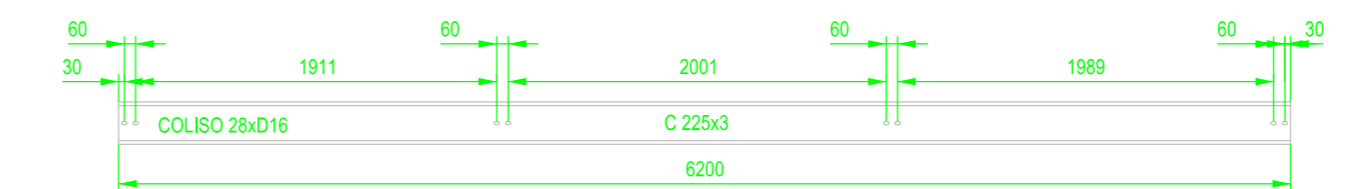
4 UNIDADES
VANO 6.312 (HO10:HO16)
ZONA PILAR-POTELET



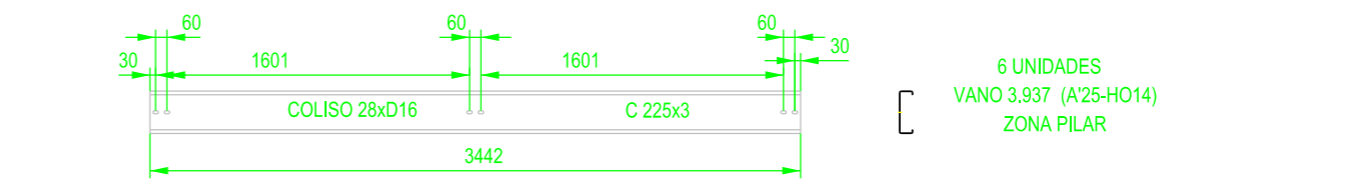
4 UNIDADES
VANO 6.300 (B30-HO10)
ZONA PILAR



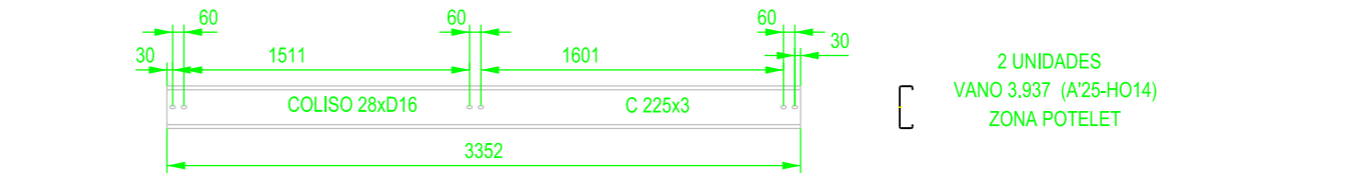
3 UNIDADES
VANO 6.300 (B30-HO10)
ZONA POTELET



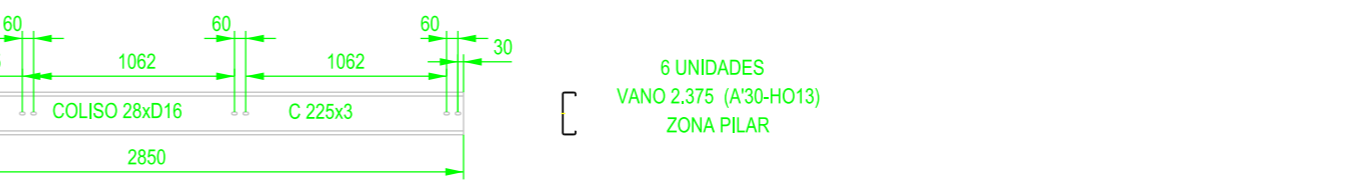
1 UNIDAD
VANO 6.300 (B30-HO10)
ZONA PILAR-POTELET



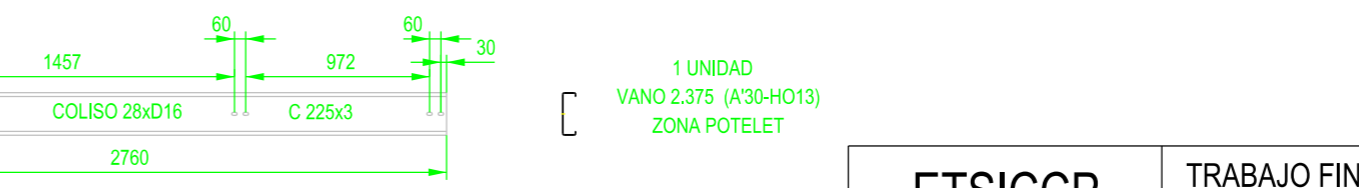
6 UNIDADES
VANO 3.937 (A25-HO14)
ZONA PILAR



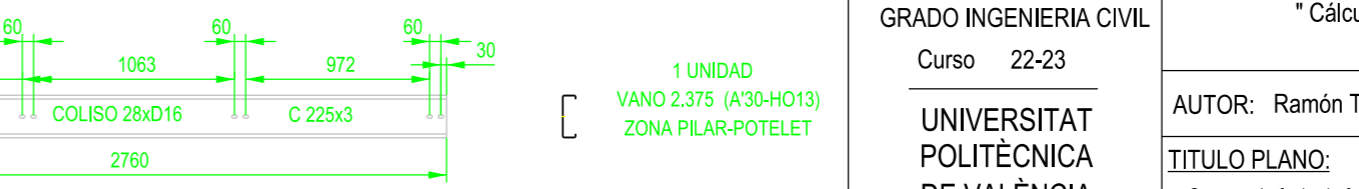
2 UNIDADES
VANO 3.937 (A25-HO14)
ZONA POTELET



6 UNIDADES
VANO 2.375 (A30-HO13)
ZONA PILAR



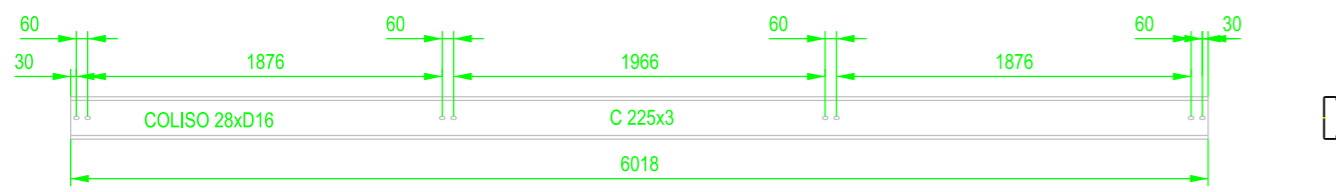
1 UNIDAD
VANO 2.375 (A30-HO13)
ZONA POTELET



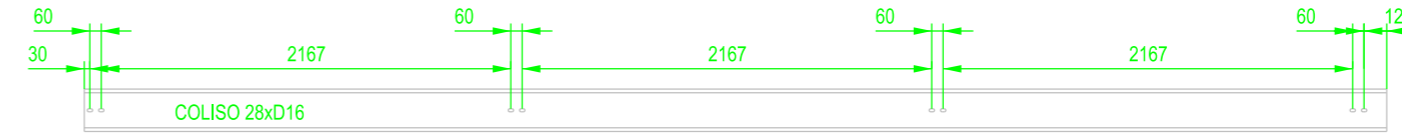
1 UNIDAD
VANO 2.375 (A30-HO13)
ZONA PILAR-POTELET

MATERIAL: S235 JOH

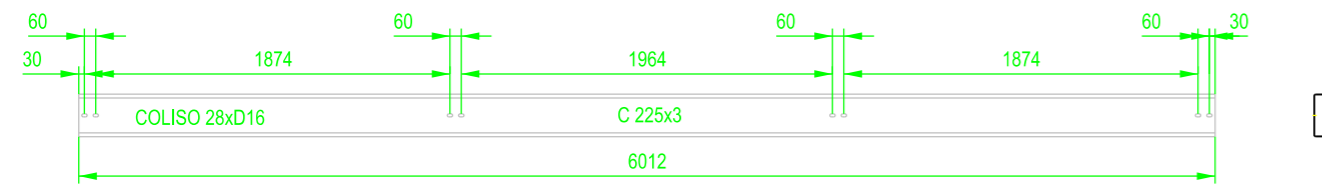
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TÍTULO PLANO: Correas de fachada frontal C225x3 lacadas al fuego RAL 7032 (2 de 2)	FORMATO: A2 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-294



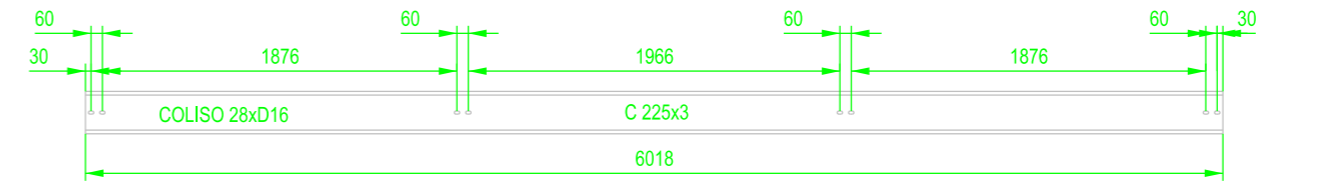
15 UNIDADES
VANOS 6.208 (HO4:HO9)
ZONA POTELET



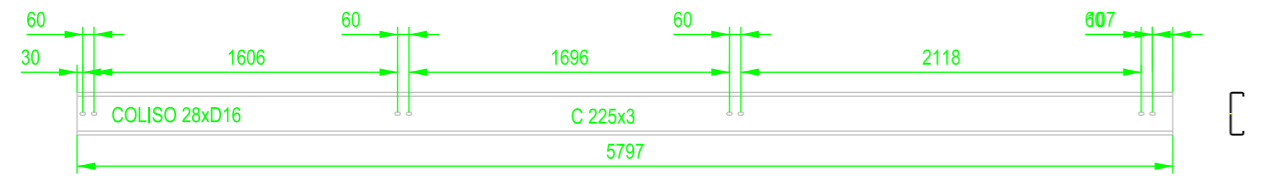
3 UNIDADES
VANO 6.212 EXTREMO (C1-HE1)
ZONA POTELET



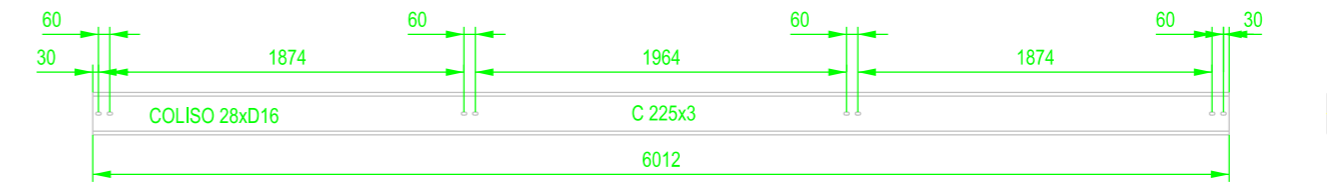
3 UNIDADES
VANO 6.202 (HO9-B30)
ZONA POTELET



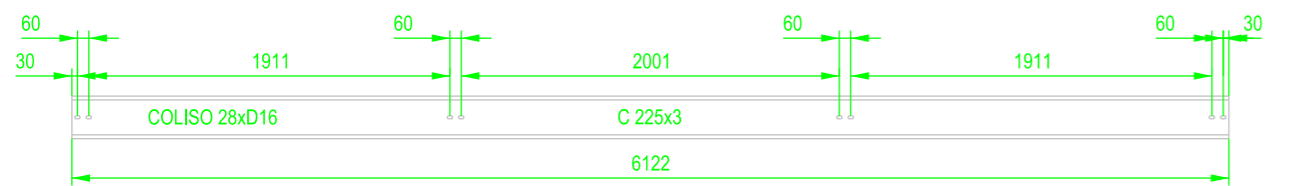
24 UNIDADES
VANOS 6.208 (HE1:HE9)
ZONA POTELET



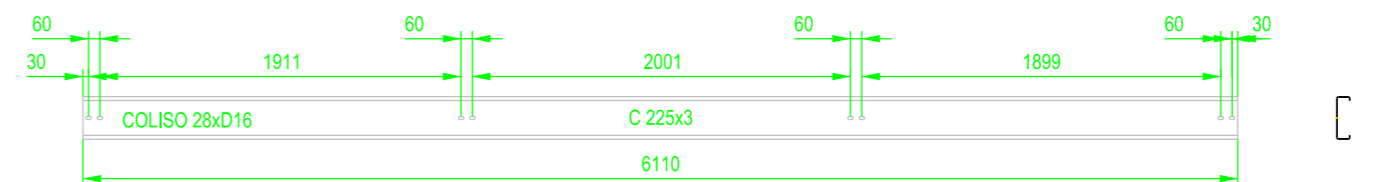
3 UNIDADES
VANO C30-HO4
ZONA POTELET



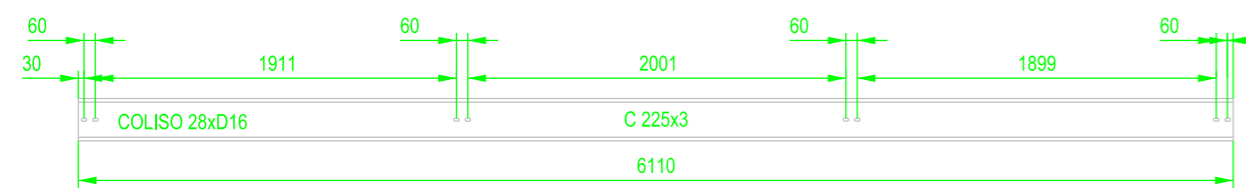
3 UNIDADES
VANO 6.202 (HE9-B1)
ZONA POTELET



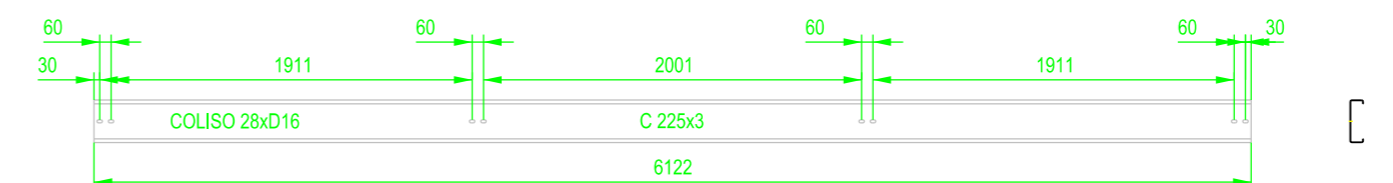
15 UNIDADES
VANO 6.312 (HO10:HO16)
ZONA POTELET



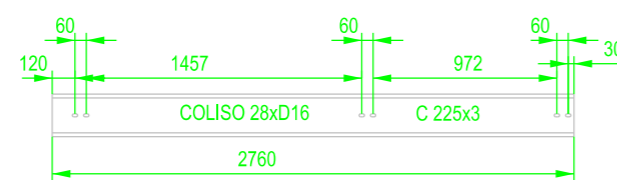
3 UNIDADES
VANO 6.300 (B1-HE10)
ZONA POTELET



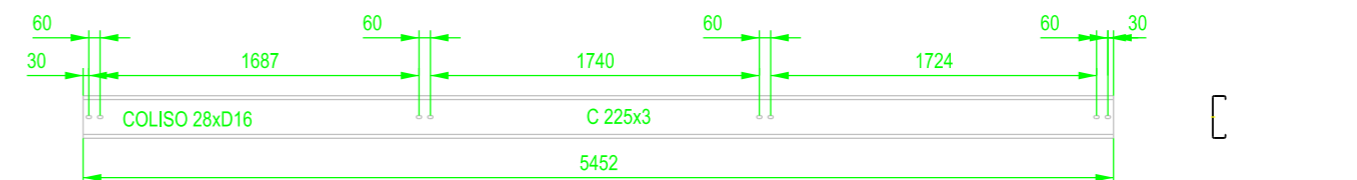
3 UNIDADES
VANO 6.300 (B30-HO10)
ZONA POTELET



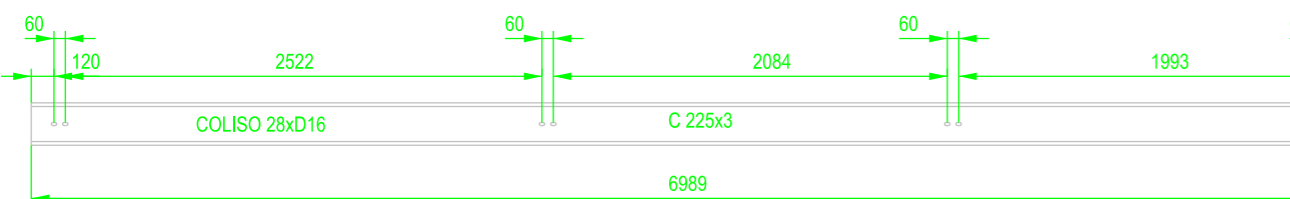
18 UNIDADES
VANO 6.312 (HE10:HE16)
ZONA POTELET



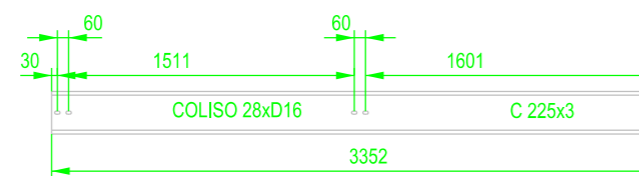
3 UNIDADES
VANO 2.375 (A'30-HO13)
ZONA POTELET



3 UNIDADES
VANO 6.311 (HE16-A1)
ZONA POTELET



3 UNIDADES
VANO A25-HO16
ZONA POTELET

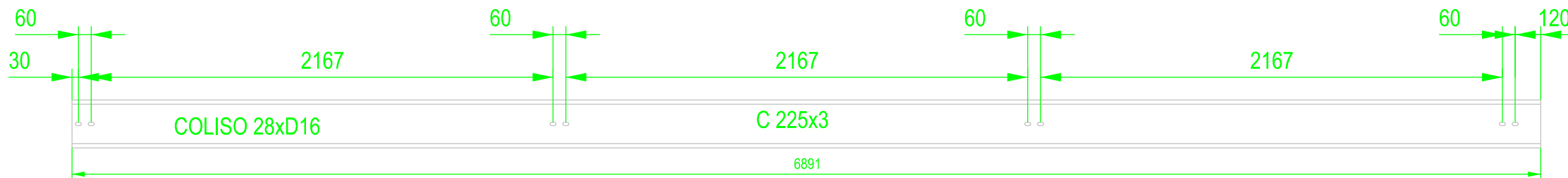
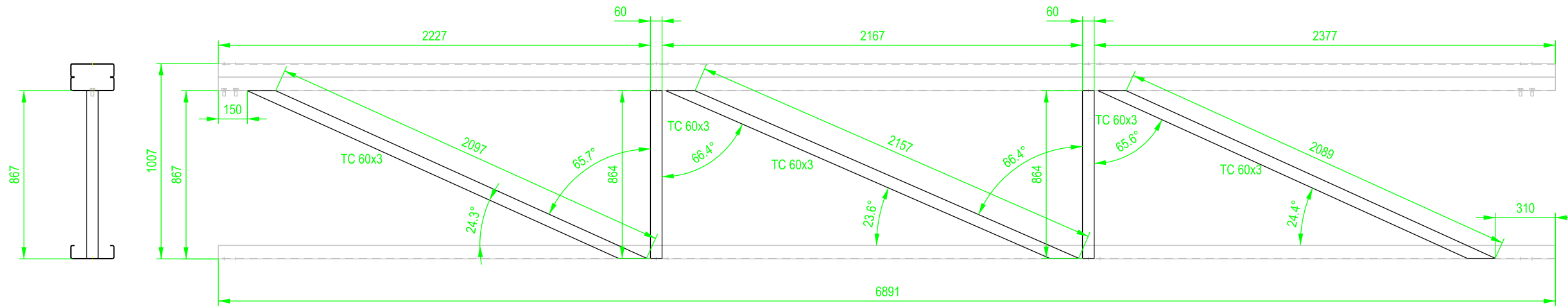


3 UNIDADES
VANO 3.937 (A'25-HO14)
ZONA POTELET

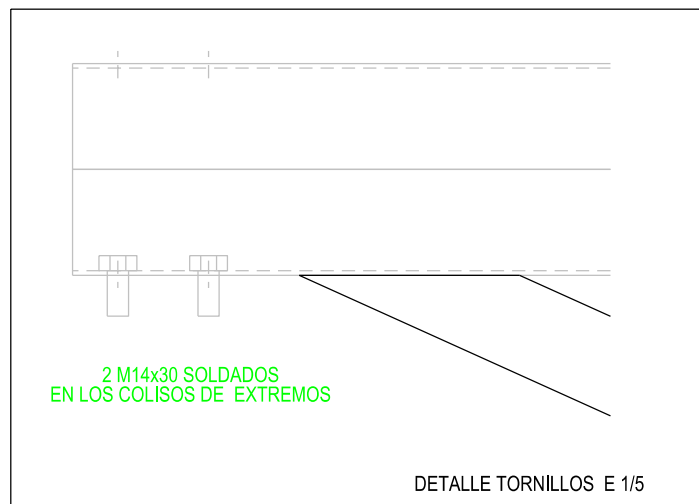
MATERIAL: S235 JOH

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Correas de fachada frontal C225x3 sin pintar		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
			PLANO Nº: PT-295

1 UNIDAD



3 UNIDADES
VANO 6.212 EXTREMO (C1-HE1)
ZONA POTELET



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Celosia fachada frontal vano 6.212 (E: C1-HE1)

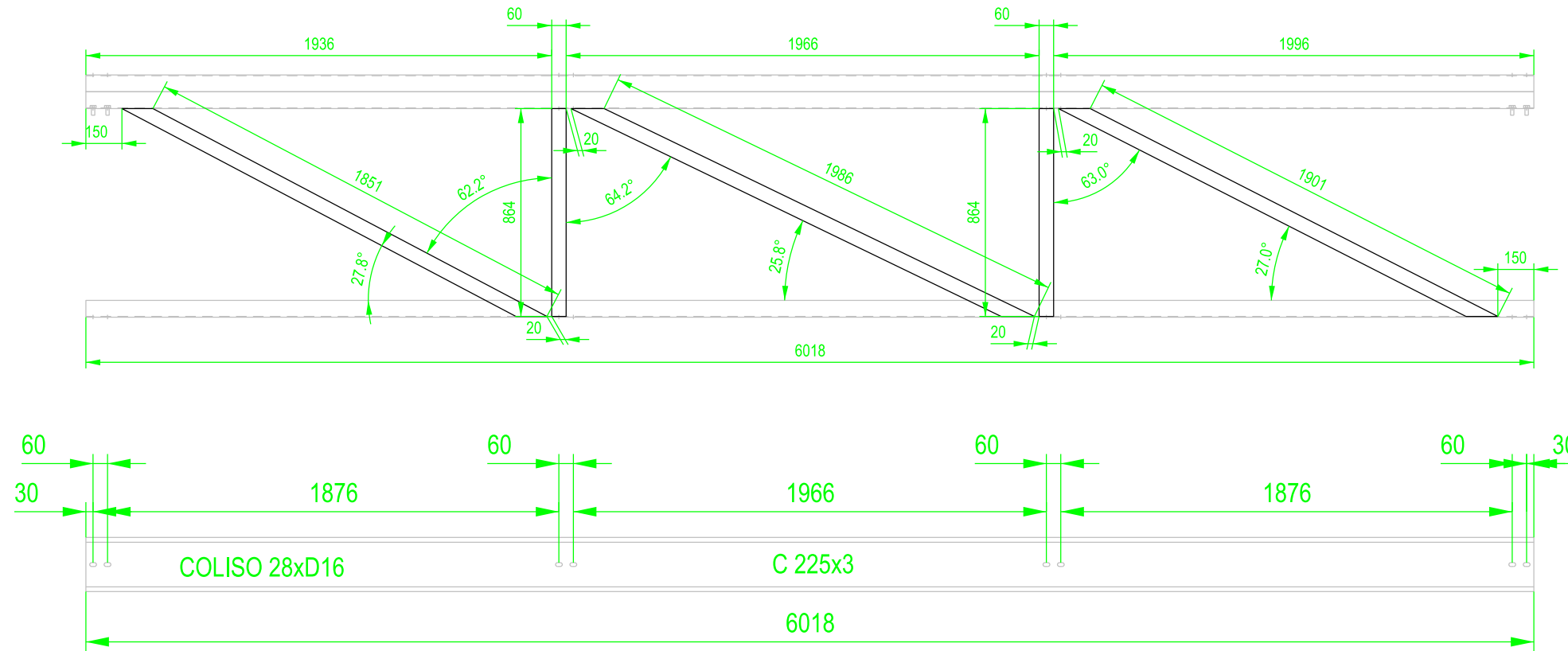
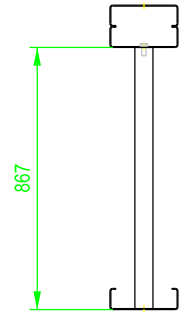
FORMATO: A3

ESCALA: 1/25

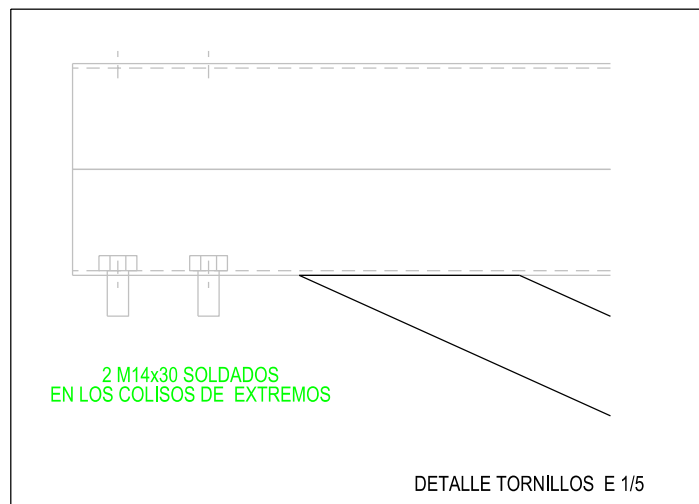
PLANO Nº:

PT-296

13 UNIDADES

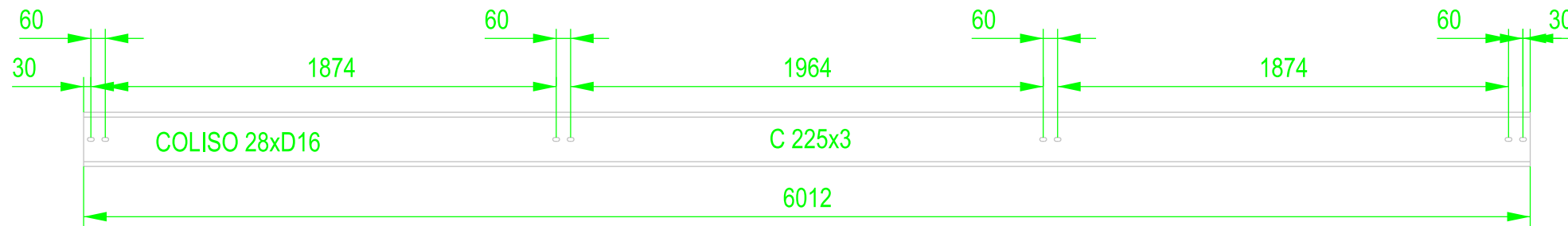
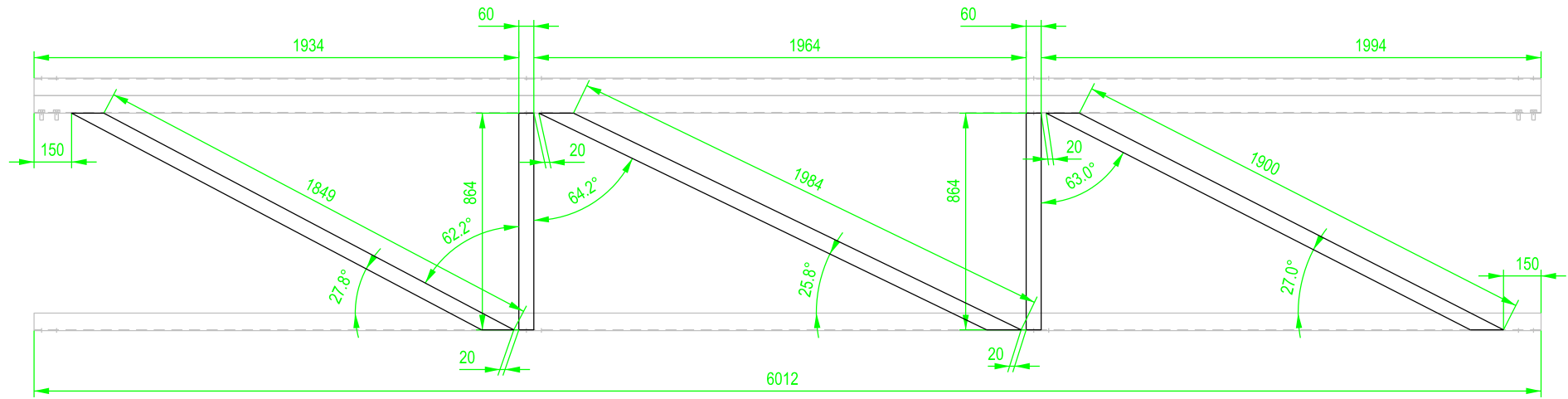
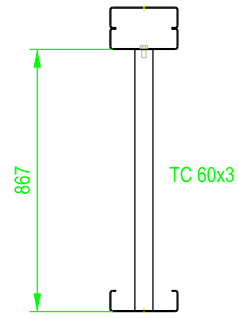


39 UNIDADES
VANOS 6.208 (HE1:HE9)
ZONA POTELET

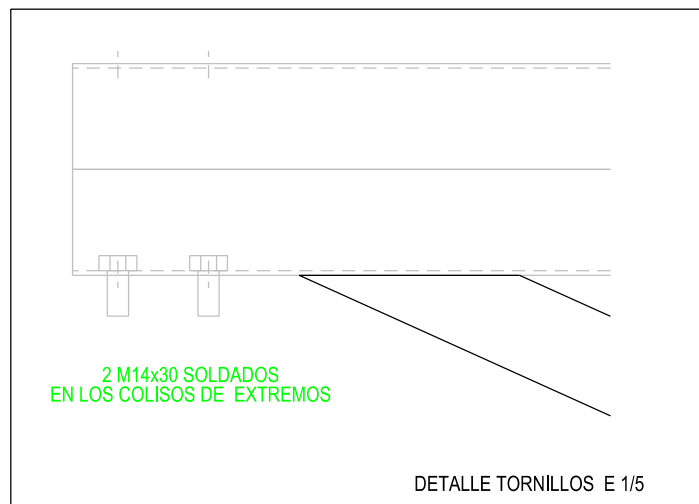


ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Celosia fachada frontal vano 6.208 (E/O: H1:HE9 y HO4:HO9)		FORMATO: A3 ESCALA: 1/25
	PLANO Nº: PT-297		

2 UNIDADES



6 UNIDADES
VANO 6.202 (HE9-B1)
ZONA POTELET



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Celosia fachada frontal vano 6.202 (E/O: HE9-B1 y HO9-B30)

FORMATO: A3

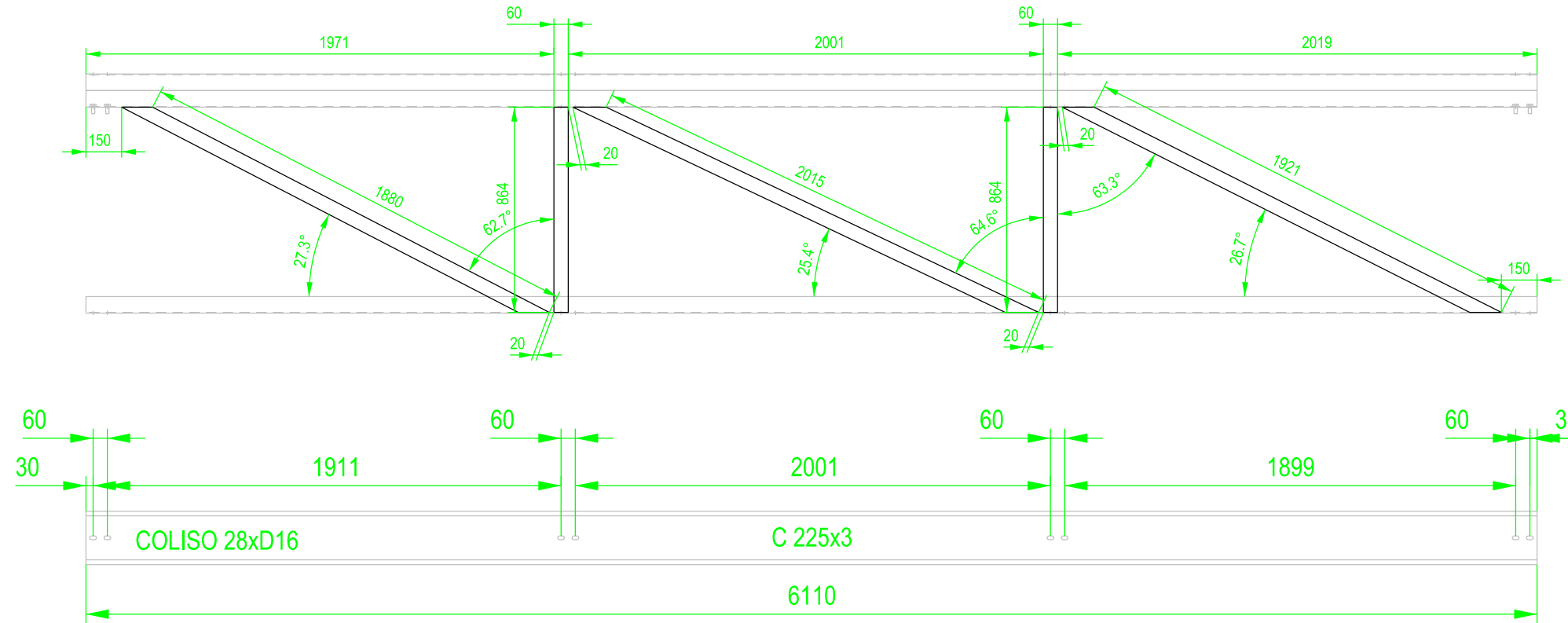
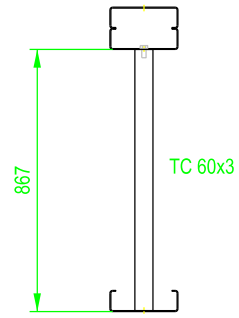
ESCALA:

1/25

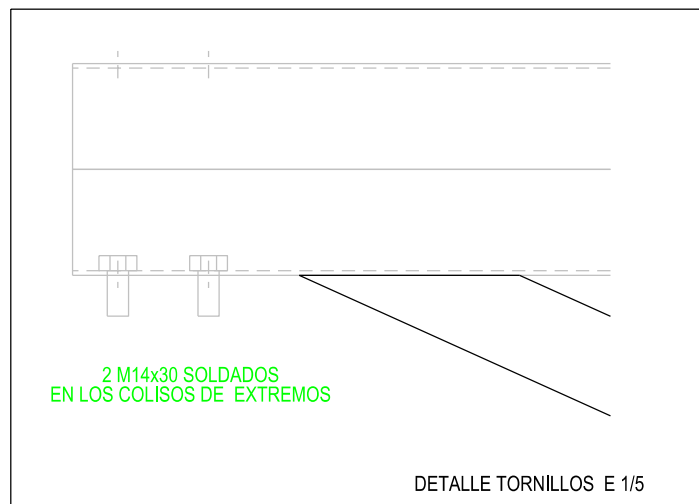
PLANO Nº:

PT-298

2 UNIDADES



6 UNIDADES
VANO 6.300 (B1-HE10)
ZONA POTELET



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Celosía fachada frontal vano 6.300 (E/O: HE10-B1 y HO10-B30)

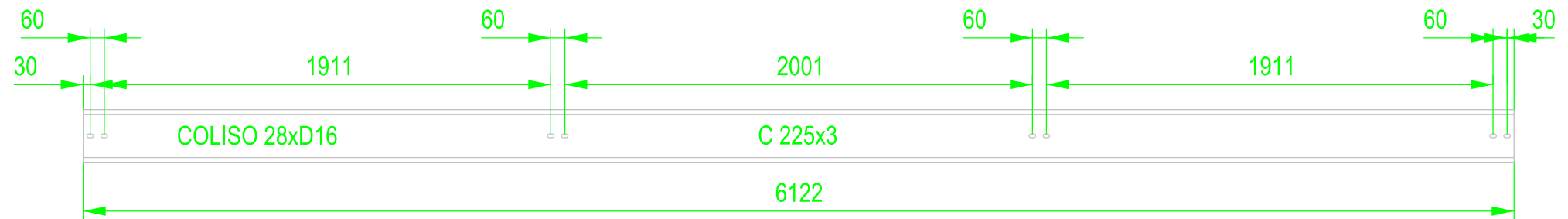
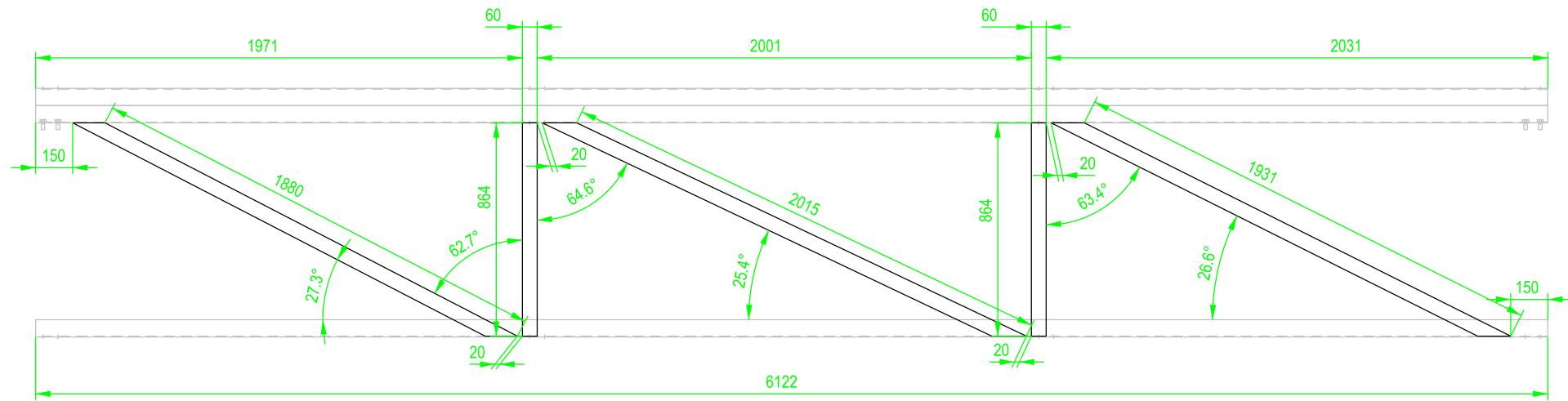
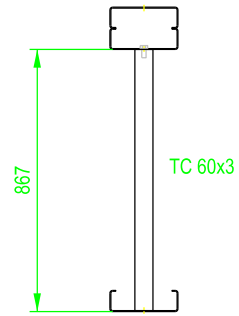
FORMATO: A3

ESCALA: 1/25

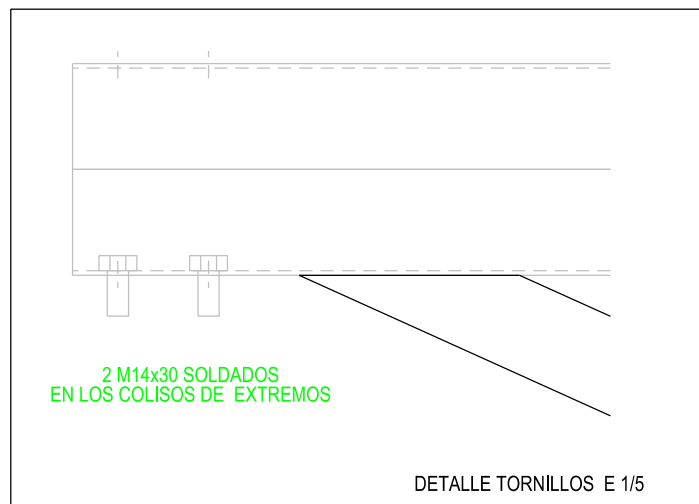
PLANO Nº:

PT-299

11 UNIDADES



33 UNIDADES
VANO 6.312 (HE10:HE16)
ZONA PPOTELET



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Celosia fachada frontal vano 6.312 (E/O: HE10:16 y HO10:16)

FORMATO: A3

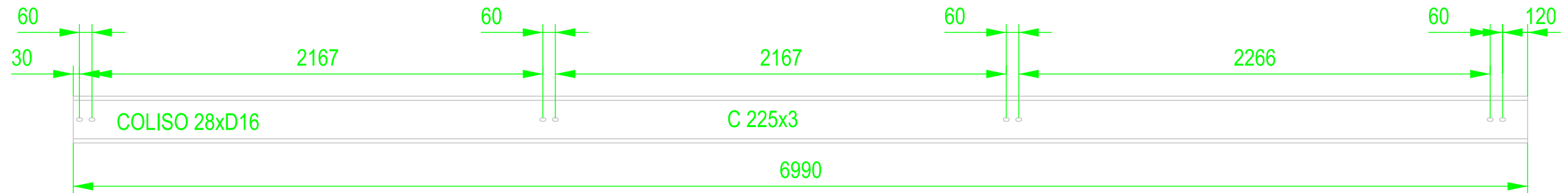
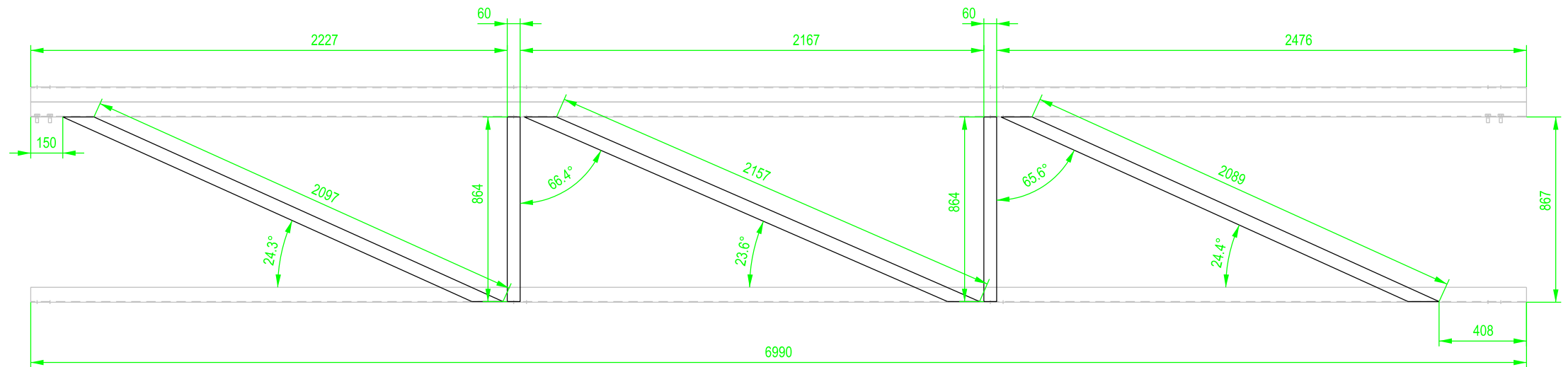
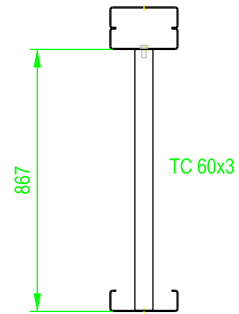
ESCALA:

1/25

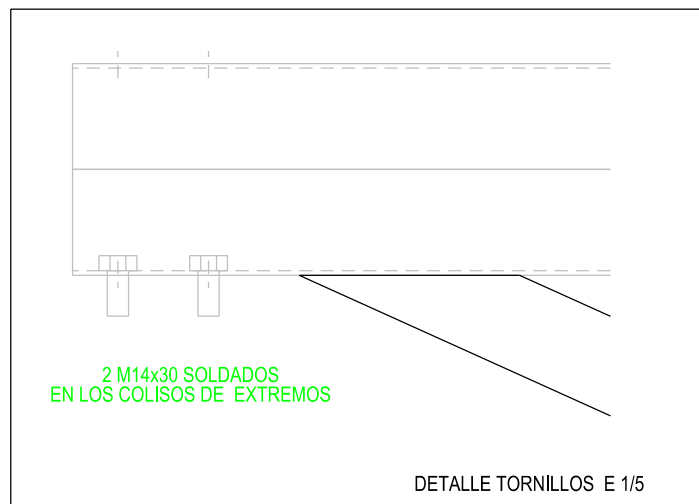
PLANO Nº:

PT-300

1 UNIDAD



3 UNIDADES
VANO 6.311 (HE16-A1)
ZONA POTELET



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Celosía fachada frontal vano 6.312 (E: A1-HE16)

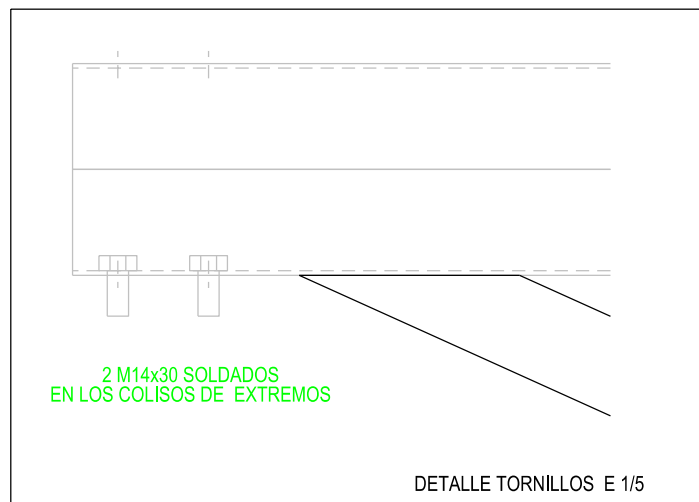
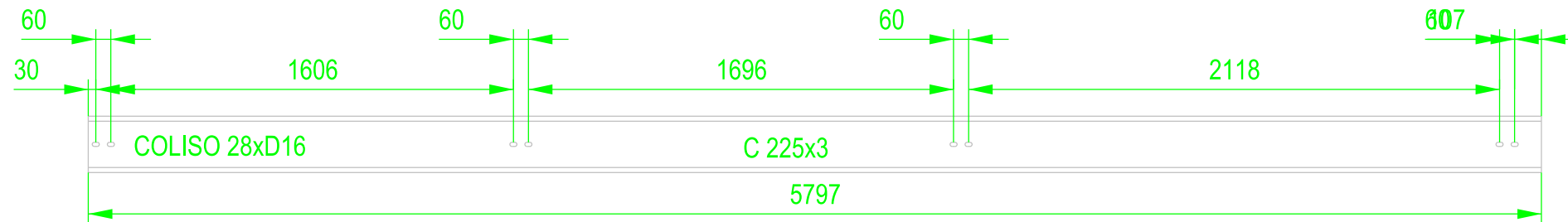
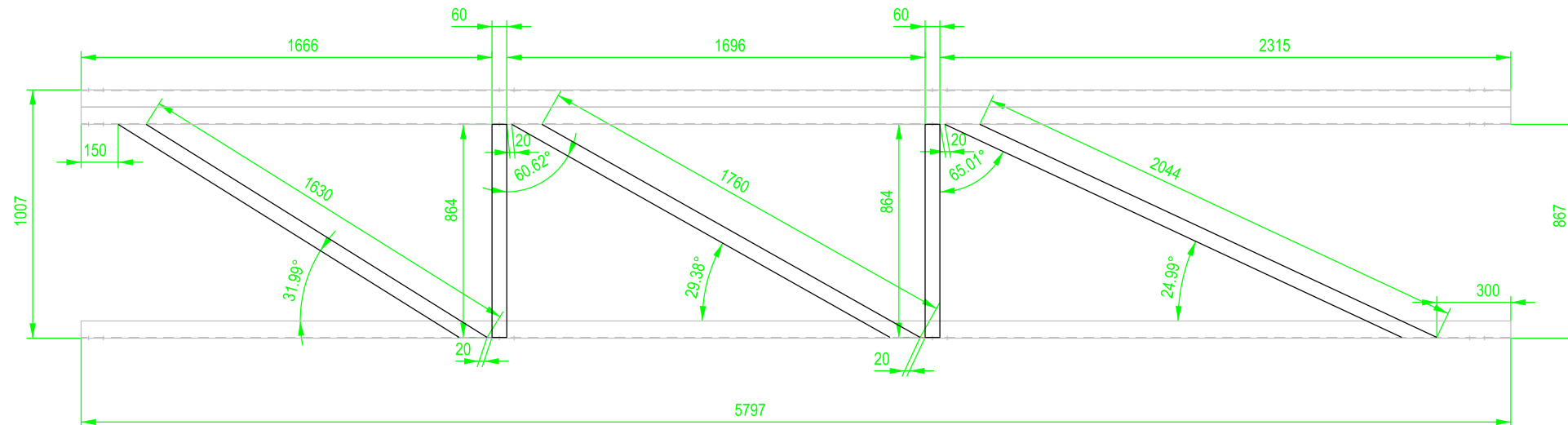
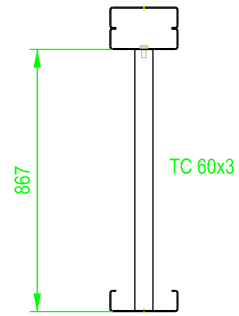
FORMATO: A3

ESCALA: 1/25

PLANO Nº:

PT-301

1 UNIDAD



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Celosis fachada frontal vano 5,148 (O: B30-HO4)

FORMATO: A3

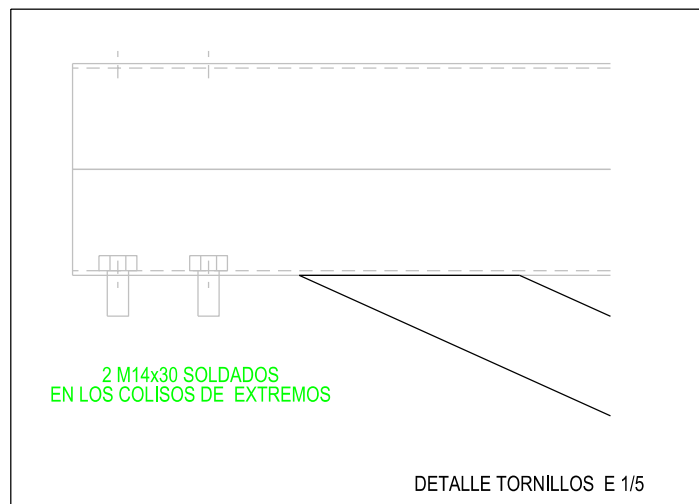
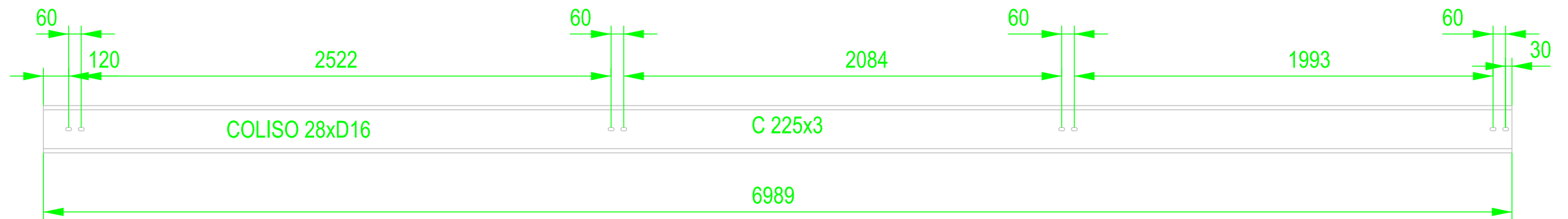
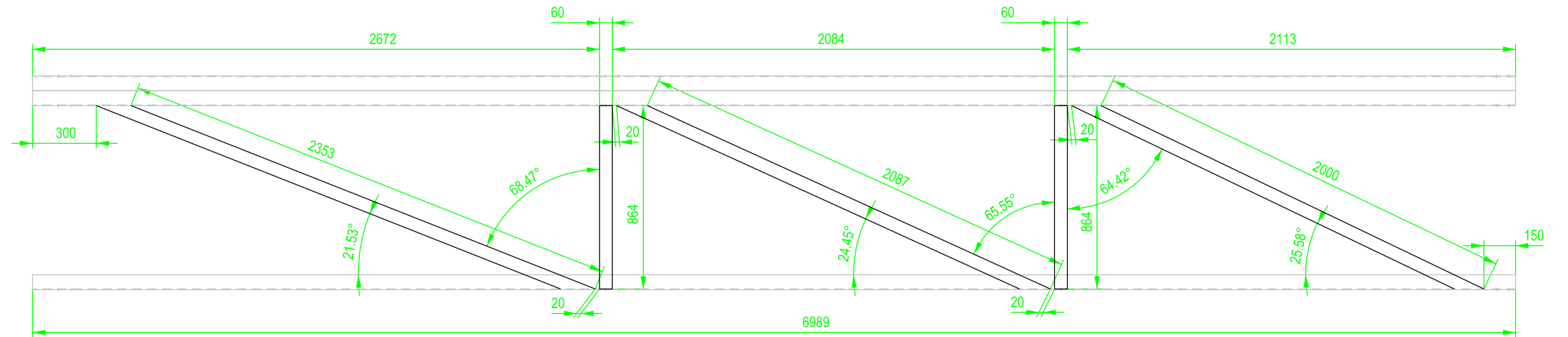
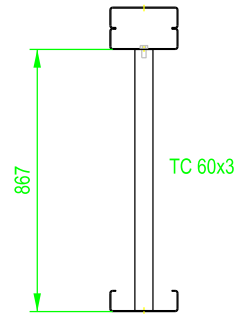
ESCALA:

1/25

PLANO Nº:

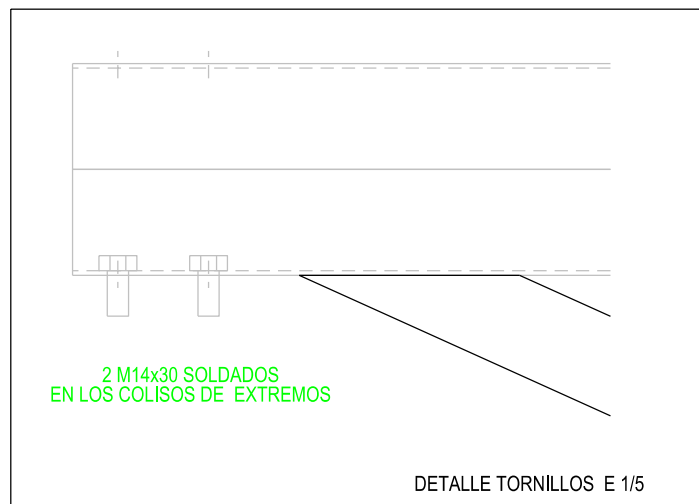
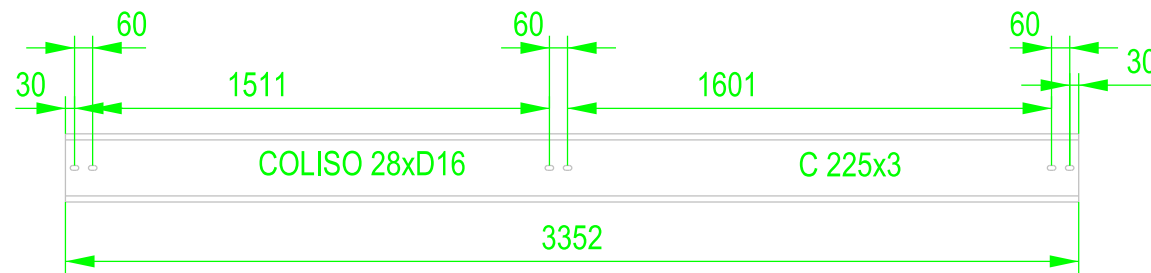
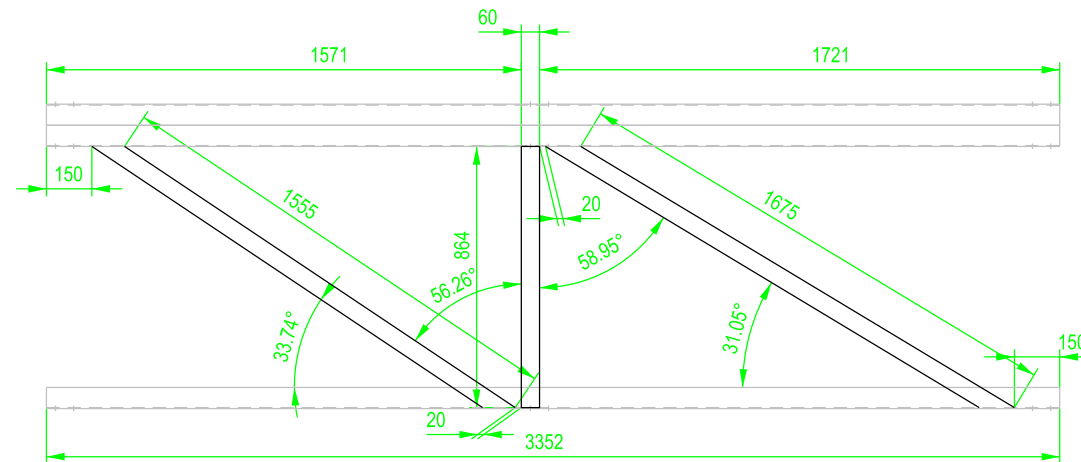
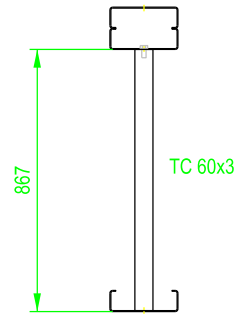
PT-302

1 UNIDAD



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Celosia fachada frontal vano 6.311 (O: A25-HO16)		FORMATO: A3 ESCALA: 1/25
			PLANO Nº: PT-303

1 UNIDAD



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Celosia fachada frontal vano 3.937 (O: A'25-HO14)

FORMATO: A3

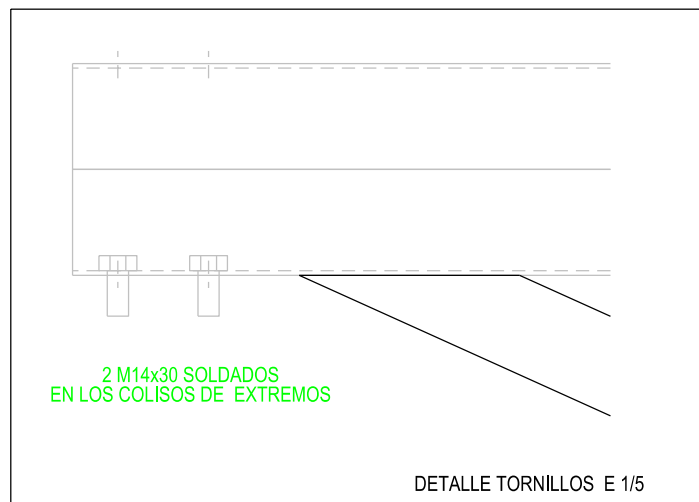
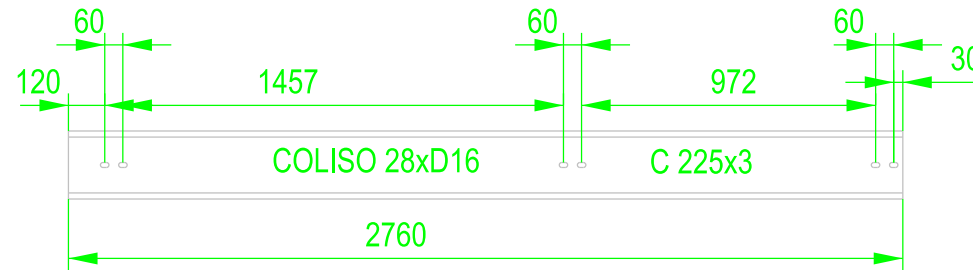
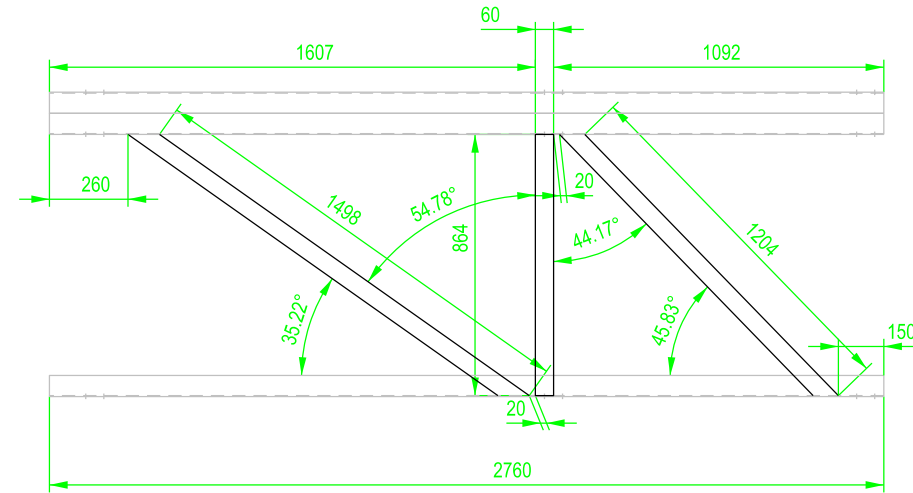
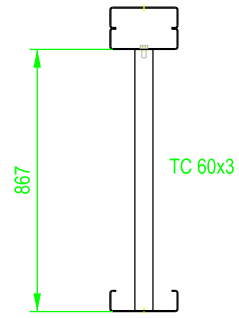
ESCALA:

1/25

PLANO Nº:

PT-304

1 UNIDAD



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Celosia fachada frontal vano 2.375 (O: A'30-HO13)

FORMATO: A3

ESCALA:

1/25

PLANO Nº:

PT-305

TOMO III.- PLANOS

3.- PLANOS DE TALLER.

3.5. Correas y tirantillos.

3.5.2.Cubierta.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

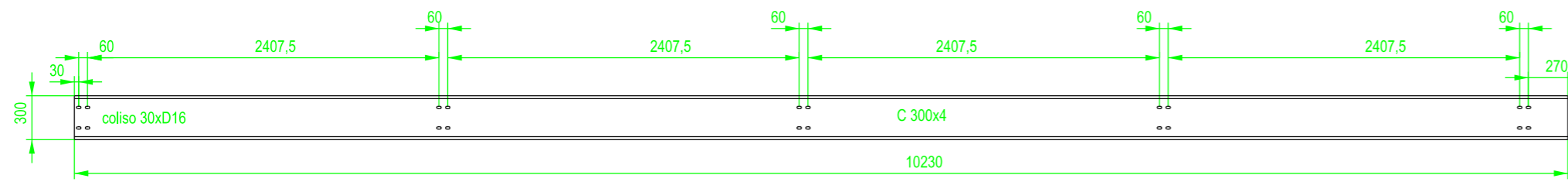
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

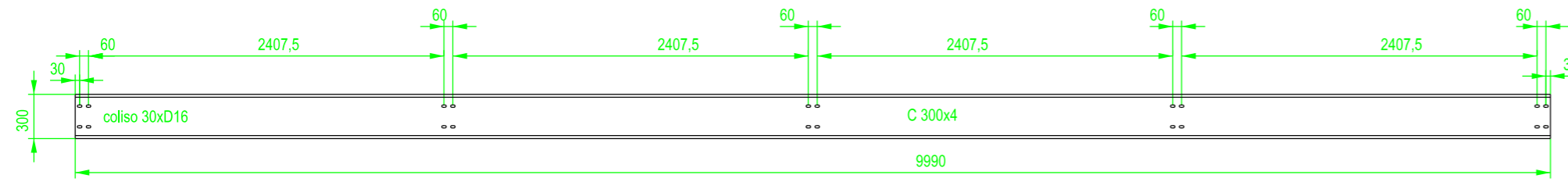
PLANO N° :

ESCALA:

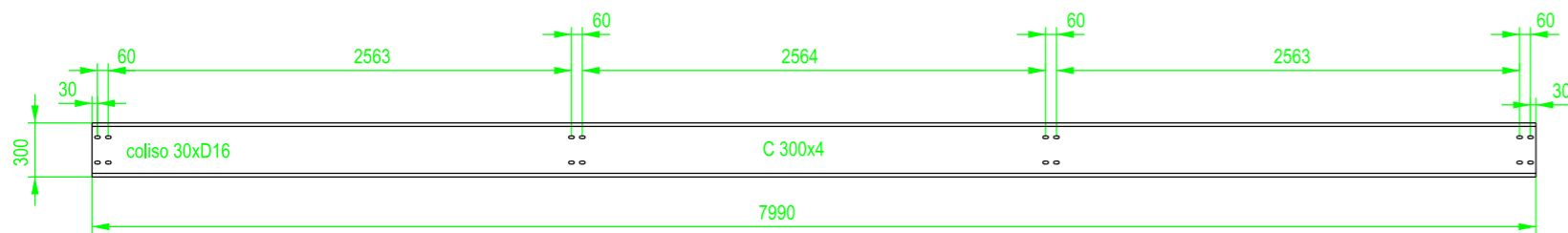
PT-305A



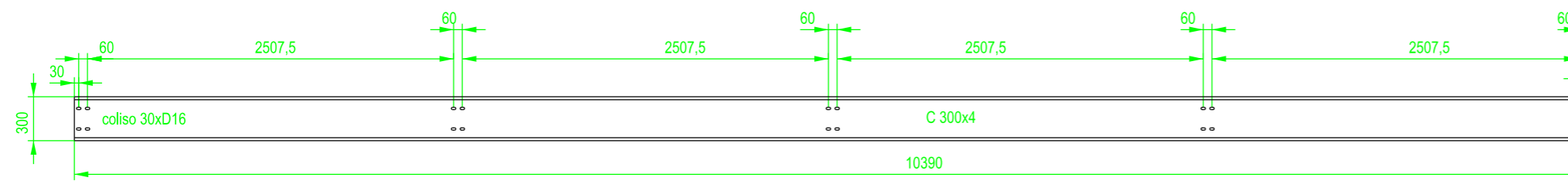
149 UNIDADES
 VANO 10.000 EXTREMO
 1-2
 29-30



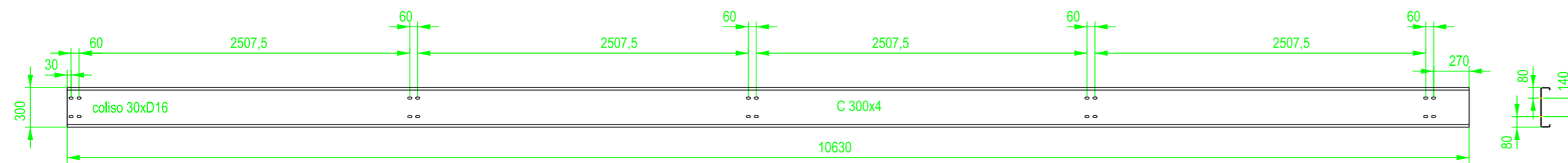
512 UNIDADES
 VANOS 10.000 INTERMEDIOS
 2-3; 3-4 y 4-5
 25-26, 26-27, 27-28 y 28-29



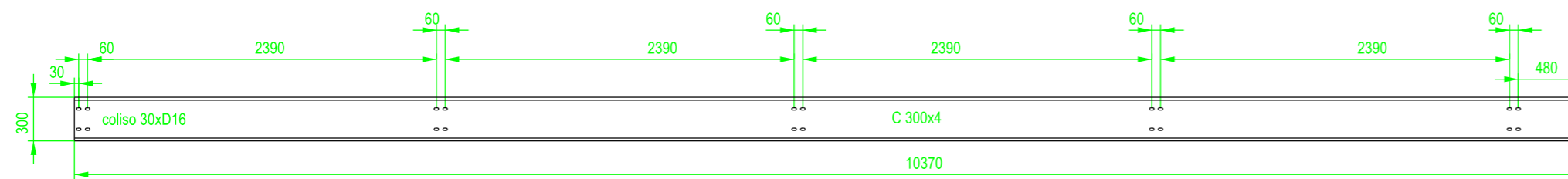
188 UNIDADES
 VANOS 8.000
 5-6 y 6-7



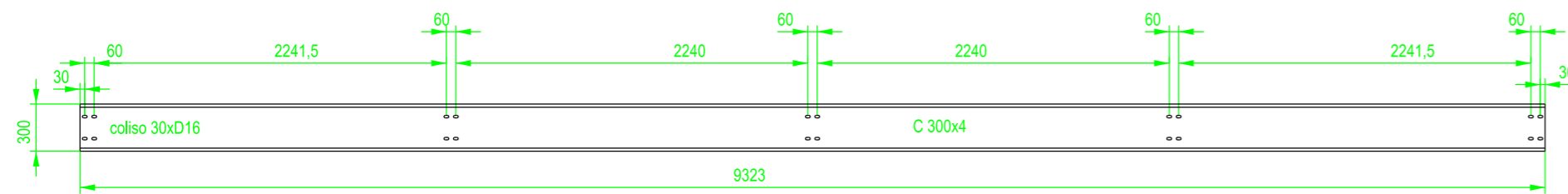
343 UNIDADES
 VANOS 10.400 INTERMEDIOS
 7-8; 8-9, 9-10 y 24-25



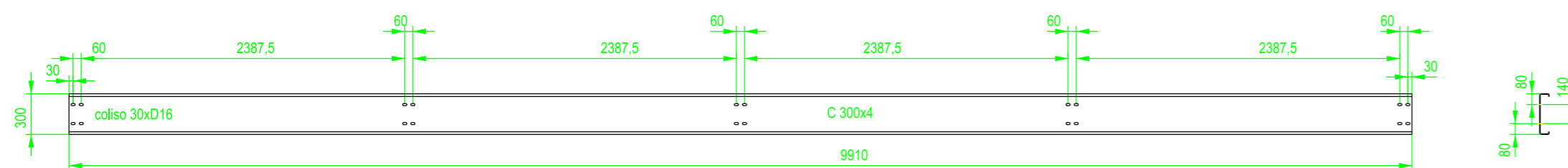
20 UNIDADES
 VANO 10.400 EXTREMO
 24-25



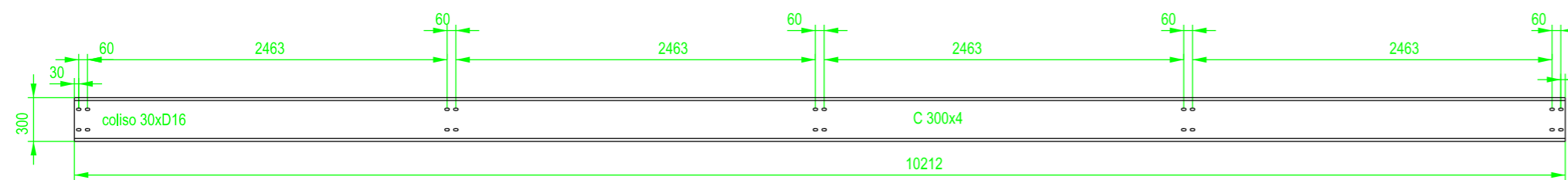
188 UNIDADES
 VANOS 9930 (JUNTA DIL.)
 10-11 y 12-13



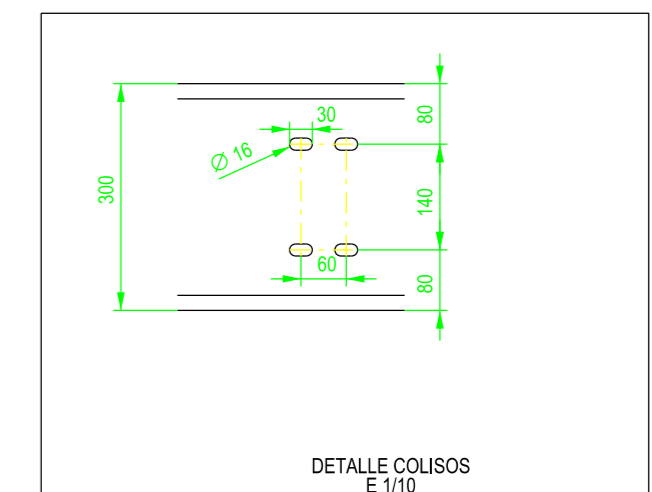
273 UNIDADES
 VANOS 9.333
 13-14; 14-15 y 15-16



350 UNIDADES
 VANOS 9920
 16-17; 17-18; 18-19 y 19-20

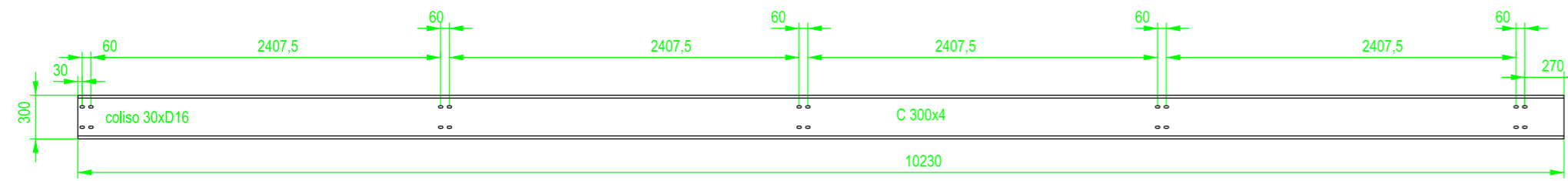


334 UNIDADES
 VANOS 10222
 20-21; 21-22; 22-23 Y 23-24

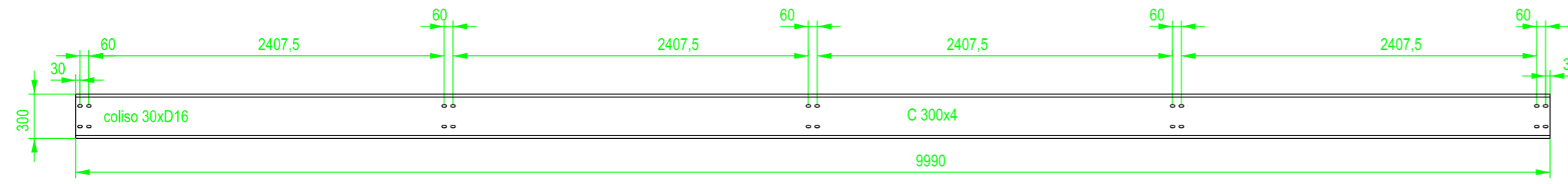


MATERIAL: S235 JOH

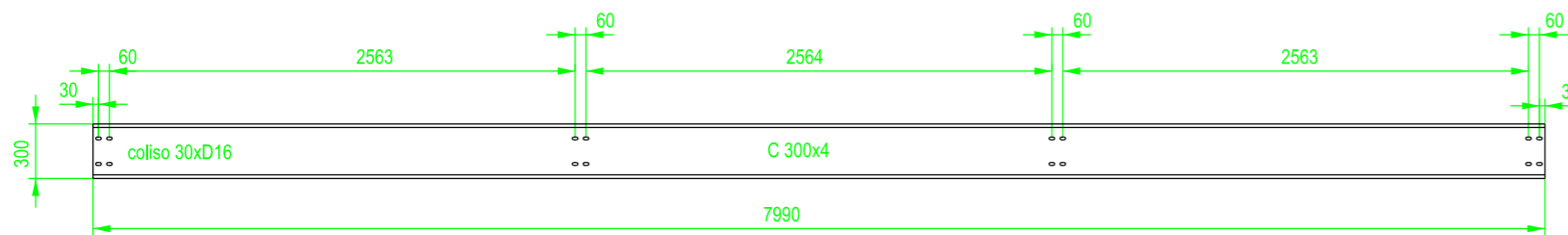
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Correas de cubierta C300x4 lacadas al fuego RAL 7032		FORMATO: A2 ESCALA: 1/40
			PLANO Nº: PT-306



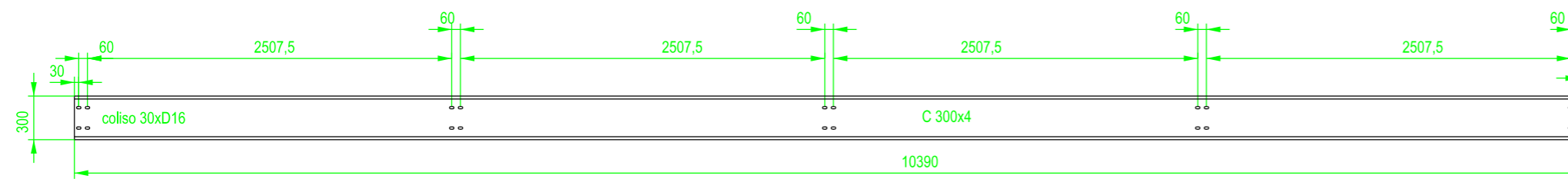
8 UNIDADES
VANO 10.000 EXTREMO
1-2



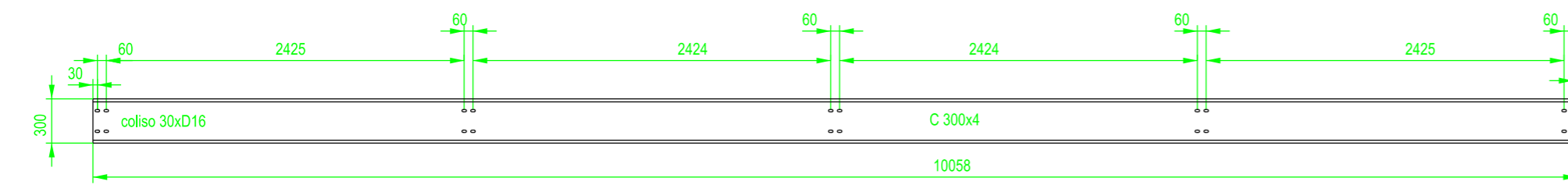
24 UNIDADES
VANOS 10.000 INTERMEDIOS
2-3; 3-4 y 4-5



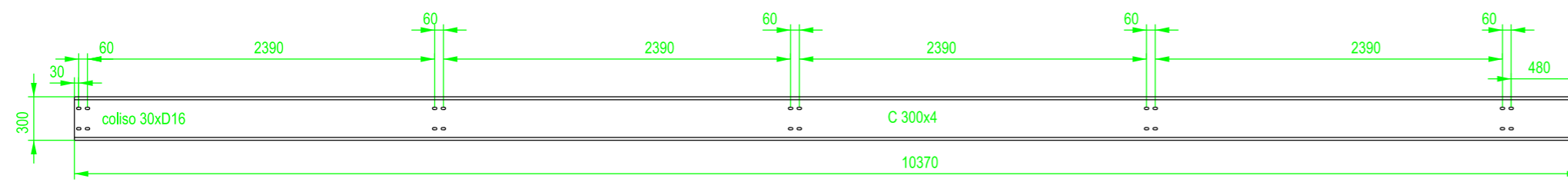
16 UNIDADES
VANOS 8.000
5-6 y 6-7



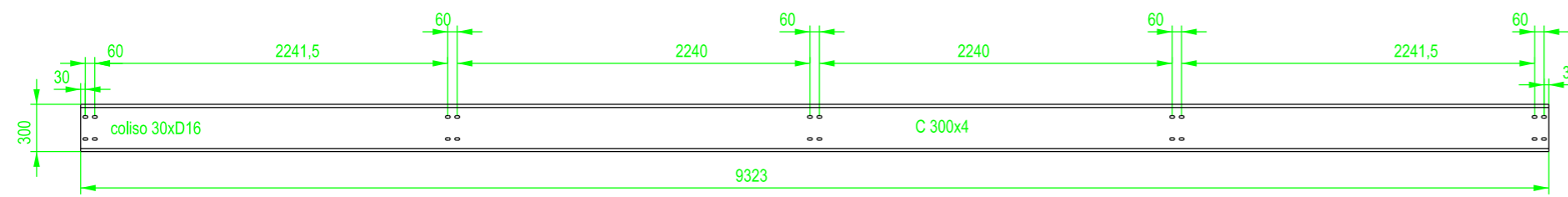
32 UNIDADES
VANOS 10.400 INTERMEDIOS
7-8; 8-9, 9-10 y 24-25



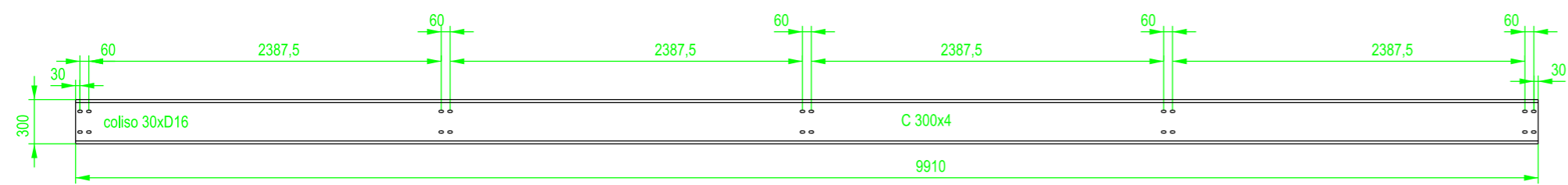
5 UNIDADES
VANOS 10.000 APOYO CANAL FAC C
25-26, 26-27, 27-28 y 28-29



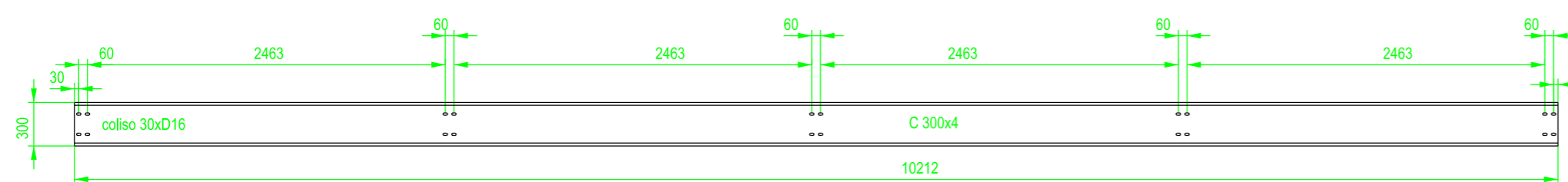
16 UNIDADES
VANOS 9930 (JUNTA DIL)
10-11 y 12-13



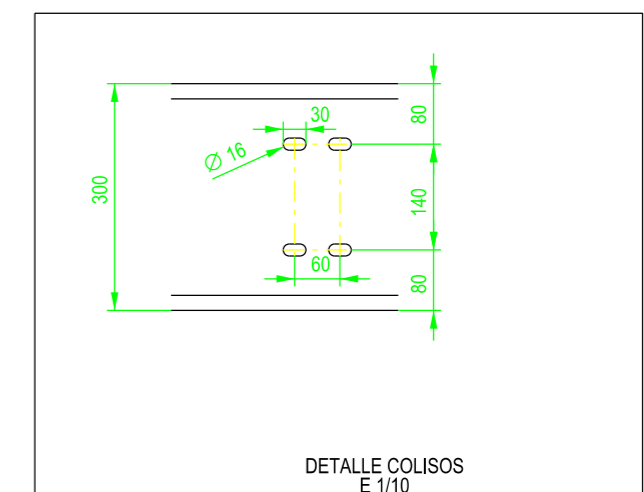
24 UNIDADES
VANOS 9.333
13-14; 14-15 y 15-16



32 UNIDADES
VANOS 9920
16-17; 17-18; 18-19 y 19-20



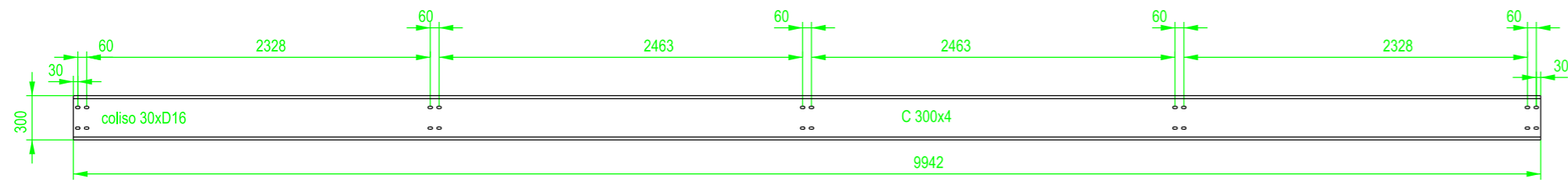
32 UNIDADES
VANOS 10222
20-21; 21-22; 22-23 Y 23-24



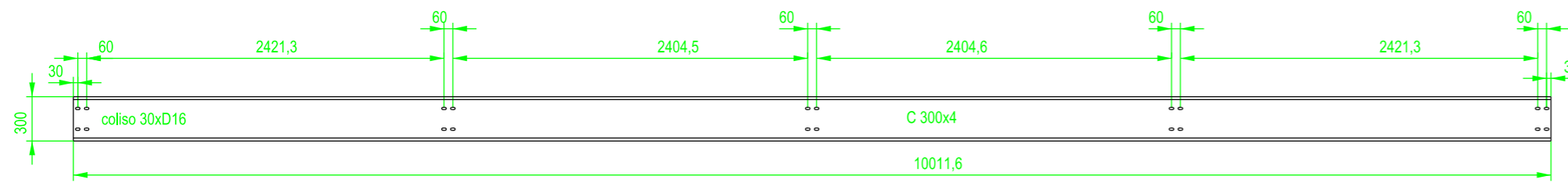
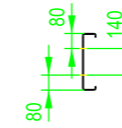
DETALLE COLISOS
E 1/10

MATERIAL: S235 JOH

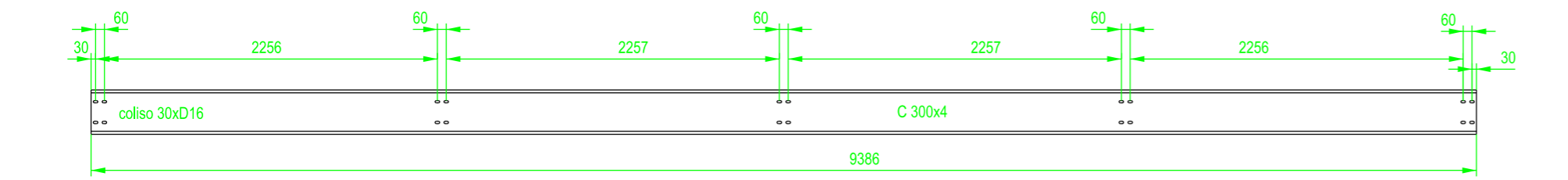
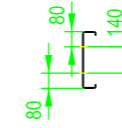
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Correas de cubierta C300x4 sin pintar (1 de 2)	FORMATO: A2 ESCALA: 1/40	PLANO Nº: PT-307	



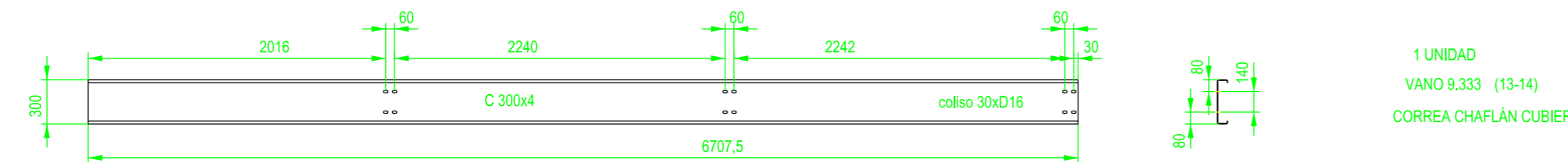
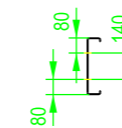
12 UNIDADES
VANOS 10222 FAC A (20-21; 21-22; 22-23 Y 23-24)
ZONA POTELET



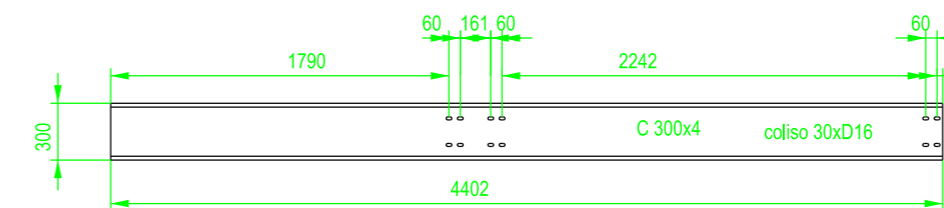
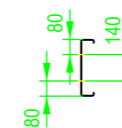
12 UNIDADES
VANOS 10222 FAC C (20-21; 21-22; 22-23 Y 23-24)
ZONA POTELET



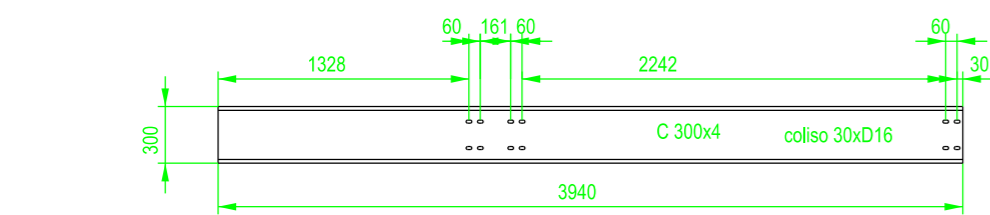
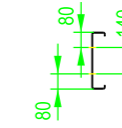
1 UNIDAD
VANO 9.333 (13-14)
CUBIERTA. APOYO CANAL 1



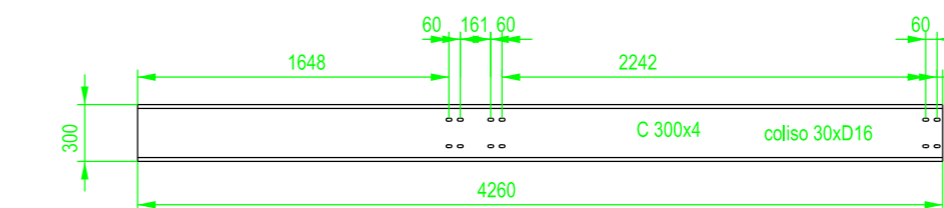
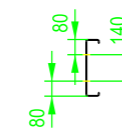
1 UNIDAD
VANO 9.333 (13-14)
CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



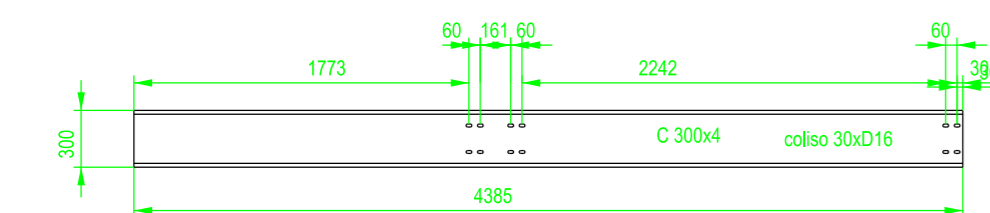
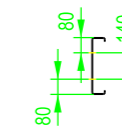
1 UNIDAD
VANO 9.920 (19-20)
CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



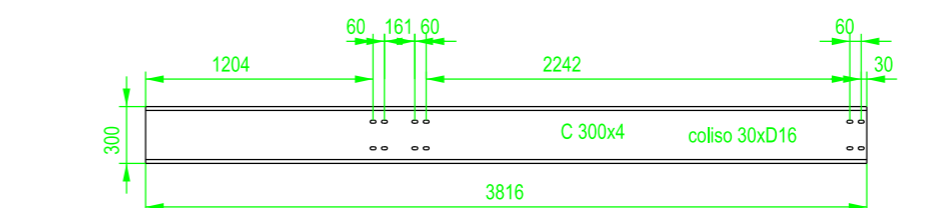
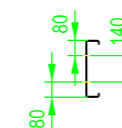
1 UNIDAD
VANO 9.333 (14-15)
CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



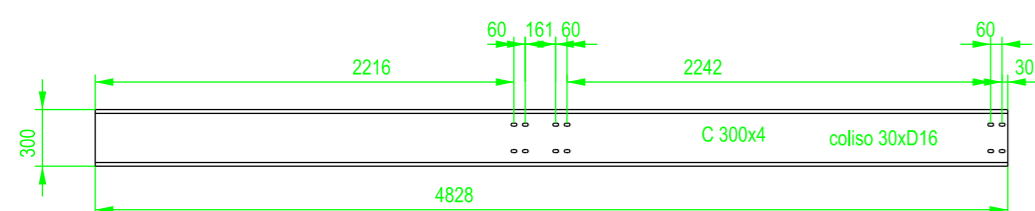
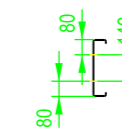
1 UNIDAD
VANO 10.222 (20-21)
CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



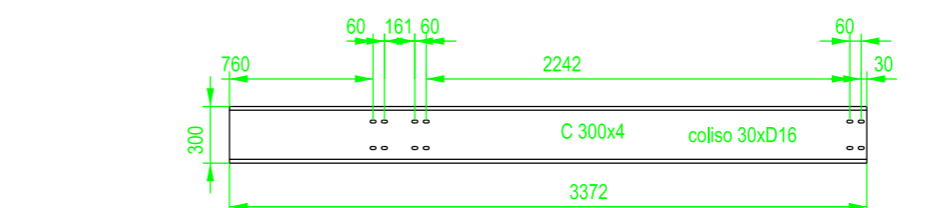
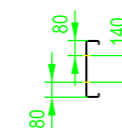
1 UNIDAD
VANO 9.333 (15-16)
CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



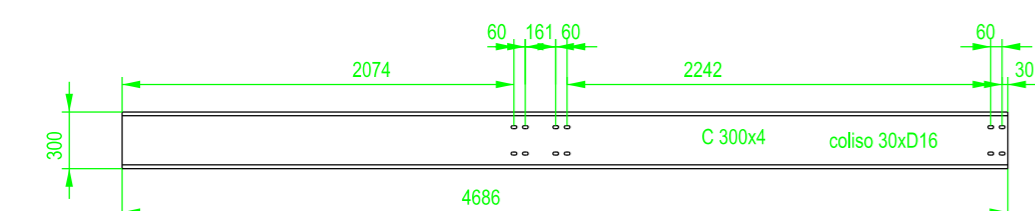
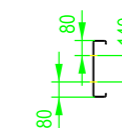
1 UNIDAD
VANO 10.222 (21-22)
CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



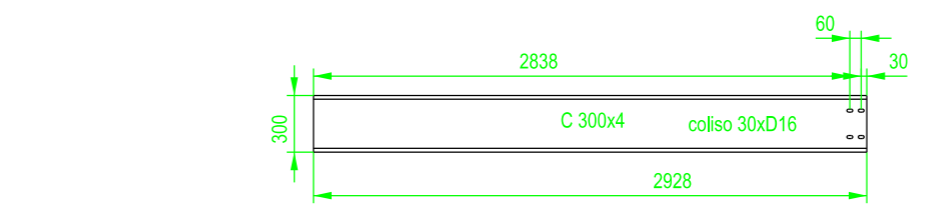
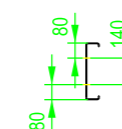
1 UNIDAD
VANO 9.920 (16-17)
CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



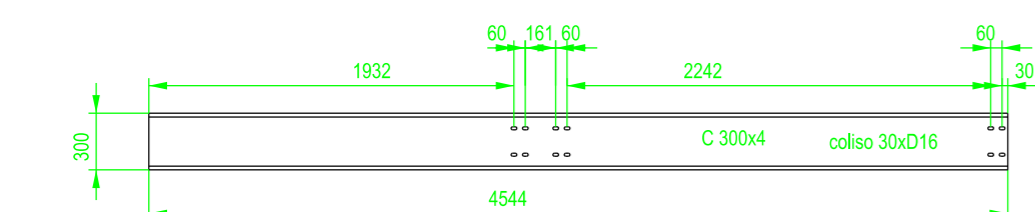
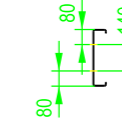
1 UNIDAD
VANO 10.222 (22-23)
CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



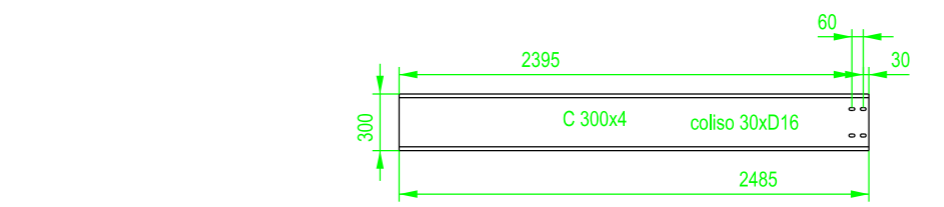
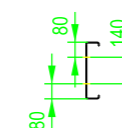
1 UNIDAD
VANO 9.920 (17-18)
CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



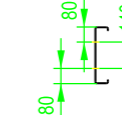
1 UNIDAD
VANO 10.222 (23-24)
CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



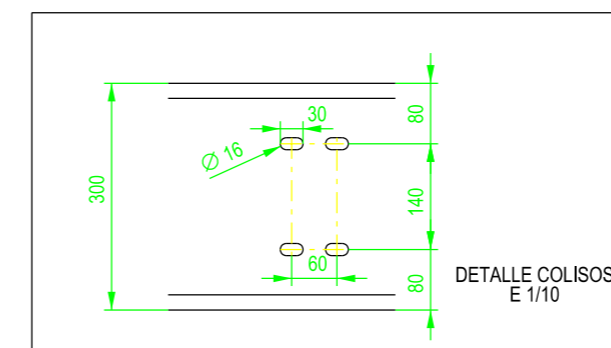
1 UNIDAD
VANO 9.920 (18-19)
CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



1 UNIDAD
VANO 10.400 (24-25)
CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



MATERIAL: S235 J0H



ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

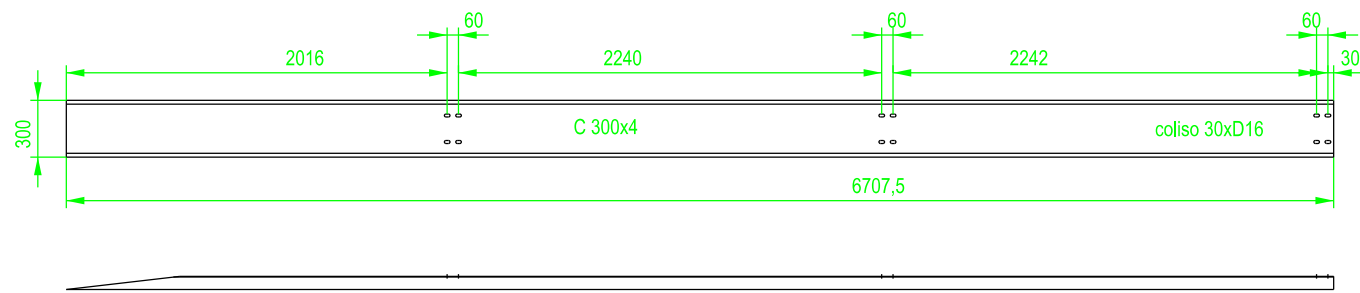
TITULO PLANO:
Correas de cubierta C300x4 sin pintar (2 de 2)

FORMATO: A2

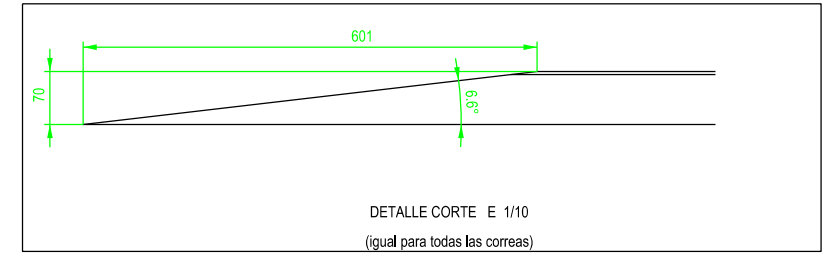
PLANO Nº:

ESCALA: 1/40

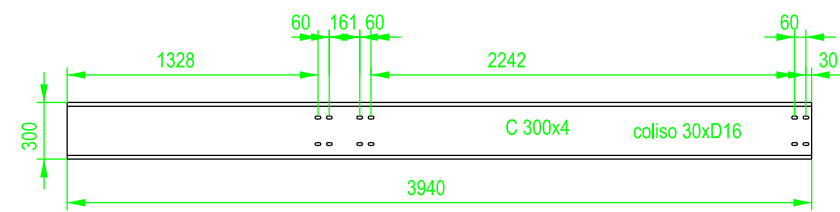
PT-308



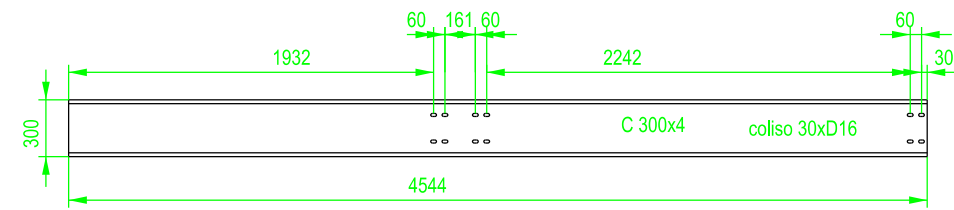
1 UNIDAD
 VANO 9.333 (13-14)
 CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



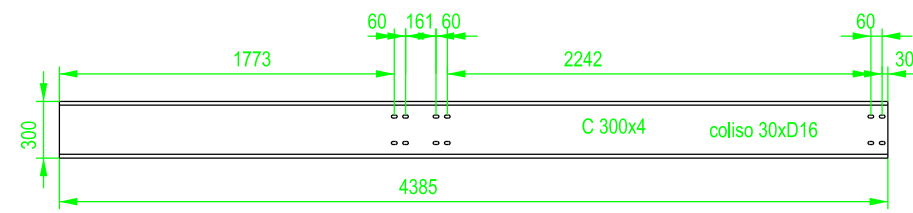
DETALLE CORTE E 1/10
 (igual para todas las correas)



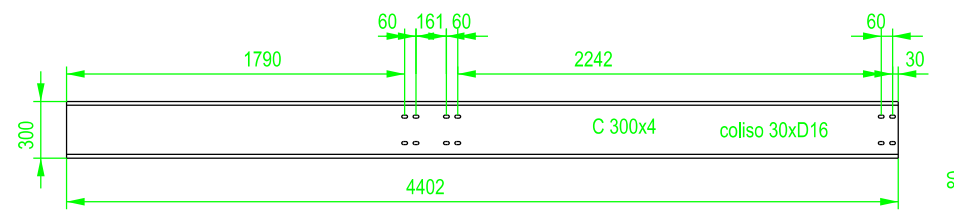
1 UNIDAD
 VANO 9.333 (14-15)
 CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



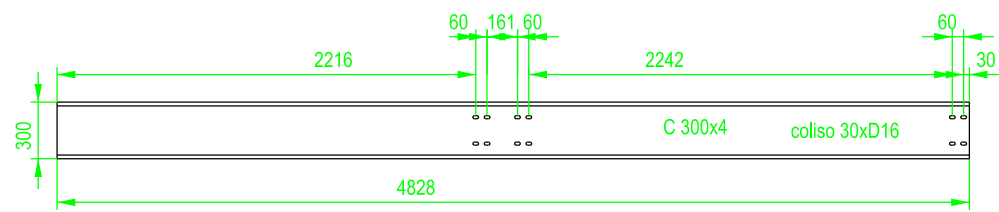
1 UNIDAD
 VANO 9.920 (18-19)
 CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



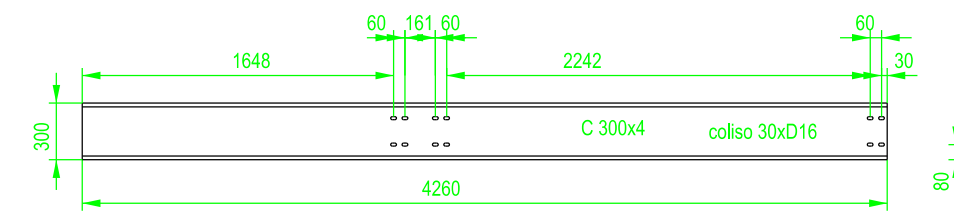
1 UNIDAD
 VANO 9.333 (15-16)
 CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



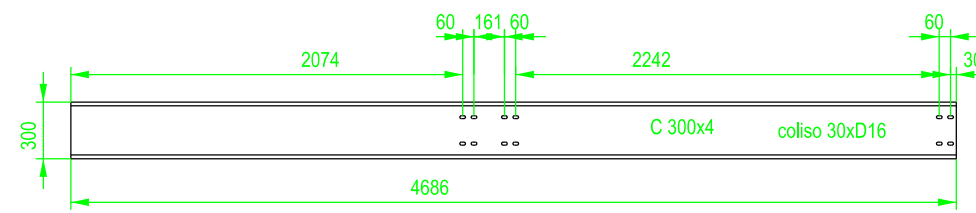
1 UNIDAD
 VANO 9.920 (19-20)
 CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



1 UNIDAD
 VANO 9.920 (16-17)
 CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



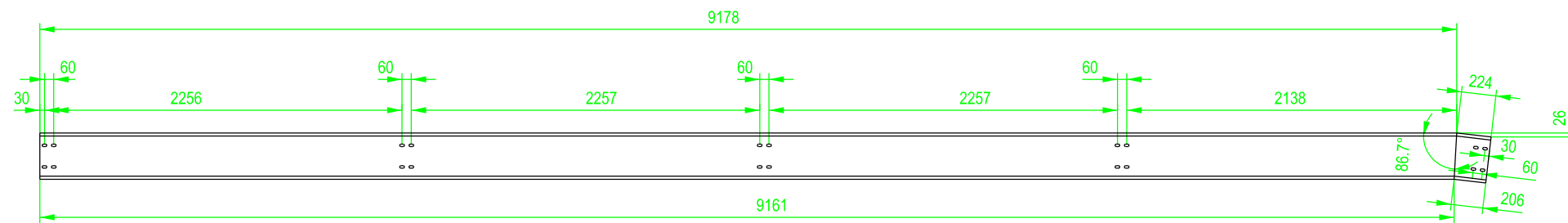
1 UNIDAD
 VANO 10.222 (20-21)
 CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



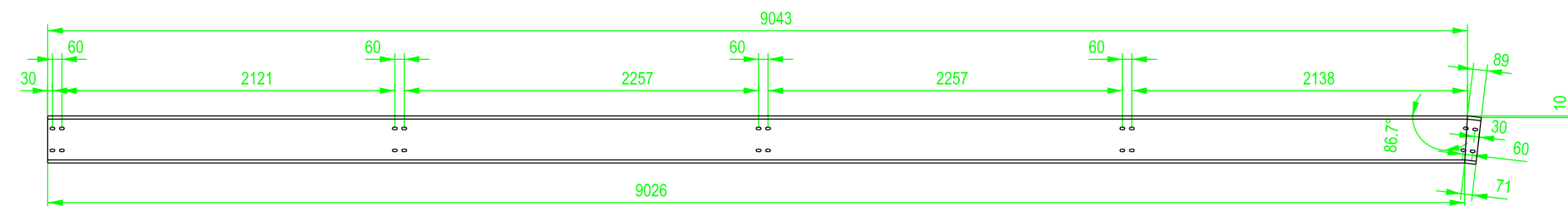
1 UNIDAD
 VANO 9.920 (17-18)
 CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.

MATERIAL: S235 JOH

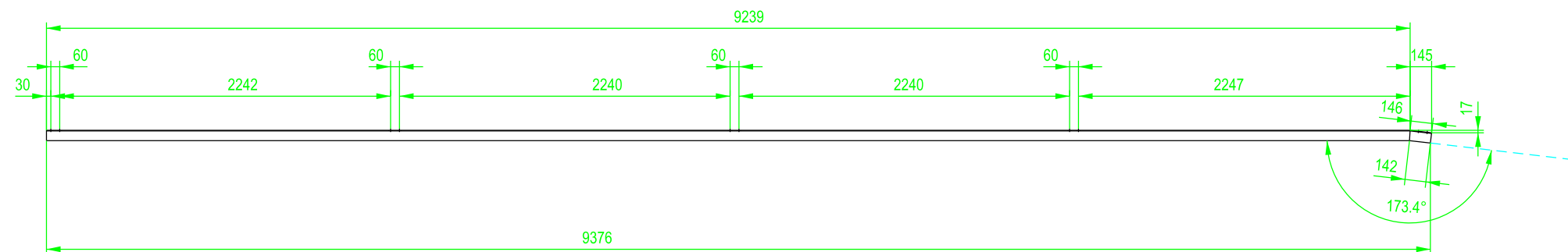
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Correas de cubierta C300x4 especiales (1 de 3)		FORMATO: A3 ESCALA: 1/40
	PLANO Nº: PT-309		



4 UNIDADES
 VANO 9.333 (QUIEBRO) (13-14)
 ZONA PILAR



6 UNIDADES
 VANO 9.333 (QUIEBRO) (13-14)
 ZONA POTELET



1 UNIDAD
 VANO 9.333 (QUIEBRO) (13-14)
 CUBIERTA. APOYO CANAL

MATERIAL: S235 JOH

ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23
 UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

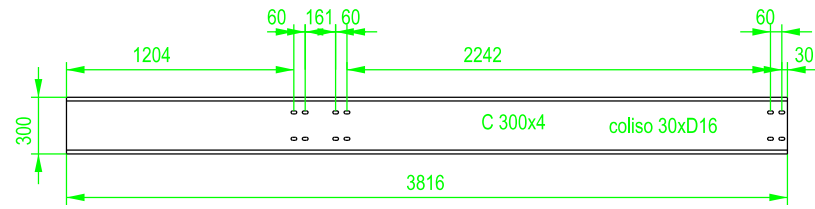
TITULO PLANO:
 Correas de cubierta C300x4 especiales (2 de 3)
 QUIEBRO

FORMATO: A3

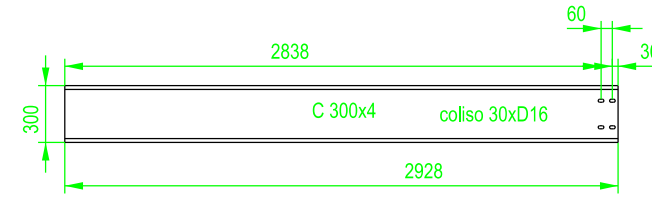
ESCALA: 1/40

PLANO Nº:

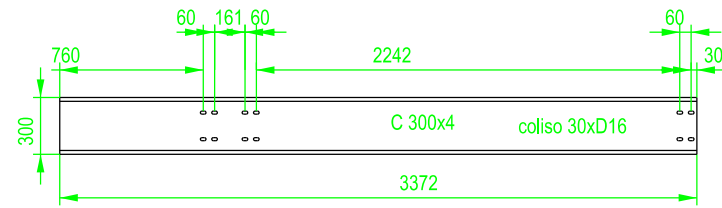
PT-310



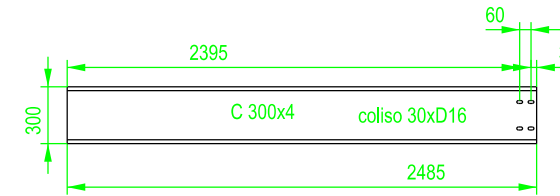
1 UNIDAD
 VANO 10.222 (21-22)
 CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



1 UNIDAD
 VANO 10.222 (23-24)
 CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.

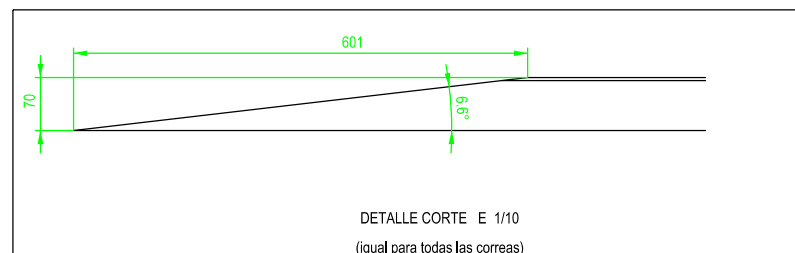


1 UNIDAD
 VANO 10.222 (22-23)
 CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.



1 UNIDAD
 VANO 10.400 (24-25)
 CORREA CHAFLÁN CUBIERTA.

MATERIAL: S235 JOH



ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23
 UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:
 Correas de cubierta C300x4 especiales (3 de 3)

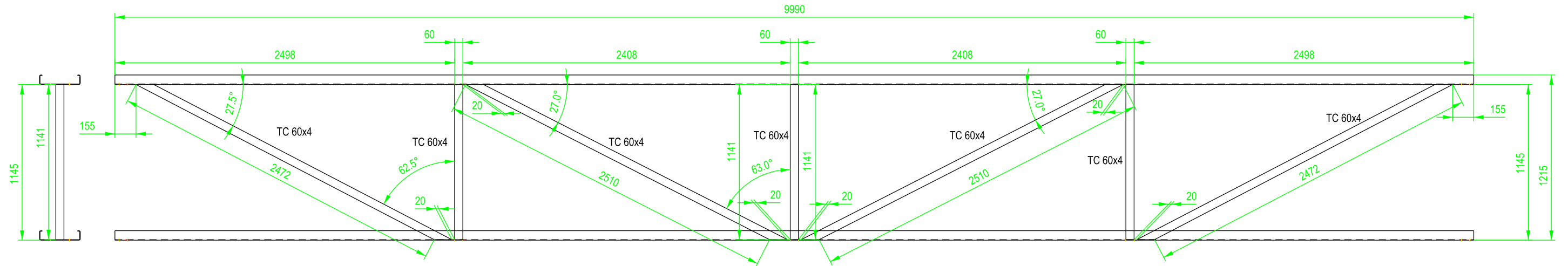
FORMATO: A3

PLANO Nº:

ESCALA: 1/40

PT-311

28 UNIDADES



CORREAS C 300x4 NEGRAS
24 UNIDADES
VANOS 10.000 INTERMEDIOS
2-3; 3-4 y 4-5

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

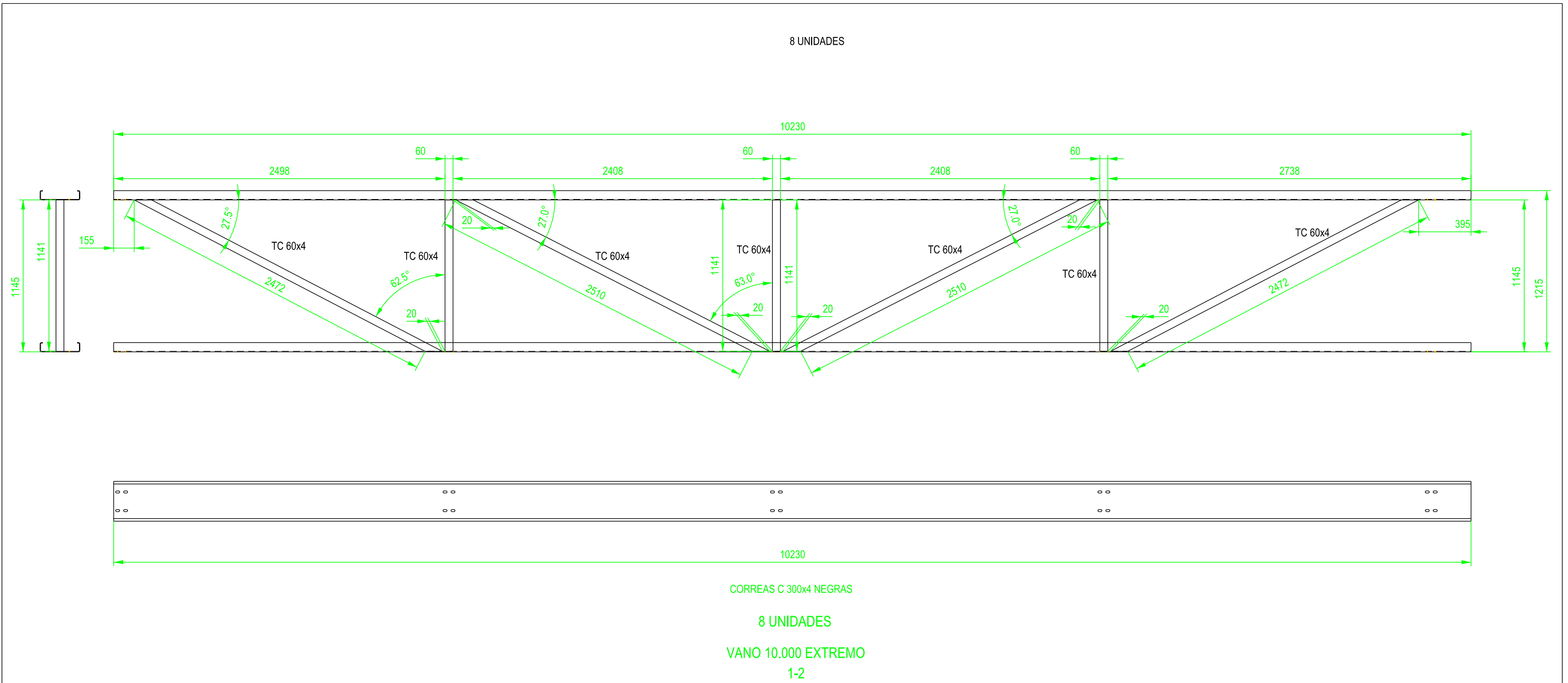
Celosías de cubierta vano 10.000 interior (2-3, 3-4, 4-5, 25:29)

FORMATO: A3

ESCALA: 1/30

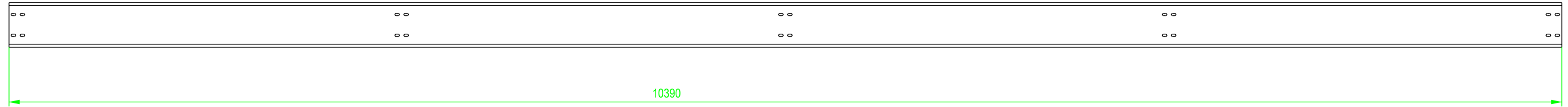
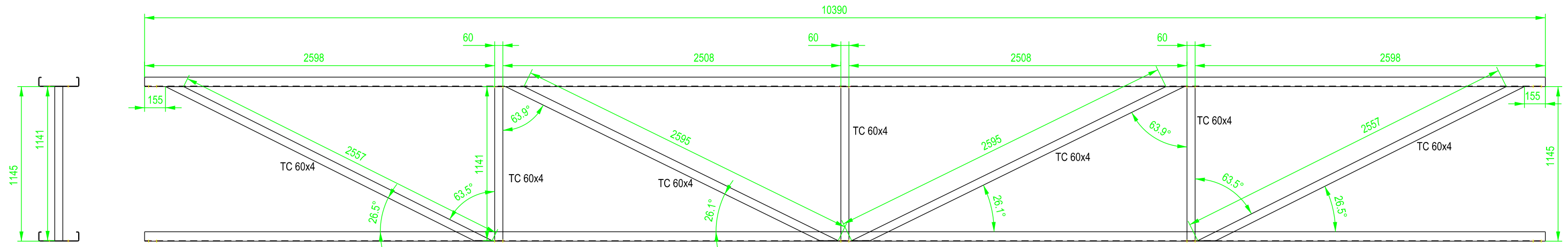
PLANO Nº:

PT-312



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Celosias de cubierta vano 10.000 extremo (1-2 y 29-30)		FORMATO: A3 ESCALA: 1/30
		PLANO Nº: PT-313	

16 UNIDADES

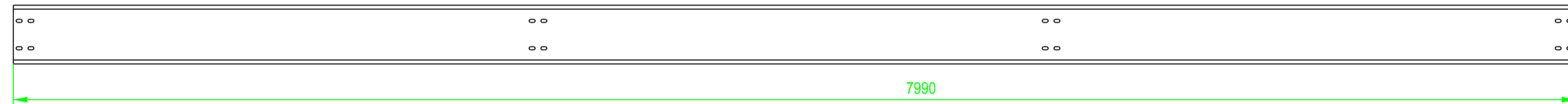
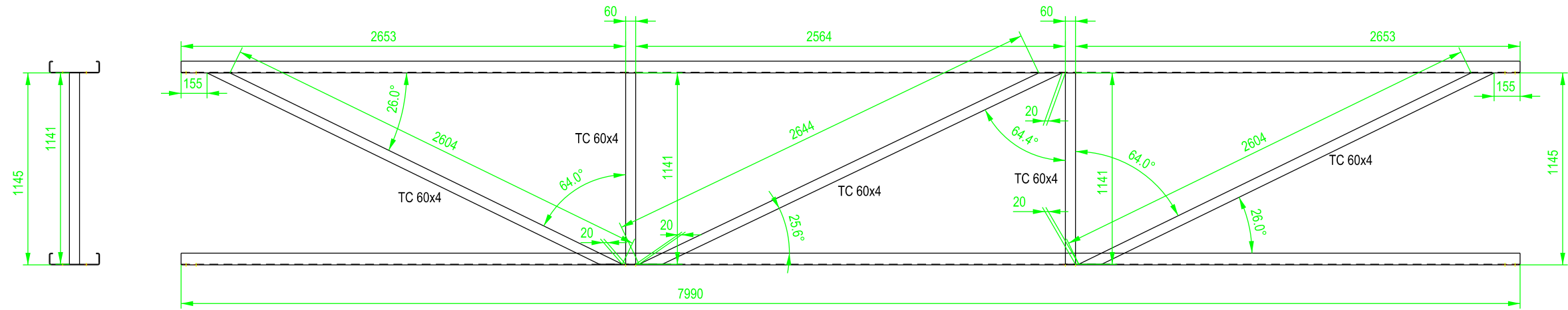


CORREAS C 300x4 NEGRAS
32 UNIDADES

VANOS 10.400 INTERMEDIOS
7-8; 8-9, 9-10 y 24-25

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: Celosias de cubierta vano 10,400 interior (7:10 y 24-25)	FORMATO: A3 ESCALA: 1/30	PLANO Nº: PT-314

8 UNIDADES



CORREAS C 300x4 NEGRAS

16 UNIDADES

VANOS 8.000

5-6 y 6-7

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Celosías de cubierta vano 8.000 (5-6 y 6-7)

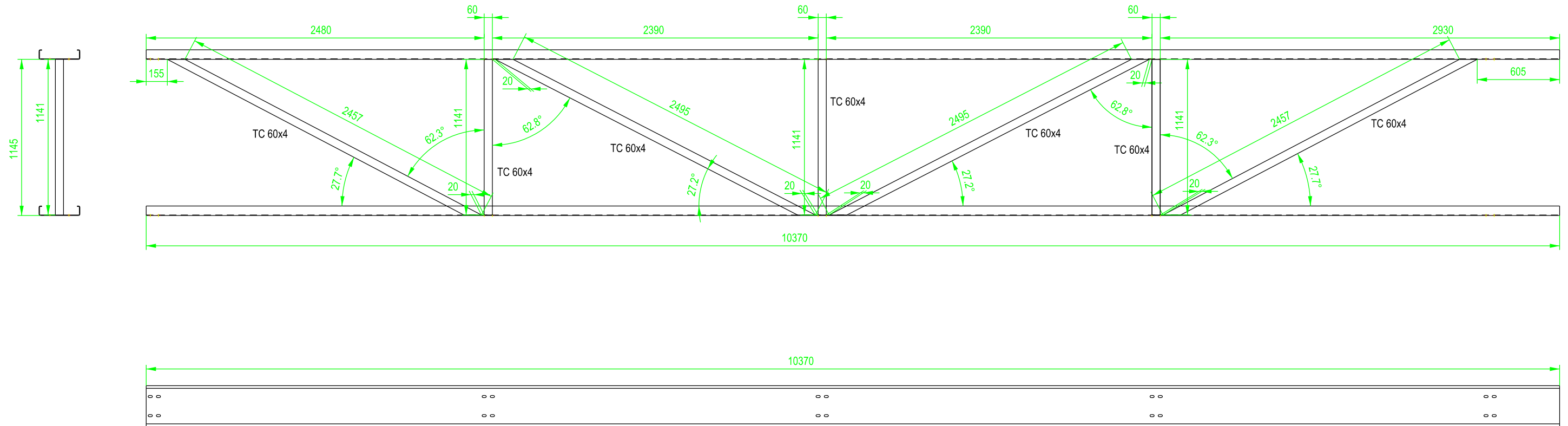
FORMATO: A3

ESCALA: 1/30

PLANO Nº:

PT-315

8 UNIDADES



CORREAS C 300x4 NEGRAS

16 UNIDADES

VANOS 9930 (JUNTA DIL)

10-11 y 12-13

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Celosías de cubierta vano 9.930 (10-11 y 12-13)

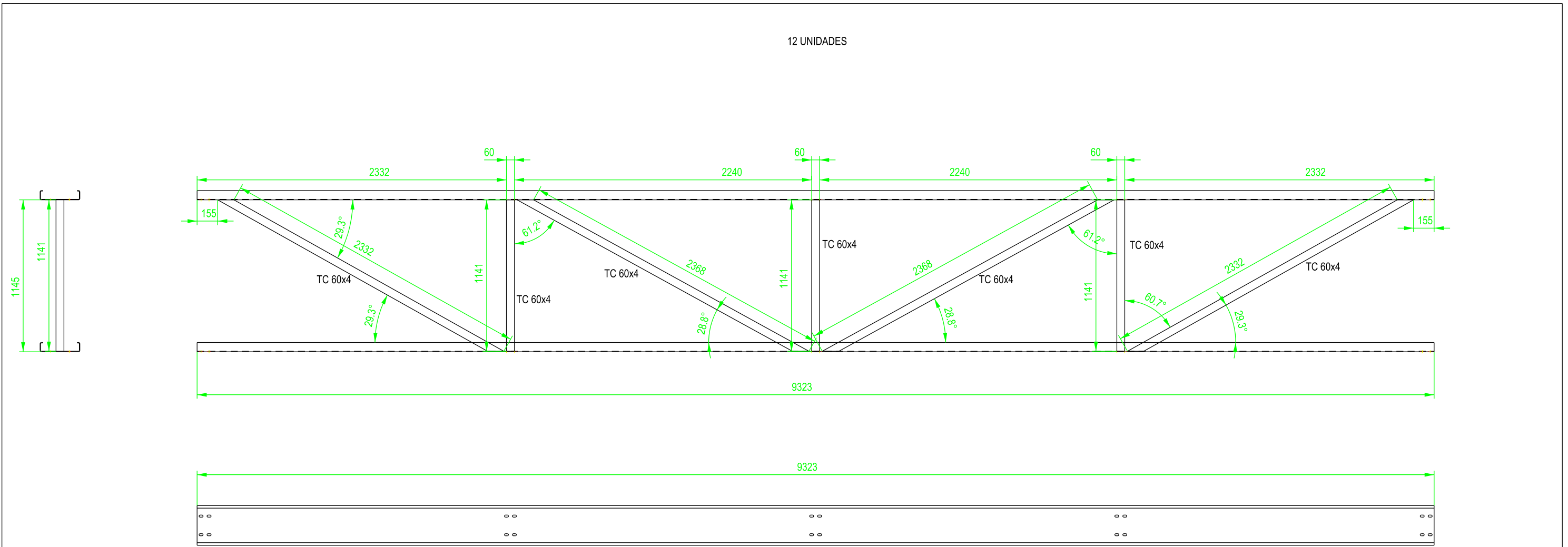
FORMATO: A3

ESCALA:

1/30

PLANO Nº:

PT-316



CORREAS C 300x4 NEGRAS

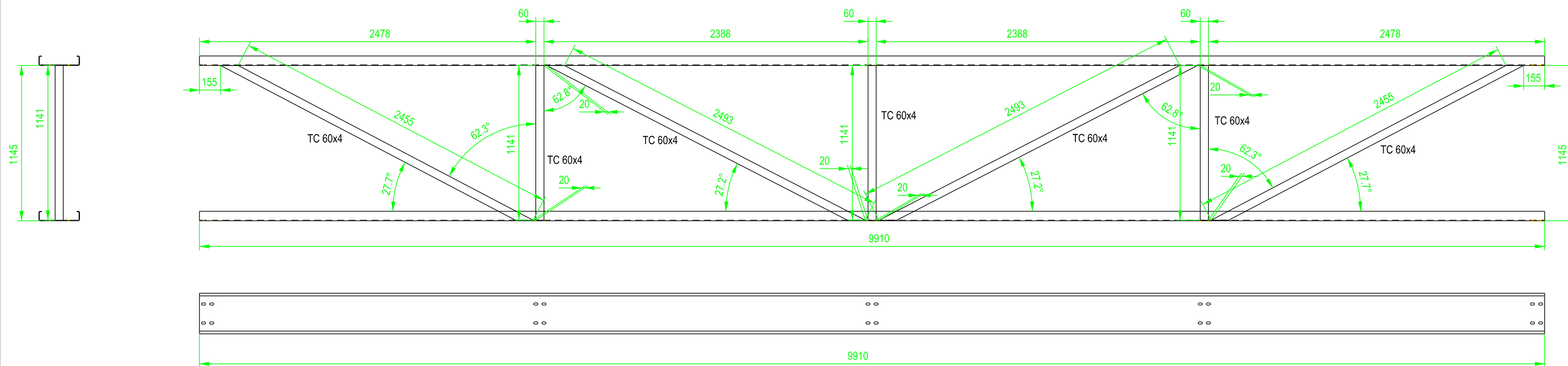
24 UNIDADES

VANOS 9.333

13-14; 14-15 y 15-16

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Celosías de cubierta vano 9.333 (13:16)		FORMATO: A3 ESCALA: 1/30
	PLANO Nº: PT-317		

16 UNIDADES



CORREAS C 300x4 NEGRAS
32 UNIDADES
VANOS 9920
16-17; 17-18; 18-19 y 19-20

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Celosías de cubierta vano 9.920 (16:20)

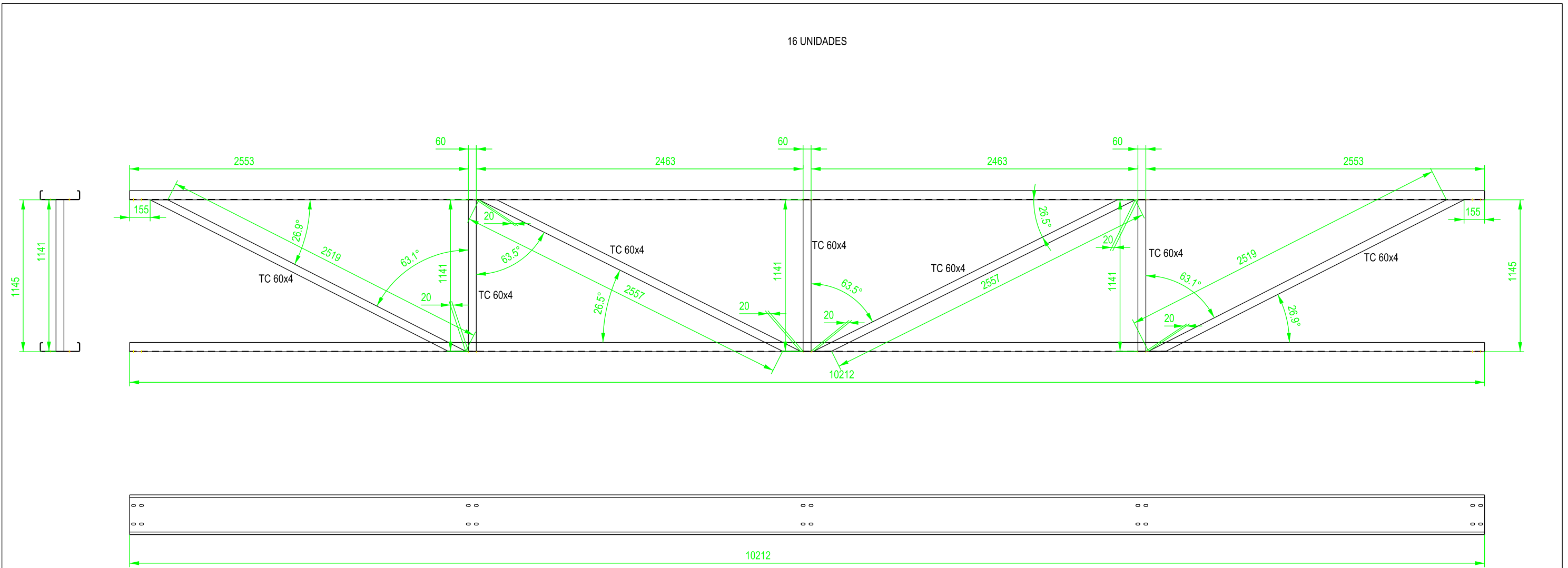
FORMATO: A3

ESCALA:

1/30

PLANO Nº:

PT-318



16 UNIDADES

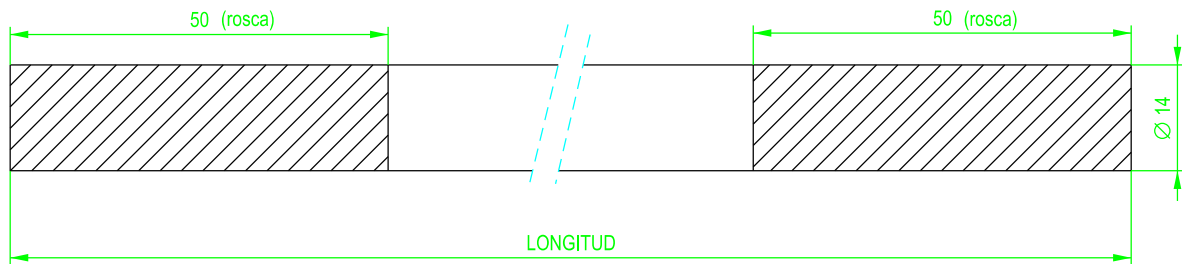
CORREAS C 300x4 NEGRAS

32 UNIDADES

VANOS 10222

20-21; 21-22; 22-23 Y 23-24

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Celosias de cubierta vano 10.222 (20:24)		FORMATO: A3 ESCALA: 1/30
			PLANO Nº: PT-319



FACHADAS

Nº UDS	LONGITUD (mm)	POSICIÓN
3.096	1195	FACHADAS A, C Y FRONTAL
60	630	FACHADA A'

CUBIERTA

Nº UDS	LONGITUD (mm)	POSICIÓN
12.516	1195	TIRANTILLOS NORMALES (intermedios)
612	802	DINTELES AB EN EXTREMOS
492	819	DINTELES BC EN EXTREMOS

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

Tirantillos de fachada y cubierta

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO Nº:

PT-320

TOMO III.- PLANOS

4.- PLANOS DE MONTAJE

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción
de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PM-0A

TOMO III.- PLANOS

4.- PLANOS DE MONTAJE

4.1. Plantas

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

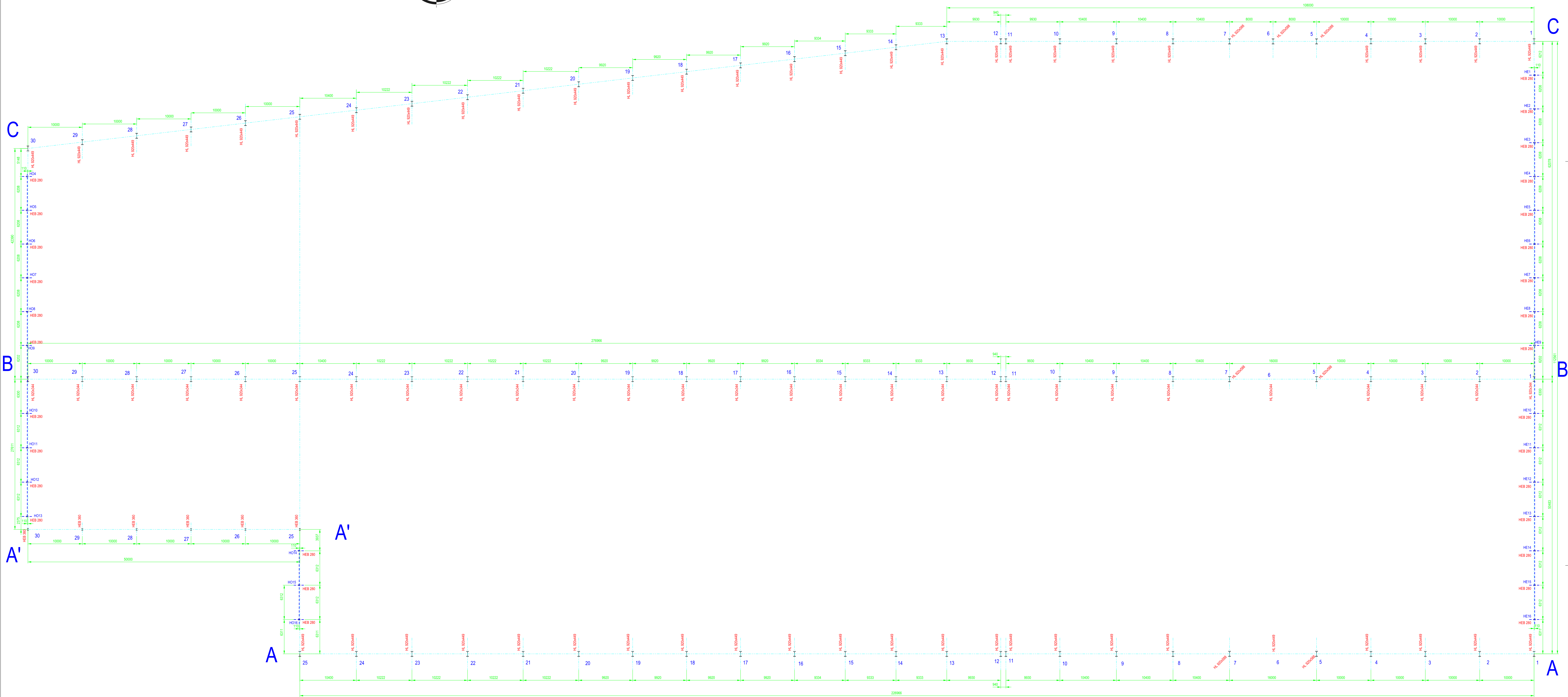
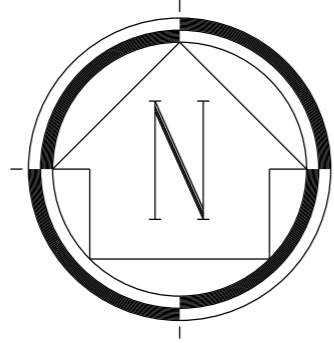
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

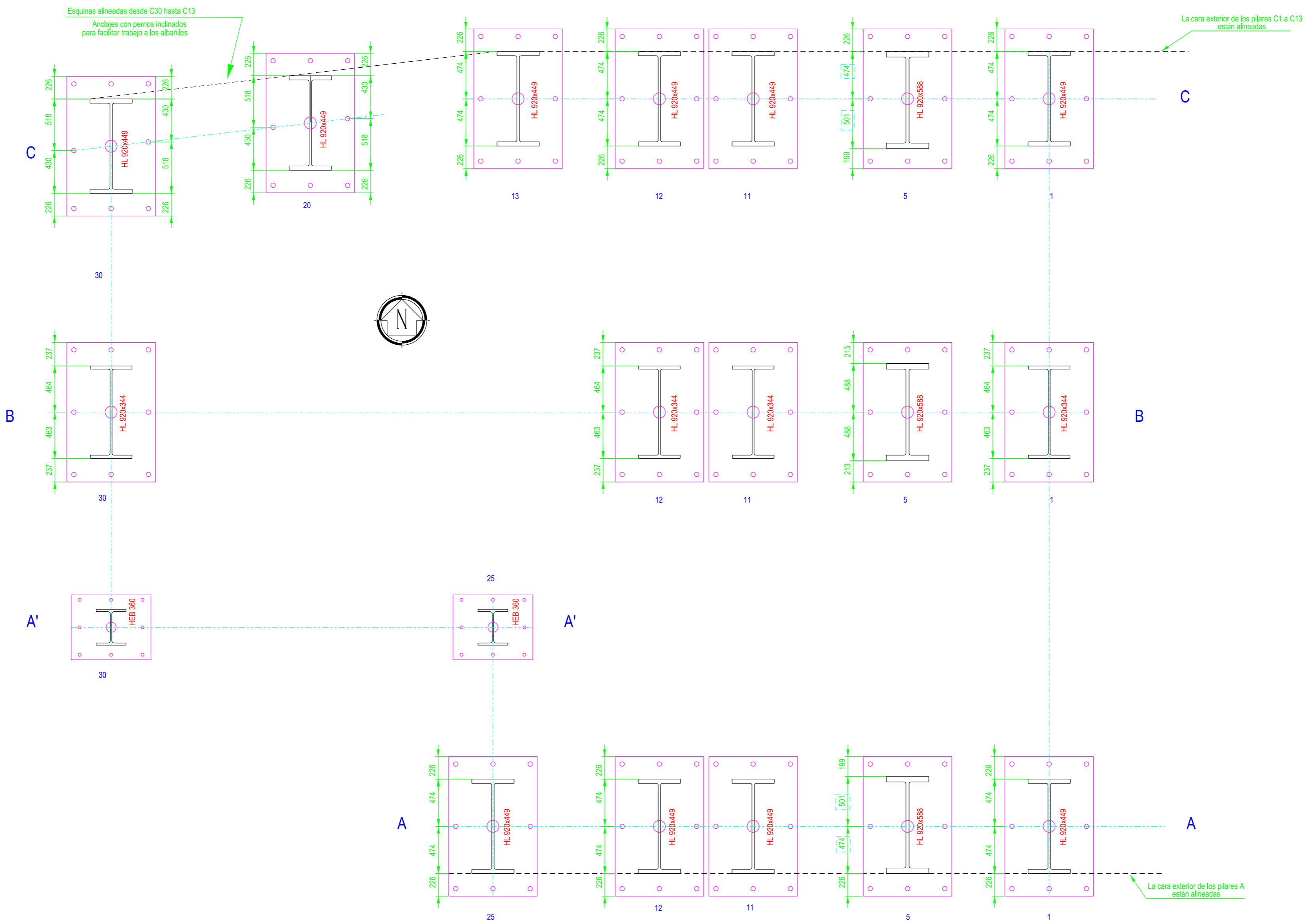
PLANO N° :

ESCALA:

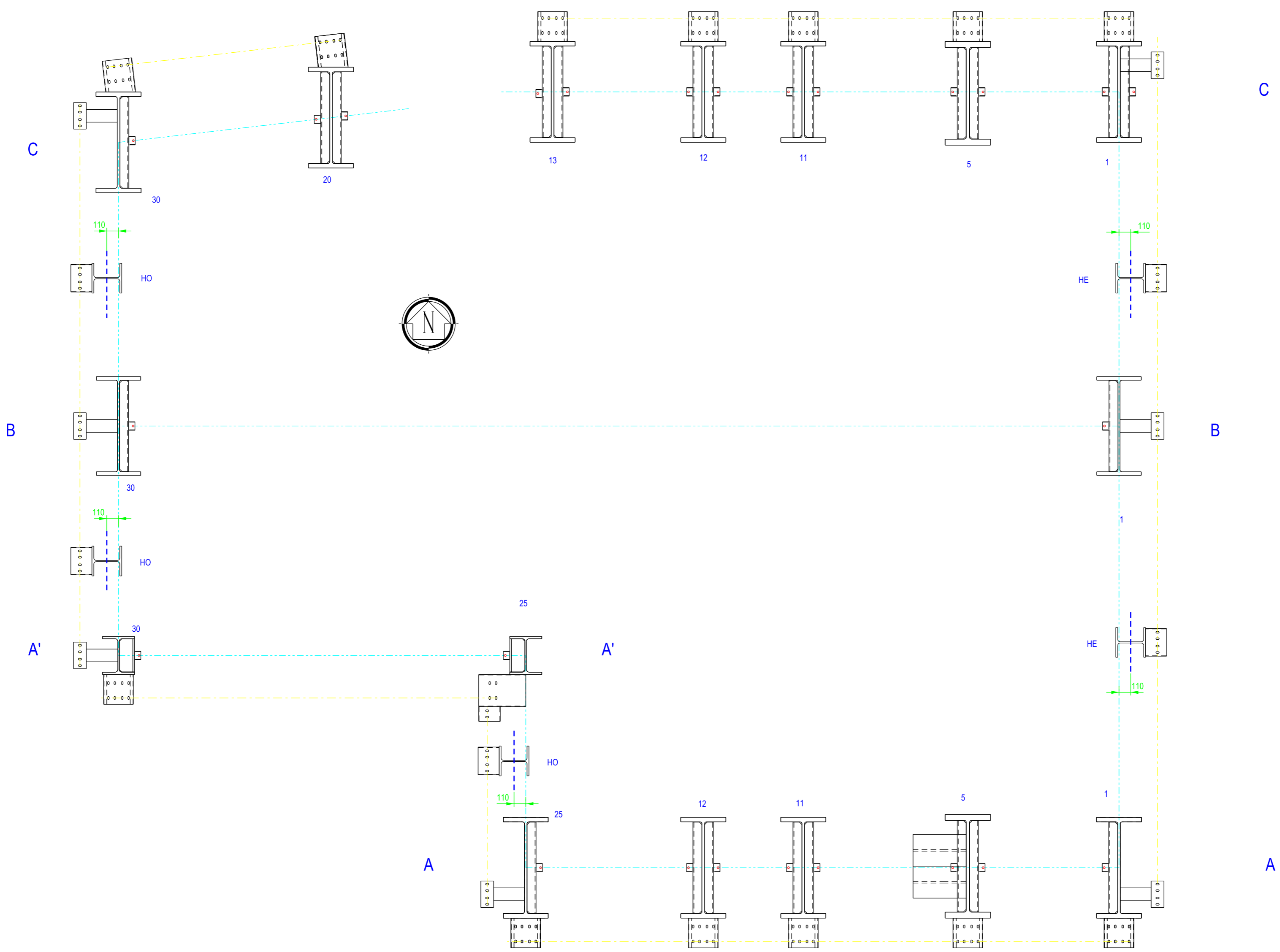
PM-0B



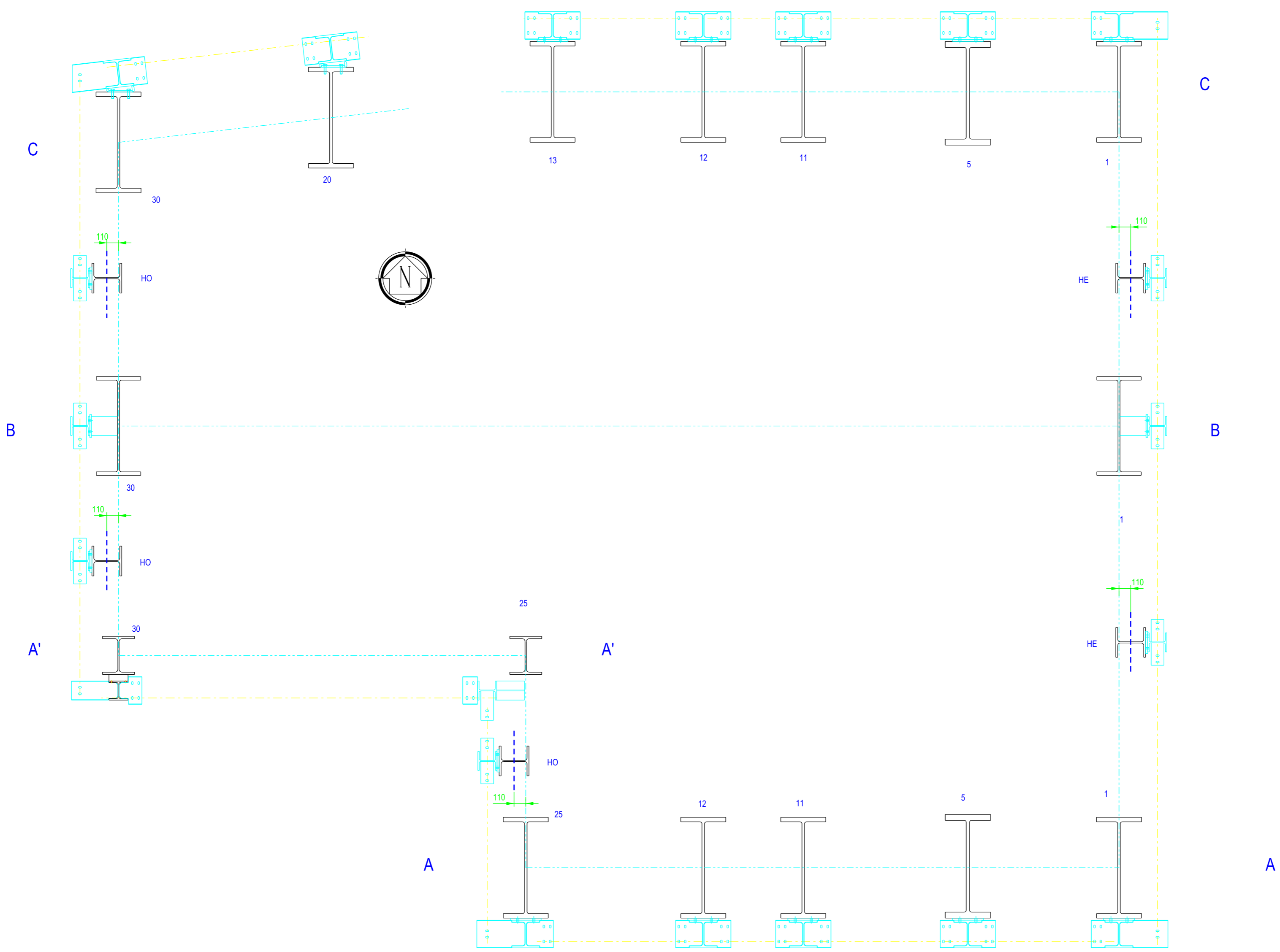
LEENDA H.L. 200 A40 SECCION TRANSVERSAL PLARES (DATOS COMISAS) A, A', B, C ALINEACIONES DE PLARES PORTICO HE HASTIALES ESTE HO HASTIALES OESTE 2 NUMERACION PLARES	ERES DE ANCLAJE PLARES PORTICO ERES DE ANCLAJE PLARES HASTIALES	ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23		TRABAJO FINAL DE GRADO *Calculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azúcares en el T.M. de Vila-REAL (Castellón)*	
		AUTOR: Ramón Tercero Herrera TUTOR: D. Julián Alcalá González		TÍTULO PLANO: PLANTA PLARES FORMATO: A0 PLANO Nº: PM1	



LEYENDA	----- EJES DE ANCLAJE PILARES PORTICO	ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	A, A', B, C ALINEACIONES DE PILARES PORTICO		" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	2 NUMERACIÓN PILARES		AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
			TÍTULO PLANO: Detalle en planta descentramiento ejes pilares-ejes de anclajes en los pilares especiales		FORMATO: A2 ESCALA: 1/30	PLANO Nº: PM-2



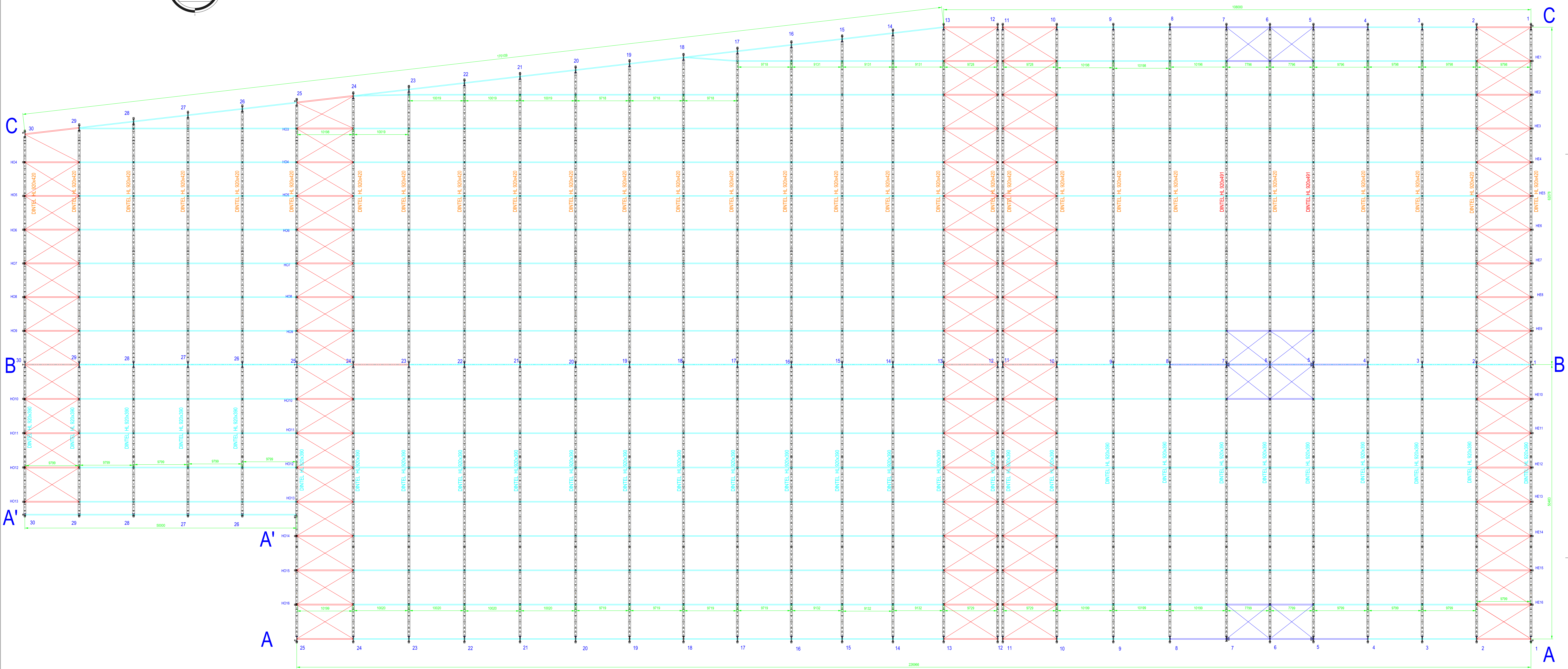
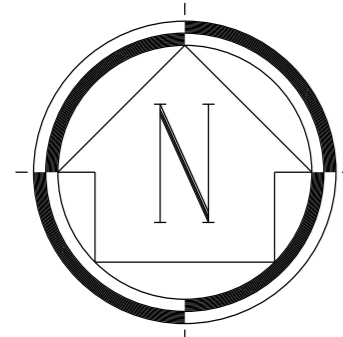
LEYENDA	EJES DE ANCLAJE PILARES PORTICO	ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO	
	EJES DE ANCLAJE PILARES HASTIALES		" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "	
	EJES COLISOS PARA CORREAS		AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
			TITULO PLANO: Detalle en planta ejones pilares	FORMATO: A2 ESCALA: 1/30
				PLANO Nº: PM-3



LEYENDA	EJES DE ANCLAJE PILARES PORTICO
	EJES DE ANCLAJE PILARES HASTIALES
	EJES COLISOS PARA CORREAS

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO		
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Detalle en planta pilares + potelets	FORMATO: A2 ESCALA: 1/30	PLANO Nº: PM-4



LEENDA

- TC 16x8
- TC 16x5
- TC 15x4
- A, B, C ALINEACIONES DE PILARES PORTICO
- HE HASTIALES ESTE
- HO HASTIALES OESTE
- 2 NUMERACION PILARES
- - - - - ELES DE ANCLAJE PILARES PORTICO
- - - - - ELES DE ANCLAJE PILARES HASTIALES

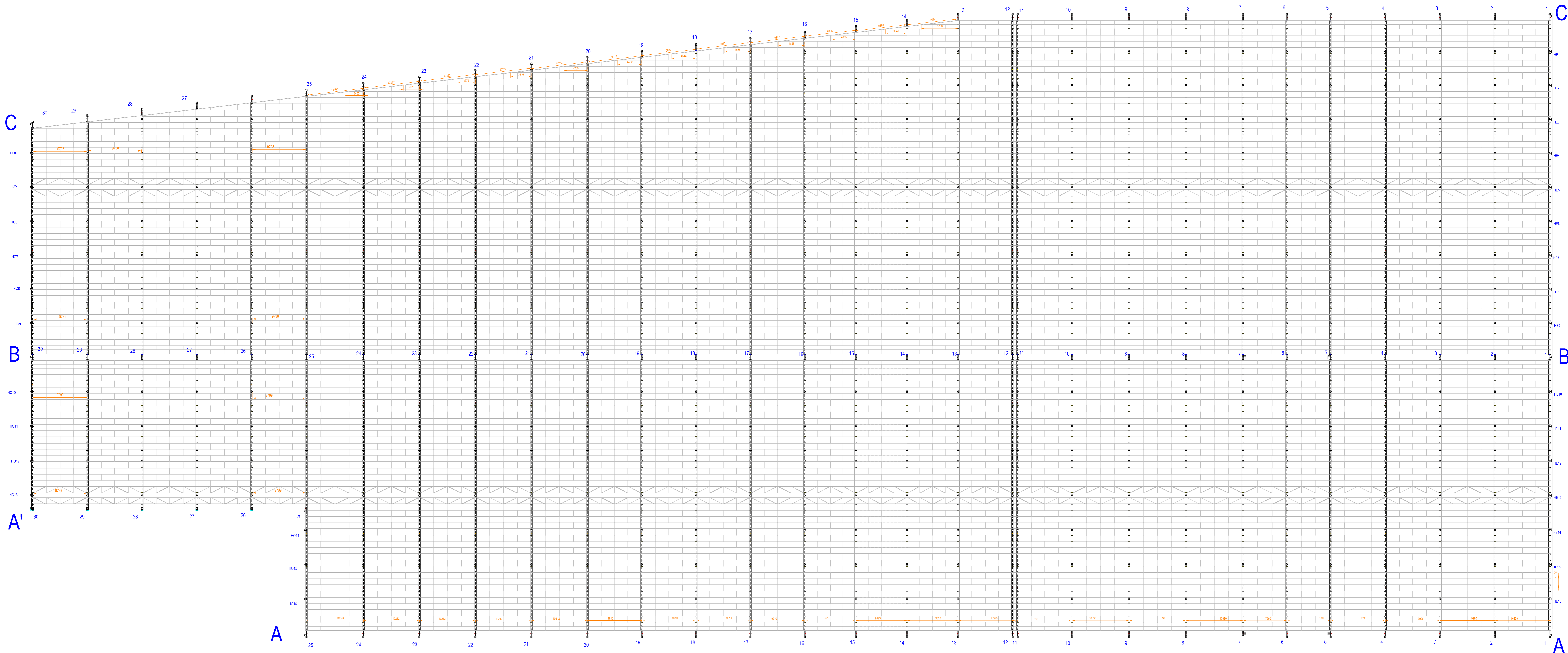
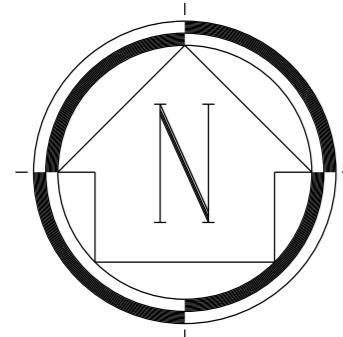
ETSICCP
GRUPO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

TRABAJO FINAL DE GRADO
* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azúcares en el T.M. de Vila-REAL (Castellón) *

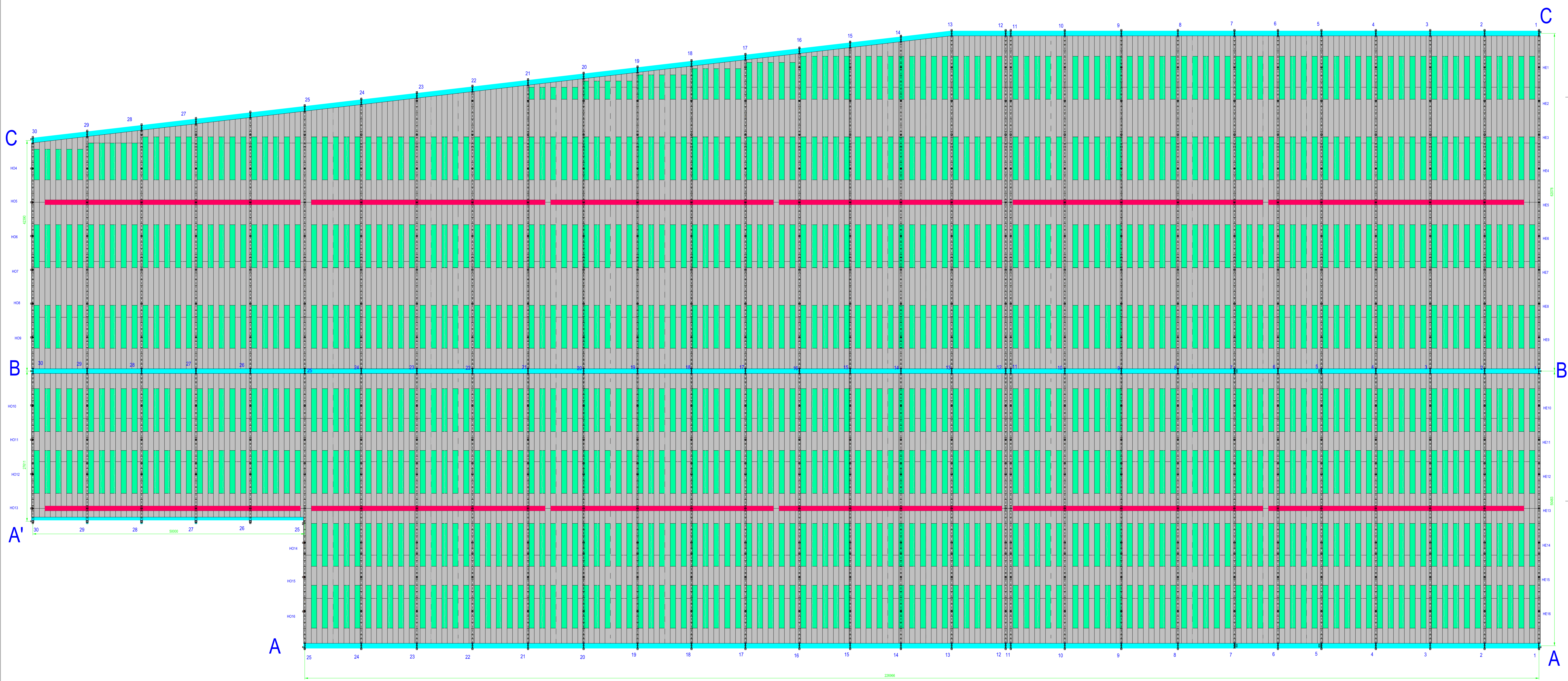
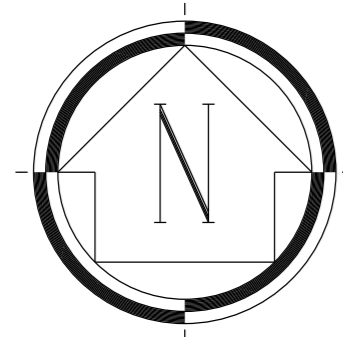
AUTOR: Ramón Tercero Herreros TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO O PLANO: Planta diáfana + amostramiento de cubierta

FORMATO: A0 ESCALA: 1:200 PLANO Nº: P4.5



LEYENDA	CORREAS DE CUBIERTA C30x4	A, A', B, C ALINEACIONES DE PILARES PORTICO
	TRUSS (HD)	HE HASTIALES ESTE
	LONGITUD CORREAS DE CUBIERTA	HO HASTIALES OESTE
		2 NUMERACION PLARES
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23		TRABAJO FINAL DE GRADO * Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azúcares en el T.M. de Vila-REAL (Castellón) *
AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
TÍTULO PLANO: Planta pilares + distales + correas de cubierta		FORMATO: A0 ESCALA: 1:250
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		PLANO Nº: P4.6



LEYENDA	
	Chapa pvc 4x12 mm
	Chapa aluminio 100x300
	Cables
	Verificación estática

A, A', B, C ALINEACIONES DE PILARES PORTICO	
HE	HASTIALES ESTE
HO	HASTIALES OESTE
2	NUMERACION PLARES

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23		TRABAJO FINAL DE GRADO *Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-REAL (Castellón)*	
AUTOR: Ramón Tercero Herrera	TUTOR: D. Julián Alcalá González	FORMATO: A0	PLANO: N°
TÍTULO PLANO: Planta cerramientos de cubierta		ESCALA: 1:200	PM.7

TOMO III.- PLANOS

4.- PLANOS DE MONTAJE

4.2. Alzados.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

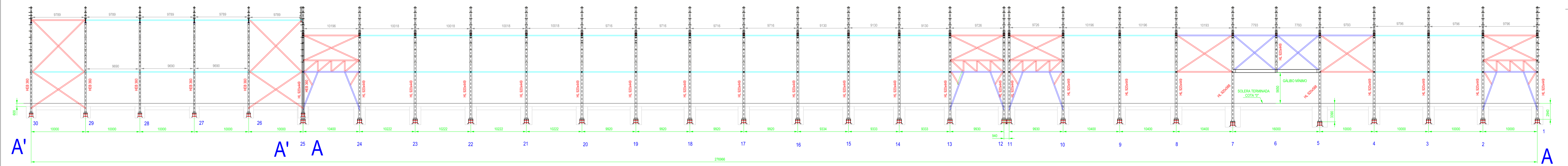
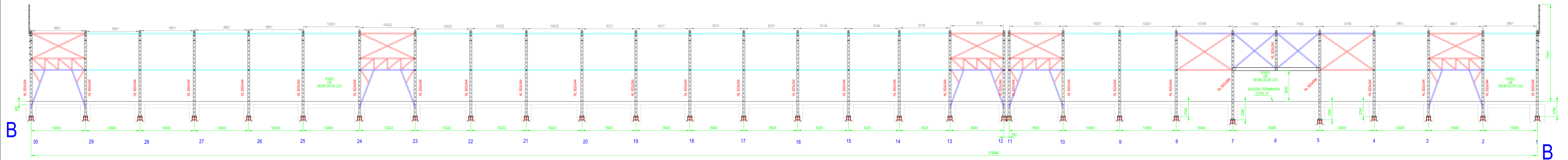
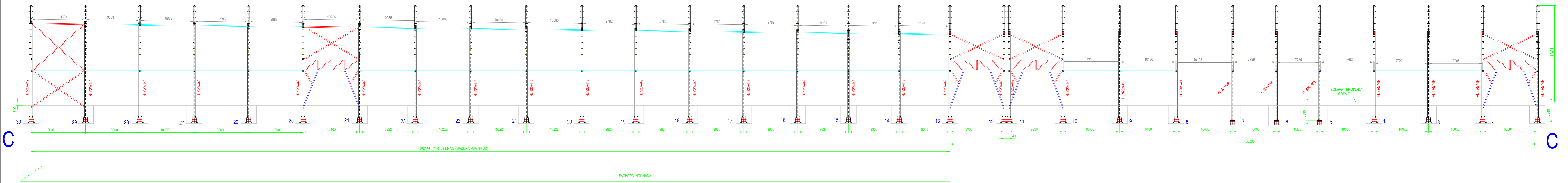
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

PM-7A



LEENDA

- TC 19x8
- TC 16x5
- TC 15x4
- OMENTACION
- HE HASTIALES ESTE
- HO HASTIALES OESTE
- 2 NUMERACION FLARES
- LONGITUD TUBOS ATADO
- SECCION TRANSVERSAL FLARES (VER VERONERA)
- EJES DE ANCLAJE PILARES PORTICO
- EJES DE ANCLAJE PILARES HASTIALES

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23

TRABAJO FINAL DE GRADO
* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azúcares en el T.M. de Vila-REAL (Castellón) *

AUTOR: Ramón Tercero Herreros TUTOR: D. Julián Alcalá González

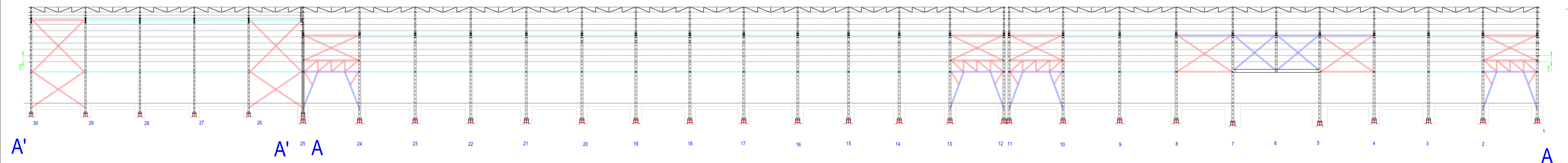
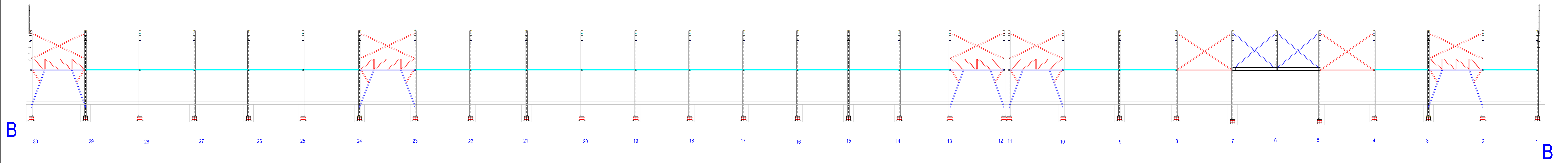
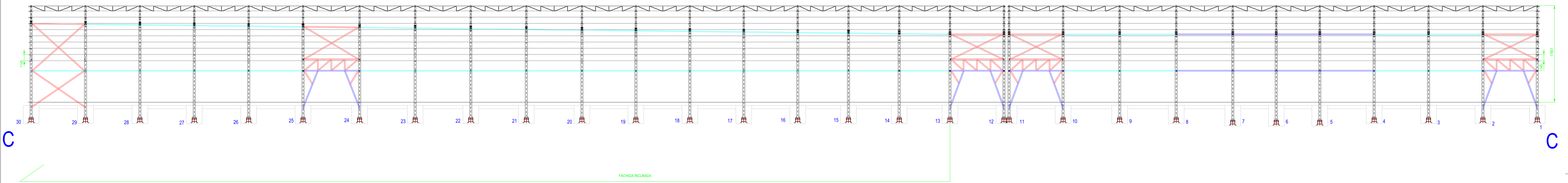
TÍTULO PLANO: Alzados fachadas longitudinales (estructura)

FORMATO: A0 ESCALA: 1/250 PLANO Nº: P14.8

NOTA: Todas las vistas son mirando hacia el norte

m=1/50m

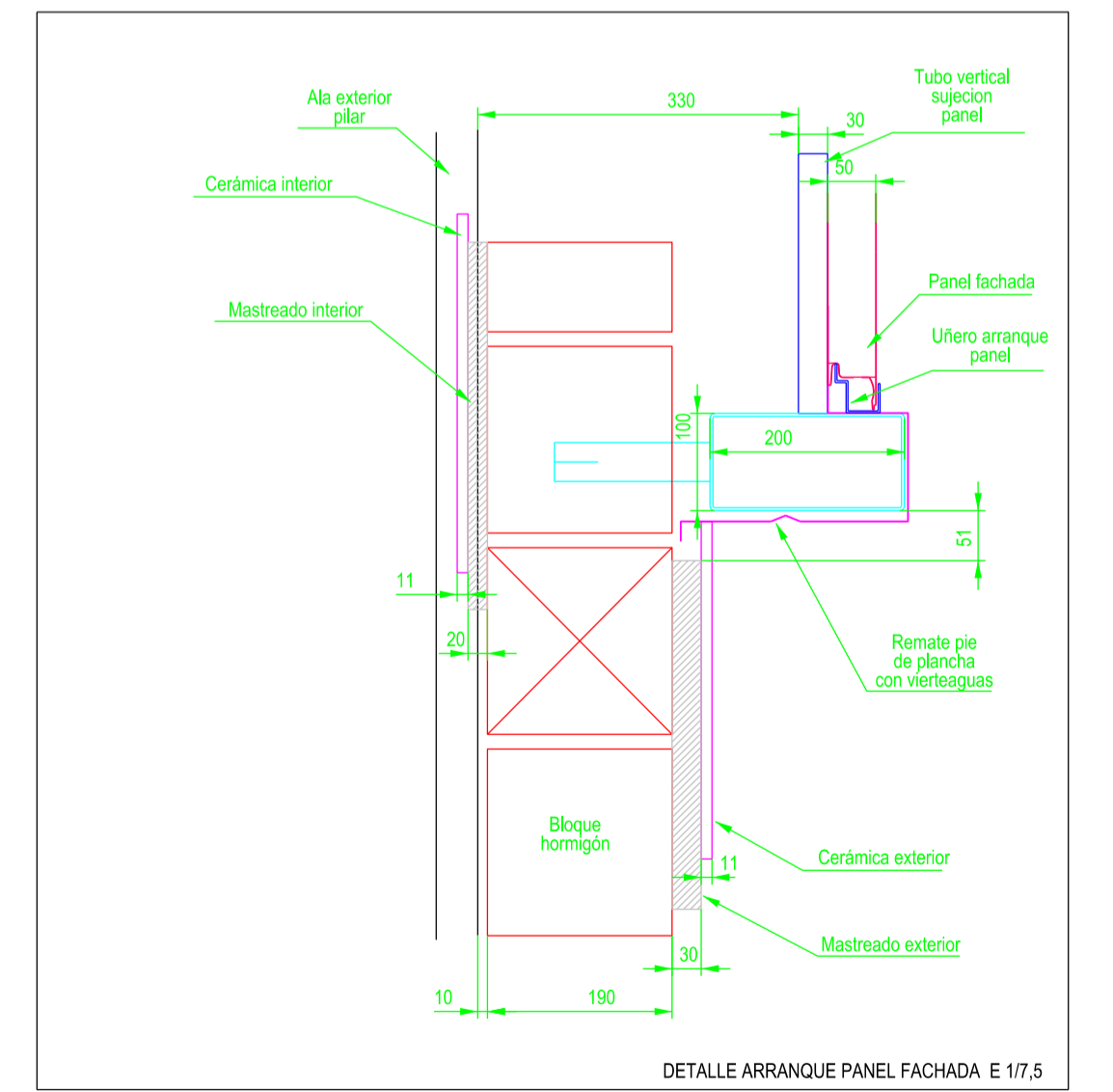
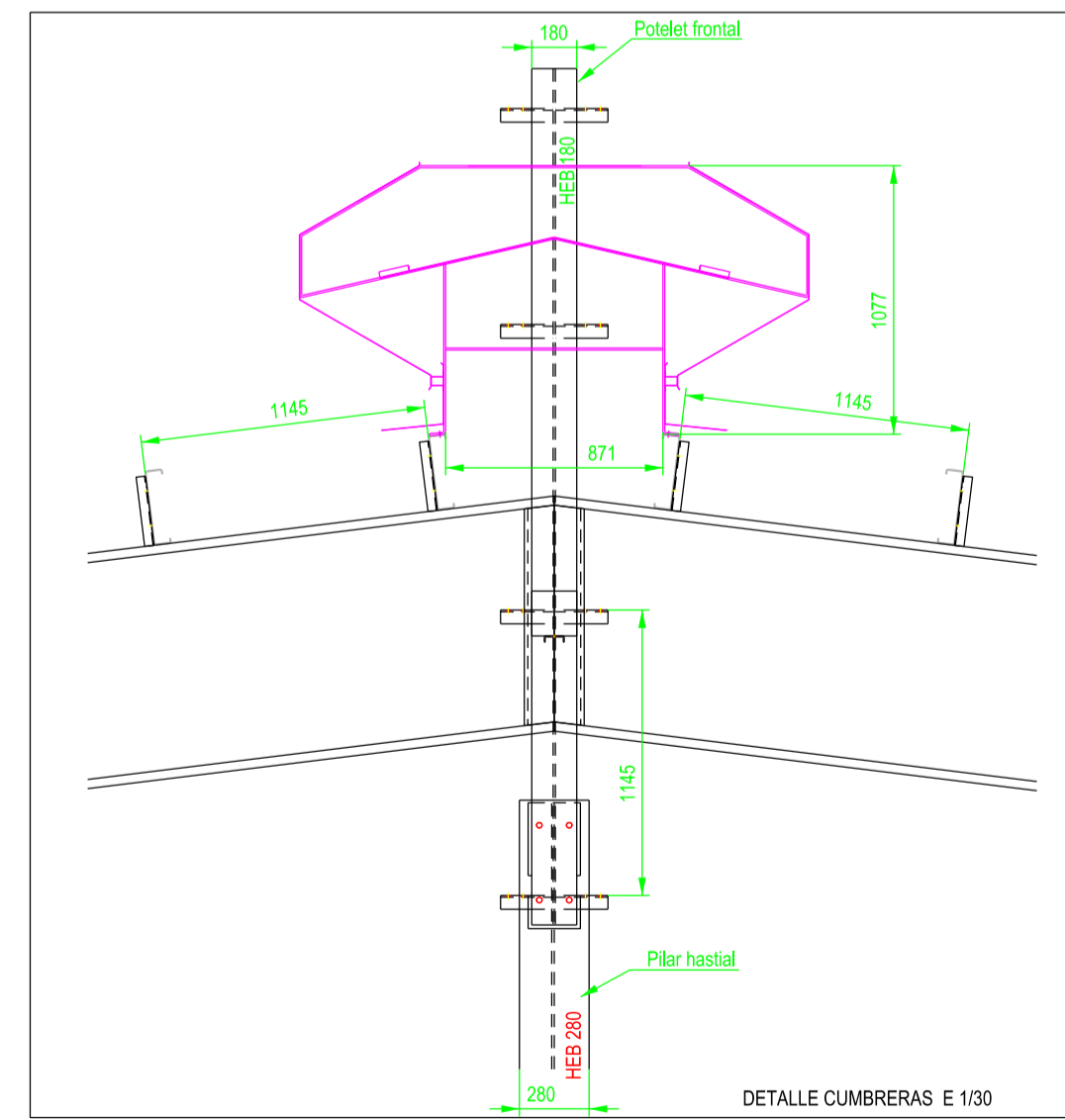
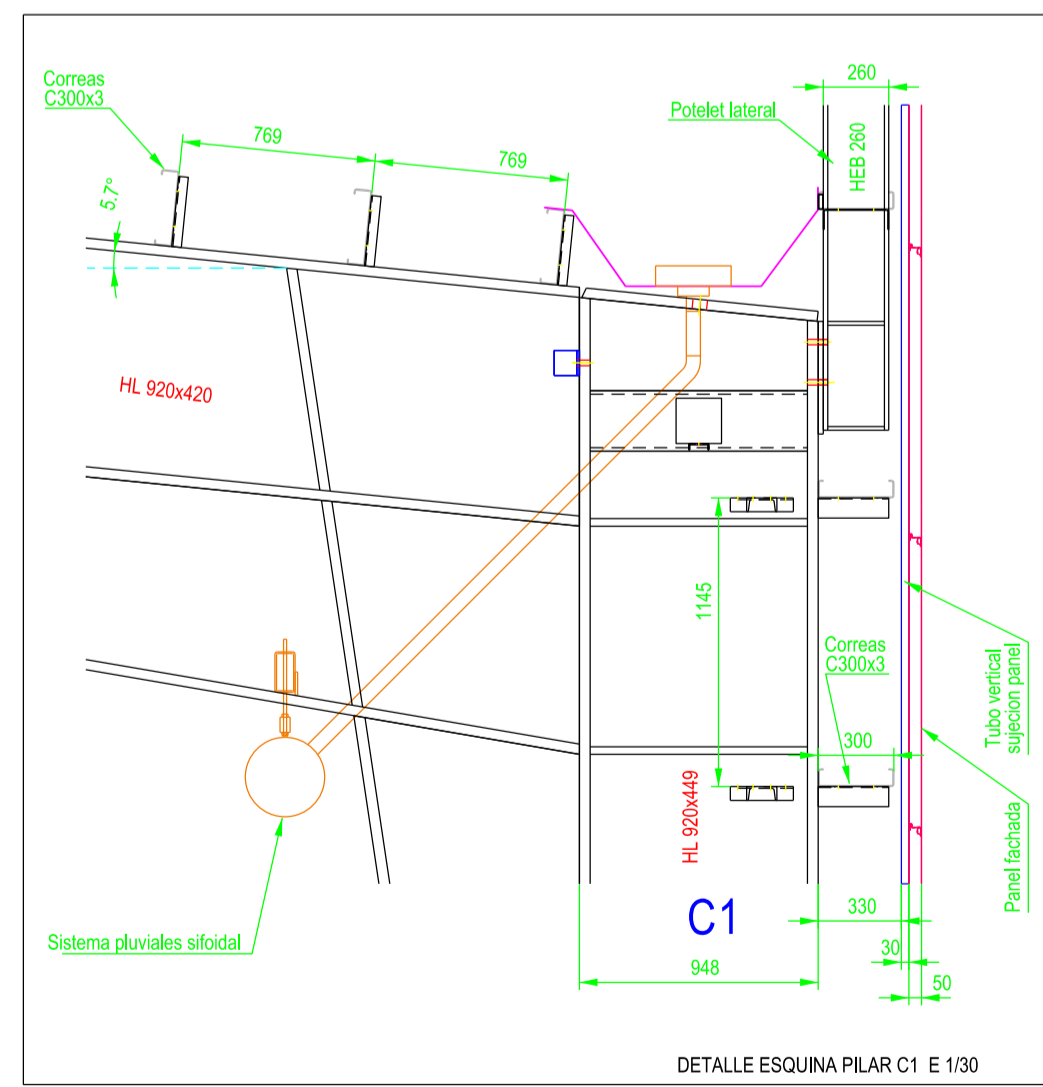
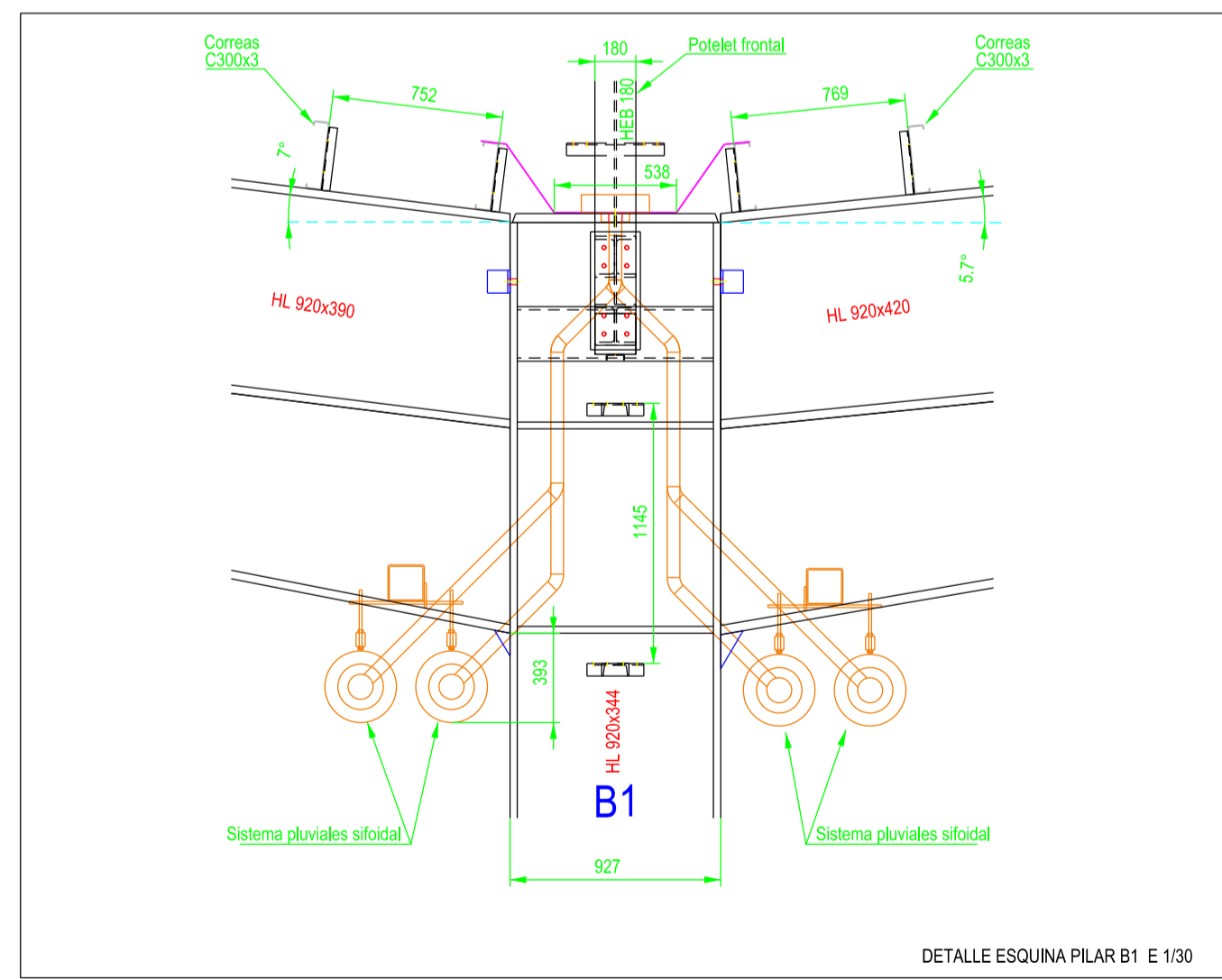
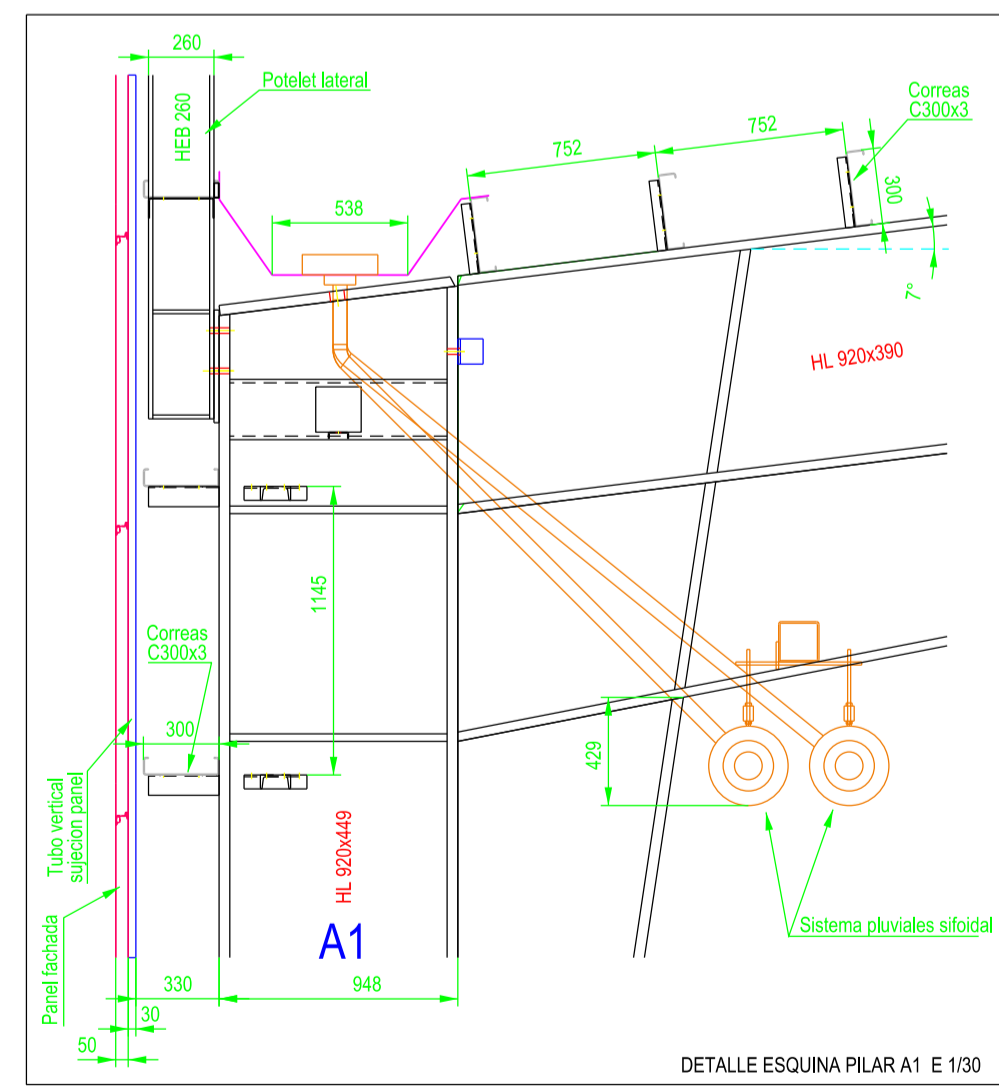
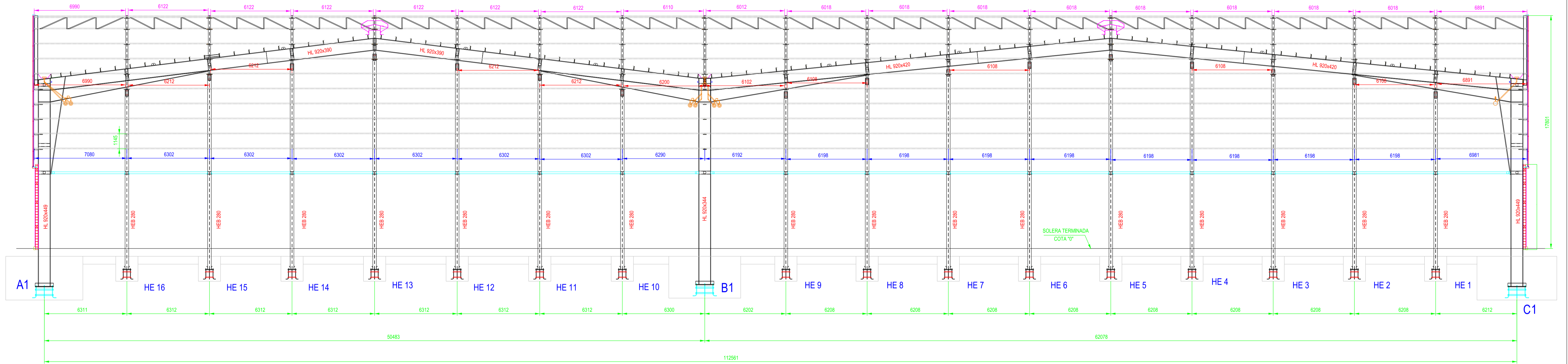
m=1/50m



LEYENDA 	ORIENTACION	A, A', B, C ALINEACIONES DE PILARES PORTICO HE HASTIALES ESTE HO HASTIALES OESTE 2 NUMERACION PILARES	EJES DE ANCLAJE PILARES PORTICO EJES DE ANCLAJE PILARES HASTIALES
	HL 92x48 SECCION TRANSVERSAL PILARES (verificar comercial)	ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	

TRABAJO FINAL DE GRADO	
* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-REAL (Castellón) *	
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
TÍTULO PLANO: Alzados fachadas longitudinales (correas)	PLANO Nº: P43
ESCALA: 1/250	FORMATO: A0

NOTA: Todas las vistas son mirando hacia el norte



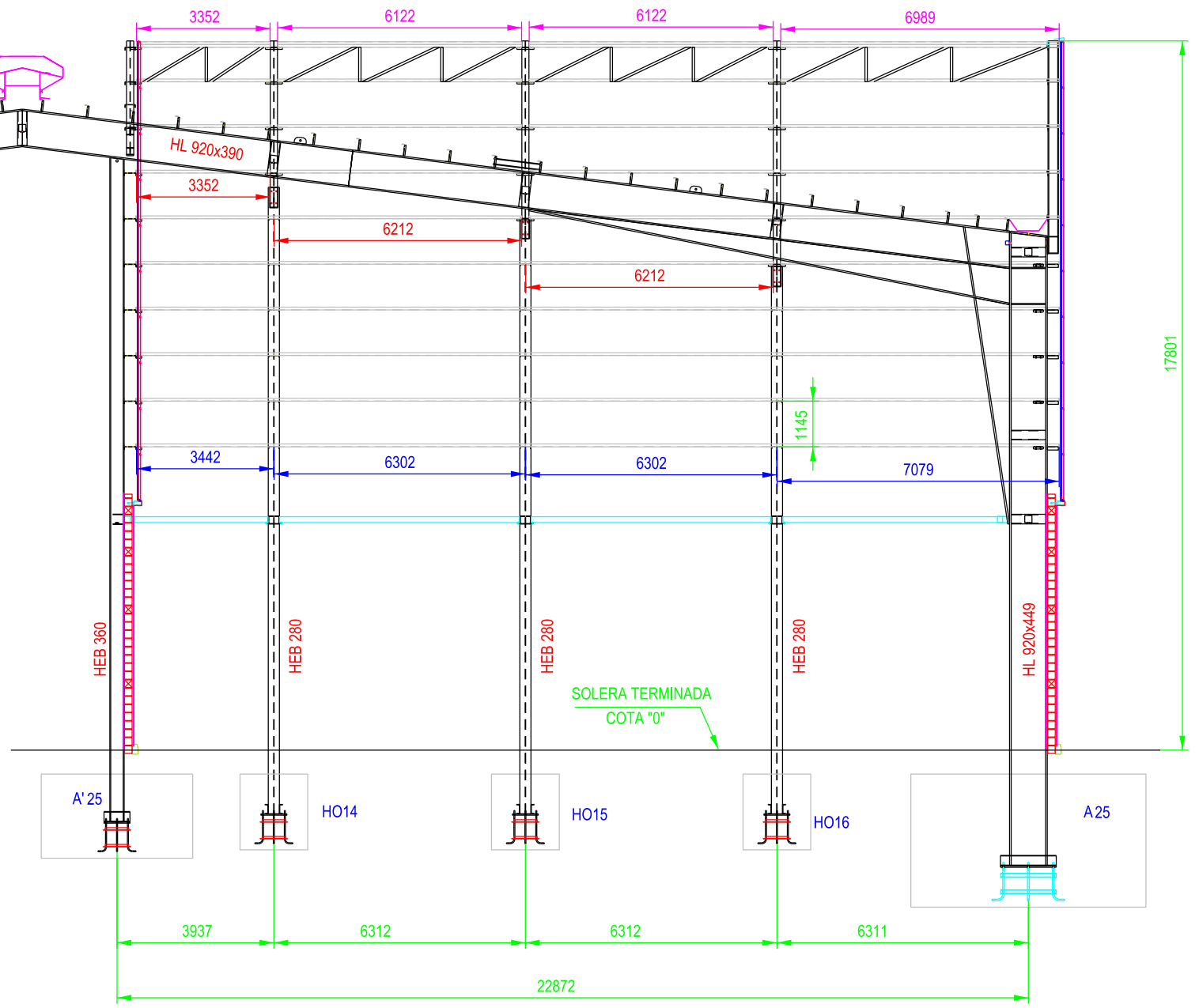
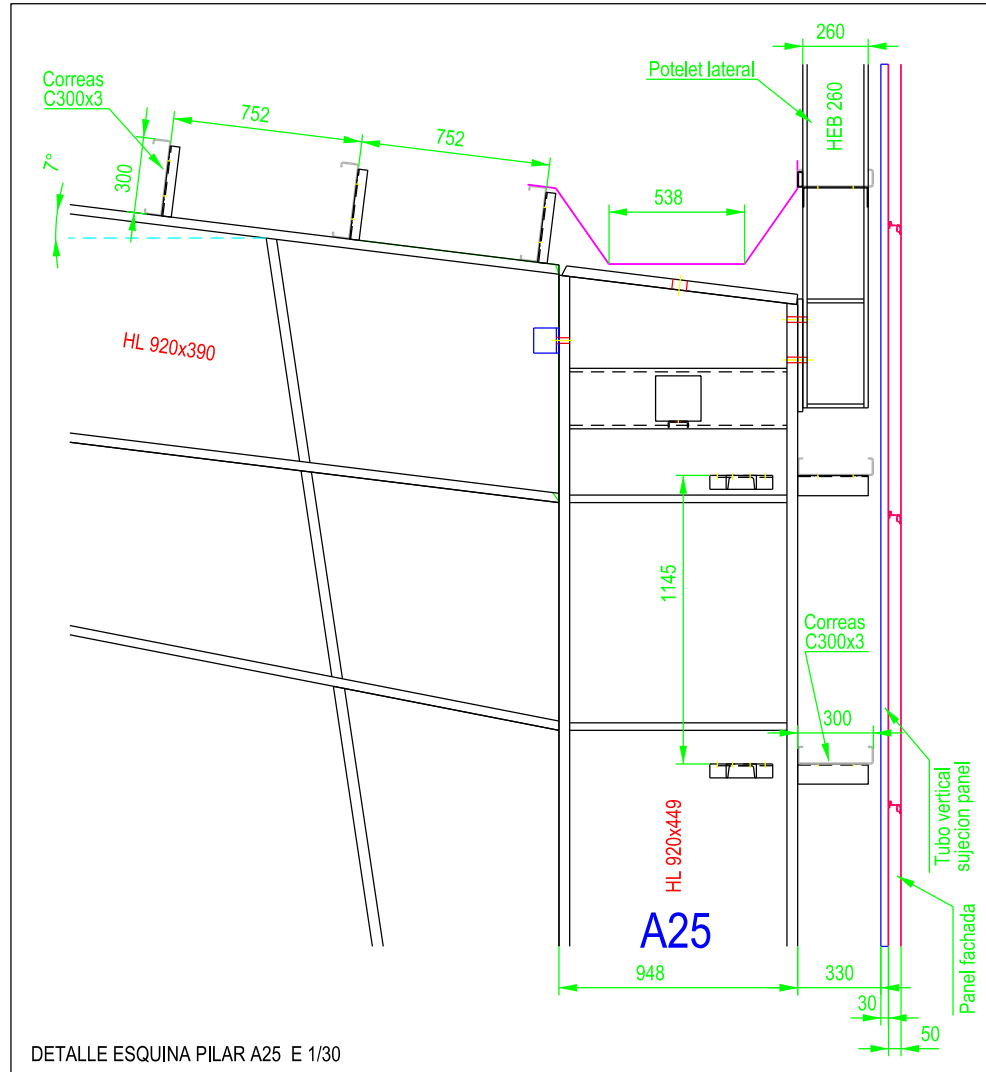
LEYENDA	ESTRUCTURA		CORREAS		PILAR DE PORTICO	
	6813	FRONTALES	TC 150x4	CORREAS C225x3	A1	PILAR DE PORTICO
6891	LATERALES Y CUBIERTA		CORREAS C300x4	HE5	HASTIALES ESTE	
6108						
6881						

HL 920x449 SECCION TRANSVERSAL PILARES Y DIENTES (nombra comercial)

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO * Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *	
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TÍTULO PLANO: Alzado frontal este (estructura y correas)	FORMATO: A1 ESCALA: 1/150
	PLANO Nº: PM-10	







NORTH





WEST



VISTA DESDE EL EXTERIOR

LEYENDA

-  TC 150x4
-  CORREAS C225x3 (frontales)
-  CORREAS C300x4 (laterales y cubierta)
-  HL 920x449 SECCION TRANSVERSAL PILARES Y DINTELES (nombre comercial)
-  A25 PILAR DE PORTICO
-  HO14 HASTIALES OESTE

-  6813
-  6891
-  6108
-  6981

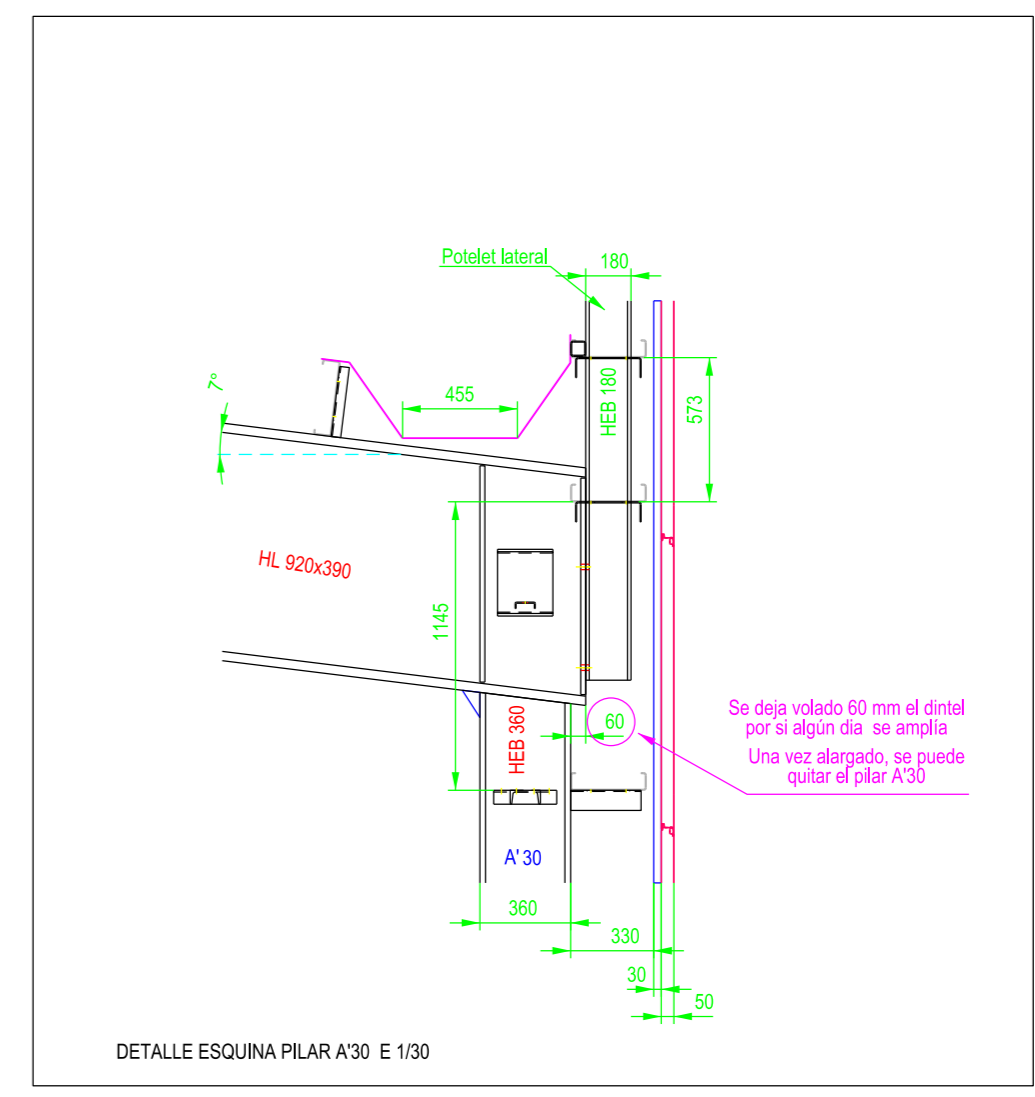
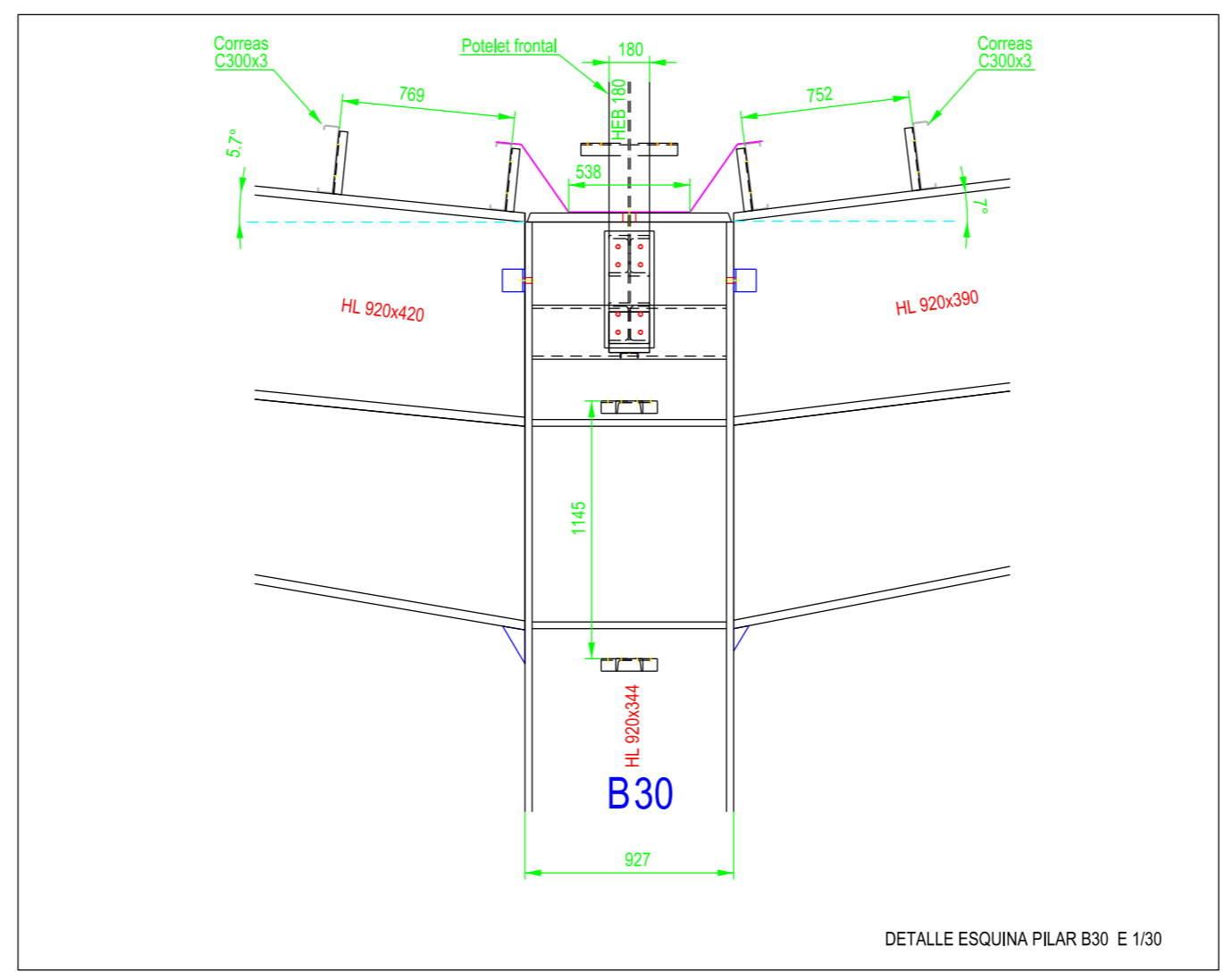
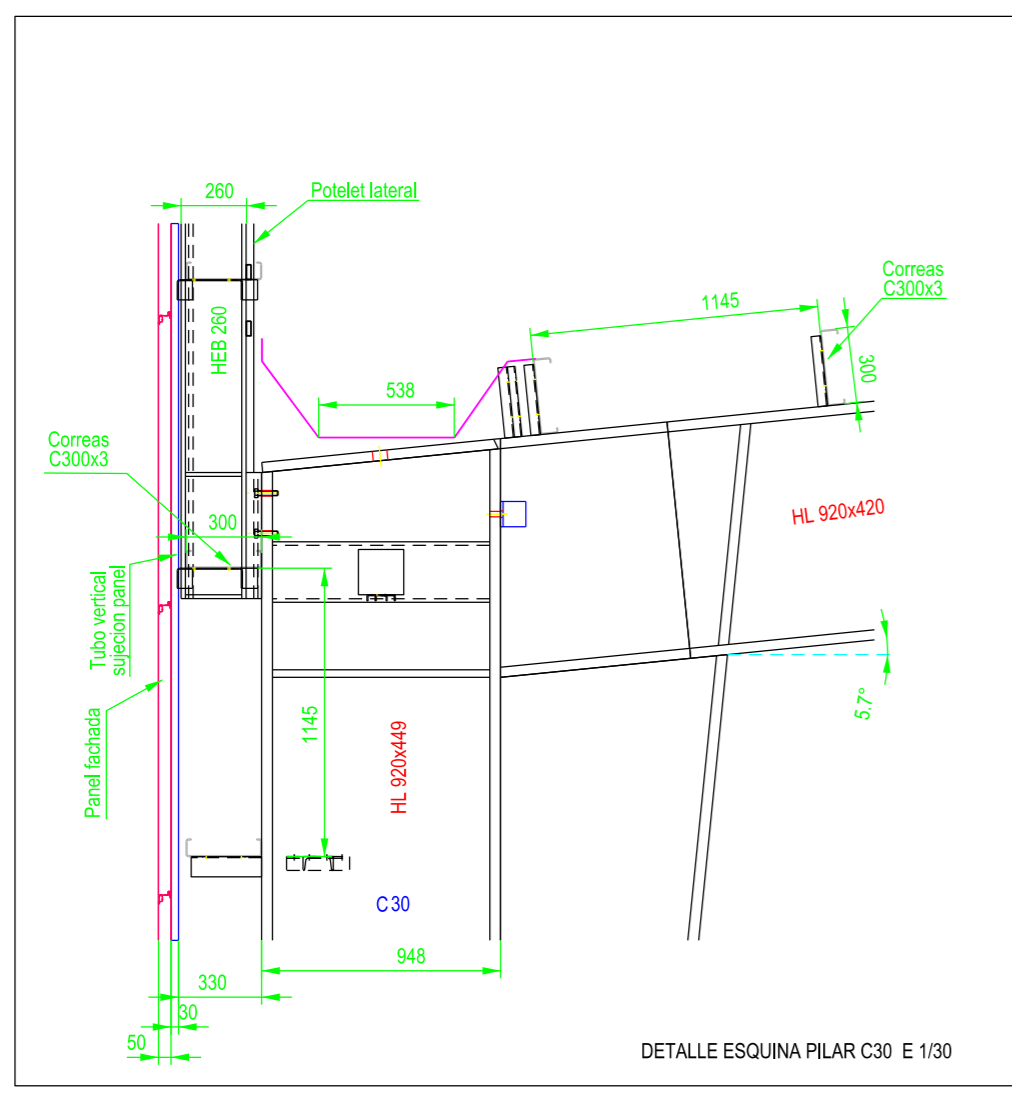
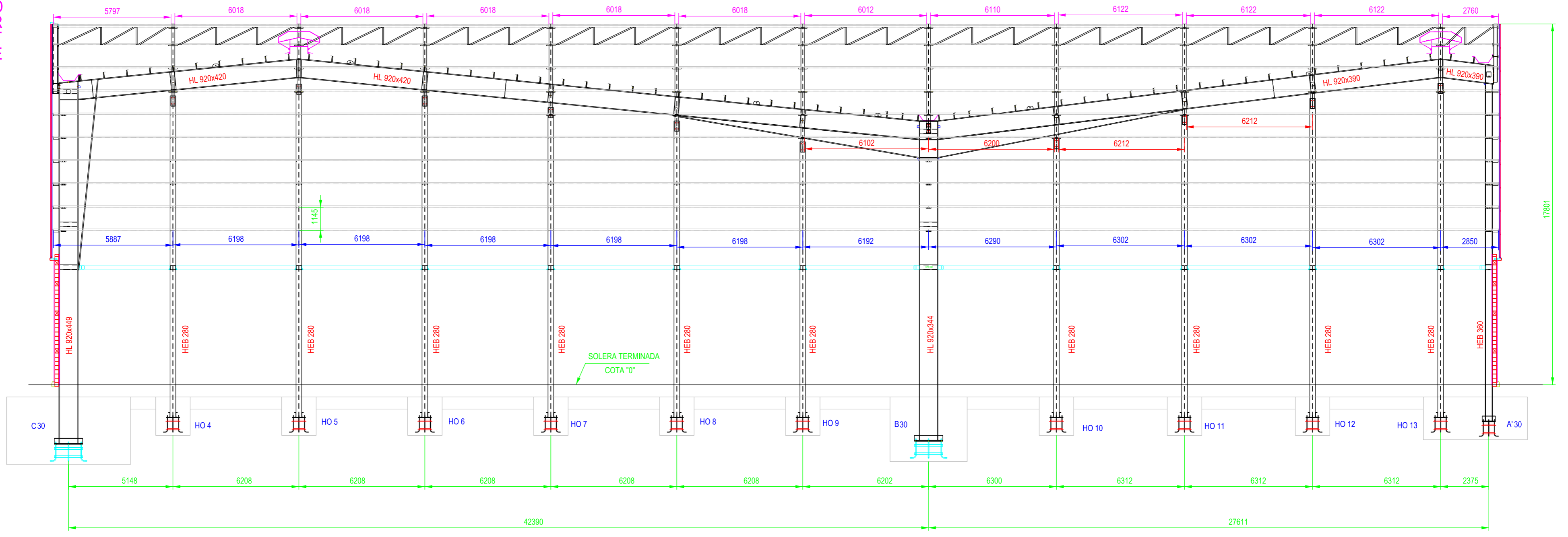
- ESTRUCTURA
- CORREAS POTELET
- CORREAS POTELET-PILAR
- CORREAS PILAR

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO		
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TITULO PLANO: Alzado frontal oeste (estructura y correas) A25-A'25	FORMATO: A3 ESCALA: 1/150	PLANO Nº: PM-11

NORTE

RCCS



VISTA DESDE EL EXTERIOR

LEYENDA		CORREAS C225x3 (frontales)		CORREAS C300x4 (laterales y cubierta)	
	TC 150x4		6813		6891
	HL 920x449 SECCION TRANSVERSAL PILARES Y DIENTES (nombre comercial)		6108		6981
A1	PILAR DE PORTICO				
HO9	HASTIALES OESTE				

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO "Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón)"	
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Alzado frontal oeste (estructura y correas). C30-A'30	FORMATO: A2 ESCALA: 1/150

PLANO Nº: PM-12

TOMO III.- PLANOS

4.- PLANOS DE MONTAJE

4.3. Secciones.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

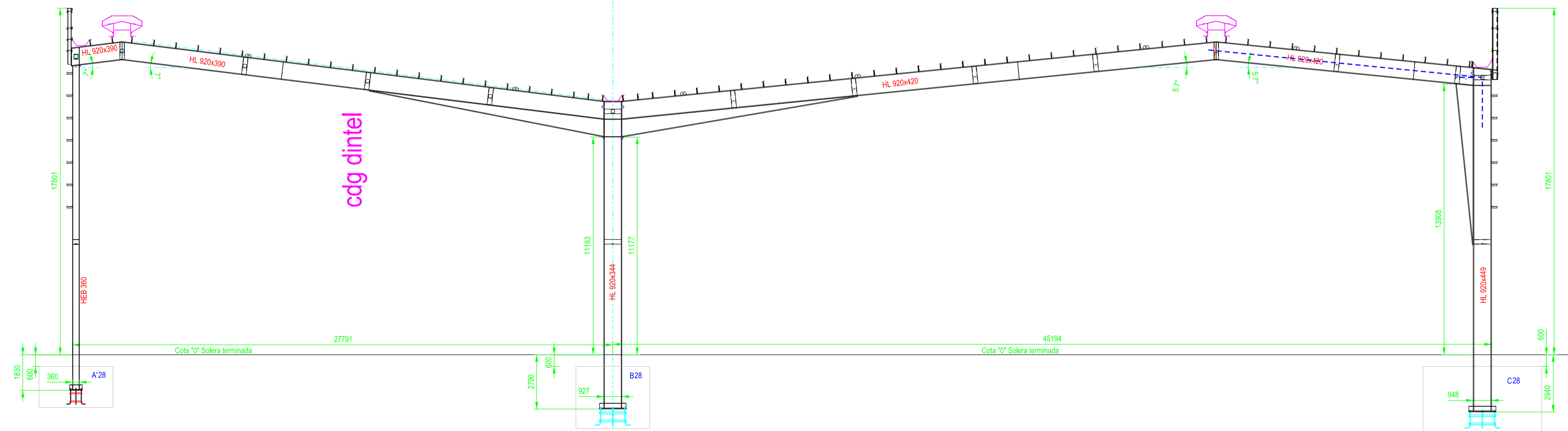
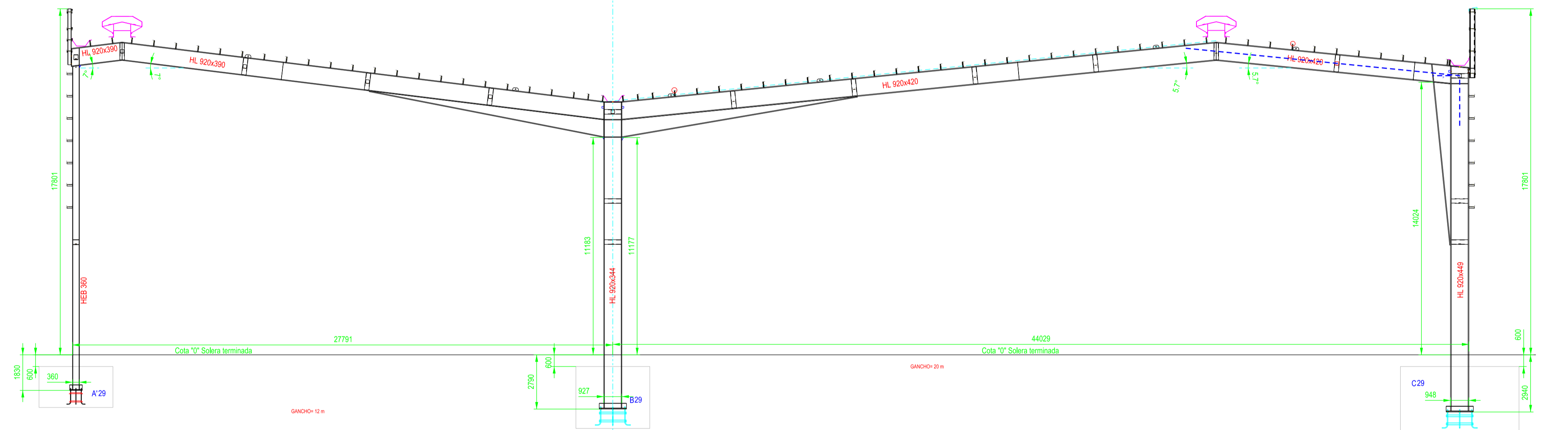
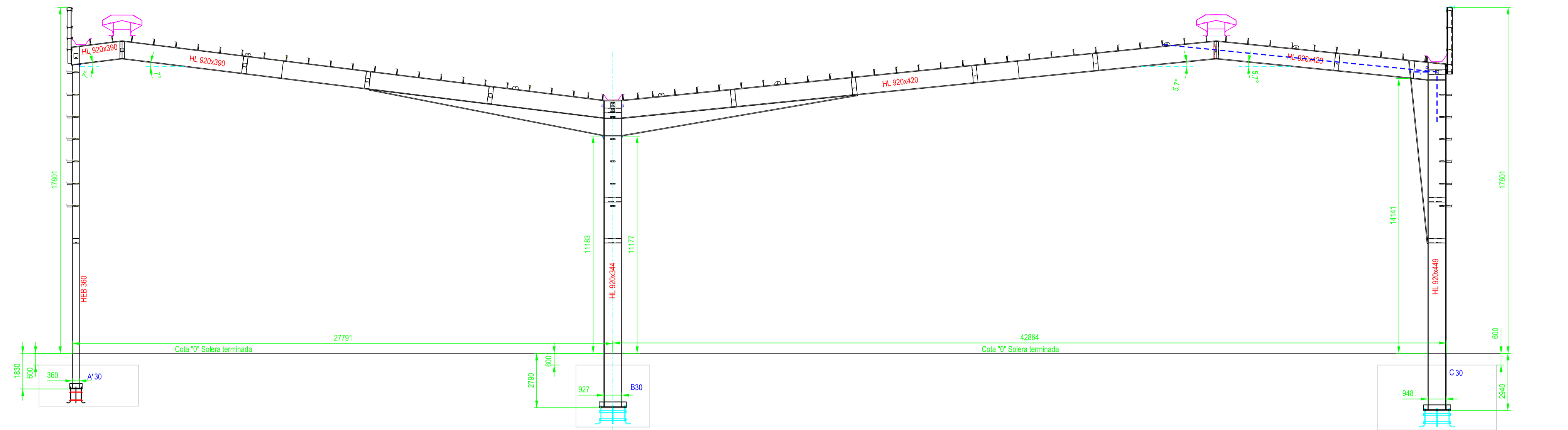
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

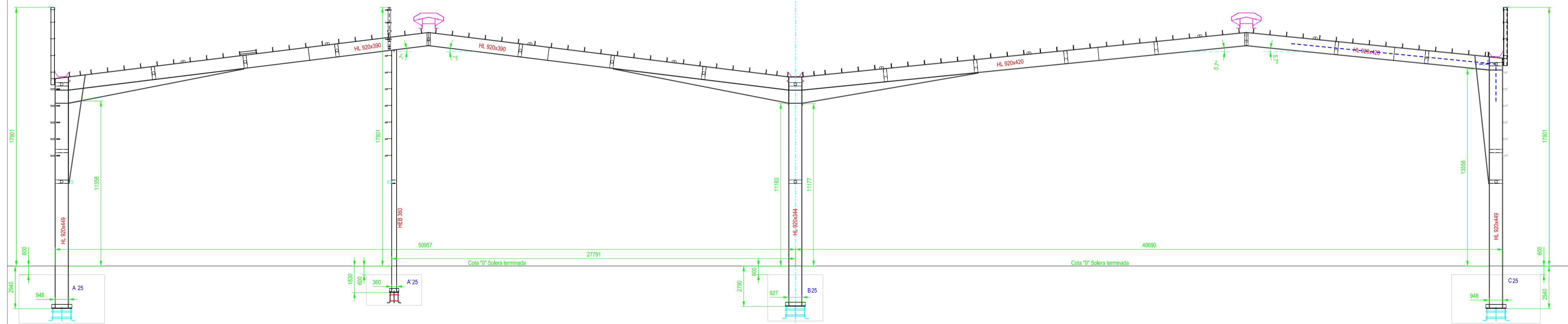
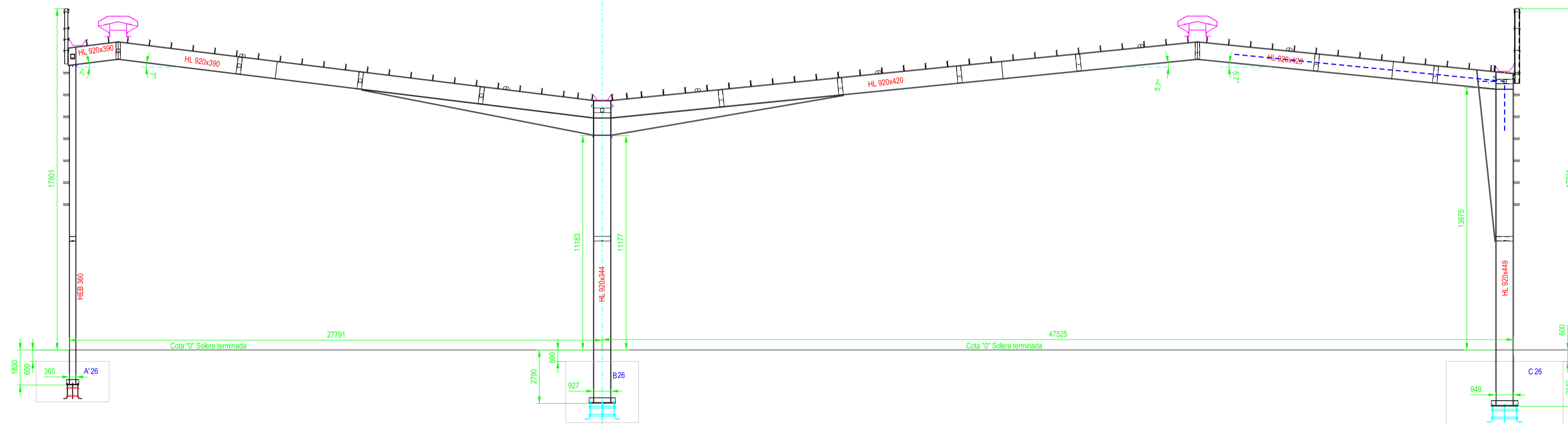
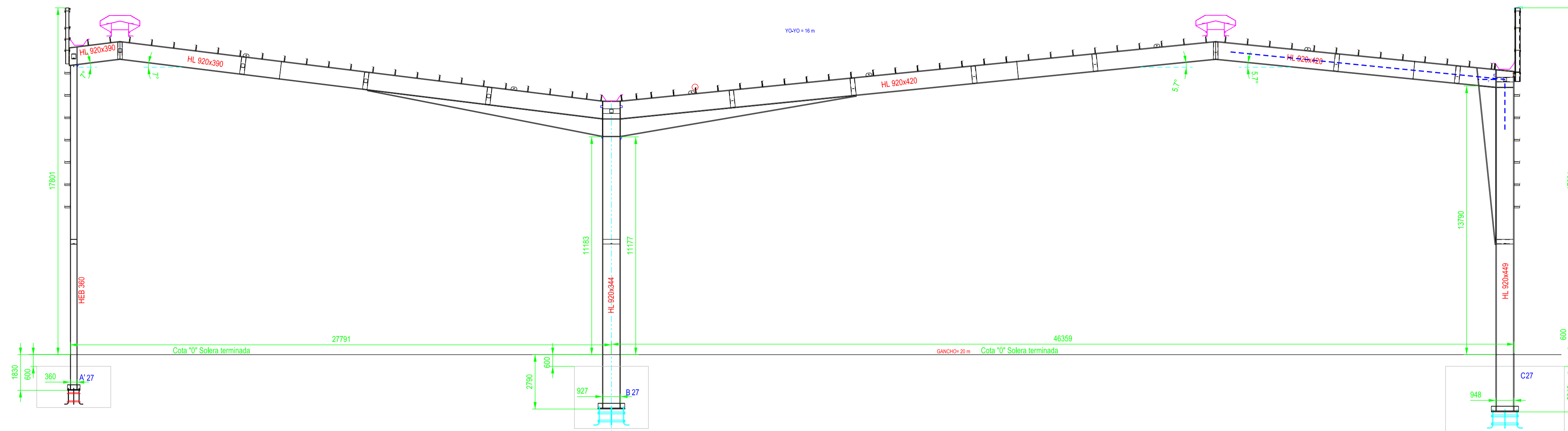
PLANO N° :

ESCALA:

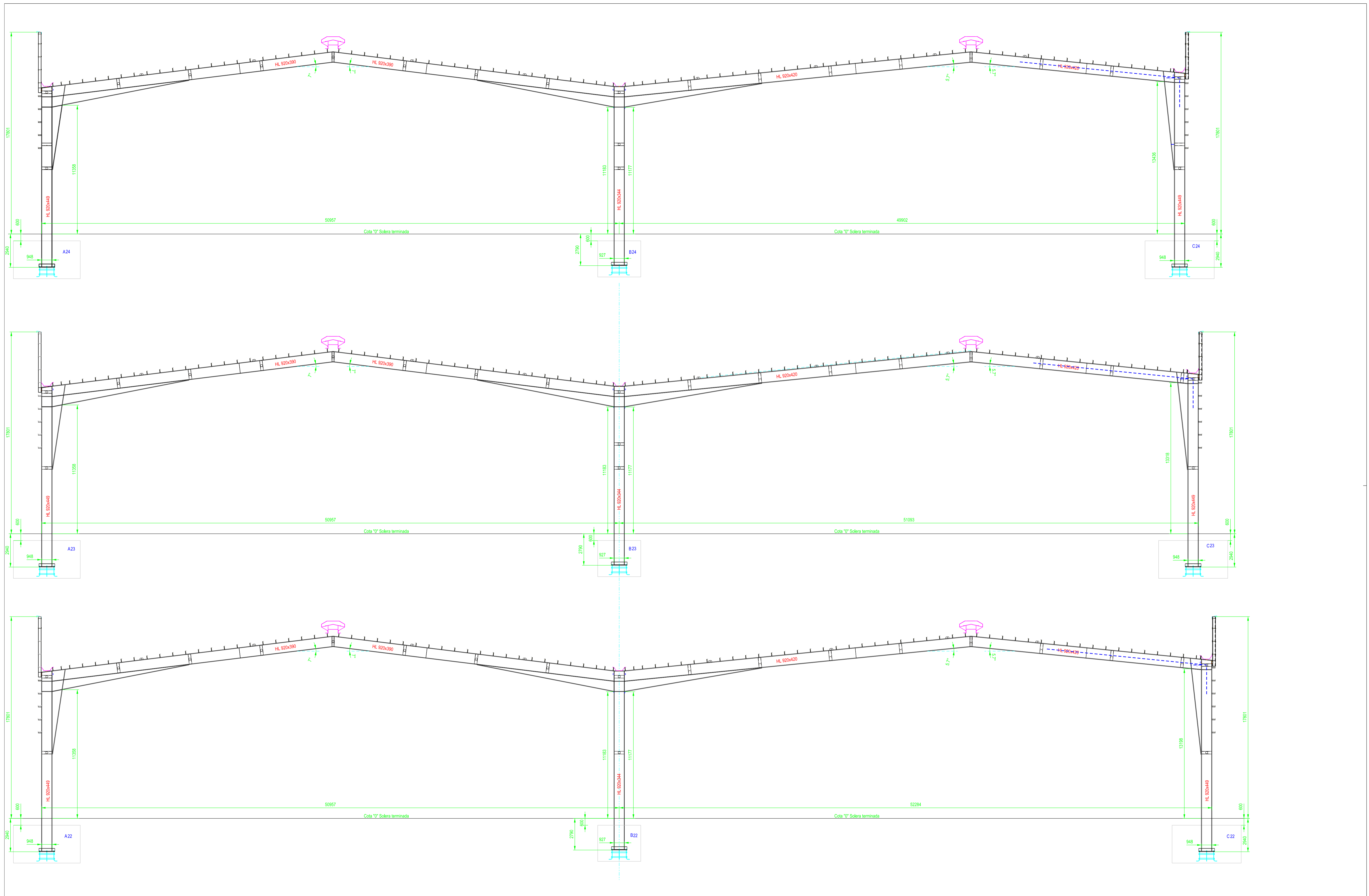
PM-12A



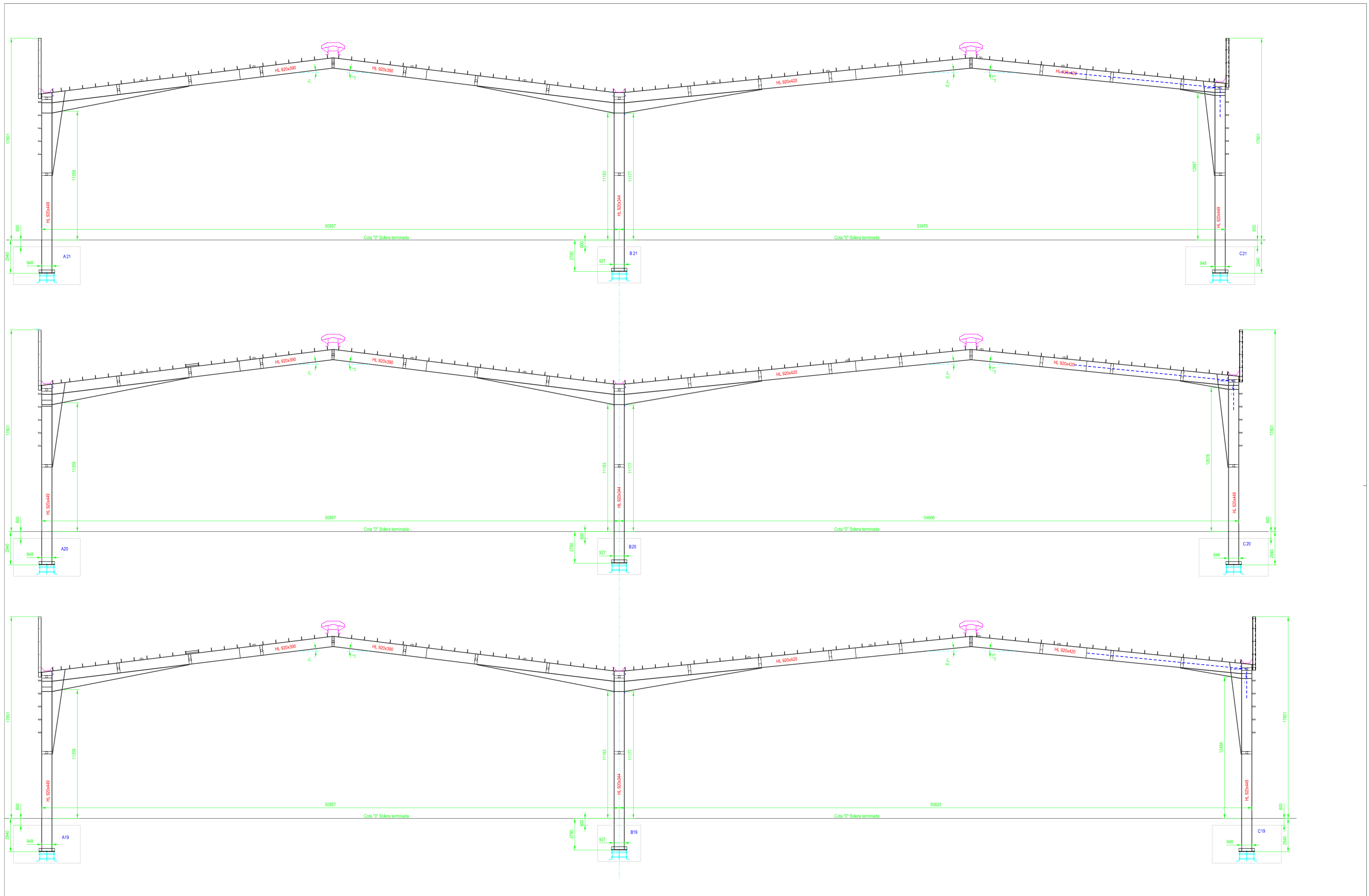
LEYENDA	A1 PILAR DE PORTICO	ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	----- E/E ALINEACION B (pendajes y pilares)		* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *		
	HL 920x449 SECCION TRANSVERSAL PILARES Y DINTELES (nombre comercial)		AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
			TITULO PLANO: SECCIONES PORTICOS 30.29 y 28	FORMATO: A1 ESCALA: 1/150	PLANO Nº.: PM-13



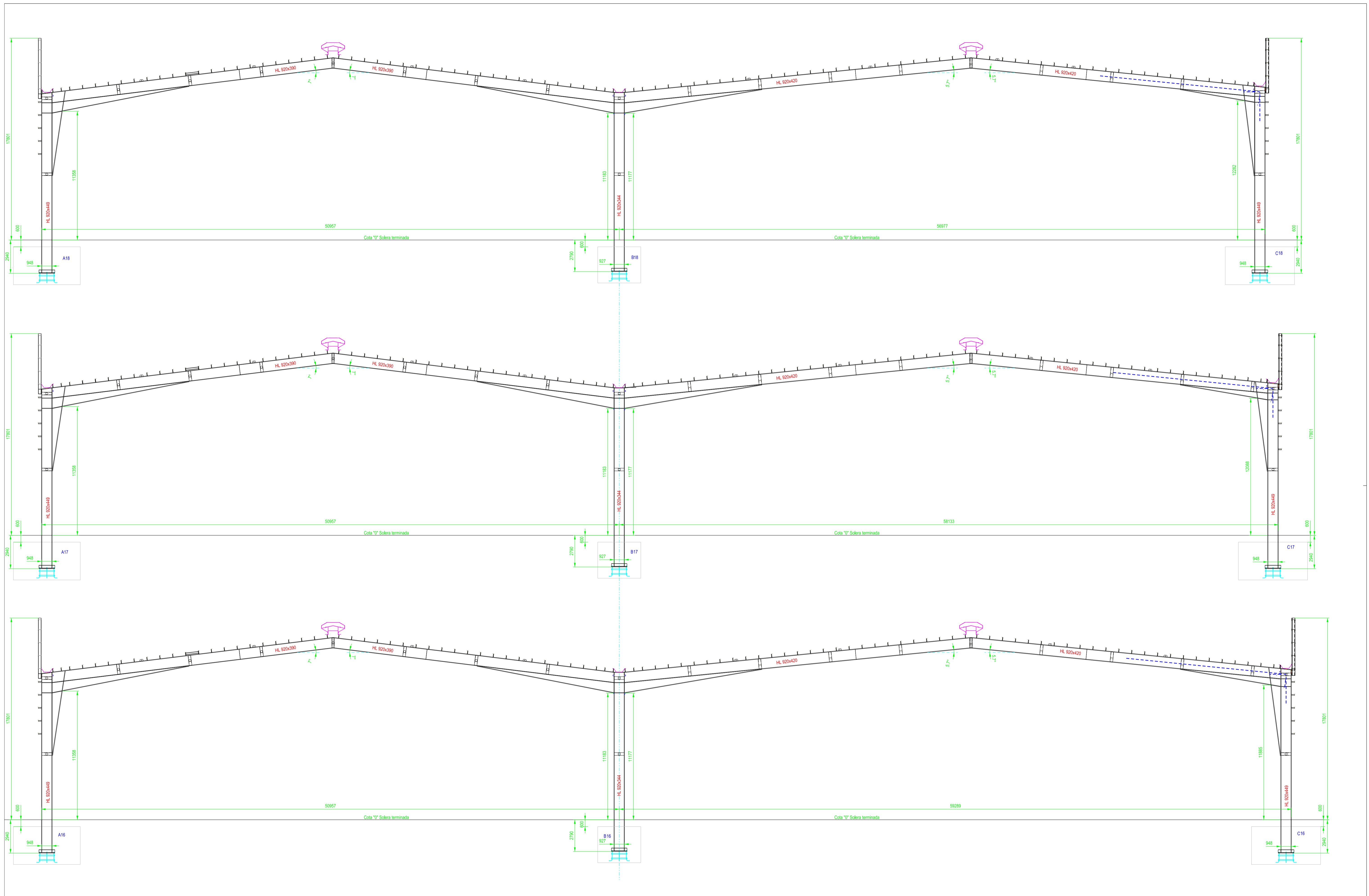
LEYENDA	— A1 PILAR DE PORTICO	ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO	
	- - - - - E-E ALINEACION B (pendientes y pilares)		* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *	
	— HL 920x449 SECCION TRANSVERSAL PILARES Y DIENTES (nombre comercial)	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
		TITULO PLANO: SECCIONES PORTICOS 27.28 y 25	FORMATO: A1 ESCALA: 1/150	PLANO Nº.: PM-14



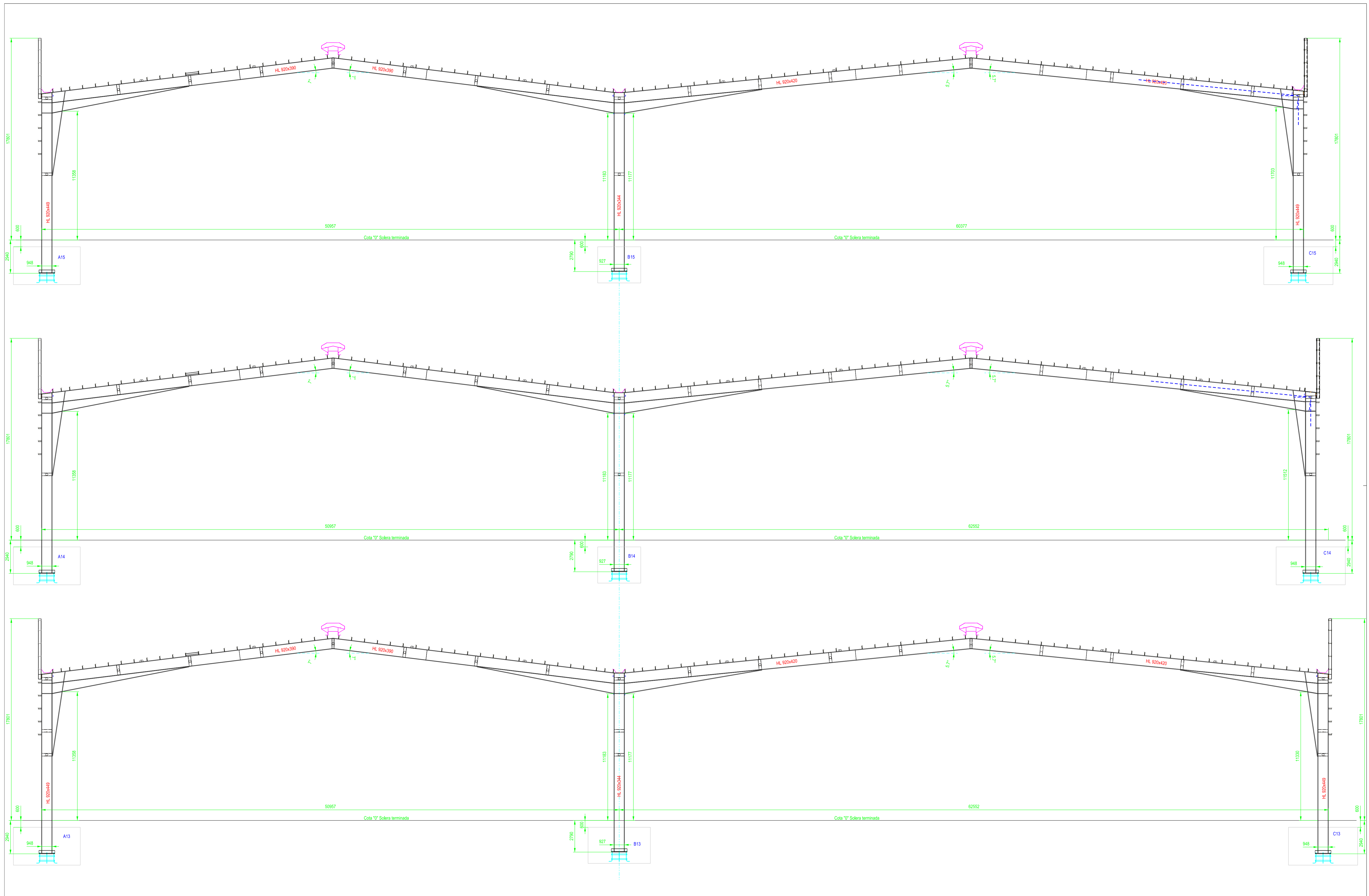
LEYENDA	— A1 PILAR DE PORTICO	ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO	
	- - - - - E-E ALINEACION B (pendientes y pilares)		* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *	
	HL 920x449 SECCION TRANSVERSAL PILARES Y DIENTES (nombre comercial)	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
		TITULO PLANO: SECCIONES PORTICOS 24.23 y 22	FORMATO: A1 ESCALA: 1/150	PLANO Nº: PIA-15



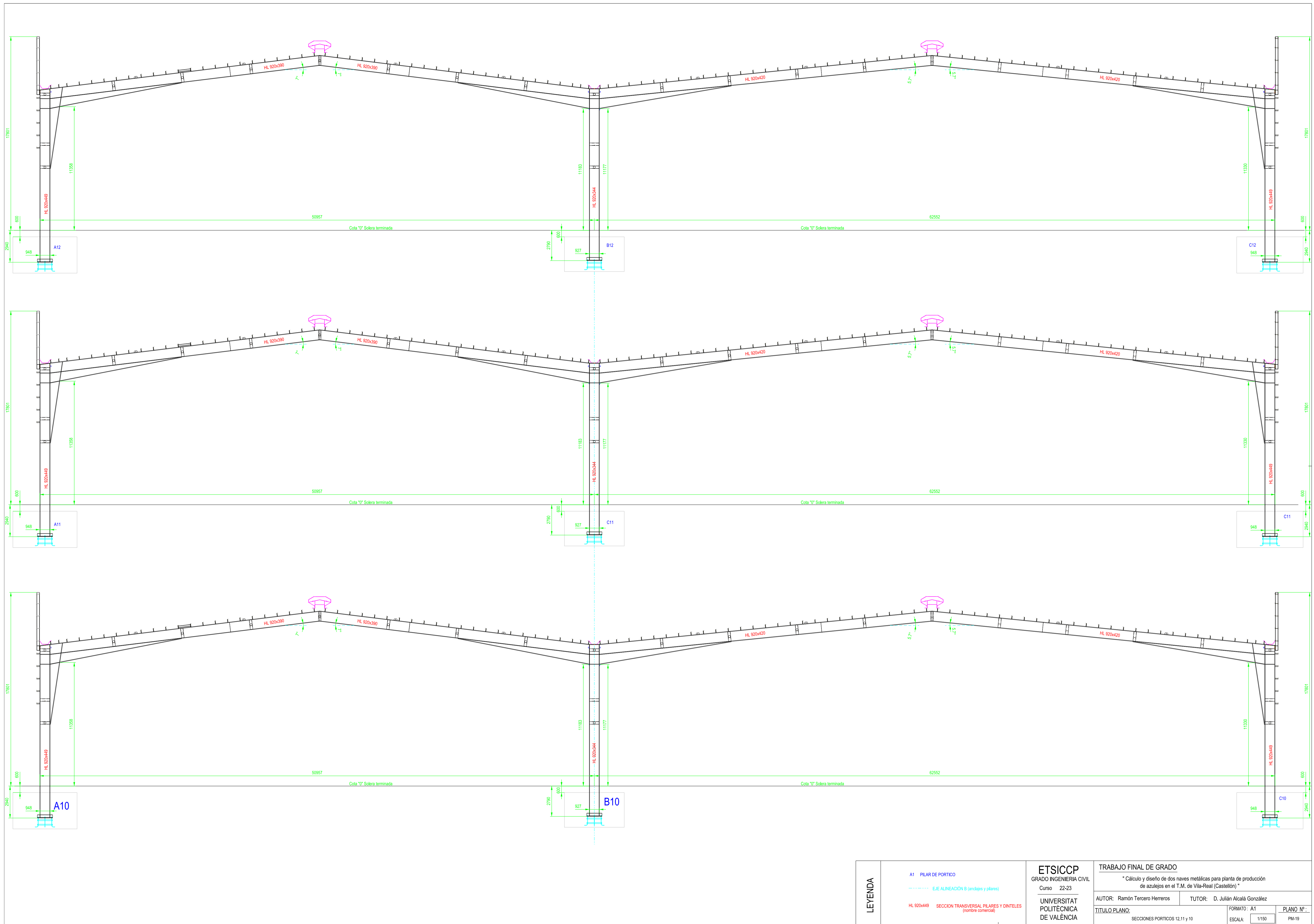
LEYENDA	— A1 PILAR DE PORTICO	ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	- - - - - E-E ALINEACION B (pendientes y pilares)		* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *		
	HL 920x449 SECCION TRANSVERSAL PILARES Y DIENTES (nombre comercial)		AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
			TITULO PLANO: SECCIONES PORTICOS 21.20 y 19	FORMATO: A1 ESCALA: 1/150	PLANO Nº: PM-16



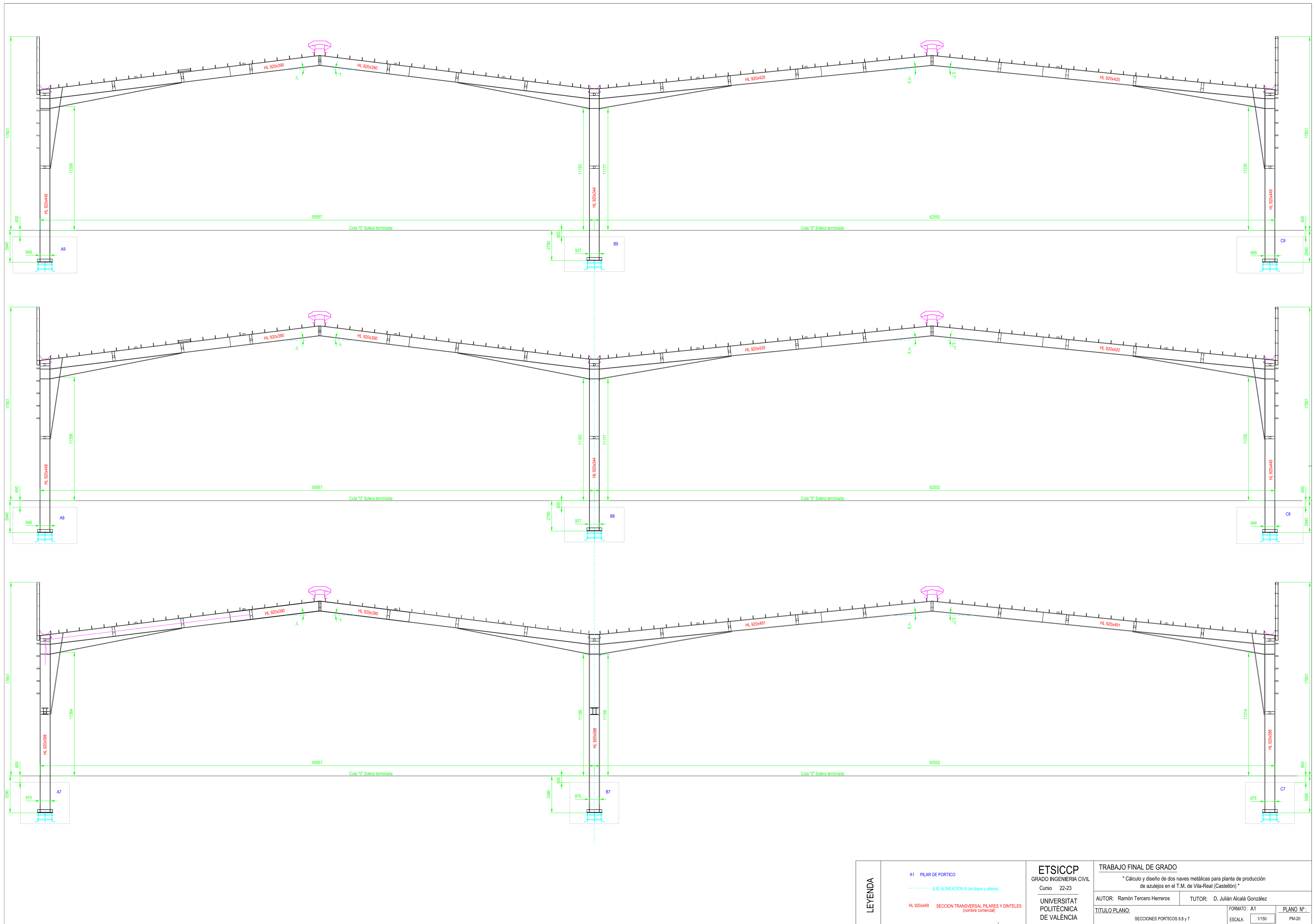
LEYENDA	— A1 PILAR DE PORTICO	ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	- - - - - EJE ALINEACION B (pendientes y pilares)		* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *		
	— HL 920x449 SECCION TRANSVERSAL PILARES Y DIENTES (nombre comercial)		AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
			TITULO PLANO: SECCIONES PORTICOS 18.17 y 16	FORMATO: A1 ESCALA: 1/150	PLANO Nº: PM-17



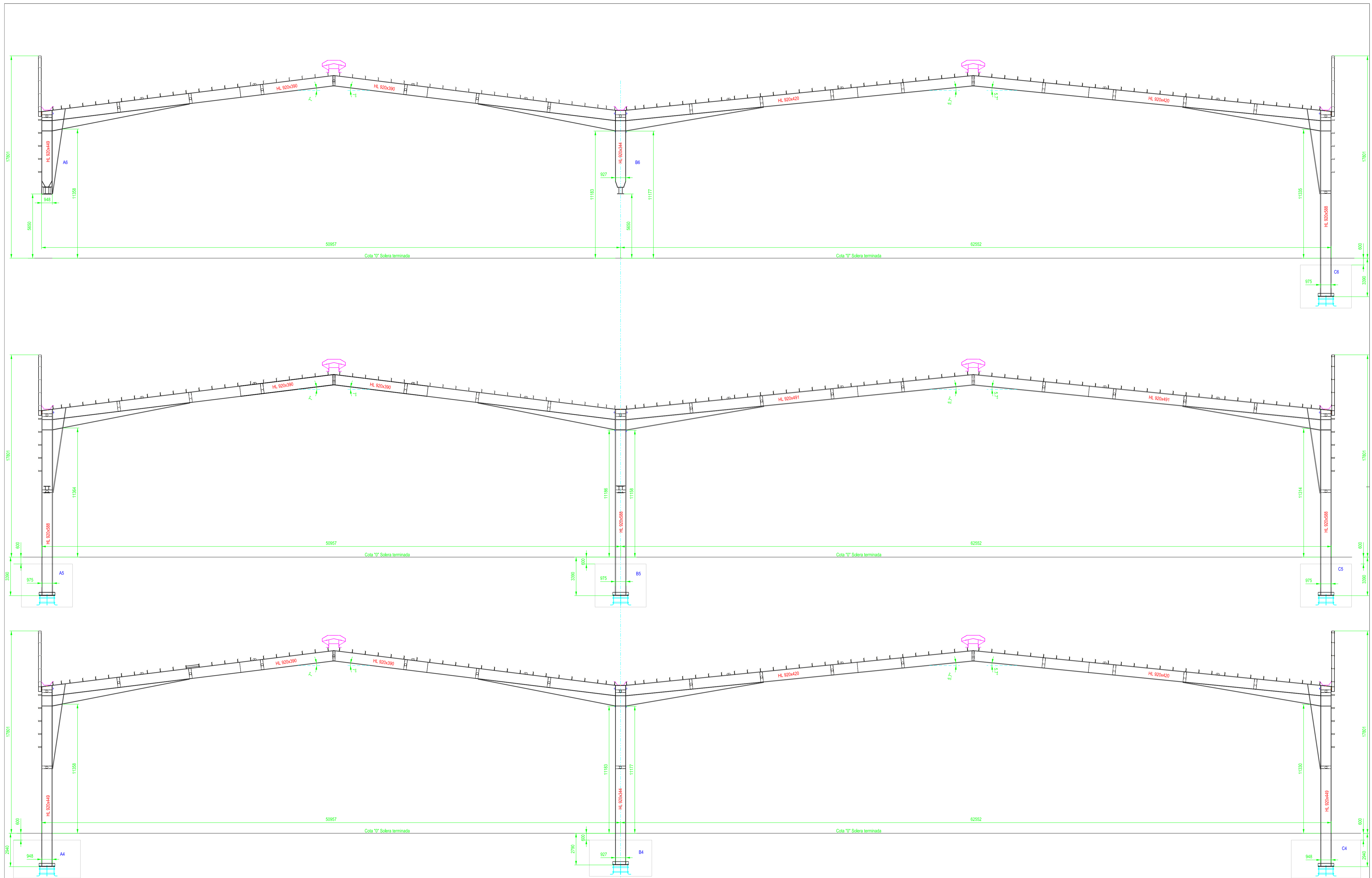
LEYENDA	A1 PILAR DE PORTICO	ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	E-E ALINEACION B (pendientes y pilares)		* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *		
	HL 920x449 SECCION TRANSVERSAL PILARES Y DINTELES (nombre comercial)	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	FORMATO: A1	PLANO Nº: 2
		SECCIONES PORTICOS 15,14 y 13		ESCALA: 1/150	PM-18



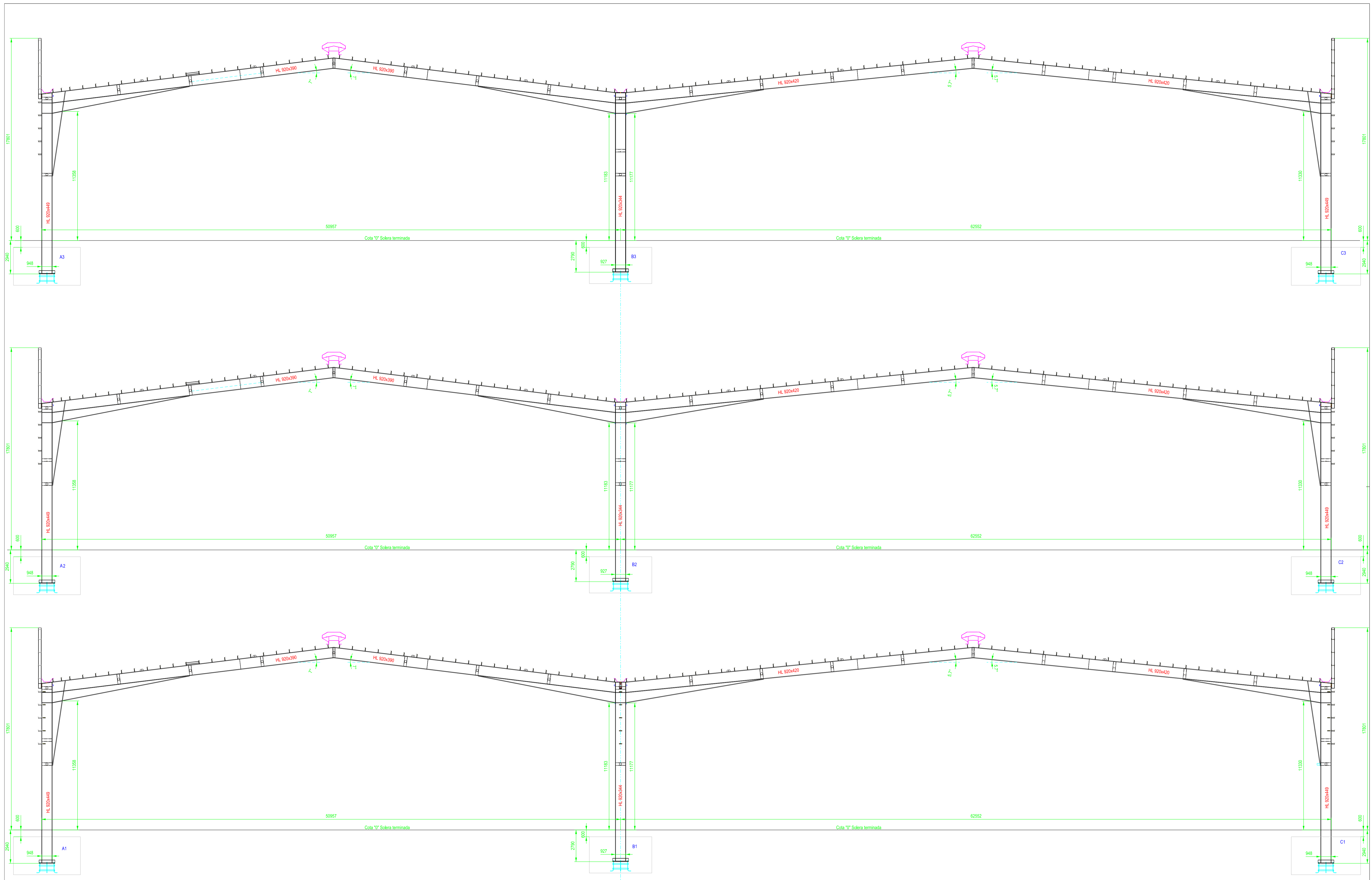
LEYENDA	— A1 PILAR DE PORTICO	ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO	
	- - - - - EJE ALINEACION B (pendientes y pilares)		* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *	
	— HL 920x449 SECCION TRANSVERSAL PILARES Y DIENTES (nombre comercial)	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
		TITULO PLANO: SECCIONES PORTICOS 12.11 y 10	FORMATO: A1 ESCALA: 1/150	PLANO Nº: 2 PM-19



LEYENDA	— A1 PILAR DE PORTICO	ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	- - - - - E-E ALINEACION B (pendientes y pilares)		* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *		
	HL 920x449 SECCION TRANSVERSAL PILARES Y DINTELES (nombre comercial)	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros		TUTOR: D. Julián Alcalá González	
		TITULO PLANO:		FORMATO: A1	PLANO Nº: 2
	SECCIONES PORTICOS 9.8 y 7		ESCALA: 1/150	PIA-20	



LEYENDA	— A1 PILAR DE PORTICO	ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO	
	- - - - - E-E ALINEACION B (pendientes y pilares)		* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *	
	HL 920x449 SECCION TRANSVERSAL PILARES Y DINTELES (nombre comercial)	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
		FORMATO: A1 ESCALA: 1/150	PLANO Nº: PM-21	TÍTULO PLANO: SECCIONES PORTICOS 6,5 y 4



LEYENDA	A1 PILAR DE PORTICO	ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	E-E ALINEACION B (pendientes y pilares)		* Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *		
	HL 920x449 SECCION TRANSVERSAL PILARES Y DIENTES (nombre comercial)		AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
			TITULO PLANO: SECCIONES PORTICOS 3.2 y 1	FORMATO: A1 ESCALA: 1/150	PLANO Nº: PM-22

TOMO III.- PLANOS

4.- PLANOS DE MONTAJE

4.4. Maniobras izado dinteles.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

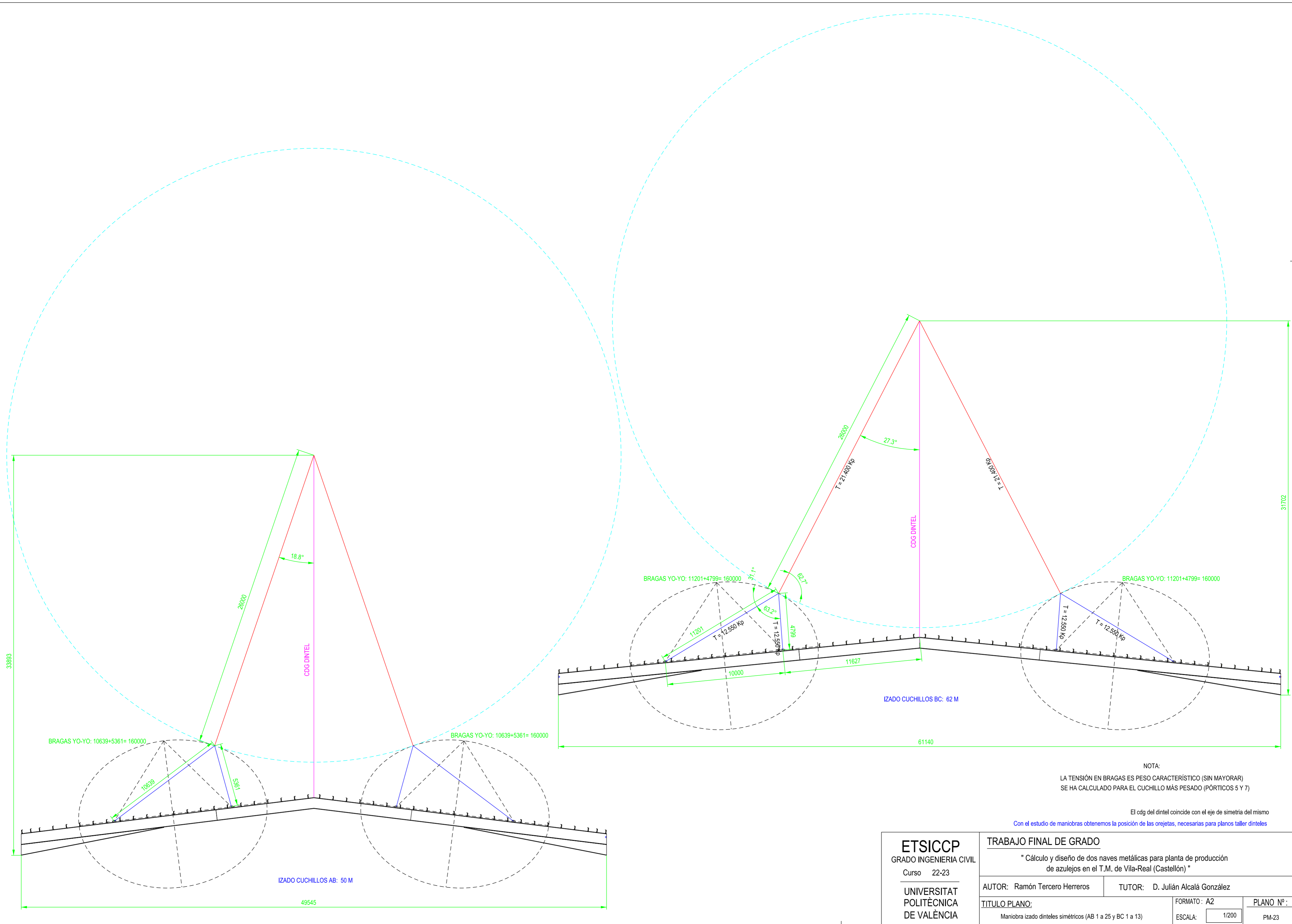
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

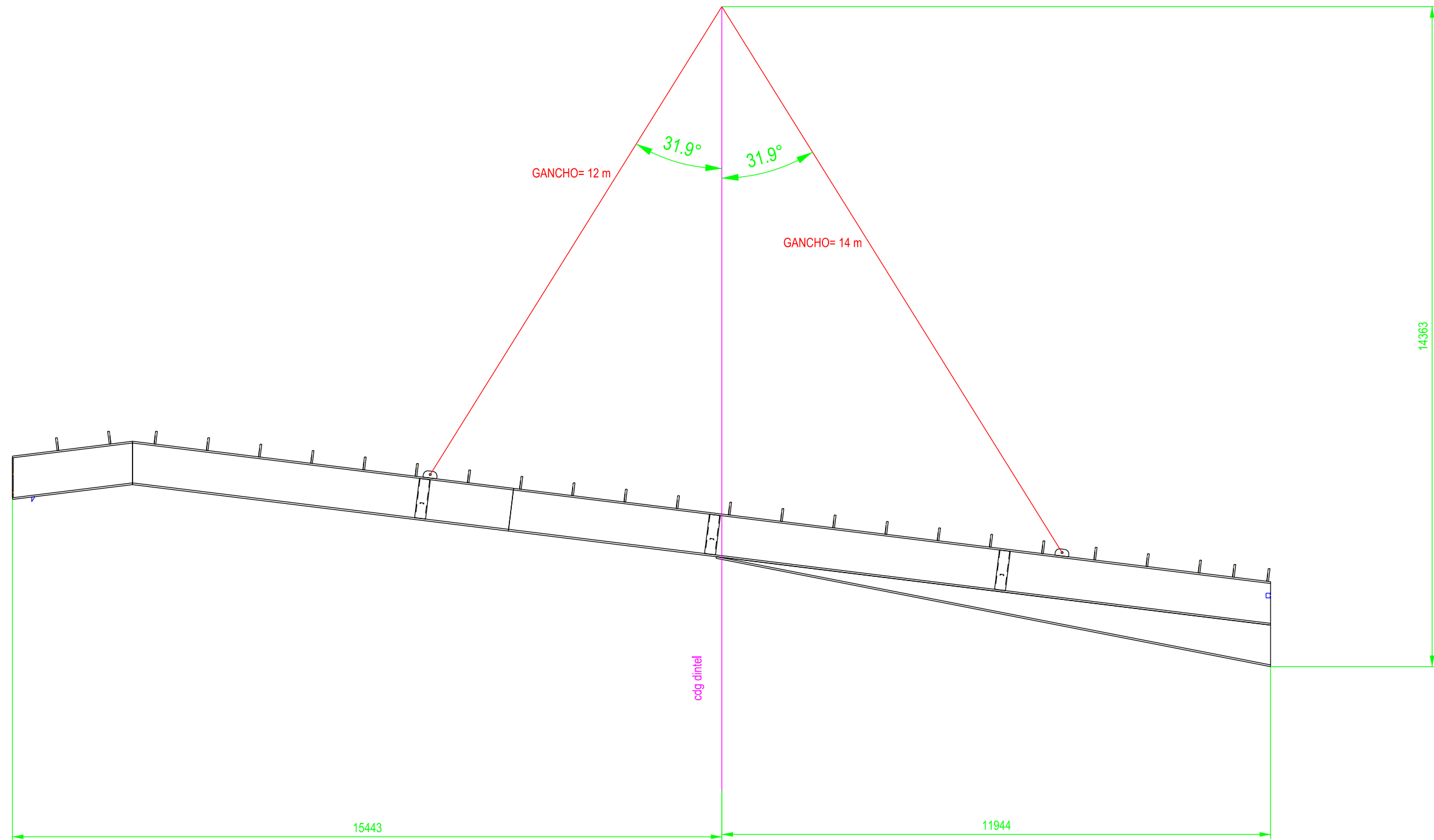
PM-22A



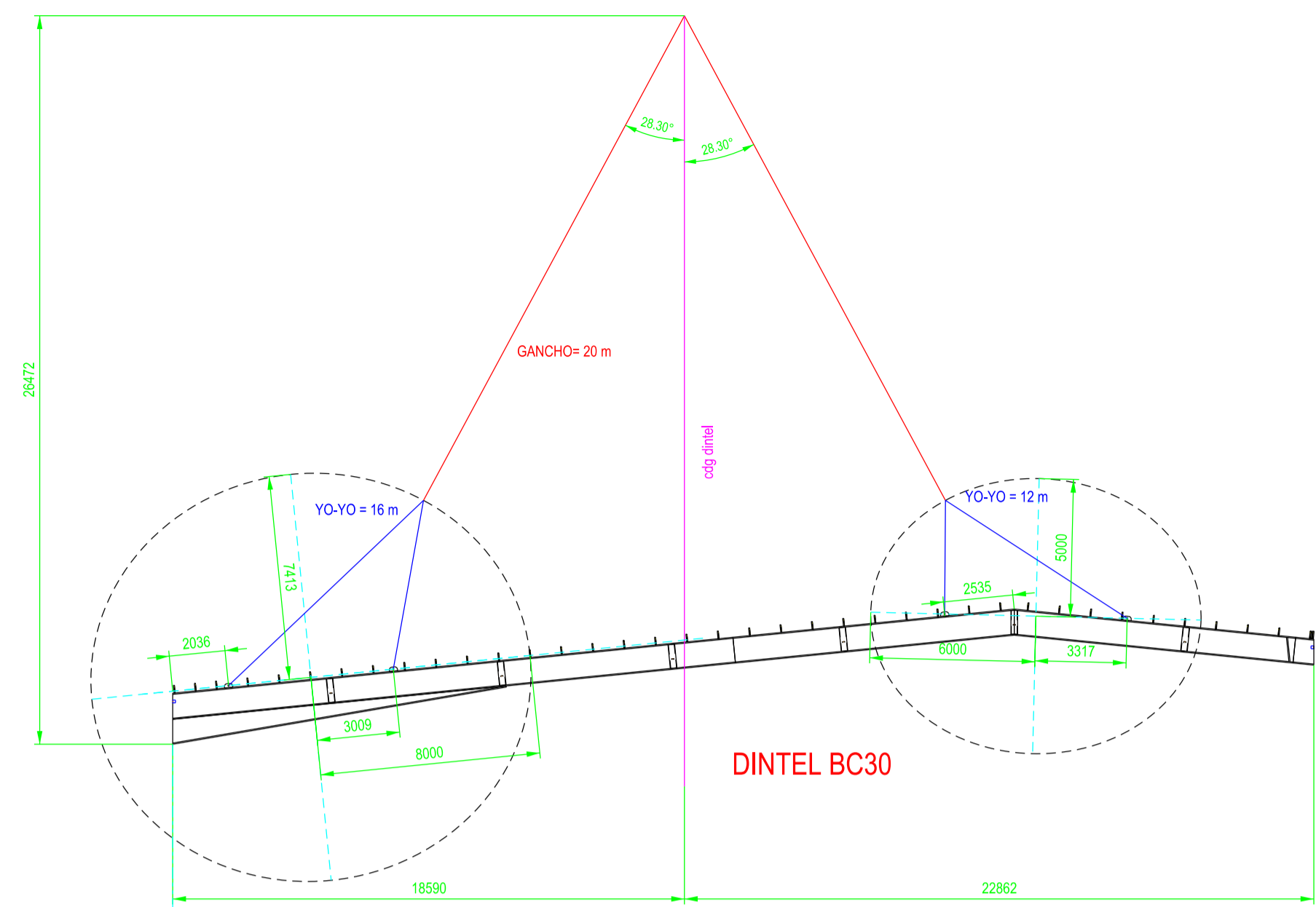
NOTA:
 LA TENSIÓN EN BRAGAS ES PESO CARACTERÍSTICO (SIN MAYORAR)
 SE HA CALCULADO PARA EL CUCHILLO MÁS PESADO (PÓRTICOS 5 Y 7)

El cdg del dintel coincide con el eje de simetría del mismo
 Con el estudio de maniobras obtenemos la posición de las orejetas, necesarias para planos taller dinteles

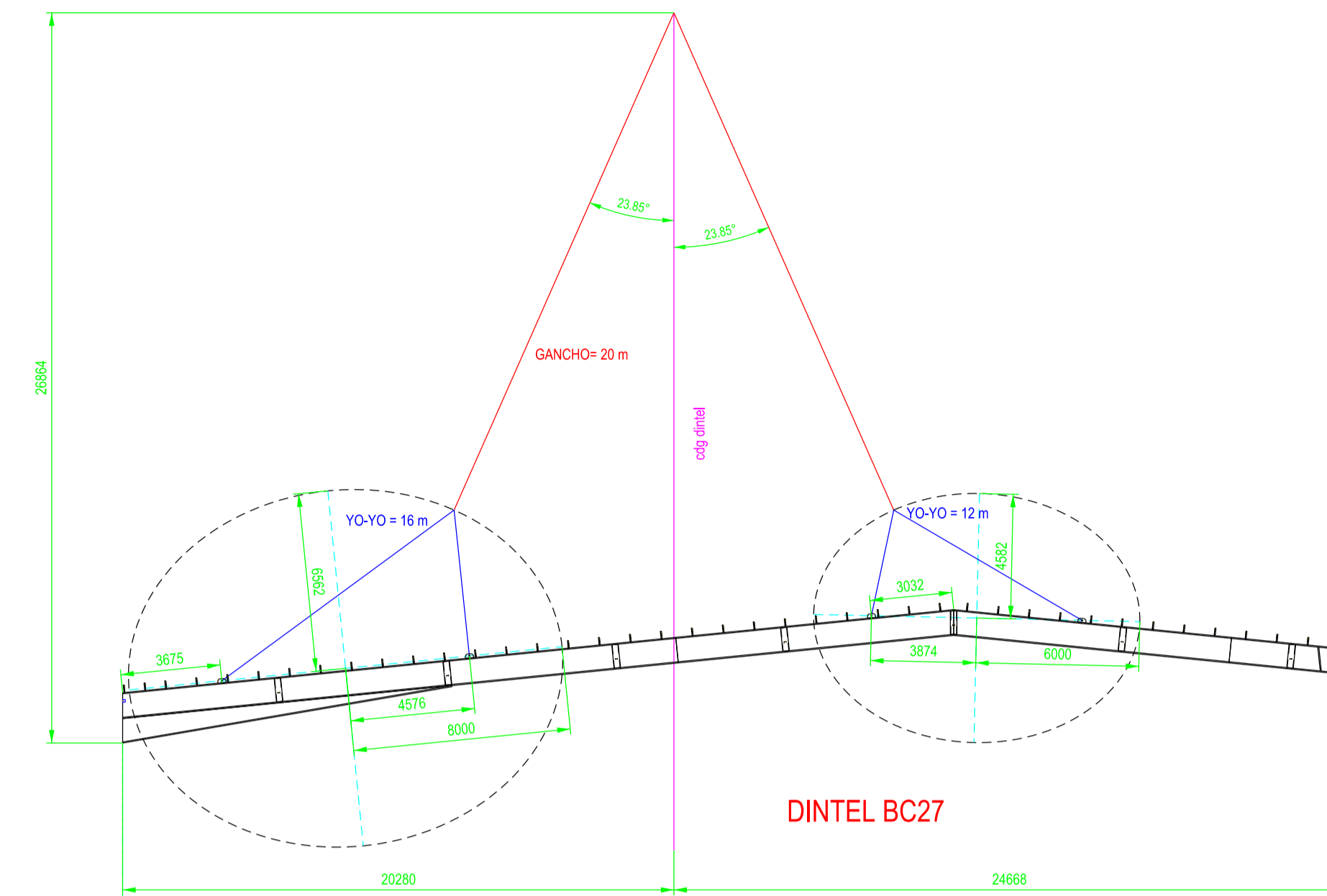
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TÍTULO PLANO: Maniobra izado dinteles simétricos (AB 1 a 25 y BC 1 a 13)		FORMATO: A2 ESCALA: 1/200
	PLANO Nº: PM-23		



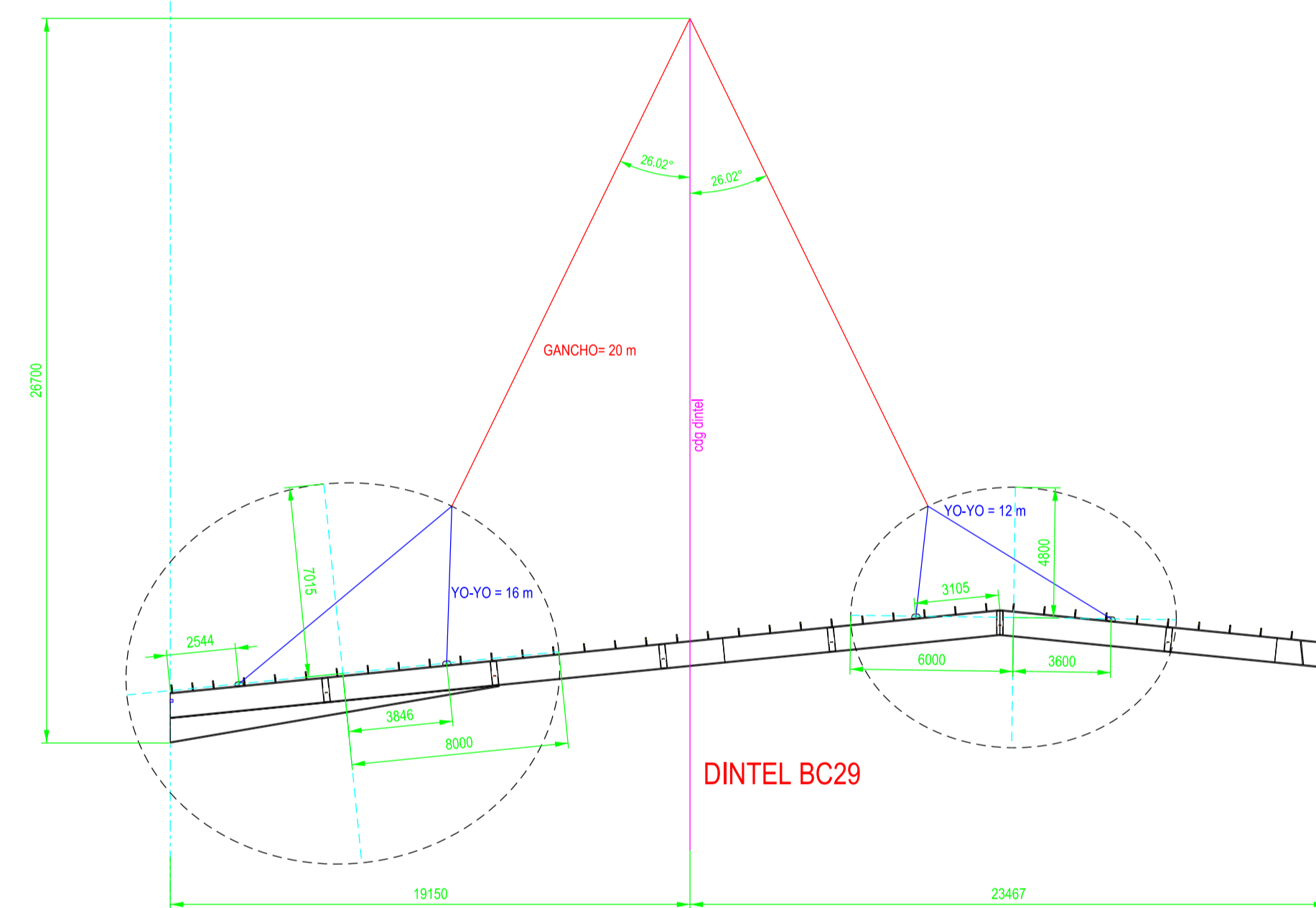
ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Maniobra dinteles asimétricos tiro directo (A/B 25 a 30)		FORMATO: A3 ESCALA: 1/100
			PLANO Nº: PM-24



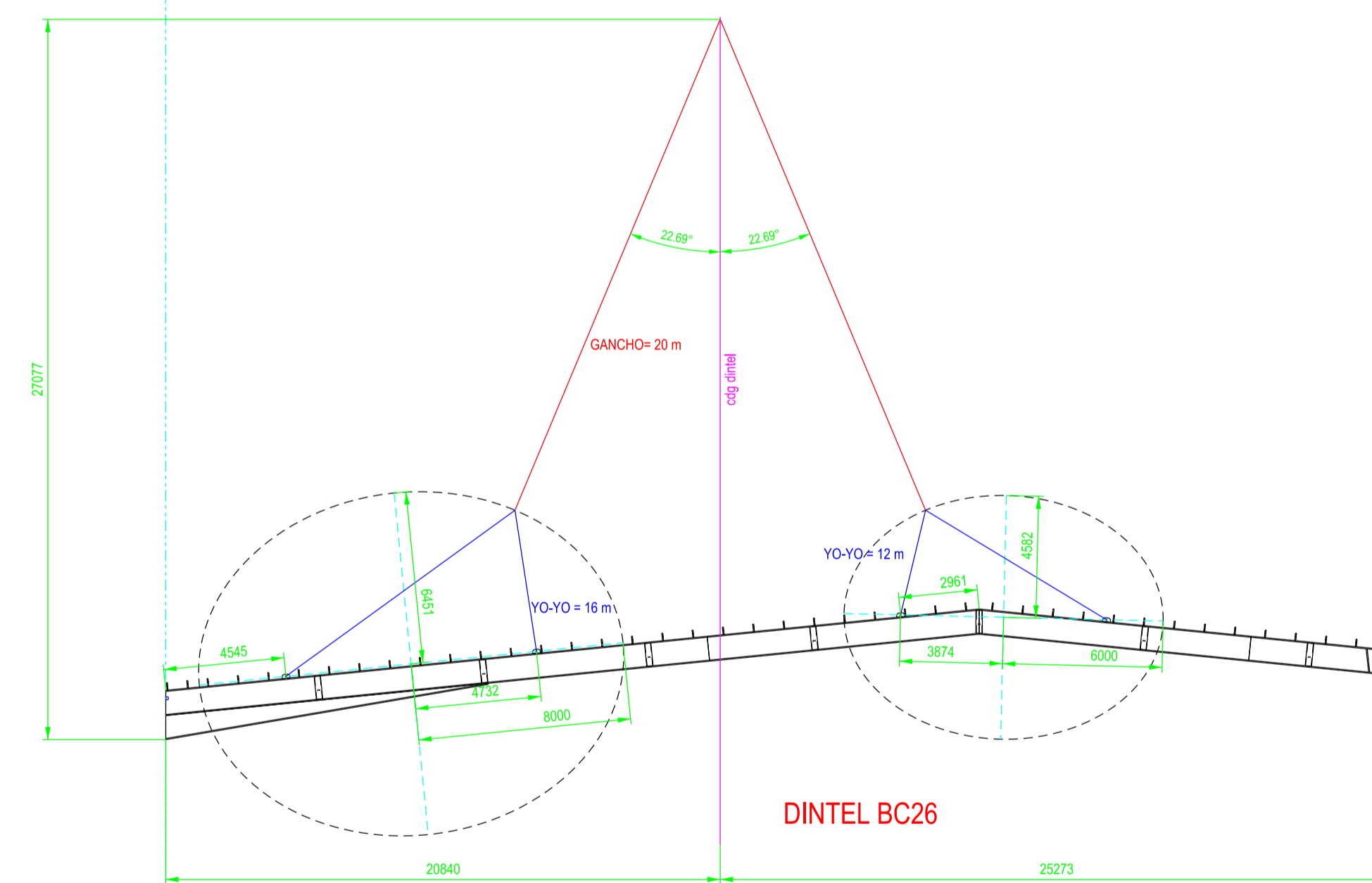
DINTEL BC30



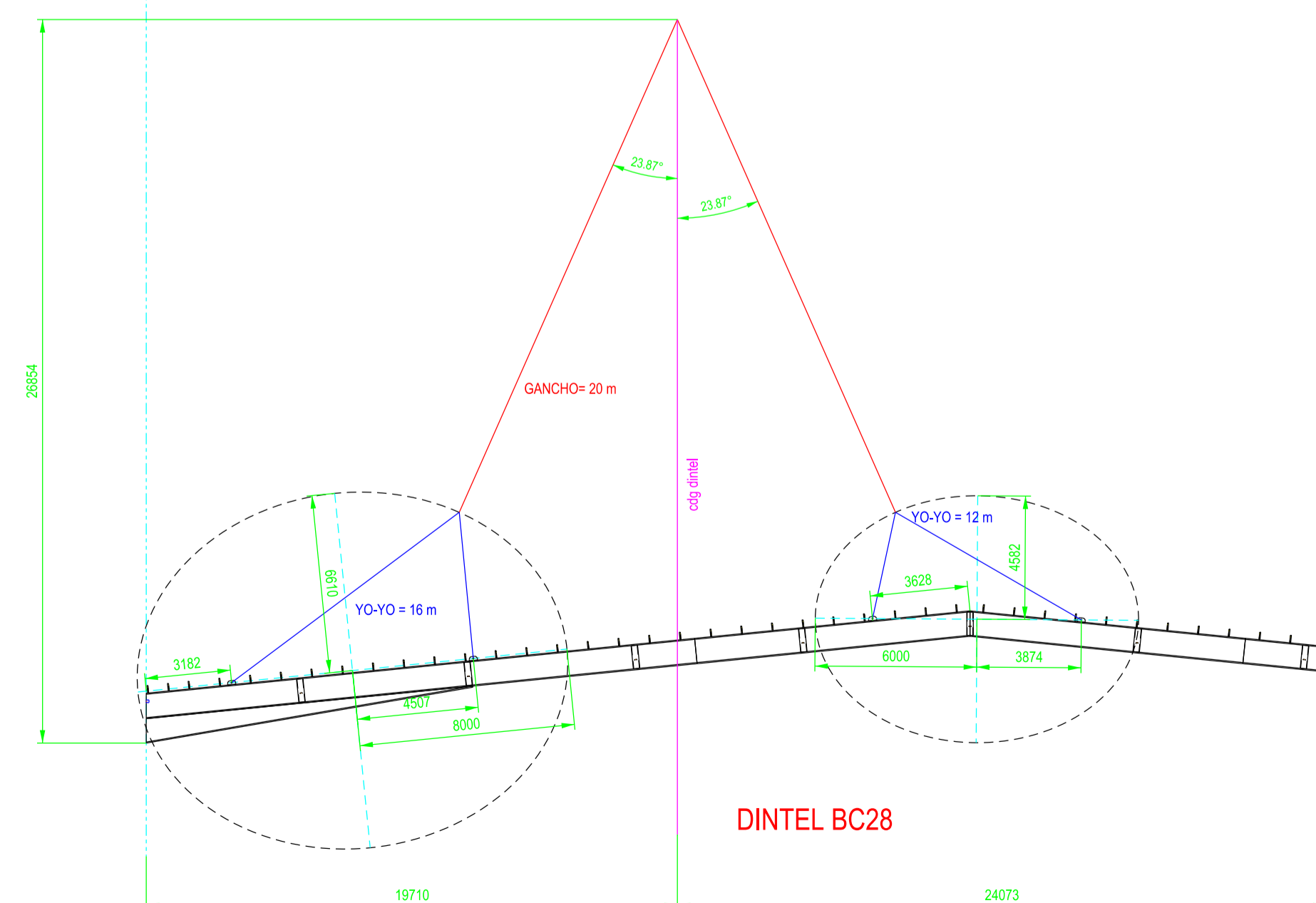
DINTEL BC27



DINTEL BC29



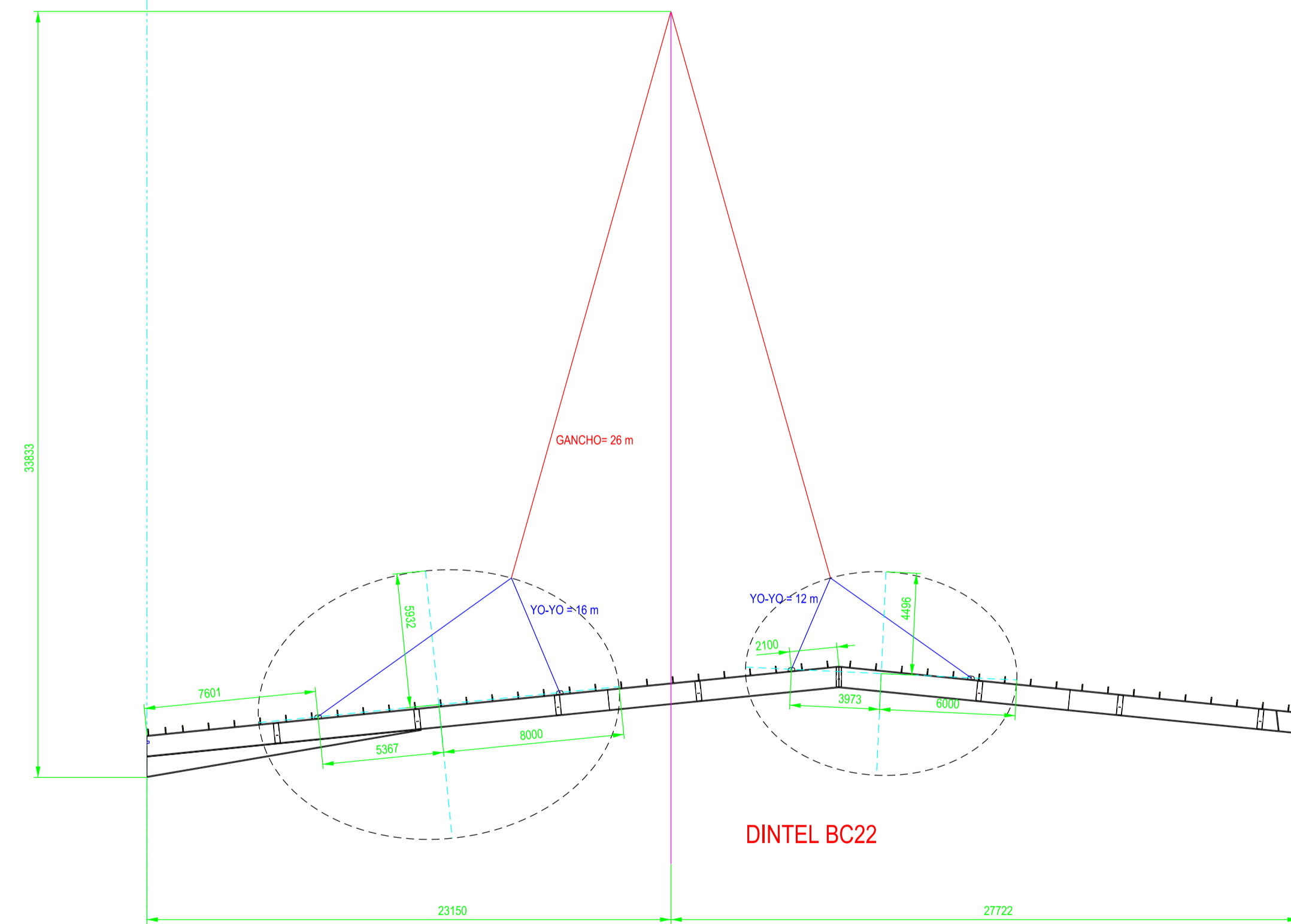
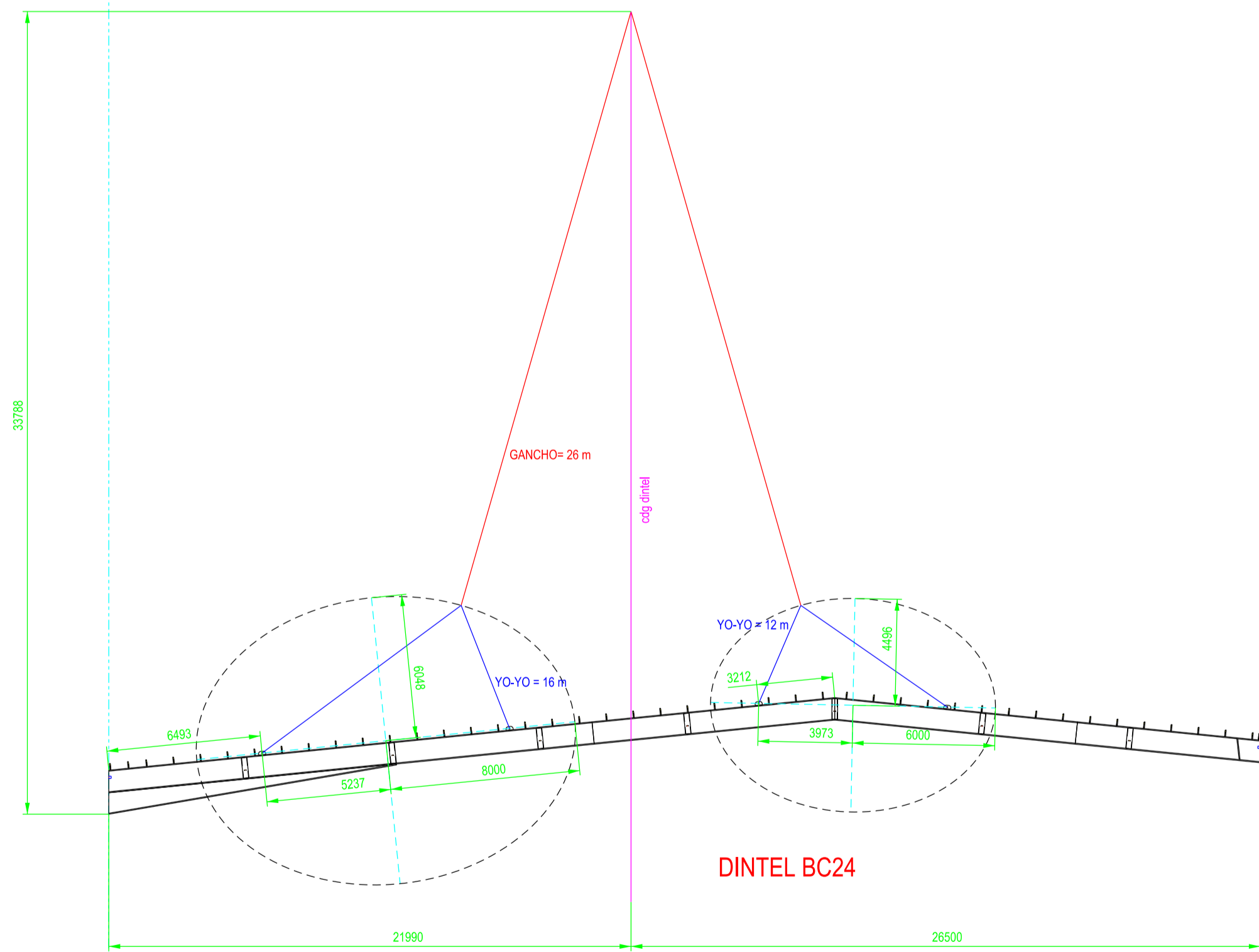
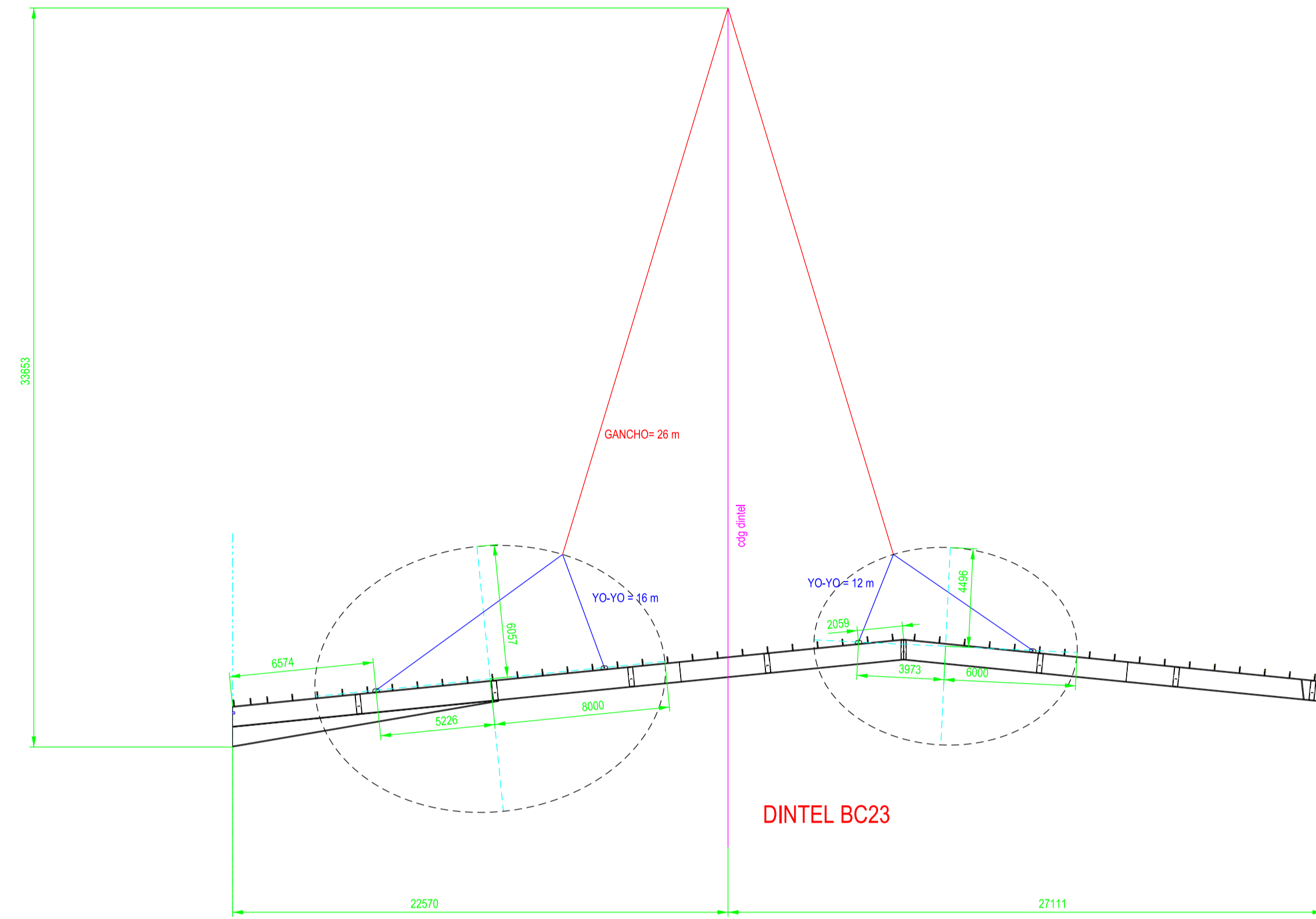
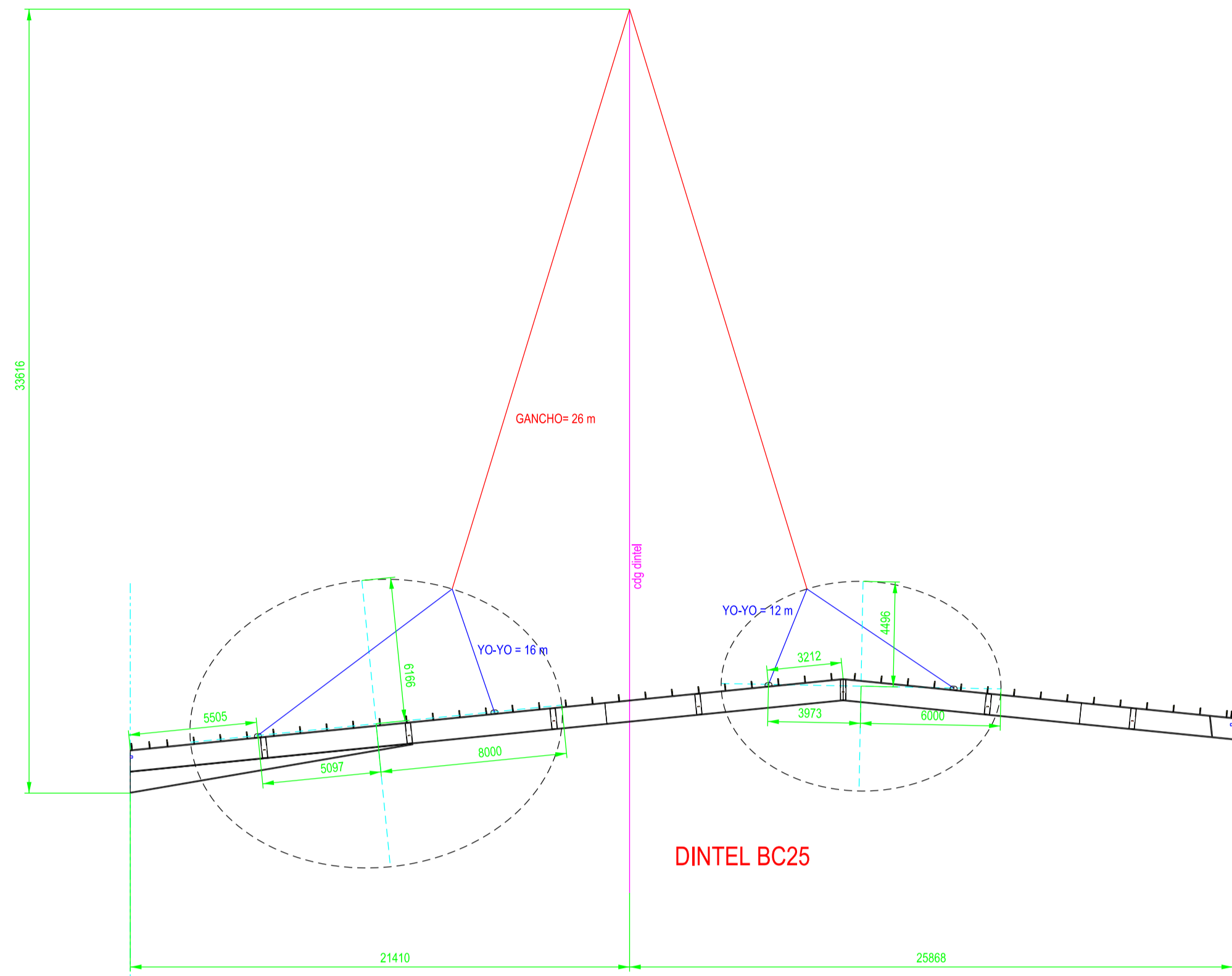
DINTEL BC26



DINTEL BC28

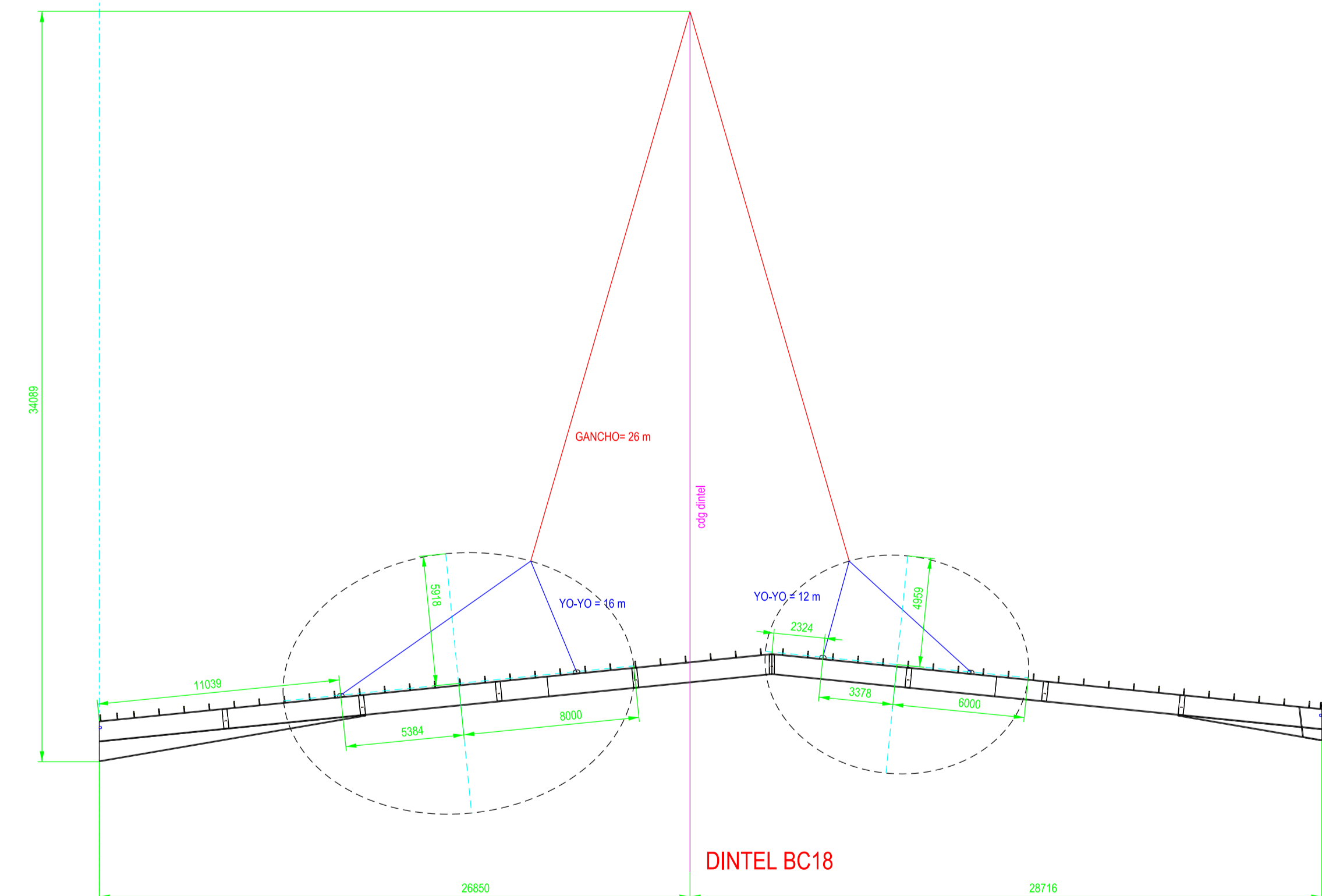
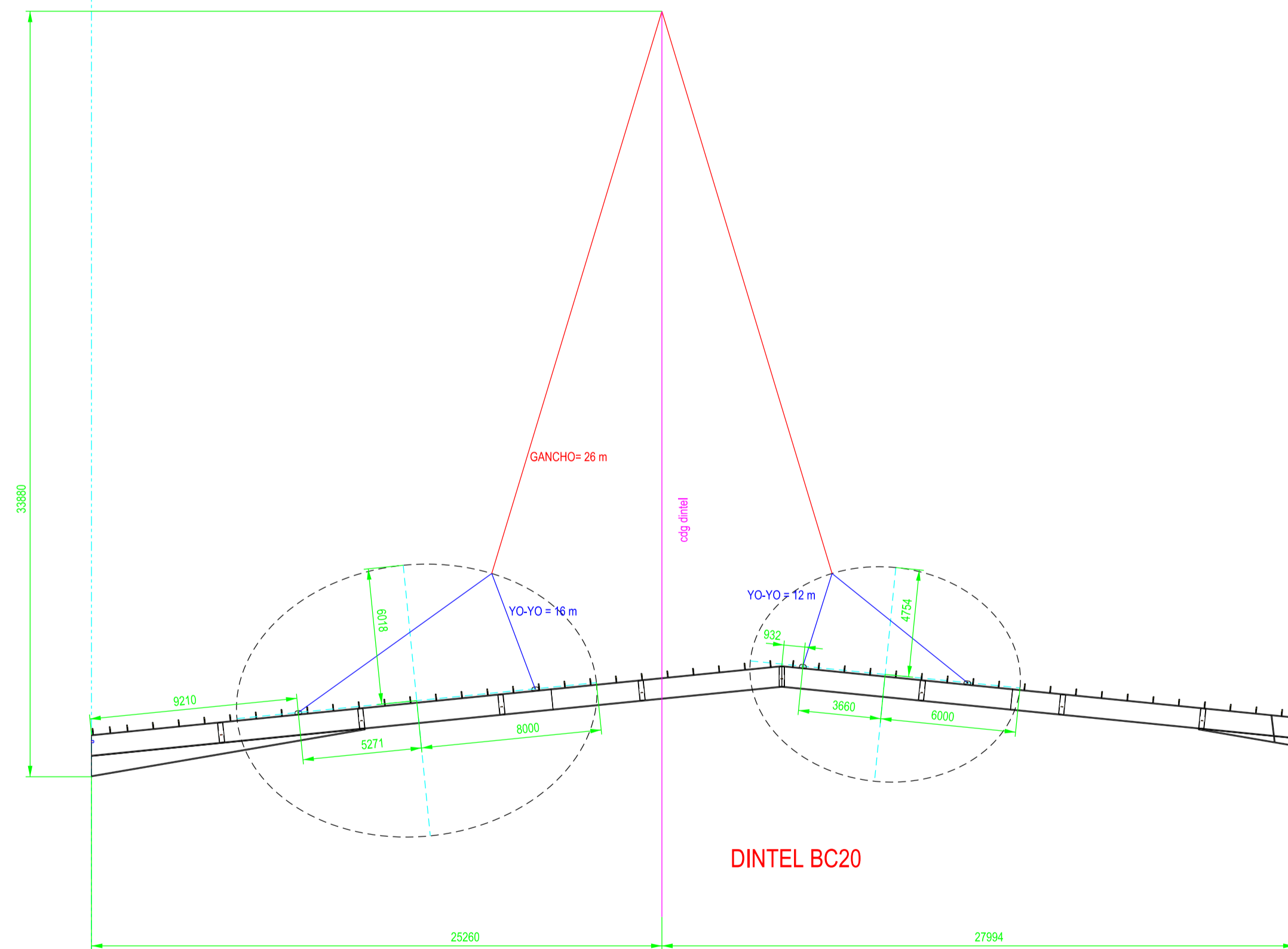
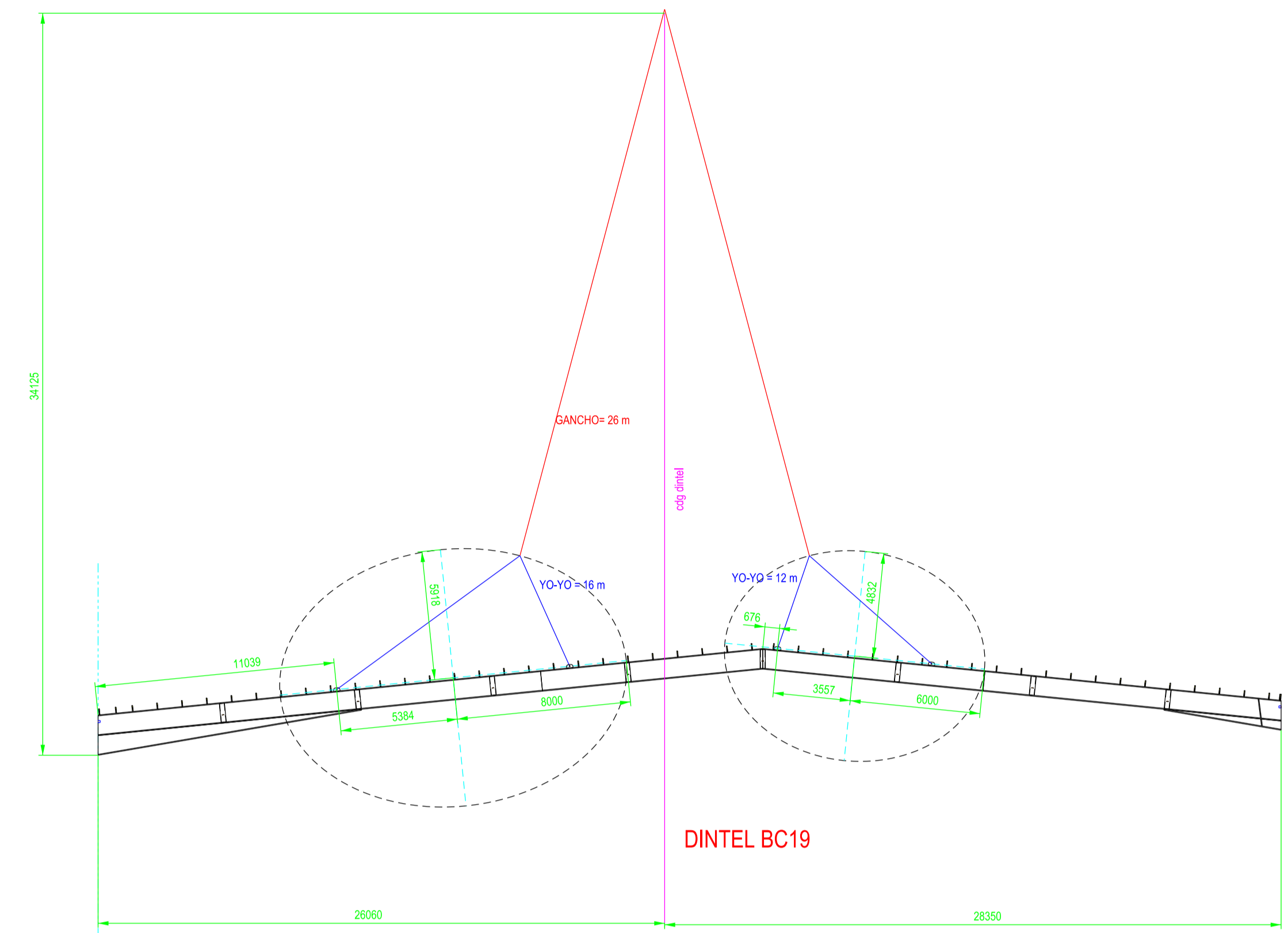
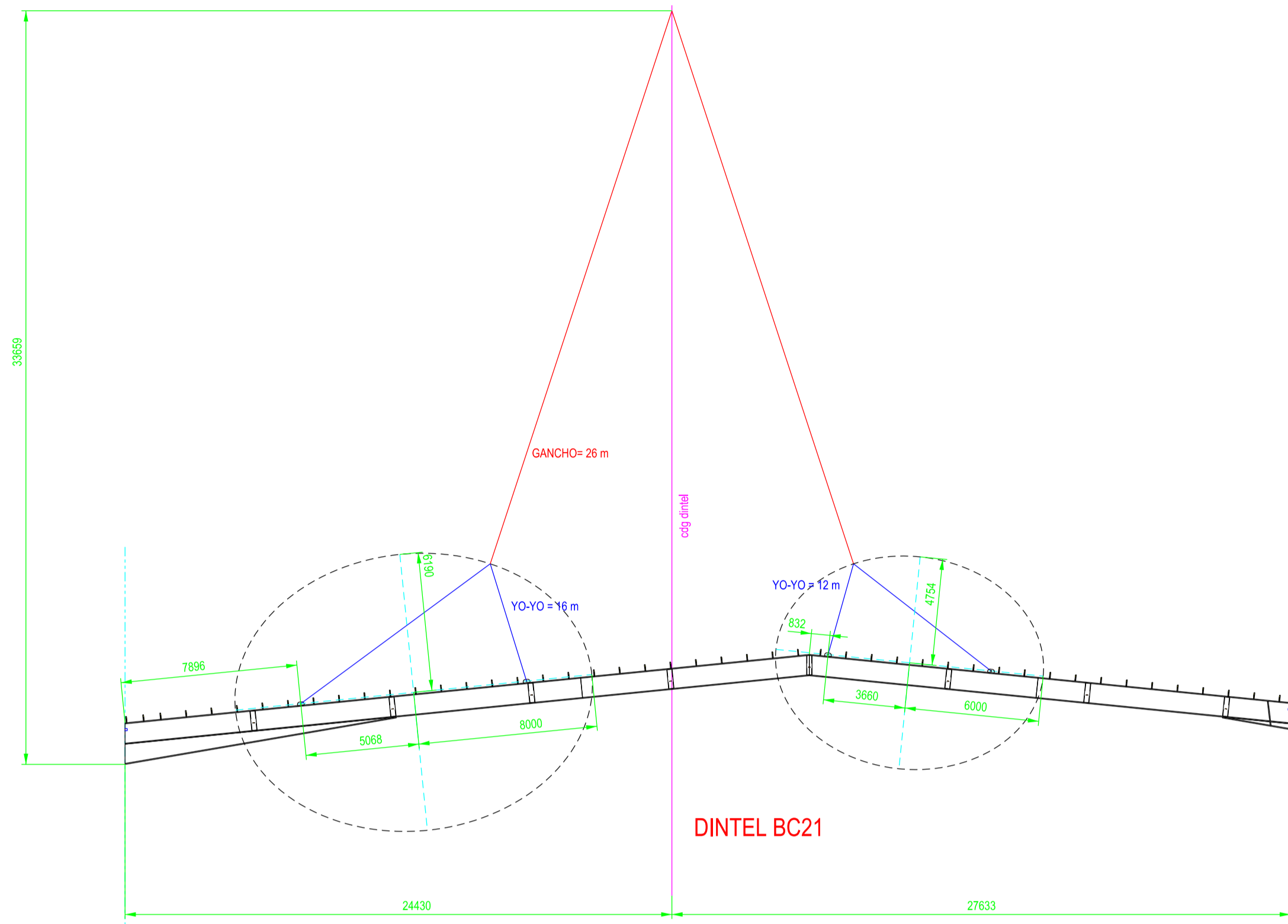
Con el estudio de maniobras obtenemos la posición de las orejetas, necesarias para planos taller dinteles
 Observemos que cada dintel tiene una posición diferente para sus cuatro orejetas

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO * Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-REAL (Castellón) *		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
TÍTULO PLANO: Maniobra izado dinteles asimétricos con dos poleas. Dinteles BC30 a 26	FORMATO: A1 ESCALA: 1/200	PLANO Nº: 2	PMA-25



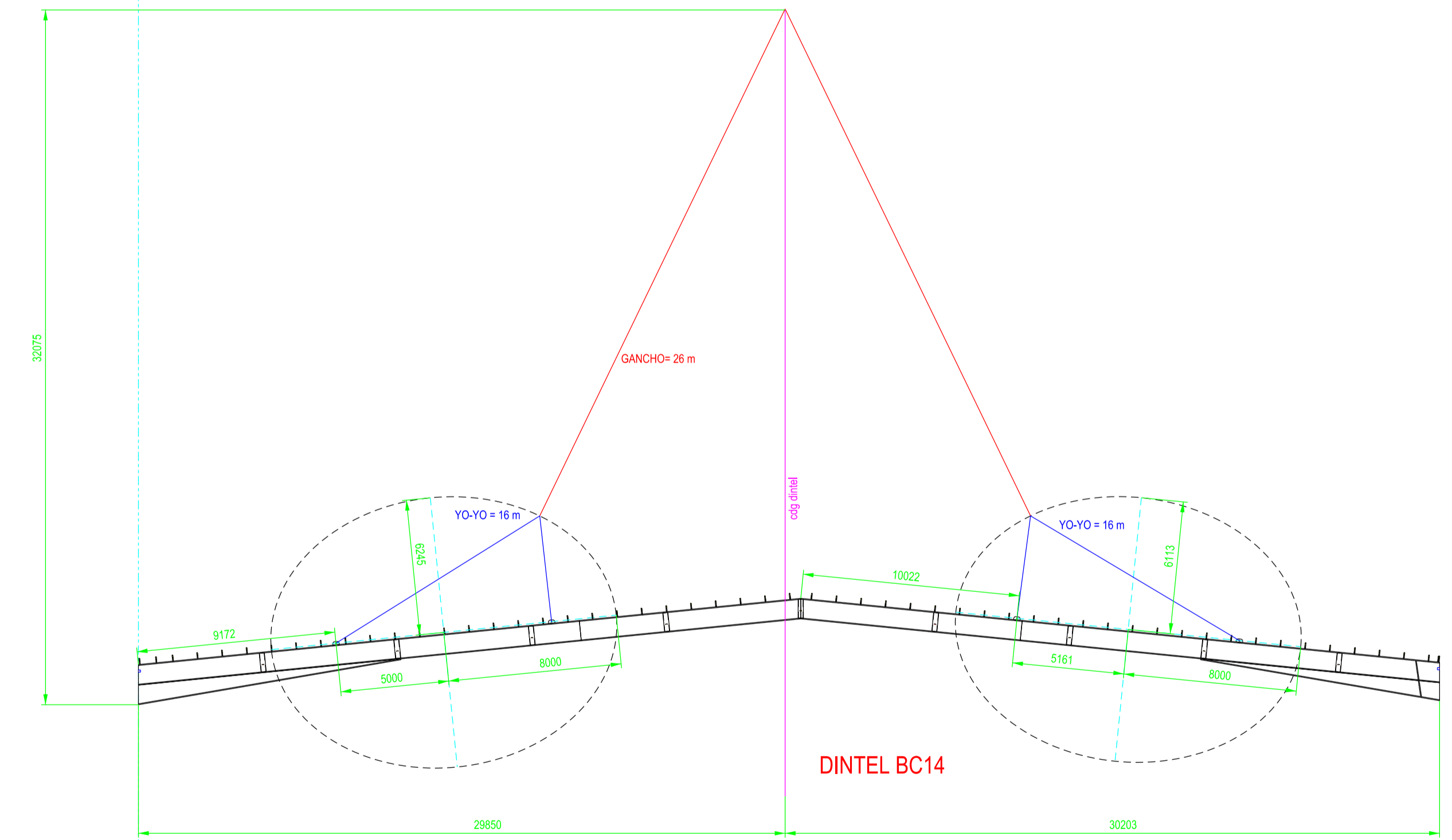
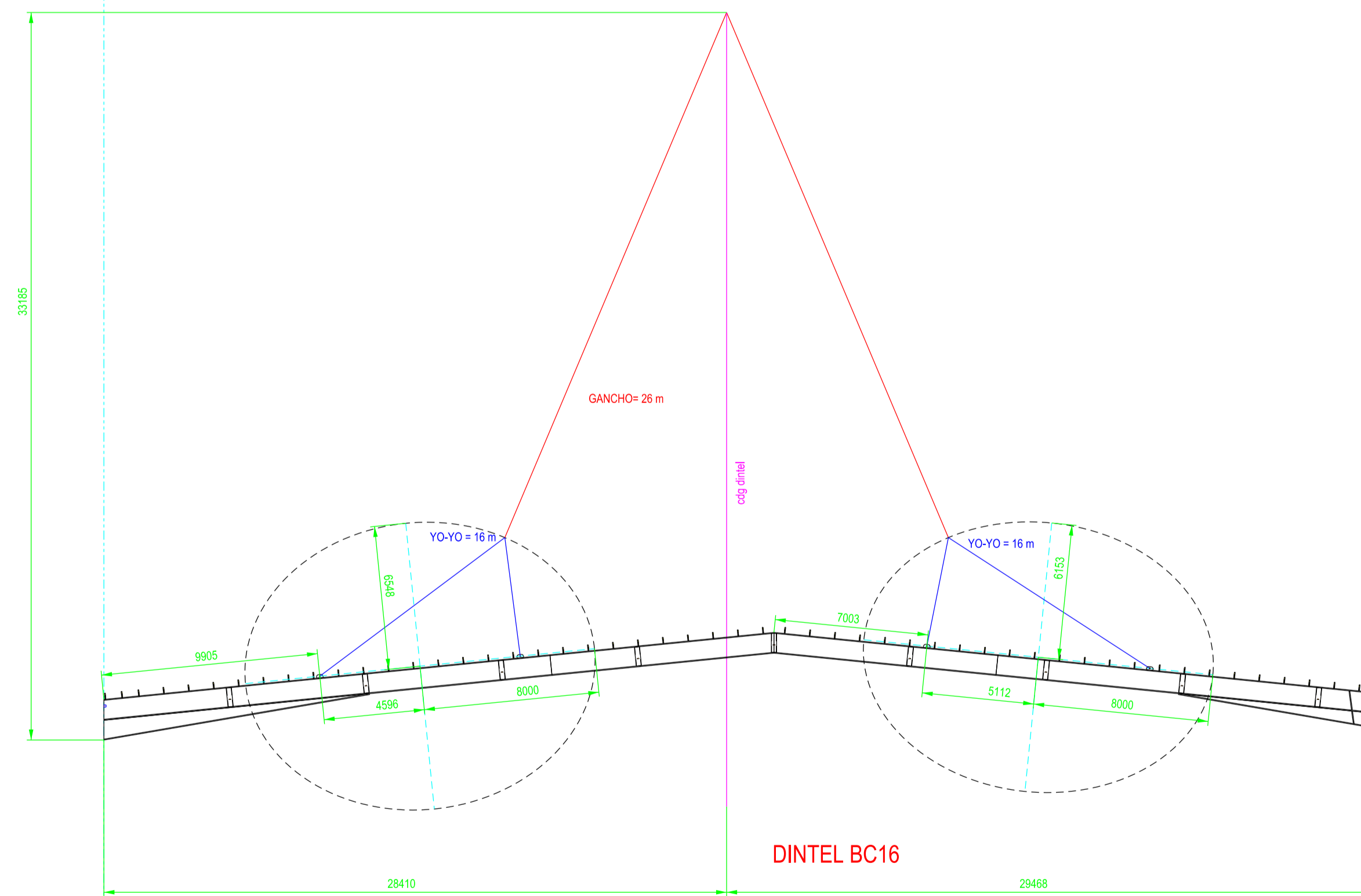
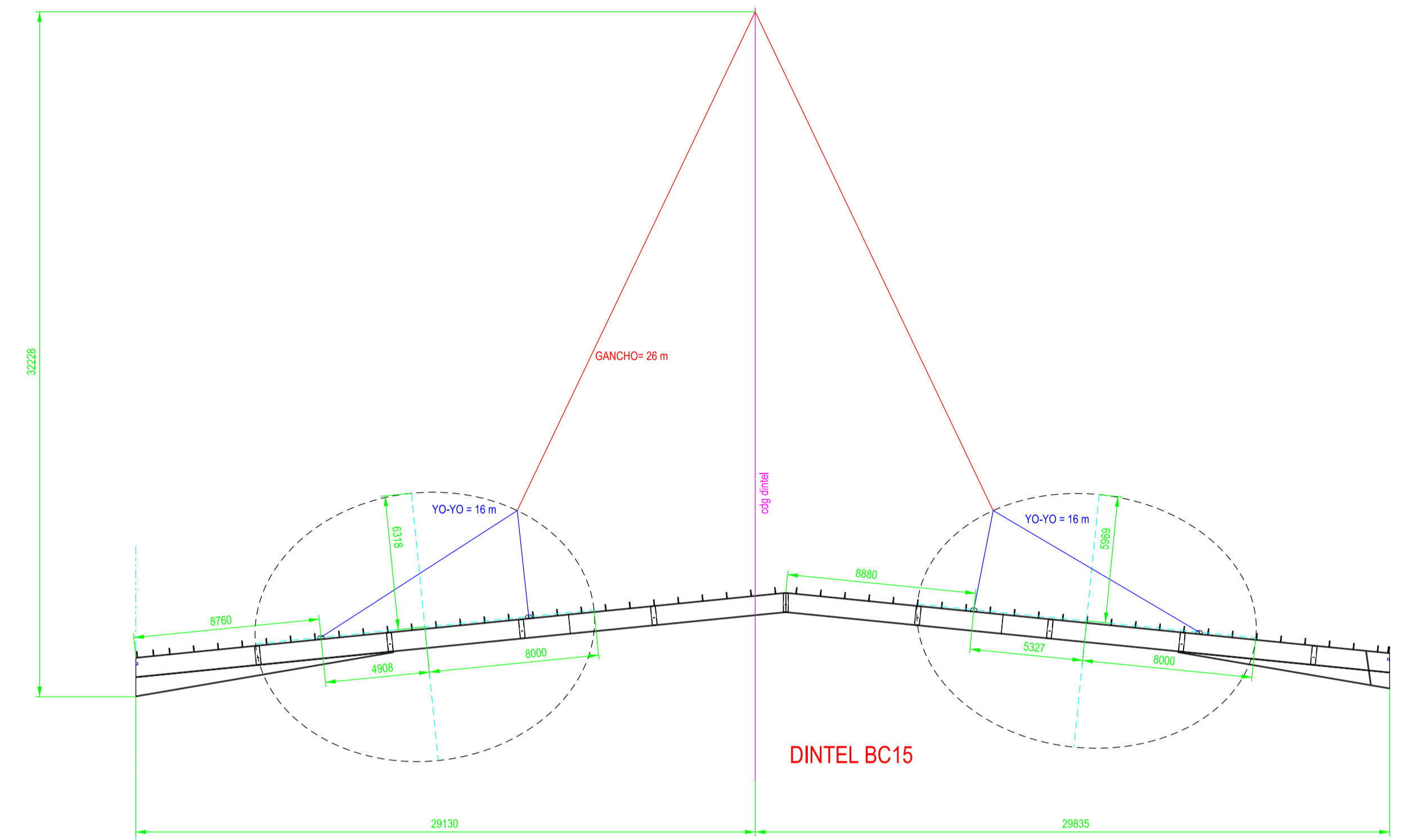
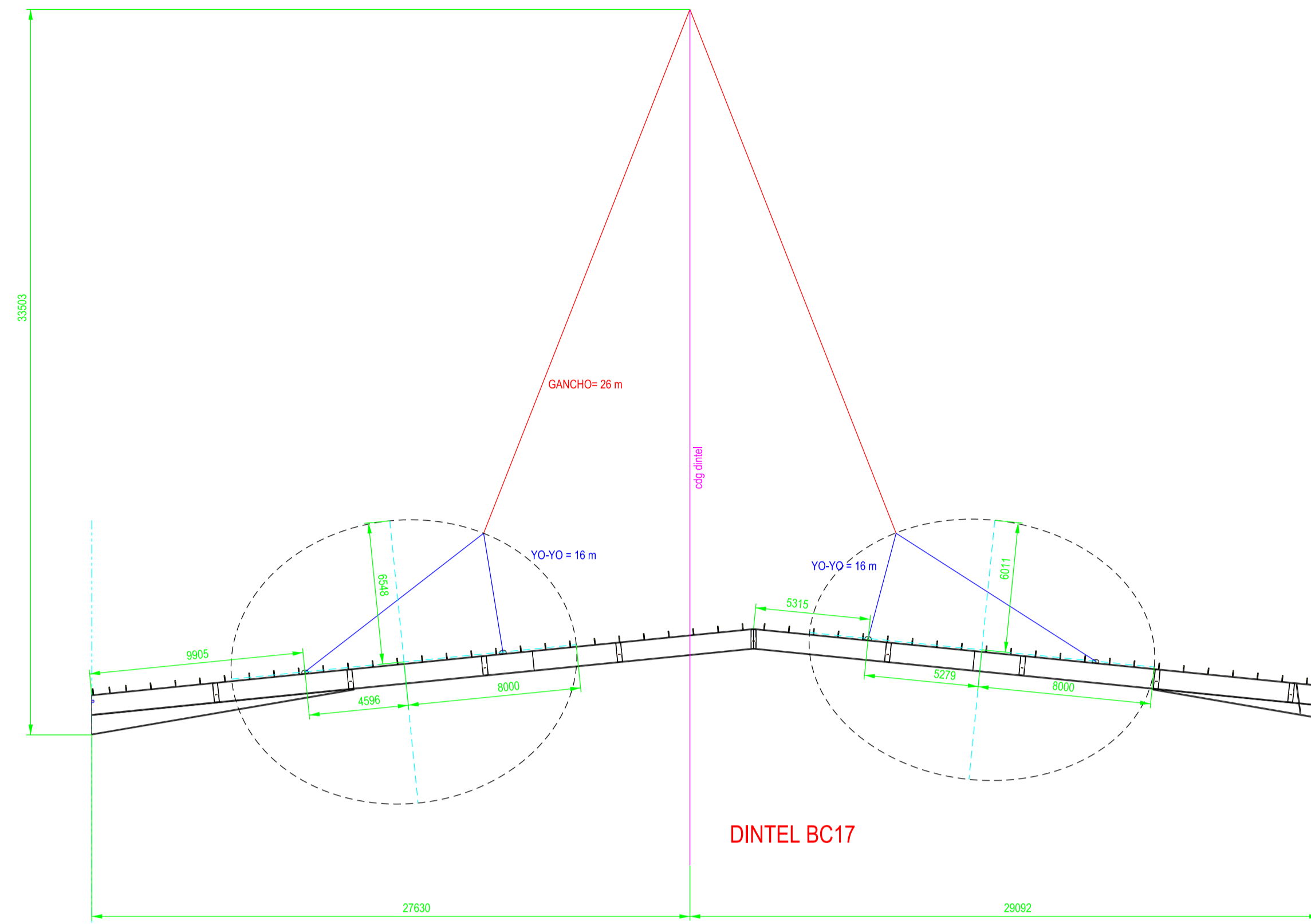
Con el estudio de maniobras obtenemos la posición de las orejetas, necesarias para planos taller dinteles
 Observemos que cada dintel tiene una posición diferente para sus cuatro orejetas

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO * Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TÍTULO PLANO: Maniobra izado dinteles asimétricos con dos poleas. Dinteles BC25 a 22	FORMATO: A1 ESCALA: 1/200	PLANO Nº: 2 PMA-26



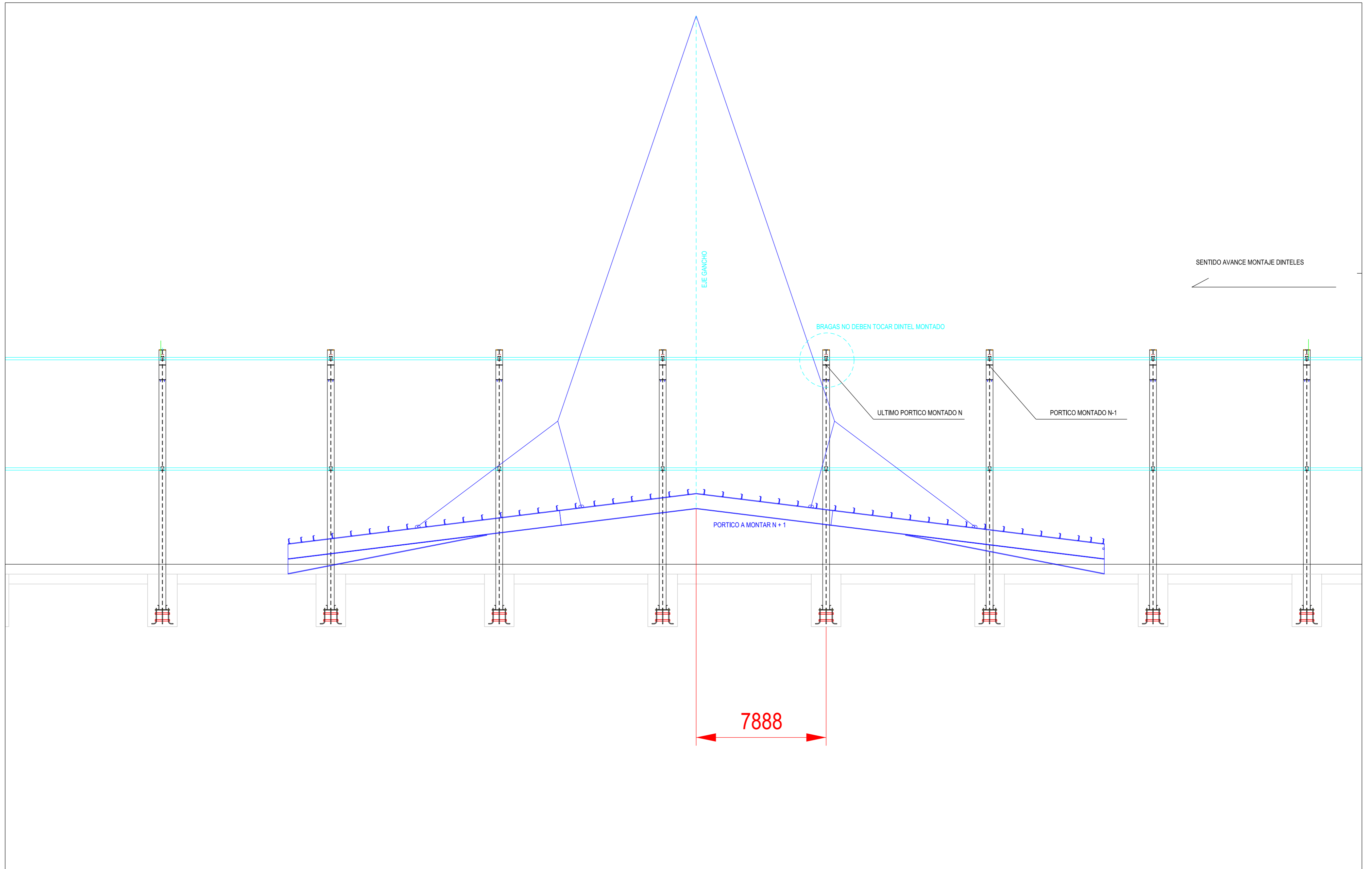
Con el estudio de maniobras obtenemos la posición de las orejetas, necesarias para planos taller dinteles
 Observemos que cada dintel tiene una posición diferente para sus cuatro orejetas

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO * Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *		
	AUTOR: Ramón Tercero Herrerros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TÍTULO PLANO: Maniobra izado dinteles asimétricos con dos poleas. Dinteles BC21 a 18	FORMATO: A1 ESCALA: 1/200	PLANO Nº: 2 PIA-27

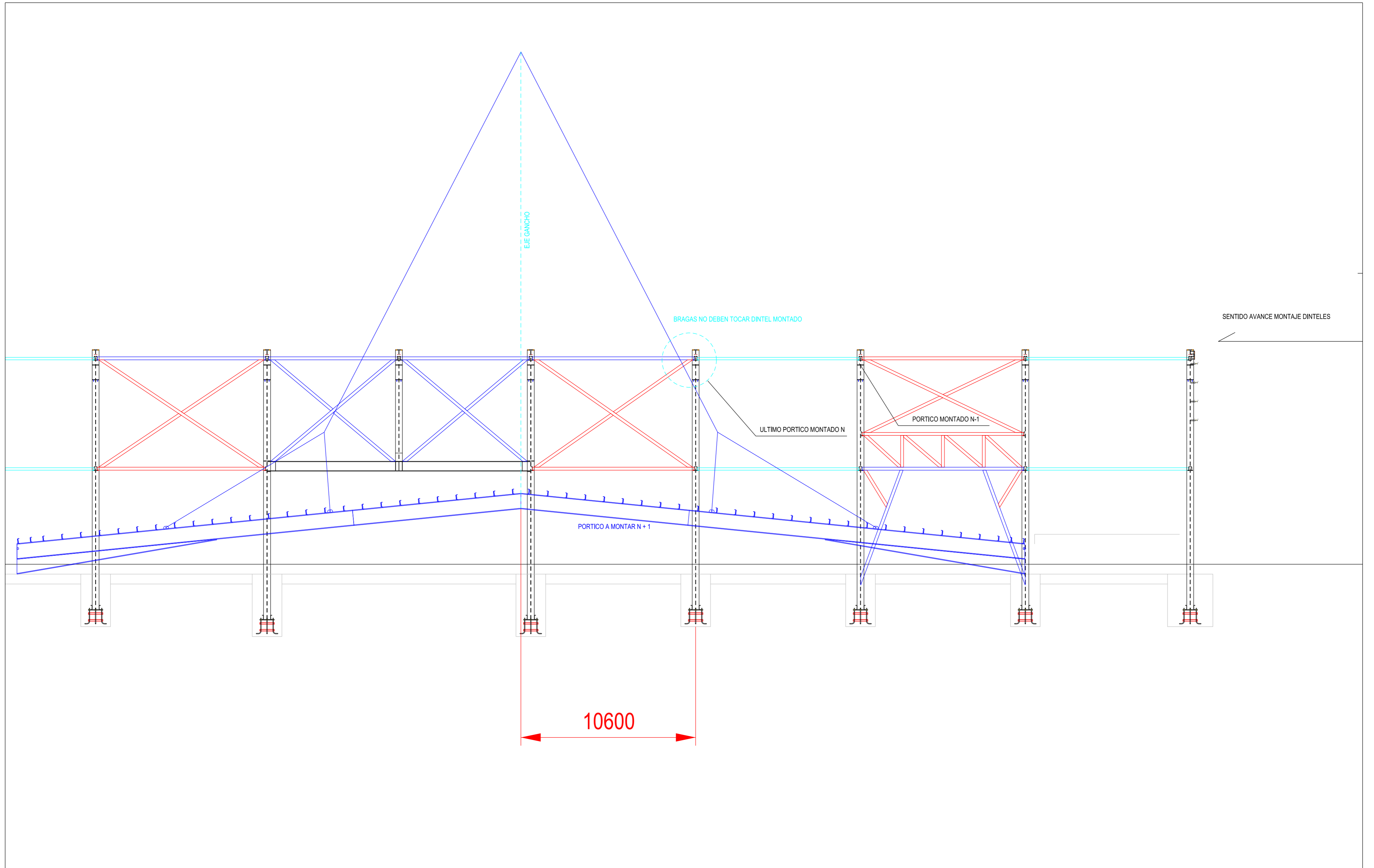


Con el estudio de maniobras obtenemos la posición de las orejetas, necesarias para planos taller dinteles
 Observemos que cada dintel tiene una posición diferente para sus cuatro orejetas

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO * Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) *		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TÍTULO PLANO: Maniobra izado dinteles asimétricos con dos poleas. Dinteles BC17 a 14	FORMATO: A1	PLANO Nº: 2
	ESCALA: 1/200	PMA-28	



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Distancia mínima posicionamiento grua en dinteles AB		FORMATO: A2 ESCALA: 1/150
	PLANO Nº: PM-29		



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO "Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón)"		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: Distancia mínima posicionamiento grua en dinteles BC		FORMATO: A2 ESCALA: 1/150
	PLANO Nº: PM-30		

TOMO III.- PLANOS

4.- PLANOS DE MONTAJE

4.5. Detalles soldaduras.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

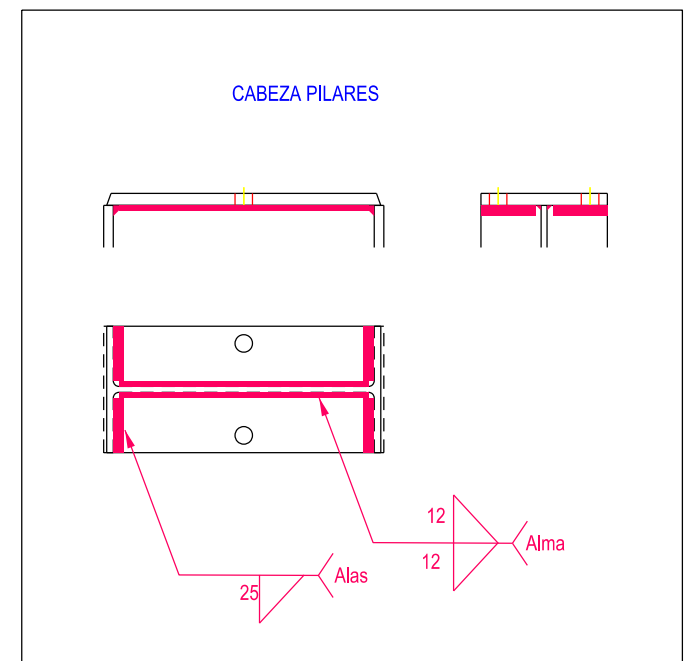
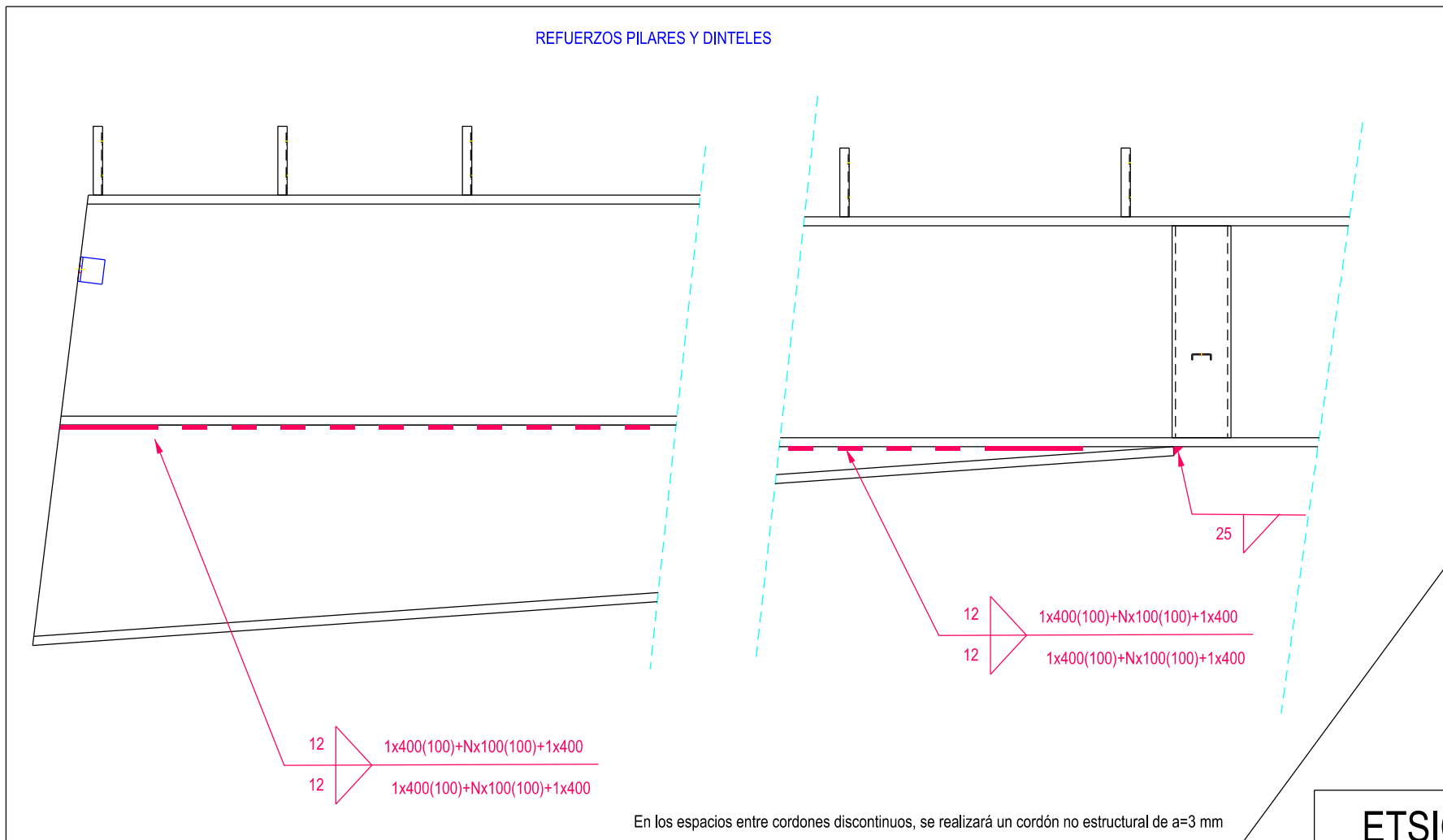
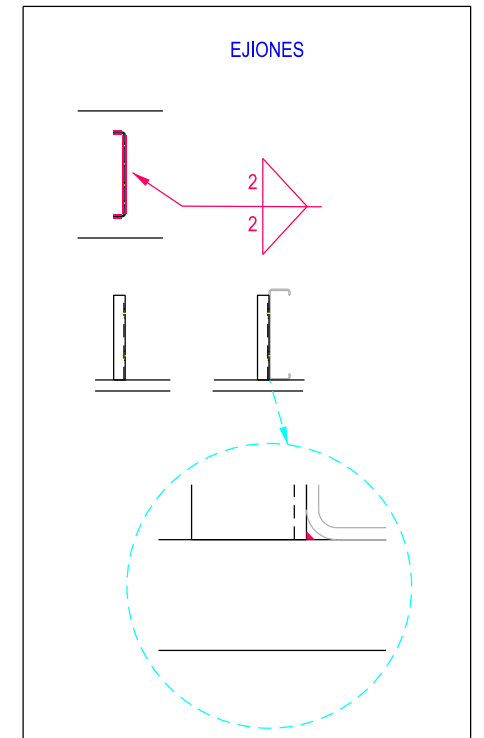
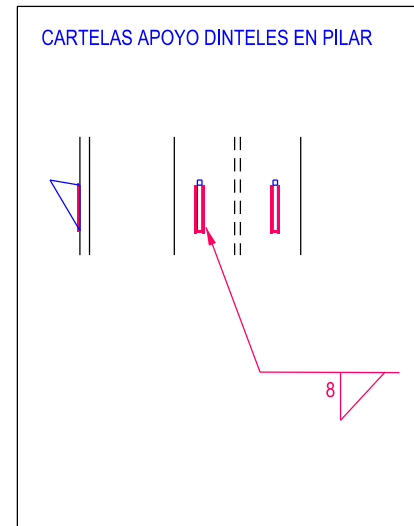
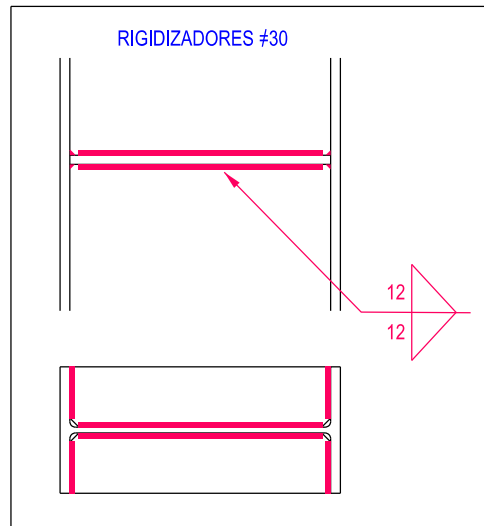
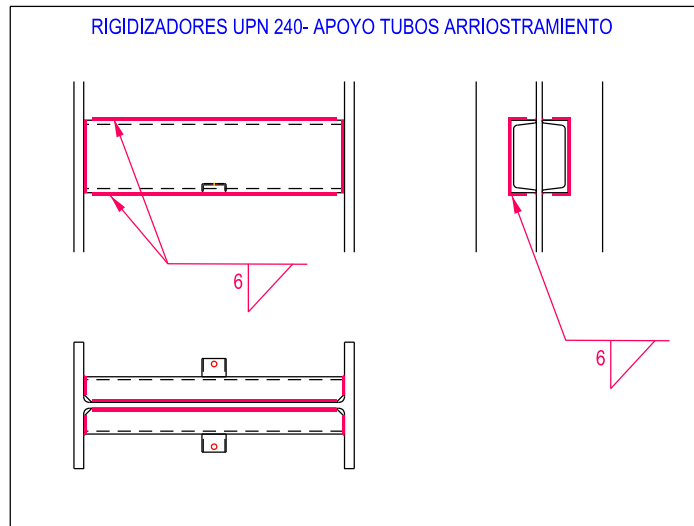
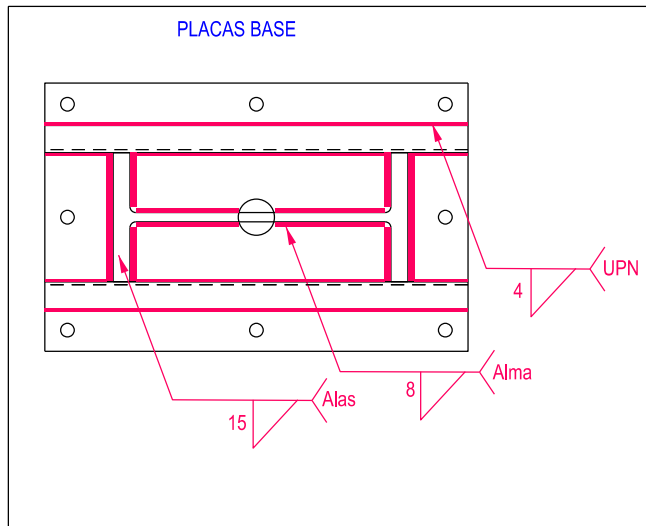
TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO Nº :

ESCALA:

PM-30A



Todas las soldaduras donde intervengan espesores de más de 35 mm, se precalentará previamente a 150 °C

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herrerros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

DETALLES SOLDADURAS ELABORADAS EN TALLER

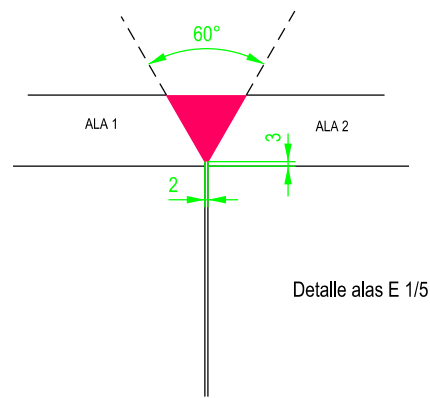
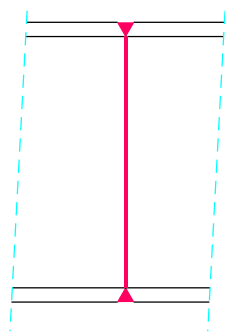
FORMATO: A3

ESCALA: 1/25

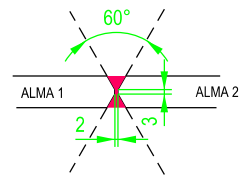
PLANO Nº:

PM-31

UNIONES DINTELES (a tope)

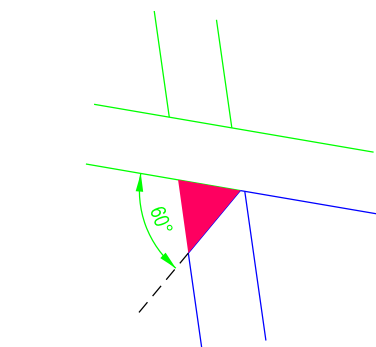
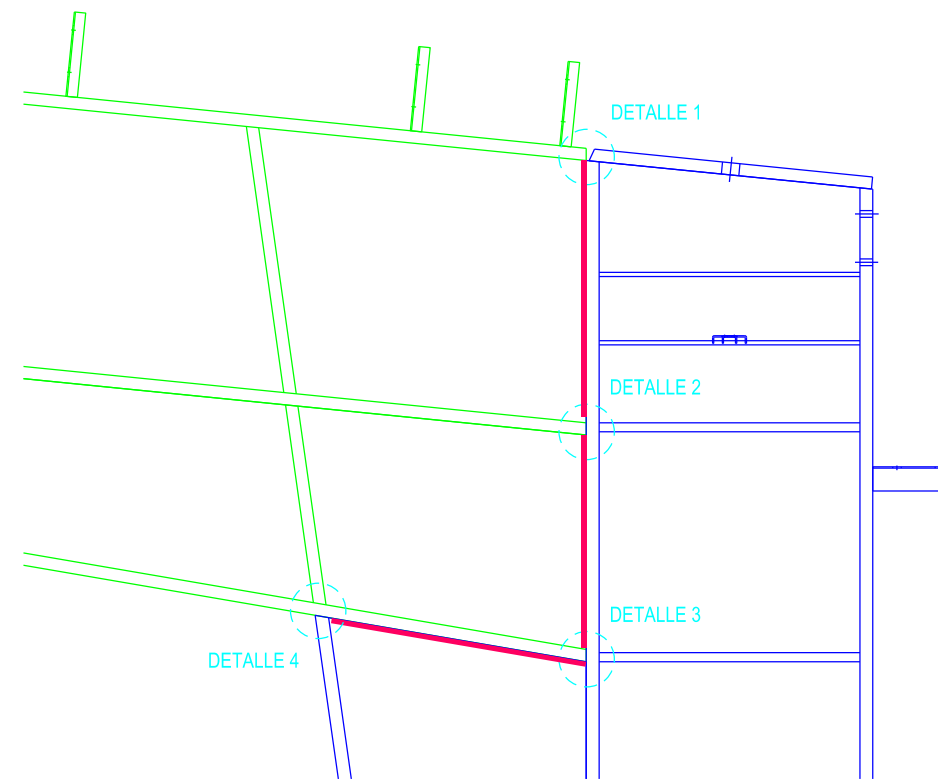


Detalle alas E 1/5

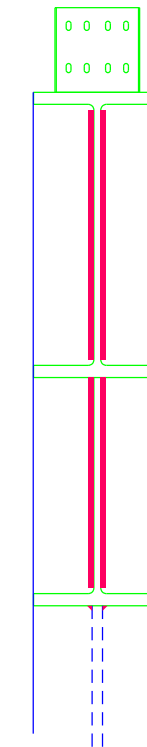


Detalle alma E 1/5

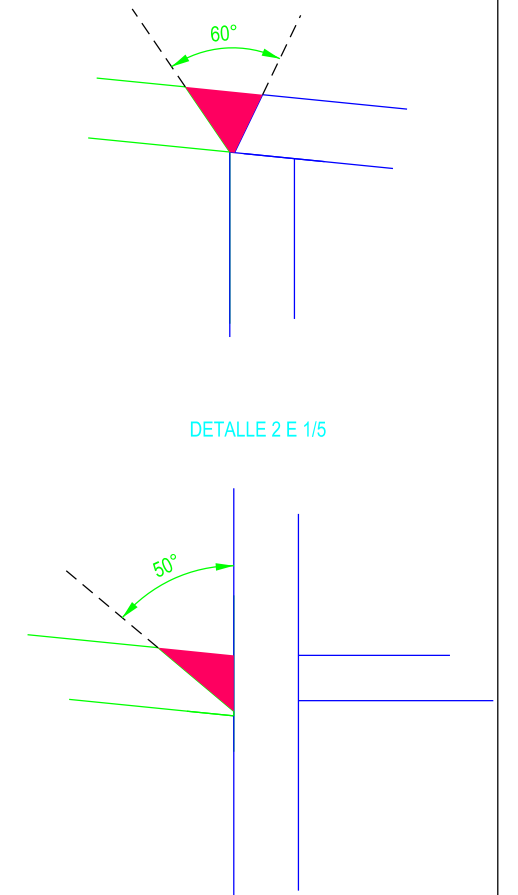
UNIONES PILAR-DINTEL



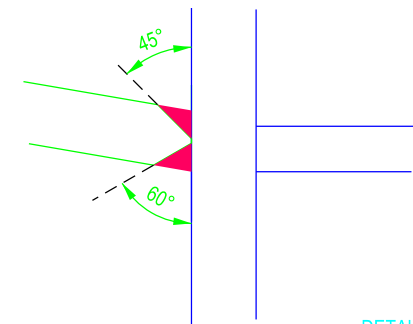
DETALLE 4 E 1/5



DETALLE 1 E 1/5



DETALLE 2 E 1/5



DETALLE 3 E 1/5

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

DETALLES SOLDADURAS ELABORADAS EN OBRA

FORMATO: A3

ESCALA: 1/25

PLANO Nº:

PM-32

TOMO IV

ANEJOS

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u>	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> A1-0A

TOMO IV.- ANEJOS

INDICE

ANEJO 1	Cálculo empotramiento pilares por prolongación del fuste. -----	A1-1
ANEJO 2	Cálculo geotécnico zapatas semiprofundas -----	A2-1
ANEJO 3	Resolución analítica viga apoyada sobre terreno (viga elástica) -----	A3-1
ANEJO 4	Cálculo posicionamiento de orejetas de montaje dinteles usando una grua y con cuatro puntos de sujeción. -----	A4-1

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción
de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO Nº :

ESCALA:

A1-0B

ANEJO 1

CÁLCULO EMPOTRAMIENTO PILARES POR PROLONGACIÓN DEL FUSTE

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u>	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO Nº :</u> A1-1

INDICE

1.- DESARROLLO TEÓRICO. -----	A1-3
2.- APLICACIÓN PRÁCTICA. -----	A1-10
2.1. Pilares HL 920x588 (Pórtico 7. Nudos 33,34 y 35)-----	A1-11
2.1. Pilares HL 920x449 (Pórtico 9. Nudos 39 y 41)-----	A1-17
2.1. Pilares HL 920x344 (Pórtico 9. Nudo 40)-----	A1-23

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> Cálculo empotramiento pilares por prolongación de fuste	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO Nº :</u> A1-2

1.- DESARROLLO TEÓRICO

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Cálculo empotramiento pilares
por prolongación de fuste

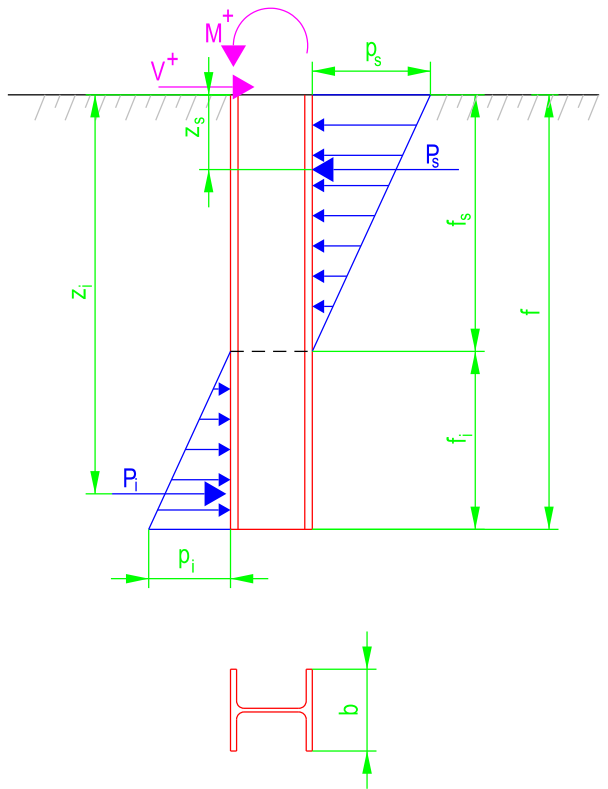
FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO Nº :

A1-3

I.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



DATOS:

V : Cortante
M : Momento flector

Resistidos por presión sobre hormigón

b : Anchura pilar (siempre +)

σ_{cd} : Presión máxima sobre hormigón

INCÓGNITAS:

Con su signo
 p_s : Presión máxima en hormigón zona superior pilar
 p_i : Presión máxima en hormigón zona inferior pilar
 P_s : Resultante presiones en zona superior pilar
 P_i : Resultante presiones en zona inferior pilar

Siempre positivas
 f : Longitud pilar a empotrar
 f_s : Longitud zona superior presiones hormigón
 f_i : Longitud zona inferior presiones hormigón

II.- IDENTIDADES VÁLIDAS INDEPENDIEMENTE DE LA RELACION ENTRE p_s y p_i

$$f = f_i + f_s$$

$$P_s = \frac{1}{2} \cdot b \cdot f_s \cdot p_s$$

$$z_s = \frac{1}{3} f_s$$

Equilibrio de fuerzas :

$$V + P_s + P_i = 0$$

$$P_i = \frac{1}{2} \cdot b \cdot f_i \cdot p_i$$

$$z_i = f - \frac{1}{3} f_i$$

Equilibrio de momentos:

$$M + P_s z_s + P_i z_i = 0$$

$p_s \cdot p_i < 0$ (tienen signo contrario)

$P_i \cdot P_s < 0$ (tienen signo contrario)

$$\frac{p_s}{f_s} = - \frac{p_i}{f_i}$$

$$p_i = - \frac{[f - f_s]}{f_s} p_s$$

$$p_s = - \frac{[f - f_i]}{f_i} p_i$$

El signo - viene motivado por que las f son siempre positivas y $p_s \cdot p_i < 0$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Cálculo empotramiento pilares por prolongación de fuste

FORMATO : A4

ESCALA: S/E

PLANO N° :

A1-4

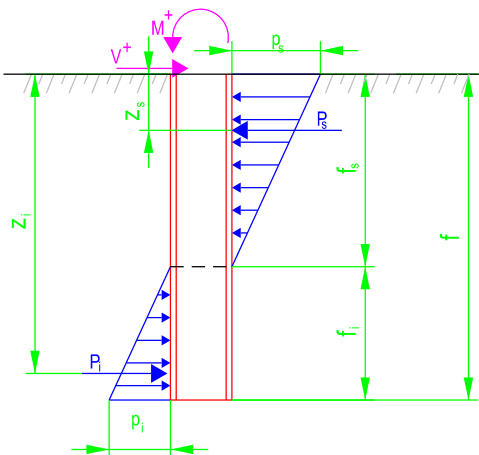
III.- ANÁLISIS CASOS HIPÓTESIS A: $|P_s| > |P_i| \Leftrightarrow |R_s| > |P_i| \Leftrightarrow |R_s| > |V| \Leftrightarrow P_s \cdot V < 0 \Leftrightarrow f_s > f_i$

CORTANTE V^+ grande
FLECTOR M^+ pequeño

Muy probable hipótesis A

$P_s = \sigma_{cd} (<0)$

$|R_s| > |V|$

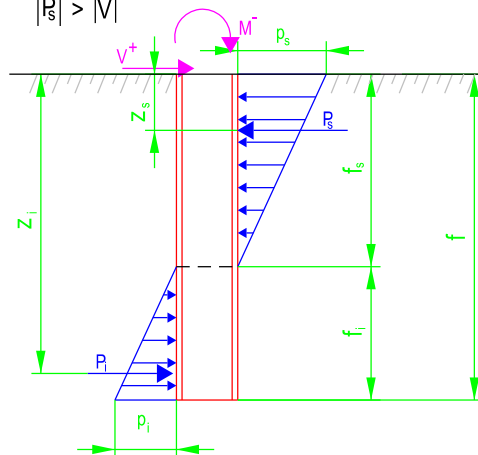


CORTANTE V^+
FLECTOR M^-

Siempre hipótesis A

$P_s = \sigma_{cd} (<0)$

$|R_s| > |V|$

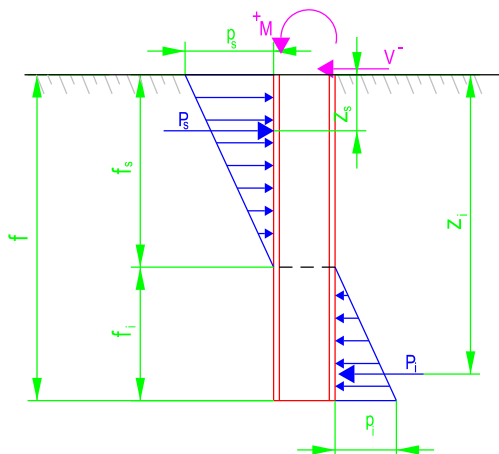


CORTANTE V^-
FLECTOR M^+

Siempre hipótesis A

$P_s = \sigma_{cd} (>0)$

$|R_s| > |V|$

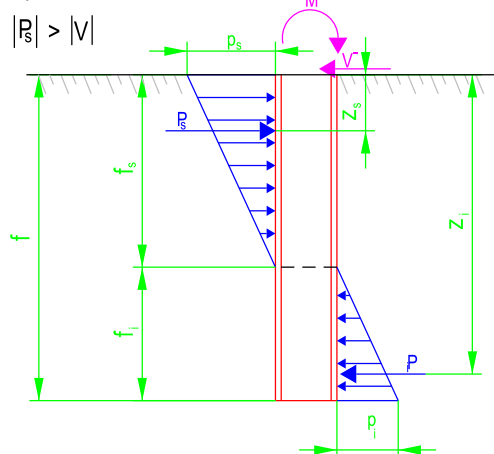


CORTANTE V^- grande
FLECTOR M^- pequeño

Muy probable hipótesis A

$P_s = \sigma_{cd} (>0)$

$|R_s| > |V|$



- Si $V \cdot M < 0 \Rightarrow$ HIPÓTESIS A
- Si $M = 0 \Rightarrow$ HIPÓTESIS A
- Si $V = 0 \Rightarrow$ HIPÓTESIS A / B (da igual)

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO: A4

PLANO Nº:

ESCALA:

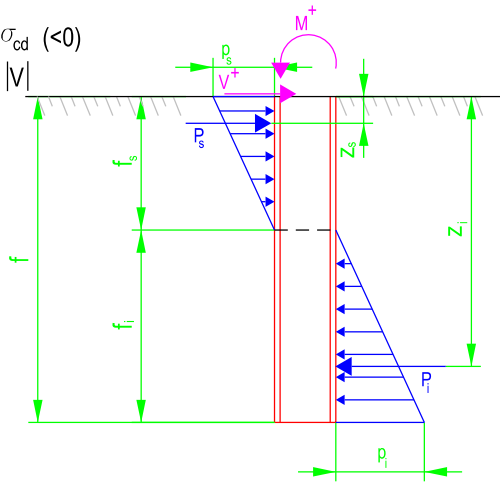
S/E

A1-5

IV.- ANÁLISIS CASOS HIPÓTESIS B: $|P_i| > |P_s| \Leftrightarrow |P_i| > |P_s| \Leftrightarrow |P_i| > |V| \Leftrightarrow P_i \cdot V < 0 \Leftrightarrow f_i > f_s$

CORTANTE V^+ pequeño
FLECTOR M^+ grande

$p_i = \sigma_{cd} (<0)$
 $|P_i| > |V|$



CORTANTE V^+
FLECTOR M^-

NO ES POSIBLE HIPÓTESIS B

CORTANTE V^-
FLECTOR M^+

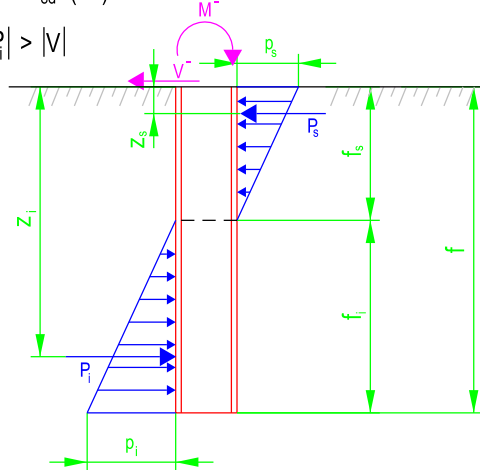
NO ES POSIBLE HIPÓTESIS B

CORTANTE V^- pequeño
FLECTOR M^- grande

Muy probable hipótesis B

$p_i = \sigma_{cd} (>0)$

$|P_i| > |V|$



Si $V \cdot M < 0 \Rightarrow$ NO ES POSIBLE HIPÓTESIS B

Si $M = 0 \Rightarrow$ NO ES POSIBLE HIPÓTESIS B

Si $V = 0 \Rightarrow$ HIPÓTESIS A / B (da igual)

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO: A4

PLANO Nº:

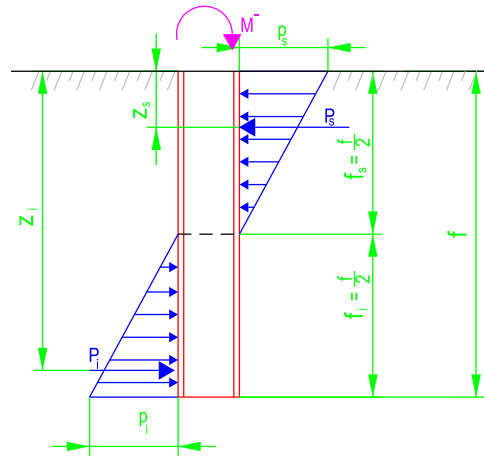
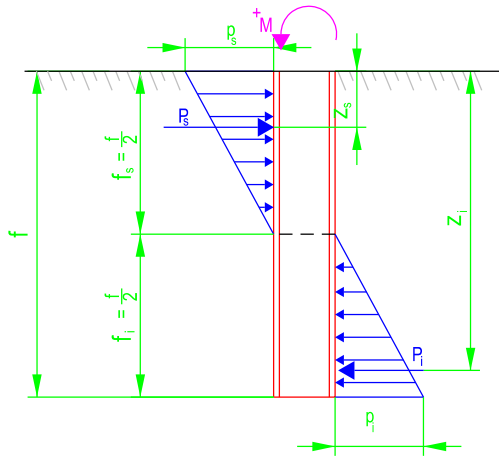
ESCALA:

S/E

A1-6

V.- CASO PARTICULAR V=0 :

$$|p_s| = |p_i| \Leftrightarrow |R_s| = |P_i| \Leftrightarrow f_s = f_i = \frac{f}{2} \quad M \cdot p_s > 0$$



$$f = \sqrt{\frac{6 M}{b \sigma_{cd}}}$$

$$f_s = f_i = \frac{f}{2}$$

$$|p_s| = |p_i| = |\sigma_{cd}|$$

$$M \cdot p_s > 0$$

$$p_i = -p_s$$

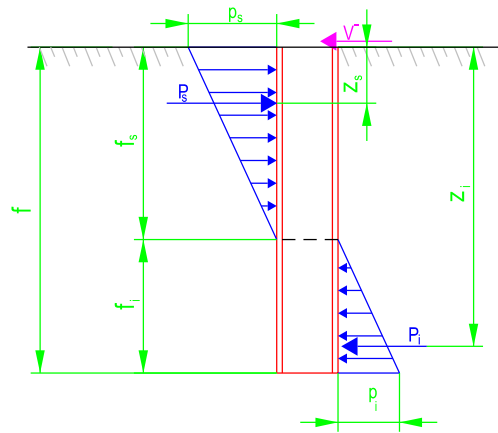
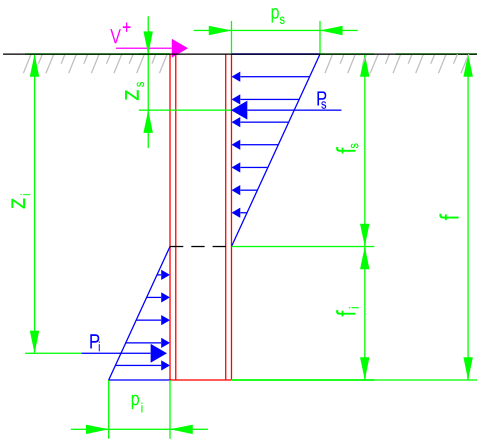
$$R_s = \sqrt{\frac{3 M b \sigma_{cd}}{8}}$$

$$R_s = 0,75 \frac{M}{f_s} \quad P_i = -R_s$$

VI.- CASO PARTICULAR M=0 :

$$|p_s| > |p_i| \Leftrightarrow |R_s| > |P_i| \Leftrightarrow |R_s| > |V| \Leftrightarrow R_s \cdot V < 0 \Leftrightarrow f_s > f_i$$

(es hipótesis A. No es posible hipótesis B)



(lleva el signo contrario de V)

$$f = -4 \frac{V}{b \sigma_{cd}}$$

$$f_s = \frac{-8}{3} \frac{V}{b \sigma_{cd}}$$

$$f_i = \frac{-4}{3} \frac{V}{b \sigma_{cd}}$$

$$p_s = \sigma_{cd}$$

$$p_i = -\frac{f_i}{f_s} p_s = -\frac{1}{2} \sigma_{cd}$$

$$R_s = -\frac{4 V}{3}$$

$$P_i = \frac{V}{3}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA:

S/E

A1-7

VII.- HIPÓTESIS A: Suponemos que $|P_s| > |P_i| \Leftrightarrow |R_s| > |P_i| \Leftrightarrow |R_s| > |V| \Leftrightarrow P_s \cdot V < 0 \Leftrightarrow f_s > f_i$

$P_s \equiv \sigma_{cd}$ (con signo) $\left\{ \begin{array}{l} \text{Si } V=0 \text{ lleva el signo de } M \\ \text{Si } V \neq 0 \text{ Lleva el signo contrario que el signo de } V \end{array} \right.$

$P_i \cdot V > 0$

Resolvemos la ecuación cuadrática en f_s :

$$f_s^2 \left[3V^2 + 6bM\sigma_{cd} \right] + f_s \left[18VM + \frac{8V^3}{b\sigma_{cd}} \right] - 9M^2 = 0$$

$$A_2 = 3V^2 + 6bM\sigma_{cd}$$

$$A_1 = 18VM + \frac{8V^3}{b\sigma_{cd}}$$

$$A_0 = -9M^2$$

$$\Delta = A_1^2 - 4A_2A_0$$

Si $\Delta < 0 \Rightarrow$ NO ES POSIBLE HIPOTESIS A. PROBAR LA B

$$(f_s)_1 = \frac{-A_1 + \sqrt{\Delta}}{2A_2}$$

$$(f_s)_2 = \frac{-A_1 - \sqrt{\Delta}}{2A_2}$$

Si $(f_s)_1 < 0$ y $(f_s)_2 < 0 \Rightarrow$ NO ES POSIBLE HIPOTESIS A. PROBAR LA B

Si $A_2 = 0$ (ecuación de grado 1) $\Rightarrow (f_s)_1 = (f_s)_2 = \frac{-A_0}{A_1}$

Una vez calculado f_s : (ojo con los signos)

$$P_s = \frac{1}{2} b f_s \sigma_{cd}$$

$$f = f_s \left[1 + \sqrt{1 + \frac{V}{P_s}} \right] \text{ nota: } V \cdot P_s < 0 \text{ pero } |V| < |P_s|$$

$$f_s > f_i$$

$$f_i = f - f_s$$

$$P_s \equiv \sigma_{cd}$$

Comprobación equilibrio de fuerzas : $K_F = 0$

$$P_i = - \frac{f_i}{f_s} P_s$$

$$K_F = V + P_s + P_i$$

$$P_i = \frac{1}{2} b f_i P_s$$

$$P_s = \frac{1}{2} b f_s P_s$$

Comprobación equilibrio de momentos: $K_M = 0$

$$Z_s = \frac{1}{3} f_s$$

$$K_M = M + P_s Z_s + P_i Z_i$$

$$Z_i = f - \frac{1}{3} f_i$$

Si $|P_s| < |V| \Rightarrow$ NO ES POSIBLE HIPOTESIS A. PROBAR LA B

Si $f_s < f_i \Rightarrow$ NO ES POSIBLE HIPOTESIS A. PROBAR LA B

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO : A4

PLANO N° :

ESCALA: S/E

A1-8

VIII.- HIPÓTESIS B: Suponemos que $|p_i| > |p_s| \Leftrightarrow |P_i| > |P_s| \Leftrightarrow |P_i| > |V| \Leftrightarrow P_i \cdot V < 0 \Leftrightarrow f_i > f_s$
 $P_s \cdot V > 0$

$p_i \equiv \sigma_{cd}$ (con signo) Lleva el signo contrario que el signo de V

Resolvemos la ecuación cuadrática en f_i :

$$f_i^2 \left[3V^2 + 6bM\sigma_{cd} \right] + f_i \left[-\frac{2V^3}{b\sigma_{cd}} \right] + 9M^2 = 0$$

Si llamamos:

$$A_2 = 3V^2 + 6bM\sigma_{cd}$$

$$A_1 = -\frac{2V^3}{b\sigma_{cd}}$$

$$A_0 = 9M^2$$

$$\Delta = A_1^2 - 4A_2A_0$$

Si $\Delta < 0 \Rightarrow$ NO ES POSIBLE HIPOTESIS B. PROBAR LA A

$$(f_i)_1 = \frac{-A_1 + \sqrt{\Delta}}{2A_2}$$

$$(f_i)_2 = \frac{-A_1 - \sqrt{\Delta}}{2A_2}$$

Si $(f_i)_1 < 0$ y $(f_i)_2 < 0 \Rightarrow$
 NO ES POSIBLE HIPOTESIS B. PROBAR LA A

Una vez calculado f_i : (ojo con los signos)

$$P_i = \frac{1}{2} b f_i \sigma_{cd}$$

$$f = f_i \left[1 + \sqrt{1 + \frac{V}{P_i}} \right] \text{ nota: } V \cdot P < 0 \text{ pero } |V| < |P_i|$$

$f_i > f_s$

$$f_s = f - f_i$$

$$p_i \equiv \sigma_{cd}$$

$$p_s = -\frac{f_s}{f_i} p_i$$

Comprobación equilibrio de fuerzas : $K_F = 0$

$$P_i = \frac{1}{2} b f_i p_i$$

$$K_F = V + P_s + P_i$$

$$P_s = \frac{1}{2} b f_s p_s$$

$$z_i = f - \frac{1}{3} f_i$$

Comprobación equilibrio de momentos: $K_M = 0$

$$K_M = M + P_s z_s + P_i z_i$$

$$z_s = \frac{1}{3} f_s$$

Si $|P_i| < |V| \Rightarrow$ NO ES POSIBLE HIPOTESIS B. PROBAR LA A

Si $f_i < f_s \Rightarrow$ NO ES POSIBLE HIPOTESIS B. PROBAR LA A

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

FORMATO: A4

PLANO N°:

ESCALA: S/E

A1-9

2.- APLICACIÓN PRÁCTICA.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Cálculo empotramiento pilares
por prolongación de fuste

FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO N° :

A1-10

2.1.- HL 920x588.

(Pórtico 7. Nudos 33,34 y 35)

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Cálculo empotramiento pilares
por prolongación de fuste

FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO Nº :

A1-11



CÁLCULO DEL EMPOTRAMIENTO POR PROLONGACIÓN DEL FUSTE PARA LOS PILARES HL 920x588

A continuación se lista las reacciones (mayoradas) de los nudos 33,34 y 35 (pórtico 7), que junto al pórtico 5 es donde se sitúan los pilares HL 920x588. Las situaciones de cálculo más desfavorable son C2I y C1V.

También tendremos en cuenta que el empotramiento, al menos, resista el 50% del cortante plástico y el 75% del momento plástico, es decir:

$$V_{pl,y} = \frac{A_{v,y} f_y}{\gamma_{m0}} = 309,26 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 x \frac{255 \text{ N/mm}^2}{1,05} = 4.3337 \text{ kN} \Rightarrow Vd=0,5x4.337 \text{ kN} =2.168 \text{ kN}$$

$$M_{pl,z} = W_{pl,z} \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 27.845 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 x \frac{255 \text{ N/mm}^2}{1,05} = 6.763 \text{ mkN} \Rightarrow Md= 0,75x6.763 \text{ mkN} =5.072 \text{ mkN}$$

LISTADO DE REACCIONES

PROYECTO : TFG

ESTRUCTURA: CALC2I DESP XG- (ESTRUCTURA TFG CALC2I)

Reacciones. Ejes generales, Acero, E.L.U., mayoradas

NN	Pilar	Tipo	HIP	Id	Mx (mT)	My	Mz	Fx (T)	Fy	Fz
33	39	xyzxyz +		D	+8,02	+0,02	+76,03	+71,87	+84,22	+1,53
33	39	xyzxyz -		D	-5,43	-0,01	-345,87	-12,51	-8,33	-0,98
33	39	xyzxyz Mx+		73D	+8,02	+0,02	-330,15	+62,98	+66,51	+1,53
33	39	xyzxyz Mx-		86D	-5,43	-0,01	+61,77	-10,10	-7,18	-0,98
33	39	xyzxyz My+		58D	+5,03	+0,02	-345,87	+71,87	+78,46	+1,00
33	39	xyzxyz My-		94D	-4,97	-0,01	+74,06	-11,63	-7,34	-0,86
33	39	xyzxyz Mz+		96D	+6,57	-0,01	+76,03	-12,51	-8,33	+1,21
33	39	xyzxyz Mz-		58D	+5,03	+0,02	-345,87	+71,87	+78,46	+1,00
33	39	xyzxyz Fx+		58D	+5,03	+0,02	-345,87	+71,87	+78,46	+1,00
33	39	xyzxyz Fx-		96D	+6,57	-0,01	+76,03	-12,51	-8,33	+1,21
33	39	xyzxyz Fy+		61D	+4,93	+0,01	-200,83	+55,71	+84,22	+0,98
33	39	xyzxyz Fy-		96D	+6,57	-0,01	+76,03	-12,51	-8,33	+1,21
33	39	xyzxyz Fz+		73D	+8,02	+0,02	-330,15	+62,98	+66,51	+1,53
33	39	xyzxyz Fz-		86D	-5,43	-0,01	+61,77	-10,10	-7,18	-0,98
34	40	xyzxyz +		D	+29,79	+0,24	+288,53	+10,72	+194,80	+8,99
34	40	xyzxyz -		D	-30,89	-0,07	-79,15	-41,49	-48,37	-9,22
34	40	xyzxyz Mx+		87D	+29,79	-0,06	-59,28	+9,85	-48,37	+8,99
34	40	xyzxyz Mx-		79D	-30,89	+0,04	+55,82	-9,02	+68,21	-9,22
34	40	xyzxyz My+		61D	+4,58	+0,24	+270,17	-41,27	+179,61	+0,53
34	40	xyzxyz My-		94D	-23,50	-0,07	-50,49	+9,11	-33,18	-6,88
34	40	xyzxyz Mz+		62D	+18,18	+0,23	+288,53	-41,49	+149,55	+4,50
34	40	xyzxyz Mz-		90D	+23,17	+0,00	-79,15	+5,85	+57,70	+6,42
34	40	xyzxyz Fx+		96D	+28,19	-0,06	-62,03	+10,72	-44,97	+8,46
34	40	xyzxyz Fx-		62D	+18,18	+0,23	+288,53	-41,49	+149,55	+4,50
34	40	xyzxyz Fy+		70D	-16,21	+0,20	+196,48	-32,62	+194,80	-5,38
34	40	xyzxyz Fy-		87D	+29,79	-0,06	-59,28	+9,85	-48,37	+8,99
34	40	xyzxyz Fz+		87D	+29,79	-0,06	-59,28	+9,85	-48,37	+8,99
34	40	xyzxyz Fz-		79D	-30,89	+0,04	+55,82	-9,02	+68,21	-9,22
35	41	xyzxyz +		D	+12,95	+0,65	+390,08	+13,17	+99,10	+3,54
35	41	xyzxyz -		D	-9,86	-0,19	-103,49	-68,63	-7,32	-2,99
35	41	xyzxyz Mx+		76D	+12,95	+0,57	+365,83	-61,36	+79,49	+3,50
35	41	xyzxyz Mx-		86D	-9,86	-0,18	-72,19	+9,29	-2,38	-2,96
35	41	xyzxyz My+		61D	+8,41	+0,65	+390,08	-68,63	+92,52	+2,15



35	41	xyzxyz	My-	94D	-9,39	-0,19	-86,75	+10,65	-1,92	-2,83
35	41	xyzxyz	Mz+	61D	+8,41	+0,65	+390,08	-68,63	+92,52	+2,15
35	41	xyzxyz	Mz-	96D	+9,71	-0,18	-103,49	+13,17	-6,87	+2,83
35	41	xyzxyz	Fx+	96D	+9,71	-0,18	-103,49	+13,17	-6,87	+2,83
35	41	xyzxyz	Fx-	61D	+8,41	+0,65	+390,08	-68,63	+92,52	+2,15
35	41	xyzxyz	Fy+	70D	+2,54	+0,62	+305,79	-61,02	+99,10	+0,41
35	41	xyzxyz	Fy-	87D	+9,23	-0,18	-88,96	+11,81	-7,32	+2,70
35	41	xyzxyz	Fz+	159D	+12,66	+0,44	+299,24	-48,81	+52,84	+3,54
35	41	xyzxyz	Fz-	3D	-9,70	-0,06	-7,51	-3,10	+24,28	-2,99

LISTADO DE REACCIONES

PROYECTO : TFG
ESTRUCTURA: CALC1V DESP XG+ (ESTRUCTURA TFG CALC1V)

Reacciones. Ejes generales, Acero, E.L.U., mayoradas

NN	Pilar	Tipo	HIP	Id	Mx (mT)	My	Mz	Fx (T)	Fy	Fz
33	39	xyzxyz	+	D	+7,42	+0,02	+62,91	+64,60	+73,02	+1,39
33	39	xyzxyz	-	D	-7,10	-0,01	-400,07	-10,92	-8,15	-1,40
33	39	xyzxyz	Mx+	16D	+7,42	+0,02	-296,77	+54,25	+57,85	+1,39
33	39	xyzxyz	Mx-	48D	-7,10	-0,01	-24,63	-2,97	-6,09	-1,40
33	39	xyzxyz	My+	27D	+5,76	+0,02	-382,05	+61,12	+58,88	+0,98
33	39	xyzxyz	My-	40D	-5,43	-0,01	+60,94	-10,03	-7,16	-0,98
33	39	xyzxyz	Mz+	41D	+6,10	-0,00	+62,91	-10,92	-8,15	+1,09
33	39	xyzxyz	Mz-	26D	+2,02	+0,02	-400,07	+63,21	+62,62	+0,25
33	39	xyzxyz	Fx+	25D	+3,20	+0,02	-368,68	+64,60	+67,27	+0,54
33	39	xyzxyz	Fx-	41D	+6,10	-0,00	+62,91	-10,92	-8,15	+1,09
33	39	xyzxyz	Fy+	28D	+3,10	+0,01	-223,96	+48,42	+73,02	+0,53
33	39	xyzxyz	Fy-	41D	+6,10	-0,00	+62,91	-10,92	-8,15	+1,09
33	39	xyzxyz	Fz+	16D	+7,42	+0,02	-296,77	+54,25	+57,85	+1,39
33	39	xyzxyz	Fz-	48D	-7,10	-0,01	-24,63	-2,97	-6,09	-1,40
34	40	xyzxyz	+	D	+29,79	+0,20	+265,66	+10,00	+156,16	+9,08
34	40	xyzxyz	-	D	-27,72	-0,07	-77,24	-37,62	-56,88	-8,19
34	40	xyzxyz	Mx+	41D	+29,79	-0,06	-60,52	+10,00	-48,37	+8,99
34	40	xyzxyz	Mx-	33D	-27,72	+0,01	+30,97	-5,78	+32,64	-8,14
34	40	xyzxyz	My+	18D	+19,74	+0,20	+265,66	-37,59	+125,85	+5,07
34	40	xyzxyz	My-	48D	-22,05	-0,07	-51,51	+8,27	-45,05	-6,33
34	40	xyzxyz	Mz+	18D	+19,74	+0,20	+265,66	-37,59	+125,85	+5,07
34	40	xyzxyz	Mz-	44D	+24,68	+0,00	-77,24	+4,62	+45,79	+7,03
34	40	xyzxyz	Fx+	41D	+29,79	-0,06	-60,52	+10,00	-48,37	+8,99
34	40	xyzxyz	Fx-	30D	+19,64	+0,20	+262,41	-37,62	+117,38	+5,17
34	40	xyzxyz	Fy+	14D	-11,16	+0,17	+168,35	-28,49	+156,16	-3,79
34	40	xyzxyz	Fy-	50D	+29,67	-0,06	-63,21	+9,91	-56,88	+9,08
34	40	xyzxyz	Fz+	50D	+29,67	-0,06	-63,21	+9,91	-56,88	+9,08
34	40	xyzxyz	Fz-	20D	-27,57	+0,02	+33,65	-5,68	+41,12	-8,19
35	41	xyzxyz	+	D	+12,12	+0,60	+417,50	+11,89	+85,02	+3,33
35	41	xyzxyz	-	D	-12,08	-0,18	-89,82	-67,41	-12,44	-3,55
35	41	xyzxyz	Mx+	18D	+12,12	+0,48	+334,06	-53,59	+69,47	+3,30
35	41	xyzxyz	Mx-	48D	-12,08	-0,12	+1,56	-1,24	-7,49	-3,53
35	41	xyzxyz	My+	28D	+5,70	+0,60	+398,74	-66,28	+74,09	+1,50
35	41	xyzxyz	My-	40D	-9,86	-0,18	-73,05	+9,37	-2,41	-2,96
35	41	xyzxyz	Mz+	29D	+3,99	+0,58	+417,50	-67,41	+64,80	+1,08
35	41	xyzxyz	Mz-	41D	+9,23	-0,18	-89,82	+11,89	-7,35	+2,70
35	41	xyzxyz	Fx+	41D	+9,23	-0,18	-89,82	+11,89	-7,35	+2,70
35	41	xyzxyz	Fx-	29D	+3,99	+0,58	+417,50	-67,41	+64,80	+1,08
35	41	xyzxyz	Fy+	14D	+1,29	+0,50	+264,88	-50,46	+85,02	+0,10
35	41	xyzxyz	Fy-	50D	+7,00	-0,11	-15,32	+1,29	-12,44	+2,13
35	41	xyzxyz	Fz+	55D	+11,83	+0,35	+266,49	-40,91	+42,79	+3,33
35	41	xyzxyz	Fz-	11D	-11,91	+0,01	+67,37	-13,77	+19,18	-3,55



I.- DATOS DEL PROBLEMA:

PILAR: HL 920x588

ESFUERZOS (con su signo)

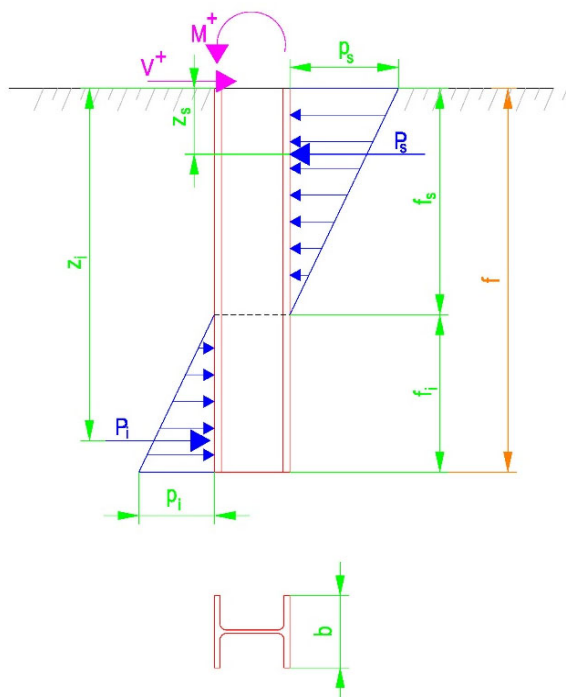
Md (cmKp)= (75% Mpl)
Vd (Kp)= (50 % Vpl)

PILAR

b (cm)= Anchura pilar

HORMIGÓN

fck (Kp/cm2)= Resistencia característica
Yc= Coeficiente seguridad material
fcd (Kp/cm2)= Resistencia de cálculo



HIPÓTESIS A EMPLEAR

HIPOTESIS

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.

HIPOTESIS A: $|P_s| \geq |V|$ *** $f_s \geq f_i$

1.- GEOMETRIA

f (cm)= PROFUNDIDAD MÍNIMA DE EMPOTRAMIENTO DEL PILAR
f_s (cm)= Longitud de presiones en la zona superior del hormigón
f_i (cm)= Longitud de presiones en la zona inferior del hormigón
z_s (cm)= Posición de P_s
z_i (cm)= Posición de P_i

2.- PRESIONES EN EL HORMIGÓN

p_s (Kp/cm2)= Presión máxima en la zona superior del hormigón
p_i (Kp/cm2)= Presión máxima en la zona inferior del hormigón

3.- RESULTANTE DE PRESIONES EN EL HORMIGÓN

P_s (Kp)= Resultante presiones hormigón en zona superior
P_i (Kp)= Resultante presiones hormigón en zona inferior

4.- COMPROBACIÓN EQUILIBRIO

KF= (KF= V + P_s+ P_i)
KM= (KM= M + P_s.z_s + P_i.z_i)



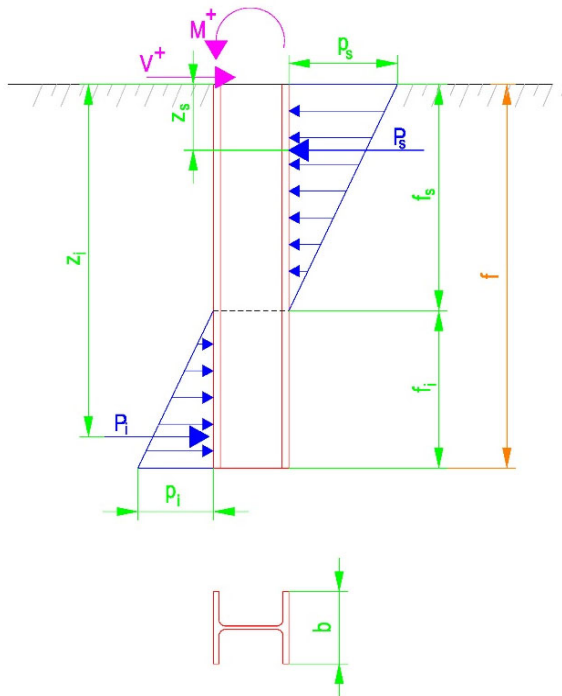
I.- DATOS DEL PROBLEMA:

PILAR: HL 920x588

NUDO 35

ESFUERZOS (con su signo)

COMBINACION 61D CALC C2I



Md (cmKp)= (Momento de cálculo)
Vd (Kp)= (Cortante de cálculo)

PILAR

b (cm)= Anchura pilar

HORMIGÓN

fck (Kp/cm2)= Resistencia característica
γc= Coeficiente seguridad material
fcd (Kp/cm2)= Resistencia de cálculo

HIPÓTESIS A EMPLEAR

HIPOTESIS

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.

HIPOTESIS A: $|P_s| \geq |V|$ *** $f_s \geq f_i$

1.- GEOMETRIA

f (cm)= PROFUNDIDAD MÍNIMA DE EMPOTRAMIENTO DEL PILAR
fs (cm)= Longitud de presiones en la zona superior del hormigón
fi (cm)= Longitud de presiones en la zona inferior del hormigón
zs (cm)= Posición de Ps
zi (cm)= Posición de Pi

2.- PRESIONES EN EL HORMIGÓN

ps (Kp/cm2)= Presión máxima en la zona superior del hormigón
pi (Kp/cm2)= Presión máxima en la zona inferior del hormigón

3.- RESULTANTE DE PRESIONES EN EL HORMIGÓN

Ps (Kp)= Resultante presiones hormigón en zona superior
Pi (Kp)= Resultante presiones hormigón en zona inferior

4.- COMPROBACIÓN EQUILIBRIO

KF= (KF= V + Ps+ Pi)
KM= (KM= M + Ps.zs + Pi.zi)



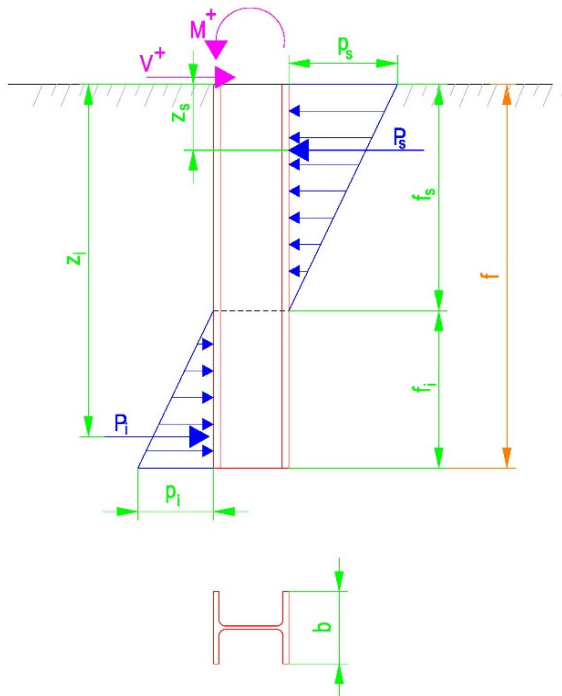
I.- DATOS DEL PROBLEMA:

PILAR: HL 920x588

NUDO 35

ESFUERZOS (con su signo)

COMBINACION 29D CALC C1V



Md (cmKp)= (Momento de cálculo)
Vd (Kp)= (Cortante de cálculo)

PILAR

b (cm)= Anchura pilar

HORMIGÓN

fck (Kp/cm2)= Resistencia característica
γc= Coeficiente seguridad material
fcd (Kp/cm2)= Resistencia de cálculo

HIPÓTESIS A EMPLEAR

HIPOTESIS

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.

HIPOTESIS A: $|P_s| \geq |V|$ *** $f_s \geq f_i$

1.- GEOMETRIA

f (cm)= PROFUNDIDAD MÍNIMA DE EMPOTRAMIENTO DEL PILAR
fs (cm)= Longitud de presiones en la zona superior del hormigón
fi (cm)= Longitud de presiones en la zona inferior del hormigón
zs (cm)= Posición de Ps
zi (cm)= Posición de Pi

2.- PRESIONES EN EL HORMIGÓN

ps (Kp/cm2)= Presión máxima en la zona superior del hormigón
pi (Kp/cm2)= Presión máxima en la zona inferior del hormigón

3.- RESULTANTE DE PRESIONES EN EL HORMIGÓN

Ps (Kp)= Resultante presiones hormigón en zona superior
Pi (Kp)= Resultante presiones hormigón en zona inferior

4.- COMPROBACIÓN EQUILIBRIO

KF= (KF= V + Ps+ Pi)
KM= (KM= M + Ps.zs + Pi.zi)

2.2.- HL 920x449

(Pórtico 9. Nudos 39 y 41)

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Cálculo empotramiento pilares
por prolongación de fuste

FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO Nº :

A1-17



CÁLCULO DEL EMPOTRAMIENTO POR PROLONGACIÓN DEL FUSTE PARA LOS PILARES HL 920x449

A continuación se lista las reacciones (mayoradas) de los nudos 39,40 Y 41 (pórtico 9),. Los nudos 39 y 41 corresponden a los pilares HL 920x449. Las situaciones de cálculo más desfavorable son C2I y C1V.

También tendremos en cuenta que el empotramiento, al menos, resista el 50% del cortante plástico y el 75% del momento plástico, es decir:

$$V_{pl,y} = \frac{A_{v,y} \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{m0}} = 236,6 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 x \frac{255 \text{ N/mm}^2}{1,05} = 3.318 \text{ kN} \Rightarrow V_d = 0,5 x 3.318 \text{ kN} = 1.659 \text{ kN}$$

$$M_{pl,z} = W_{pl,z} \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 20.948 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 x \frac{255 \text{ N/mm}^2}{1,05} = 5.087 \text{ mkN} \Rightarrow M_d = 0,75 x 5.087 \text{ mkN} = 3.816 \text{ mkN}$$

LISTADO DE REACCIONES

PROYECTO : TFG

ESTRUCTURA: CALC2I DESP XG- (ESTRUCTURA TFG CALC2I)

Reacciones. Ejes generales, Acero, E.L.U., mayoradas

NN	Pilar	Tipo	HIP	Id	Mx (mT)	My	Mz	Fx (T)	Fy	Fz
39	45	xyzxyz +		D	+6,94	+0,01	+105,70	+73,27	+81,42	+1,54
39	45	xyzxyz -		D	-4,55	-0,00	-358,59	-18,36	-17,62	-0,96
39	45	xyzxyz Mx+		13D	+6,94	+0,00	+49,03	-5,20	+1,48	+1,53
39	45	xyzxyz Mx-		65D	-4,55	+0,00	-74,15	+21,92	+24,81	-0,95
39	45	xyzxyz My+		2D	+5,68	+0,01	+4,72	+10,50	+49,52	+1,19
39	45	xyzxyz My-		156D	+6,40	-0,00	-277,48	+49,90	+42,37	+1,38
39	45	xyzxyz Mz+		94D	-3,19	+0,00	+105,70	-18,36	-17,62	-0,66
39	45	xyzxyz Mz-		58D	+2,97	-0,00	-358,59	+73,27	+74,54	+0,62
39	45	xyzxyz Fx+		58D	+2,97	-0,00	-358,59	+73,27	+74,54	+0,62
39	45	xyzxyz Fx-		94D	-3,19	+0,00	+105,70	-18,36	-17,62	-0,66
39	45	xyzxyz Fy+		61D	+3,02	+0,00	-217,93	+56,99	+81,42	+0,63
39	45	xyzxyz Fy-		94D	-3,19	+0,00	+105,70	-18,36	-17,62	-0,66
39	45	xyzxyz Fz+		96D	+6,92	+0,00	+104,38	-18,04	-17,42	+1,54
39	45	xyzxyz Fz-		148D	-4,51	+0,00	-18,20	+8,97	+5,90	-0,96
41	47	xyzxyz +		D	+6,88	+0,02	+308,70	+12,44	+66,32	+1,68
41	47	xyzxyz -		D	-4,01	-0,01	-97,58	-54,11	-12,50	-1,03
41	47	xyzxyz Mx+		73D	+6,88	+0,00	+39,29	-14,78	+58,56	+1,68
41	47	xyzxyz Mx-		86D	-4,01	-0,01	-69,77	+7,90	-12,24	-1,03
41	47	xyzxyz My+		62D	+5,68	+0,02	+308,70	-50,55	+53,36	+1,41
41	47	xyzxyz My-		94D	-2,95	-0,01	-79,65	+8,82	-12,50	-0,77
41	47	xyzxyz Mz+		62D	+5,68	+0,02	+308,70	-50,55	+53,36	+1,41
41	47	xyzxyz Mz-		90D	+6,36	-0,00	-97,58	+12,44	+23,84	+1,57
41	47	xyzxyz Fx+		90D	+6,36	-0,00	-97,58	+12,44	+23,84	+1,57
41	47	xyzxyz Fx-		61D	+3,83	+0,02	+306,05	-54,11	+63,07	+0,95
41	47	xyzxyz Fy+		58D	+3,91	+0,01	+149,73	-33,16	+66,32	+0,96
41	47	xyzxyz Fy-		94D	-2,95	-0,01	-79,65	+8,82	-12,50	-0,77
41	47	xyzxyz Fz+		73D	+6,88	+0,00	+39,29	-14,78	+58,56	+1,68
41	47	xyzxyz Fz-		86D	-4,01	-0,01	-69,77	+7,90	-12,24	-1,03



LISTADO DE REACCIONES

PROYECTO : TFG

ESTRUCTURA: CALC1V DESP XG+ (ESTRUCTURA TFG CALC1V)

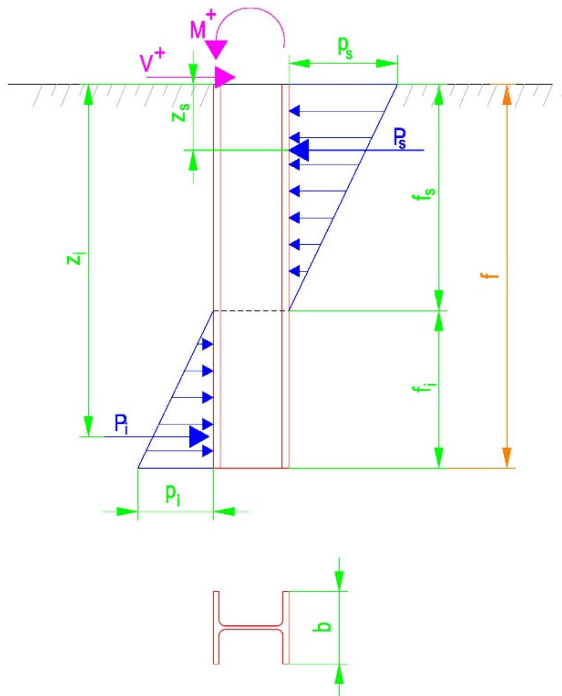
Reacciones. Ejes generales, Acero, E.L.U., mayoradas

NN	Pilar	Tipo	HIP	Id	Mx (mT)	My	Mz	Fx (T)	Fy	Fz
39	45	xyzxyz +		D	+5,89	+0,01	+94,22	+63,16	+68,61	+1,28
39	45	xyzxyz -		D	-9,92	-0,00	-374,13	-16,93	-17,43	-2,33
39	45	xyzxyz Mx+		4D	+5,89	+0,00	+38,39	-3,89	+1,65	+1,27
39	45	xyzxyz Mx-		32D	-9,92	-0,00	-212,81	+35,25	+34,59	-2,30
39	45	xyzxyz My+		2D	+5,68	+0,01	+6,67	+10,26	+49,48	+1,19
39	45	xyzxyz My-		64D	+1,14	-0,00	-307,22	+45,88	+33,68	+0,11
39	45	xyzxyz Mz+		40D	-4,24	+0,00	+94,22	-16,93	-17,43	-0,92
39	45	xyzxyz Mz-		26D	-3,98	-0,00	-374,13	+60,48	+56,52	-1,04
39	45	xyzxyz Fx+		25D	-1,17	-0,00	-356,55	+63,16	+61,74	-0,37
39	45	xyzxyz Fx-		40D	-4,24	+0,00	+94,22	-16,93	-17,43	-0,92
39	45	xyzxyz Fy+		28D	-1,12	+0,00	-215,98	+46,80	+68,61	-0,36
39	45	xyzxyz Fy-		40D	-4,24	+0,00	+94,22	-16,93	-17,43	-0,92
39	45	xyzxyz Fz+		41D	+5,87	+0,00	+92,91	-16,61	-17,23	+1,28
39	45	xyzxyz Fz-		69D	-9,89	-0,00	-157,42	+22,40	+15,71	-2,33
41	47	xyzxyz +		D	+5,72	+0,01	+318,51	+11,39	+56,43	+1,41
41	47	xyzxyz -		D	-14,64	-0,01	-86,66	-50,25	-12,28	-3,61
41	47	xyzxyz Mx+		16D	+5,72	+0,00	+13,06	-8,35	+51,12	+1,41
41	47	xyzxyz Mx-		47D	-14,64	-0,00	+61,84	-11,51	+3,57	-3,61
41	47	xyzxyz My+		30D	-1,84	+0,01	+318,51	-49,75	+46,55	-0,39
41	47	xyzxyz My-		40D	-4,01	-0,01	-70,95	+8,02	-12,28	-1,03
41	47	xyzxyz Mz+		30D	-1,84	+0,01	+318,51	-49,75	+46,55	-0,39
41	47	xyzxyz Mz-		38D	+5,29	-0,00	-86,66	+11,39	+24,12	+1,31
41	47	xyzxyz Fx+		38D	+5,29	-0,00	-86,66	+11,39	+24,12	+1,31
41	47	xyzxyz Fx-		28D	-3,71	+0,01	+300,33	-50,25	+53,16	-0,85
41	47	xyzxyz Fy+		25D	-3,63	+0,00	+144,56	-29,32	+56,43	-0,84
41	47	xyzxyz Fy-		40D	-4,01	-0,01	-70,95	+8,02	-12,28	-1,03
41	47	xyzxyz Fz+		16D	+5,72	+0,00	+13,06	-8,35	+51,12	+1,41
41	47	xyzxyz Fz-		47D	-14,64	-0,00	+61,84	-11,51	+3,57	-3,61



I.- DATOS DEL PROBLEMA: **PILAR: HL 920x449**

ESFUERZOS (con su signo)



Md (cmKp)=	-38.500.000,00	(75% Mpl)
Vd (Kp)=	168.000,00	(50 % Vpl)

PILAR

b (cm)=	42,30	Anchura pilar
---------	-------	---------------

HORMIGÓN

fck (Kp/cm2)=	250	Resistencia característica
γc=	1,5	Coefficiente seguridad material
fcd (Kp/cm2)=	166,67	Resistencia de cálculo

HIPÓTESIS A EMPLEAR

HIPOTESIS

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA. HIPOTESIS A: $|P_s| \geq |V|$ *** $f_s \geq f_i$

1.- GEOMETRIA

f (cm)=	234,84	PROFUNDIDAD MÍNIMA DE EMPOTRAMIENTO DEL PILAR
fs (cm)=	130,68	Longitud de presiones en la zona superior del hormigón
fi (cm)=	104,16	Longitud de presiones en la zona inferior del hormigón
zs (cm)=	43,56	Posición de Ps
zi (cm)=	200,12	Posición de Pi

2.- PRESIONES EN EL HORMIGÓN

ps (Kp/cm2)=	-166,67	Presión máxima en la zona superior del hormigón
pi (Kp/cm2)=	132,84	Presión máxima en la zona inferior del hormigón

3.- RESULTANTE DE PRESIONES EN EL HORMIGÓN

Ps (Kp)=	-460.652,73	Resultante presiones hormigón en zona superior
Pi (Kp)=	292.652,73	Resultante presiones hormigón en zona inferior

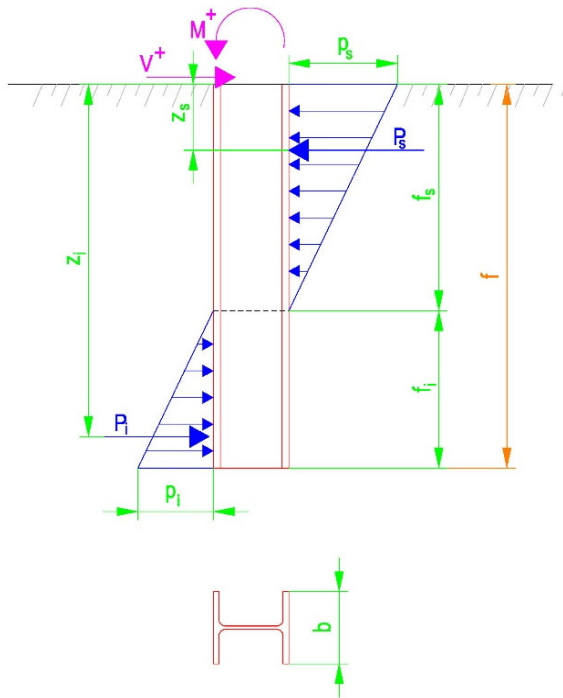
4.- COMPROBACIÓN EQUILIBRIO

KF=	0,00	(KF= V + Ps+ Pi)
KM=	0,00	(KM= M + Ps.zs + Pi.zi)



I.- DATOS DEL PROBLEMA: **PILAR: HL 920x449** **NUDO 39**

ESFUERZOS (con su signo) **COMBINACION 58D CALC C2I**



Md (cmKp)= (Momento de cálculo)
Vd (Kp)= (Cortante de cálculo)

PILAR
b (cm)= Anchura pilar

HORMIGÓN
fck (Kp/cm2)= Resistencia característica
γc= Coeficiente seguridad material
fcd (Kp/cm2)= Resistencia de cálculo

HIPÓTESIS A EMPLEAR

HIPOTESIS

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA. **HIPOTESIS A: |Ps|>=|V| *** fs>=fi**

1.- GEOMETRIA

f (cm)= PROFUNDIDAD MÍNIMA DE EMPOTRAMIENTO DEL PILAR
fs (cm)= Longitud de presiones en la zona superior del hormigón
fi (cm)= Longitud de presiones en la zona inferior del hormigón
zs (cm)= Posición de Ps
zi (cm)= Posición de Pi

2.- PRESIONES EN EL HORMIGÓN

ps (Kp/cm2)= Presión máxima en la zona superior del hormigón
pi (Kp/cm2)= Presión máxima en la zona inferior del hormigón

3.- RESULTANTE DE PRESIONES EN EL HORMIGÓN

Ps (Kp)= Resultante presiones hormigón en zona superior
Pi (Kp)= Resultante presiones hormigón en zona inferior

4.- COMPROBACIÓN EQUILIBRIO

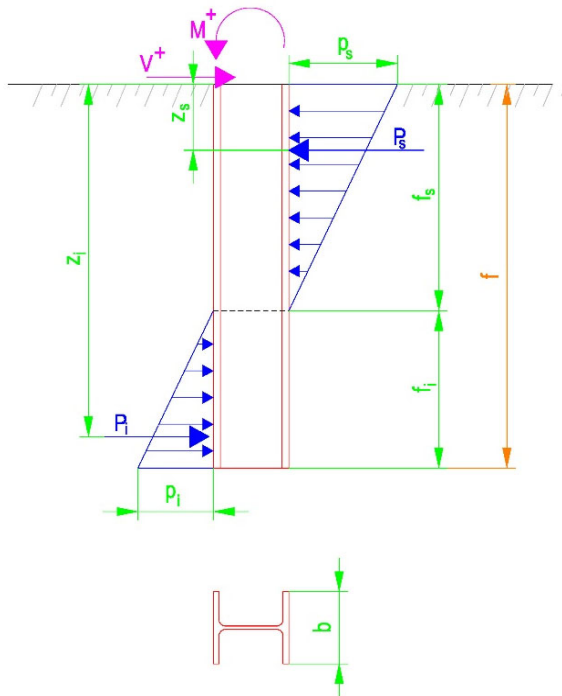
KF= (KF= V + Ps+ Pi)
KM= (KM= M + Ps.zs + Pi.zi)



I.- DATOS DEL PROBLEMA: **PILAR: HL 920x449** **NUDO 39**

ESFUERZOS (con su signo)

COMBINACION 26D CALC C1V



Md (cmKp)= (Momento de cálculo)
 Vd (Kp)= (Cortante de cálculo)

PILAR
 b (cm)= Anchura pilar

HORMIGÓN
 fck (Kp/cm2)= Resistencia característica
 γc= Coeficiente seguridad material
 fcd (Kp/cm2)= Resistencia de cálculo

HIPÓTESIS A EMPLEAR

HIPOTESIS

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA. **HIPOTESIS A: |Ps|>=|V| *** fs>=fi**

1.- GEOMETRIA

f (cm)= PROFUNDIDAD MÍNIMA DE EMPOTRAMIENTO DEL PILAR
 fs (cm)= Longitud de presiones en la zona superior del hormigón
 fi (cm)= Longitud de presiones en la zona inferior del hormigón
 zs (cm)= Posición de Ps
 zi (cm)= Posición de Pi

2.- PRESIONES EN EL HORMIGÓN

ps (Kp/cm2)= Presión máxima en la zona superior del hormigón
 pi (Kp/cm2)= Presión máxima en la zona inferior del hormigón

3.- RESULTANTE DE PRESIONES EN EL HORMIGÓN

Ps (Kp)= Resultante presiones hormigón en zona superior
 Pi (Kp)= Resultante presiones hormigón en zona inferior

4.- COMPROBACIÓN EQUILIBRIO

KF= (KF= V + Ps+ Pi)
 KM= (KM= M + Ps.zs + Pi.zi)

2.3.- HL 920x344

(Pórtico 9. Nudo 40)

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: Cálculo empotramiento pilares
por prolongación de fuste

FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO Nº :

A1-23



CÁLCULO DEL EMPOTRAMIENTO POR PROLONGACIÓN DEL FUSTE PARA LOS PILARES HL 920x344

A continuación se lista las reacciones (mayoradas) del nudo 40 (pórtico 9). Las situaciones de cálculo más desfavorable son C2I y C1V.

También tendremos en cuenta que el empotramiento, al menos, resista el 50% del cortante plástico y el 75% del momento plástico, es decir:

$$V_{pl,y} = \frac{A_{v,y} \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{m0}} = 188 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 x \frac{275 \text{ N/mm}^2}{\frac{\sqrt{3}}{1,05}} = 2.843 \text{ kN} \Rightarrow V_d = 0,5 \times 2.843 \text{ kN} = 1.422 \text{ kN}$$

$$M_{pl,z} = W_{pl,z} \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 15.697 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 x \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05} = 4.112 \text{ mkN} \Rightarrow M_d = 0,75 \times 4.112 \text{ mkN} = 3.084 \text{ mkN}$$

LISTADO DE REACCIONES

PROYECTO : TFG

ESTRUCTURA: CALC2I DESP XG- (ESTRUCTURA TFG CALC2I)

Reacciones. Ejes generales, Acero, E.L.U., mayoradas

NN	Pilar	Tipo	HIP	Id	Mx (mT)	My	Mz	Fx (T)	Fy	Fz
40	46	xyzxyz	Mx+	87D	+10,11	-0,00	-48,18	+8,63	-45,28	+2,53
40	46	xyzxyz	Mx-	79D	-9,96	+0,00	+13,89	-2,18	+22,81	-2,38
40	46	xyzxyz	My+	76D	+6,90	+0,01	+190,67	-27,42	+97,00	+1,51
40	46	xyzxyz	My-	90D	+8,57	-0,00	-66,52	+6,16	+35,07	+1,99
40	46	xyzxyz	Mz+	62D	+7,28	+0,01	+191,34	-27,81	+96,59	+1,62
40	46	xyzxyz	Mz-	90D	+8,57	-0,00	-66,52	+6,16	+35,07	+1,99
40	46	xyzxyz	Fx+	94D	-8,01	-0,00	-50,15	+9,25	-45,12	-2,01
40	46	xyzxyz	Fx-	62D	+7,28	+0,01	+191,34	-27,81	+96,59	+1,62
40	46	xyzxyz	Fy+	70D	-4,10	+0,00	+119,12	-20,58	+123,11	-0,94
40	46	xyzxyz	Fy-	86D	-7,64	-0,00	-49,51	+8,87	-45,54	-1,90
40	46	xyzxyz	Fz+	87D	+10,11	-0,00	-48,18	+8,63	-45,28	+2,53
40	46	xyzxyz	Fz-	79D	-9,96	+0,00	+13,89	-2,18	+22,81	-2,38



LISTADO DE REACCIONES

PROYECTO : TFG

ESTRUCTURA: CALC1V DESP XG+ (ESTRUCTURA TFG CALC1V)

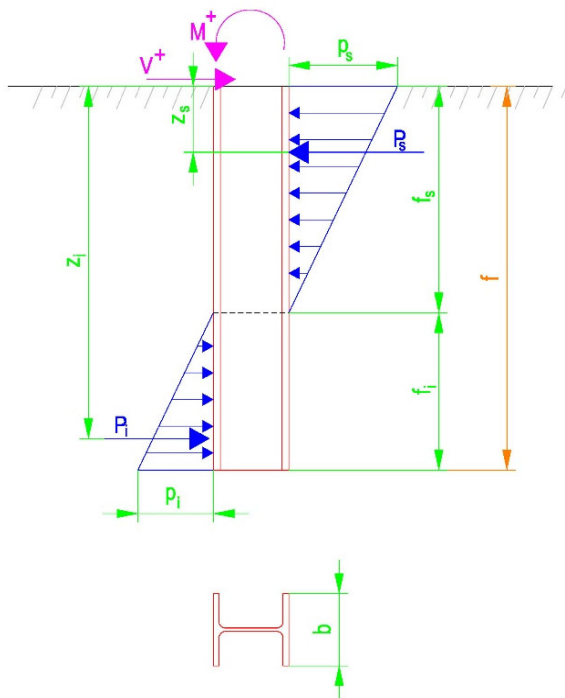
Reacciones. Ejes generales, Acero, E.L.U., mayoradas

NN	Pilar	Tipo	HIP	Id	Mx (mT)	My	Mz	Fx (T)	Fy	Fz
40	46	xyzxyz +		D	+10,11	+0,01	+174,85	+9,70	+97,39	+2,53
40	46	xyzxyz -		D	-12,24	-0,00	-72,05	-24,88	-47,54	-2,91
40	46	xyzxyz Mx+		41D	+10,11	-0,00	-49,50	+8,81	-45,27	+2,53
40	46	xyzxyz Mx-		33D	-12,24	-0,00	-10,25	+1,21	+2,56	-2,91
40	46	xyzxyz My+		18D	+7,68	+0,01	+174,85	-24,88	+78,74	+1,74
40	46	xyzxyz My-		44D	+5,83	-0,00	-72,05	+6,25	+32,69	+1,40
40	46	xyzxyz Mz+		18D	+7,68	+0,01	+174,85	-24,88	+78,74	+1,74
40	46	xyzxyz Mz-		44D	+5,83	-0,00	-72,05	+6,25	+32,69	+1,40
40	46	xyzxyz Fx+		48D	-10,76	-0,00	-57,98	+9,70	-47,54	-2,65
40	46	xyzxyz Fx-		18D	+7,68	+0,01	+174,85	-24,88	+78,74	+1,74
40	46	xyzxyz Fy+		14D	-2,84	+0,00	+96,52	-16,96	+97,39	-0,64
40	46	xyzxyz Fy-		48D	-10,76	-0,00	-57,98	+9,70	-47,54	-2,65
40	46	xyzxyz Fz+		41D	+10,11	-0,00	-49,50	+8,81	-45,27	+2,53
40	46	xyzxyz Fz-		33D	-12,24	-0,00	-10,25	+1,21	+2,56	-2,91



I.- DATOS DEL PROBLEMA: **PILAR: HL 920x344**

ESFUERZOS (con su signo)



Md (cmKp)=	-31.437.309,00	(75% Mpl)
Vd (Kp)=	144.955,00	(50 % Vpl)

PILAR

b (cm)=	41,80	Anchura pilar
---------	-------	---------------

HORMIGÓN

fck (Kp/cm2)=	250	Resistencia característica
γc=	1,5	Coefficiente seguridad material
fcd (Kp/cm2)=	166,67	Resistencia de cálculo

HIPÓTESIS A EMPLEAR

HIPOTESIS

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA. HIPOTESIS A: $|P_s| \geq |V|$ *** $f_s \geq f_i$

1.- GEOMETRIA

f (cm)=	211,34	PROFUNDIDAD MÍNIMA DE EMPOTRAMIENTO DEL PILAR
fs (cm)=	117,21	Longitud de presiones en la zona superior del hormigón
fi (cm)=	94,13	Longitud de presiones en la zona inferior del hormigón
zs (cm)=	39,07	Posición de Ps
zi (cm)=	179,96	Posición de Pi

2.- PRESIONES EN EL HORMIGÓN

ps (Kp/cm2)=	-166,67	Presión máxima en la zona superior del hormigón
pi (Kp/cm2)=	133,85	Presión máxima en la zona inferior del hormigón

3.- RESULTANTE DE PRESIONES EN EL HORMIGÓN

Ps (Kp)=	-408.279,75	Resultante presiones hormigón en zona superior
Pi (Kp)=	263.324,75	Resultante presiones hormigón en zona inferior

4.- COMPROBACIÓN EQUILIBRIO

KF=	0,00	(KF= V + Ps+ Pi)
KM=	0,00	(KM= M + Ps.zs + Pi.zi)

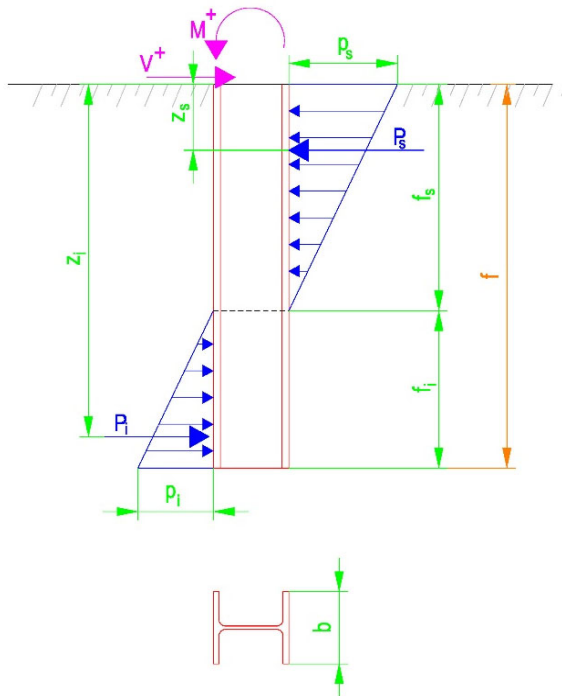


I.- DATOS DEL PROBLEMA:

PILAR: HL 920x344

ESFUERZOS (con su signo)

COMBINACION 62D CALC C2I



Md (cmKp)= (Momento de cálculo)
Vd (Kp)= (Cortante de cálculo)

PILAR

b (cm)= Anchura pilar

HORMIGÓN

fck (Kp/cm2)= Resistencia característica
Yc= Coeficiente seguridad material
fcd (Kp/cm2)= Resistencia de cálculo

HIPÓTESIS A EMPLEAR

HIPOTESIS

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.

HIPOTESIS A: $|P_s| \geq |V|$ *** $f_s \geq f_i$

1.- GEOMETRIA

f (cm)= PROFUNDIDAD MÍNIMA DE EMPOTRAMIENTO DEL PILAR
fs (cm)= Longitud de presiones en la zona superior del hormigón
fi (cm)= Longitud de presiones en la zona inferior del hormigón
zs (cm)= Posición de Ps
zi (cm)= Posición de Pi

2.- PRESIONES EN EL HORMIGÓN

ps (Kp/cm2)= Presión máxima en la zona superior del hormigón
pi (Kp/cm2)= Presión máxima en la zona inferior del hormigón

3.- RESULTANTE DE PRESIONES EN EL HORMIGÓN

Ps (Kp)= Resultante presiones hormigón en zona superior
Pi (Kp)= Resultante presiones hormigón en zona inferior

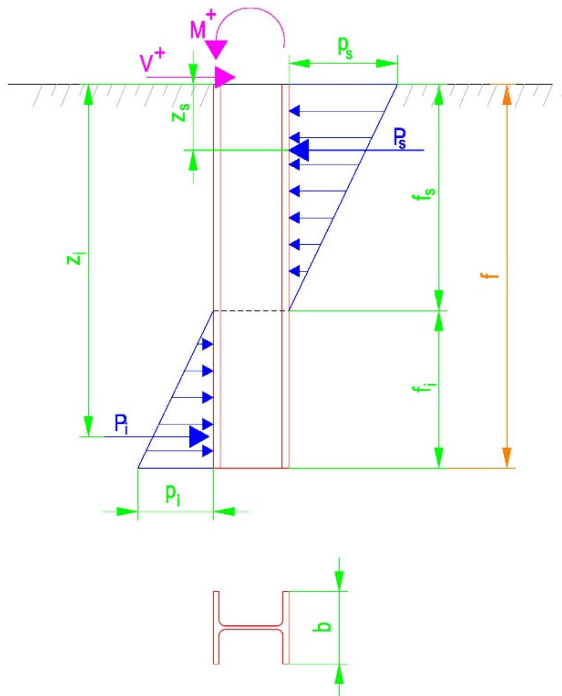
4.- COMPROBACIÓN EQUILIBRIO

KF= (KF= V + Ps+ Pi)
KM= (KM= M + Ps.zs + Pi.zi)



I.- DATOS DEL PROBLEMA: **PILAR: HL 920x344** **NUDO 40**

ESFUERZOS (con su signo) **COMBINACION 28D CALC C1V**



Md (cmKp)= (Momento de cálculo)
Vd (Kp)= (Cortante de cálculo)

PILAR
b (cm)= Anchura pilar

HORMIGÓN
fck (Kp/cm2)= Resistencia característica
γc= Coeficiente seguridad material
fcd (Kp/cm2)= Resistencia de cálculo

HIPÓTESIS A EMPLEAR

HIPOTESIS

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA. HIPOTESIS A: $|P_s| \geq |V|$ *** $f_s \geq f_i$

1.- GEOMETRIA

f (cm)= PROFUNDIDAD MÍNIMA DE EMPOTRAMIENTO DEL PILAR
fs (cm)= Longitud de presiones en la zona superior del hormigón
fi (cm)= Longitud de presiones en la zona inferior del hormigón
zs (cm)= Posición de Ps
zi (cm)= Posición de Pi

2.- PRESIONES EN EL HORMIGÓN

ps (Kp/cm2)= Presión máxima en la zona superior del hormigón
pi (Kp/cm2)= Presión máxima en la zona inferior del hormigón

3.- RESULTANTE DE PRESIONES EN EL HORMIGÓN

Ps (Kp)= Resultante presiones hormigón en zona superior
Pi (Kp)= Resultante presiones hormigón en zona inferior

4.- COMPROBACIÓN EQUILIBRIO

KF= (KF= V + Ps+ Pi)
KM= (KM= M + Ps.zs + Pi.zi)



ANEJO 2

CÁLCULO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIONES SEMIPROFUNDAS



INDICE

Introducción	3
0.- Planteamiento del problema	4
Zonas de estudio según posición del centro de giro	8
1.- Caso en el que la zapata se encuentra enrasada con el terreno natural (T=0).....	10
1.1- Centro de giro en zona 1	11
1.2- Centro de giro en zona 2	37
1.3- Centro de giro en zona 3	47
1.4- Centro de giro en zona 4	55
Resumen .Ecuaciones para todas las zonas.....	64
2.- Caso en el que la zapata se encuentra a una profundidad T dada	99
2.1- Centro de giro en zona 1	82
Resumen de ecuaciones.....	109
3.- Aplicación práctica	120
3.1- Consideraciones geotécnicas	121
3.2- Pilares HL 920x588	126
3.3.-Pilares HL 920x449	135
3.4- Pilares HL 920x344	150



INTRODUCCIÓN

En general, el cálculo geotécnico de zapatas suele hacerse considerándolas como cimentación superficial, incluso cuando la profundidad de las mismas es considerable.

Esto suele ser así por que el cálculo de una cimentación semiprofunda es algo más complejo que el de una superficial, y además, no existe mucha bibliografía sobre el tema. Cuando la excentricidad de la resultante en la base de la zapata es muy pequeña, el calcular una zapata como superficial o como semiprofunda da lugar a soluciones no muy diferentes. Sin embargo, cuando la excentricidad es considerable, el calcular la zapata como cimentación semiprofunda da lugar a soluciones más económicas, al reducir su volumen.

En naves industriales, y en especial cuando la estructura es metálica, es normal que las excentricidades de la resultante en el cimiento sea elevada, sobre todo cuando tenemos alturas de nave considerable, como es el caso de este proyecto final de carrera.

Puesto que la bibliografía de cálculo de cimentaciones semiprofundas es muy escasa, me he planteado el problema de calcular una cimentación semiprofunda sometida a esfuerzos de flexión recta, llegando a una solución considerablemente sencilla, pues al final el problema se reduce, como mucho, a la resolución de una ecuación de tercer grado.

Para llegar a esta solución, he partido del estudio de cimentaciones semiprofundas realizado por D. Manuel Llorens Alcón, que se puede encontrar en el libro "GEOTECNIA Y CIMIENTOS III. Primera parte", de D. José Antonio Giménez Salas y Otros. También ha sido muy importante, conceptualmente, los trabajos del ingeniero suizo Sulzberger que se aplican para el cálculo de cimentaciones de las torres eléctricas (que es un caso típico con excentricidades elevadas).



0.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Consideremos la siguiente zapata sometida a esfuerzos de flexión recta:

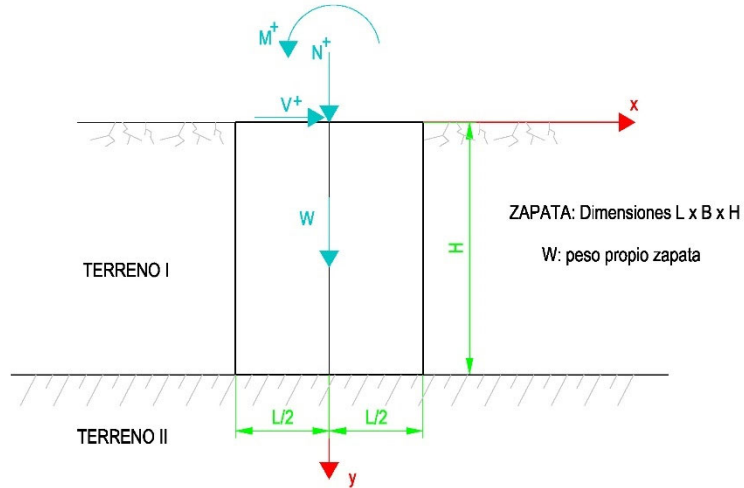


Figura 1

NOTA: $W = \text{peso zapata} = LHB\gamma_c$

Al aplicar estos esfuerzos, éstos quedan equilibrados por las tensiones que ejercen el terreno I (lateral) y el terreno II (fondo) al girar la zapata un ángulo α alrededor de un punto "C" (centro de giro) de coordenadas X_c, Y_c desconocidas (incógnitas):

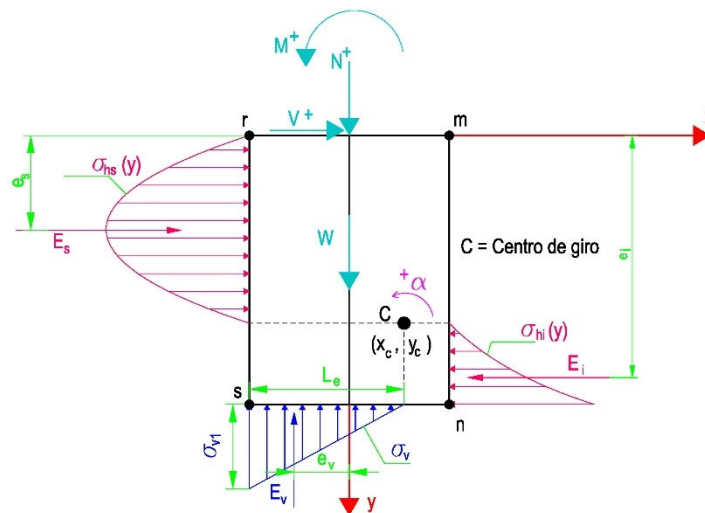


Figura 2

NOTA: σ_{vn} no tiene que ser nula



Como hipótesis de partida consideraremos:

1.-Despreciamos el rozamiento entre cimiento y terreno (del lado de la seguridad) , y por lo tanto, las tensiones del terreno sobre el cimiento son perpendiculares a ésta, y de valor :

$$P = - K*d \quad (1)$$

donde:

p : presión sobre la zapata.

K : coeficiente de balasto.

d : desplazamiento perpendicular a la zapata.

2.- El coeficiente de balasto lo consideraremos que varía linealmente con la profundidad:

2.1.- En el terreno I (lateral) tendremos :

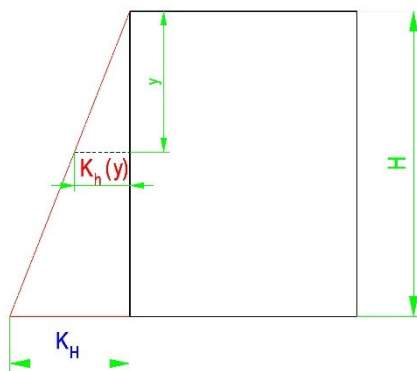


Figura 3

$$K_h(y) = \frac{K_H}{H} * y \quad (2)$$

2.2.- En el terreno II (fondo) tendremos:

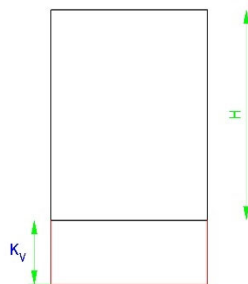


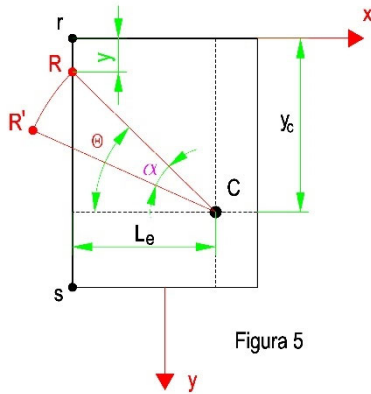
Figura 4

3.- Suponemos ángulos de giro de la zapata (α) son muy pequeños, con lo que se puede aproximar el arco a la cuerda y, trabajando en radianes, $\text{tg}\alpha \approx \alpha$.



NOTA:

Sea un punto cualquiera R de la cara vertical rs de la zapata, situado a una cota y. Al girar la zapata un ángulo α tendremos que R pasa a otra posición R' :



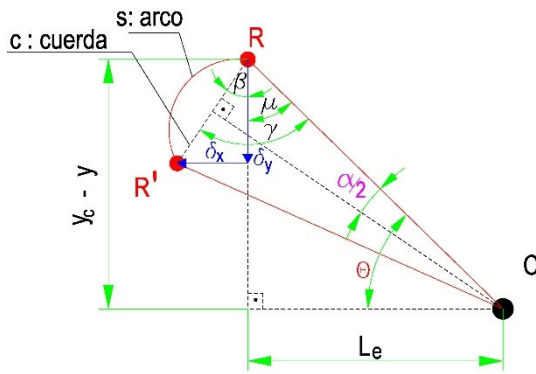
En este caso ($\alpha > 0$) $L_e = L/2 + X_c$

$r = \text{radio de giro} = CR = CR'$

Figura 5

Tendremos pues:

Buscamos la relación entre δ_x , y , Y_c , α :



$\theta = \theta(y)$

$\mu = \mu(y)$

$\beta = \beta(y)$

$\gamma = \gamma(y)$

$c = \text{cuerda}$

$s = \text{arco}$

Figura 6

$$\gamma = \frac{\pi - \alpha}{2} \quad \mu = \frac{\pi}{2} - \theta \quad \beta = \gamma - \mu = \theta - \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{Sen} \beta = \frac{\delta_x}{c} \Rightarrow \delta_x = c * \text{Sen} \beta; \text{Sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right) = \frac{c}{r} \Rightarrow c = 2r \text{Sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right) = r \frac{\text{Sen}(\alpha)}{\text{Cos} \left(\frac{\alpha}{2} \right)} = r \frac{\text{Cos}(\alpha)}{\text{Cos} \left(\frac{\alpha}{2} \right)} \text{tg}(\alpha)$$



Luego tendríamos que:

$$\delta_x = c \operatorname{Sen}(\beta) = 2r \operatorname{Sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) * \operatorname{Sen}\left(\theta - \frac{\alpha}{2}\right)$$

Pero:

$$\operatorname{Sen}\left(\theta - \frac{\alpha}{2}\right) = \operatorname{Sen}(\theta) \operatorname{Cos}\left(\frac{\alpha}{2}\right) - \operatorname{Cos}(\theta) \operatorname{Sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Entonces:

$$\delta_x = 2r \operatorname{Sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \left[\operatorname{Sen}(\theta) \operatorname{Cos}\left(\frac{\alpha}{2}\right) - \operatorname{Cos}(\theta) \operatorname{Sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right]$$

y como:

$$\operatorname{Sen}(\theta) = \frac{Y_C - y}{r}$$

$$\operatorname{Cos}(\theta) = \frac{L_e}{r}$$

Tendremos que:

$$\delta_x = 2r \operatorname{Sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \left[\frac{Y_C - y}{r} \operatorname{Cos}\left(\frac{\alpha}{2}\right) - \frac{L_e}{r} \operatorname{Sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right] = \left(L_e = \frac{L}{2} - X_C \right) = 2 \operatorname{Sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \left[\{Y_C - y\} \operatorname{Cos}\left(\frac{\alpha}{2}\right) - \left\{ \frac{L}{2} - X_C \right\} \operatorname{Sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right]$$

$$\Rightarrow \delta_x = \delta_x(\alpha, X_C, Y_C)$$

Sin embargo, si consideramos que α es muy pequeño:

$$\alpha \approx 0 \rightarrow \gamma = \frac{\pi - \alpha}{2} \approx \frac{\pi}{2}$$

$\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha$

$$c = \text{cuerda} = r \frac{\operatorname{Cos}(\alpha)}{\operatorname{Cos}\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \operatorname{tg}(\alpha) \approx r \alpha = \text{arco}$$

$$\Rightarrow \delta_x = \alpha(Y_C - y)$$

es decir , $\delta_x = \delta_x(\alpha, Y_C)$

En general trabajaremos con las coordenadas adimensionales:

$$\bar{x} = \frac{x}{\frac{L}{2}} \quad (3)$$

$$\bar{y} = \frac{y}{H} \quad (4)$$

Particularizando para las coordenadas del centro de giro :

$$\bar{X}_C = \frac{X_C}{\frac{L}{2}} = \frac{2X_C}{L} \quad (5)$$

$$\bar{Y}_C = \frac{Y_C}{H} \quad (6)$$



Estas dos incógnitas (junto a α) van a ser nuestras incógnitas principales.

ZONIFICACION SEGÚN POSICIÓN DEL CENTRO DE GIRO.

Puesto que las expresiones de las tensiones σ_{hs} , σ_{hi} , σ_v , y por tanto E_s , E_i , e_s , e_i , e_v dependen de la posición en si del centro de giro, se hace necesario el estudio del problema suponiendo el centro de giro en una zona dada (posteriormente se comprueba la hipótesis de la zona considerada y sabremos si lo estamos haciendo correctamente).

Vamos a considerar las 9 zonas posibles de posición del centro de giro :

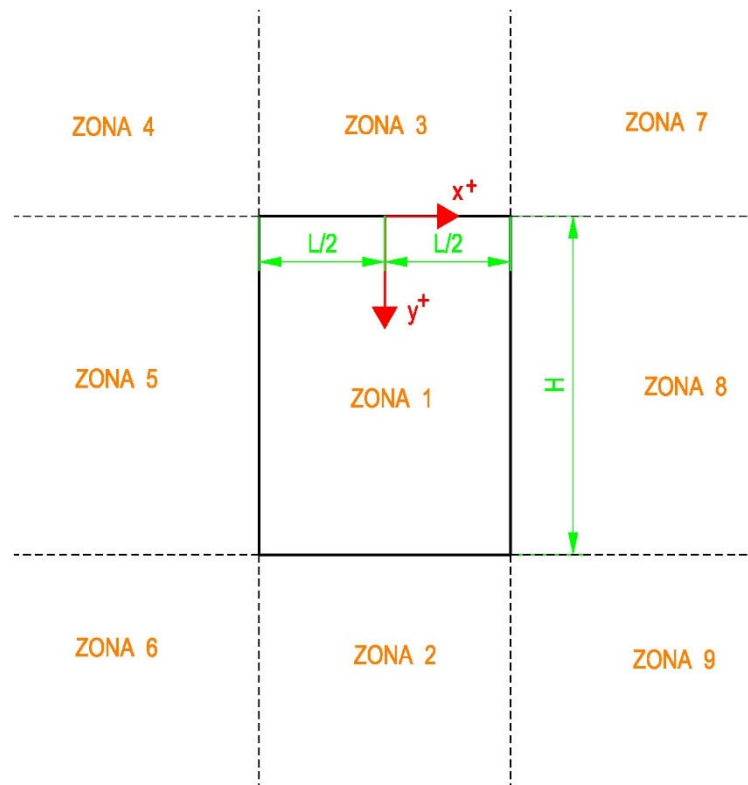


Figura 7



Las fronteras de las diferentes zonas quedan establecidas de la siguiente forma (estos valores son los que nos servirán, supuesta una zona y obtenida la posición del centro de giro, X_c e Y_c , comprobar si es correcta la hipótesis de zona):

$$\text{ZONA 1: } |X_c| \leq L/2 \\ 0 \leq Y_c \leq H$$

$$\text{ZONA 2: } |X_c| \leq L/2 \\ Y_c \geq H$$

$$\text{ZONA 3: } |X_c| \leq L/2 \\ Y_c \leq 0$$

$$\text{ZONA 4: } X_c \leq -L/2 \\ Y_c \leq 0$$

$$\text{ZONA 5: } X_c \leq -L/2 \\ 0 \leq Y_c \leq H$$

$$\text{ZONA 6: } : X_c \leq -L/2 \\ Y_c \geq H$$

$$\text{ZONA 7: } : X_c \geq L/2 \\ Y_c \leq 0$$

$$\text{ZONA 8: } X_c \geq L/2 \\ 0 \leq Y_c \leq H$$

$$\text{ZONA 9: } X_c \geq L/2 \\ Y_c \geq H$$

NOTA: Si $|X_c| < L/2$ la resultante está fuera del núcleo central de la zapata.



GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23

TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

1.-CASO EN EL QUE LA ZAPATA SE ENCUENTRA ENRASADA CON EL TERRENO NATURAL (T=0)



1.1.- CENTRO DE GIRO EN ZONA 1 : $|X_C| \leq L/2$
 $0 \leq Y_C \leq H$

NOTA: Como hay expresiones que dependen del sentido del giro, analizaremos en cada zona el caso con giro positivo e independientemente el caso de giro negativo. Las ecuaciones que son válidas para el giro positivo se identificarán con el signo + al lado del número de la ecuación. Análogamente, las ecuaciones que son válidas para el giro negativo se identificarán con el signo - al lado del número de ecuación. Si no hay ningún signo, las expresiones son válidas independientemente del sentido del giro.

A.- CASO $\alpha > 0$:

Las acciones que actúan sobre la zapata son:

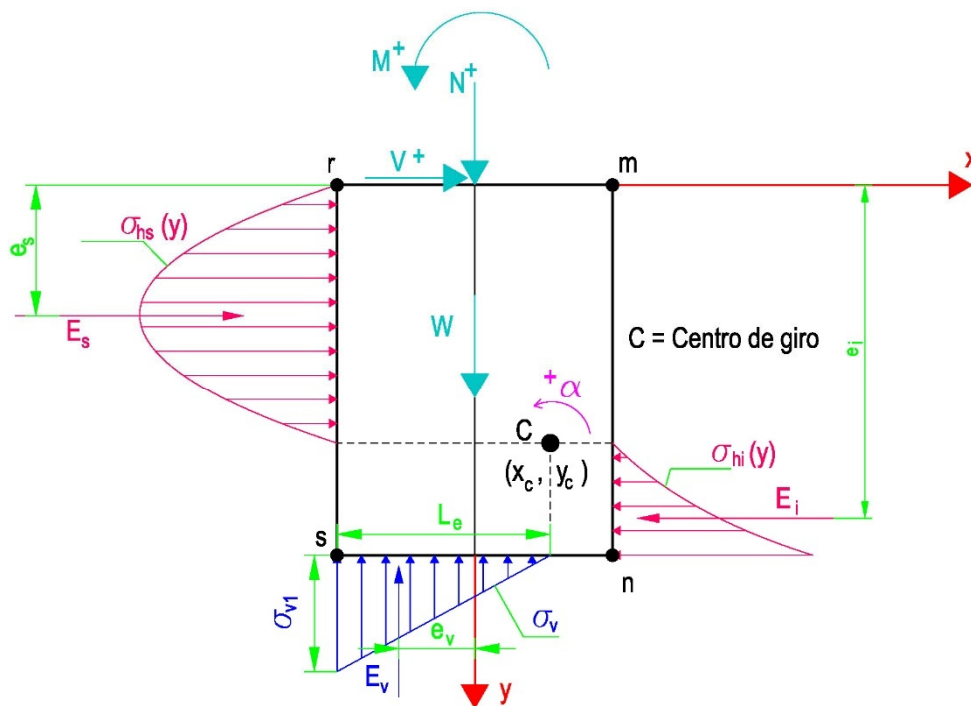


Figura 2

>Del equilibrio de fuerzas verticales:

$$N+W+E_v = 0 \Rightarrow E_v = - (N+W) \quad (7)$$

>Además, E_v , es la resultante de las presiones verticales $\sigma_v(H)$ sobre la base de la zapata :

$$E_v = \frac{1}{2} L_e \sigma_{v1} B \quad (8) \Rightarrow L_e = \frac{2E_v}{B\sigma_{v1}}$$

Y también podemos poner:

$$\sigma_{v1} = \frac{2E_v}{BL_e} \quad (9)$$



> La relación entre L_e y la abcisa del centro de giro es:

($\alpha > 0$)

$$L_e = \frac{L}{2} + X_C \quad (10+) \quad \rightarrow \quad X_C = L_e - \frac{L}{2} \quad (11+)$$

> La excentricidad e_v de E_v es:

($\alpha > 0$)

$$e_v = \frac{-L}{2} + \frac{L_e}{3} = \frac{-L}{2} + \frac{\frac{L}{2} + X_C}{3} = \frac{-L}{2} + \frac{L}{6} + \frac{X_C}{3} = \frac{-2L}{6} + \frac{X_C}{3} = \frac{-L}{3} + \frac{X_C}{3}$$

$$e_v = \frac{-L + X_C}{3} = \frac{L}{6} [-2 + \bar{X}_C] \quad (12+)$$



1.1.1.A OBTENCIÓN DE E_v (en función de $\alpha > 0$) :

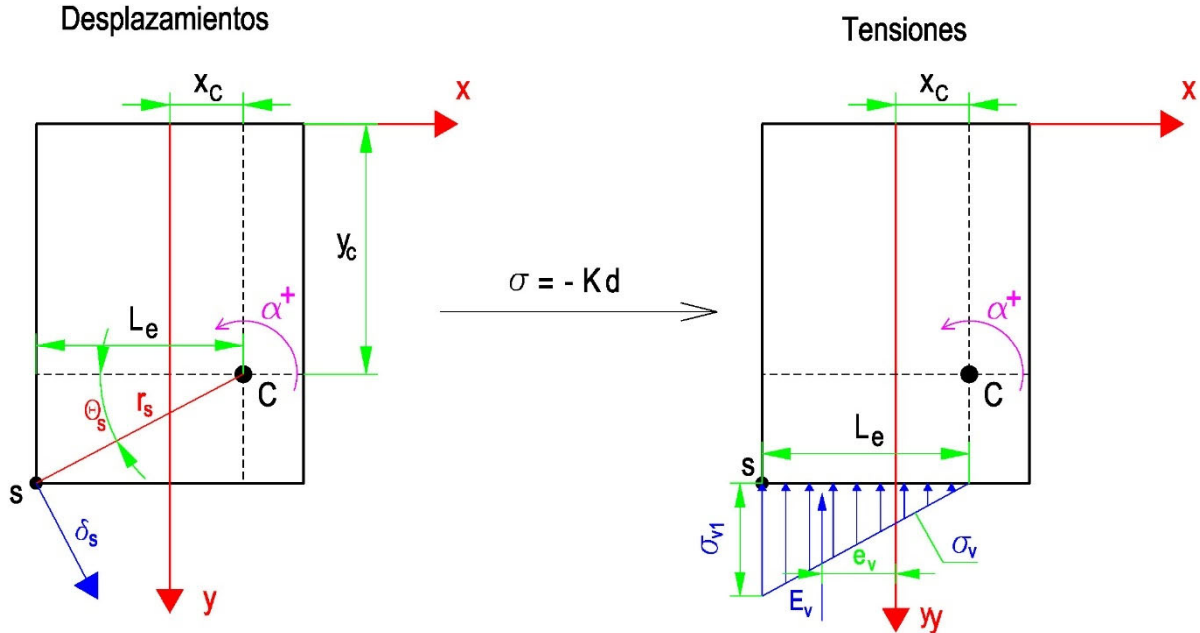


Figura 8

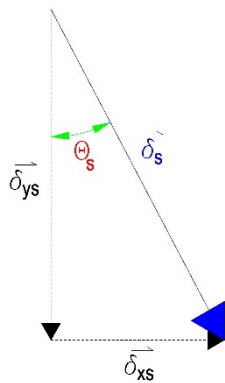


Figura 9

$$|\vec{\delta}_s| = r_s \alpha = \delta_s$$

$$\cos \theta_s = \frac{L_e}{r_s}$$

$$\delta_{ys} = \alpha L_e = \alpha \left(\frac{L}{2} + X_c \right) \quad (13+)$$

$$\begin{aligned} \cos \theta_s &= \frac{\delta_{ys}}{\delta_s} = \frac{\delta_{ys}}{\alpha r_s} \\ \Rightarrow \frac{\delta_{yn}}{\alpha r_n} &= \frac{L_e}{r_n} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow r_s \delta_{ys} = \alpha r_s L_e \Rightarrow$$

Luego:

$$\sigma_{v1} = -K_v \delta_{ys} = -K_v \alpha \left(\frac{L}{2} + X_c \right) \quad (14+)$$

$$\sigma_{v1} = -\frac{1}{2} \alpha K_v L [1 + \bar{X}_c] \quad (15+)$$



De la ecuación (8) teníamos que:

$$E_V = \frac{1}{2} L_e \sigma_{v1} B$$

sustituyendo σ_{v1} por el valor dado en la ecuación (14+):

$$E_V = \frac{1}{2} \left(\frac{L}{2} + X_C \right) \left[-\alpha K_V \left(\frac{L}{2} + X_C \right) \right] B = -\frac{1}{2} B \alpha K_V \left(\frac{L}{2} + X_C \right)^2$$

$$E_V = -\frac{1}{2} B \alpha K_V \left(\frac{L}{2} + X_C \right)^2 \quad (16+)$$

y si utilizamos la variable adimensional definida en (5):

$$\bar{X}_C = \frac{X_C}{\frac{L}{2}} = \frac{2X_C}{L} \Rightarrow X_C = \frac{L\bar{X}_C}{2}$$

$$E_V = -\frac{1}{2} B \alpha K_V \left(\frac{L}{2} + \frac{L\bar{X}_C}{2} \right)^2 = -\frac{1}{2} B \alpha K_V \frac{L^2}{4} (1 + \bar{X}_C)^2$$

$$E_V = -\frac{1}{8} B \alpha K_V L^2 (1 + \bar{X}_C)^2 \quad (17+)$$

Pero teniendo en cuenta la ecuación (7):

$$-(N+W) = E_V = -\frac{1}{8} B \alpha K_V L^2 (1 + \bar{X}_C)^2$$

despejando el ángulo α :

$$\alpha = \frac{8(N+W)}{B K_V L^2 (1 + \bar{X}_C)^2} \quad (18+)$$



1.1.2.A. OBTENCION DE E_s y e_s :

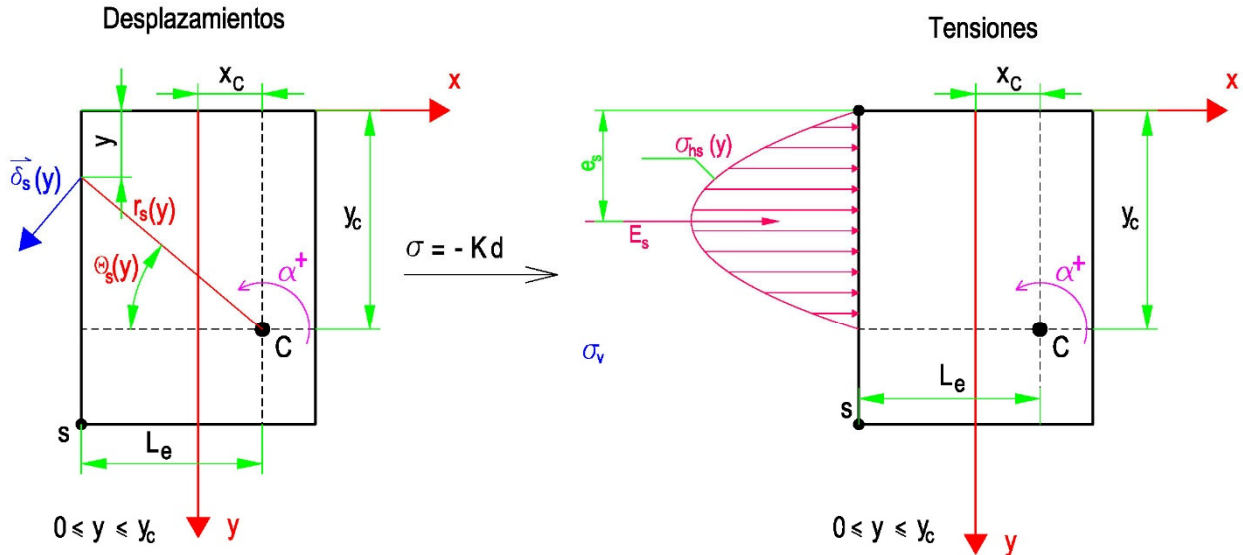


Figura 12

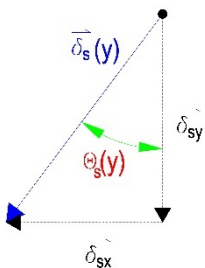


Figura 13

$$|\vec{\delta}_s| = \delta_s = \alpha r_s$$

$$\text{Sen} \theta_s = \frac{\delta_{sx}}{\delta_s}$$

$$\Rightarrow \frac{\delta_{sx}}{\alpha r_s} = \frac{Y_c - y}{r_s}$$

$$\text{Sen} \theta_s = \frac{Y_c - y}{r_s}$$

$$\Rightarrow r_s \delta_{sx} = \alpha r_s (Y_c - y) \Rightarrow \delta_{sx} = \alpha (Y_c - y) \Rightarrow \vec{\delta}_{sx} = -\alpha (Y_c - y)$$

La tensión en el punto considerado (ordenada y) será:

$$\sigma_{hs}(y) = -K_h(y) \delta_{sx}(y) \quad \text{Y como } K_h(y) = \frac{K_H}{H} y, \text{ tendremos pues :}$$

$$\sigma_{hs}(y) = \frac{K_H}{H} y \alpha (Y_c - y) \quad (19)$$

NOTA: en $y=0 \Rightarrow \sigma_{hs}=0$; En $y=Y_c \Rightarrow \sigma_{hs}=0$



Utilizando la variable adimensional definida en (10):

$$\sigma_{hs}(\bar{y}) = \alpha K_H H \bar{y} (\bar{Y}_c - \bar{y}) \quad (20)$$

Conocido el valor de la tensión en función de y , podemos obtener la resultante de estas tensiones y su punto de aplicación, E_{hs} y e_s :

$$E_{hs} = E_s = \iint_S \sigma_{hs}(S) dS = B \int_0^{Y_c} \sigma_{hs}(y) dy = B \int_0^{Y_c} \alpha \frac{K_H}{H} (Y_c - y) y dy = \alpha K_H \frac{B}{H} \int_0^{Y_c} (Y_c y - y^2) dy =$$

$$= \alpha K_H \frac{B}{H} \left[Y_c \frac{y^2}{2} - \frac{y^3}{3} \right]_0^{Y_c} = \alpha K_H \frac{B}{H} \left(\frac{Y_c^3}{2} - \frac{Y_c^3}{3} \right) = \alpha K_H \frac{B}{H} \frac{Y_c^3}{6}$$

$$E_s = \frac{1}{6} \alpha K_H \frac{B}{H} Y_c^3 \quad (21)$$

y si utilizamos la variable adimensional:

$$\bar{Y}_c = \frac{Y_c}{H}$$

La ecuación (21) la podemos poner como:

$$E_s = \frac{1}{6} \alpha K_H B H^2 \bar{Y}_c^3 \quad (22)$$



CALCULO DEL VALOR MAXIMO DE $\sigma_{hs}(y)$:

$$\sigma_{hs}(y) = f(y) = \frac{K_H}{H} y \alpha (Y_c - y) = \alpha \frac{K_H}{H} (Y_c y - y^2)$$

$$f'(y) = \frac{df}{dy} = \alpha \frac{K_H}{H} (Y_c - 2y)$$

Los valores máximos los encontraremos igualando a cero f :

$$f'(y) = \frac{df}{dy} = \alpha \frac{K_H}{H} (Y_c - 2y) = 0 \quad \Rightarrow \quad Y_c - 2y = 0 \quad \Rightarrow \quad y = \frac{Y_c}{2} \text{ (punto donde se da la tensión máxima).}$$

El valor máximo de la tensión será:

$$\sigma_{hs} \max = \sigma_{hs}(y = \frac{Y_c}{2}) = \alpha \frac{K_H}{H} (Y_c \frac{Y_c}{2} - (\frac{Y_c}{2})^2) = \alpha \frac{K_H}{H} (\frac{Y_c^2}{2} - \frac{Y_c^2}{4}) = \alpha \frac{K_H}{4H} Y_c^2$$

Es decir:

$$\sigma_{hs} \max = \alpha \frac{K_H}{4H} Y_c^2 \quad \text{en} \quad y = \frac{Y_c}{2}$$

o lo que es lo mismo:

$$\sigma_{hs} \max = \alpha \frac{K_H}{4} H \bar{Y}_c^2 \quad \text{en} \quad y = H \frac{\bar{Y}_c}{2}$$

(23)



CALCULO DE e_s PUNTO DE APLICACIÓN DE E_s :

$$e_s = \frac{B \int_0^{Y_c} \sigma_{hs}(y) y dy}{B \int_0^{Y_c} \sigma_{hs}(y) dy} = \frac{S_s}{E_s} \quad (24)$$

Como ya hemos calculado E_s , ecuación (21), pasemos a calcular S_s :

$$\begin{aligned} S_s &= \int_0^{Y_c} \sigma_{hs}(y) y dy = B \int \alpha \frac{K_H}{H} (Y_c - y) y^2 dy = B \alpha \int_0^{Y_c} (Y_c y^2 - y^3) dy = \\ &= B \alpha \left[Y_c \frac{y^3}{3} - \frac{y^4}{4} \right]_0^{Y_c} = B \alpha \frac{K_H}{H} \left(\frac{Y_c^4}{3} - \frac{Y_c^4}{4} \right) = B \alpha \frac{K_H}{12H} Y_c^4 \end{aligned}$$

Luego:

$$S_s = -B \alpha \frac{K_H}{12H} Y_c^4 \quad (25)$$

Sustituyendo las ecuaciones (25) y (21) en (24):

$$e_s = \frac{S_s}{E_s} = \frac{-B \alpha \frac{K_H}{12H} Y_c^4}{-B \alpha \frac{K_H}{6H} Y_c^3} = \frac{Y_c}{2} \quad \Rightarrow \quad e_s = \frac{Y_c}{2} = \frac{H}{2} \bar{Y}_c \quad (26)$$

NOTA: Démonos cuenta que coincide el punto de aplicación de E_s con el punto de tensión máxima.



1.1.3.A. OBTENCION DE E_i y e_i

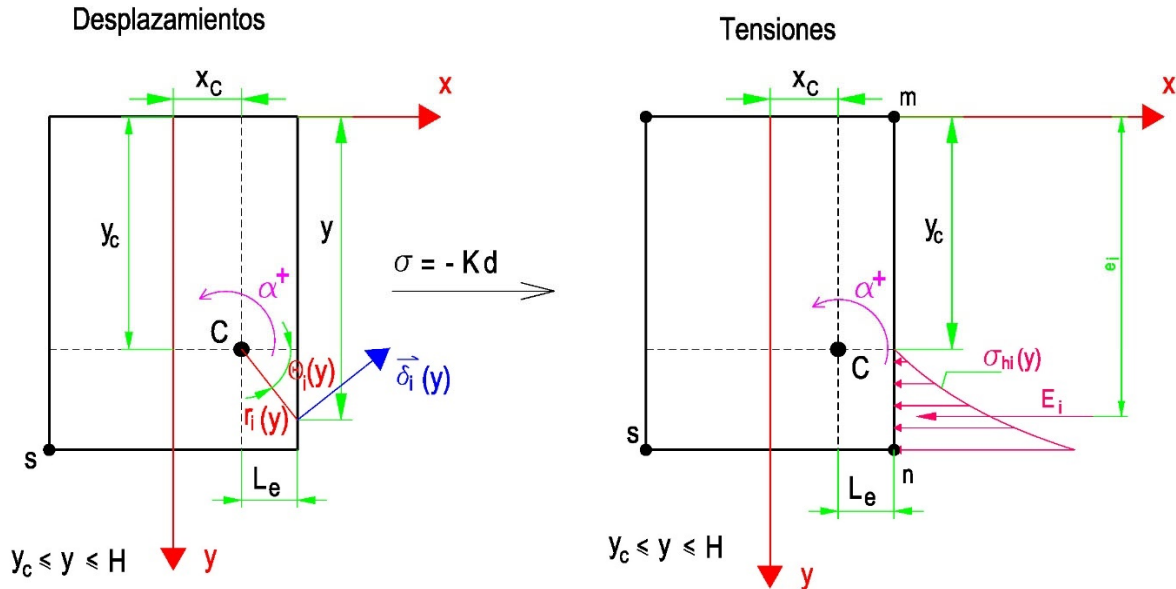


Figura 14

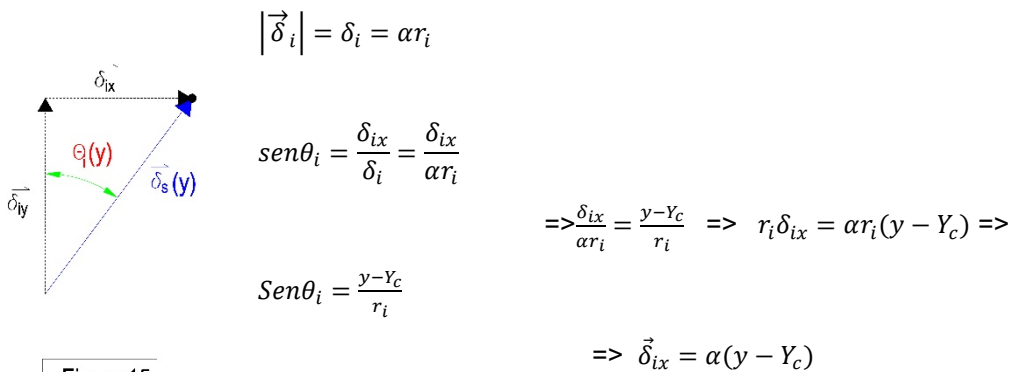


Figura 15

La tensión en el punto de ordenada y será:

$$\sigma_{hi}(y) = -K_h(y) \delta_{ix}(y)$$

y como $K_h(y) = \frac{K_H}{H} y$

$$\sigma_{hi}(y) = -\alpha \frac{K_H}{H} y (y - Y_c) \quad (27)$$



Obtengamos el valor de E_i :

$$\begin{aligned} E_i &= \iint_S \sigma_{hi}(s) ds = B \int_{Y_c}^H \sigma_{hi}(y) dy = B \int_{Y_c}^H -\frac{K_H}{H} \alpha y (y - Y_c) dy = -\alpha B \frac{K_H}{H} \int_{Y_c}^H (y^2 - Y_c y) dy = \\ &= -\alpha B \frac{K_H}{H} \left[\frac{y^3}{3} - Y_c \frac{y^2}{2} \right]_{Y_c}^H = -\alpha B \frac{K_H}{H} \left[\left(\frac{H^3}{3} - Y_c \frac{H^2}{2} \right) - \left(\frac{Y_c^3}{3} - \frac{Y_c^3}{2} \right) \right] = \\ &= -\alpha B \frac{K_H}{H} \left[\frac{H^3}{3} - Y_c \frac{H^2}{2} - \frac{Y_c^3}{3} + \frac{Y_c^3}{2} \right] = -\alpha B \frac{K_H}{6H} [2H^3 - 3Y_c H^2 - 2Y_c^3 + 3Y_c^3] \end{aligned}$$

Luego:

$$E_i = -\alpha B \frac{K_H}{6H} [2H^3 - 3Y_c H^2 + Y_c^3] \quad (28)$$

Además, si utilizamos la variable adimensional definida en la ecuación (6):

$\bar{Y}_c = \frac{Y_c}{H} \Rightarrow Y_c = H\bar{Y}_c$, y sustituyendo en (28):

$$E_i = -\alpha B \frac{K_H}{6H} [2H^3 - 3\bar{Y}_c H^3 + \bar{Y}_c^3] = -\alpha B \frac{K_H}{6} H^2 [2 - 3\bar{Y}_c + \bar{Y}_c^3]$$

$$E_i = -\alpha B \frac{K_H}{6} H^2 [\bar{Y}_c^3 - 3\bar{Y}_c + 2] \quad (29)$$



VALOR MAXIMO DE $\sigma_{hi}(y)$:

$$\sigma_{hi}(y) = g(y) = -\alpha \frac{K_H}{H} y(y - Y_c)$$

El valor máximo de la función $g(y)$ se obtiene en los punto donde la derivada de la función se anula:

$$g'(y) = \frac{dg}{dy} = -\alpha \frac{K_H}{H} (2y - Y_c) = 0 \Rightarrow y = \frac{Y_c}{2}$$

pero como estamos dentro del rango de valores de y tal que:

$$Y_0 \leq y \leq H$$

y el punto que nos da está fuera de este rango, el máximo de la función se da en los extremos, y además, como:

$$\sigma_{hi}(y=Y_c)=0$$

el máximo de la función se da en el extremo $y=H$, siendo el valor de la función en este punto:

$$\sigma_{hi} \max = -\alpha K_H (H - Y_c) = -\alpha K_H H (1 - \bar{Y}_c) \quad (30)$$

en el punto $y=H$

CALCULO DE e_i , EXCENTRICIDAD DE E_i :

$$e_i = \frac{B \int_{Y_c}^H \sigma_{hi}(y) y dy}{B \int_{Y_o}^H \sigma_{hi}(y) dy} = \frac{S_i}{E_i}$$

Como ya tenemos el valor de E_i sólo nos falta obtener el valor de S_i :

$$\begin{aligned} S_i &= B \int_{Y_c}^H \sigma_{hi}(y) y dy = B \int_{Y_c}^H -\frac{K_H}{H} \alpha (y - Y_c) y^2 dy = -\alpha B \frac{K_H}{H} \int_{Y_c}^H (y^3 - Y_c y^2) dy = \\ &= -\alpha B \frac{K_H}{H} \left[\frac{y^4}{4} - Y_c \frac{y^3}{3} \right]_{Y_c}^H = -\alpha B \frac{K_H}{H} \left[\left(\frac{H^4}{4} - Y_c \frac{H^3}{3} \right) - \left(\frac{Y_c^4}{4} - \frac{Y_c^4}{3} \right) \right] = -\alpha B \frac{K_H}{H} \left[\frac{H^4}{4} - Y_c \frac{H^3}{3} + \frac{Y_c^4}{12} \right] \end{aligned}$$

Y si utilizamos la variable adimensional $\bar{Y}_c = \frac{Y_c}{H}$ tendremos que:

$$S_i = -\alpha B \frac{K_H}{12} H^3 \left[3 - 4\bar{Y}_c + \bar{Y}_c^4 \right]$$

Luego:

$$e_i = \frac{S_i}{E_i} = \frac{-\alpha B \frac{K_H}{12} H^3 (3 - 4\bar{Y}_c + \bar{Y}_c^4)}{-\alpha B \frac{K_H}{6} H^2 (\bar{Y}_c^3 - 3\bar{Y}_c + 2)}$$

$$e_i = \frac{H}{2} \frac{3 - 4\bar{Y}_c + \bar{Y}_c^4}{2 - 3\bar{Y}_c + \bar{Y}_c^3} \quad (31)$$



1.1.4.A. CURVA DEL CENTRO DE GIRO:

Del equilibrio de fuerzas verticales habíamos obtenido una relación entre α y \bar{X}_c , ecuación (18+):

$$\alpha = \frac{8(N + W)}{BK_V L^2 (1 + \bar{X}_c)^2}$$

Si ahora establecemos el equilibrio de fuerzas horizontales tendremos que:

$$E_s + E_i + V = 0$$

Teniendo en cuenta que E_s viene definido por la ecuación (22) y E_i por la ecuación (29):

$$\frac{1}{6} \alpha K_H B H^2 \bar{Y}_c^3 - \frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 (\bar{Y}_c^3 - 3\bar{Y}_c + 2) + V = 0$$

Multiplicando por 6:

$$\alpha K_H B H^2 \bar{Y}_c^3 - \alpha B K_H H^2 \bar{Y}_c^3 + \alpha B K_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2) + 6V = 0$$

Despejando α :

$$\alpha = \frac{-6V}{BK_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2)} \quad (32)$$

que igualando a la ecuación (18+) obtendremos la relación entre \bar{X}_c e \bar{Y}_c (curva del centro de giro):

$$\alpha = \frac{8(N+W)}{BK_V L^2 (1+\bar{X}_c)^2} = \frac{-6V}{BK_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -6VBK_V L^2 (1 + \bar{X}_c)^2 = 8(N + W)BK_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2)$$

Si despejamos \bar{Y}_c en función de \bar{X}_c :

$$\bar{Y}_c = \frac{-6VK_V L^2 (1 + \bar{X}_c)^2 + 16(N + W)K_H H^2}{24(N + W)K_H H^2} = \frac{-1}{4} \frac{V}{N + W} \frac{K_V L^2}{K_H H^2} (1 + \bar{X}_c)^2 + \frac{2}{3}$$

Es decir:

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} - \frac{1}{4} \frac{V}{N+W} \frac{K_V L^2}{K_H H^2} (1 + \bar{X}_c)^2 \quad (33+) \quad \text{NOTA: esta curva es una PARABOLA}$$

Y si llamamos:

$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad (34)$$

$$\lambda = \frac{L}{H} \quad (35)$$

$$\chi = \frac{V}{N+W} \quad (36)$$

$$A = \frac{1}{4} \chi \eta \lambda^2 \quad (37)$$

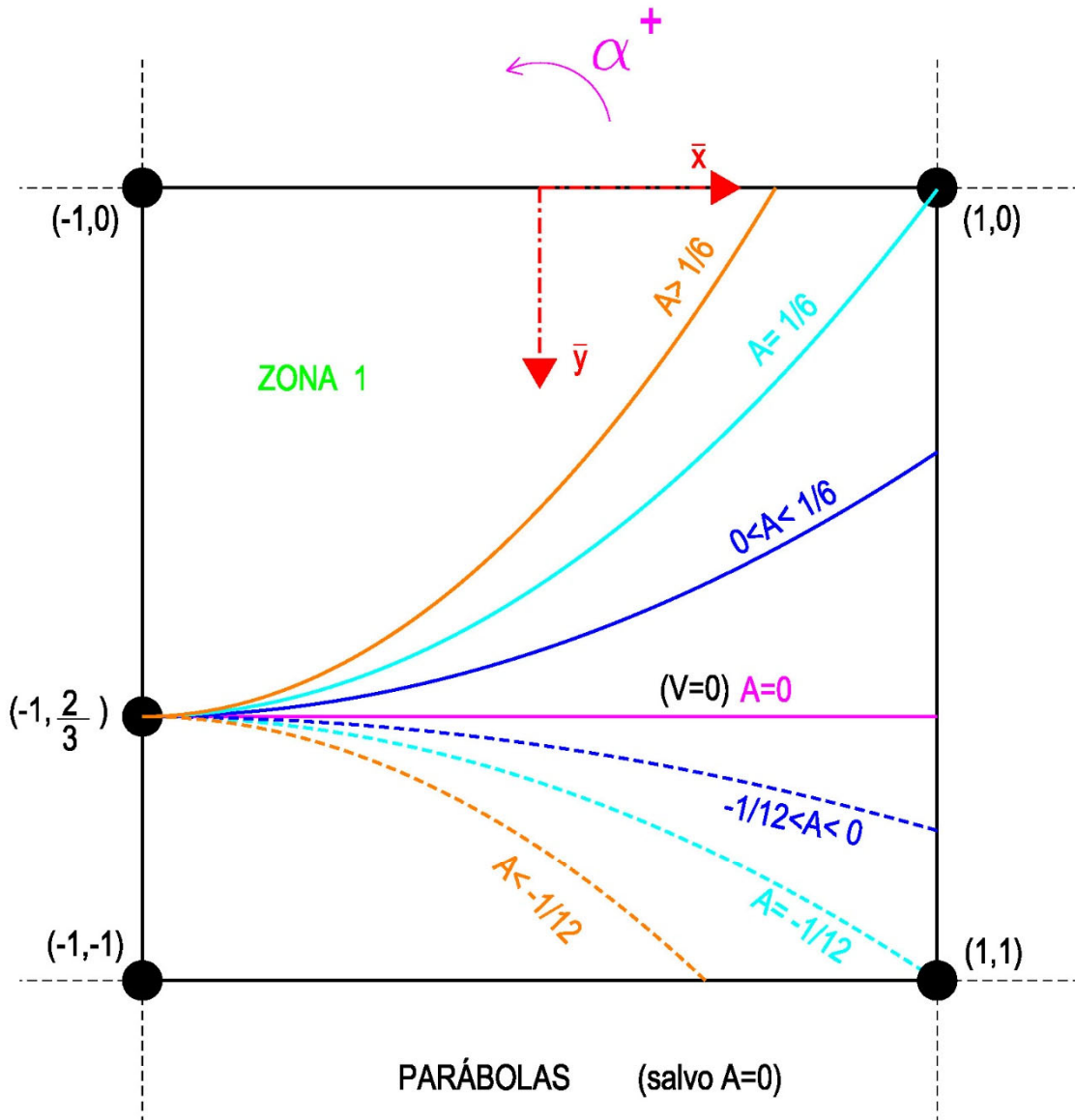
la ecuación (33+) la podemos poner como:

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} - A(1 + \bar{X}_c)^2 \quad (38+)$$



CURVA DEL CENTRO DE GIRO ZONA 1 $\bar{y}_c = \bar{y}_c(\bar{x}_c)$

CASO $\alpha > 0$



PARÁBOLAS (salvo $A=0$)

$$\bar{y}_c = \frac{2}{3} - A(1 + \bar{x}_c)^2 \quad (|\bar{x}_c| \leq 1)$$

Figura 16



1.1.5.A RESOLUCION DEL PROBLEMA.

La curva anterior que hemos obtenido es el lugar geométrico de los puntos que verifican el equilibrio de fuerzas verticales y horizontales. Dentro de esta curva hay un punto, que, además, verifica el equilibrio de momentos, y por tanto, será la solución a nuestro problema (hay que recordar, que una vez obtenido la solución deberemos comprobar si la hipótesis de zona es correcta).

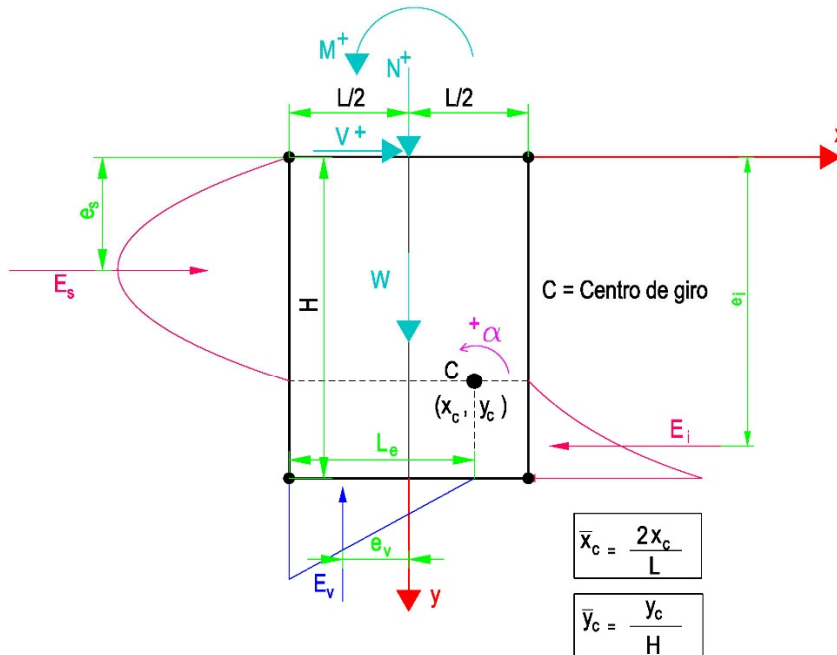


Figura 17

Si planteamos la ecuación de la resultante de momentos en el origen de coordenadas ("OC"):

$$\Sigma M_{OC} = M + E_s e_s + E_i e_i - E_v e_v = 0 \quad (36)$$

Teniendo en cuenta los resultados anteriores obtenidos, expresándolos en función de \bar{X}_c e \bar{Y}_c

$$E_v = -\frac{1}{8} B \alpha K_V L^2 (1 + \bar{X}_c)^2 = -(N + W)$$

$$e_v = \frac{L}{6} [-2 + \bar{X}_c]$$

$$E_s = \frac{1}{6} \alpha K_H B H^2 \bar{Y}_c^3$$

$$e_s = \frac{H}{2} \bar{Y}_c$$



$$E_i = -\alpha B \frac{K_H}{6} H^2 \left[\bar{Y}_c^3 - 3\bar{Y}_c + 2 \right]$$

$$e_i = \frac{H}{2} \frac{3 - 4\bar{Y}_c + \bar{Y}_c^4}{2 - 3\bar{Y}_c + \bar{Y}_c^3}$$

Y si además ponemos el ángulo α en función de \bar{X}_c y tenemos en cuenta la relación que hay entre \bar{X}_c e \bar{Y}_c podremos obtener una ecuación que sólo intervenga \bar{X}_c :

$$\alpha = \frac{8(N+W)}{BK_V L^2 (1+\bar{X}_c)^2}$$

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} - A(1 + \bar{X}_c)^2$$

Se obtiene la siguiente ecuación cúbica en \bar{X}_c :

$$a\bar{X}_c^3 + b\bar{X}_c^2 + c\bar{X}_c + d = 0 \quad (37)$$

Siendo los coeficientes:

$$a = L[N + W] \quad (38)$$

$$b = 6M - 4HV \quad (39)$$

$$c = 12M - 8HV - 3L[N + W] \quad (40+)$$

$$d = 6M - 4HV - L[N + W]\xi \quad (41+)$$

Donde intervienen los siguientes parámetros adimensionales:

$$\xi = 2 + \frac{4}{3} \frac{1}{\eta\lambda^3} \quad (42)$$

$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad \lambda = \frac{L}{H}$$

Una vez obtenido \bar{X}_c podemos calcular el resto de variables. Comprobamos si estamos en zona 1:

$$-1 \leq |\bar{X}_c| \leq 1$$

$$0 \leq \bar{Y}_c \leq 1$$

Y que el giro α es positivo.



B.- CASO $\alpha < 0$:

Ahora consideremos el caso de giro negativo y comprobaremos que la expresión de la tensión horizontal es la misma que en el caso de giro positivo. Por tanto, se deduce que en el cálculo de tensiones horizontales (donde aparezca la variable Y_c) las expresiones no dependen del sentido del giro. Por el contrario, en el cálculo de las tensiones verticales (donde aparezca la variable X_c), las expresiones dependerán del sentido del giro.

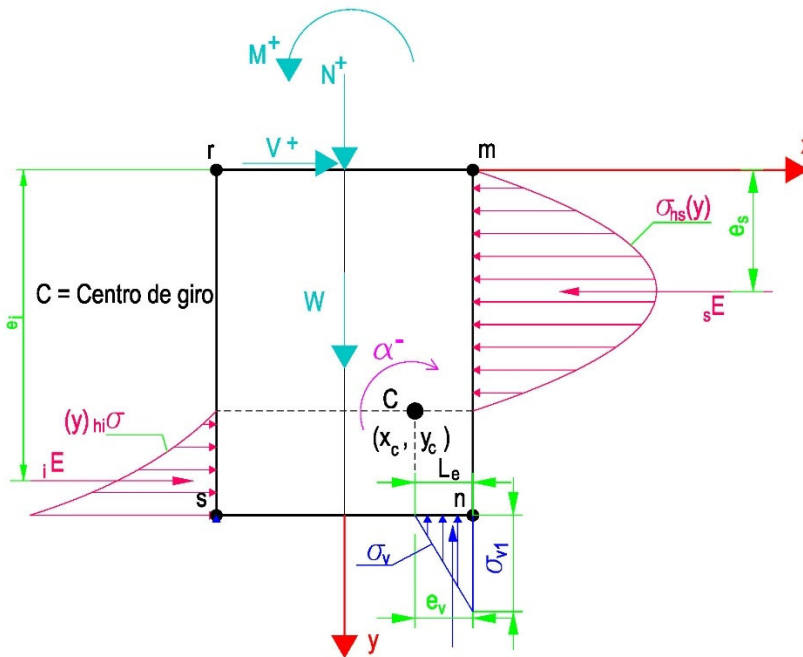


Figura 18

En este caso $L_e = \frac{L}{2} - X_c = \frac{L}{2} [1 - \bar{X}_c]$ (10-) \rightarrow $X_c = \frac{L}{2} - L_e$

$$e_v = \frac{L}{2} - \frac{L_e}{3} = \frac{L}{2} - \frac{\frac{L}{2} - X_c}{3} = \frac{L}{2} - \frac{L}{6} + \frac{X_c}{3} = \frac{2L}{6} + \frac{X_c}{3} = \frac{L}{3} + \frac{X_c}{3}$$

$\Rightarrow e_v = \frac{L+X_c}{3} = \frac{L}{6} [2 + \bar{X}_c]$ (12-)



1.1.1.B OBTENCION DE E_v (en función de $\alpha < 0$)

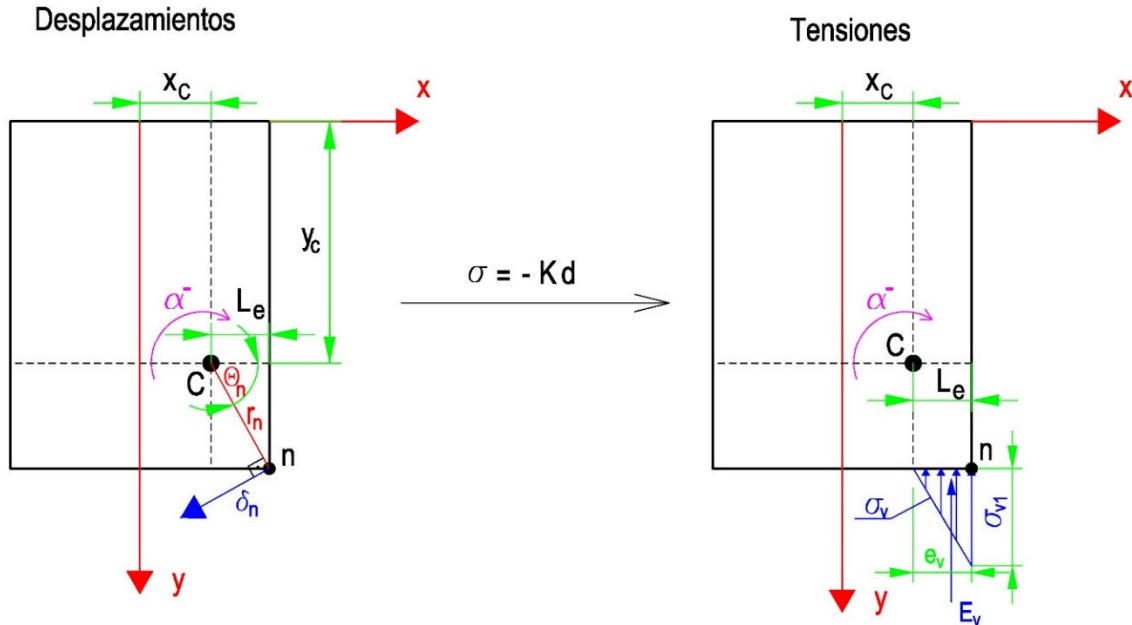


Figura 10

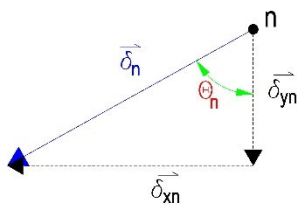


Figura 11

$$|\vec{\delta}_n| = r_n \alpha = \delta_n$$

$$\cos \theta_n = \frac{L_e}{r_n}$$

$$\cos \theta_n = \frac{\delta_{yn}}{\delta_n} =$$

$$\frac{\delta_{yn}}{\alpha r_n}$$

$$\Rightarrow \frac{\delta_{yn}}{\alpha r_n} = \frac{L_e}{r_n}$$

$$\Rightarrow r_s \delta_{ys} = \alpha r_s L_e \Rightarrow$$

$$\delta_{yn} = -\alpha L_e = -\alpha \left(\frac{L}{2} - X_c \right) \quad (13-)$$

Luego:

$$\sigma_{v1} = -K_v \delta_{yn} = K_v \alpha \left(\frac{L}{2} - X_c \right) \quad (14-)$$

$$\sigma_{v1} = \frac{1}{2} \alpha K_v L [1 - \bar{X}_c] \quad (15-)$$



De la ecuación (8) teníamos que:

$$E_V = \frac{1}{2} L e \sigma_{v1} B$$

sustituyendo σ_{v1} por el valor dado en la ecuación (14-):

$$E_V = \frac{1}{2} \left(\frac{L}{2} - X_C \right) \left[\alpha K_V \left(\frac{L}{2} - X_C \right) \right] B = \frac{1}{2} B \alpha K_V \left(\frac{L}{2} - X_C \right)^2$$

$$E_V = \frac{1}{2} B \alpha K_V \left(\frac{L}{2} - X_C \right)^2 \quad (16-)$$

Y utilizando la variable adimensional $\overline{X}_C = \frac{X_C}{\frac{L}{2}} = \frac{2X_C}{L}$

$$E_V = \frac{1}{8} B \alpha K_V L^2 (1 - \overline{X}_C)^2 \quad (17-)$$

Pero teniendo en cuenta la ecuación (7):

$$-(N+W) = E_V = \frac{1}{8} B \alpha K_V L^2 (1 - \overline{X}_C)^2$$

despejando el ángulo α :

$$\alpha = \frac{-8(N+W)}{B K_V L^2 (1 - \overline{X}_C)^2} \quad (18-)$$



1.1.2.B. OBTENCION DE E_s y e_s :

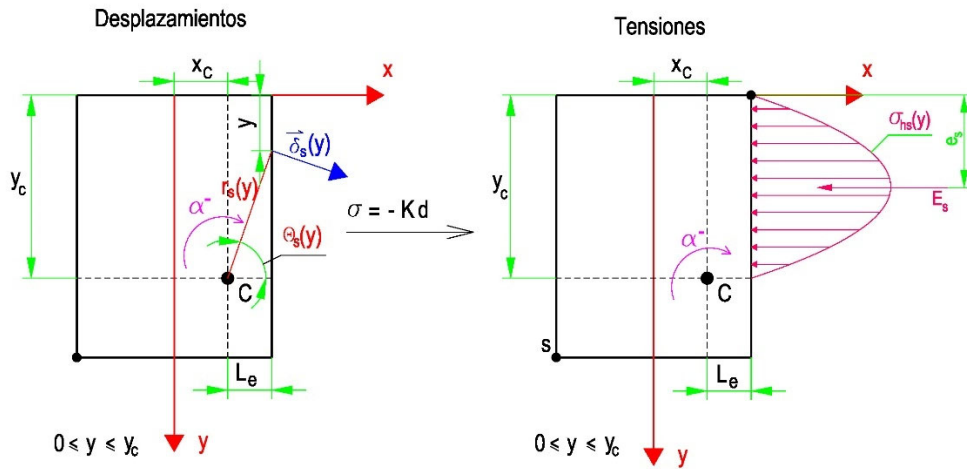


Figura 19

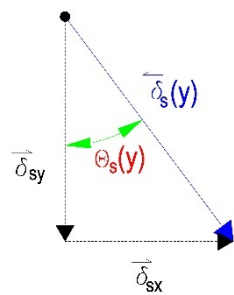


Figura 20

$$|\vec{\delta}_s| = \delta_s = \alpha r_s$$

$$\text{Sen} \theta_s = \frac{\delta_{sx}}{\delta_s}$$

$$\Rightarrow \frac{\delta_{sx}}{\alpha r_s} = \frac{Y_c - y}{r_s}$$

$$\text{Sen} \theta_s = \frac{Y_c - y}{r_s}$$

$$\Rightarrow r_s \delta_{sx} = \alpha r_s (Y_c - y) \Rightarrow \delta_{sx} = \alpha (Y_c - y) \Rightarrow \vec{\delta}_{sx} = -\alpha (Y_c - y)$$

La tensión en el punto considerado (ordenada y) será:

$$\sigma_{hs}(y) = -K_h(y) \delta_{sx}(y) \quad \text{Y como } K_h(y) = \frac{K_H}{H} y, \text{ tendremos pues :}$$

$$\sigma_{hs}(y) = \frac{K_H}{H} y \alpha (Y_c - y) \quad (19)$$

NOTA: en $y=0 \Rightarrow \sigma_{hs}=0$; En $y=Y_c \Rightarrow \sigma_{hs}=0$

Utilizando la variable adimensional definida en (6):

$$\sigma_{hs}(\bar{y}) = \alpha K_H H \bar{y} (\bar{Y}_c - \bar{y}) \quad (20)$$

(es igual que cuando $\alpha > 0$) => las fórmulas de tensiones horizontales superiores son las mismas en $\alpha > 0$ y $\alpha < 0$.



$$E_s = \frac{1}{6} \alpha K_H \frac{B}{H} Y_c^3 \quad (21)$$

$$E_s = \frac{1}{6} \alpha K_H B H^2 \bar{Y}_c^3 \quad (22)$$

CALCULO DEL VALOR MAXIMO DE $\sigma_{hs}(y)$:

$$\sigma_{hs} \max = \alpha \frac{K_H}{4H} Y_c^2 \quad \text{en} \quad y = \frac{Y_c}{2}$$

o lo que es lo mismo:

$$\sigma_{hs} \max = \alpha \frac{K_H}{4} H \bar{Y}_c^2 \quad \text{en} \quad y = H \frac{\bar{Y}_c}{2} \quad (23)$$

CALCULO DE e_s PUNTO DE APLICACIÓN DE E_s :

$$e_s = \frac{Y_c}{2} = \frac{H}{2} \bar{Y}_c \quad (26)$$

1.1.3.B. OBTENCION DE E_i y e_i

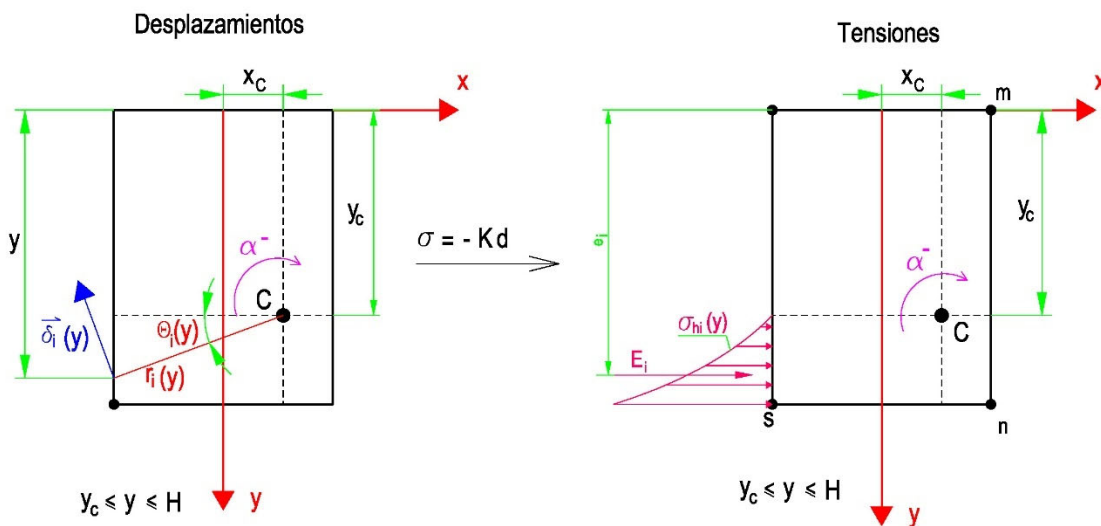


Figura 21

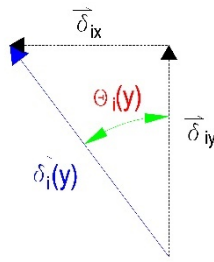


Figura 22

$$|\vec{\delta}_i| = \delta_i = \alpha r_i$$

$$\text{sen}\theta_i = \frac{\delta_{ix}}{\delta_i} = \frac{\delta_{ix}}{\alpha r_i}$$

$$\Rightarrow \frac{\delta_{ix}}{\alpha r_i} = \frac{y - Y_c}{r_i} \Rightarrow r_i \delta_{ix} = \alpha r_i (y - Y_c) \Rightarrow$$

$$\text{Sen}\theta_i = \frac{y - Y_c}{r_i}$$

$$\Rightarrow \vec{\delta}_{ix} = \alpha (y - Y_c)$$

La tensión en el punto de ordenada y será:

$$\sigma_{hi}(y) = -K_h(y) \delta_{ix}(y)$$

y como $K_h(y) = \frac{K_H}{H} y$

$$\sigma_{hi}(y) = -\alpha \frac{K_H}{H} y (y - Y_c) \quad (27)$$

(coincide con el caso $\alpha > 0 \Rightarrow$ las ecuaciones de tensiones horizontales inferiores son las mismas en $\alpha > 0$ y $\alpha < 0$)

$$E_i = -\alpha B \frac{K_H}{6H} [2H^3 - 3Y_c H^2 + Y_c^3] \quad (28)$$

$$E_i = -\alpha B \frac{K_H}{6} H^2 [\bar{Y}_c^3 - 3\bar{Y}_c + 2] \quad (29)$$

VALOR MAXIMO DE $\sigma_{hi}(y)$:

$$\sigma_{hi} \text{ max} = -\alpha K_H (H - Y_c) = -\alpha K_H H (1 - \bar{Y}_c)$$

(30)

en el punto $y=H$

CALCULO DE e_i , EXCENRICIDAD DE E_i :

$$e_i = \frac{H \sqrt{3 - 4\bar{Y}_c + \bar{Y}_c^4}}{2 \sqrt{2 - 3\bar{Y}_c + \bar{Y}_c^3}} \quad (31)$$



1.1.4.B. CURVA DEL CENTRO DE GIRO:

Del equilibrio de fuerzas verticales habíamos obtenido una relación entre α y \bar{X}_c , ecuación (18-):

$$\alpha = \frac{-8(N+W)}{BK_V L^2 (1-\bar{X}_c)^2}$$

Si ahora establecemos el equilibrio de fuerzas horizontales tendremos que:

$$E_s + E_i + V = 0$$

$$\alpha = \frac{-6V}{BK_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2)} \quad (32)$$

que igualando a la ecuación (18-) obtendremos la relación entre \bar{X}_c e \bar{Y}_c (curva del centro de giro):

$$\alpha = \frac{-8(N+W)}{BK_V L^2 (1-\bar{X}_c)^2} = \frac{-6V}{BK_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -6VBK_V L^2 (1-\bar{X}_c)^2 = -8(N+W)BK_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2)$$

Si despejamos \bar{Y}_c en función de \bar{X}_c :

$$\bar{Y}_c = \frac{-6VK_V L^2 (1-\bar{X}_c)^2 - 16(N+W)K_H H^2}{-24(N+W)K_H H^2} = \frac{1}{4} \frac{V}{N+W} \frac{K_V L^2}{K_H H^2} (1-\bar{X}_c)^2 + \frac{2}{3}$$

Es decir:

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} + \frac{1}{4} \frac{V}{N+W} \frac{K_V L^2}{K_H H^2} (1-\bar{X}_c)^2 \quad (33-) \quad \text{NOTA: esta curva es una PARABOLA}$$

Y si llamamos:

$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad (34)$$

$$\lambda = \frac{L}{H} \quad (35)$$

$$\chi = \frac{V}{N+W} \quad (36)$$

$$A = \frac{1}{4} \chi \eta \lambda^2 \quad (37)$$

la ecuación (33+) la podemos poner como:

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} + A(1-\bar{X}_c)^2 \quad (38-)$$

Esta curva es una parábola:



CURVA DEL CENTRO DE GIRO $\bar{y}_c = \bar{y}_c(\bar{x}_c)$
CASO $\alpha < 0$

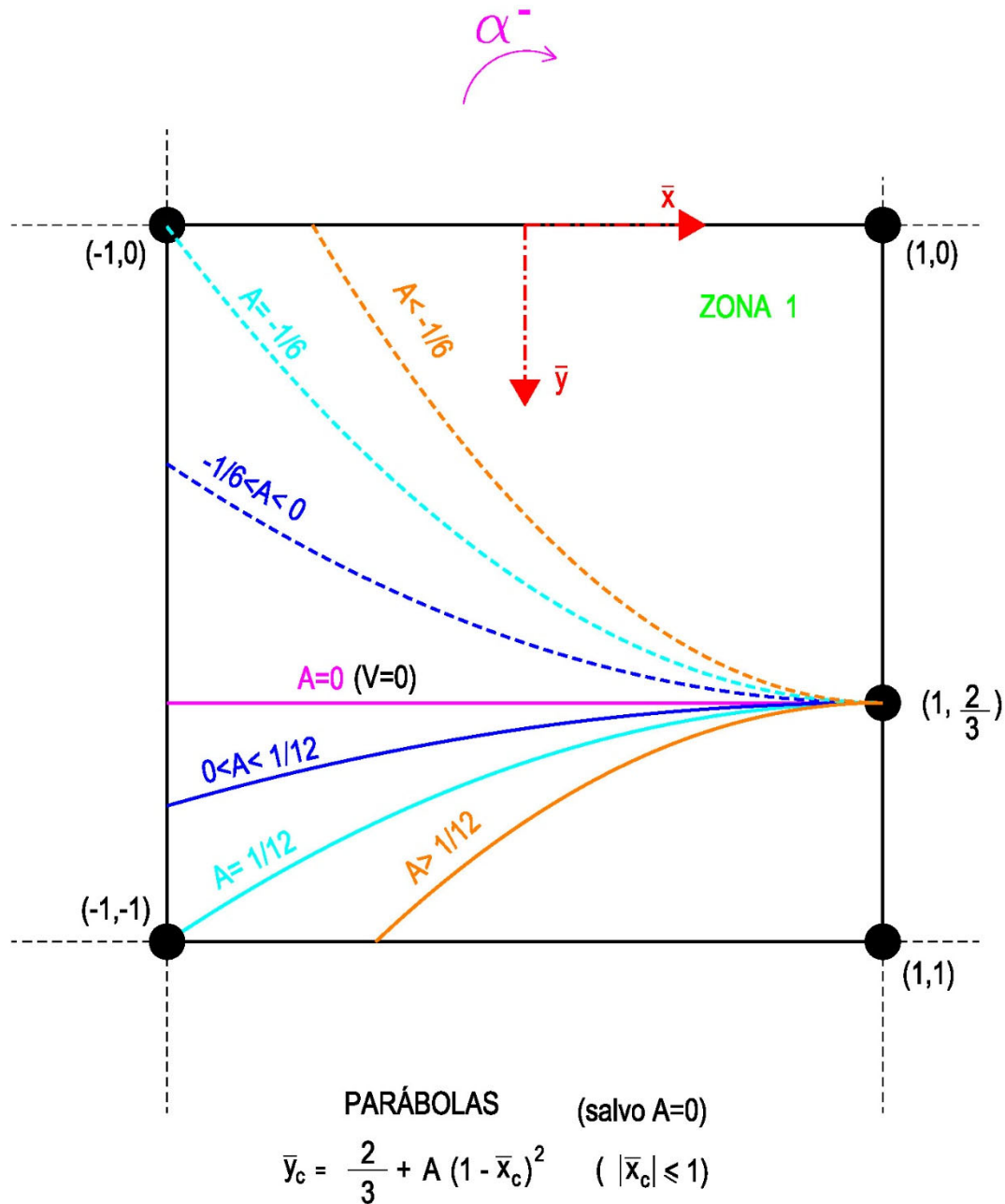


Figura 23



1.1.5.B RESOLUCION DEL PROBLEMA.

La curva anterior que hemos obtenido es el lugar geométrico de los puntos que verifican el equilibrio de fuerzas verticales y horizontales. Dentro de esta curva hay un punto, que, además, verifica el equilibrio de momentos, y por tanto, será la solución a nuestro problema (hay que recordar, que una vez obtenido la solución deberemos comprobar si la hipótesis de zona es correcta).

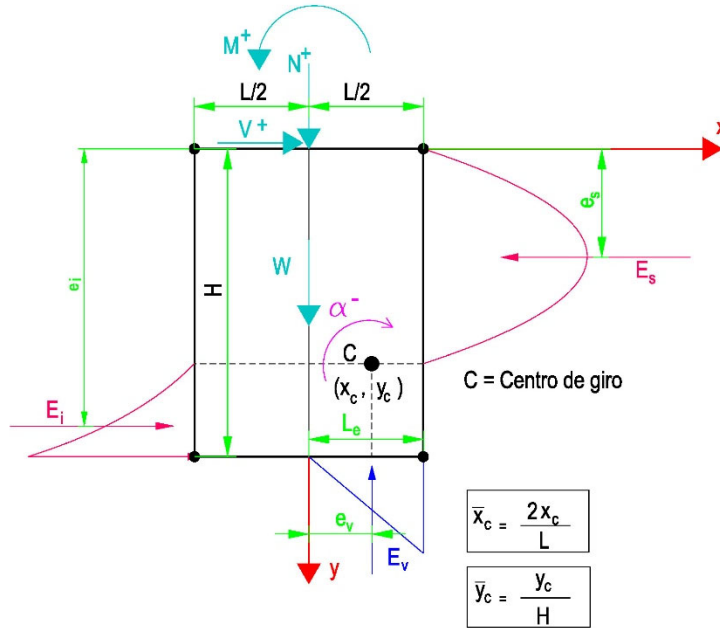


Figura 24

Si planteamos la ecuación de la resultante de momentos en el origen de coordenadas ("OC"):

$$\Sigma M_{OC} = M + E_s e_s + E_i e_i - E_v e_v = 0 \quad (36)$$

Teniendo en cuenta los resultados anteriores obtenidos, expresándolos en función de \bar{X}_c e \bar{Y}_c

$$E_v = \frac{1}{8} B \alpha K_V L^2 (1 - \bar{X}_c)^2 = -(N + W)$$

$$e_v = \frac{L}{6} [2 + \bar{X}_c]$$

$$E_s = \frac{1}{6} \alpha K_H B H^2 \bar{Y}_c^3$$

$$e_s = \frac{H}{2} \bar{Y}_c$$

$$E_i = -\alpha B \frac{K_H}{6} H^2 [\bar{Y}_c^3 - 3\bar{Y}_c + 2]$$

$$e_i = \frac{H}{2} \frac{3 - 4\bar{Y}_c + \bar{Y}_c^4}{2 - 3\bar{Y}_c + \bar{Y}_c^3}$$



Y si además ponemos el ángulo α en función de \bar{X}_c y tenemos en cuenta la relación que hay entre \bar{X}_c e \bar{Y}_c podremos obtener una ecuación que sólo intervenga \bar{X}_c :

$$\alpha = \frac{-8(N+W)}{BK_V L^2 (1-\bar{X}_c)^2}$$

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} + A(1 - \bar{X}_c)^2$$

Se obtiene la siguiente ecuación cúbica en \bar{X}_c :

$$a\bar{X}_c^3 + b\bar{X}_c^2 + c\bar{X}_c + d = 0 \quad (37)$$

Siendo los coeficientes:

$$a = L[N + W] \quad (38)$$

$$b = 6M - 4HV \quad (39)$$

$$c = -12M + 8HV - 3L[N + W] \quad (40-)$$

$$d = 6M - 4HV + L[N + W]\xi \quad (41-)$$

Donde intervienen los siguientes parámetros adimensionales:

$$\xi = 2 + \frac{4}{3} \frac{1}{\eta\lambda^3} \quad (42)$$

$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad \lambda = \frac{L}{H}$$

Una vez obtenido \bar{X}_c podemos calcular el resto de variables. Comprobamos si estamos en zona 1:

$$-1 \leq |\bar{X}_c| \leq 1$$

$$0 \leq \bar{Y}_c \leq 1$$

Y que el giro α es negativo

.



1.2.- CENTRO DE GIRO EN ZONA 2 : $IX_c \leq L/2$
 $Y_c > H$

De lo visto en zona 1 llegamos a las siguientes conclusiones:

- 1.- El sentido del giro de α sólo hay que tenerlo en cuenta cuando calculamos las tensiones verticales.
- 2.- Respecto a las tensiones horizontales (que no dependen del signo de α), para esta zona de estudio (2) sólo cambiarán los límites de las integrales cuando calculamos E_s y e_s ($E_i=0$) pues la expresión de la tensión horizontal es la misma que en zona 1:

$$\sigma_h(y) = \frac{K_H}{H} y \alpha (Y_c - y) \quad (19)$$

CASO $\alpha > 0$:

En este caso tendremos:

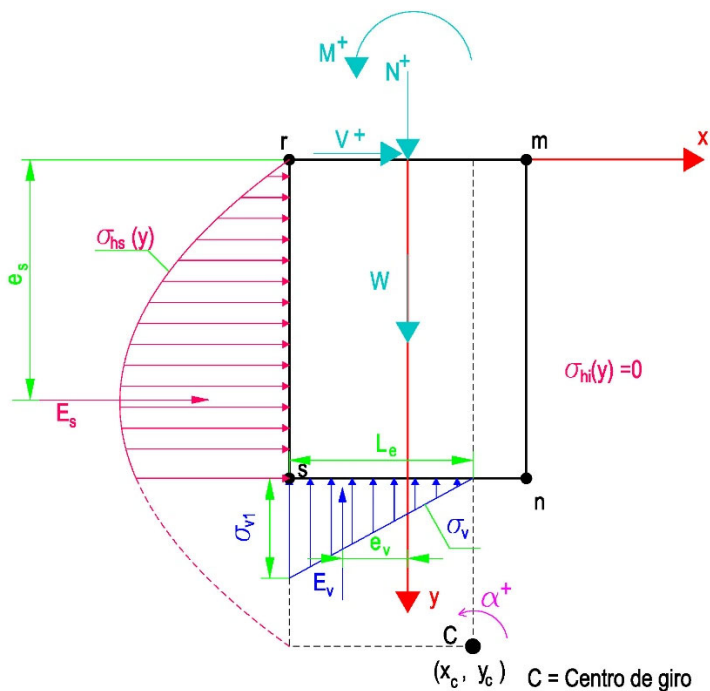


Figura 25



1.2.1.A OBTENCION DE E_v (en función de $\alpha > 0$)

$$E_v = \frac{1}{2} L_e \sigma_{v1} B \quad (8)$$

$$L_e = \frac{L}{2} + X_C \quad (10+)$$

$$e_v = \frac{-L + X_C}{3} = \frac{L}{6} [-2 + \bar{X}_C] \quad (12+)$$

$$\sigma_{v1} = -\frac{1}{2} \alpha K_V L [1 + \bar{X}_C] \quad (15+)$$

$$E_v = -\frac{1}{2} B \alpha K_V \left(\frac{L}{2} + X_C\right)^2 \quad (16+)$$

$$E_v = -\frac{1}{8} B \alpha K_V L^2 (1 + \bar{X}_C)^2 \quad (17+)$$

$$\alpha = \frac{8(N+W)}{B K_V L^2 (1 + \bar{X}_C)^2} \quad (18+)$$

CASO $\alpha < 0$:

En este caso tendremos:

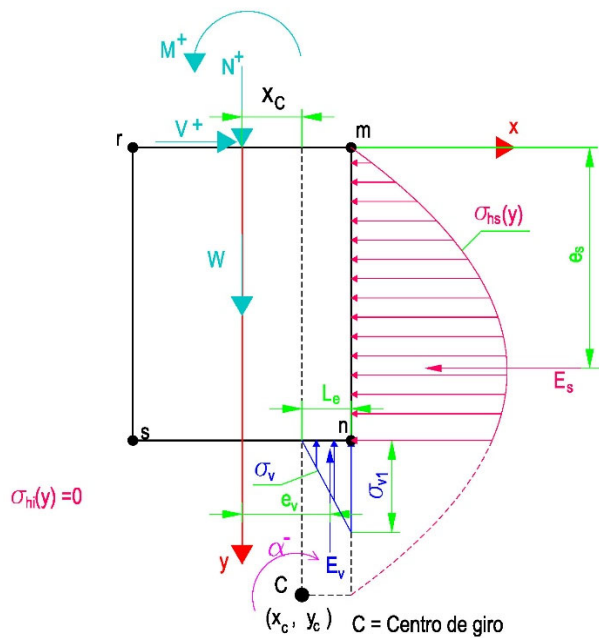


Figura 26



1.2.1.B OBTENCION DE E_v (en función de $\alpha < 0$)

$$E_v = \frac{1}{2} L_e \sigma_{v1} B \quad (8)$$

$$L_e = \frac{L}{2} - X_c \quad (10-)$$

$$e_v = \frac{L+X_c}{3} = \frac{L}{6} [2 + \bar{X}_c] \quad (12-)$$

$$\sigma_{v1} = \frac{1}{2} \alpha K_V L [1 - \bar{X}_c] \quad (15-)$$

$$E_v = \frac{1}{2} B \alpha K_V \left(\frac{L}{2} - X_c\right)^2 \quad (16-)$$

$$E_v = \frac{1}{8} B \alpha K_V L^2 (1 - \bar{X}_c)^2 \quad (17-)$$

$$\alpha = \frac{-8(N+W)}{B K_V L^2 (1 - \bar{X}_c)^2} \quad (18-)$$

1.2.2.. OBTENCION DE E_s y e_s : (válido para $\alpha > 0$ y $\alpha < 0$)

$$E_{hs} = E_s = \iint_S \sigma_{hs}(S) dS = B \int_0^H \sigma_{hs}(y) dy = B \int_0^H \alpha \frac{K_H}{H} (Y_c - y) y dy = \alpha K_H \frac{B}{H} \int_0^H (Y_c y - y^2) dy =$$

$$= \alpha K_H \frac{B}{H} \left[Y_c \frac{y^2}{2} - \frac{y^3}{3} \right]_0^H = \alpha K_H \frac{B}{H} \left(\frac{Y_c H^2}{2} - \frac{H^3}{3} \right) = \frac{1}{6} \alpha K_H B H [3Y_c - 2H]$$

$$E_{hs} = \frac{1}{6} \alpha K_H B H [3Y_c - 2H] \quad (43)$$

y si utilizamos la variable adimensional:

$$\bar{Y}_c = \frac{Y_c}{H}$$

La ecuación (21) la podemos poner como:

$$E_s = \frac{1}{6} \alpha K_H B H^2 [3\bar{Y}_c - 2] \quad (44)$$

CALCULO DEL VALOR MAXIMO DE $\sigma_{hs}(y)$:

En el caso de que $Y_c < 2H$:

$$\sigma_{hs} \max = \alpha \frac{K_H}{4} H \bar{Y}_c^2 \quad \text{en} \quad y = \frac{\bar{Y}_c}{2}$$

(23)

En el caso de que $Y_c > H$:

$$\sigma_{hs} \max = \alpha K_H H [\bar{Y}_c - 1] \quad \text{en } y=H \quad (45)$$

CALCULO DE e_s PUNTO DE APLICACIÓN DE E_s :

$$e_s = \frac{B \int_0^H \sigma_{hs}(y) y dy}{B \int_0^H \sigma_{hs}(y) dy} = \frac{S_s}{E_s} \quad (46)$$

Como ya hemos calculado E_s , ecuación (44), pasemos a calcular S_s :

$$\begin{aligned} S_s &= \int_0^H \sigma_{hs}(y) y dy = B \int \alpha \frac{K_H}{H} (Y_c - y) y^2 dy = B \alpha \int_0^H (Y_c y^2 - y^3) dy = \\ &= B \alpha \left[Y_c \frac{y^3}{3} - \frac{y^4}{4} \right]_0^H = B \alpha K_H H^2 \left(\frac{Y_c}{3} - \frac{H}{4} \right) = \frac{1}{12} B \alpha K_H H^2 [4Y_c - 3H] \end{aligned}$$

Luego:

$$S_s = \frac{1}{12} B \alpha K_H H^2 [4Y_c - 3H] \quad (47)$$

Teniendo en cuenta (6):

$$S_s = \frac{1}{12} B \alpha K_H H^3 [4\bar{Y}_c - 3] \quad (48)$$

Sustituyendo las ecuaciones (44) y (48) en (46):

$$e_s = \frac{S_s}{E_s} = \frac{1}{2} H \left[\frac{4\bar{Y}_c - 3}{3\bar{Y}_c - 2} \right] \quad (49)$$



1.2.3.. OBTENCION DE E_i y e_i : (válido para $\alpha > 0$ y $\alpha < 0$): $E_i = 0$

1.2.4.A. CURVA DEL CENTRO DE GIRO: ($\alpha > 0$)

Del equilibrio de fuerzas verticales habíamos obtenido una relación entre α y \bar{X}_c , ecuación (18+):

$$\alpha = \frac{8(N + W)}{BK_V L^2 (1 + \bar{X}_c)^2}$$

Si ahora establecemos el equilibrio de fuerzas horizontales tendremos que:

$$E_s + E_i + V = 0$$

$$E_i = 0$$

Teniendo en cuenta que E_s viene definido por la ecuación (44) :

$$\frac{1}{6} \alpha K_H B H^2 [3\bar{Y}_c - 2] + V = 0$$

Despejando α :

$$\alpha = \frac{-6V}{BK_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2)} \quad (32)$$

que igualando a la ecuación (18+) obtendremos la relación entre \bar{X}_c e \bar{Y}_c (curva del centro de giro):

$$\alpha = \frac{8(N+W)}{BK_V L^2 (1 + \bar{X}_c)^2} = \frac{-6V}{BK_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2)} \Rightarrow$$

Es decir:

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} - \frac{1}{4} \frac{V}{N+W} \frac{K_V L^2}{K_H H^2} (1 + \bar{X}_c)^2 \quad (33+) \quad \text{NOTA: esta curva es una PARABOLA}$$

$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad (34)$$

$$\lambda = \frac{L}{H} \quad (35)$$

$$\chi = \frac{V}{N+W} \quad (36)$$

$$A = \frac{1}{4} \chi \eta \lambda^2 \quad (37)$$

la ecuación (33+) la podemos poner como:

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} - A(1 + \bar{X}_c)^2 \quad (38+)$$

1.2.4.B. CURVA DEL CENTRO DE GIRO: ($\alpha < 0$)

Del equilibrio de fuerzas verticales habíamos obtenido una relación entre α y \bar{X}_c , ecuación (18-):

$$\alpha = \frac{-8(N + W)}{BK_V L^2 (1 - \bar{X}_c)^2}$$

Si ahora establecemos el equilibrio de fuerzas horizontales tendremos que:

$$E_s + E_i + V = 0$$

$$E_i = 0$$

$$\alpha = \frac{-6V}{BK_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2)} \quad (32)$$

Que igualando a la ecuación (18-):

$$\alpha = \frac{-8(N+W)}{BK_V L^2 (1 - \bar{X}_c)^2} = \frac{-6V}{BK_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -6VBK_V L^2 (1 - \bar{X}_c)^2 = -8(N + W)BK_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2)$$

Si despejamos \bar{Y}_c en función de \bar{X}_c :

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} + \frac{1}{4} \frac{V}{N+W} \frac{K_V L^2}{K_H H^2} (1 - \bar{X}_c)^2 \quad (33-) \quad \text{NOTA: esta curva es una PARABOLA}$$

Y si llamamos:

$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad (34)$$

$$\lambda = \frac{L}{H} \quad (35)$$

$$\chi = \frac{V}{N+W} \quad (36)$$

$$A = \frac{1}{4} \chi \eta \lambda^2 \quad (37)$$

la ecuación (33+) la podemos poner como:

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} + A(1 - \bar{X}_c)^2 \quad (38-)$$



1.2.5.A RESOLUCION DEL PROBLEMA. ($\alpha > 0$)

Si planteamos la ecuación de la resultante de momentos en el origen de coordenadas ("OC"):

$$\Sigma M_{OC} = M + E_s e_s + E_i e_i - E_v e_v = 0 \quad (36)$$

Teniendo en cuenta los resultados anteriores obtenidos (para $\alpha > 0$), expresándolos en función de \bar{X}_c e \bar{Y}_c

$$E_v = -\frac{1}{8} B \alpha K_V L^2 (1 + \bar{X}_c)^2 = -(N + W)$$

$$e_v = \frac{L}{6} [-2 + \bar{X}_c]$$

$$E_s = \frac{1}{6} \alpha K_H B H^2 [3\bar{Y}_c - 2]$$

$$e_s = \frac{1}{2} H \left[\frac{4\bar{Y}_c - 3}{3\bar{Y}_c - 2} \right]$$

$$E_i = 0$$

$$e_i = 0$$

Y si además ponemos el ángulo α en función de \bar{X}_c y tenemos en cuenta la relación que hay entre \bar{X}_c e \bar{Y}_c podremos obtener una ecuación que sólo intervenga \bar{X}_c :

$$\alpha = \frac{8(N+W)}{BK_V L^2 (1 + \bar{X}_c)^2}$$

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} - A(1 + \bar{X}_c)^2$$

Se obtiene la siguiente ecuación cúbica en \bar{X}_c :

$$a\bar{X}_c^3 + b\bar{X}_c^2 + c\bar{X}_c + d = 0 \quad (37)$$

Siendo los coeficientes:

$$a = L[N + W] \quad (38)$$

$$b = 6M - 4HV \quad (39)$$

$$c = 12M - 8HV - 3L[N + W] \quad (40+)$$

$$d = 6M - 4HV - L[N + W]\xi \quad (41+)$$



Donde intervienen los siguientes parámetros adimensionales:

$$\xi = 2 + \frac{4}{3} \frac{1}{\eta \lambda^3} \quad (42)$$

$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad \lambda = \frac{L}{H}$$

Una vez obtenido \bar{X}_c podemos calcular el resto de variables. Comprobamos si estamos en zona 2:

$$|\bar{X}_c| \leq 1$$

$$\bar{Y}_c \geq 1$$

Y que el giro α es positivo.

1.2.5.B RESOLUCION DEL PROBLEMA. ($\alpha < 0$)

Si planteamos la ecuación de la resultante de momentos en el origen de coordenadas ("OC"):

$$\Sigma M_{OC} = M + E_s e_s + E_i e_i - E_v e_v = 0 \quad (36)$$

Teniendo en cuenta los resultados anteriores obtenidos (para $\alpha < 0$), expresándolos en función de \bar{X}_c e \bar{Y}_c

$$E_v = \frac{1}{8} B \alpha K_V L^2 (1 - \bar{X}_c)^2 = -(N + W)$$

$$e_v = \frac{L}{6} [2 + \bar{X}_c]$$

$$E_s = \frac{1}{6} \alpha K_H B H^2 [3\bar{Y}_c - 2]$$

$$e_s = \frac{1}{2} H \left[\frac{4\bar{Y}_c - 3}{3\bar{Y}_c - 2} \right]$$

$$E_i = 0$$

$$e_i = 0$$

Y si además ponemos el ángulo α en función de \bar{X}_c y tenemos en cuenta la relación que hay entre \bar{X}_c e \bar{Y}_c podremos obtener una ecuación que sólo intervenga \bar{X}_c :

$$\alpha = \frac{-8(N+W)}{BK_V L^2 (1 - \bar{X}_c)^2}$$

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} + A(1 - \bar{X}_c)^2$$

Se obtiene la siguiente ecuación cúbica en \bar{X}_c :

$$a\bar{X}_c^3 + b\bar{X}_c^2 + c\bar{X}_c + d = 0 \quad (37)$$

Siendo los coeficientes:

$$a = L[N + W] \quad (38)$$

$$b = 6M - 4HV \quad (39)$$

$$c = -12M + 8HV - 3L[N + W] \quad (40-)$$

$$d = 6M - 4HV + L[N + W]\xi \quad (41-)$$

Donde intervienen los siguientes parámetros adimensionales:



$$\xi = 2 + \frac{4}{3} \frac{1}{\eta \lambda^3} \quad (42)$$

$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad \lambda = \frac{L}{H}$$

Una vez obtenido \bar{X}_c podemos calcular el resto de variables. Comprobamos si estamos en zona 1:

$$|\bar{X}_c| \leq 1$$

$$\bar{Y}_c \geq 1$$

Y que el giro α es negativo



1.3.- CENTRO DE GIRO EN ZONA 3 : $|X_c| \leq L/2$
 $Y_c < 0$

Es muy similar a lo analizado en zona 2:

- 1.- El sentido del giro de α sólo hay que tenerlo en cuenta cuando calculamos las tensiones verticales.
- 2.- Respecto a las tensiones horizontales (que no dependen del signo de α), para esta zona de estudio (3) los límites de las integrales cuando calculamos E_i y e_i ($E_s=0$) son los mismos que en zona 2.

La expresión de la tensión horizontal es la misma que en zona 1 y 2 (es la misma para todas las zonas)

$$\sigma_h(y) = \frac{K_H}{H} y \alpha (Y_c - y) = -\frac{K_H}{H} y \alpha (y - Y_c) \quad (19)$$

A.CASO $\alpha > 0$:

B.CASO $\alpha < 0$:

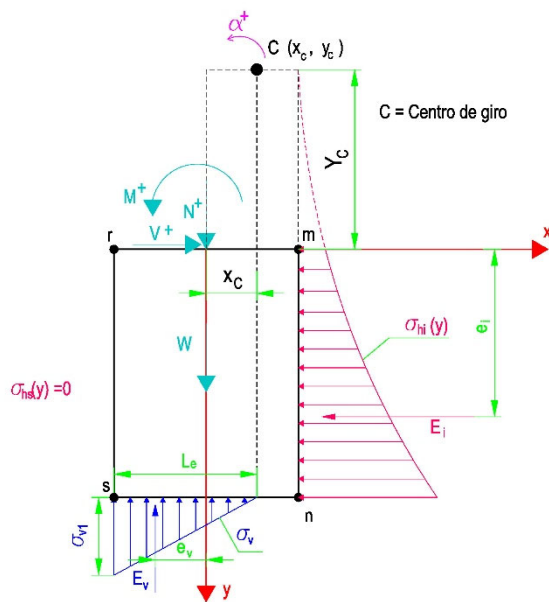


Figura 27

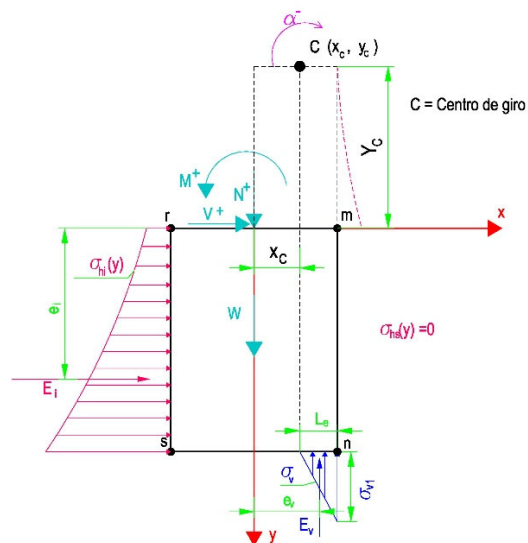


Figura 30

1.3.1.A OBTENCION DE E_v (en función de $\alpha > 0$) (es igual que en zona 1y 2)

$$E_v = \frac{1}{2} L_e \sigma_{v1} B \quad (8)$$

$$L_e = \frac{L}{2} + X_C \quad (10+)$$

$$e_v = \frac{-L+X_C}{3} = \frac{L}{6} [-2 + \bar{X}_C] \quad (12+)$$

$$\sigma_{v1} = -\frac{1}{2} \alpha K_V L [1 + \bar{X}_C] \quad (15+)$$

$$E_v = -\frac{1}{2} B \alpha K_V \left(\frac{L}{2} + X_C\right)^2 \quad (16+)$$

$$E_v = -\frac{1}{8} B \alpha K_V L^2 (1 + \bar{X}_C)^2 \quad (17+)$$

$$\alpha = \frac{8(N+W)}{B K_V L^2 (1 + \bar{X}_C)^2} \quad (18+)$$

1.3.1.B OBTENCION DE E_v (en función de $\alpha < 0$)

$$E_v = \frac{1}{2} L_e \sigma_{v1} B \quad (8)$$

$$L_e = \frac{L}{2} - X_C \quad (10-)$$

$$e_v = \frac{L+X_C}{3} = \frac{L}{6} [2 + \bar{X}_C] \quad (12-)$$

$$\sigma_{v1} = \frac{1}{2} \alpha K_V L [1 - \bar{X}_C] \quad (15-)$$

$$E_v = \frac{1}{2} B \alpha K_V \left(\frac{L}{2} - X_C\right)^2 \quad (16-)$$

$$E_v = \frac{1}{8} B \alpha K_V L^2 (1 - \bar{X}_C)^2 \quad (17-)$$

$$\alpha = \frac{-8(N+W)}{B K_V L^2 (1 - \bar{X}_C)^2} \quad (18-)$$

1.3.2. OBTENCION DE E_s y e_s : (válido para $\alpha > 0$ y $\alpha < 0$): $E_s = 0$ 1.3.3.. OBTENCION DE E_i y e_i : ($\alpha > 0$ y $\alpha < 0$)

$$E_{hi} = E_i = \iint_S \sigma_{hi}(S) dS = B \int_0^H \sigma_{hi}(y) dy = B \int_0^H \alpha \frac{K_H}{H} (Y_c - y) y dy = \alpha K_H \frac{B}{H} \int_0^H (Y_c y - y^2) dy =$$

$$= \alpha K_H \frac{B}{H} \left[Y_c \frac{y^2}{2} - \frac{y^3}{3} \right]_0^H = \alpha K_H \frac{B}{H} \left(\frac{Y_c H^2}{2} - \frac{H^3}{3} \right) = \frac{1}{6} \alpha K_H B H [3Y_c - 2H]$$

$$E_i = \frac{1}{6} \alpha K_H B H [3Y_c - 2H] \quad (50)$$

y si utilizamos la variable adimensional:

$$\bar{Y}_c = \frac{Y_c}{H}$$

La ecuación (50) la podemos poner como:

$$E_i = \frac{1}{6} \alpha K_H B H^2 [3\bar{Y}_c - 2] \quad (51)$$

CALCULO DEL VALOR MAXIMO DE $\sigma_{hi}(y)$:

$$\sigma_{hi} \max = \alpha K_H H [\bar{Y}_c - 1] \quad \text{en } y=H \quad (52)$$

CALCULO DE e_i PUNTO DE APLICACIÓN DE E_i :

$$e_i = \frac{B \int_0^H \sigma_{hi}(y) y dy}{B \int_0^H \sigma_{hi}(y) dy} = \frac{S_i}{E_i} \quad (53)$$

Como ya hemos calculado E_i , ecuación (50), pasemos a calcular S_i :

$$S_i = \int_0^H \sigma_{hi}(y) y dy = B \int \alpha \frac{K_H}{H} (Y_c - y) y^2 dy = B \alpha \int_0^H (Y_c y^2 - y^3) dy =$$

$$= B \alpha \left[Y_c \frac{y^3}{3} - \frac{y^4}{4} \right]_0^H = B \alpha K_H H^2 \left(\frac{Y_c}{3} - \frac{H}{4} \right) = \frac{1}{12} B \alpha K_H H^2 [4Y_c - 3H]$$



Luego:

$$S_i = \frac{1}{12} B \alpha K_H H^2 [4Y_c - 3H] \quad (54)$$

Teniendo en cuenta (6):

$$S_i = \frac{1}{12} B \alpha K_H H^3 [4\bar{Y}_c - 3] \quad (55)$$

Sustituyendo las ecuaciones (51) y (55) en (53):

$$e_i = \frac{S_i}{E_i} = \frac{1}{2} H \left[\frac{4\bar{Y}_c - 3}{3\bar{Y}_c - 2} \right] \quad (56)$$

1.3.4.A. CURVA DEL CENTRO DE GIRO: ($\alpha > 0$)

Del equilibrio de fuerzas verticales habíamos obtenido una relación entre α y \bar{X}_c , ecuación (18+):

$$\alpha = \frac{8(N + W)}{BK_V L^2 (1 + \bar{X}_c)^2}$$

Si ahora establecemos el equilibrio de fuerzas horizontales tendremos que:

$$E_s + E_i + V = 0$$

$$E_s = 0$$

Teniendo en cuenta que E_i viene definido por la ecuación (51) :

$$\frac{1}{6} \alpha K_H B H^2 [3\bar{Y}_c - 2] + V = 0$$

Despejando α :

$$\alpha = \frac{-6V}{BK_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2)} \quad (32)$$

que igualando a la ecuación (18+) obtendremos la relación entre \bar{X}_c e \bar{Y}_c (curva del centro de giro):

$$\alpha = \frac{8(N+W)}{BK_V L^2 (1 + \bar{X}_c)^2} = \frac{-6V}{BK_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2)} \Rightarrow$$

Es decir:

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} - \frac{1}{4} \frac{V}{N+W} \frac{K_V L^2}{K_H H^2} (1 + \bar{X}_c)^2 \quad (33+)$$

NOTA: esta curva es una PARABOLA

$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad (34)$$

$$\lambda = \frac{L}{H} \quad (35)$$

$$\chi = \frac{V}{N+W} \quad (36)$$

$$A = \frac{1}{4} \chi \eta \lambda^2 \quad (37)$$



la ecuación (33+) la podemos poner como:

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} - A(1 + \bar{X}_c)^2 \quad (38+)$$

1.3.4.B. CURVA DEL CENTRO DE GIRO: ($\alpha < 0$)

Del equilibrio de fuerzas verticales habíamos obtenido una relación entre α y \bar{X}_c , ecuación (18-):

$$\alpha = \frac{-8(N + W)}{BK_V L^2 (1 - \bar{X}_c)^2}$$

Si ahora establecemos el equilibrio de fuerzas horizontales tendremos que:

$$E_s + E_i + V = 0$$

$E_i = 0$

$$\alpha = \frac{-6V}{BK_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2)} \quad (32)$$

Que igualando a la ecuación (18-):

$$\alpha = \frac{-8(N+W)}{BK_V L^2 (1 - \bar{X}_c)^2} = \frac{-6V}{BK_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -6VBK_V L^2 (1 - \bar{X}_c)^2 = -8(N + W)BK_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2)$$

Si despejamos \bar{Y}_c en función de \bar{X}_c :

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} + \frac{1}{4} \frac{V}{N+W} \frac{K_V}{K_H} \frac{L^2}{H^2} (1 - \bar{X}_c)^2 \quad (33-) \quad \text{NOTA: esta curva es una PARABOLA}$$

Y si llamamos:

$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad (34)$$

$$\lambda = \frac{L}{H} \quad (35)$$

$$\chi = \frac{V}{N+W} \quad (36)$$

$$A = \frac{1}{4} \chi \eta \lambda^2 \quad (37)$$

la ecuación (33+) la podemos poner como:

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} + A(1 - \bar{X}_c)^2 \quad (38-)$$



1.3.5.A RESOLUCION DEL PROBLEMA. ($\alpha > 0$)

Si planteamos la ecuación de la resultante de momentos en el origen de coordenadas ("OC"):

$$\Sigma M_{OC} = M + E_s e_s + E_i e_i - E_v e_v = 0 \quad (36)$$

Teniendo en cuenta los resultados anteriores obtenidos (para $\alpha > 0$), expresándolos en función de \bar{X}_c e \bar{Y}_c

$$E_v = -\frac{1}{8} B \alpha K_v L^2 (1 + \bar{X}_c)^2 = -(N + W)$$

$$e_v = \frac{L}{6} [-2 + \bar{X}_c]$$

$$E_i = \frac{1}{6} \alpha K_H B H^2 [3\bar{Y}_c - 2]$$

$$e_i = \frac{1}{2} H \left[\frac{4\bar{Y}_c - 3}{3\bar{Y}_c - 2} \right]$$

$$E_s = 0$$

$$e_s = 0$$

Y si además ponemos el ángulo α en función de \bar{X}_c y tenemos en cuenta la relación que hay entre \bar{X}_c e \bar{Y}_c podremos obtener una ecuación que sólo intervenga \bar{X}_c :

$$\alpha = \frac{8(N+W)}{BK_v L^2 (1 + \bar{X}_c)^2}$$

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} - A(1 + \bar{X}_c)^2$$

Se obtiene la siguiente ecuación cúbica en \bar{X}_c :

$$a\bar{X}_c^3 + b\bar{X}_c^2 + c\bar{X}_c + d = 0 \quad (37)$$

Siendo los coeficientes:

$$a = L[N + W] \quad (38)$$

$$b = 6M - 4HV \quad (39)$$

$$c = 12M - 8HV - 3L[N + W] \quad (40+)$$

$$d = 6M - 4HV - L[N + W]\xi \quad (41+)$$



Donde intervienen los siguientes parámetros adimensionales:

$$\xi = 2 + \frac{4}{3} \frac{1}{\eta \lambda^3} \quad (42)$$

$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad \lambda = \frac{L}{H}$$

Una vez obtenido \bar{X}_c podemos calcular el resto de variables. Comprobamos si estamos en zona 3:

$$|\bar{X}_c| \leq 1$$

$$\bar{Y}_c \leq 0$$

Y que el giro α es positivo.

1.3.5.B RESOLUCION DEL PROBLEMA. ($\alpha < 0$)

Si planteamos la ecuación de la resultante de momentos en el origen de coordenadas ("OC"):

$$\Sigma M_{OC} = M + E_s e_s + E_i e_i - E_v e_v = 0 \quad (36)$$

Teniendo en cuenta los resultados anteriores obtenidos (para $\alpha < 0$), expresándolos en función de \bar{X}_c e \bar{Y}_c

$$E_v = \frac{1}{8} B \alpha K_V L^2 (1 - \bar{X}_c)^2 = -(N + W)$$

$$e_v = \frac{L}{6} [2 + \bar{X}_c]$$

$$E_i = \frac{1}{6} \alpha K_H B H^2 [3\bar{Y}_c - 2]$$

$$e_i = \frac{1}{2} H \left[\frac{4\bar{Y}_c - 3}{3\bar{Y}_c - 2} \right]$$

$$E_s = 0$$

$$e_s = 0$$

Y si además ponemos el ángulo α en función de \bar{X}_c y tenemos en cuenta la relación que hay entre \bar{X}_c e \bar{Y}_c podremos obtener una ecuación que sólo intervenga \bar{X}_c :

$$\alpha = \frac{-8(N+W)}{B K_V L^2 (1 - \bar{X}_c)^2}$$

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} + A(1 - \bar{X}_c)^2$$



Se obtiene la siguiente ecuación cúbica en \bar{X}_c :

$$a\bar{X}_c^3 + b\bar{X}_c^2 + c\bar{X}_c + d = 0 \quad (37)$$

Siendo los coeficientes:

$$a = L[N + W] \quad (38)$$

$$b = 6M - 4HV \quad (39)$$

$$c = -12M + 8HV - 3L[N + W] \quad (40-)$$

$$d = 6M - 4HV + L[N + W]\xi \quad (41-)$$

Donde intervienen los siguientes parámetros adimensionales:

$$\xi = 2 + \frac{4}{3} \frac{1}{\eta\lambda^3} \quad (42)$$

$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad \lambda = \frac{L}{H}$$

Una vez obtenido \bar{X}_c podemos calcular el resto de variables. Comprobamos si estamos en zona 1:

$$|\bar{X}_c| \leq 1$$

$$\bar{Y}_c \leq 0$$

Y que el giro α es negativo



1.4.- CENTRO DE GIRO EN ZONA 4 : $X_c \leq -L/2$
 $Y_c < 0$

Esta zona sólo es posible con giros de α negativos.

Esta zona, al estar la resultante dentro del núcleo central, tiene toda la base de la zapata sometida a compresiones, con lo que la tensión mínima en la base σ_{v2} ya no es nula, y $L_e=L$.

En esta zona tendremos el siguiente esquema de tensiones:

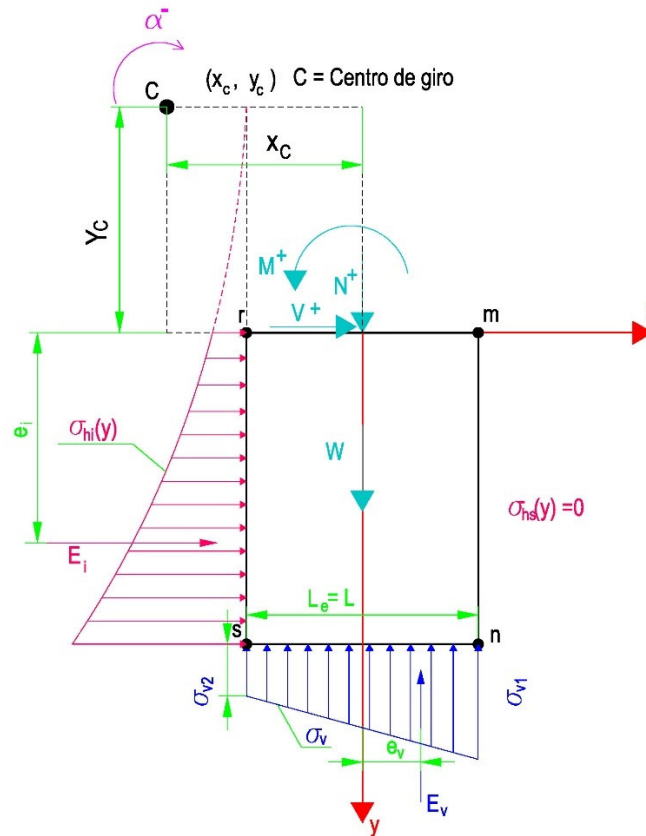


Figura 31

E_v es la resultante de las presiones verticales $\sigma_v(H)$ sobre la base de la zapata:

$$E_v = \frac{1}{2} (\sigma_{v1} + \sigma_{v2}) LB \quad (57)$$

NOTA:

$$|\sigma_{v1}| > |\sigma_{v2}|$$

La excentricidad e_v de E_v es:

$$e_v = \frac{L \sigma_{v1} - \sigma_{v2}}{6 \sigma_{v1} + \sigma_{v2}} \quad (58)$$



1.4.1. OBTENCION DE E_v EN FUNCION DE α :

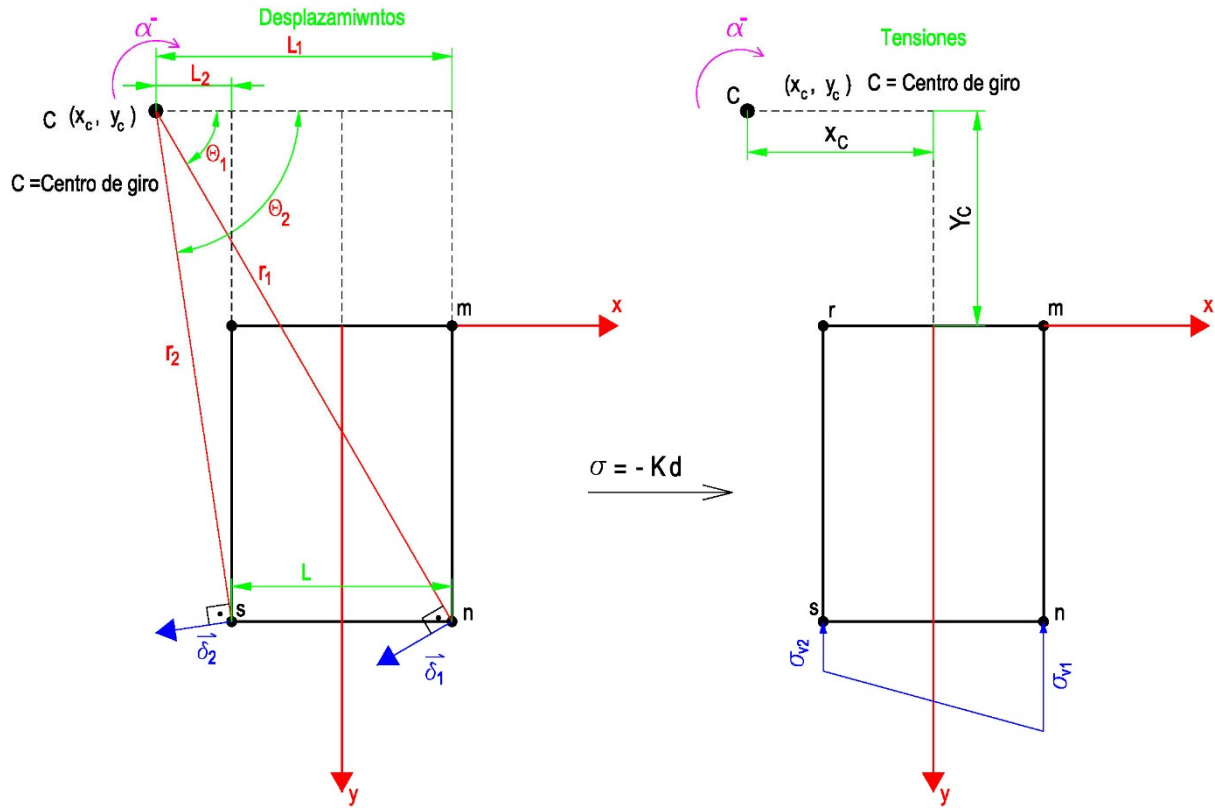


Figura 32

$$L_1 = \frac{L}{2} - X_c \quad (59)$$

$$L_2 = -\frac{L}{2} - X_c \quad (60)$$

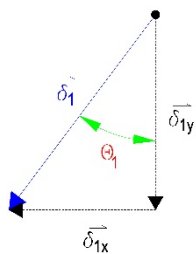


Figura 33

$$|\vec{\delta}_1| = \delta_1 = ar_1$$

$$\cos\theta_1 = \frac{\delta_{1y}}{\delta_1} = \frac{\delta_{1y}}{ar_1}$$

$$\cos\theta_1 = \frac{L_1}{r_1}$$

$$\Rightarrow \frac{\delta_{1y}}{ar_1} = \frac{L_1}{r_1} \Rightarrow \vec{\delta}_{1y} = -\alpha L_1 = -\alpha\left(\frac{L}{2} - X_c\right) \quad (61)$$

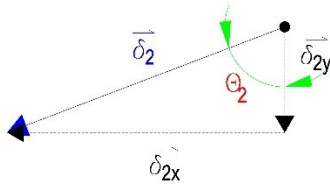


Figura 34

$$|\vec{\delta}_2| = \delta_2 = \alpha r_2$$

$$\cos\theta_2 = \frac{\delta_{2y}}{\delta_2} = \frac{\delta_{2y}}{\alpha r_2};$$

$$\cos\theta_2 = \frac{L_2}{r_2} \Rightarrow \frac{\delta_{2y}}{\alpha r_2} = \frac{L_2}{r_2} \Rightarrow \delta_{2y} = -\alpha L_2 = -\alpha\left(-\frac{L}{2} - X_c\right)$$

(62)

Conocidos los desplazamientos podemos obtener las tensiones: $p = -Kd$

$$\sigma_{v1} = -K_v \delta_{1y} = -\alpha K_v \left(\frac{-L}{2} + X_c\right) = \alpha K_v \left(\frac{L}{2} - X_c\right) \quad (63)$$

$$\sigma_{v2} = -K_v \delta_{2y} = -\alpha K_v \left(\frac{L}{2} + X_c\right) \quad (64)$$

Calculemos $\sigma_{v1} + \sigma_{v2}$:

$$\sigma_{v1} + \sigma_{v2} = \alpha K_v \left(\frac{L}{2} - X_c\right) - \alpha K_v \left(\frac{L}{2} + X_c\right) = -2\alpha K_v \quad (65)$$

Calculemos $\sigma_{v1} - \sigma_{v2}$:

$$\sigma_{v1} - \sigma_{v2} = \alpha K_v \left(\frac{L}{2} - X_c\right) + \alpha K_v \left(\frac{L}{2} + X_c\right) = \alpha K_v L = \Delta\sigma \quad (66)$$

Sustituyendo (65) en la ecuación (57):

$$E_v = \frac{1}{2}(\sigma_{v1} + \sigma_{v2})LB = \frac{1}{2}LB(-2\alpha K_v X_c) \Rightarrow E_v = -\alpha BLK_v X_c \quad (67)$$

que también lo podemos poner, utilizando la variable adimensional $\bar{X}_c = \frac{X_c}{\frac{L}{2}} = \frac{2X_c}{L}$, como:

$$E_v = \frac{-1}{2}\alpha BL^2 K_v \bar{X}_c \quad (68)$$

Y como de la ecuación de equilibrio de fuerzas verticales es $E_v = -(N+W)$:

$$-(N+W) = \frac{-1}{2}\alpha BL^2 K_v \bar{X}_c$$

despejando el ángulo α :

$$\alpha = \frac{2(N+W)}{BL^2 K_v \bar{X}_c} \quad (69)$$



La excentricidad e_v , definida en la ecuación (58), si aplicamos las ecuaciones (65) y (66), quedaría de la siguiente forma:

$$e_v = \frac{L \sigma_{v1} - \sigma_{v2}}{6 \sigma_{v1} + \sigma_{v2}} = \frac{L}{6} \frac{\alpha L K_v}{-2\alpha K_v X_c} \Rightarrow e_v = -\frac{1}{12} \frac{L^2}{X_c} \quad (70)$$

O lo que es lo mismo, utilizando la variable adimensional \bar{X}_0 : $e_v = -\frac{1}{6} \frac{L}{\bar{X}_c} \quad (71)$

1.4.2. OBTENCION DE $E_s, E_s=0$

1.4.3. OBTENCION DE E_i

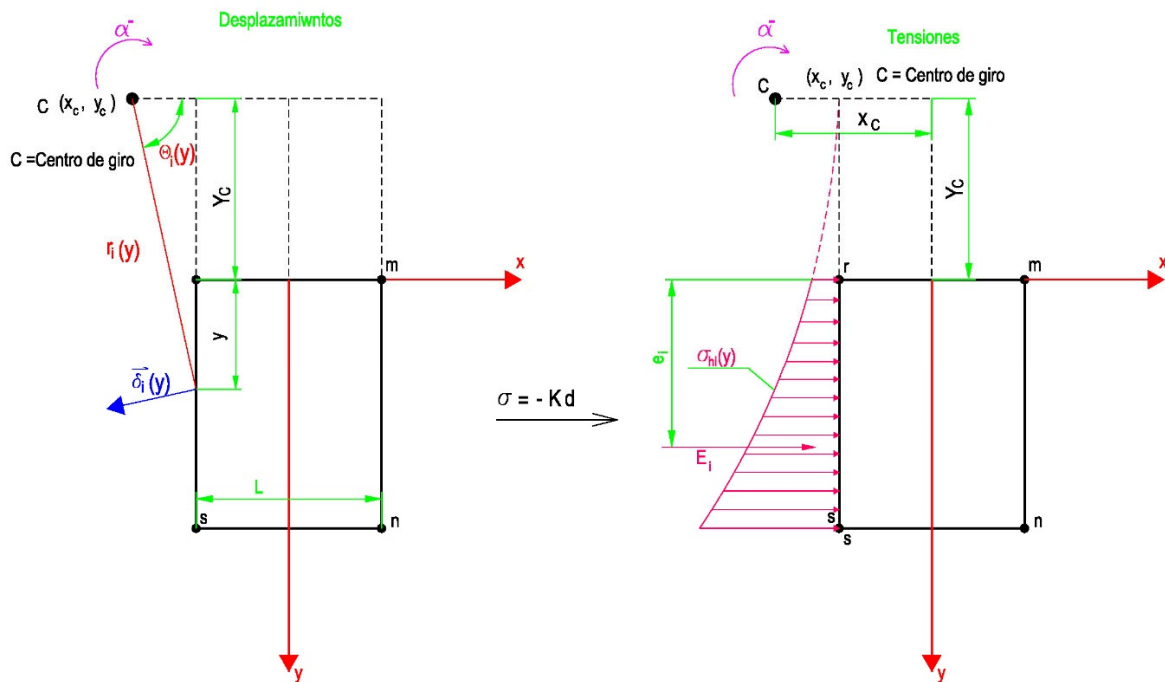


Figura 35

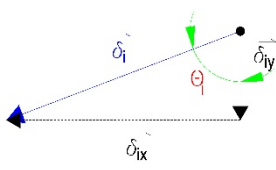


Figura 36

$$|\vec{\delta}_i| = \delta_i = \alpha r_i$$

$$\text{Sen}\theta_i = \frac{\delta_{ix}}{\delta_i} \Rightarrow \frac{\delta_{ix}}{\alpha r_i} = \frac{y - Y_c}{r_i}$$

$$\text{Sen}\theta_i = \frac{c}{r_i}$$

$$\Rightarrow \delta_{ix} = \alpha(y - Y_c) \Rightarrow \vec{\delta}_{ix} = \alpha(y - Y_c) \quad (72)$$

$$\sigma_{hi}(y) = -K_h(y)\delta_{ix} = -\frac{K_H}{H}y\alpha(y - Y_c) \quad (73)$$

NOTA: en $y=0 \Rightarrow \sigma_{hi}=0$; En $y=Y_c \Rightarrow \sigma_{hi}=0$

Entonces:

$$E_{hi} = E_i = \iint_S \sigma_{hi}(S) dS = B \int_0^H \sigma_{hi}(y) dy = B \int_0^H -\alpha \frac{K_H}{H} (y - Y_c) y dy = \alpha K_H \frac{B}{H} \int_0^H (Y_c y - y^2) dy =$$

$$= \alpha K_H \frac{B}{H} \left[Y_c \frac{y^2}{2} - \frac{y^3}{3} \right]_0^H = \alpha K_H \frac{B}{H} \left(\frac{Y_c H^2}{2} - \frac{H^3}{3} \right) = \frac{1}{6} \alpha K_H B H [3Y_c - 2H]$$

$$E_i = \frac{1}{6} \alpha K_H B H [3Y_c - 2H] \quad (50)$$

y si utilizamos la variable adimensional:

$$\bar{Y}_c = \frac{Y_c}{H}$$

La ecuación (50) la podemos poner como:

$$E_i = \frac{1}{6} \alpha K_H B H^2 [3\bar{Y}_c - 2] \quad (51)$$

CALCULO DEL VALOR MAXIMO DE $\sigma_{hi}(y)$:

$$\sigma_{hi} \max = \alpha K_H H [\bar{Y}_c - 1] \quad \text{en } y=H \quad (52)$$



CALCULO DE e_i PUNTO DE APLICACIÓN DE E_i :

$$e_i = \frac{B \int_0^H \sigma_{hi}(y) y dy}{B \int_0^H \sigma_{hi}(y) dy} = \frac{S_i}{E_i} \quad (53)$$

Como ya hemos calculado E_i , ecuación (50), pasemos a calcular S_i :

$$\begin{aligned} S_i &= \int_0^H \sigma_{hi}(y) y dy = B \int \alpha \frac{K_H}{H} (Y_c - y) y^2 dy = B \alpha \int_0^H (Y_c y^2 - y^3) dy = \\ &= B \alpha \left[Y_c \frac{y^3}{3} - \frac{y^4}{4} \right]_0^H = B \alpha K_H H^2 \left(\frac{Y_c}{3} - \frac{H}{4} \right) = \frac{1}{12} B \alpha K_H H^2 [4Y_c - 3H] \end{aligned}$$

Luego:

$$S_i = \frac{1}{12} B \alpha K_H H^2 [4Y_c - 3H] \quad (54)$$

Teniendo en cuenta (6):

$$S_i = \frac{1}{12} B \alpha K_H H^3 [4\bar{Y}_c - 3] \quad (55)$$

Sustituyendo las ecuaciones (51) y (55) en (53):

$$e_i = \frac{S_i}{E_i} = \frac{1}{2} H \left[\frac{4\bar{Y}_c - 3}{3\bar{Y}_c - 2} \right] \quad (56)$$



1.4.4. CURVA DEL CENTRO DE GIRO:

Del equilibrio de fuerzas verticales habíamos obtenido una relación entre α y \bar{X}_c , ecuación (69):

$$\alpha = \frac{2(N+W)}{BL^2K_v\bar{X}_c}$$

Si ahora establecemos el equilibrio de fuerzas horizontales tendremos que:

$$E_s + E_i + V = 0$$

$$E_s = 0$$

Teniendo en cuenta que E_i viene definido por la ecuación (51) :

$$\frac{1}{6}\alpha K_H B H^2 [3\bar{Y}_c - 2] + V = 0$$

Despejando α :

$$\alpha = \frac{-6V}{BK_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2)} \quad (32)$$

que igualando a la ecuación (69) obtendremos la relación entre \bar{X}_c e \bar{Y}_c (curva del centro de giro):

$$\alpha = \frac{2(N+W)}{BL^2K_v\bar{X}_c} = \frac{-6V}{BK_H H^2 (3\bar{Y}_c - 2)} \Rightarrow$$

Despejando \bar{Y}_c :

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} - \frac{V}{N+W} \frac{K_v L^2}{K_H H^2} \bar{X}_c \quad (74) \quad \text{NOTA: esta curva es una RECTA}$$

Utilizando los coeficientes adimensionales:

$$\eta = \frac{K_v}{K_H} \quad (34)$$

$$\lambda = \frac{L}{H} \quad (35)$$

$$\chi = \frac{V}{N+W} \quad (36)$$

$$A = \frac{1}{4} \chi \eta \lambda^2 \quad (37)$$

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} - 4A\bar{X}_c \quad (75)$$



1.4.5. RESOLUCION DEL PROBLEMA.

Si planteamos la ecuación de la resultante de momentos en el origen de coordenadas ("OC"):

$$\Sigma M_{OC} = M + E_s e_s + E_i e_i - E_v e_v = 0 \quad (36)$$

Teniendo en cuenta los resultados anteriores obtenidos (para $\alpha < 0$), expresándolos en función de \bar{X}_c e \bar{Y}_c

$$E_v = \frac{-1}{2} \alpha B L^2 K_v \bar{X}_c = -(N + W)$$

$$e_v = -\frac{1}{12} \frac{L^2}{X_c}$$

$$E_i = \frac{1}{6} \alpha K_H B H^2 [3\bar{Y}_c - 2]$$

$$e_i = \frac{1}{2} H \left[\frac{4\bar{Y}_c - 3}{3\bar{Y}_c - 2} \right]$$

$$E_s = 0$$

$$e_s = 0$$

Y si además ponemos el ángulo α en función de \bar{X}_c y tenemos en cuenta la relación que hay entre \bar{X}_c e \bar{Y}_c podremos obtener una ecuación que sólo intervenga \bar{X}_c :

$$\alpha = \frac{2(N+W)}{B L^2 K_v \bar{X}_c}$$

$$\bar{Y}_c = \frac{2}{3} - 4A\bar{X}_c$$

Podemos despejar \bar{X}_c :

$$\bar{X}_c = \frac{[N+W] \left[3L + \frac{H}{\eta \lambda^2} \right]}{18M - 12HV}$$

$$\eta = \frac{K_v}{K_H}$$

$$\lambda = \frac{L}{H}$$

Una vez obtenido \bar{X}_c podemos calcular el resto de variables. Comprobamos si estamos en zona 1:

$$\bar{X}_c \leq -1$$

$$\bar{Y}_c \leq 0$$

Y que el giro α es negativo



Con el estudio de las 4 primeras zonas ya podemos sacar conclusiones para el resto de las zonas.

A continuación y de forma esquemática, se indica para cada una de las nueve zonas las ecuaciones a emplear, así como la forma de proceder para resolver el problema y saber en que zona estaremos.

Como ya hemos visto en el desarrollo de las zonas 1 a 4, el sentido del giro α sólo hay que tenerlo en cuenta en las zonas 1,2 y 3 (resultante fuera del núcleo central) para el cálculo de las tensiones verticales :

Si $\alpha > 0$:

$$e_v = \frac{L}{6} [-2 + \bar{X}_c]$$

$$\sigma_{v1} = -\frac{1}{2} \alpha K_V L [1 + \bar{X}_c]$$

$$E_V = -\frac{1}{8} B \alpha K_V L^2 (1 + \bar{X}_c)^2$$

Si $\alpha < 0$:

$$e_v = \frac{L}{6} [2 + \bar{X}_c]$$

$$\sigma_{v1} = \frac{1}{2} \alpha K_V L [1 - \bar{X}_c]$$

$$E_V = \frac{1}{8} B \alpha K_V L^2 (1 - \bar{X}_c)^2$$

Unifico las ecuaciones utilizando la variable j:

j= +1 si $\alpha > 0$

j= -1 si $\alpha < 0$

resultando:

$$e_v = \frac{L}{6} [-2j + \bar{X}_c]$$

$$\sigma_{v1} = -\frac{1}{2} j \alpha K_V L [1 + j \bar{X}_c]$$

$$E_V = -\frac{1}{8} j B \alpha K_V L^2 (1 + j \bar{X}_c)^2$$

ANEJO 2

CÁLCULO GEOTÉCNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS

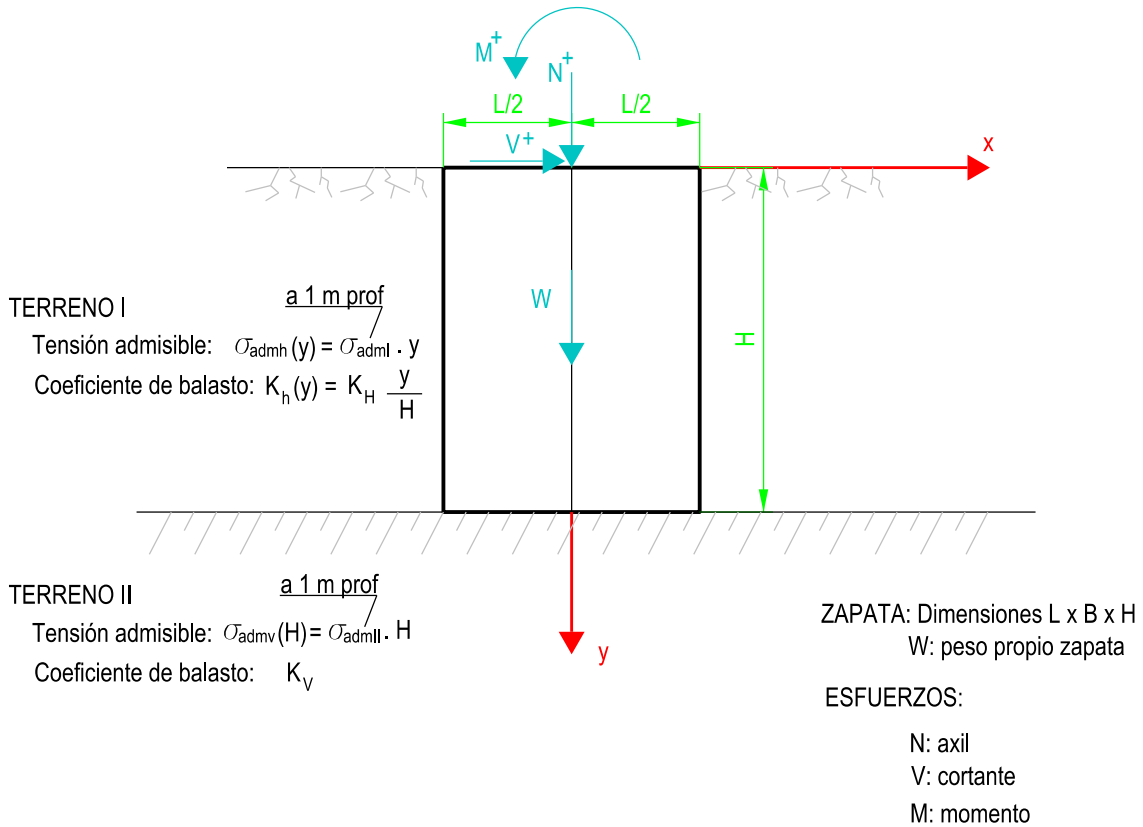
RESUMEN

CASO DE ZAPATA ENRASADA CON TERRENO NATURAL

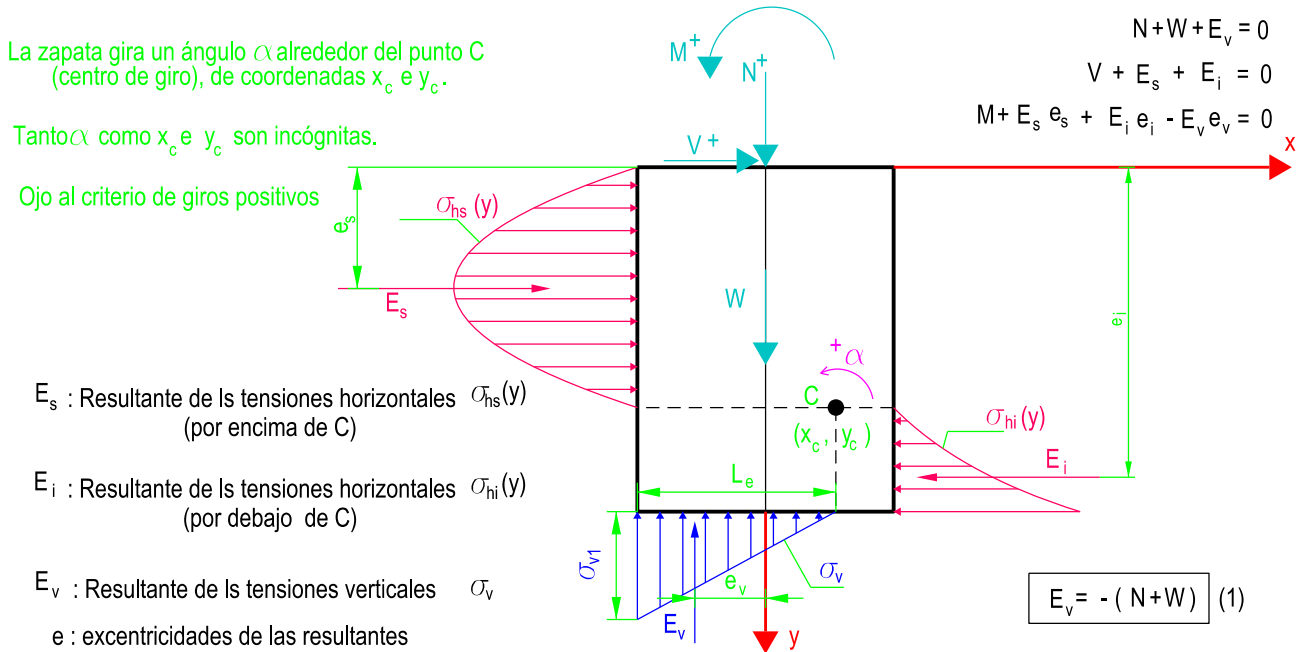
T=0

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u>		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u>	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> A2-64

I.- GEOMETRIA. DATOS. EJES DE REFERENCIA .CRITERIO DE SIGNOS POSITIVOS

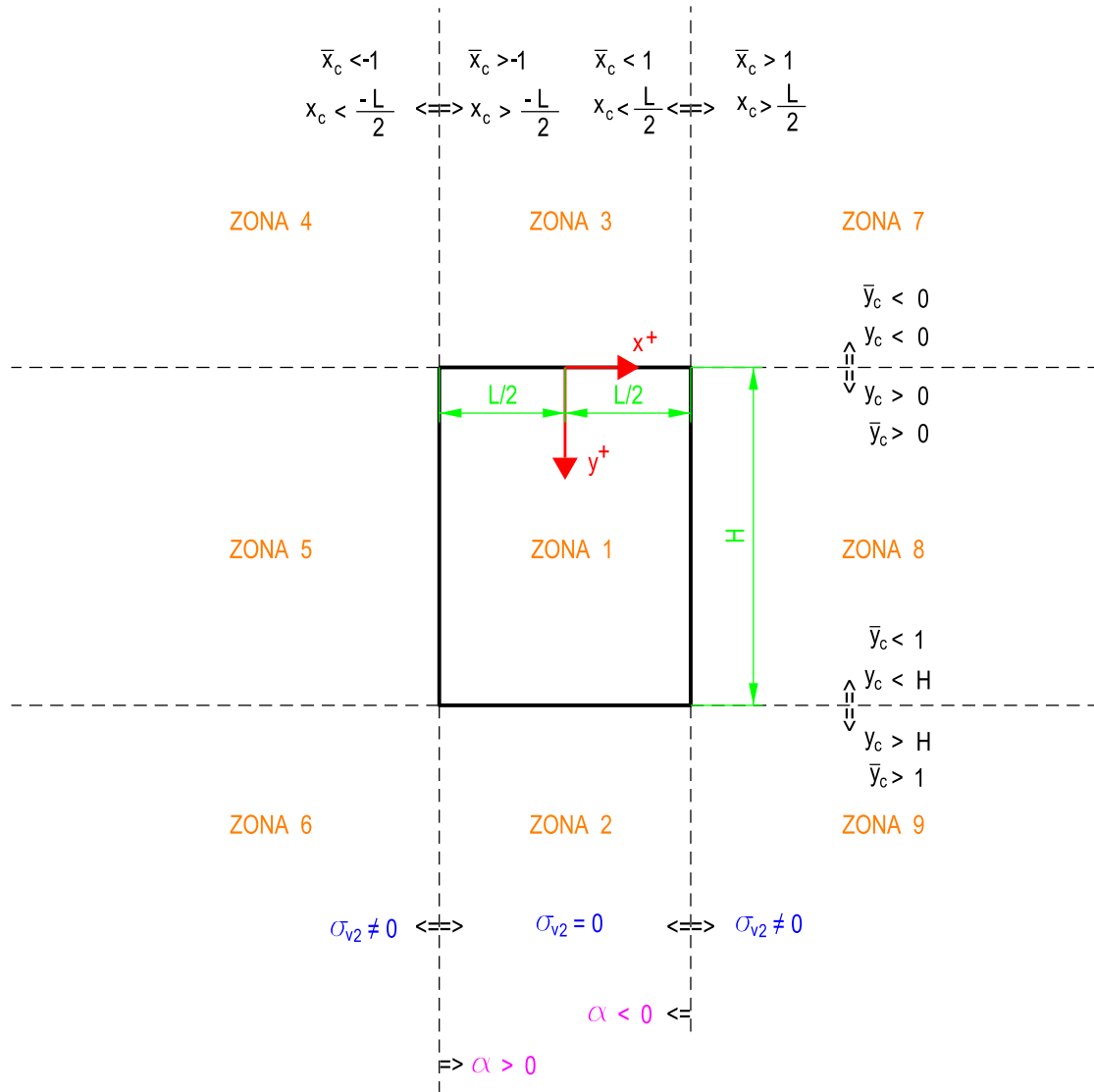


EQUILIBRIO. CENTRO DE GIRO (punto C)



ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros		TUTOR: D. Julián Alcalá González
	TITULO PLANO: ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS RESUMEN GENERAL CASO T=0		FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>
			PLANO N° : A2-65

II.- ZONIFICACIÓN SEGÚN POSICIÓN DEL CENTRO DE GIRO



Trabajaremos con coordenadas adimensionales: $\bar{x} = \frac{x}{L/2} = \frac{2x}{L}$ (2) $\bar{y} = \frac{y}{H}$ (3)

Parámetros adimensionales que utilizaremos:

$$\bar{x}_c = \frac{2x_c}{L} \quad (4)$$

$$\bar{y}_c = \frac{y_c}{H} \quad (5)$$

Incógnitas

$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad (6)$$

$$\chi = \frac{V}{N+W} \quad (8)$$

$$\lambda = \frac{L}{H} \quad (7)$$

$$A = \frac{1}{4} \eta \chi \lambda^2 \quad (9)$$

$$\xi = 2 + \frac{4}{3} \frac{1}{\eta \lambda^3} \quad (10)$$

$$j = \begin{cases} +1 & \text{si } \alpha \geq 0 \\ -1 & \text{si } \alpha < 0 \end{cases} \quad (11)$$

La variable j la utilizo en las zonas 1,2 y 3 para unificar fórmulas.

η y λ siempre positivos

j , \bar{x}_c , \bar{y}_c , χ y A con su signo

Signo de A es el signo de V (cortante)

Si $V=0 \Rightarrow A=0$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

FORMATO: A4

ESCALA:

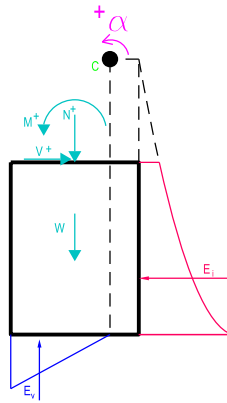
PLANO Nº:

A2-66

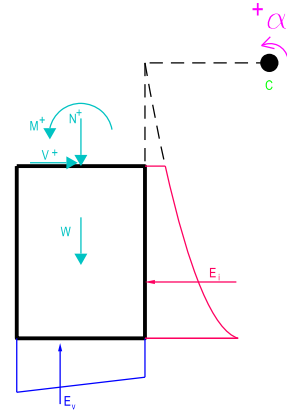
III.- ESQUEMA DE TENSIONES SEGÚN ZONAS. CASO GIRO POSITIVO $\alpha > 0$

X

ZONA 4



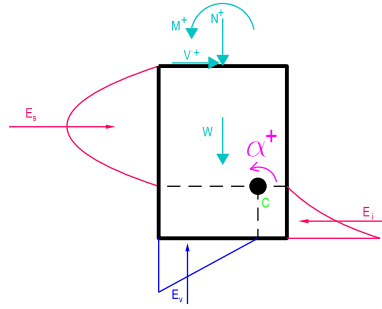
$E_s = 0$ ZONA 3 $\sigma_{v2} = 0$



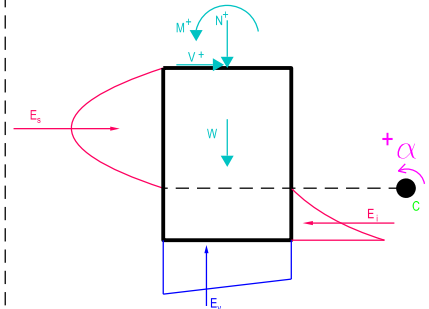
$E_s = 0$ ZONA 7

X

ZONA 5



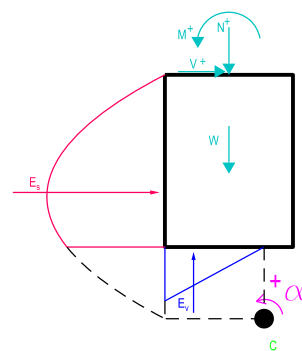
ZONA 1 $\sigma_{v2} = 0$



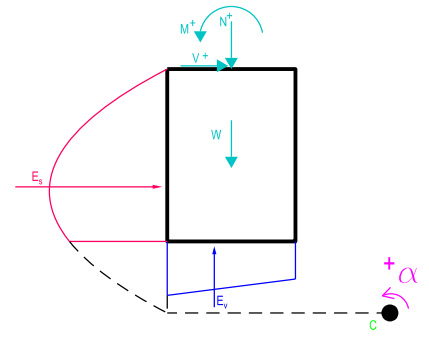
ZONA 8

X

ZONA 6



$E_i = 0$ ZONA 2 $\sigma_{v2} = 0$



$E_i = 0$ ZONA 9

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

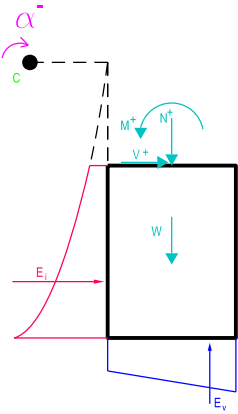
FORMATO : A4

ESCALA:

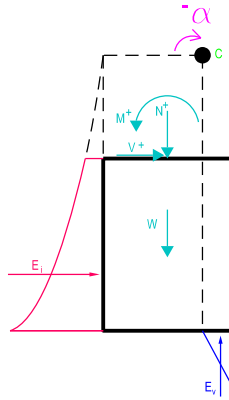
PLANO Nº :

A2-67

IV.- ESQUEMA DE TENSIONES SEGÚN ZONAS. CASO GIRO NEGATIVO $\alpha < 0$



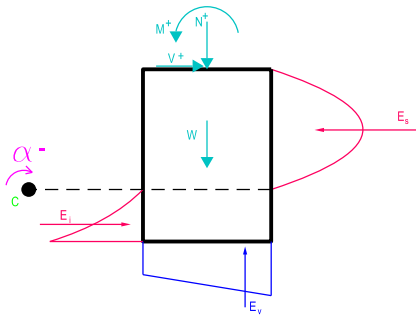
ZONA 4 $E_s = 0$



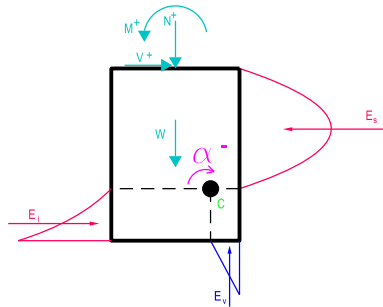
$E_s = 0$ ZONA 3 $\sigma_{v2} = 0$

X

ZONA 7



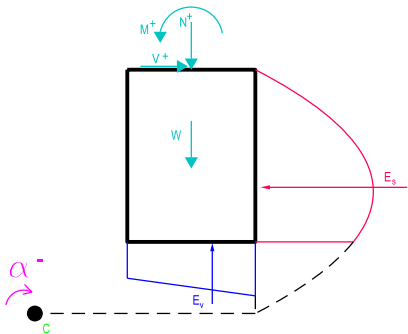
ZONA 5



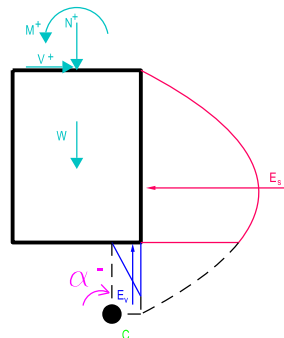
ZONA 1 $\sigma_{v2} = 0$

X

ZONA 8



$E_i = 0$ ZONA 6



$E_i = 0$ ZONA 2 $\sigma_{v2} = 0$

X

ZONA 9

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

FORMATO: A4

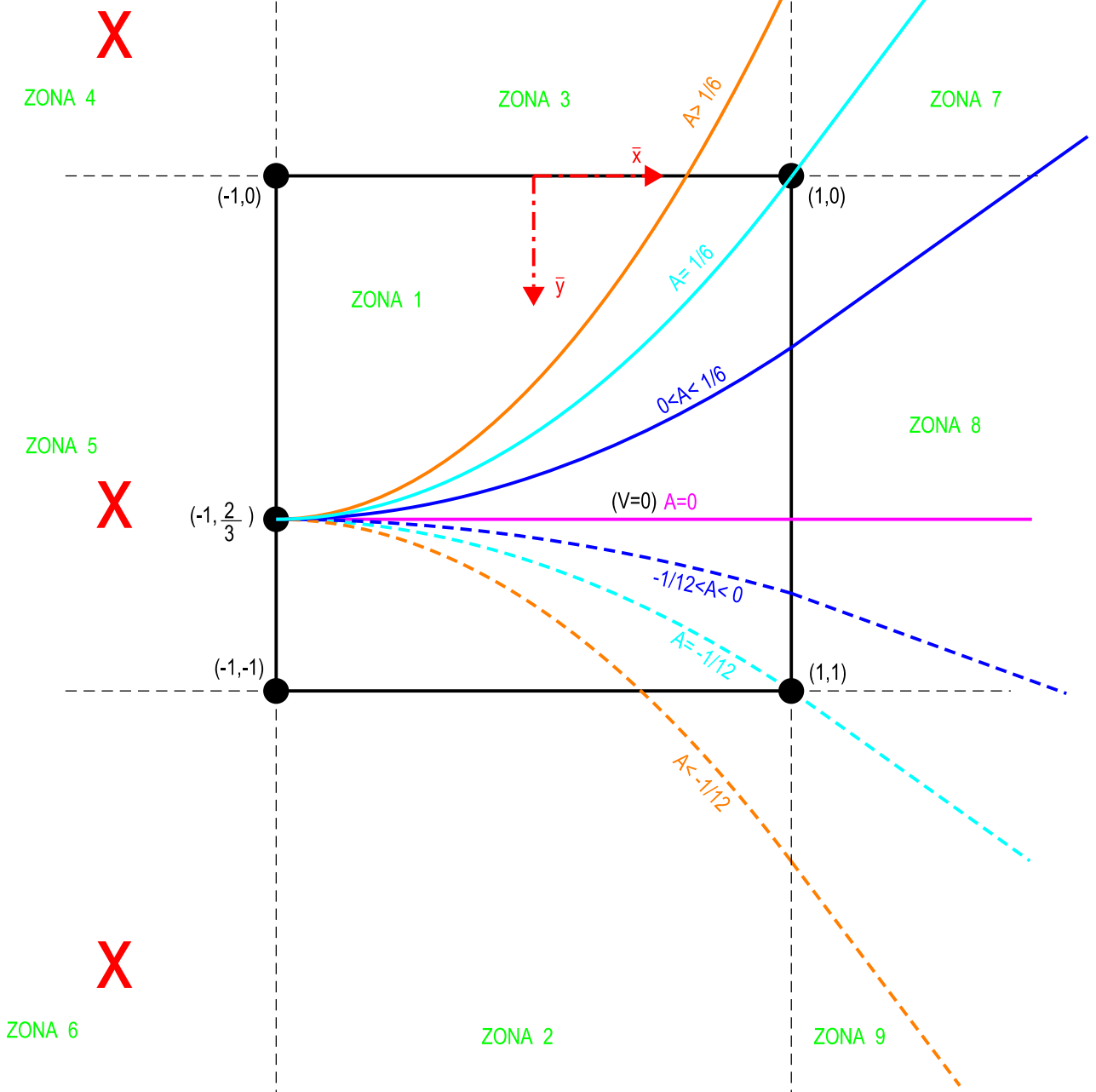
ESCALA:

PLANO Nº:

A2-68

V. CURVA DEL CENTRO DE GIRO $\bar{y}_c = \bar{y}_c(\bar{x}_c)$ CASO $\alpha > 0$

α^+



\Rightarrow PARÁBOLAS (salvo $A=0$) \Leftarrow RECTAS
 $\bar{y}_c = \frac{2}{3} - A(1 + \bar{x}_c)^2$ (si $|\bar{x}_c| \leq 1$) $\bar{y}_c = \frac{2}{3} - 4A\bar{x}_c$ (si $|\bar{x}_c| \geq 1$)
 (10) (11)

ETSICCP
 GRADO INGENIERIA CIVIL
 Curso 22-23
 UNIVERSITAT
 POLITÈCNICA
 DE VALÈNCIA

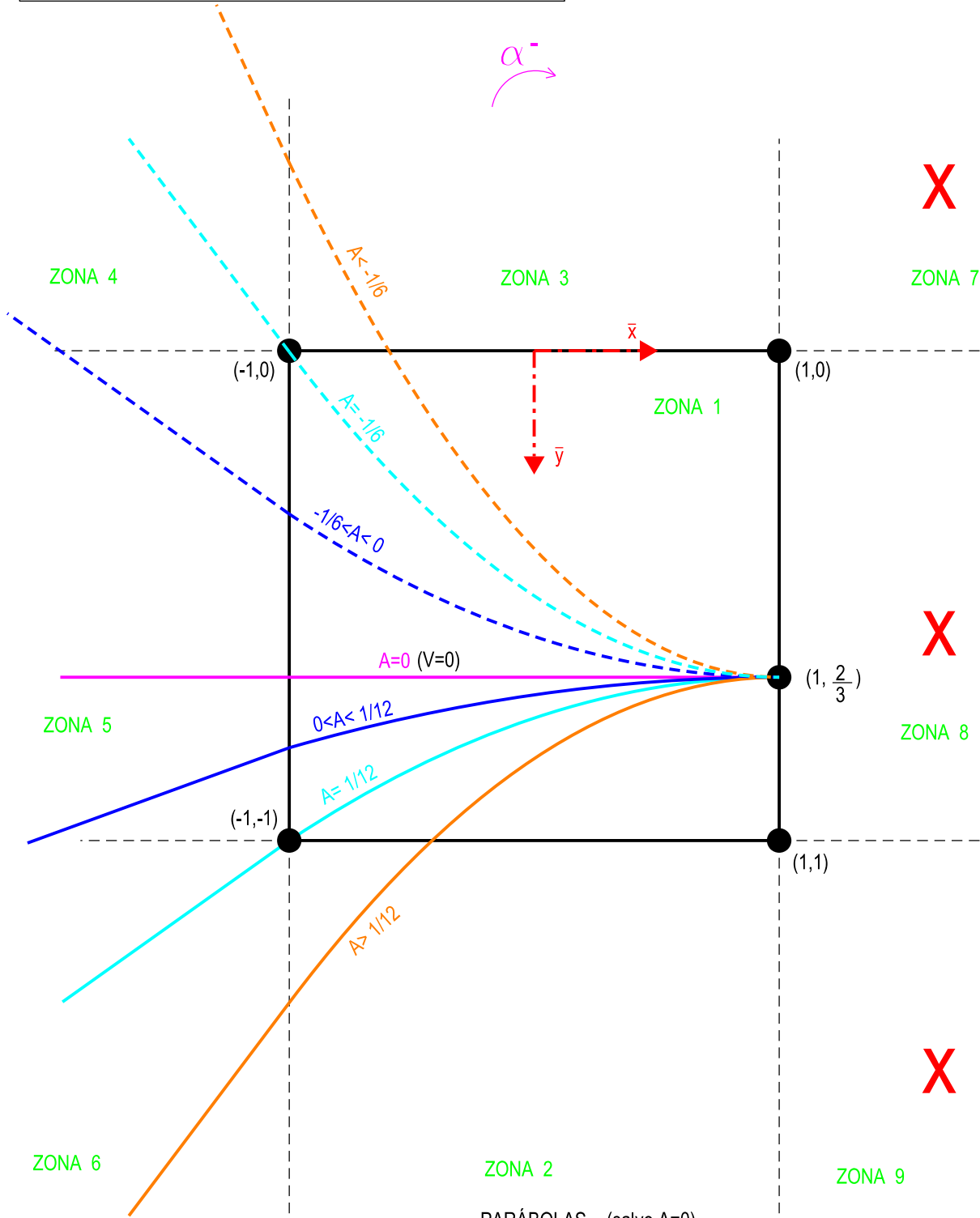
TRABAJO FINAL DE GRADO
 " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS RESUMEN GENERAL CASO T=0 FORMATO: A4 PLANO Nº: A2-69

ESCALA:

VI.- CURVA DEL CENTRO DE GIRO $\bar{y}_c = \bar{y}_c(\bar{x}_c)$ CASO $\alpha < 0$



RECTAS

$$\bar{y}_c = \frac{2}{3} - 4A\bar{x}_c \quad (\text{si } |\bar{x}_c| \geq 1) \quad (12)$$

PARÁBOLAS (salvo A=0)

$$\bar{y}_c = \frac{2}{3} + A(1 - \bar{x}_c)^2 \quad (\text{si } |\bar{x}_c| \leq 1) \quad (13)$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO Nº :

A2-70

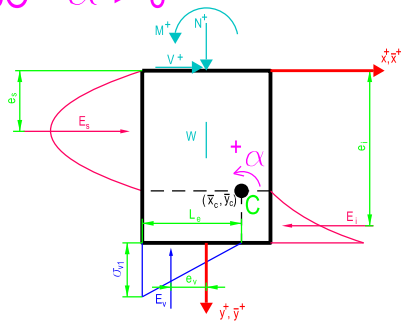
VIIa. RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA EN ZONA 1

$$-1 \leq \bar{x}_c \leq 1$$

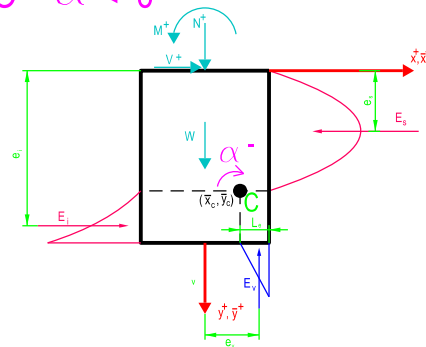
INCÓGNITAS PRINCIPALES

$$0 \leq \bar{y}_c \leq 1$$

CASO $\alpha > 0$



CASO $\alpha < 0$



Obtención de \bar{x}_c :	$a \bar{x}_c^3 + b \bar{x}_c^2 + c \bar{x}_c + d = 0$	
a =	$L [N+W]$	
b =	$6M - 4HV$	
c =	$12M - 8HV - 3L [N+W]$	$-12M + 8HV - 3L [N+W]$
d =	$6M - 4HV - [N+W] L \xi$	$6M - 4HV + [N+W] L \xi$
$\bar{y}_c(\bar{x}_c) =$	$\frac{2}{3} - A [1 + \bar{x}_c]^2$	$\frac{2}{3} + A [1 - \bar{x}_c]^2$
$\alpha(\bar{x}_c) =$	$\frac{8 [N+W]}{BK_V L^2 [1 + \bar{x}_c]^2}$	$\frac{-8 [N+W]}{BK_V L^2 [1 - \bar{x}_c]^2}$
$\alpha(\bar{y}_c) =$	$\frac{-6V}{BK_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]}$	
	$V \neq 0$	

$$\eta = \frac{K_V}{K_H}$$

$$\chi = \frac{V}{N+W}$$

$$\xi = 2 + \frac{4}{3} \frac{1}{\eta \chi^3}$$

$$\lambda = \frac{L}{H}$$

$$A = \frac{1}{4} \eta \chi \lambda^2$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO N° :

A2-71

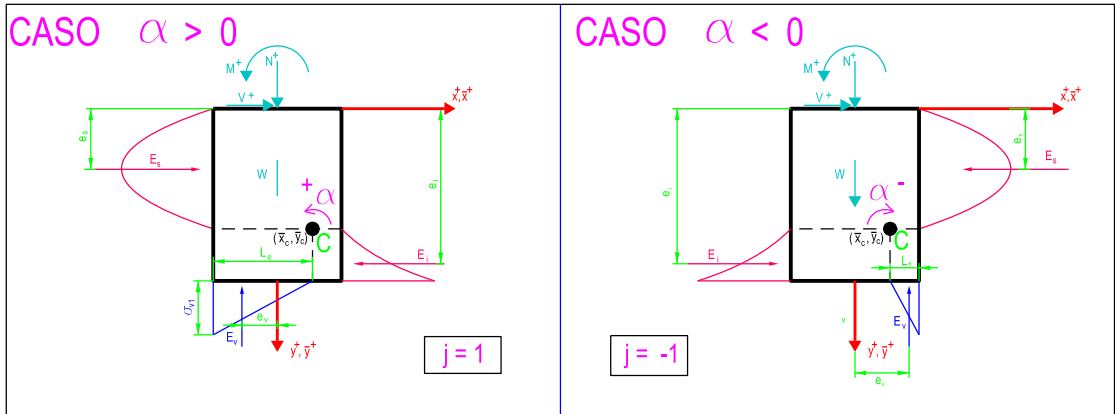
INCÓGNITAS AUXILIARES

	CASO $\alpha > 0$	CASO $\alpha < 0$
$L_e(\bar{x}_c) =$	$\frac{L}{2} [1 + \bar{x}_c]$	$\frac{L}{2} [1 - \bar{x}_c]$
$E_v(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{8} \alpha B K_V L^2 [1 + \bar{x}_c]^2$	$\frac{1}{8} \alpha B K_V L^2 [1 - \bar{x}_c]^2$
$e_v(\bar{x}_c) =$	$\frac{L}{6} [-2 + \bar{x}_c]$	$\frac{L}{6} [2 + \bar{x}_c]$
$\sigma_{v1}(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{2} \alpha K_V L [1 + \bar{x}_c]$	$\frac{1}{2} \alpha K_V L [1 - \bar{x}_c]$
$E_s(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 \bar{y}_c^3$	
$e_s(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{2} H \bar{y}_c$	
$\sigma_{hs}(\bar{y}_c) =$ max en $y=yc/2$	$\frac{1}{4} \alpha K_H H \bar{y}_c^2$	
$E_i(\bar{y}_c) =$	$-\frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 [2 - 3\bar{y}_c + \bar{y}_c^3]$	
$e_i(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{2} H \frac{[3 - 4\bar{y}_c + \bar{y}_c^4]}{[2 - 3\bar{y}_c + \bar{y}_c^3]}$	
$\sigma_{hi}(\bar{y}_c) =$ max en $y=H$	$-\alpha K_H H [1 - \bar{y}_c]$	

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>TRABAJO FINAL DE GRADO</p> <p>" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "</p>		
	<p>AUTOR: Ramón Tercero Herreros</p>		<p>TUTOR: D. Julián Alcalá González</p>
	<p>TITULO PLANO: ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS RESUMEN GENERAL CASO T=0</p>		<p>FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/></p>
			<p>PLANO Nº : A2-72</p>

VIIb.-RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA EN ZONA 1 (utilizando la variable j para unificar fórmulas)

INCÓGNITAS PRINCIPALES



Obtención de \bar{x}_c :	$a \bar{x}_c^3 + b \bar{x}_c^2 + c \bar{x}_c + d = 0$	
$a =$	$L [N+W]$	
$b =$	$6M - 4HV$	
$c =$	$12 j M - 8 j HV - 3 L [N+W]$	
$d =$	$6M - 4HV - j \xi L [N+W]$	
$\bar{y}_c(\bar{x}_c) =$	$\frac{2}{3} - j A [1 + j \bar{x}_c]^2$	
$\alpha(\bar{x}_c) =$	$\frac{8 j [N+W]}{BK_V L^2 [1 + j \bar{x}_c]^2}$	$j \bar{x}_c \neq -1$
$\alpha(\bar{y}_c) =$	$\frac{-6V}{BK_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]}$	$V \neq 0$

$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad \chi = \frac{V}{N+W}$$

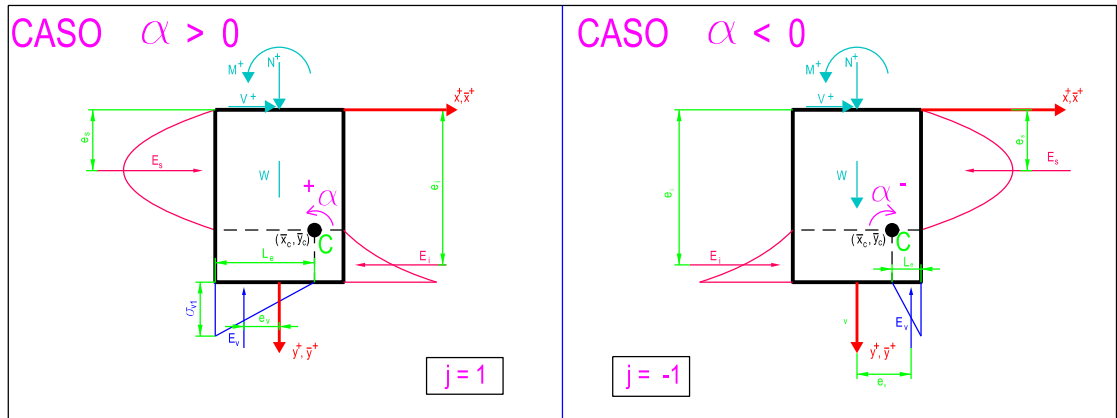
$$\lambda = \frac{L}{H} \quad A = \frac{1}{4} \eta \chi \lambda^2$$

$$\xi = 2 + \frac{4}{3} \frac{1}{\eta \lambda^3}$$

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS RESUMEN GENERAL CASO T=0	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	PLANO Nº : A2-73

ZONA 1 (continuación) (utilizando la variable j para unificar fórmulas)

INCÓGNITAS AUXILIARES



$L_e(\bar{x}_c) =$	$\frac{L}{2} [1 + j \bar{x}_c]$
$E_v(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{8} j \alpha B K_V L^2 [1 + j \bar{x}_c]^2$
$e_v(\bar{x}_c) =$	$\frac{L}{6} [-2j + \bar{x}_c]$
$\sigma_{v1}(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{2} j \alpha K_V L [1 + j \bar{x}_c]$
$E_s(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 \bar{y}_c^3$
$e_s(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{2} H \bar{y}_c$
$\sigma_{hs}(\bar{y}_c) =$ max en $y=yc/2$	$\frac{1}{4} \alpha K_H H \bar{y}_c^2$
$E_i(\bar{y}_c) =$	$-\frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 [2 - 3\bar{y}_c + \bar{y}_c^3]$
$e_i(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{2} H \frac{[3 - 4\bar{y}_c + \bar{y}_c^4]}{[2 - 3\bar{y}_c + \bar{y}_c^3]}$
$\sigma_{hi}(\bar{y}_c) =$ max en $y=H$	$-\alpha K_H H [1 - \bar{y}_c]$

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS RESUMEN GENERAL CASO T=0	FORMATO: A4 ESCALA: <input type="text"/>	PLANO Nº: A2-74

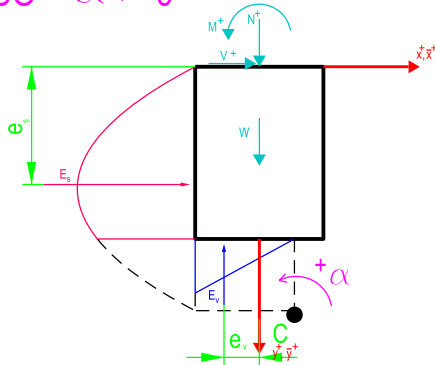
VIIIa. RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA EN ZONA 2

$$-1 \leq \bar{x}_c \leq 1$$

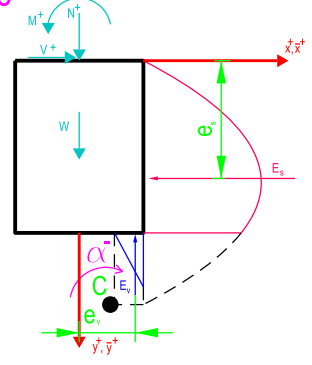
INCÓGNITAS PRINCIPALES

$$\bar{y}_c > 1$$

CASO $\alpha > 0$



CASO $\alpha < 0$



Obtención de \bar{x}_c :	$a \bar{x}_c^3 + b \bar{x}_c^2 + c \bar{x}_c + d = 0$	
$a =$	$L [N+W]$	
$b =$	$6M - 4HV$	
$c =$	$12M - 8HV - 3L [N+W]$	$-12M + 8HV - 3L [N+W]$
$d =$	$6M - 4HV - [N+W] L \xi$	$6M - 4HV + [N+W] L \xi$
$\bar{y}_c(\bar{x}_c) =$	$\frac{2}{3} - A [1 + \bar{x}_c]^2$	$\frac{2}{3} + A [1 - \bar{x}_c]^2$
$\alpha(\bar{x}_c) =$	$\frac{8 [N+W]}{BK_V L^2 [1 + \bar{x}_c]^2}$	$\frac{-8 [N+W]}{BK_V L^2 [1 - \bar{x}_c]^2}$
$\alpha(\bar{y}_c) =$	$\frac{-6V}{BK_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]}$	
	$V \neq 0$	

$$\eta = \frac{K_V}{K_H}$$

$$\chi = \frac{V}{N+W}$$

$$\lambda = \frac{L}{H}$$

$$A = \frac{1}{4} \eta \chi \lambda^2$$

$$\xi = 2 + \frac{4}{3} \frac{1}{\eta \lambda^3}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

7 " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) " JUN 22

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

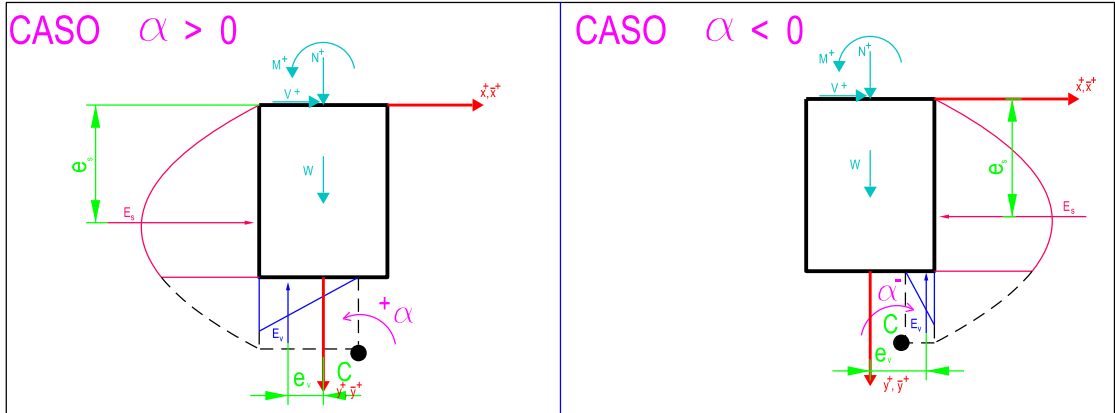
FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO N° :

A2-75

INCÓGNITAS AUXILIARES



$L_e(\bar{x}_c) =$	$\frac{L}{2} [1 + \bar{x}_c]$	$\frac{L}{2} [1 - \bar{x}_c]$
$E_v(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{8} \alpha B K_V L^2 [1 + \bar{x}_c]^2$	$\frac{1}{8} \alpha B K_V L^2 [1 - \bar{x}_c]^2$
$e_v(\bar{x}_c) =$	$\frac{L}{6} [-2 + \bar{x}_c]$	$\frac{L}{6} [2 + \bar{x}_c]$
$\sigma_{v1}(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{2} \alpha K_V L [1 + \bar{x}_c]$	$\frac{1}{2} \alpha K_V L [1 - \bar{x}_c]$
$E_s(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]$	
$e_s(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{2} H \frac{4\bar{y}_c - 3}{3\bar{y}_c - 2}$	
$\sigma_{hs} \Big|_{\substack{\text{max1} \\ \text{en } y=yc/2}}$	$\frac{1}{4} \alpha K_H H \bar{y}_c^2$	
$\sigma_{hs} \Big|_{\substack{\text{max2} \\ \text{en } y=H}}$	$\alpha K_H H [\bar{y}_c - 1]$	
$E_i(\bar{y}_c) =$	0	
$e_i(\bar{y}_c) =$	0	
$\sigma_{hi} \Big|_{\substack{\text{max} \\ \text{en } y=H}}$	0	

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

FORMATO : A4

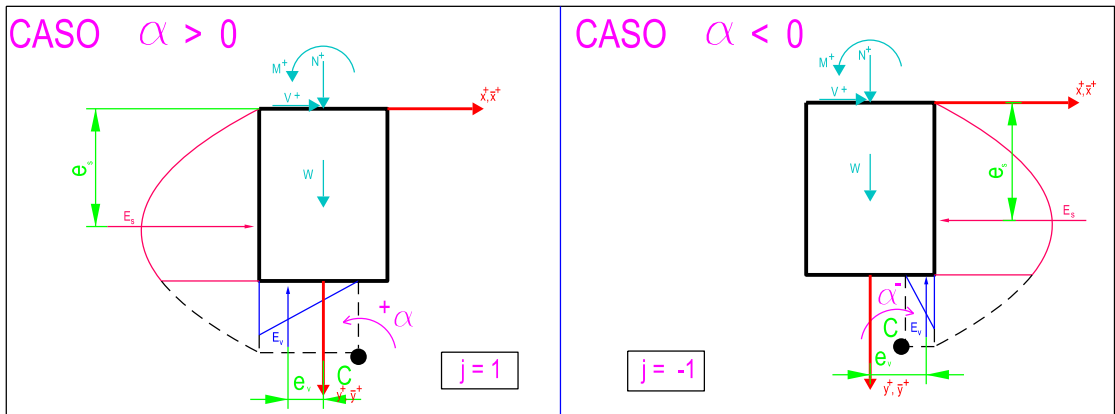
ESCALA:

PLANO Nº :

A2-76

VIIIb.-RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA EN ZONA 2 (utilizando la variable j para unificar fórmulas)

INCÓGNITAS PRINCIPALES



Obtención de \bar{x}_c :	$a \bar{x}_c^3 + b \bar{x}_c^2 + c \bar{x}_c + d = 0$	
$a =$	$L [N+W]$	
$b =$	$6M - 4HV$	
$c =$	$12 j M - 8 j HV - 3 L [N+W]$	
$d =$	$6M - 4HV - j \xi L [N+W]$	
$\bar{y}_c(\bar{x}_c) =$	$\frac{2}{3} - j A [1 + j \bar{x}_c]^2$	
$\alpha(\bar{x}_c) =$	$\frac{8 j [N+W]}{BK_V L^2 [1 + j \bar{x}_c]^2}$	$j \bar{x}_c \neq -1$
$\alpha(\bar{y}_c) =$	$\frac{-6V}{BK_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]}$	$V \neq 0$

$$\eta = \frac{K_V}{K_H}$$

$$\chi = \frac{V}{N+W}$$

$$\lambda = \frac{L}{H}$$

$$A = \frac{1}{4} \eta \chi \lambda^2$$

$$\xi = 2 + \frac{4}{3} \frac{1}{\eta \lambda^3}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

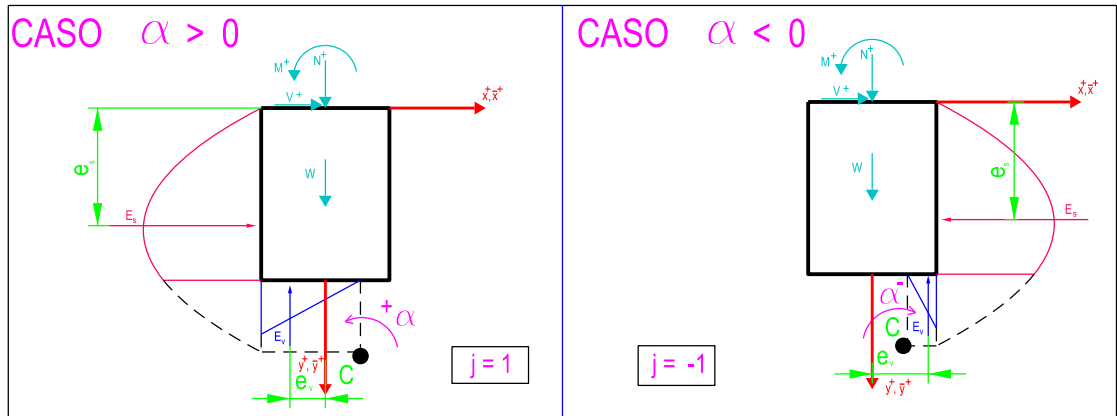
FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO Nº:

A2-77

INCÓGNITAS AUXILIARES



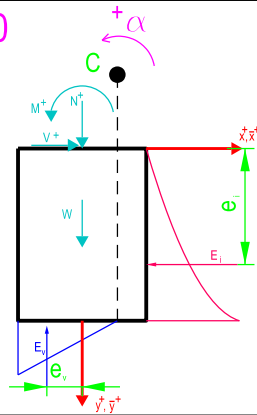
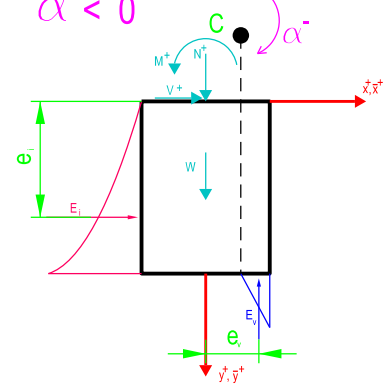
$L_e(\bar{x}_c) =$	$\frac{L}{2} [1 + j \bar{x}_c]$
$E_v(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{8} j \alpha B K_V L^2 [1 + j \bar{x}_c]^2$
$e_v(\bar{x}_c) =$	$\frac{L}{6} [-2j + \bar{x}_c]$
$\sigma_{v1}(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{2} j \alpha K_V L [1 + j \bar{x}_c]$
$E_s(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]$
$e_s(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{2} H \frac{4\bar{y}_c - 3}{3\bar{y}_c - 2}$
$\sigma_{hs} \Big|_{\substack{\text{max1} \\ \text{en } y=yc/2}}$	$\frac{1}{4} \alpha K_H H \bar{y}_c^2$
$\sigma_{hs} \Big|_{\substack{\text{max2} \\ \text{en } y=H}}$	$\alpha K_H H [\bar{y}_c - 1]$
$E_i(\bar{y}_c) =$	0
$e_i(\bar{y}_c) =$	0
$\sigma_{hi} \Big|_{\substack{\text{max} \\ \text{en } y=H}}$	0

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS RESUMEN GENERAL CASO T=0	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	PLANO Nº : A2-78

$$-1 \leq \bar{x}_c \leq 1$$

INCÓGNITAS PRINCIPALES

$$\bar{y}_c < 0$$

CASO $\alpha > 0$ CASO $\alpha < 0$ Obtención de \bar{x}_c :

$$a \bar{x}_c^3 + b \bar{x}_c^2 + c \bar{x}_c + d = 0$$

a =

$$L [N+W]$$

b =

$$6M - 4HV$$

c =

$$12M - 8HV - 3L [N+W]$$

$$-12M + 8HV - 3L [N+W]$$

d =

$$6M - 4HV - [N+W] L \xi$$

$$6M - 4HV + [N+W] L \xi$$

 $\bar{y}_c(\bar{x}_c) =$

$$\frac{2}{3} - A [1 + \bar{x}_c]^2$$

$$\frac{2}{3} + A [1 - \bar{x}_c]^2$$

 $\alpha(\bar{x}_c) =$

$$\frac{8 [N+W]}{BK_V L^2 [1 + \bar{x}_c]^2}$$

$$\frac{-8 [N+W]}{BK_V L^2 [1 - \bar{x}_c]^2}$$

 $\alpha(\bar{y}_c) =$

$$\frac{-6V}{BK_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]}$$

V ≠ 0

$$\eta = \frac{K_V}{K_H}$$

$$\chi = \frac{V}{N+W}$$

$$\lambda = \frac{L}{H}$$

$$A = \frac{1}{4} \eta \chi \lambda^2$$

$$\xi = 2 + \frac{4}{3} \frac{1}{\eta \lambda^3}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción
de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO N°:

A2-79

INCÓGNITAS AUXILIARES

	CASO $\alpha > 0$	CASO $\alpha < 0$
$L_e(\bar{x}_c) =$	$\frac{L}{2} [1 + \bar{x}_c]$	$\frac{L}{2} [1 - \bar{x}_c]$
$E_v(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{8} \alpha B K_V L^2 [1 + \bar{x}_c]^2$	$\frac{1}{8} \alpha B K_V L^2 [1 - \bar{x}_c]^2$
$e_v(\bar{x}_c) =$	$\frac{L}{6} [-2 + \bar{x}_c]$	$\frac{L}{6} [2 + \bar{x}_c]$
$\sigma_{v1}(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{2} \alpha K_V L [1 + \bar{x}_c]$	$\frac{1}{2} \alpha K_V L [1 - \bar{x}_c]$
$E_s(\bar{y}_c) =$	0	
$e_s(\bar{y}_c) =$	0	
$\sigma_{hs} \Big|_{\substack{\text{max1} \\ \text{en } y=c/2}}$	0	
$\sigma_{hs} \Big|_{\substack{\text{max2} \\ \text{en } y=H}}$	0	
$E_i(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]$	
$e_i(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{2} H \frac{4\bar{y}_c - 3}{3\bar{y}_c - 2}$	
$\sigma_{hi} \Big|_{\substack{\text{max} \\ \text{en } y=H}}$	$\alpha K_H H [\bar{y}_c - 1]$	

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

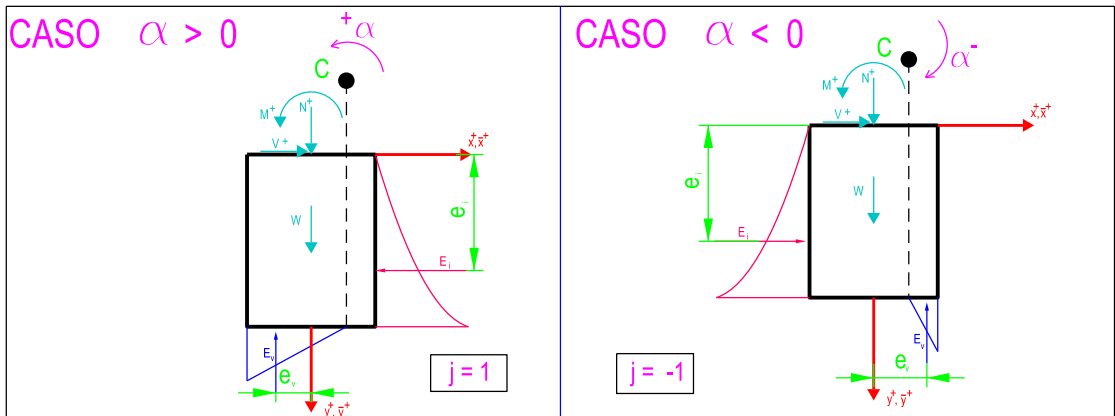
FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO Nº :

A2-80

INCÓGNITAS PRINCIPALES



Obtención de \bar{x}_c :	$a \bar{x}_c^3 + b \bar{x}_c^2 + c \bar{x}_c + d = 0$
$a =$	$L [N+W]$
$b =$	$6M - 4HV$
$c =$	$12 j M - 8 j HV - 3 L [N+W]$
$d =$	$6M - 4HV - j \xi L [N+W]$
$\bar{y}_c(\bar{x}_c) =$	$\frac{2}{3} - j A [1 + j \bar{x}_c]^2$
$\alpha(\bar{x}_c) =$	$\frac{8 j [N+W]}{BK_V L^2 [1 + j \bar{x}_c]^2}$
$\alpha(\bar{y}_c) =$	$\frac{-6V}{BK_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]}$
	$V \neq 0$

$$\eta = \frac{K_V}{K_H}$$

$$\chi = \frac{V}{N+W}$$

$$\lambda = \frac{L}{H}$$

$$A = \frac{1}{4} \eta \chi \lambda^2$$

$$\xi = 2 + \frac{4}{3} \frac{1}{\eta \lambda^3}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

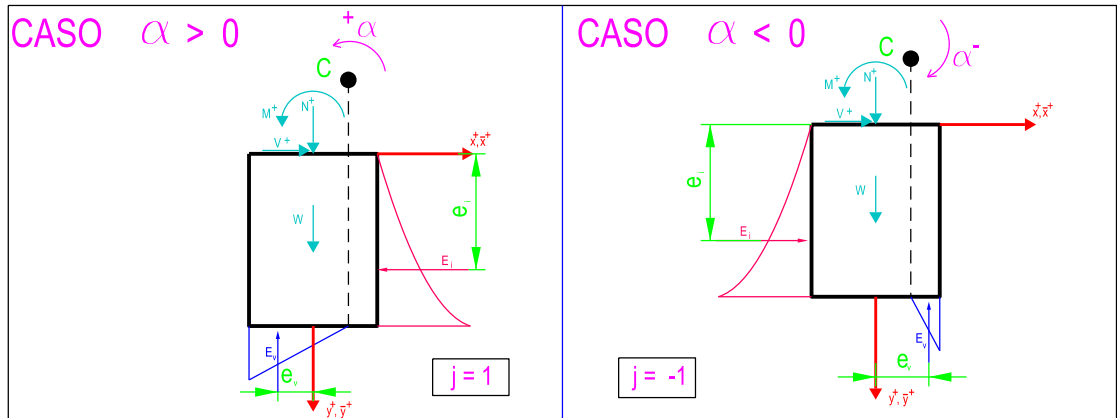
FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO N° :

A2-81

INCÓGNITAS AUXILIARES



$L_e(\bar{x}_c) =$	$\frac{L}{2} [1 + j \bar{x}_c]$
$E_v(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{8} j \alpha B K_V L^2 [1 + j \bar{x}_c]^2$
$e_v(\bar{x}_c) =$	$\frac{L}{6} [-2 j + \bar{x}_c]$
$\sigma_{v1}(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{2} j \alpha K_V L [1 + j \bar{x}_c]$
$E_s(\bar{y}_c) =$	0
$e_s(\bar{y}_c) =$	0
$\sigma_{hs} \Big|_{\substack{\text{max1} \\ \text{en } y=yc/2}}$	0
$\sigma_{hs} \Big|_{\substack{\text{max2} \\ \text{en } y=H}}$	0
$E_i(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]$
$e_i(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{2} H \frac{4\bar{y}_c - 3}{3\bar{y}_c - 2}$
$\sigma_{hi} \Big|_{\substack{\text{max} \\ \text{en } y=H}}$	$\alpha K_H H [\bar{y}_c - 1]$

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS RESUMEN GENERAL CASO T=0	FORMATO: A4 ESCALA: <input type="text"/>	PLANO Nº: A2-82

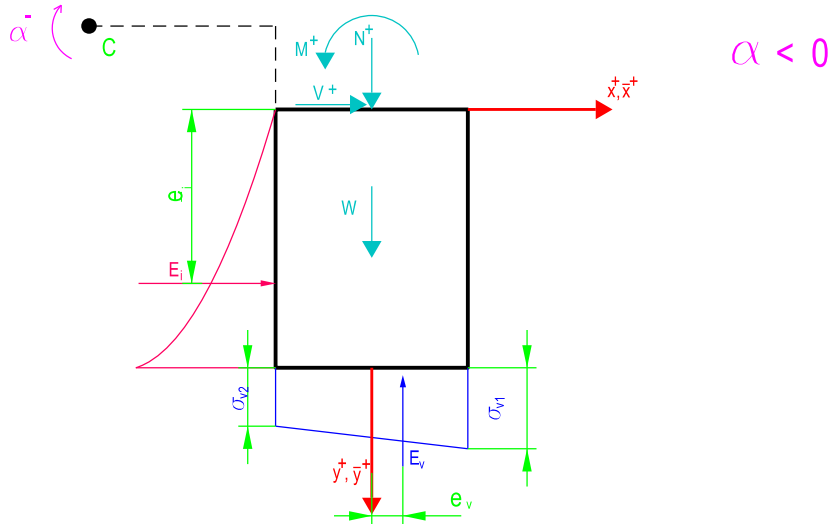
X. RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA EN ZONA 4

(No puede ser $\alpha > 0$)

$\bar{x}_c \leq -1$

$\bar{y}_c < 0$

INCÓGNITAS PRINCIPALES



$\bar{x}_c =$	$\frac{1}{6} [N+W] \left[3L + \frac{H}{\eta \lambda^2} \right]$	
$a =$		
$b =$		
$c =$		
$d =$		
$\bar{y}_c(\bar{x}_c) =$	$\frac{2}{3} - 4A \bar{x}_c$	
$\alpha(\bar{x}_c) =$	$\frac{2 [N+W]}{BK_V L^2 \bar{x}_c}$	
$\alpha(\bar{y}_c) =$	$\frac{-6V}{BK_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]}$	$V \neq 0$

$\eta = \frac{K_V}{K_H}$

$\chi = \frac{V}{N+W}$

$\lambda = \frac{L}{H}$

$A = \frac{1}{4} \eta \chi \lambda^2$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

FORMATO: A4

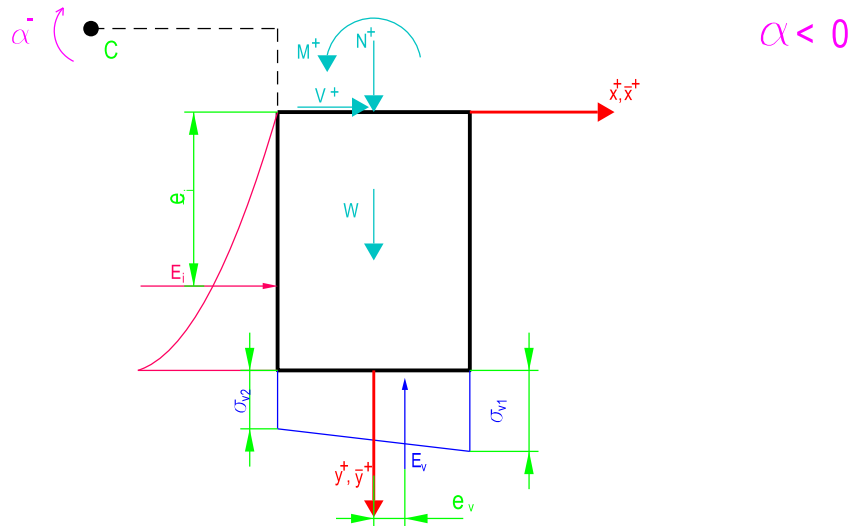
ESCALA:

PLANO Nº:

A2-83

ZONA 4 (continuación) (No puede ser $\alpha > 0$)

INCÓGNITAS AUXILIARES



$L_e =$	L
$E_v(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{2} \alpha B K_V L^2 \bar{x}_c$
$e_v(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{6} \frac{L}{\bar{x}_c}$
$\sigma_{v1}(\bar{x}_c) =$ $\sigma_{v, \max}$	$-\frac{1}{2} \alpha K_V L [-1 + \bar{x}_c]$
$\sigma_{v2}(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{2} \alpha K_V L [1 + \bar{x}_c]$
$E_s(\bar{y}_c) =$	0
$e_s(\bar{y}_c) =$	0
$\sigma_{hs}(\bar{y}_c) =$ \max en $y=yc/2$	0
$E_i(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]$
$e_i(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{2} H \frac{4\bar{y}_c - 3}{3\bar{y}_c - 2}$
$\sigma_{hi}(\bar{y}_c) =$ \max en $y=H$	$-\alpha K_H H [1 - \bar{y}_c]$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

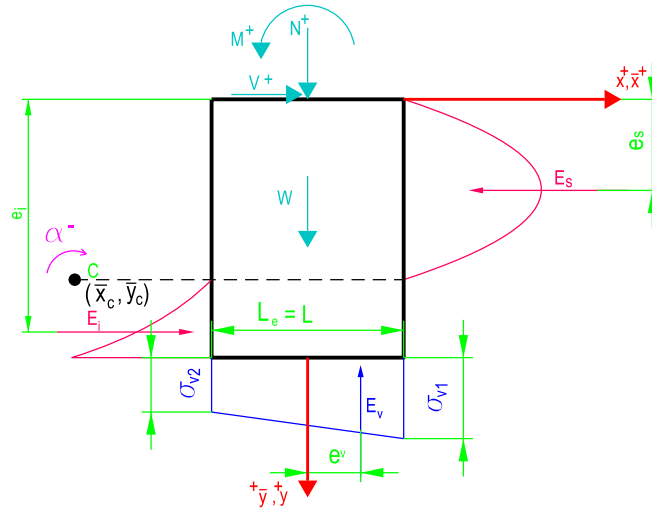
FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO Nº:

A2-84

INCÓGNITAS
PRINCIPALES



$\alpha < 0$

$\bar{x}_c =$	$\frac{1}{6} [N+W] \left[3L + \frac{H}{\eta \lambda^2} \right]$	
$a =$		
$b =$		
$c =$		
$d =$		
$\bar{y}_c(\bar{x}_c) =$	$\frac{2}{3} - 4A \bar{x}_c$	
$\alpha(\bar{x}_c) =$	$\frac{2 [N+W]}{BK_V L^2 \bar{x}_c}$	
$\alpha(\bar{y}_c) =$	$\frac{-6V}{BK_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]}$	$V \neq 0$

$$\eta = \frac{K_V}{K_H}$$

$$\chi = \frac{V}{N+W}$$

$$\lambda = \frac{L}{H}$$

$$A = \frac{1}{4} \eta \chi \lambda^2$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

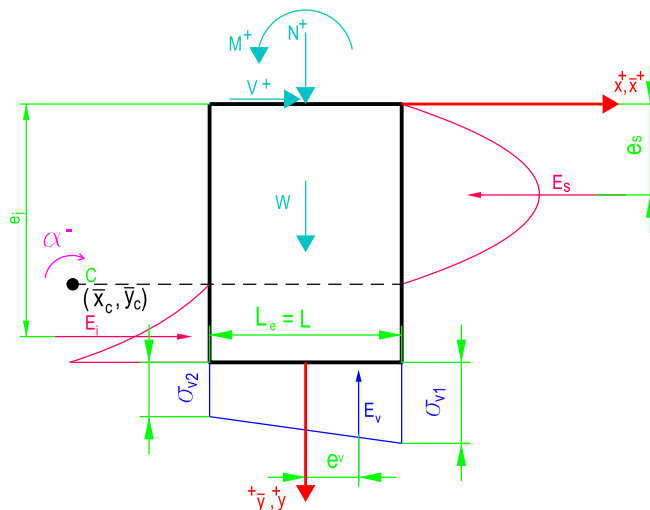
FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO N°:

A2-85

INCÓGNITAS AUXILIARES



$\alpha < 0$

$L_e =$	L
$E_v(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{2} \alpha B K_V L^2 \bar{x}_c$
$e_v(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{6} \frac{L}{\bar{x}_c}$
$\sigma_{v1}(\bar{x}_c) =$ $\sigma_{v, \max}$	$-\frac{1}{2} \alpha K_V L [-1 + \bar{x}_c]$
$\sigma_{v2}(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{2} \alpha K_V L [1 + \bar{x}_c]$
$E_s(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 \bar{y}_c^3$
$e_s(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{2} H \bar{y}_c$
$\sigma_{hs}(\bar{y}_c) =$ \max en $y=y_c/2$	$\frac{1}{4} \alpha K_H H \bar{y}_c^2$
$E_i(\bar{y}_c) =$	$-\frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 [2 - 3\bar{y}_c + \bar{y}_c^3]$
$e_i(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{2} H \frac{[3 - 4\bar{y}_c + \bar{y}_c^4]}{[2 - 3\bar{y}_c + \bar{y}_c^3]}$
$\sigma_{hi}(\bar{y}_c) =$ \max en $y=H$	$-\alpha K_H H [1 - \bar{y}_c]$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO Nº:

A2-86

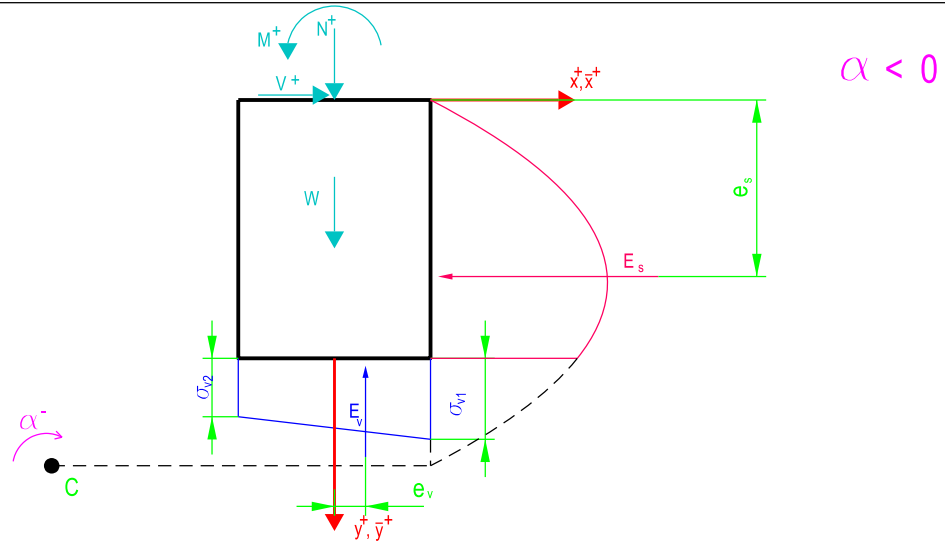
XII. RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA EN ZONA 6

(No puede ser $\alpha > 0$)

$$\bar{x}_c \leq -1$$

$$\bar{y}_c > 1$$

INCÓGNITAS PRINCIPALES



$\bar{x}_c =$	$\frac{1}{6} [N+W] \left[3L + \frac{H}{\eta \lambda^2} \right]$	
$a =$		
$b =$		
$c =$		
$d =$		
$\bar{y}_c(\bar{x}_c) =$	$\frac{2}{3} - 4A \bar{x}_c$	
$\alpha(\bar{x}_c) =$	$\frac{2 [N+W]}{BK_V L^2 \bar{x}_c}$	
$\alpha(\bar{y}_c) =$	$\frac{-6V}{BK_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]}$	$V \neq 0$

$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad \chi = \frac{V}{N+W}$$

$$\lambda = \frac{L}{H} \quad A = \frac{1}{4} \eta \chi \lambda^2$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

FORMATO: A4

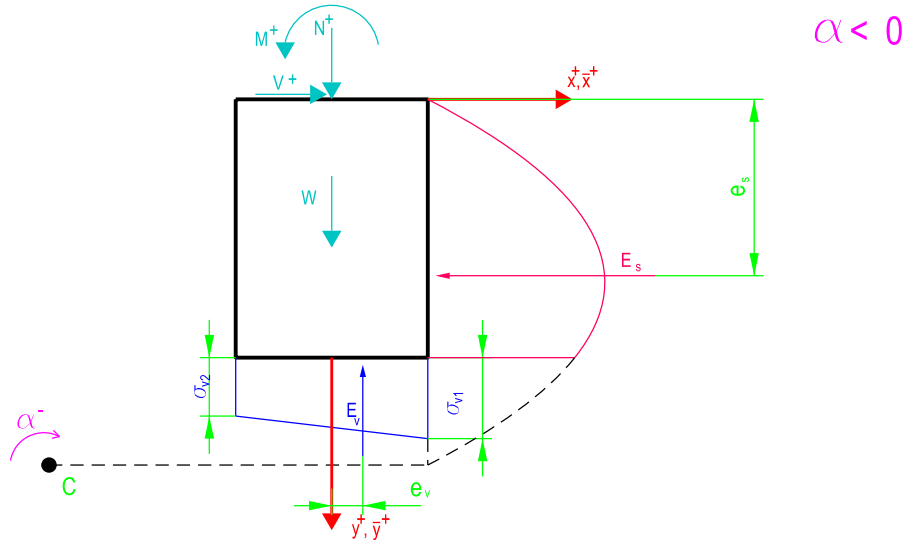
ESCALA:

PLANO N°:

A2-87

ZONA 6 (continuación) (No puede ser $\alpha > 0$)

INCÓGNITAS AUXILIARES



$L_e =$	L
$E_v(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{2} \alpha B K_V L^2 \bar{x}_c$
$e_v(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{6} \frac{L}{\bar{x}_c}$
$\sigma_{v1}(\bar{x}_c) =$ $\sigma_{v, \max}$	$-\frac{1}{2} \alpha K_V L [-1 + \bar{x}_c]$
$\sigma_{v2}(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{2} \alpha K_V L [1 + \bar{x}_c]$
$E_s(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]$
$e_s(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{2} H \frac{4\bar{y}_c - 3}{3\bar{y}_c - 2}$
$\sigma_{hs}(\bar{y}_c) =$ $\Big|_{\max}$ en $y=yc/2$	$\frac{1}{4} \alpha K_H H \bar{y}_c^2$
$\sigma_{hi}(\bar{y}_c) =$ $\Big|_{\max}$ en $y=H$	$-\alpha K_H H [1 - \bar{y}_c]$
$E_i(\bar{y}_c) =$	0
$e_i(\bar{y}_c) =$	0

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO N°:

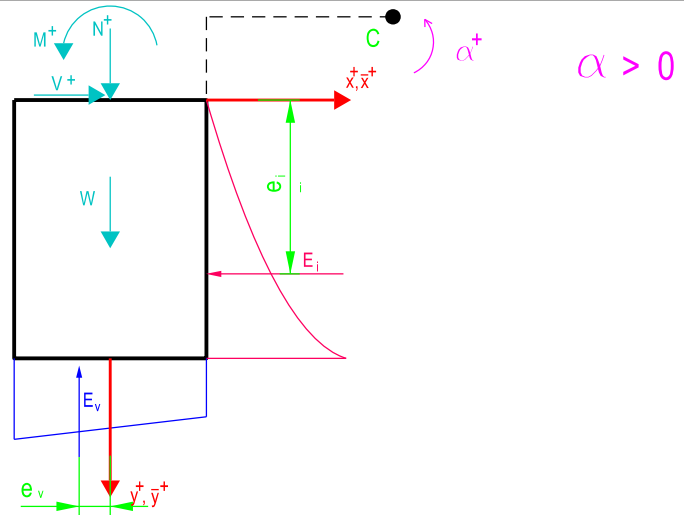
A2-88

XIII. RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA EN ZONA 7 (No puede ser $\alpha < 0$)

$\bar{x}_c > 1$

$\bar{y}_c < 0$

INCÓGNITAS PRINCIPALES



$\bar{x}_c =$	$\frac{1}{6} [N+W] \left[3L + \frac{H}{\eta \lambda^2} \right]$	
$a =$		
$b =$		
$c =$		
$d =$		
$\bar{y}_c(\bar{x}_c) =$	$\frac{2}{3} - 4A \bar{x}_c$	
$\alpha(\bar{x}_c) =$	$\frac{2[N+W]}{BK_V L^2 \bar{x}_c}$	
$\alpha(\bar{y}_c) =$	$\frac{-6V}{BK_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]}$	$V \neq 0$

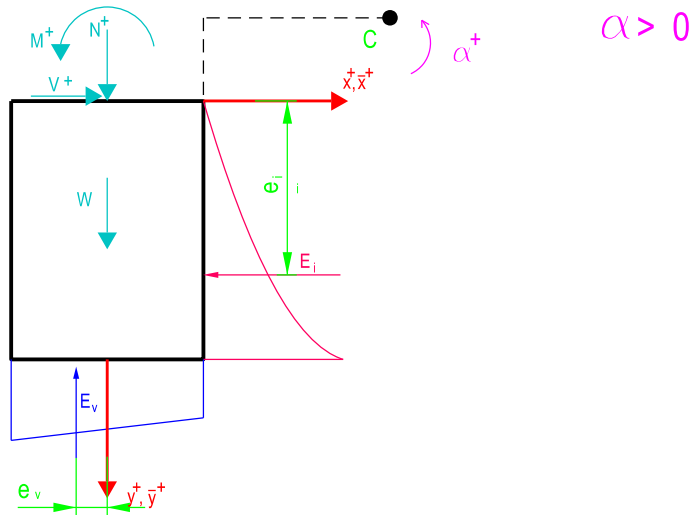
$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad \chi = \frac{V}{N+W}$$

$$\lambda = \frac{L}{H} \quad A = \frac{1}{4} \eta \chi \lambda^2$$

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS RESUMEN GENERAL CASO T=0	FORMATO: A4 ESCALA: <input type="text"/>	PLANO N°: A2-89

ZONA 7 (continuación) (No puede ser $\alpha < 0$)

INCÓGNITAS AUXILIARES



$L_e =$	L
$E_v(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{2} \alpha B K_V L^2 \bar{x}_c$
$e_v(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{6} \frac{L}{\bar{x}_c}$
$\sigma_{v1}(\bar{x}_c) =$ $\sigma_{v, \max}$	$-\frac{1}{2} \alpha K_V L [1 + \bar{x}_c]$
$\sigma_{v2}(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{2} \alpha K_V L [-1 + \bar{x}_c]$
$E_s(\bar{y}_c) =$	0
$e_s(\bar{y}_c) =$	0
$\sigma_{hs}(\bar{y}_c) =$ $\sigma_{hs, \max}$ en $y=yc/2$	0
$E_i(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]$
$e_i(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{2} H \frac{4\bar{y}_c - 3}{3\bar{y}_c - 2}$
$\sigma_{hi}(\bar{y}_c) =$ $\sigma_{hi, \max}$ en $y=H$	$-\alpha K_H H [1 - \bar{y}_c]$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

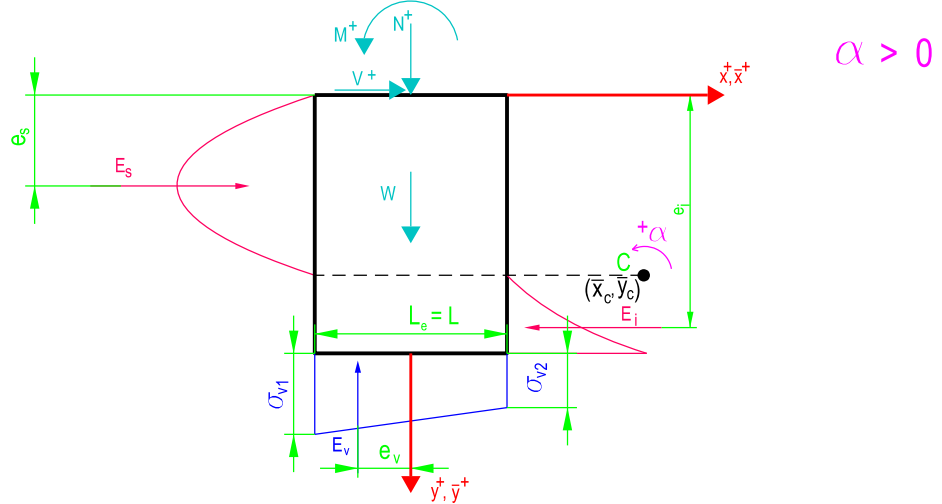
FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO Nº:

A2-90

INCÓGNITAS PRINCIPALES



$\bar{x}_c =$	$\frac{1}{6} [N+W] \left[3L + \frac{H}{\eta \lambda^2} \right]$	
$a =$		
$b =$		
$c =$		
$d =$		
$\bar{y}_c(\bar{x}_c) =$	$\frac{2}{3} - 4A \bar{x}_c$	
$\alpha(\bar{x}_c) =$	$\frac{2 [N+W]}{BK_V L^2 \bar{x}_c}$	
$\alpha(\bar{y}_c) =$	$\frac{-6V}{BK_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]}$	$V \neq 0$

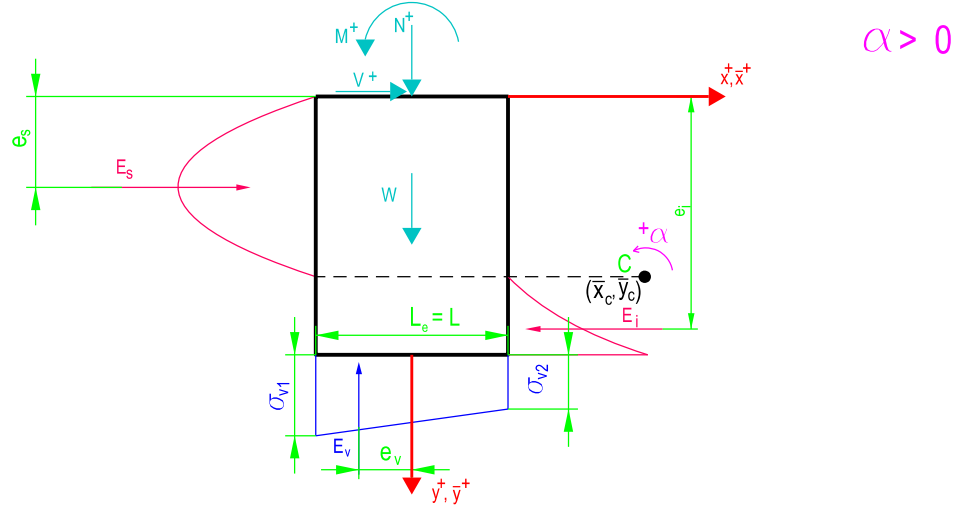
$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad \chi = \frac{V}{N+W}$$

$$\lambda = \frac{L}{H} \quad A = \frac{1}{4} \eta \chi \lambda^2$$

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS RESUMEN GENERAL CASO T=0	FORMATO: A4 ESCALA: <input type="text"/>	PLANO N°: A2-91

ZONA 8 (continuación) (No puede ser $\alpha < 0$)

INCÓGNITAS AUXILIARES



$L_e =$	L
$E_v(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{2} \alpha B K_V L^2 \bar{x}_c$
$e_v(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{6} \frac{L}{\bar{x}_c}$
$\sigma_{v1}(\bar{x}_c) =$ $\sigma_{v, \max}$	$-\frac{1}{2} \alpha K_V L [1 + \bar{x}_c]$
$\sigma_{v2}(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{2} \alpha K_V L [-1 + \bar{x}_c]$
$E_s(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 \bar{y}_c^3$
$e_s(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{2} H \bar{y}_c$
$\sigma_{hs}(\bar{y}_c) =$ \max en $y=yc/2$	$\frac{1}{4} \alpha K_H H \bar{y}_c^2$
$E_i(\bar{y}_c) =$	$-\frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 [2 - 3\bar{y}_c + \bar{y}_c^3]$
$e_i(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{2} H \frac{[3 - 4\bar{y}_c + \bar{y}_c^4]}{[2 - 3\bar{y}_c + \bar{y}_c^3]}$
$\sigma_{hi}(\bar{y}_c) =$ \max en $y=H$	$-\alpha K_H H [1 - \bar{y}_c]$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

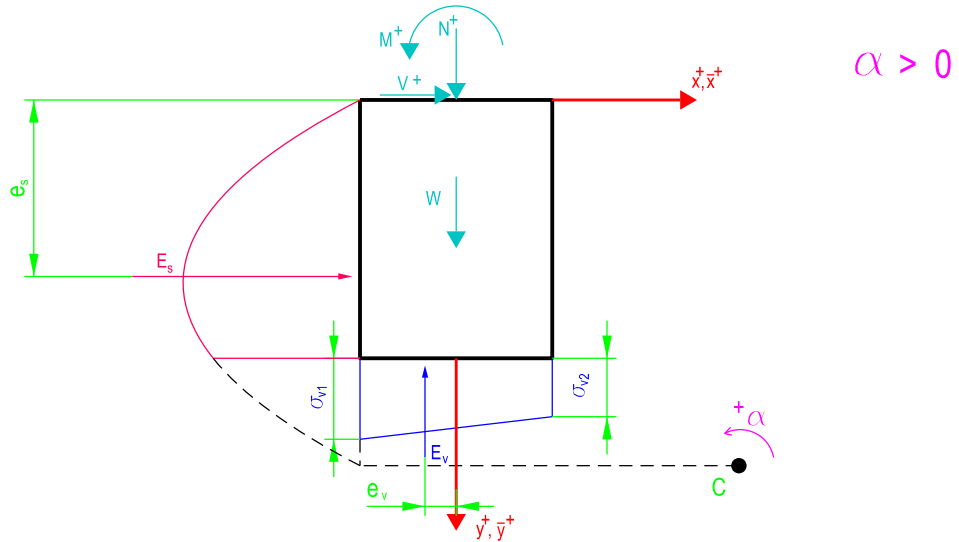
FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO Nº:

A2-92

INCÓGNITAS PRINCIPALES



$\bar{x}_c =$	$\frac{1}{6} [N+W] \left[3L + \frac{H}{\eta \lambda^2} \right]$	
$a =$		
$b =$		
$c =$		
$d =$		
$\bar{y}_c(\bar{x}_c) =$	$\frac{2}{3} - 4A \bar{x}_c$	
$\alpha(\bar{x}_c) =$	$\frac{2 [N+W]}{BK_V L^2 \bar{x}_c}$	
$\alpha(\bar{y}_c) =$	$\frac{-6V}{BK_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]}$	$V \neq 0$

$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad \chi = \frac{V}{N+W}$$

$$\lambda = \frac{L}{H} \quad A = \frac{1}{4} \eta \chi \lambda^2$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

7 " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

FORMATO: A4

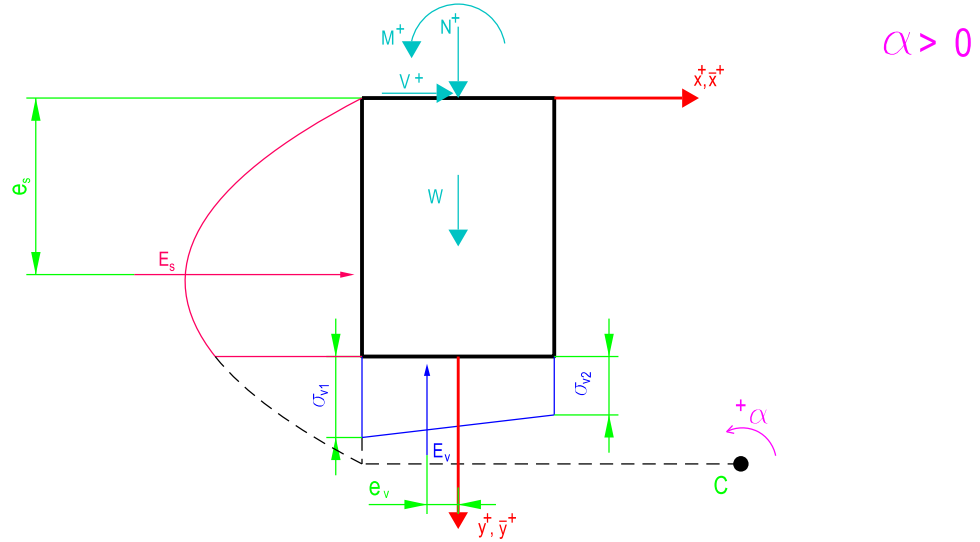
ESCALA:

PLANO N°:

A2-93

ZONA 9 (continuación) (No puede ser $\alpha < 0$)

INCÓGNITAS AUXILIARES



$L_e =$	L
$E_v(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{2} \alpha B K_V L^2 \bar{x}_c$
$e_v(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{6} \frac{L}{\bar{x}_c}$
$\sigma_{v1}(\bar{x}_c) =$ $\sigma_{v, \max}$	$-\frac{1}{2} \alpha K_V L [1 + \bar{x}_c]$
$\sigma_{v2}(\bar{x}_c) =$	$-\frac{1}{2} \alpha K_V L [-1 + \bar{x}_c]$
$E_s(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]$
$e_s(\bar{y}_c) =$	$\frac{1}{2} H \frac{4\bar{y}_c - 3}{3\bar{y}_c - 2}$
$\sigma_{hs}(\bar{y}_c) =$ $\sigma_{hs, \max}$ en $y=yc/2$	$\frac{1}{4} \alpha K_H H \bar{y}_c^2$
$\sigma_{hi}(\bar{y}_c) =$ $\sigma_{hi, \max}$ en $y=H$	$-\alpha K_H H [1 - \bar{y}_c]$
$E_i(\bar{y}_c) =$	0
$e_i(\bar{y}_c) =$	0

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO N°:

A2-94

SINTÉISIS RESOLUCIÓN INCOGNITAS PRINCIPALES

$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad \lambda = \frac{L}{H} \quad \chi = \frac{V}{N+W} \quad A = \frac{1}{4} \eta \chi \lambda^2 \quad \xi = 2 + \frac{4}{3} \frac{1}{\eta \lambda^3}$$

I.- SUPONIENDO QUE EL CENTRO DE GIRO ESTA FUERA DEL NUCLEO CENTRAL (ZONAS 1,2 ó 3)

$$a \bar{x}_c^3 + b \bar{x}_c^2 + c \bar{x}_c + d = 0$$

$$a = L [N+W]$$

$$b = 6M - 4HV$$

$$c = 12jM - 8jHV - 3L [N+W]$$

$$d = 6M - 4HV - j\xi L [N+W]$$

$$\begin{aligned} \bar{x}_c & \implies \bar{y}_c(\bar{x}_c) = \frac{2}{3} - j A [1 + j \bar{x}_c]^2 \\ & \implies \alpha(\bar{x}_c) = \frac{8j [N+W]}{BK_V L^2 [1 + j \bar{x}_c]^2} \end{aligned}$$

Calcularemos suponiendo j=1 (giro positivo) y j=-1 (giro negativo)

Una vez obtenidos \bar{x}_c \bar{y}_c verificaremos si es válida esta opción y el sentido correcto del giro

NOTA:

Si $M = \frac{2HV}{3}$ (b=0) $\implies \bar{x}_c = j \operatorname{Cosh} \left\{ \frac{\ln \left[\frac{-j\xi}{2} + \sqrt{\frac{\xi^2}{4} - 1} \right]}{3} \right\}$ $\xi > 2$ siempre

II.- SUPONIENDO QUE EL CENTRO DE GIRO ESTA DENTRO DEL NUCLEO CENTRAL (ZONAS 4,5,6,7,8 ó 9)

$$\bar{x}_c = \frac{\frac{1}{6} [N+W] \left[3L + \frac{H}{\eta \lambda^2} \right]}{3M - 2HV} \implies \bar{x}_c \implies \begin{aligned} \bar{y}_c(\bar{x}_c) &= \frac{2}{3} - 4A \bar{x}_c \\ \alpha(\bar{x}_c) &= \frac{2 [N+W]}{BK_V L^2 \bar{x}_c} \end{aligned}$$

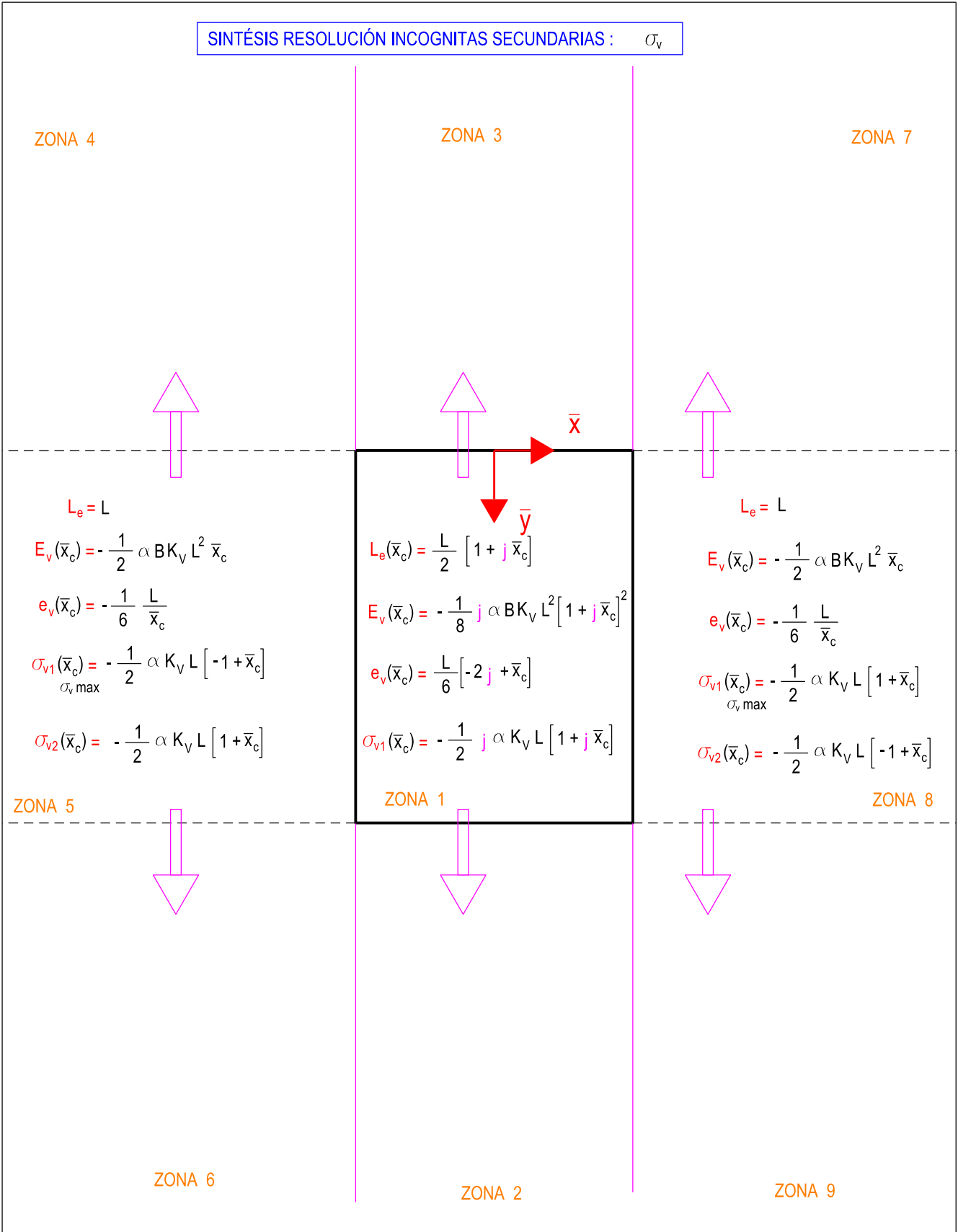
Una vez obtenidos \bar{x}_c \bar{y}_c verificaremos si es válida esta opción.

Además sabremos exactamente en que zona está el centro de giro. El cálculo de las variable secundarias si que tenemos que aplicar las fórmulas según la zona donde esté el centro de giro.

Puede darse el caso que no tengamos ninguna solución (en ninguna zona) ==> Modificar dimensiones zapata

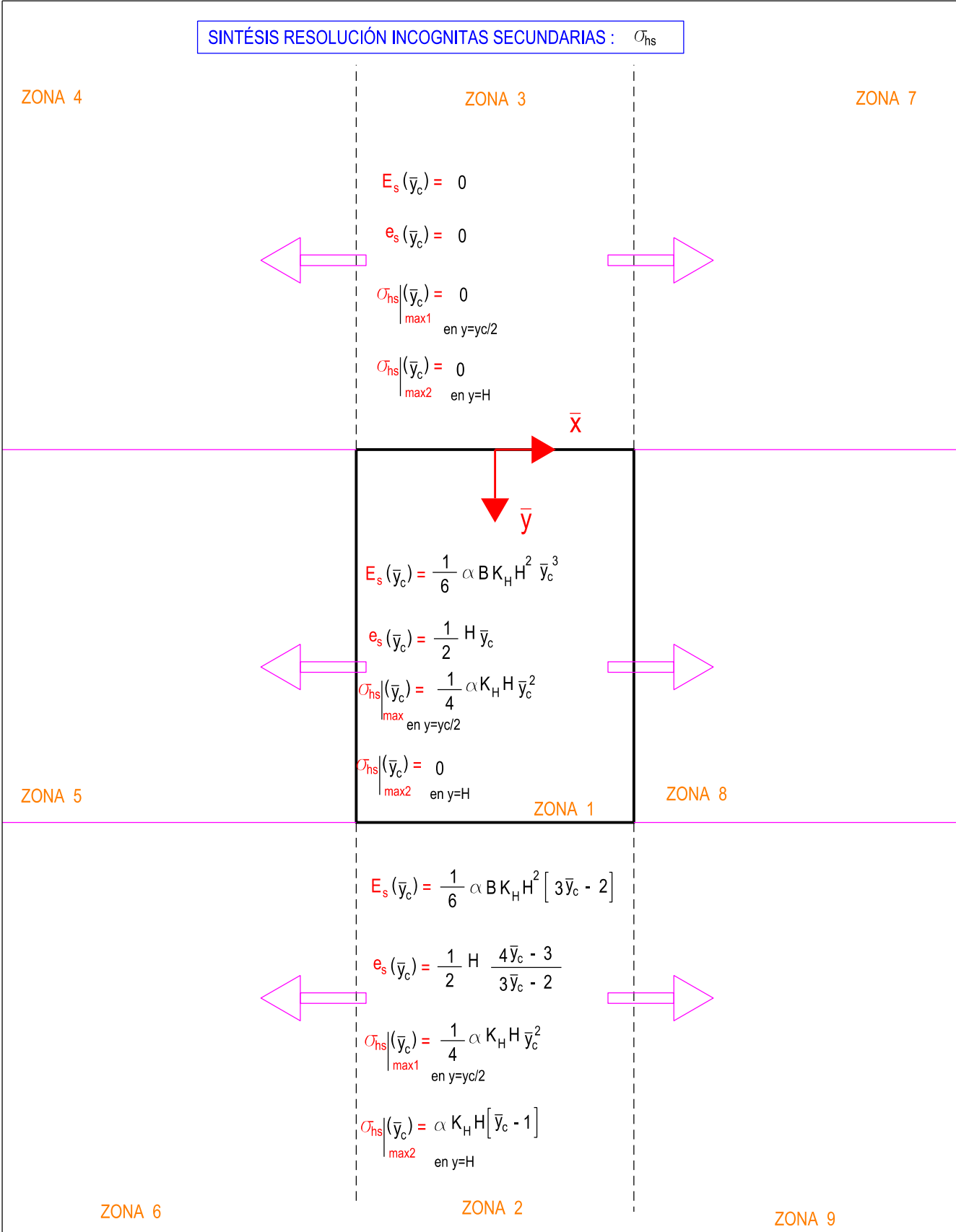
<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS RESUMEN GENERAL CASO T=0	FORMATO: A4 ESCALA: <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	PLANO Nº: A2-95

SINTÉISIS RESOLUCIÓN INCOGNITAS SECUNDARIAS : σ_v



<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>TRABAJO FINAL DE GRADO</p> <p>" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "</p>		
	<p>AUTOR: Ramón Tercero Herreros</p>		<p>TUTOR: D. Julián Alcalá González</p>
	<p>TÍTULO PLANO: ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS RESUMEN GENERAL CASO T=0</p>		<p>FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/></p>
	<p>PLANO Nº : A2-96</p>		

SINTESIS RESOLUCIÓN INCOGNITAS SECUNDARIAS : σ_{hs}



<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>TRABAJO FINAL DE GRADO</p> <p>" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "</p>		
	<p>AUTOR: Ramón Tercero Herreros</p>		<p>TUTOR: D. Julián Alcalá González</p>
	<p>TITULO PLANO: ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS RESUMEN GENERAL CASO T=0</p>		<p>FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/></p>
	<p>PLANO Nº : A2-97</p>		

SINTÉSIS RESOLUCIÓN INCOGNITAS SECUNDARIAS : σ_{hi}

ZONA 4

ZONA 3

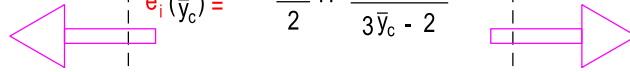
ZONA 7

$$E_i(\bar{y}_c) = \frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 [3\bar{y}_c - 2]$$

$$e_i(\bar{y}_c) = \frac{1}{2} H \frac{4\bar{y}_c - 3}{3\bar{y}_c - 2}$$

$$\sigma_{hi}|_{\max}(\bar{y}_c) = \alpha K_H H [\bar{y}_c - 1]$$

en y=H



\bar{x}

$$E_i(\bar{y}_c) = -\frac{1}{6} \alpha B K_H H^2 [2 - 3\bar{y}_c + \bar{y}_c^3]$$

$$e_i(\bar{y}_c) = \frac{1}{2} H \frac{[3 - 4\bar{y}_c + \bar{y}_c^4]}{[2 - 3\bar{y}_c + \bar{y}_c^3]}$$

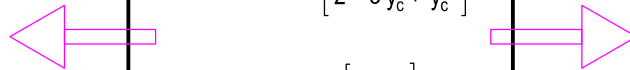
$$\sigma_{hi}|_{\max}(\bar{y}_c) = \alpha K_H H [\bar{y}_c - 1]$$

en y=H

ZONA 1

ZONA 5

ZONA 8



$$E_i(\bar{y}_c) = 0$$

$$e_i(\bar{y}_c) = 0$$

$$\sigma_{hi}|_{\max}(\bar{y}_c) = 0$$



ZONA 6

ZONA 2

ZONA 9

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TÍTULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T=0

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO Nº:

A2-98



GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23

TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

2.- CASO EN EL QUE LA ZAPATA SE ENCUENTRA
ENTERRADA UNA PROFUNDIDAD T DADA.



Supongamos el caso más general (y más real) en el que la zapata se encuentra a una profundidad T por debajo de la rasante del terreno natural:

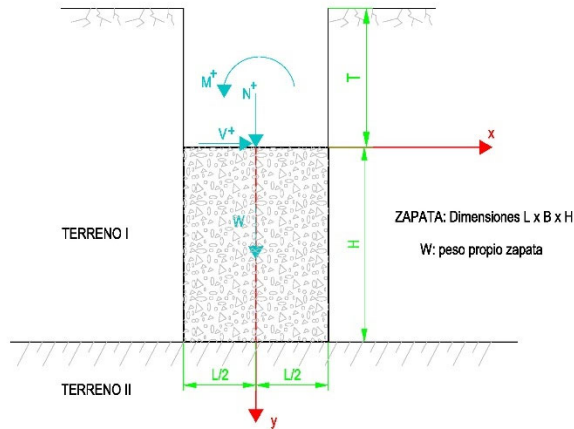


Figura 37

Llamemos:

$$H_t = H + T \quad (76)$$

$$\tau = \frac{T}{H} \quad (77)$$

Entonces tendremos:

$$H_t = H + \tau H = H(1 + \tau) \quad (78)$$

En este caso tendremos que la única diferencia respecto al caso anterior estudiado (T=0), es que el coeficiente de balasto lateral, $K_h(y)$ no empieza con un valor nulo en la cara superior de la zapata. En este caso tendremos que:

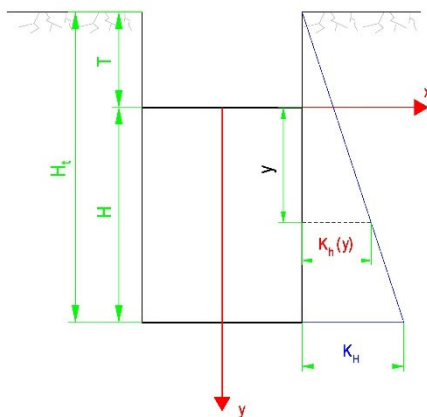


Figura 38

$$\frac{K_H}{H_t} = \frac{K_h(y)}{y+T} \quad (0 \leq y \leq H)$$

$$K_h(y) = \frac{K_H}{H_t} (y + T) = \frac{K_H}{H(1+\tau)} (y + T) \quad (79)$$

Luego en este caso en el que $T \neq 0$, tendremos que calcular todas las variables donde aparece $K_h(y)$. El resto de variables serán exactamente iguales que en el caso $T=0$ analizado anteriormente.

Sólo analizaremos con detalle la zona 1, que es la más completa, para ver como afecta el parámetro T.

Utilizaremos la variable $j=+1$ si $\alpha > 0$ y $j=-1$ si $\alpha < 0$. (sólo aparece en el cálculo de tensiones verticales)



2.1. CENTRO DE GIRO EN ZONA 1: $0 \leq Y_0 \leq H$

$$X_0 \leq L/2$$

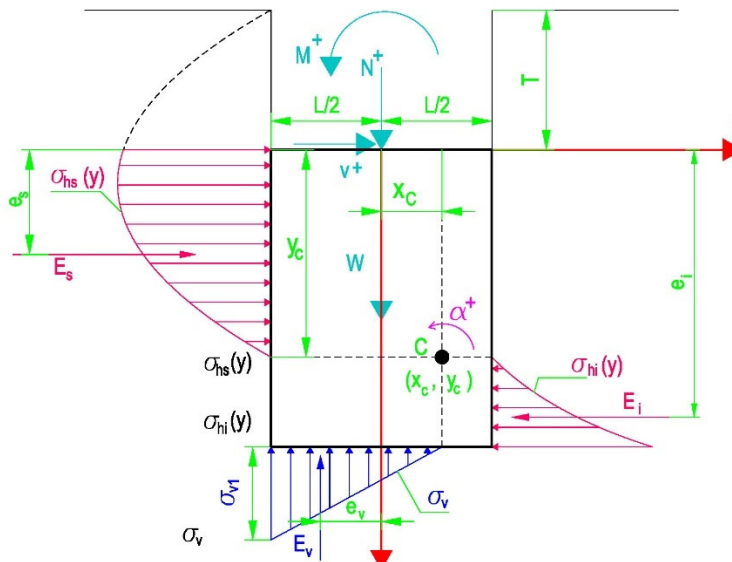


Figura 39

2.1.1.1. E_v :

Todos los cálculos referentes a E_v , al no aparecer el término $K_h(y)$ es exactamente igual al caso $T=0$:

$$E_v = -(N+W) \quad (7)$$

$$E_v = \frac{1}{2} L_e \sigma_{v1} B \quad (8)$$

$$e_v = \frac{L}{6} [-2j + \bar{X}_c] \quad (12)$$

$$E_v = -\frac{1}{8} j B \alpha K_V L^2 (1 + j \bar{X}_c)^2 \quad (17)$$

$$\alpha = \frac{8j(N+W)}{BK_V L^2 (1 + j \bar{X}_c)^2} \quad (18)$$



2.1.2. OBTENCION DE E_s :

Se realiza el planteamiento de desplazamientos y tensiones igual que en el caso $T=0$, pero teniendo en cuenta que ahora:

$$K_h(y) = \frac{K_H}{H_t}(y + T) = \frac{K_H}{H(1+\tau)}(y + T) \quad 0 \leq y \leq Y_c$$

$$\delta_{sx} = -\alpha(Y_c - y)$$

$$\sigma_{hs}(y) = -K_h(y)\delta_{sx}(y) = \frac{K_H}{H(1+\tau)}\alpha(y + T)(Y_c - y) = \alpha \frac{K_H}{H(1+\tau)}[-y^2 + y(Y_c - T) + TY_c] \quad (80)$$

$$\begin{aligned} E_s &= B \int_0^{Y_c} \sigma_{hs}(y) dy = B \int_0^{Y_c} \alpha \frac{K_H}{H(1+\tau)}[-y^2 + y(Y_c - T) + TY_c] dy = \\ &= \alpha B \frac{K_H}{H(1+\tau)} \left[-\frac{y^3}{3} + (Y_c - T) \frac{y^2}{2} + Y_c T y \right]_0^{Y_c} = \frac{1}{6} \alpha B \frac{K_H}{H(1+\tau)} [Y_c^3 + 3TY_c^2] \quad (81) \end{aligned}$$

Pero además, si utilizamos :

$$\tau = \frac{T}{H} \quad \bar{Y}_c = \frac{Y_c}{H}$$

que sustituyendo en la ecuación (81) llegamos a que:

$$E_s = \frac{1}{6} \alpha B \frac{K_H}{1+\tau} H^2 (\bar{Y}_c^3 + 3\tau \bar{Y}_c^2) \quad (82)$$

2.1.2.1 VALORES MAXIMOS DE $\sigma_{hs}(y)$

Los valores de la función $\sigma_{hs}(y)$ en los extremos son:

$$\text{En } y=0 : \sigma_{hs}(y) = \alpha \frac{K_H}{H_t} T Y_c \quad (83)$$

$$\text{En } y=Y_c : \sigma_{hs}(y) \equiv 0$$

El valor máximo de la tensión los obtenemos igualando a 0 la función derivada:

$$f(y) = \sigma_{hs}(y) = \frac{K_H}{H_t} \alpha (y + T)(Y_c - y)$$

$$f'(y) = \alpha \frac{K_H}{H_t} (-2y + Y_c - T) \equiv 0$$



$$Y_{mx} = \frac{Y_c - T}{2} \quad (84) \quad (\text{punto donde se da la tensión máxima, si es positivo})$$

Y el valor de la tensión máxima es el valor de la función en Y_{mx} :

$$\sigma_{hs}(y_{mx}) = \frac{K_H}{H(1+\tau)} \alpha \left(\frac{Y_c - T}{2} + T \right) \left(Y_c - \frac{Y_c - T}{2} \right) = \frac{1}{4} \alpha \frac{K_H}{H(1+\tau)} [Y_c + T]^2 \quad (85)$$

Que también lo podemos expresar como:

$$\sigma_{hs}(y_{mx}) = \frac{1}{4} \alpha \frac{K_H}{(1+\tau)} H [\bar{Y}_c + \tau]^2 \quad (86)$$

Si Y_{mx} resultara negativo, la tensión máxima se da en $y=0$.

2.1.2.2. CALCULO DE e_s :

$$e_s = \frac{B \int_0^{Y_c} \sigma_{hs}(y) y dy}{B \int_0^{Y_c} \sigma_{hs}(y) dy} = \frac{S_s}{E_s}$$

$$\begin{aligned} S_s &= B \int_0^{Y_c} \sigma_{hs}(y) y dy = \alpha B \frac{K_H}{H(1+\tau)} \int_0^{Y_c} [-y^3 + y^2(Y_c - T) + yTY_c] dy = \\ &= \frac{1}{12} \alpha B \frac{K_H}{H(1+\tau)} [Y_c^4 + 2TY_c^3] \quad (87) \end{aligned}$$

Que lo podemos expresar como:

$$e_s = \frac{1}{12} \alpha B \frac{K_H}{(1+\tau)} H^3 [\bar{Y}_c^4 + 2\tau \bar{Y}_c^3] \quad (88)$$

Luego:

$$e_s = \frac{1}{2} H \bar{Y}_c \left[\frac{\bar{Y}_c + 2\tau}{\bar{Y}_c + 3\tau} \right] \quad (89)$$

2.1.3. OBTENCION DE E_i :

Se realiza el planteamiento de desplazamientos y tensiones igual que en el caso $T=0$, pero teniendo en cuenta que ahora:

$$K_h(y) = \frac{K_H}{H_t} (y + T) = \frac{K_H}{H(1+\tau)} (y + T) \quad Y_c \leq y \leq H$$



$$\delta_{ix}^z = -\alpha(Y_c - y)$$

$$\sigma_{hi}(y) = -K_h(y)\delta_{ix}(y) = \alpha \frac{K_H}{H(1+\tau)} [-y^2 + y(Y_c - T) + TY_c] \quad (80)$$

$$\begin{aligned} E_i &= B \int_{Y_c}^H \sigma_{hs}(y) dy = B \int_{Y_c}^H \alpha \frac{K_H}{H(1+\tau)} [-y^2 + y(Y_c - T) + TY_c] dy = \\ &= \alpha B \frac{K_H}{H(1+\tau)} \left[-\frac{y^3}{3} + (Y_c - T) \frac{y^2}{2} + Y_c T y \right]_{Y_c}^H = \frac{1}{6} \alpha B \frac{K_H}{H(1+\tau)} [-2H^3 + Y_c(3H^2 + 6TH) - 3TH^2 - Y_c^3 - 3TY_c^2] \end{aligned} \quad (90)$$

Pero además, si utilizamos que:

$$\tau = \frac{T}{H} \quad \bar{Y}_0 = \frac{Y_0}{H}$$

$$E_i = \frac{1}{6} \alpha B \frac{K_H}{(1+\tau)} H^2 [-2 + \bar{Y}_c(3 + 6\tau) - 3\tau - \bar{Y}_c^3 - 3\tau \bar{Y}_c^2] \quad (91)$$

2.1.3.1. TENSION MAXIMA DE σ_{hi} :

La tensión máxima se da en el punto:

$Y_{mx} = \frac{Y_c - T}{2}$, que es menor que Y_c (pues T siempre es positiva), por lo que está fuera del rango de las y para el cálculo de σ_{hi} : $Y_c \leq y \leq H$. Se deduce que el valor máximo estará en los extremos.

$$\text{En } y=H: \sigma_{hi}(y) = \alpha K_H(H - Y_c) = \sigma_{himax}$$

$$\text{En } y=Y_c: \sigma_{hi}(y) \equiv 0$$

2.1.3.2. CALCULO DE e_i :

$$e_i = \frac{B \int_{Y_c}^H \sigma_{hi}(y) y dy}{B \int_{Y_c}^H \sigma_{hi}(y) dy} = \frac{S_i}{E_i}$$

$$S_i = B \int_{Y_c}^H \sigma_{hi}(y) y dy = B \int_{Y_c}^H \alpha \frac{K_H}{H(1+\tau)} [-y^3 + y^2(Y_c - T) + yTY_c] dy$$

$$S_i = \frac{1}{12} \alpha B \frac{K_H}{H(1+\tau)} [-3H^4 + 4H^3(Y_c - T) + 6TY_cH^2 - Y_c^4 - 2TY_c^3] \quad (92)$$

Pero además, si utilizamos que:

$$\tau = \frac{T}{H} \quad \bar{Y}_c = \frac{Y_c}{H}$$



$$S_i = \frac{B\alpha K_H H^3}{12(1+\tau)} \left[-3 + 4(\bar{Y}_c - \tau) + 6\tau\bar{Y}_c - \bar{Y}_c^4 - 2\tau\bar{Y}_c^3 \right] \quad (93)$$

Luego:

$$e_i = \frac{1}{2}H \frac{\left[3 - 4(\bar{Y}_c - \tau) - 6\tau\bar{Y}_c + \bar{Y}_c^4 + 2\tau\bar{Y}_c^3 \right]}{\left[2 - \bar{Y}_c(3 + 6\tau) + 3\tau + \bar{Y}_c^3 + 3\tau\bar{Y}_c^2 \right]} \quad (94)$$

2.1.4. CURVA DEL CENTRO DE GIRO:

Estableciendo el equilibrio de fuerzas horizontales tendremos que:

$$E_s + E_i + V = 0$$

$$\frac{1}{6}\alpha B \frac{K_H}{1+\tau} H^2 \left(\bar{Y}_c^3 + 3\tau\bar{Y}_c^2 \right) + \frac{1}{6}\alpha B \frac{K_H}{(1+\tau)} H^2 \left[-2 + \bar{Y}_c(3 + 6\tau) - 3\tau - \bar{Y}_c^3 - 3\tau\bar{Y}_c^2 \right] - V = 0$$

Si despejamos el ángulo α :

$$\alpha = \frac{-6V(1+\tau)}{BH^2 K_H [\bar{Y}_c(3+6\tau) - 3\tau - 2]} \quad (95)$$

Si igualamos esta expresión a la ecuación 18, que era el valor del ángulo α que obteníamos del equilibrio de fuerzas verticales, obtendremos una relación entre \bar{X}_0 e \bar{Y}_0 (curva del centro de giro):

$$\alpha = \frac{8j(N+W)}{BK_V L^2 (1+j\bar{X}_c)^2} = \frac{-6V(1+\tau)}{BH^2 K_H [\bar{Y}_c(3+6\tau) - 3\tau - 2]}$$

Despejando \bar{Y}_c en función de \bar{X}_c :

$$\bar{Y}_c = \left[\frac{3\tau+2}{6\tau+3} \right] - j \left[\frac{1+\tau}{2\tau+1} \right] \frac{1}{4} \frac{K_V L^2}{K_H H^2} \frac{V}{(N+W)} (1+j\bar{X}_c)^2 \quad (96) \quad (\text{PARABOLA})$$

y si utilizamos las variables adimensionales:

$$\eta = \frac{K_V}{K_H} \quad \lambda = \frac{L}{H} \quad \chi = \frac{V}{N+W} \quad A = \frac{1}{4}\chi\eta\lambda^2$$

$$\tau_0 = \left[\frac{3\tau+2}{6\tau+3} \right] \quad (97)$$

$$\tau_a = \left[\frac{\tau+1}{2\tau+1} \right] \quad (98)$$

la ecuación (96) la podemos poner como:



$$\bar{Y}_c = \tau_0 - j\tau_a A(1 + j\bar{X}_c)^2 \quad (99)$$

2.1.5. RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA:

La curva anterior que hemos obtenido es el lugar geométrico de los puntos que verifican el equilibrio de fuerzas verticales y horizontales. Dentro de esta curva hay un punto, que, además, verifica el equilibrio de momentos, y por tanto, será la solución a nuestro problema (hay que recordar, que una vez obtenido la solución deberemos comprobar si la hipótesis de zona es correcta).

Si planteamos la ecuación de la resultante de momentos en el origen de coordenadas ("OC"):

$$\Sigma M_{OC} = M + E_s e_s + E_i e_i - E_v e_v = 0 \quad (36)$$

teniendo en cuenta los resultados anteriores obtenidos, expresándolos en función de \bar{X}_c e \bar{Y}_c :

$$E_s = \frac{1}{6} \alpha B \frac{K_H}{1+\tau} H^2 (\bar{Y}_c^3 + 3\tau \bar{Y}_c^2)$$

$$e_s = \frac{1}{2} H \bar{Y}_c \left[\frac{\bar{Y}_c + 2\tau}{\bar{Y}_c + 3\tau} \right]$$

$$E_i = \frac{1}{6} \alpha B \frac{K_H}{(1+\tau)} H^2 [-2 + \bar{Y}_c(3 + 6\tau) - 3\tau - \bar{Y}_c^3 - 3\tau \bar{Y}_c^2]$$

$$e_i = \frac{1}{2} H \frac{[3 - 4(\bar{Y}_c - \tau) - 6\tau \bar{Y}_c + \bar{Y}_c^4 + 2\tau \bar{Y}_c^3]}{[2 - \bar{Y}_c(3 + 6\tau) + 3\tau + \bar{Y}_c^3 + 3\tau \bar{Y}_c^2]}$$

$$e_v = \frac{L}{6} [-2j + \bar{X}_c]$$

$$E_v = -\frac{1}{8} j B \alpha K_V L^2 (1 + j\bar{X}_c)^2$$

Y si además ponemos el ángulo α en función de \bar{X}_c y tenemos en cuenta la relación que hay entre \bar{X}_c e \bar{Y}_c podremos obtener una ecuación que sólo intervenga \bar{X}_c :

$$\alpha = \frac{8j(N+W)}{BK_V L^2 (1 + j\bar{X}_c)^2}$$

$$\bar{Y}_c = \tau_0 - j\tau_a A(1 + j\bar{X}_c)^2$$



Se obtiene la siguiente ecuación cúbica en \bar{X}_c :

$$a\bar{X}_c^3 + b\bar{X}_c^2 + c\bar{X}_c + d = 0 \quad (37)$$

Siendo los coeficientes:

$$a = L[N + W] \quad (100)$$

$$b = 6M - 6\tau_0 HV \quad (101)$$

$$c = 12jM - 12j\tau_0 HV - 3L[N + W] \quad (102)$$

$$d = 6M - 6\tau_0 HV - jL[N + W]\xi \quad (103)$$

Donde intervienen los siguientes parámetros adimensionales:

$$\xi = 2 + \frac{4}{3} \frac{1}{\eta\lambda^3}$$

$$\eta = \frac{K_V}{K_H}$$

$$\lambda = \frac{L}{H}$$

$$\tau_0 = \left[\frac{3\tau+2}{6\tau+3} \right]$$

$$j = +1 \text{ (si } \alpha > 0)$$

$$j = -1 \text{ (si } \alpha < 0)$$



Puesto que los cálculos para las diferentes zonas es igual que en el caso de $T=0$, sólo teniendo en cuenta que el coeficiente de balasto horizontal es:

$$K_h(y) = \frac{K_H}{H_t} (y + T)$$

y ya se ha realizado el cálculo en la zona 1 para que se vea cómo afecta, se pasa directamente al resumen general para este caso de $T \neq 0$.

ANEJO 2

CÁLCULO GEOTÉCNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS

RESUMEN

CASO DE ZAPATA ENTERRADA UNA PROFUNDIDAD T

T≠0

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u>		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u>	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> A2-109

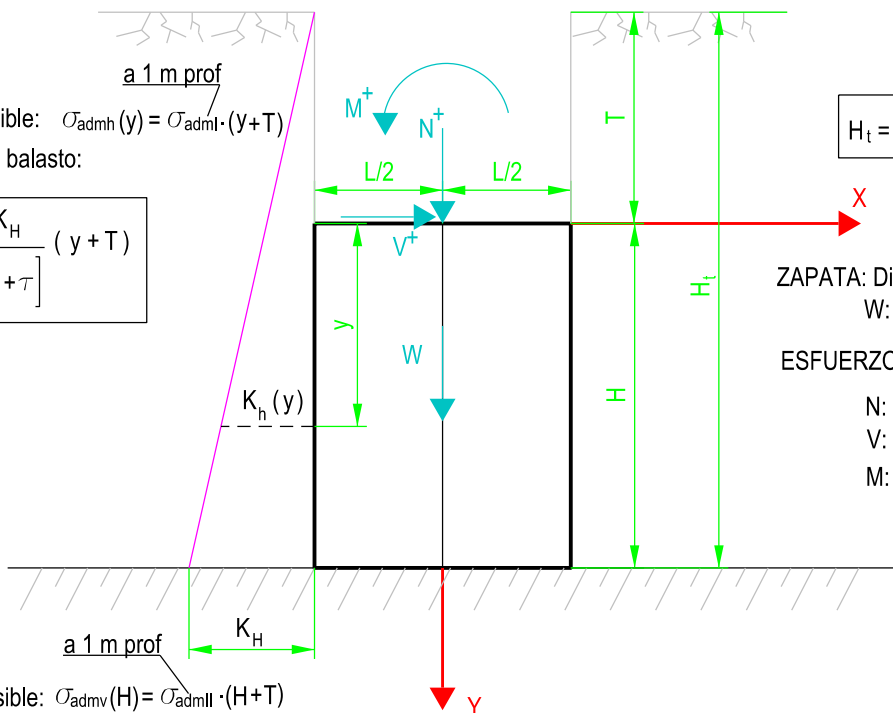
I.- GEOMETRIA. DATOS. EJES DE REFERENCIA .CRITERIO DE SIGNOS POSITIVOS

TERRENO I

Tensión admisible: $\sigma_{admi}(y) = \sigma_{admi} \cdot (y+T)$

Coefficiente de balasto:

$$K_h(y) = \frac{K_H}{H[1+\tau]} (y+T)$$



$$\tau = \frac{T}{H}$$

$$H_t = H + T = H [1 + \tau]$$

ZAPATA: Dimensiones L x B x H
W: peso propio zapata

ESFUERZOS:

N: axial
V: cortante
M: momento

TERRENO II

Tensión admisible: $\sigma_{admi}(H) = \sigma_{admi} \cdot (H+T)$

Coefficiente de balasto: K_v (a la profundidad H+T)

2.- EQUILIBRIO. CENTRO DE GIRO (punto C)

$$\sigma_h(y) = \alpha \frac{K_H}{H[1+\tau]} [-y^2 + y(y_c - T) + T \cdot y_c]$$

$$\sigma_{hs}(y) \Leftrightarrow 0 \leq y \leq y_c$$

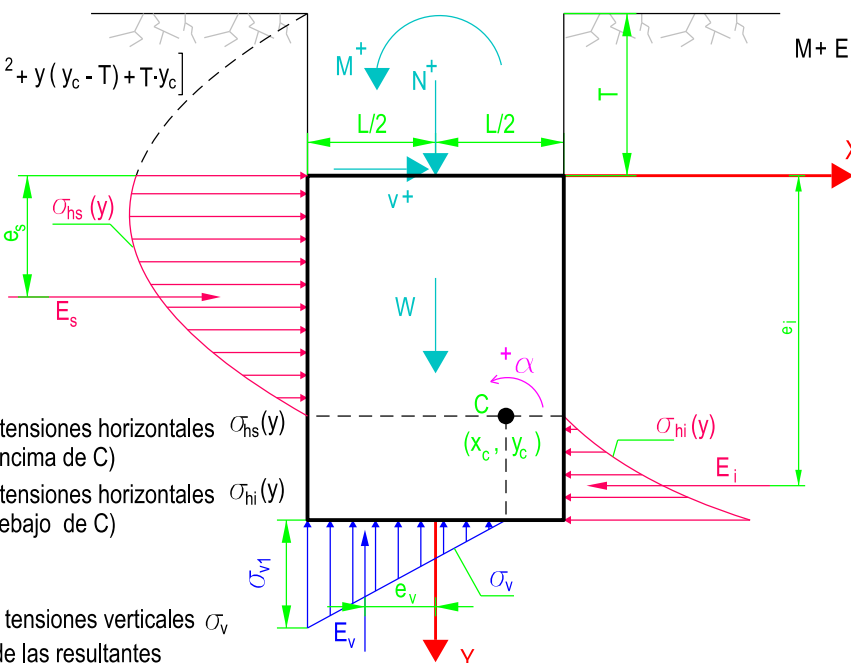
$$\sigma_{hi}(y) \Leftrightarrow y_c \leq y \leq H$$

E_s : Resultante de las tensiones horizontales $\sigma_{hs}(y)$ (por encima de C)

E_i : Resultante de las tensiones horizontales $\sigma_{hi}(y)$ (por debajo de C)

E_v : Resultante de las tensiones verticales σ_v

e : excentricidades de las resultantes



$$N + W + E_v = 0$$

$$V + E_s + E_i = 0$$

$$M + E_s e_s + E_i e_i - E_v e_v = 0$$

$$E_v = -(N + W)$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T#0

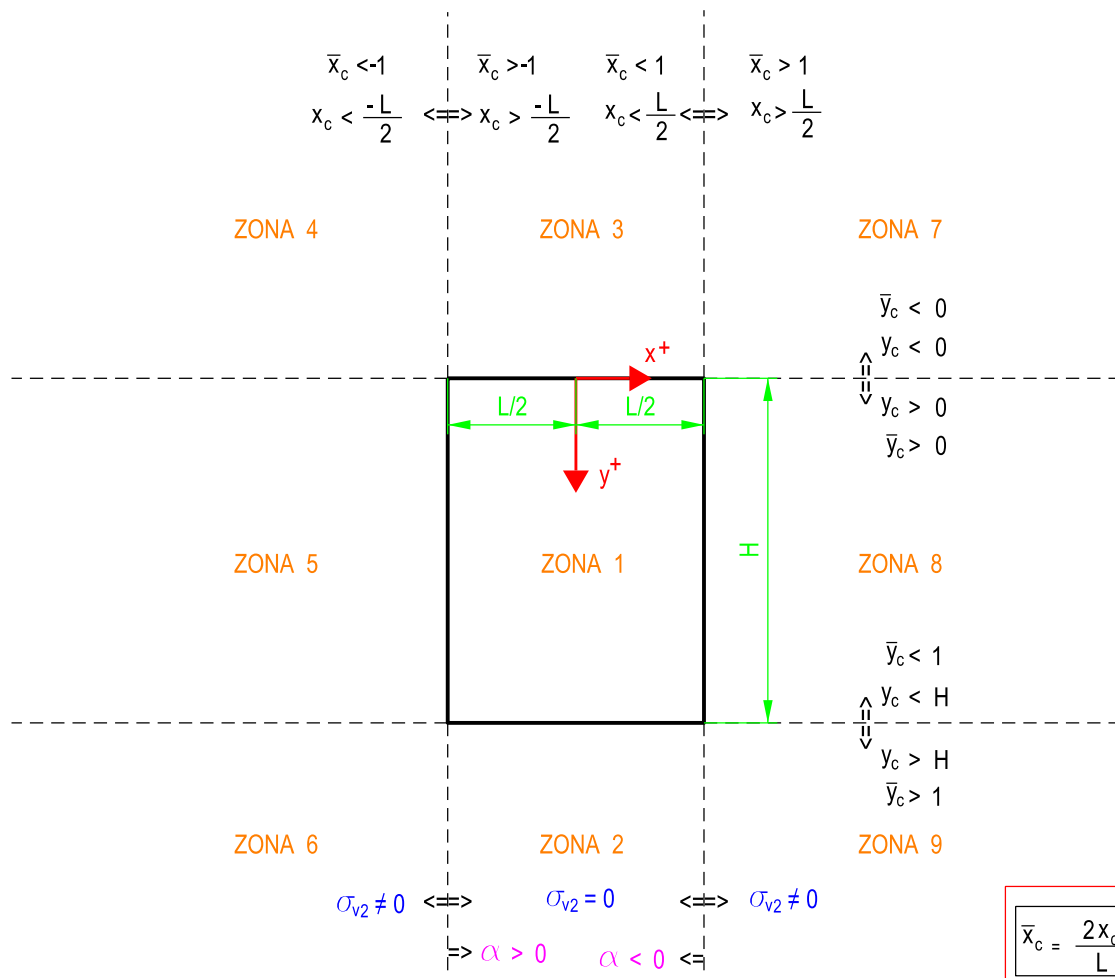
FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO Nº :

A2-110

II.- ZONIFICACIÓN SEGÚN POSICIÓN DEL CENTRO DE GIRO



$$\bar{x}_c = \frac{2x_c}{L}$$

$$\bar{y}_c = \frac{y_c}{H}$$

$$\alpha$$

Trabajaremos con coordenadas adimensionales:

$$\bar{x} = \frac{x}{L/2} = \frac{2x}{L}$$

$$\bar{y} = \frac{y}{H}$$

Parámetros adimensionales que utilizaremos:

$$\eta = \frac{K_v}{K_H}$$

$$\lambda = \frac{L}{H}$$

$$\chi = \frac{V}{N+W}$$

$$\tau = \frac{T}{H}$$

$$A = \frac{1}{4} \eta \chi \lambda^2$$

$$\xi = 2 - \frac{4\tau_1}{\eta \lambda^3}$$

$$\tau_0 = \frac{2+3\tau}{3+6\tau}$$

$$\tau_a = \frac{1+\tau}{1+2\tau}$$

$$\tau_1 = \frac{-3-4\tau}{1+\tau} + \frac{2}{3} \frac{[2+3\tau]^2}{(1+2\tau)(1+\tau)}$$

Incógnitas

τ, η y λ siempre positivos
 $j, \bar{x}_c, \bar{y}_c, \chi$ y A con su signo
 Signo de A es el signo de V (cortante)
 Si $V=0 \Rightarrow A=0$

$$j = \begin{cases} +1 & \text{si } \alpha \geq 0 \\ -1 & \text{si } \alpha < 0 \end{cases}$$

La variable j la utilizo en las zonas 1, 2 y 3 para unificar fórmulas.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T#0

FORMATO: A4

ESCALA:

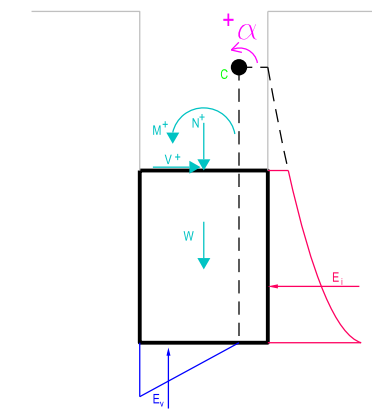
PLANO Nº:

A2-111

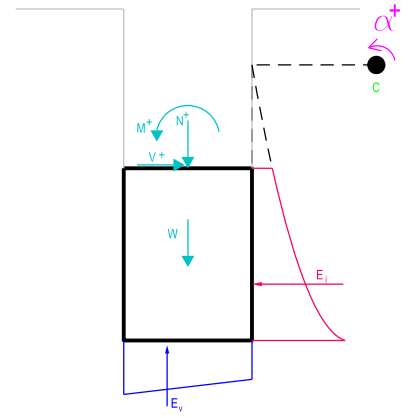
III.- ESQUEMA DE TENSIONES SEGÚN ZONAS. CASO GIRO POSITIVO $\alpha > 0$

X

ZONA 4



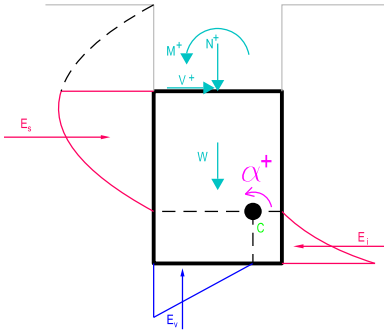
$E_s = 0$ ZONA 3 $\sigma_{v2} = 0$



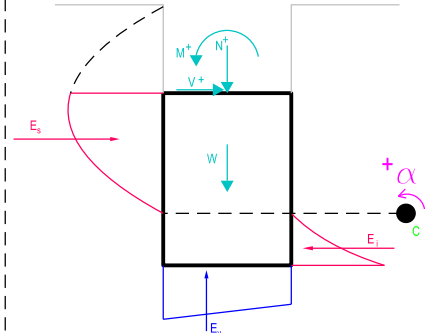
$E_s = 0$ ZONA 7

X

ZONA 5



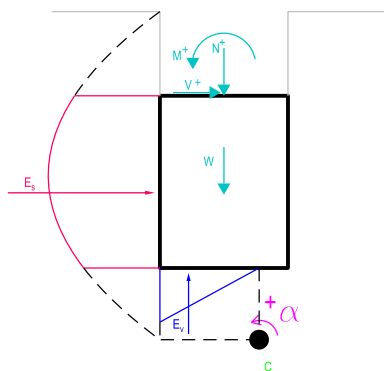
ZONA 1 $\sigma_{v2} = 0$



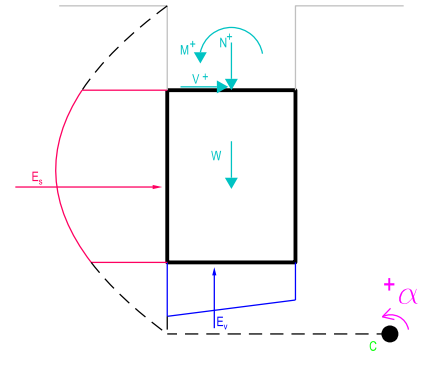
ZONA 8

X

ZONA 6



$E_i = 0$ ZONA 2 $\sigma_{v2} = 0$



$E_i = 0$ ZONA 9

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T#0

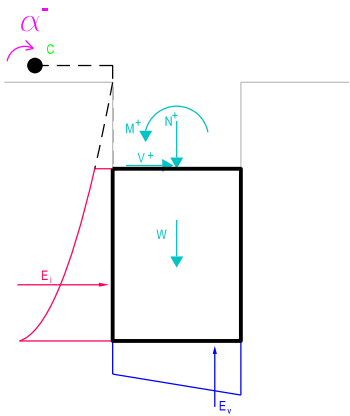
FORMATO : A4

ESCALA:

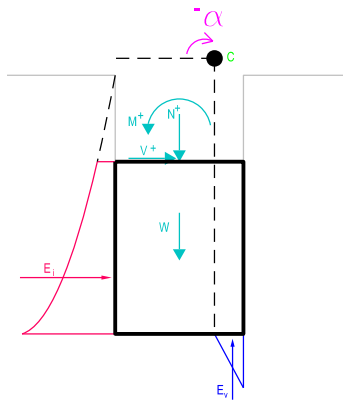
PLANO Nº :

A2-112

IV.- ESQUEMA DE TENSIONES SEGÚN ZONAS. CASO GIRO NEGATIVO $\alpha < 0$



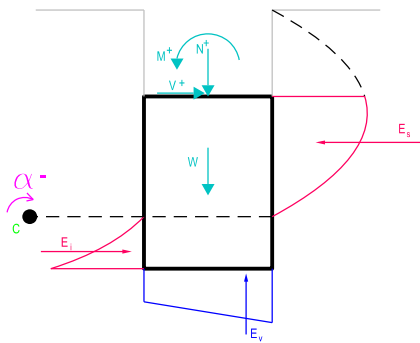
ZONA 4 $E_s = 0$



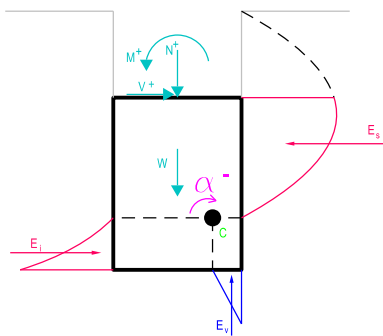
$E_s = 0$ ZONA 3 $\sigma_{v2} = 0$

X

ZONA 7



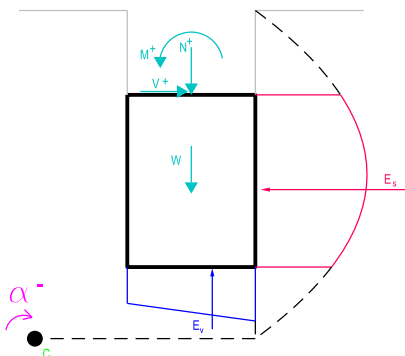
ZONA 5



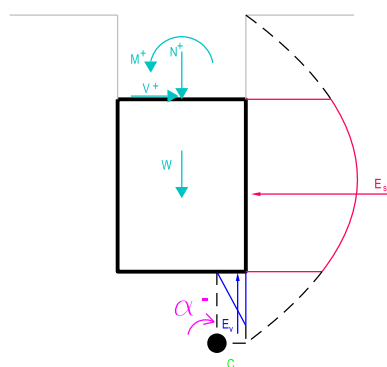
ZONA 1 $\sigma_{v2} = 0$

X

ZONA 8



$E_i = 0$ ZONA 6



$E_i = 0$ ZONA 2 $\sigma_{v2} = 0$

X

ZONA 9

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T#0

FORMATO: A4

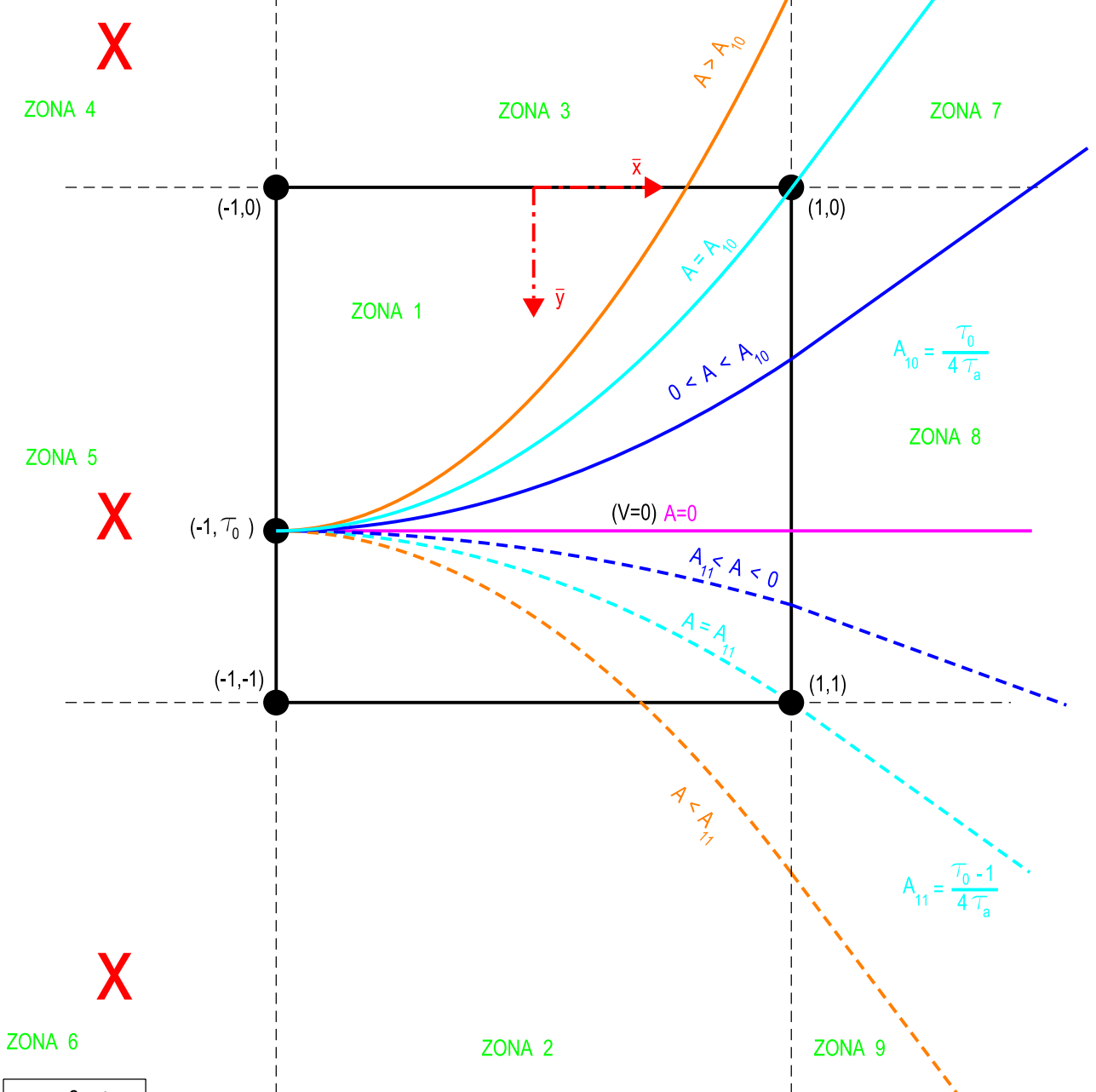
ESCALA:

PLANO Nº:

A2-113

V.- CURVA DEL CENTRO DE GIRO $\bar{y}_c = \bar{y}_c(\bar{x}_c)$ CASO $\alpha > 0$

α^+



$$\tau_0 = \frac{2 + 3\tau}{3 + 6\tau}$$

$$\tau_a = \frac{1 + \tau}{1 + 2\tau}$$

\Rightarrow PARÁBOLAS (salvo $A=0$) $\bar{y}_c = \tau_0 - \tau_a A (1 + \bar{x}_c)^2$ (si $|\bar{x}_c| \leq 1$)
 \Leftarrow RECTAS $\bar{y}_c = \tau_0 - 4\tau_a A \bar{x}_c$ (si $|\bar{x}_c| \geq 1$)

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

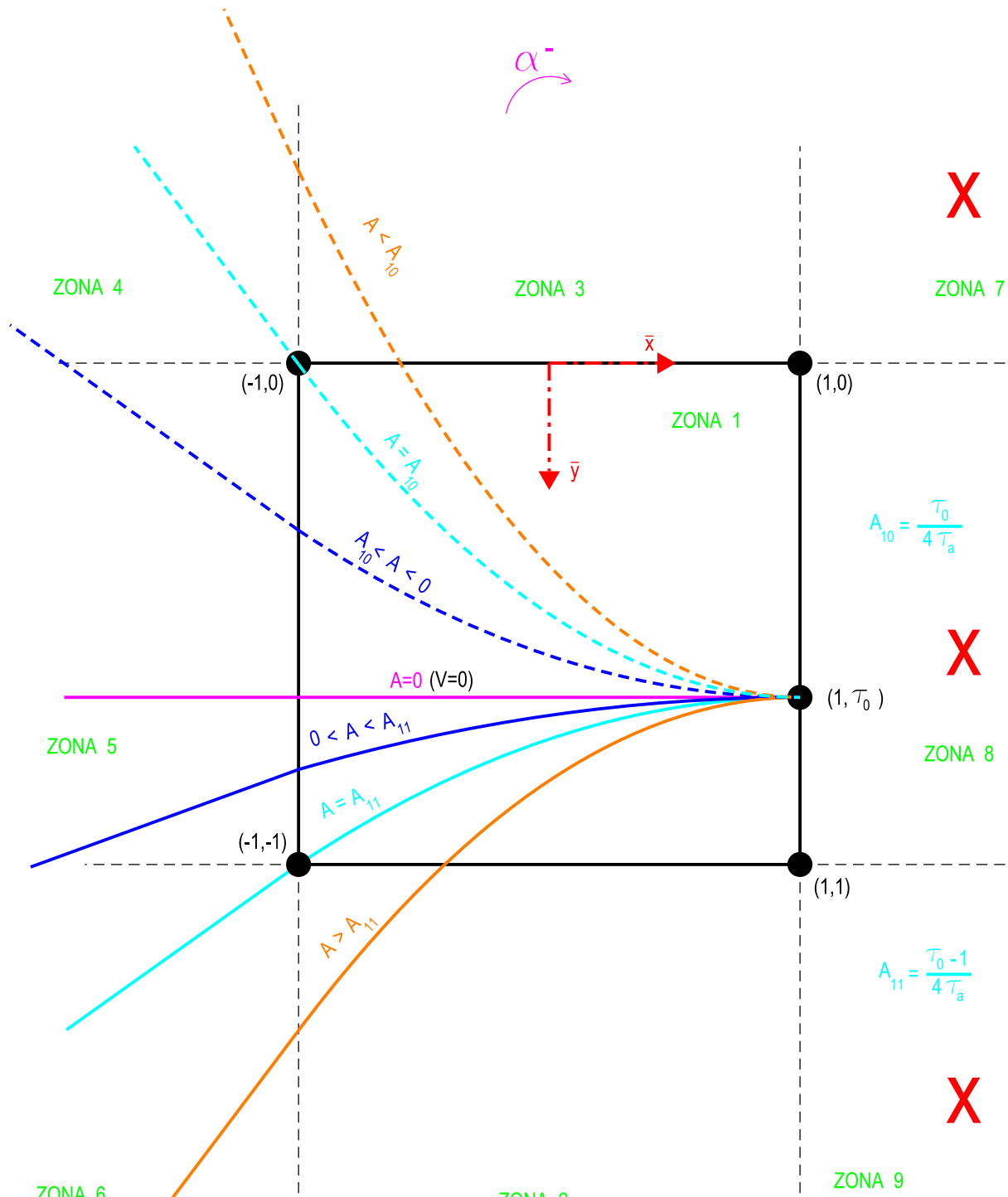
TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:
ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T≠0

FORMATO : A4
ESCALA:

PLANO Nº :
A2-114

VI.- CURVA DEL CENTRO DE GIRO $\bar{y}_c = \bar{y}_c(\bar{x}_c)$ CASO $\alpha < 0$



$$A_{10} = \frac{\tau_0}{4\tau_a}$$

$$A_{11} = \frac{\tau_0 - 1}{4\tau_a}$$

$$\tau_0 = \frac{2 + 3\tau}{3 + 6\tau}$$

$$\tau_a = \frac{1 + \tau}{1 + 2\tau}$$

RECTAS

PARÁBOLAS (salvo A=0)

$$\bar{y}_c = \tau_0 - 4\tau_a A \bar{x}_c \quad (\text{si } |\bar{x}_c| \geq 1)$$

$$\bar{y}_c = \tau_0 + \tau_a A (1 - \bar{x}_c)^2 \quad (\text{si } |\bar{x}_c| \leq 1)$$

ETSICCP
GRADO INGENIERIA CIVIL
Curso 22-23
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO
" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO: ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS RESUMEN GENERAL CASO T#0 FORMATO: A4 PLANO Nº: A2-115

ESCALA:

RESUMEN RESOLUCIÓN INCOGNITAS PRINCIPALES

$$\tau = \frac{T}{H} \quad \eta = \frac{K_V}{K_H} \quad \lambda = \frac{L}{H} \quad \chi = \frac{V}{N+W} \quad A = \frac{1}{4} \eta \chi \lambda^2$$

$$\tau_0 = \frac{2+3\tau}{3+6\tau} \quad \tau_a = \frac{1+\tau}{1+2\tau} \quad \tau_1 = \frac{-3-4\tau}{1+\tau} + \frac{2}{3} \frac{[2+3\tau]^2}{(1+2\tau)(1+\tau)} \quad \xi = 2 - \frac{4\tau_1}{\eta\lambda^3}$$

I.- SUPONIENDO QUE EL CENTRO DE GIRO ESTA FUERA DEL NUCLEO CENTRAL (ZONAS 1,2 ó 3)

$$a \bar{x}_c^3 + b \bar{x}_c^2 + c \bar{x}_c + d = 0$$

$$a = L [N+W]$$

$$b = 6M - 6\tau_0 HV$$

$$c = 12jM - 12\tau_0 j HV - 3L [N+W]$$

$$d = 6M - 6\tau_0 HV - j\xi L [N+W]$$

====> \bar{x}_c

$$\bar{y}_c(\bar{x}_c) = \tau_0 - j\tau_a A [1 + j\bar{x}_c]^2$$

$$\alpha(\bar{x}_c) = \frac{8j [N+W]}{BK_V L^2 [1 + j\bar{x}_c]^2}$$

$$\alpha(\bar{y}_c) = \frac{-6V [1 + \tau]}{BK_H H^2 [\bar{y}_c (3+6\tau) - 2 - 3\tau]}$$

Calcularemos suponiendo j=1 (giro positivo) y j=-1 (giro negativo)

Una vez obtenidos \bar{x}_c \bar{y}_c verificaremos si es válida esta opción y el sentido correcto del giro

CASO $\alpha > 0$ j = 1

CASO $\alpha < 0$ j = -1

NOTA:

Si $M = \tau_0 HV$ (b=0) $\implies \bar{x}_c = j \operatorname{Cosh} \left\{ \frac{\ln \left[\frac{-j\xi}{2} + \sqrt{\frac{\xi^2}{4} - 1} \right]}{3} \right\}$ $\xi > 2$ siempre

II.- SUPONIENDO QUE EL CENTRO DE GIRO ESTA DENTRO DEL NUCLEO CENTRAL (ZONAS 4,5,6,7,8 ó 9)

$$\bar{x}_c = \frac{[N+W] \left[L - \frac{\tau_1}{\eta \lambda^2} H \right]}{6M - 6\tau_0 HV} \implies \bar{x}_c \implies \begin{cases} \bar{y}_c(\bar{x}_c) = \tau_0 - 4\tau_a A \bar{x}_c \\ \alpha(\bar{x}_c) = \frac{2 [N+W]}{BK_V L^2 \bar{x}_c} \end{cases}$$

Una vez obtenidos \bar{x}_c \bar{y}_c verificaremos si es válida esta opción.

Además sabremos exactamente en que zona está el centro de giro. El cálculo de las variable secundarias si que tenemos que aplicar las fórmulas según la zona donde esté el centro de giro.

Puede darse el caso que no tengamos ninguna solución (en ninguna zona) ==> Modificar dimensiones zapata

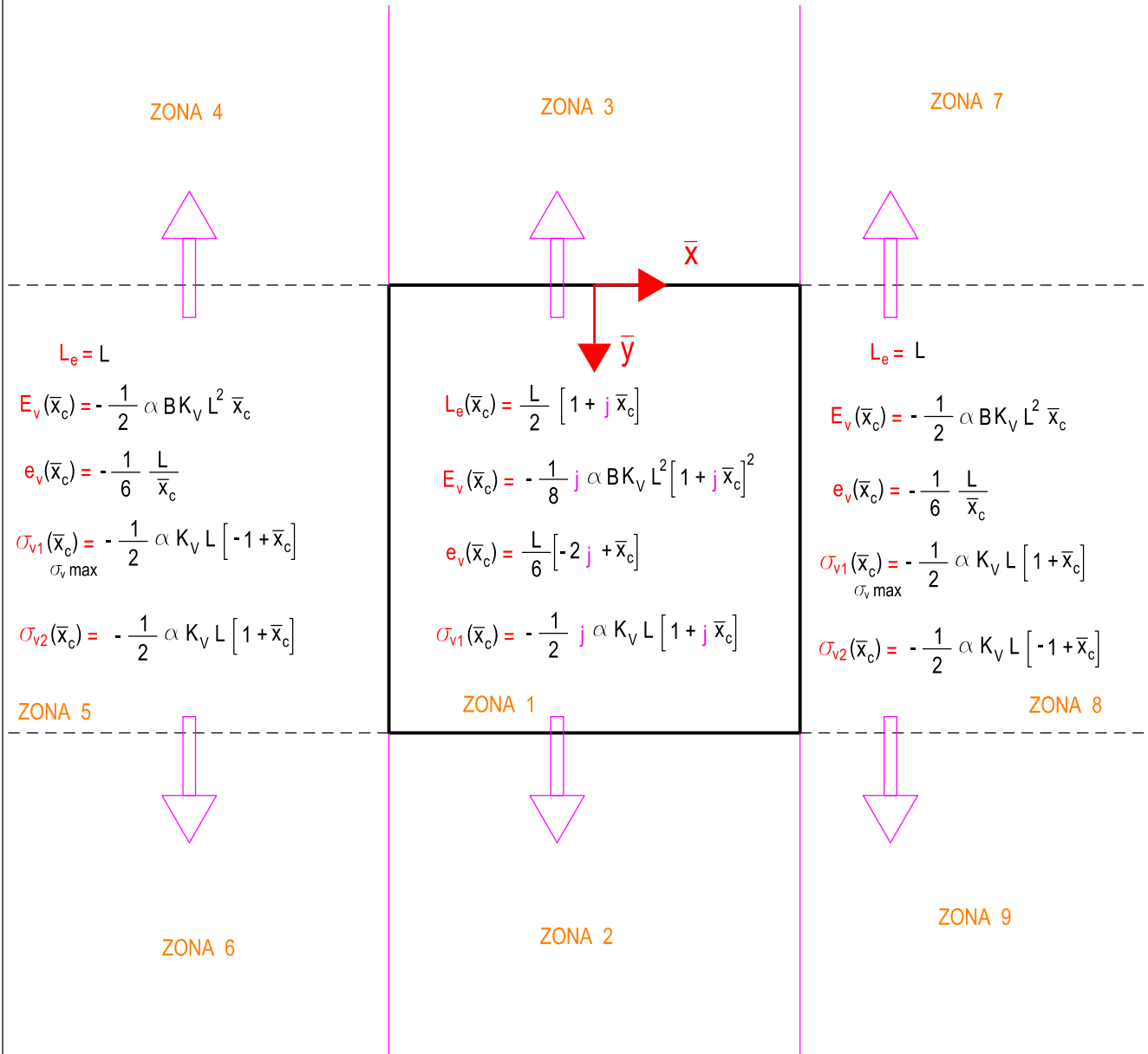
Si $\tau = 0 \implies \tau_0 = \frac{2}{3} \quad \tau_a = 1 \quad \tau_1 = \frac{-1}{3} \quad \xi = 2 + \frac{4}{3} \frac{1}{\eta\lambda^3}$

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS RESUMEN GENERAL CASO T#0	FORMATO : A4 ESCALA: 	PLANO N° : A2-116

RESUMEN RESOLUCIÓN INCOGNITAS SECUNDARIAS : σ_v

CASO $\alpha > 0$ $j = 1$

CASO $\alpha < 0$ $j = -1$



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T#0

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO Nº:

A2-117

RESUMEN RESOLUCIÓN INCOGNITAS SECUNDARIAS : σ_{hs}

ZONA 4

ZONA 3

ZONA 7

$$E_s(\bar{y}_c) = 0$$

$$e_s(\bar{y}_c) = 0$$

$$\sigma_{hs}|_{\max 1}(\bar{y}_c) = 0$$

$$\sigma_{hs}|_{\max 2}(\bar{y}_c) = 0$$

\bar{X}

\bar{y}

$$E_s(\bar{y}_c) = \frac{1}{6(1+\tau)} \alpha B K_H H^2 [\bar{y}_c^3 + 3\tau \bar{y}_c^2]$$

$$e_s(\bar{y}_c) = \frac{1}{2} H \bar{y}_c \frac{\bar{y}_c + 2\tau}{\bar{y}_c + 3\tau}$$

$$\sigma_{hs}|_{\max 1}(\bar{y}_c) = \frac{1}{4(1+\tau)} \alpha K_H H [\bar{y}_c + \tau]^2 \quad \text{en } y_m = \frac{y_c - \tau}{2} \quad \text{si } y_m > 0$$

$$\sigma_{hs}|_{\max 2}(\bar{y}_c) = \frac{1}{(1+\tau)} \alpha K_H H \tau \bar{y}_c \quad \text{en } y=0 \quad \text{si } y_m < 0$$

ZONA 5

ZONA 1

ZONA 8

$$E_s(\bar{y}_c) = \frac{1}{6(1+\tau)} \alpha B K_H H^2 [\bar{y}_c(3+6\tau) - 2 - 3\tau]$$

$$e_s(\bar{y}_c) = \frac{1}{2} H \frac{[\bar{y}_c(4+6\tau) - 3 - 4\tau]}{[\bar{y}_c(3+6\tau) - 2 - 3\tau]}$$

$$\sigma_{hs}|_{\max 1}(\bar{y}_c) = \frac{1}{4(1+\tau)} \alpha K_H H [\bar{y}_c + \tau]^2 \quad \text{en } y_m = \frac{y_c - \tau}{2} \quad \text{si } 0 < y_m < H$$

$$\sigma_{hs}|_{\max 2}(\bar{y}_c) = \frac{1}{(1+\tau)} \alpha K_H H \tau \bar{y}_c \quad \text{en } y=0$$

$$\sigma_{hs}|_{\max 3}(\bar{y}_c) = \frac{1}{(1+\tau)} \alpha K_H H [\bar{y}_c(1+\tau) - 1 - \tau] \quad \text{en } y=H$$

ZONA 6

ZONA 2

ZONA 9

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T#0

FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO N° :

A2-118

RESUMEN RESOLUCIÓN INCOGNITAS SECUNDARIAS : σ_{hi}

ZONA 3

$$E_i(\bar{y}_c) = \frac{1}{6(1+\tau)} \alpha B K_H H^2 [\bar{y}_c(3+6\tau) - 2 - 3\tau]$$

$$e_i(\bar{y}_c) = \frac{1}{2} H \frac{[\bar{y}_c(4+6\tau) - 3 - 4\tau]}{[\bar{y}_c(3+6\tau) - 2 - 3\tau]}$$

$$\sigma_{hi}(\bar{y}_c) \Big|_{\max 3} = \frac{1}{(1+\tau)} \alpha K_H H [\bar{y}_c(1+\tau) - 1 - \tau] \text{ en } y=H$$

ZONA 4

ZONA 7

\bar{x}

\bar{y}

$$E_i(\bar{y}_c) = -\frac{1}{6(1+\tau)} \alpha B K_H H^2 [2 + 3\tau - \bar{y}_c(3+6\tau) + 3\tau\bar{y}_c^2 + \bar{y}_c^3]$$

$$e_i(\bar{y}_c) = \frac{1}{2} H \frac{[3 + 4\tau - \bar{y}_c(4+6\tau) + 2\tau\bar{y}_c^3 + \bar{y}_c^4]}{[2 + 3\tau - \bar{y}_c(3+6\tau) + 3\tau\bar{y}_c^2 + \bar{y}_c^3]}$$

$$\sigma_{hi}(\bar{y}_c) \Big|_{\max} = \frac{1}{(1+\tau)} \alpha K_H H [\bar{y}_c(1+\tau) - 1 - \tau] \text{ en } y=H$$

ZONA 5

ZONA 8

ZONA 1

ZONA 6

ZONA 9

$$E_i(\bar{y}_c) = 0$$

$$e_i(\bar{y}_c) = 0$$

$$\sigma_{hi}(\bar{y}_c) \Big|_{\max} = 0$$

ZONA 2

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS
RESUMEN GENERAL CASO T#0

FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO Nº :

A2-119

ANEJO 2

CÁLCULO GEOTÉCNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS

3.- APLICACIÓN PRÁCTICA.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	PLANO Nº : A2-120

ANEJO 2

CÁLCULO GEOTÉCNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS

3.- APLICACIÓN PRÁCTICA.

3.1. CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO Nº :</u> A2-121



DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

El terreno existente presenta una primera capa de rellenos antrópico de material seleccionado compactado en capas de 30 cm desde la cota 0 hasta una profundidad de 2,5 m en el extremo oeste y 3,20 m en el extremo este.

Este se realizó hace unos años por la propiedad.

Se realizaron 3 catas (aproximadamente en pilar C1, B15 y A25. El relleno está muy uniformemente compactado (se observan las capas de 30 cm de suelo seleccionado uniformemente repartidas). Se mantiene la verticalidad de la excavación.

Debajo del relleno empieza una capa de conglomerado homogéneo bien cementado y sin fisuras. La cota superior del estrato empieza a 2,5 m en el oeste y 3,20 m en el este.

Para este estudio preliminar de la cimentación adoptaremos los siguientes parámetros geotécnicos, necesarios para calcular la cimentación:

Terreno fondo (Tabla D25 CTE. Rocas sedimentarias sanas, conglomerados cementados):

Presión admisible: 1-4 Mpa. Adoptaremos de forma conservadora 1,5 Mpa = 15 kp/cm²

Terreno lateral (relleno suelo seleccionado)(Tabla D25 CTE Gravas y mezclas de gravas y arena, medianamente densa a densa):

Presión admisible: 0,2-0,6 Mpa. Adoptaremos de forma conservadora: 0,1 Mpa = 1 kp/cm² (a 1 m de profundidad)

MÓDULO DE ELASTICIDAD

La solución del problema es sensible a la relación entre módulos de balasto vertical y horizontal ($\eta=K_V/K_H$). Debemos contemplar valores mínimos y máximos de este parámetro.

Los coeficientes de balasto dependen del módulo de elasticidad.

En la capa del conglomerado cementado adoptaremos valores de E entre 100 y 2.000 MN/m² (Tabla D23 CTE).

En la capa de relleno de suelo seleccionado, el valor de E depende de la profundidad. Adoptaremos los siguientes valores (tabla 2.1.1 Geotecnia y cimientos III primera parte):

$$E_{\min} = 2H \quad (\text{En kp/cm}^2, H \text{ en cm})$$

$$E_{\max} = 5H$$

A la altura de 1 m tendremos:

$$E_0 = 200-500 \text{ kp/cm}^2 \text{ (valores mínimo-máximo). Se corresponde con un suelo medio de la tabla D23 del CTE}$$



COEFICIENTE DE BALASTO VERTICAL

Fórmula de VOGT (Geotecnia y Cimientos III cap2):

$$K_v = 1,33 \frac{E}{\sqrt[3]{LB^2}}$$

(L: longitud zapata; B: ancho zapata. L>=B)

Para el conglomerado cementado tendremos un valor mínimo de:

$$K_v = 1,33 \frac{1.000 \text{ kp/cm}^2}{\sqrt[3]{LB^2}}$$

Y un valor máximo de:

$$K_v = 1,33 \frac{20.000 \text{ kp/cm}^2}{\sqrt[3]{LB^2}}$$

Para el relleno de suelo seleccionado, tendremos a la profundidad de 1 m:

$$K_v = 1,33 \frac{200 \text{ kp/cm}^2}{\sqrt[3]{LB^2}} \text{ (valor mínimo)}$$

$$K_v = 1,33 \frac{500 \text{ kp/cm}^2}{\sqrt[3]{LB^2}} \text{ (valor máximo)}$$



COEFICIENTE DE BALASTO HORIZONTAL

Fórmula de TERZAGUI-BROMS (Geotecnia y Cimientos III cap2):

$$K_h = 0,75 \frac{E}{B}$$

(B ancho zapata)

Para el conglomerado cementado tendremos un valor mínimo de:

$$K_h = 0,75 \frac{1.000 \text{ kp/cm}^2}{B}$$

Y un valor máximo de:

$$K_h = 0,75 \frac{20.000 \text{ kp/cm}^2}{B}$$

Para el relleno de suelo seleccionado, tendremos a la profundidad de 1 m:

$$K_h = 0,75 \frac{200 \text{ kp/cm}^2}{B} \text{ (valor mínimo)}$$

$$K_h = 0,75 \frac{500 \text{ kp/cm}^2}{B} \text{ (valor máximo)}$$



COEFICIENTE $\eta = \frac{K_V}{K_H}$

Realmente lo que nos interesa conocer es la relación entre módulos de balasto, y analizar valores mínimo y máximo de este parámetro. Por tanto :

$$\eta_{max} = \frac{K_{Vmax}}{K_{Hmin}}$$

$$\eta_{min} = \frac{K_{Vmin}}{K_{Hmax}}$$

Para cada zapata realizaremos dos cálculos, uno con el valor de η máximo y otro con el valor de η mínimo.

3.- APLICACIÓN PRÁCTICA.

3.2. PILARES HL 920x588

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> A2-126



CÁLCULO DE ZAPATAS SEMIPROFUNDAS PARA LOS PILARES HL 920x588

A continuación se lista las reacciones (SIN mayorar) de los nudos 33,34 y 35 (pórtico 7), que junto al pórtico 5 es donde se sitúan los pilares HL 920x588. Las situaciones de cálculo más desfavorable son C2I y C1V.

También consideraremos que, al menos, resista el 25% del axil plástico, el 50% del cortante plástico y el 75% del momento plástico, multiplicados por un coeficiente de 0,7 (relación entre el valor de las acciones sin mayorar respecto al valor de las acciones mayoradas), es decir:

$$V_{pl,y} = \frac{A_{v,y} \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{m0}} = 309,26 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times \frac{255 \text{ N/mm}^2}{1,05} = 4.3337 \text{ kN} \Rightarrow V_d = 0,7 \times 0,5 \times 4.337 \text{ kN} = 1.518 \text{ kN}$$

$$M_{pl,z} = W_{pl,z} \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 27.845 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \times \frac{255 \text{ N/mm}^2}{1,05} = 6.763 \text{ mkN} \Rightarrow M_d = 0,7 \times 0,75 \times 6.763 \text{ mkN} = 3.551 \text{ mkN}$$

$$N_{pl} = A \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 748 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times \frac{255 \text{ N/mm}^2}{1,05} = 18.166 \text{ kN} \Rightarrow N_d = 0,7 \times 0,25 \times 18.166 \text{ kN} = 3.179 \text{ kN}$$



LISTADO DE REACCIONES

PROYECTO : TFG

ESTRUCTURA: CALC2I DESP XG- (ESTRUCTURA TFG CALC2I)

Reacciones. Ejes generales, Acero, E.L.U., sin mayorar

NN	Pilar	Tipo	HIP	Id	Mx (mT)	My	Mz	Fx (T)	Fy	Fz
33	39	xyzxyz	+	D	+5,37	+0,02	+1,47	+50,35	+60,07	+1,04
33	39	xyzxyz	-	D	-3,41	-0,00	-240,45	+0,00	+0,00	-0,57
33	39	xyzxyz	Mx+	73D	+5,37	+0,01	-230,02	+44,46	+48,26	+1,04
33	39	xyzxyz	Mx-	3D	-3,41	-0,00	-7,88	+5,06	+13,54	-0,57
33	39	xyzxyz	My+	58D	+3,39	+0,02	-240,45	+50,35	+56,24	+0,68
33	39	xyzxyz	My-	11D	-3,10	-0,00	+0,30	+4,04	+13,43	-0,50
33	39	xyzxyz	Mz+	13D	+4,62	-0,00	+1,47	+3,48	+12,79	+0,87
33	39	xyzxyz	Mz-	58D	+3,39	+0,02	-240,45	+50,35	+56,24	+0,68
33	39	xyzxyz	Fx+	58D	+3,39	+0,02	-240,45	+50,35	+56,24	+0,68
33	39	xyzxyz	Fy+	61D	+3,32	+0,01	-144,14	+39,57	+60,07	+0,67
33	39	xyzxyz	Fz+	73D	+5,37	+0,01	-230,02	+44,46	+48,26	+1,04
33	39	xyzxyz	Fz-	3D	-3,41	-0,00	-7,88	+5,06	+13,54	-0,57
34	40	xyzxyz	+	D	+17,40	+0,16	+199,21	+0,84	+137,89	+5,04
34	40	xyzxyz	-	D	-21,13	-0,01	-15,59	-31,66	+0,00	-6,36
34	40	xyzxyz	Mx+	4D	+17,40	-0,00	-3,00	+0,25	+5,15	+5,04
34	40	xyzxyz	Mx-	79D	-21,13	+0,03	+45,11	-7,37	+53,49	-6,36
34	40	xyzxyz	My+	61D	+2,46	+0,16	+186,84	-28,77	+127,76	+0,18
34	40	xyzxyz	My-	11D	-18,43	-0,01	+2,86	-0,22	+15,28	-5,49
34	40	xyzxyz	Mz+	62D	+11,47	+0,16	+199,21	-28,93	+107,73	+2,83
34	40	xyzxyz	Mz-	7D	+12,82	+0,04	-15,59	-2,50	+75,86	+3,35
34	40	xyzxyz	Fx+	13D	+16,33	-0,01	-4,83	+0,84	+7,41	+4,70
34	40	xyzxyz	Fx-	101D	+3,50	+0,11	+136,15	-31,66	+84,44	+0,65
34	40	xyzxyz	Fy+	70D	-11,29	+0,14	+138,01	-23,01	+137,89	-3,79
34	40	xyzxyz	Fz+	4D	+17,40	-0,00	-3,00	+0,25	+5,15	+5,04
34	40	xyzxyz	Fz-	79D	-21,13	+0,03	+45,11	-7,37	+53,49	-6,36
35	41	xyzxyz	+	D	+8,63	+0,46	+271,02	+0,00	+70,91	+2,33
35	41	xyzxyz	-	D	-6,42	-0,02	-14,14	-47,95	+0,00	-2,00
35	41	xyzxyz	Mx+	76D	+8,63	+0,40	+254,92	-43,11	+57,84	+2,33
35	41	xyzxyz	Mx-	3D	-6,42	-0,02	+6,77	-4,32	+21,03	-2,00
35	41	xyzxyz	My+	61D	+5,61	+0,46	+271,02	-47,95	+66,53	+1,43
35	41	xyzxyz	My-	11D	-6,11	-0,02	-2,92	-3,43	+21,33	-1,91
35	41	xyzxyz	Mz+	61D	+5,61	+0,46	+271,02	-47,95	+66,53	+1,43
35	41	xyzxyz	Mz-	13D	+6,66	-0,02	-14,14	-1,74	+18,04	+1,85
35	41	xyzxyz	Fx-	61D	+5,61	+0,46	+271,02	-47,95	+66,53	+1,43
35	41	xyzxyz	Fy+	70D	+1,71	+0,44	+215,05	-42,88	+70,91	+0,27
35	41	xyzxyz	Fz+	76D	+8,63	+0,40	+254,92	-43,11	+57,84	+2,33
35	41	xyzxyz	Fz-	3D	-6,42	-0,02	+6,77	-4,32	+21,03	-2,00



LISTADO DE REACCIONES

PROYECTO : TFG

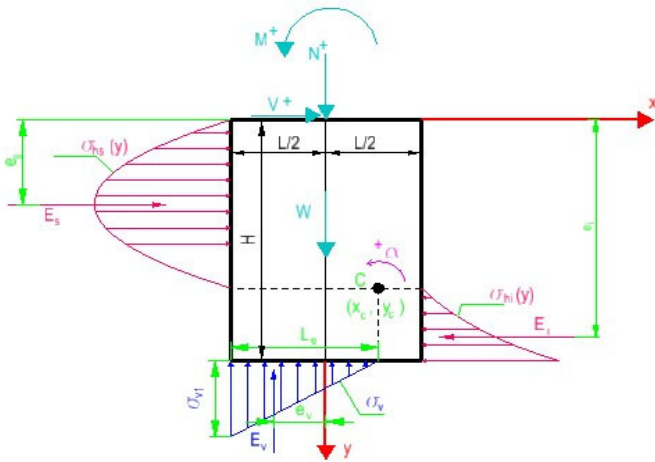
ESTRUCTURA: CALC1V DESP XG+ (ESTRUCTURA TFG CALC1V)

Reacciones. Ejes generales, Acero, E.L.U., sin mayorar

NN	Pilar	Tipo	HIP	Id	Mx (mT)	My	Mz	Fx (T)	Fy	Fz
33	39	xyzxyz	+	D	+4,98	+0,01	+0,00	+45,55	+52,61	+0,95
33	39	xyzxyz	-	D	-4,53	-0,00	-276,80	+0,00	+0,00	-0,85
33	39	xyzxyz	Mx+	16D	+4,98	+0,01	-207,75	+38,64	+42,49	+0,95
33	39	xyzxyz	Mx-	11D	-4,53	-0,00	-64,53	+9,67	+14,25	-0,85
33	39	xyzxyz	My+	27D	+3,87	+0,01	-264,64	+43,25	+43,18	+0,67
33	39	xyzxyz	My-	3D	-3,42	-0,00	-7,51	+4,99	+13,54	-0,58
33	39	xyzxyz	Mz-	26D	+1,38	+0,01	-276,80	+44,66	+45,68	+0,18
33	39	xyzxyz	Fx+	25D	+2,17	+0,01	-255,74	+45,55	+48,77	+0,38
33	39	xyzxyz	Fy+	28D	+2,10	+0,01	-159,57	+34,75	+52,61	+0,37
33	39	xyzxyz	Fz+	16D	+4,98	+0,01	-207,75	+38,64	+42,49	+0,95
33	39	xyzxyz	Fz-	11D	-4,53	-0,00	-64,53	+9,67	+14,25	-0,85
34	40	xyzxyz	+	D	+17,40	+0,14	+184,53	+0,17	+112,12	+5,10
34	40	xyzxyz	-	D	-19,04	-0,01	-13,04	-32,10	-0,52	-5,66
34	40	xyzxyz	Mx+	4D	+17,40	-0,00	-2,54	+0,17	+5,15	+5,04
34	40	xyzxyz	Mx-	33D	-19,04	+0,02	+28,79	-5,25	+29,77	-5,62
34	40	xyzxyz	My+	18D	+12,52	+0,14	+184,53	-26,41	+91,93	+3,20
34	40	xyzxyz	My-	11D	-17,45	-0,01	+3,38	-0,96	+7,36	-5,11
34	40	xyzxyz	Mz+	18D	+12,52	+0,14	+184,53	-26,41	+91,93	+3,20
34	40	xyzxyz	Mz-	7D	+13,83	+0,04	-13,04	-3,51	+67,93	+3,75
34	40	xyzxyz	Fx+	4D	+17,40	-0,00	-2,54	+0,17	+5,15	+5,04
34	40	xyzxyz	Fx-	55D	+3,50	+0,11	+139,20	-32,10	+84,43	+0,65
34	40	xyzxyz	Fy+	14D	-7,96	+0,12	+119,86	-20,34	+112,12	-2,72
34	40	xyzxyz	Fy-	13D	+17,32	-0,01	-4,39	+0,11	-0,52	+5,10
34	40	xyzxyz	Fz+	13D	+17,32	-0,01	-4,39	+0,11	-0,52	+5,10
34	40	xyzxyz	Fz-	20D	-18,94	+0,02	+30,62	-5,19	+35,42	-5,66
35	41	xyzxyz	+	D	+8,08	+0,42	+290,05	+0,00	+61,53	+2,19
35	41	xyzxyz	-	D	-7,90	-0,02	-4,02	-47,23	+0,00	-2,37
35	41	xyzxyz	Mx+	18D	+8,08	+0,34	+234,18	-37,98	+51,16	+2,19
35	41	xyzxyz	Mx-	11D	-7,90	+0,03	+56,86	-11,45	+17,64	-2,37
35	41	xyzxyz	My+	28D	+3,81	+0,42	+277,38	-46,46	+54,25	+0,99
35	41	xyzxyz	My-	3D	-6,42	-0,02	+7,22	-4,41	+21,03	-2,00
35	41	xyzxyz	Mz+	29D	+2,68	+0,41	+290,05	-47,23	+48,06	+0,71
35	41	xyzxyz	Mz-	4D	+6,35	-0,01	-4,02	-2,73	+17,73	+1,76
35	41	xyzxyz	Fx-	29D	+2,68	+0,41	+290,05	-47,23	+48,06	+0,71
35	41	xyzxyz	Fy+	14D	+0,88	+0,36	+188,26	-35,90	+61,53	+0,06
35	41	xyzxyz	Fz+	18D	+8,08	+0,34	+234,18	-37,98	+51,16	+2,19
35	41	xyzxyz	Fz-	11D	-7,90	+0,03	+56,86	-11,45	+17,64	-2,37



I.- DATOS DEL PROBLEMA: **PILAR** **HL 920x588** **A2-130**



ESFUERZOS (con su signo)

N (Kp)=	324.057,00	(0,7x25% Axil plástico)
V (Kp)=	154.740,00	(0,7x50% cortante plástico)
M (cmKp)=	-36.197.757,00	(0,7x75% momento plástico)
N+W (Kp)=	473.473,96	(resultante vertical)

ZAPATA

L (cm)=	640	(Longitud)
H (cm)=	379	(profundidad)
B (cm)=	280	(anchura)
Volumen (m3)=	67,92	(Volumen hormigón)
Yc (Kp/m3)=	2.200,0	(Peso específico hormigón)
W (Kp)=	149.416,96	(Peso zapata)

TERRENO LATERAL

Definición :	Terraplén
Kh (Kp/cm3)=	1,34 (Coeficiente balasto a 1 m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	1,00 (Tensión admisible a 1 m)
KH (Kp/cm3)=	5,08 (Coeficiente balasto a H m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	3,79 (Tensión admisible a H m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	2,12 (Tensión admisible a 0,5Yc m)
E (Kp/cm2)=	500,00 (Módulo deformación a 1 m)

TERRENO FONDO

Definición:	Roca sedimentaria sana
Kv (Kp/cm3)=	(Coeficiente balasto a 1 m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	(Tensión admisible a 1 m)
KV (Kp/cm3)=	3,61 (Coeficiente balasto fondo)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	15,00 (Tensión admisible fondo)
E (Kp/cm2)=	1.000,00 (Módulo deformación fondo)

VARIABLES ADIMENSIONALES

$\eta=KV/KH=$	0,7104 (CASO VALOR MÍNIMO)
$\lambda=L/H=$	1,6887
$\chi=V/(N+W)=$	0,3268
A=	0,1655
$\xi=$	2,3898
j=	-1

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA: CENTRO DE GIRO EN ZONA ==> 2 Giro α es ==> NEGATIVO

$\bar{x}_c=$	-0,6519462	xc (cm)=	-209
$\bar{y}_c=$	1,1183427	yc (cm)=	424
α (rad)=	-0,0033563	33,56%	Es (Kp)= -154.740,00
Le (cm)=	528,62	es (cm)=	206,1
Ev (Kp)=	-473.474,0	95,26%	σ_{h3max} (Kp/cm2)= -2,02 en $y=0,5y_c$ (cm)= 211,93
ev (cm)=	143,79	20,16%	σ_{h3max} (Kp/cm2)= -0,76 en $y=H$ (cm)= 379
σ_{v1} (Kp/cm2)=	-6,40	42,65%	Ei (Kp/cm2)= 0,00
σ_{v2} (Kp/cm2)=	0,00	0,00%	ei (cm)= 0,00
		0,00%	σ_{hi} max(Kp/cm2)= 0,00 en $y=H$ (cm)= 379



III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO POSITIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha > 0$)

$j = 1$

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>	<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>	
$\bar{x}_c =$	10,0000000	0	a=	303.023.334,40
$\bar{y}_c =$	-19,3605494		b=	-451.772.382,00
α (rad)=	7,56943E-05		c=	-1.812.614.767,20
			d=	-1.175.928.687,85
ZONA;	<input type="text"/>			

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO NEGATIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha < 0$)

$j = -1$

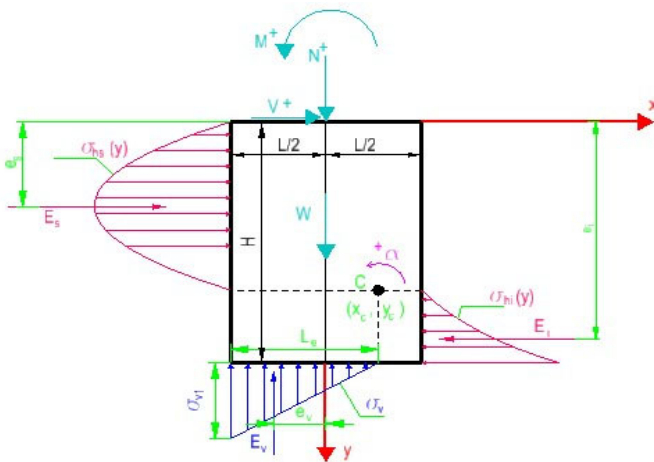
		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>	<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>	
$\bar{x}_c =$	-0,6519462	1	a=	303.023.334,40
$\bar{y}_c =$	1,118342666		b=	-451.772.382,00
α (rad)=	-0,00335627		c=	-5.525.239,20
			d=	272.383.923,85
ZONA :	<input type="text" value="2"/>			

SUPONIENDO RESULTANTE DENTRO DEL NUCLEO CENTRAL (ZONAS 4,5,6,7,8 ó 9)

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>
$\bar{x}_c =$	-0,7361024	0
$\bar{y}_c =$	1,1540082	
α (rad)=	-0,00311064	
ZONA :	<input type="text"/>	



I.- DATOS DEL PROBLEMA: PILAR HL 920x588 A2-132



ESFUERZOS (con su signo)

N (Kp)=	324.057,00	(0,7x25% Axil plástico)
V (Kp)=	154.740,00	(0,7x50% cortante plástico)
M (cmKp)=	-36.197.757,00	(0,7x75% momento plástico)
N+W (Kp)=	473.473,96	(resultante vertical)

ZAPATA

L (cm)=	640	(Longitud)
H (cm)=	379	(profundidad)
B (cm)=	280	(anchura)
Volumen (m3)=	67,92	(Volumen hormigón)
Yc (Kp/m3)=	2.200,0	(Peso específico hormigón)
W (Kp)=	149.416,96	(Peso zapata)

TERRENO LATERAL

Definición :	Terraplén
Kh (Kp/cm3)=	0,54 (Coeficiente balasto a 1 m)
σadm (Kp/cm2)=	1,00 (Tensión admisible a 1 m)
KH (Kp/cm3)=	2,03 (Coeficiente balasto a H m)
σadm (Kp/cm2)=	3,79 (Tensión admisible a H m)
σadm (Kp/cm2)=	0,00 (Tensión admisible a 0,5Yc m)
E (Kp/cm2)=	200,00 (Módulo deformación a 1 m)

TERRENO FONDO

Definición:	Roca sedimentaria sana
Kv (Kp/cm3)=	(Coeficiente balasto a 1 m)
σadm (Kp/cm2)=	(Tensión admisible a 1 m)
KV (Kp/cm3)=	72,12 (Coeficiente balasto fondo)
σadm (Kp/cm2)=	15,00 (Tensión admisible fondo)
E (Kp/cm2)=	20.000,00 (Módulo deformación fondo)

VARIABLES ADIMENSIONALES

η=KV/KH=	35,5203 (CASO VALOR MÁXIMO)
λ=L/H=	1,6887
χ=V/(N+W)=	0,3268
A=	8,2757
ξ=	2,0078
j=	-1

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA: CENTRO DE GIRO EN ZONA ==> 2 Giro α es ==> NEGATIVO

\bar{x}_c =	-0,5125243	xc (cm)=	-164
\bar{y}_c =	19,5992538	yc (cm)=	7.428
α (rad)=	-0,0002002	Es (Kp)=	-154.740,00
Le (cm)=	484,01	es (cm)=	251,6
Ev (Kp)=	-473.474,0	σ _{hs} max(Kp/cm2)=	-14,79 en y=0,5yc (cm)= 3.714,06
ev (cm)=	158,66	σ _{hs} max(Kp/cm2)=	-2,86 en y=H (cm)= 379
σ _{v1} (Kp/cm2)=	-6,99	Ei (Kp/cm2)=	0,00
σ _{v2} (Kp/cm2)=	0,00	ei (cm)=	0,00
		σ _{hi} max(Kp/cm2)=	0,00 en y=H (cm)= 379



III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO POSITIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha > 0$)

$j = 1$

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>	<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>
$\bar{x}_c =$	10,0000000	0	a= 303.023.334,40
$\bar{y}_c =$	-1000,69414		b= -451.772.382,00
α (rad)=	3,78471E-06		c= -1.812.614.767,20
ZONA;	<input type="text"/>		d= -1.060.181.243,54

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO NEGATIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha < 0$)

$j = -1$

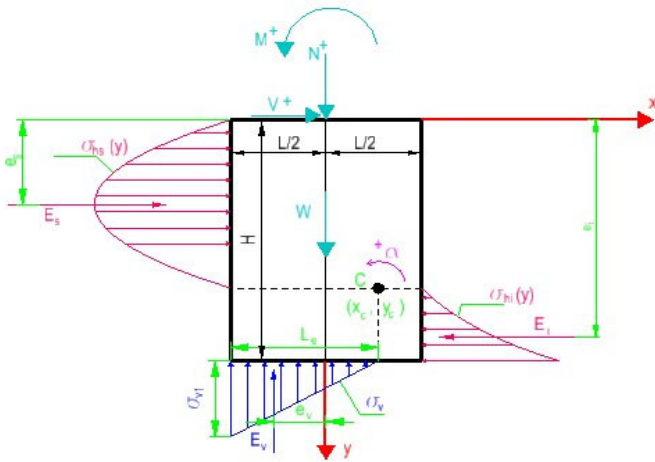
		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>	<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>
$\bar{x}_c =$	-0,5125243	1	a= 303.023.334,40
$\bar{y}_c =$	19,59925377		b= -451.772.382,00
α (rad)=	-0,00020018		c= -5.525.239,20
ZONA :	<input type="text" value="2"/>		d= 156.636.479,54

SUPONIENDO RESULTANTE DENTRO DEL NUCLEO CENTRAL (ZONAS 4,5,6,7,8 ó 9)

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>
$\bar{x}_c =$	-0,6720506	0
$\bar{y}_c =$	22,9134465	
α (rad)=	-0,00017036	
ZONA :	<input type="text"/>	



I.- DATOS DEL PROBLEMA: PILAR HL 920x588 NUDO 35 A2-134



ESFUERZOS (con su signo): COMBINACION 29D C1V

N (Kp)=	48.060,00	(Axil de cálculo)
V (Kp)=	47.230,00	(Cortante de cálculo)
M (cmKp)=	-29.005.000,00	(Momento de cálculo)
N+W (Kp)=	197.476,96	(resultante vertical)

ZAPATA

L (cm)=	640	(Longitud)
H (cm)=	379	(profundidad)
B (cm)=	280	(anchura)
Volumen (m3)=	67,92	(Volumen hormigón)
Yc (Kp/m3)=	2.200,0	(Peso específico hormigón)
W (Kp)=	149.416,96	(Peso zapata)

TERRENO LATERAL

Definición : Terraplén

Kh (Kp/cm3)=	1,34	(Coeficiente balasto a 1 m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	1,00	(Tensión admisible a 1 m)
KH (Kp/cm3)=	5,08	(Coeficiente balasto a H m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	3,79	(Tensión admisible a H m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	1,65	(Tensión admisible a 0,5Yc m)
E (Kp/cm2)=	500,00	(Módulo deformación a 1 m)

TERRENO FONDO

Definición: Roca sedimentaria sana

Kv (Kp/cm3)=		(Coeficiente balasto a 1 m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=		(Tensión admisible a 1 m)
KV (Kp/cm3)=	3,61	(Coeficiente balasto fondo)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	15,00	(Tensión admisible fondo)
E (Kp/cm2)=	1.000,00	(Módulo deformación fondo)

VARIABLES ADIMENSIONALES

$\eta=KV/KH=$	0,7104	(CASO VALOR MINIMO)
$\lambda=L/H=$	1,6887	
$\chi=V/(N+W)=$	0,2392	
A=	0,1211	
$\xi=$	2,3898	
j=	-1	

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA: CENTRO DE GIRO EN ZONA ==> 1 Giro α es ==> NEGATIVO

$\bar{x}_c=$	-0,2905252	xc (cm)=	-93
$\bar{y}_c=$	0,8683933	yc (cm)=	329
α (rad)=	-0,0022937	Es (Kp)=	-51.107,29
Le (cm)=	412,97	es (cm)=	164,6
Ev (Kp)=	-197.477,0	50,55%	σ_{h3max} (Kp/cm2)= -0,83 en $y=0,5y_c$ (cm)= 164,56
ev (cm)=	182,34	0,00%	σ_{h3max} (Kp/cm2)= 0,00 en $y=H$ (cm)= 379
σ_{v1} (Kp/cm2)=	-3,42	22,77%	Ei (Kp/cm2)= 3.877,29
σ_{v2} (Kp/cm2)=	0,00	0,00%	ei (cm)= 362,76
		15,32%	σ_{hi} max(Kp/cm2)= 0,58 en $y=H$ (cm)= 379



III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO POSITIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha > 0$)

$j = 1$

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>	<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>	
$\bar{x}_c =$	10,0000000	0	a=	126.385.254,40
$\bar{y}_c =$	-13,9893382		b=	-245.630.680,00
α (rad)=	3,15706E-05		c=	-870.417.123,20
ZONA;	<input type="text"/>		d=	-547.662.466,17

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO NEGATIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha < 0$)

$j = -1$

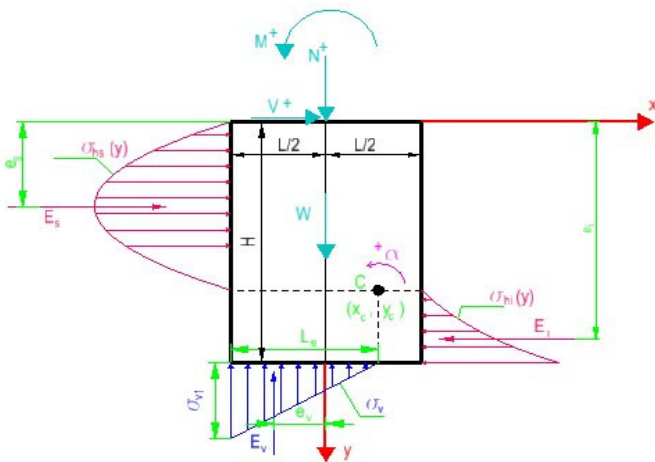
		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>	<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>	
$\bar{x}_c =$	-0,2905252	1	a=	126.385.254,40
$\bar{y}_c =$	0,868393272		b=	-245.630.680,00
α (rad)=	-0,0022937		c=	112.105.596,80
ZONA :	<input type="text" value="1"/>		d=	56.401.106,17

SUPONIENDO RESULTANTE DENTRO DEL NUCLEO CENTRAL (ZONAS 4,5,6,7,8 ó 9)

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>
$\bar{x}_c =$	-0,5646712	0
$\bar{y}_c =$	0,9402476	
α (rad)=	-0,00169127	
ZONA :	<input type="text"/>	



I.- DATOS DEL PROBLEMA: PILAR HL 920x588 NUDO 35 A2-136



ESFUERZOS (con su signo): COMBINACION 29D C1V

N (Kp)=	48.060,00	(Axil de cálculo)
V (Kp)=	47.230,00	(Cortante de cálculo)
M (cmKp)=	-29.005.000,00	(Momento de cálculo)
N+W (Kp)=	197.476,96	(resultante vertical)

ZAPATA

L (cm)=	640	(Longitud)
H (cm)=	379	(profundidad)
B (cm)=	280	(anchura)
Volumen (m3)=	67,92	(Volumen hormigón)
Yc (Kp/m3)=	2.200,0	(Peso específico hormigón)
W (Kp)=	149.416,96	(Peso zapata)

TERRENO LATERAL

Definición :	Terraplén
Kh (Kp/cm3)=	0,54 (Coeficiente balasto a 1 m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	1,00 (Tensión admisible a 1 m)
KH (Kp/cm3)=	2,03 (Coeficiente balasto a H m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	3,79 (Tensión admisible a H m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	0,00 (Tensión admisible a 0,5Yc m)
E (Kp/cm2)=	200,00 (Módulo deformación a 1 m)

TERRENO FONDO

Definición:	Roca sedimentaria sana
Kv (Kp/cm3)=	(Coeficiente balasto a 1 m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	(Tensión admisible a 1 m)
KV (Kp/cm3)=	72,12 (Coeficiente balasto fondo)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	15,00 (Tensión admisible fondo)
E (Kp/cm2)=	20.000,00 (Módulo deformación fondo)

VARIABLES ADIMENSIONALES

$\eta=KV/KH=$	35,5203 (CASO VALOR MAXIMO)
$\lambda=L/H=$	1,6887
$\chi=V/(N+W)=$	0,2392
A=	6,0562
$\xi=$	2,0078
j=	-1

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA: CENTRO DE GIRO EN ZONA ==> 2 Giro α es ==> NEGATIVO

$\bar{x}_c=$	-0,0633864	xc (cm)=	-20
$\bar{y}_c=$	7,5149607	yc (cm)=	2.848
α (rad)=	-0,0001689	Es (Kp)=	-47.230,00
Le (cm)=	340,28	es (cm)=	249,6
Ev (Kp)=	-197.477,0	0,00%	σ_{h3max} (Kp/cm2)= -1,84 en $y=0,5y_c$ (cm)= 1.424,09
ev (cm)=	206,57	22,34%	σ_{h3max} (Kp/cm2)= -0,85 en $y=H$ (cm)= 379
σ_{v1} (Kp/cm2)=	-4,15	27,63%	Ei (Kp/cm2)= 0,00
σ_{v2} (Kp/cm2)=	0,00	0,00%	ei (cm)= 0,00
		0,00%	σ_{hi} max(Kp/cm2)= 0,00 en $y=H$ (cm)= 379



III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO POSITIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha > 0$)

$j = 1$

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>		<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>
$\bar{x}_c =$	10,0000000	0	a=	126.385.254,40
$\bar{y}_c =$	-732,133579		b=	-245.630.680,00
α (rad)=	1,57853E-06		c=	-870.417.123,20
			d=	-499.386.414,35
ZONA;	<input type="text"/>			

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO NEGATIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha < 0$)

$j = -1$

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>		<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>
$\bar{x}_c =$	-0,0633864	1	a=	126.385.254,40
$\bar{y}_c =$	7,514960731		b=	-245.630.680,00
α (rad)=	-0,00016891		c=	112.105.596,80
			d=	8.125.054,35
ZONA :	<input type="text" value="2"/>			

SUPONIENDO RESULTANTE DENTRO DEL NUCLEO CENTRAL (ZONAS 4,5,6,7,8 ó 9)

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>
$\bar{x}_c =$	-0,5155364	0
$\bar{y}_c =$	13,1554341	
α (rad)=	-9,2623E-05	
ZONA :	<input type="text"/>	

3.- APLICACIÓN PRÁCTICA.

3.3. PILARES HL 920x449

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	PLANO Nº : A2-138



CÁLCULO DE ZAPATAS SEMIPROFUNDAS PARA LOS PILARES HL 920x449

A continuación se lista las reacciones (SIN mayorar) de los nudos 39 y 41 (pórtico 9), que es donde se sitúan los pilares HL 920x449. Las situaciones de cálculo más desfavorable son C2I y C1V.

También consideraremos que, al menos, resista el 25% del axil plástico, el 50% del cortante plástico y el 75% del momento plástico, multiplicados por un coeficiente de 0,7 (relación entre el valor de las acciones sin mayorar respecto al valor de las acciones mayoradas), es decir:

$$V_{pl,y} = \frac{A_{v,y} \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{m0}} = 236,6 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times \frac{255 \text{ N/mm}^2}{1,05 \cdot \sqrt{3}} = 3.318 \text{ kN} \Rightarrow Vd = 0,7 \times 0,5 \times 3.318 \text{ kN} = 1.161 \text{ kN}$$

$$M_{pl,z} = W_{pl,z} \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 20.94810^3 \text{ mm}^3 \times \frac{255 \text{ N/mm}^2}{1,05} = 5.087 \text{ mkN} \Rightarrow Md = 0,7 \times 0,75 \times 5.087 \text{ mkN} = 2.671 \text{ mkN}$$

$$N_{pl} = A \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 571,36 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times \frac{255 \text{ N/mm}^2}{1,05} = 13.879 \text{ kN} \Rightarrow Nd = 0,7 \times 0,25 \times 13.879 \text{ kN} = 2.428 \text{ kN}$$



LISTADO DE REACCIONES

PROYECTO : TFG

ESTRUCTURA: CALC2I DESP XG- (ESTRUCTURA TFG CALC2I)

Reacciones. Ejes generales, Acero, E.L.U., sin mayorar

NN	Pilar	Tipo	HIP	Id	Mx (mT)	My	Mz	Fx (T)	Fy	Fz
39	45	xyzxyz +		D	+4,63	+0,00	+23,52	+51,08	+57,71	+1,02
39	45	xyzxyz -		D	-3,03	-0,00	-248,32	-1,35	+0,00	-0,63
39	45	xyzxyz Mx+		13D	+4,63	+0,00	+22,69	-1,15	+4,42	+1,02
39	45	xyzxyz Mx-		65D	-3,03	+0,00	-59,65	+16,98	+19,98	-0,63
39	45	xyzxyz My+		2D	+3,77	+0,00	-7,05	+9,32	+36,45	+0,80
39	45	xyzxyz My-		73D	+4,26	-0,00	-232,83	+44,33	+44,29	+0,92
39	45	xyzxyz Mz+		11D	-2,15	+0,00	+23,52	-1,35	+4,29	-0,43
39	45	xyzxyz Mz-		58D	+1,97	-0,00	-248,32	+51,08	+53,13	+0,42
39	45	xyzxyz Fx+		58D	+1,97	-0,00	-248,32	+51,08	+53,13	+0,42
39	45	xyzxyz Fx-		11D	-2,15	+0,00	+23,52	-1,35	+4,29	-0,43
39	45	xyzxyz Fy+		61D	+2,00	+0,00	-154,88	+40,19	+57,71	+0,43
39	45	xyzxyz Fz+		13D	+4,63	+0,00	+22,69	-1,15	+4,42	+1,02
39	45	xyzxyz Fz-		65D	-3,03	+0,00	-59,65	+16,98	+19,98	-0,63
41	47	xyzxyz +		D	+4,61	+0,01	+213,18	+0,80	+47,16	+1,14
41	47	xyzxyz -		D	-2,47	-0,00	-27,34	-37,63	+0,00	-0,63
41	47	xyzxyz Mx+		73D	+4,61	+0,00	+34,35	-11,45	+41,98	+1,14
41	47	xyzxyz Mx-		3D	-2,47	-0,00	-9,12	-2,20	+5,53	-0,63
41	47	xyzxyz My+		62D	+3,81	+0,01	+213,18	-35,26	+38,50	+0,95
41	47	xyzxyz My-		11D	-1,76	-0,00	-15,69	-1,59	+5,36	-0,46
41	47	xyzxyz Mz+		62D	+3,81	+0,01	+213,18	-35,26	+38,50	+0,95
41	47	xyzxyz Mz-		7D	+4,47	-0,00	-27,34	+0,80	+29,59	+1,10
41	47	xyzxyz Fx+		7D	+4,47	-0,00	-27,34	+0,80	+29,59	+1,10
41	47	xyzxyz Fx-		61D	+2,59	+0,01	+211,36	-37,63	+44,97	+0,65
41	47	xyzxyz Fy+		58D	+2,64	+0,01	+107,74	-23,69	+47,16	+0,65
41	47	xyzxyz Fz+		73D	+4,61	+0,00	+34,35	-11,45	+41,98	+1,14
41	47	xyzxyz Fz-		3D	-2,47	-0,00	-9,12	-2,20	+5,53	-0,63



LISTADO DE REACCIONES

PROYECTO : TFG

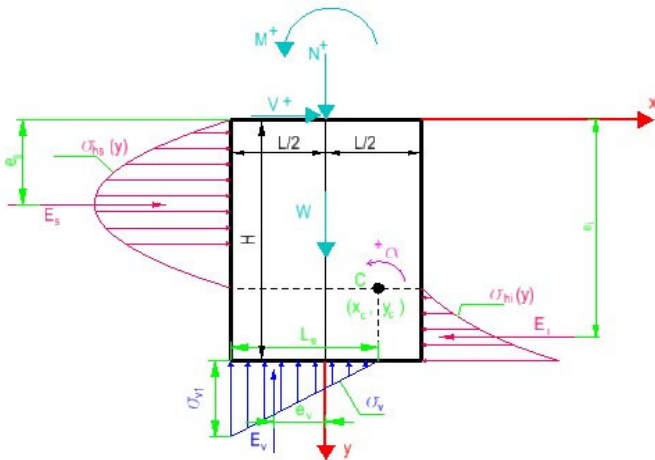
ESTRUCTURA: CALC1V DESP XG+ (ESTRUCTURA TFG CALC1V)

Reacciones. Ejes generales, Acero, E.L.U., sin mayorar

NN	Pilar	Tipo	HIP	Id	Mx (mT)	My	Mz	Fx (T)	Fy	Fz
39	45	xyzxyz +		D	+3,92	+0,00	+16,57	+44,40	+49,18	+0,84
39	45	xyzxyz -		D	-6,61	-0,00	-259,04	-0,49	+0,00	-1,54
39	45	xyzxyz Mx+		4D	+3,92	+0,00	+15,75	-0,29	+4,53	+0,84
39	45	xyzxyz Mx-		32D	-6,61	-0,00	-151,91	+25,85	+26,50	-1,54
39	45	xyzxyz My+		2D	+3,77	+0,00	-5,60	+9,14	+36,42	+0,80
39	45	xyzxyz My-		27D	+0,75	-0,00	-251,98	+41,56	+38,48	+0,07
39	45	xyzxyz Mz+		3D	-2,85	+0,00	+16,57	-0,49	+4,40	-0,61
39	45	xyzxyz Mz-		26D	-2,66	-0,00	-259,04	+42,65	+41,13	-0,70
39	45	xyzxyz Fx+		25D	-0,79	-0,00	-247,18	+44,40	+44,59	-0,25
39	45	xyzxyz Fx-		3D	-2,85	+0,00	+16,57	-0,49	+4,40	-0,61
39	45	xyzxyz Fy+		28D	-0,76	+0,00	-153,77	+33,47	+49,18	-0,24
39	45	xyzxyz Fz+		4D	+3,92	+0,00	+15,75	-0,29	+4,53	+0,84
39	45	xyzxyz Fz-		32D	-6,61	-0,00	-151,91	+25,85	+26,50	-1,54
41	47	xyzxyz +		D	+3,85	+0,01	+220,14	+0,00	+40,57	+0,95
41	47	xyzxyz -		D	-9,55	-0,00	-19,34	-35,12	+0,00	-2,34
41	47	xyzxyz Mx+		16D	+3,85	+0,00	+17,05	-7,19	+37,02	+0,95
41	47	xyzxyz Mx-		10D	-9,55	-0,00	+79,51	-15,23	+16,09	-2,34
41	47	xyzxyz My+		30D	-1,19	+0,01	+220,14	-34,78	+33,97	-0,26
41	47	xyzxyz My-		3D	-2,47	-0,00	-9,19	-2,21	+5,53	-0,63
41	47	xyzxyz Mz+		30D	-1,19	+0,01	+220,14	-34,78	+33,97	-0,26
41	47	xyzxyz Mz-		1D	+3,76	-0,00	-19,34	+0,00	+29,79	+0,93
41	47	xyzxyz Fx+		1D	+3,76	-0,00	-19,34	+0,00	+29,79	+0,93
41	47	xyzxyz Fx-		28D	-2,43	+0,01	+208,06	-35,12	+38,38	-0,56
41	47	xyzxyz Fy+		25D	-2,38	+0,00	+104,68	-21,19	+40,57	-0,55
41	47	xyzxyz Fz+		16D	+3,85	+0,00	+17,05	-7,19	+37,02	+0,95
41	47	xyzxyz Fz-		10D	-9,55	-0,00	+79,51	-15,23	+16,09	-2,34



I.- DATOS DEL PROBLEMA: PILAR HL 920x449 A2-142



ESFUERZOS (con su signo):

N (Kp)=	247.502,00	(0,7x25% Axil plástico)
V (Kp)=	118.349,00	(0,7x50% cortante plástico)
M (cmKp)=	-27.227.319,00	(0,7x75% momento plástico)
N+W (Kp)=	377.488,12	(resultante vertical)

ZAPATA

L (cm)=	610	(Longitud)
H (cm)=	334	(profundidad)
B (cm)=	290	(anchura)
Volumen (m3)=	59,08	(Volumen hormigón)
Yc (Kp/m3)=	2.200,0	(Peso específico hormigón)
W (Kp)=	129.986,12	(Peso zapata)

TERRENO LATERAL

Definición :	Terraplén
Kh (Kp/cm3)=	1,29 (Coeficiente balasto a 1 m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	1,00 (Tensión admisible a 1 m)
KH (Kp/cm3)=	4,32 (Coeficiente balasto a H m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	3,34 (Tensión admisible a H m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	2,15 (Tensión admisible a 0,5Yc m)
E (Kp/cm2)=	500,00 (Módulo deformación a 1 m)

TERRENO FONDO

Definición:	Roca sedimentaria sana
Kv (Kp/cm3)=	(Coeficiente balasto a 1 m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	(Tensión admisible a 1 m)
KV (Kp/cm3)=	3,58 (Coeficiente balasto fondo)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	15,00 (Tensión admisible fondo)
E (Kp/cm2)=	1.000,00 (Módulo deformación fondo)

VARIABLES ADIMENSIONALES

$\eta = KV/KH =$	0,8288 (CASO VALOR MINIMO)
$\lambda = L/H =$	1,8263
$\chi = V/(N+W) =$	0,3135
A=	0,2167
$\xi =$	2,2641
j=	-1

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA: CENTRO DE GIRO EN ZONA ==> 2 Giro α es ==> NEGATIVO

$\bar{x}_c =$	-0,6957362	xc (cm)=	-212
$\bar{y}_c =$	1,2897048	yc (cm)=	431
α (rad)=	-0,0027190	Es (Kp)=	-118.349,00
Le (cm)=	517,20	es (cm)=	192,9
Ev (Kp)=	-377.488,1	75,73%	σ_{h3max} (Kp/cm2)= -1,63 en $y=0,5y_c$ (cm)= 215,38
ev (cm)=	132,60	34,02%	σ_{h3max} (Kp/cm2)= -1,14 en $y=H$ (cm)= 334
σ_{v1} (Kp/cm2)=	-5,03	33,56%	Ei (Kp/cm2)= 0,00
σ_{v2} (Kp/cm2)=	0,00	0,00%	ei (cm)= 0,00
		0,00%	σ_{hi} max(Kp/cm2)= 0,00 en $y=H$ (cm)= 334



III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO POSITIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha > 0$)

$j = 1$

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>		<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>
$\bar{x}_c =$	10,0000000	0	a=	230.267.753,20
$\bar{y}_c =$	-25,5503567		b=	-321.478.178,00
α (rad)=	6,46161E-05		c=	-1.333.759.615,60
ZONA;	<input type="text"/>		d=	-842.826.035,57

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO NEGATIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha < 0$)

$j = -1$

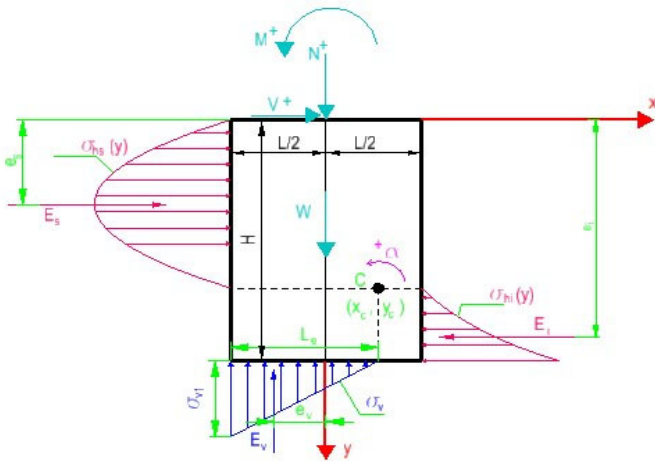
		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>		<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>
$\bar{x}_c =$	-0,6957362	1	a=	230.267.753,20
$\bar{y}_c =$	1,289704762		b=	-321.478.178,00
α (rad)=	-0,002719		c=	-47.846.903,60
ZONA :	<input type="text" value="2"/>		d=	199.869.679,57

SUPONIENDO RESULTANTE DENTRO DEL NUCLEO CENTRAL (ZONAS 4,5,6,7,8 ó 9)

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>
$\bar{x}_c =$	-0,7635692	0
$\bar{y}_c =$	1,3284357	
α (rad)=	-0,00255987	
ZONA :	<input type="text"/>	



I.- DATOS DEL PROBLEMA: PILAR HL 920x449 A2-144



ESFUERZOS (con su signo):

N (Kp)=	247.502,00	(0,7x25% Axil plástico)
V (Kp)=	118.349,00	(0,7x50% cortante plástico)
M (cmKp)=	-27.227.319,00	(0,7x75% momento plástico)
N+W (Kp)=	377.488,12	(resultante vertical)

ZAPATA

L (cm)=	610	(Longitud)
H (cm)=	334	(profundidad)
B (cm)=	290	(anchura)
Volumen (m3)=	59,08	(Volumen hormigón)
Yc (Kp/m3)=	2.200,0	(Peso específico hormigón)
W (Kp)=	129.986,12	(Peso zapata)

TERRENO LATERAL

Definición :	Terraplén
Kh (Kp/cm3)=	0,52 (Coeficiente balasto a 1 m)
σadm (Kp/cm2)=	1,00 (Tensión admisible a 1 m)
KH (Kp/cm3)=	1,73 (Coeficiente balasto a H m)
σadm (Kp/cm2)=	3,34 (Tensión admisible a H m)
σadm (Kp/cm2)=	0,00 (Tensión admisible a 0,5Yc m)
E (Kp/cm2)=	200,00 (Módulo deformación a 1 m)

TERRENO FONDO

Definición:	Roca sedimentaria sana
Kv (Kp/cm3)=	(Coeficiente balasto a 1 m)
σadm (Kp/cm2)=	(Tensión admisible a 1 m)
KV (Kp/cm3)=	71,59 (Coeficiente balasto fondo)
σadm (Kp/cm2)=	15,00 (Tensión admisible fondo)
E (Kp/cm2)=	20.000,00 (Módulo deformación fondo)

VARIABLES ADIMENSIONALES

η=KV/KH=	41,4381 (CASO VALOR MAXIMO)
λ=L/H=	1,8263
χ=V/(N+W)=	0,3135
A=	10,8335
ξ=	2,0053
j=	-1

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA: CENTRO DE GIRO EN ZONA ==> 2 Giro α es ==> NEGATIVO

\bar{x}_c =	-0,6059421	xc (cm)=	-185
\bar{y}_c =	28,6067538	yc (cm)=	9.555
α (rad)=	-0,0001516	Es (Kp)=	-118.349,00
Le (cm)=	489,81	es (cm)=	222,0
Ev (Kp)=	-377.488,1	σ _{h3} max(Kp/cm2)=	-17,89 en y=0,5yc (cm)= 4.777,33
ev (cm)=	141,73	σ _{h3} max(Kp/cm2)=	-2,41 en y=H (cm)= 334
σ _{v1} (Kp/cm2)=	-5,32	Ei (Kp/cm2)=	0,00
σ _{v2} (Kp/cm2)=	0,00	ei (cm)=	0,00
		σ _{hi} max(Kp/cm2)=	0,00 en y=H (cm)= 334



III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO POSITIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha > 0$)

$j = 1$

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>	<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>
$\bar{x}_c =$	10,0000000	0	a= 230.267.753,20
$\bar{y}_c =$	-1310,1845		b= -321.478.178,00
α (rad)=	3,2308E-06		c= -1.333.759.615,60
ZONA;	<input type="text"/>		d= -783.229.931,42

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO NEGATIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha < 0$)

$j = -1$

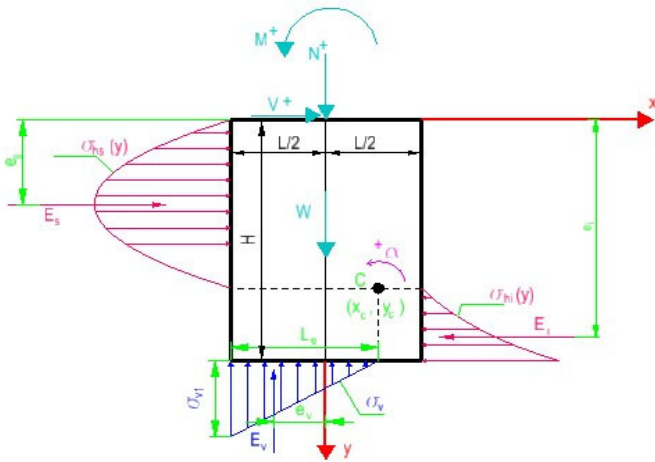
		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>	<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>
$\bar{x}_c =$	-0,6059421	1	a= 230.267.753,20
$\bar{y}_c =$	28,60675385		b= -321.478.178,00
α (rad)=	-0,00015158		c= -47.846.903,60
ZONA :	<input type="text" value="2"/>		d= 140.273.575,42

SUPONIENDO RESULTANTE DENTRO DEL NUCLEO CENTRAL (ZONAS 4,5,6,7,8 ó 9)

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>
$\bar{x}_c =$	-0,7172238	0
$\bar{y}_c =$	31,7467894	
α (rad)=	-0,00013626	
ZONA :	<input type="text"/>	



I.- DATOS DEL PROBLEMA: PILAR HL 920x449 NUDO 39 A2-146



ESFUERZOS (con su signo): COMBINACION 26D C1V

N (Kp)=	41.130,00	(Axil de cálculo)
V (Kp)=	42.650,00	(Cortante de cálculo)
M (cmKp)=	-25.904.000,00	(Momento de cálculo)
N+W (Kp)=	171.116,12	(resultante vertical)

ZAPATA

L (cm)=	610	(Longitud)
H (cm)=	334	(profundidad)
B (cm)=	290	(anchura)
Volumen (m3)=	59,08	(Volumen hormigón)
Yc (Kp/m3)=	2.200,0	(Peso específico hormigón)
W (Kp)=	129.986,12	(Peso zapata)

TERRENO LATERAL

Definición :	Terraplén
Kh (Kp/cm3)=	1,29 (Coeficiente balasto a 1 m)
σadm (Kp/cm2)=	1,00 (Tensión admisible a 1 m)
KH (Kp/cm3)=	4,32 (Coeficiente balasto a H m)
σadm (Kp/cm2)=	3,34 (Tensión admisible a H m)
σadm (Kp/cm2)=	1,50 (Tensión admisible a 0,5Yc m)
E (Kp/cm2)=	500,00 (Módulo deformación a 1 m)

TERRENO FONDO

Definición:	Roca sedimentaria sana
Kv (Kp/cm3)=	(Coeficiente balasto a 1 m)
σadm (Kp/cm2)=	(Tensión admisible a 1 m)
KV (Kp/cm3)=	3,58 (Coeficiente balasto fondo)
σadm (Kp/cm2)=	15,00 (Tensión admisible fondo)
E (Kp/cm2)=	1.000,00 (Módulo deformación fondo)

VARIABLES ADIMENSIONALES

η=KV/KH=	0,8288 (CASO VALOR MINIMO)
λ=L/H=	1,8263
χ=V/(N+W)=	0,2492
A=	0,1723
ξ=	2,2641
j=	-1

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA: CENTRO DE GIRO EN ZONA ==> 1 Giro α es ==> NEGATIVO

\bar{x}_c =	-0,1610213	xc (cm)=	-49
\bar{y}_c =	0,8988576	yc (cm)=	300
α (rad)=	-0,0026293	Es (Kp)=	-44.465,71
Le (cm)=	354,11	es (cm)=	150,1
Ev (Kp)=	-171.116,1	51,04%	σ _{hs} max(Kp/cm2)= -0,77 en y=0,5yc (cm)= 150,11
ev (cm)=	186,96	0,00%	σ _{hs} max(Kp/cm2)= 0,00 en y=H (cm)= 334
σ _{v1} (Kp/cm2)=	-3,33	22,22%	Ei (Kp/cm2)= 1.815,71
σ _{v2} (Kp/cm2)=	0,00	0,00%	ei (cm)= 322,94
		11,49%	σ _{hi} max(Kp/cm2)= 0,38 en y=H (cm)= 334



III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO POSITIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha > 0$)

$j = 1$

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>		<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>
$\bar{x}_c =$	10,0000000	0	a=	104.380.833,20
$\bar{y}_c =$	-20,1758514		b=	-212.404.400,00
α (rad)=	2,92906E-05		c=	-737.951.299,60
			d=	-448.732.426,85
ZONA;	<input type="text"/>			

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO NEGATIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha < 0$)

$j = -1$

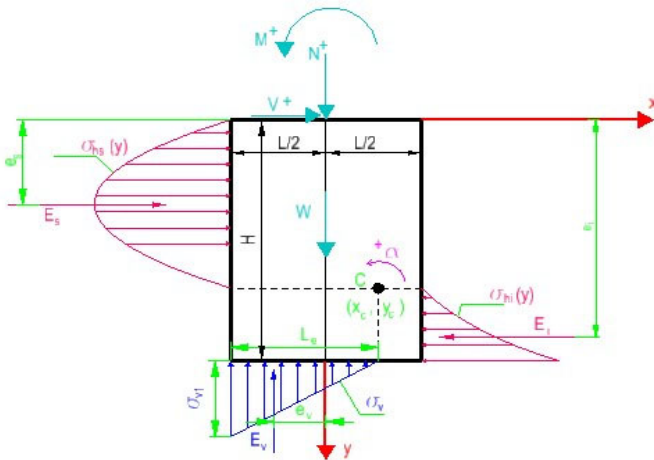
		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>		<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>
$\bar{x}_c =$	-0,1610213	1	a=	104.380.833,20
$\bar{y}_c =$	0,898857563		b=	-212.404.400,00
α (rad)=	-0,00262926		c=	111.666.300,40
			d=	23.923.626,85
ZONA :	<input type="text" value="1"/>			

SUPONIENDO RESULTANTE DENTRO DEL NUCLEO CENTRAL (ZONAS 4,5,6,7,8 ó 9)

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>
$\bar{x}_c =$	-0,5238706	0
$\bar{y}_c =$	1,0276182	
α (rad)=	-0,00169133	
ZONA :	<input type="text"/>	



I.- DATOS DEL PROBLEMA: PILAR HL 920x449 NUDO 39 A2-148



ESFUERZOS (con su signo): COMBINACION 26D C1V

N (Kp)=	41.130,00	(Axil de cálculo)
V (Kp)=	42.650,00	(Cortante de cálculo)
M (cmKp)=	-25.904.000,00	(Momento de cálculo)
N+W (Kp)=	171.116,12	(resultante vertical)

ZAPATA

L (cm)=	610	(Longitud)
H (cm)=	334	(profundidad)
B (cm)=	290	(anchura)
Volumen (m3)=	59,08	(Volumen hormigón)
Yc (Kp/m3)=	2.200,0	(Peso específico hormigón)
W (Kp)=	129.986,12	(Peso zapata)

TERRENO LATERAL

Definición : Terraplén

Kh (Kp/cm3)=	0,52	(Coeficiente balasto a 1 m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	1,00	(Tensión admisible a 1 m)
KH (Kp/cm3)=	1,73	(Coeficiente balasto a H m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	3,34	(Tensión admisible a H m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	0,00	(Tensión admisible a 0,5Yc m)
E (Kp/cm2)=	200,00	(Módulo deformación a 1 m)

TERRENO FONDO

Definición: Roca sedimentaria sana

Kv (Kp/cm3)=		(Coeficiente balasto a 1 m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=		(Tensión admisible a 1 m)
KV (Kp/cm3)=	71,59	(Coeficiente balasto fondo)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	15,00	(Tensión admisible fondo)
E (Kp/cm2)=	20.000,00	(Módulo deformación fondo)

VARIABLES ADIMENSIONALES

$\eta=KV/KH=$	41,4381	(CASO VALOR MAXIMO)
$\lambda=L/H=$	1,8263	
$\chi=V/(N+W)=$	0,2492	
A=	8,6126	
$\xi=$	2,0053	
j=	-1	

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA: CENTRO DE GIRO EN ZONA ==> 2 Giro α es ==> NEGATIVO

$\bar{x}_c=$	0,0292930	x_c (cm)=	9
$\bar{y}_c=$	8,7820891	y_c (cm)=	2.933
α (rad)=	-0,0001881	1,88%	E_s (Kp)= -42.650,00
L_e (cm)=	296,07	e_s (cm)=	220,4
E_v (Kp)=	-171.116,1	0,00%	$\sigma_{h,y,max}$ (Kp/cm2)= -2,09 en $y=0,5y_c$ (cm)= 1.466,61
e_v (cm)=	206,31	25,28%	$\sigma_{h,s,max}$ (Kp/cm2)= -0,84 en $y=H$ (cm)= 334
σ_{v1} (Kp/cm2)=	-3,99	26,57%	E_i (Kp/cm2)= 0,00
σ_{v2} (Kp/cm2)=	0,00	0,00%	e_i (cm)= 0,00
		0,00%	$\sigma_{h,i,max}$ (Kp/cm2)= 0,00 en $y=H$ (cm)= 334



III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO POSITIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha > 0$)

$j = 1$

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>		<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>
$\bar{x}_c =$	10,0000000	0	a=	104.380.833,20
$\bar{y}_c =$	-1041,45924		b=	-212.404.400,00
α (rad)=	1,46453E-06		c=	-737.951.299,60
ZONA;	<input type="text"/>		d=	-421.717.393,61

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO NEGATIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha < 0$)

$j = -1$

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>		<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>
$\bar{x}_c =$	0,0292930	1	a=	104.380.833,20
$\bar{y}_c =$	8,78208906		b=	-212.404.400,00
α (rad)=	-0,00018806		c=	111.666.300,40
ZONA :	<input type="text" value="2"/>		d=	-3.091.406,39

SUPONIENDO RESULTANTE DENTRO DEL NUCLEO CENTRAL (ZONAS 4,5,6,7,8 ó 9)

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>
$\bar{x}_c =$	-0,4920739	0
$\bar{y}_c =$	17,6188312	
α (rad)=	-9,0031E-05	
ZONA :	<input type="text"/>	

3.- APLICACIÓN PRÁCTICA.

3.4. PILARES HL 920x334

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: ANEJO 2 CÁLCULO GEOTECNICO ZAPATAS SEMIPROFUNDAS	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	PLANO N° : A2-150



CÁLCULO DE ZAPATAS SEMIPROFUNDAS PARA LOS PILARES HL 920x344

A continuación se lista las reacciones (SIN mayorar) del nudo 40 (pórtico 9), que es donde se sitúan los pilares HL 920x344. Las situaciones de cálculo más desfavorable son C2I y C1V.

También consideraremos que, al menos, resista el 50% del axil plástico, el 25% del cortante plástico y el 25% del momento plástico, multiplicados por un coeficiente de 0,7 (relación entre el valor de las acciones sin mayorar respecto al valor de las acciones mayoradas), es decir: (se trata de pilares centrales)

$$V_{pl,y} = \frac{A_{v,y} \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{m0}} = 188 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05 \sqrt{3}} = 2.843 \text{ kN} \Rightarrow V_d = 0,7 \times 0,25 \times 2.843 \text{ kN} = 498 \text{ kN}$$

$$M_{pl,z} = W_{pl,z} \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 15.69710^3 \text{ mm}^3 \times \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05} = 4.112 \text{ mkN} \Rightarrow M_d = 0,7 \times 0,25 \times 4.112 \text{ mkN} = 720 \text{ mkN}$$

$$N_{pl} = A \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 437,18 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \times \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05} = 11.450 \text{ kN} \Rightarrow N_d = 0,7 \times 0,50 \times 11.450 \text{ kN} = 4.008 \text{ kN}$$



LISTADO DE REACCIONES

PROYECTO : TFG

ESTRUCTURA: CALC2I DESP XG- (ESTRUCTURA TFG CALC2I)

Reacciones. Ejes generales, Acero, E.L.U., sin mayorar

NN	Pilar	Tipo	HIP	Id	Mx (mT)	My	Mz	Fx (T)	Fy	Fz
40	46	xyzxyz	+	D	+6,17	+0,00	+130,75	+2,89	+86,65	+1,50
40	46	xyzxyz	-	D	-6,77	-0,00	-25,35	-19,19	-8,99	-1,62
40	46	xyzxyz	Mx+	4D	+6,17	-0,00	-13,90	+2,49	-8,82	+1,50
40	46	xyzxyz	Mx-	79D	-6,77	+0,00	+13,33	-2,18	+19,79	-1,62
40	46	xyzxyz	My+	76D	+4,43	+0,00	+130,31	-18,93	+69,26	+0,99
40	46	xyzxyz	My-	1D	+5,32	-0,00	-24,92	+0,45	+44,48	+1,24
40	46	xyzxyz	Mz+	62D	+4,68	+0,00	+130,75	-19,19	+68,99	+1,06
40	46	xyzxyz	Mz-	7D	+5,07	-0,00	-25,35	+0,71	+44,76	+1,16
40	46	xyzxyz	Fx+	11D	-6,03	-0,00	-15,16	+2,89	-8,71	-1,48
40	46	xyzxyz	Fx-	62D	+4,68	+0,00	+130,75	-19,19	+68,99	+1,06
40	46	xyzxyz	Fy+	70D	-2,84	+0,00	+82,58	-14,32	+86,65	-0,67
40	46	xyzxyz	Fy-	3D	-5,79	-0,00	-14,73	+2,63	-8,99	-1,40
40	46	xyzxyz	Fz+	4D	+6,17	-0,00	-13,90	+2,49	-8,82	+1,50
40	46	xyzxyz	Fz-	79D	-6,77	+0,00	+13,33	-2,18	+19,79	-1,62

LISTADO DE REACCIONES

PROYECTO : TFG

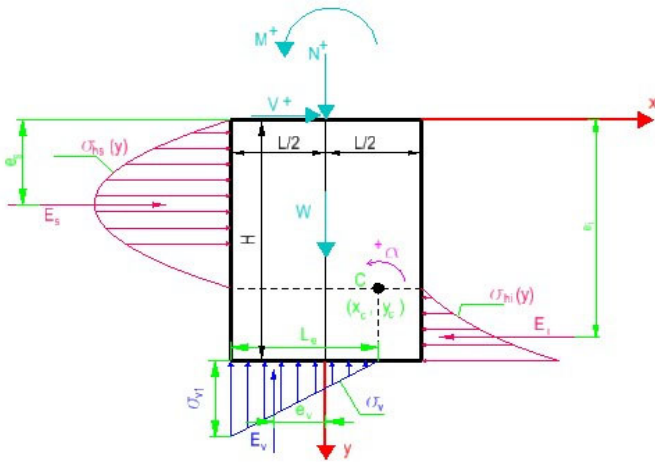
ESTRUCTURA: CALC1V DESP XG+ (ESTRUCTURA TFG CALC1V)

Reacciones. Ejes generales, Acero, E.L.U., sin mayorar

NN	Pilar	Tipo	HIP	Id	Mx (mT)	My	Mz	Fx (T)	Fy	Fz
40	46	xyzxyz	+	D	+6,17	+0,00	+120,20	+3,08	+69,51	+1,50
40	46	xyzxyz	-	D	-8,30	-0,00	-28,29	-17,29	-10,32	-1,97
40	46	xyzxyz	Mx+	4D	+6,17	-0,00	-14,04	+2,50	-8,82	+1,50
40	46	xyzxyz	Mx-	33D	-8,30	-0,00	-2,63	+0,06	+6,29	-1,97
40	46	xyzxyz	My+	18D	+4,96	+0,00	+120,20	-17,29	+57,08	+1,14
40	46	xyzxyz	My-	7D	+3,25	-0,00	-28,29	+0,66	+43,17	+0,78
40	46	xyzxyz	Mz+	18D	+4,96	+0,00	+120,20	-17,29	+57,08	+1,14
40	46	xyzxyz	Mz-	7D	+3,25	-0,00	-28,29	+0,66	+43,17	+0,78
40	46	xyzxyz	Fx+	11D	-7,87	-0,00	-19,67	+3,08	-10,32	-1,89
40	46	xyzxyz	Fx-	18D	+4,96	+0,00	+120,20	-17,29	+57,08	+1,14
40	46	xyzxyz	Fy+	14D	-2,01	+0,00	+68,06	-11,99	+69,51	-0,46
40	46	xyzxyz	Fy-	11D	-7,87	-0,00	-19,67	+3,08	-10,32	-1,89
40	46	xyzxyz	Fz+	4D	+6,17	-0,00	-14,04	+2,50	-8,82	+1,50
40	46	xyzxyz	Fz-	33D	-8,30	-0,00	-2,63	+0,06	+6,29	-1,97



I.- DATOS DEL PROBLEMA: PILAR HL 920x344 A2-153



ESFUERZOS (con su signo):

N (Kp)=	408.563,00	(0,7x50% Axil plástico)
V (Kp)=	50.765,00	(0,7x25% cortante plástico)
M (cmKp)=	-7.339.450,00	(0,7x25% momento plástico)
N+W (Kp)=	456.566,12	(resultante vertical)

ZAPATA

L (cm)=	380	(Longitud)
H (cm)=	319	(profundidad)
B (cm)=	180	(anchura)
Volumen (m3)=	21,82	(Volumen hormigón)
Yc (Kp/m3)=	2.200,0	(Peso específico hormigón)
W (Kp)=	48.003,12	(Peso zapata)

TERRENO LATERAL

Definición :	Terraplén
Kh (Kp/cm3)=	2,08 (Coeficiente balasto a 1 m)
σadm (Kp/cm2)=	1,00 (Tensión admisible a 1 m)
KH (Kp/cm3)=	6,65 (Coeficiente balasto a H m)
σadm (Kp/cm2)=	3,19 (Tensión admisible a H m)
σadm (Kp/cm2)=	1,49 (Tensión admisible a 0,5Yc m)
E (Kp/cm2)=	500,00 (Módulo deformación a 1 m)

TERRENO FONDO

Definición:	Roca sedimentaria sana
Kv (Kp/cm3)=	(Coeficiente balasto a 1 m)
σadm (Kp/cm2)=	(Tensión admisible a 1 m)
KV (Kp/cm3)=	5,76 (Coeficiente balasto fondo)
σadm (Kp/cm2)=	15,00 (Tensión admisible fondo)
E (Kp/cm2)=	1.000,00 (Módulo deformación fondo)

VARIABLES ADIMENSIONALES

η=KV/KH=	0,8667 (CASO VALOR MINMO)
λ=L/H=	1,1912
χ=V/(N+W)=	0,1112
A=	0,0342
ξ=	2,9101
j=	-1

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA: CENTRO DE GIRO EN ZONA ==> 5 Giro α es ==> NEGATIVO

\bar{x}_c =	-1,9572199	xc (cm)=	-372
\bar{y}_c =	0,9343033	yc (cm)=	298
α (rad)=	-0,0031163	Es (Kp)=	-51.565,74
Le (cm)=	380,00	es (cm)=	149,0
Ev (Kp)=	-456.566,1	σ _{h3} max(Kp/cm2)=	-1,44 en y=0,5yc (cm)= 149,02
ev (cm)=	32,36	σ _{h3} max(Kp/cm2)=	0,00 en y=H (cm)= 319
σ _{v1} (Kp/cm2)=	-10,09	Ei (Kp/cm2)=	800,74
σ _{v2} (Kp/cm2)=	-3,26	ei (cm)=	312,09
		σ _{hi} max(Kp/cm2)=	0,43 en y=H (cm)= 319



III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO POSITIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha > 0$)

$j = 1$

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>		<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>
$\bar{x}_c =$	10,0000000	0	a=	173.495.125,60
$\bar{y}_c =$	-3,46981632		b=	-108.812.840,00
α (rad)=	0,000201632		c=	-738.111.056,80
ZONA;	<input type="text"/>		d=	-613.705.206,23

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO NEGATIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha < 0$)

$j = -1$

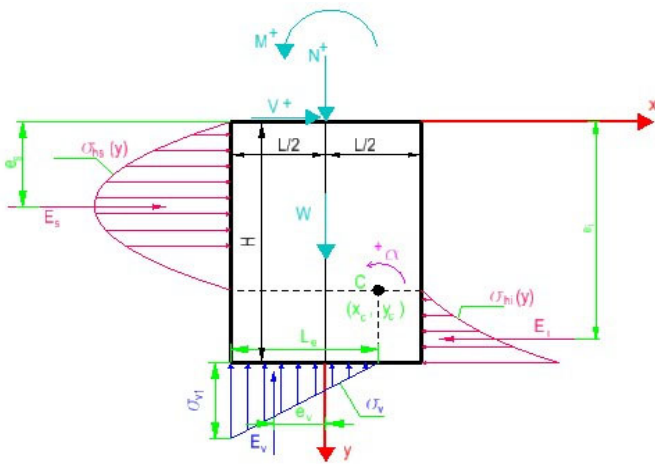
		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>		<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>
$\bar{x}_c =$	10,0000000	0	a=	173.495.125,60
$\bar{y}_c =$	3,435717258		b=	-108.812.840,00
α (rad)=	-0,0003012		c=	-302.859.696,80
ZONA :	<input type="text"/>		d=	396.079.526,23

SUPONIENDO RESULTANTE DENTRO DEL NUCLEO CENTRAL (ZONAS 4,5,6,7,8 ó 9)

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>
$\bar{x}_c =$	-1,9572199	1
$\bar{y}_c =$	0,9343033	
α (rad)=	-0,00311635	
ZONA :	<input type="text" value="5"/>	



I.- DATOS DEL PROBLEMA: **PILAR** **HL 920x344** **A2-155**



ESFUERZOS (con su signo):

N (Kp)=	408.563,00	(0,7x50% Axil plástico)
V (Kp)=	50.765,00	(0,7x25% cortante plástico)
M (cmKp)=	-7.339.450,00	(0,7x25% momento plástico)
N+W (Kp)=	456.566,12	(resultante vertical)

ZAPATA

L (cm)=	380	(Longitud)
H (cm)=	319	(profundidad)
B (cm)=	180	(anchura)
Volumen (m3)=	21,82	(Volumen hormigón)
Yc (Kp/m3)=	2.200,0	(Peso específico hormigón)
W (Kp)=	48.003,12	(Peso zapata)

TERRENO LATERAL

Definición :	Terraplén
Kh (Kp/cm3)=	0,83 (Coeficiente balasto a 1 m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	1,00 (Tensión admisible a 1 m)
KH (Kp/cm3)=	2,66 (Coeficiente balasto a H m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	3,19 (Tensión admisible a H m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	0,00 (Tensión admisible a 0,5Yc m)
E (Kp/cm2)=	200,00 (Módulo deformación a 1 m)

TERRENO FONDO

Definición:	Roca sedimentaria sana
Kv (Kp/cm3)=	(Coeficiente balasto a 1 m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	(Tensión admisible a 1 m)
KV (Kp/cm3)=	115,20 (Coeficiente balasto fondo)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	15,00 (Tensión admisible fondo)
E (Kp/cm2)=	20.000,00 (Módulo deformación fondo)

VARIABLES ADIMENSIONALES

$\eta=KV/KH=$	43,3341 (CASO VALOR MAXIMO)
$\lambda=L/H=$	1,1912
$\chi=V/(N+W)=$	0,1112
A=	1,7093
$\xi=$	2,0182
j=	-1

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA: CENTRO DE GIRO EN ZONA ==> **6** Giro α es ==> **NEGATIVO**

$\bar{x}_c=$	-1,6016918	xc (cm)=	-304
$\bar{y}_c=$	11,6176931	yc (cm)=	3.706
α (rad)=	-0,0001904 1,90%	Es (Kp)=	-50.765,00
Le (cm)=	380,00	es (cm)=	211,0
Ev (Kp)=	-456.566,1 0,00%	σ_{h3max} (Kp/cm2)=	-5,45 en $y=0,5y_c$ (cm)= 1.853,02
ev (cm)=	39,54 53,74%	σ_{h3max} (Kp/cm2)=	-1,71 en $y=H$ (cm)= 319
σ_{v1} (Kp/cm2)=	-10,84 72,28%	Ei (Kp/cm2)=	0,00
σ_{v2} (Kp/cm2)=	-2,51 16,72%	ei (cm)=	0,00
	0,00%	σ_{hi} max(Kp/cm2)=	0,00 en $y=H$ (cm)= 319



III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO POSITIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha > 0$)

$j = 1$

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>	<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>	
$\bar{x}_c =$	10,0000000	0	a=	173.495.125,60
$\bar{y}_c =$	-206,157482		b=	-108.812.840,00
α (rad)=	1,00816E-05		c=	-738.111.056,80
ZONA;	<input type="text"/>		d=	-458.961.133,50

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO NEGATIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha < 0$)

$j = -1$

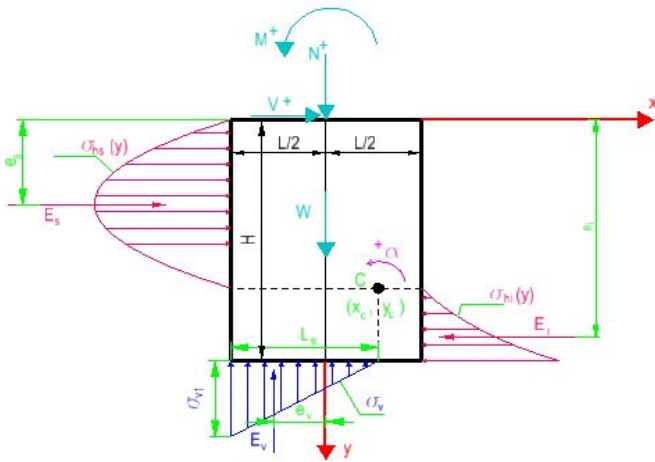
		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>	<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>	
$\bar{x}_c =$	10,0000000	0	a=	173.495.125,60
$\bar{y}_c =$	139,1191962		b=	-108.812.840,00
α (rad)=	-1,506E-05		c=	-302.859.696,80
ZONA :	<input type="text"/>		d=	241.335.453,50

SUPONIENDO RESULTANTE DENTRO DEL NUCLEO CENTRAL (ZONAS 4,5,6,7,8 ó 9)

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>		
$\bar{x}_c =$	-1,6016918	1		
$\bar{y}_c =$	11,6176931			
α (rad)=	-0,0001904			
ZONA :	<input type="text" value="6"/>			



I.- DATOS DEL PROBLEMA: PILAR HL 920x344 NUDO 40 A2-157



ESFUERZOS (con su signo): COMBINACION 62D C2I

N (Kp)=	68.990,00	(Axil de cálculo)
V (Kp)=	19.190,00	(Cortante de cálculo)
M (cmKp)=	-13.075.000,00	(Momento de cálculo)
N+W (Kp)=	116.993,12	(resultante vertical)

ZAPATA

L (cm)=	380	(Longitud)
H (cm)=	319	(profundidad)
B (cm)=	180	(anchura)
Volumen (m3)=	21,82	(Volumen hormigón)
Yc (Kp/m3)=	2.200,0	(Peso específico hormigón)
W (Kp)=	48.003,12	(Peso zapata)

TERRENO LATERAL

Definición : Terraplén

Kh (Kp/cm3)=	2,08	(Coeficiente balasto a 1 m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	1,00	(Tensión admisible a 1 m)
KH (Kp/cm3)=	6,65	(Coeficiente balasto a H m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	3,19	(Tensión admisible a H m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	1,19	(Tensión admisible a 0,5Yc m)
E (Kp/cm2)=	500,00	(Módulo deformación a 1 m)

TERRENO FONDO

Definición: Roca sedimentaria sana

Kv (Kp/cm3)=		(Coeficiente balasto a 1 m)
σ_{adm} (Kp/cm2)=		(Tensión admisible a 1 m)
KV (Kp/cm3)=	5,76	(Coeficiente balasto fondo)
σ_{adm} (Kp/cm2)=	15,00	(Tensión admisible fondo)
E (Kp/cm2)=	1.000,00	(Módulo deformación fondo)

VARIABLES ADIMENSIONALES

$\eta=KV/KH=$	0,8667	(CASO VALOR MINIMO)
$\lambda=L/H=$	1,1912	
$\chi=V/(N+W)=$	0,1640	
A=	0,0504	
$\xi=$	2,9101	
j=	-1	

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA: CENTRO DE GIRO EN ZONA ==> 1 Giro α es ==> NEGATIVO

$\bar{x}_c=$	-0,2588880	x_c (cm)=	-49
$\bar{y}_c=$	0,7465901	y_c (cm)=	238
α (rad)=	-0,0039448	39,45%	E_s (Kp)= -33.306,30
L_e (cm)=	239,19	e_s (cm)=	119,1
E_v (Kp)=	-116.993,1	97,87%	σ_{h3max} (Kp/cm2)= -1,17 en $y=0,5y_c$ (cm)= 119,08
e_v (cm)=	110,27	0,00%	σ_{h3max} (Kp/cm2)= 0,00 en $y=H$ (cm)= 319
σ_{v1} (Kp/cm2)=	-5,43	36,23%	E_i (Kp/cm2)= 14.116,30
σ_{v2} (Kp/cm2)=	0,00	0,00%	e_i (cm)= 293,30
		66,44%	σ_{hi} max(Kp/cm2)= 2,12 en $y=H$ (cm)= 319



III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO POSITIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha > 0$)

$j = 1$

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>	<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>	
$\bar{x}_c =$	10,0000000	0	a=	44.457.385,60
$\bar{y}_c =$	-5,43551572		b=	-102.936.440,00
α (rad)=	5,16674E-05		c=	-339.245.036,80
			d=	-232.312.954,38
ZONA;	<input type="text"/>			

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO NEGATIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha < 0$)

$j = -1$

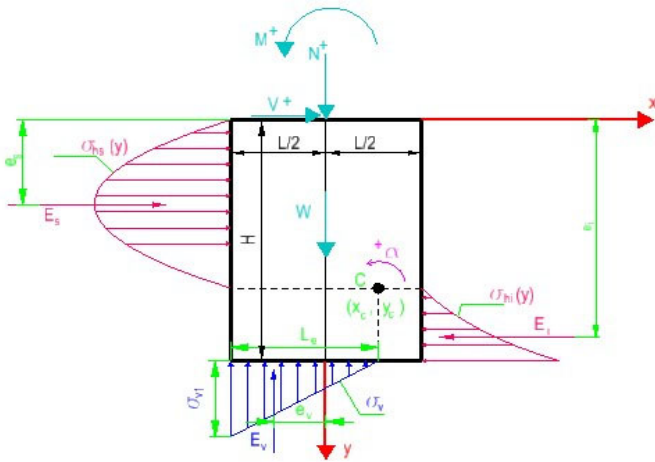
		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>	<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>	
$\bar{x}_c =$	-0,2588880	1	a=	44.457.385,60
$\bar{y}_c =$	0,746590074		b=	-102.936.440,00
α (rad)=	-0,00394482		c=	72.500.723,20
			d=	26.440.074,38
ZONA :	<input type="text" value="1"/>			

SUPONIENDO RESULTANTE DENTRO DEL NUCLEO CENTRAL (ZONAS 4,5,6,7,8 ó 9)

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>		
$\bar{x}_c =$	-0,5301604	0		
$\bar{y}_c =$	0,7736133			
α (rad)=	-0,00294805			
ZONA :	<input type="text"/>			



I.- DATOS DEL PROBLEMA: PILAR HL 920x344 NUDO 40 A2-159



ESFUERZOS (con su signo): COMBINACION 62D C2I

N (Kp)=	68.990,00	(Axil de cálculo)
V (Kp)=	19.190,00	(Cortante de cálculo)
M (cmKp)=	-13.075.000,00	(Momento de cálculo)
N+W (Kp)=	116.993,12	(resultante vertical)

ZAPATA

L (cm)=	380	(Longitud)
H (cm)=	319	(profundidad)
B (cm)=	180	(anchura)
Volumen (m3)=	21,82	(Volumen hormigón)
Yc (Kp/m3)=	2.200,0	(Peso específico hormigón)
W (Kp)=	48.003,12	(Peso zapata)

TERRENO LATERAL

Definición :	Terraplén
Kh (Kp/cm3)=	0,83 (Coeficiente balasto a 1 m)
σadm (Kp/cm2)=	1,00 (Tensión admisible a 1 m)
KH (Kp/cm3)=	2,66 (Coeficiente balasto a H m)
σadm (Kp/cm2)=	3,19 (Tensión admisible a H m)
σadm (Kp/cm2)=	3,15 (Tensión admisible a 0,5Yc m)
E (Kp/cm2)=	200,00 (Módulo deformación a 1 m)

TERRENO FONDO

Definición:	Roca sedimentaria sana
Kv (Kp/cm3)=	(Coeficiente balasto a 1 m)
σadm (Kp/cm2)=	(Tensión admisible a 1 m)
KV (Kp/cm3)=	115,20 (Coeficiente balasto fondo)
σadm (Kp/cm2)=	15,00 (Tensión admisible fondo)
E (Kp/cm2)=	20.000,00 (Módulo deformación fondo)

VARIABLES ADIMENSIONALES

η=KV/KH=	43,3341 (CASO VALOR MAXIMO)
λ=L/H=	1,1912
χ=V/(N+W)=	0,1640
A=	2,5216
ξ=	2,0182
j=	-1

II.- SOLUCIÓN DEL PROBLEMA: CENTRO DE GIRO EN ZONA ==> 2 Giro α es ==> NEGATIVO

\bar{x}_c =	0,2802577	xc (cm)=	53
\bar{y}_c =	1,9729092	yc (cm)=	629
α (rad)=	-0,0006034	6,03%	Es (Kp)= -19.190,00
Le (cm)=	136,75	es (cm)=	199,1
Ev (Kp)=	-116.993,1	15,82%	σ _{h3} max(Kp/cm2)= -0,50 en y=0,5yc (cm)= 314,68
ev (cm)=	144,42	15,61%	σ _{h3} max(Kp/cm2)= -0,50 en y=H (cm)= 319
σ _{v1} (Kp/cm2)=	-9,51	63,37%	Ei (Kp/cm2)= 0,00
σ _{v2} (Kp/cm2)=	0,00	0,00%	ei (cm)= 0,00
		0,00%	σ _{hi} max(Kp/cm2)= 0,00 en y=H (cm)= 319



III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO POSITIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha > 0$)

$j = 1$

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>	<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>	
$\bar{x}_c =$	10,0000000	0	a=	44.457.385,60
$\bar{y}_c =$	-304,442453		b=	-102.936.440,00
α (rad)=	2,58337E-06		c=	-339.245.036,80
ZONA;	<input type="text"/>		d=	-192.660.446,06

SUPONIENDO RESULTANTE FUERA DEL NUCLEO CENTRAL Y GIRO NEGATIVO (ZONAS 1,2 ó 3 con $\alpha < 0$)

$j = -1$

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>	<u>Coeficientes ecuacion cubica</u>	
$\bar{x}_c =$	0,2802577	1	a=	44.457.385,60
$\bar{y}_c =$	1,972909201		b=	-102.936.440,00
α (rad)=	-0,00060342		c=	72.500.723,20
ZONA :	<input type="text" value="2"/>		d=	-13.212.433,94

SUPONIENDO RESULTANTE DENTRO DEL NUCLEO CENTRAL (ZONAS 4,5,6,7,8 ó 9)

		<u>VALIDEZ HIP (SI=1; NO=0)</u>
$\bar{x}_c =$	-0,4338570	0
$\bar{y}_c =$	5,0426576	
α (rad)=	-0,00018012	
ZONA :	<input type="text"/>	



GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23
TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO 3

RESOLUCIÓN ANALÍTICA DE VIGA APOYADA SOBRE TERRENO (VIGA ELÁSTICA)



INDICE

CAPITULO I.- CONCEPTOS PREVIOS.....	4
1.- Introducción	5
2.- Teoría general de la pieza alargada (modelo VIGA).....	6
2.1. Hipótesis cinemática.....	6
2.2. Ecuaciones cinemáticas. Operador B	6
2.3. Ecuaciones constitutivas	8
2.4. Energía interna de deformación. Operador D	8
2.5. Ecuaciones de equilibrio en formulación mixta. Operador W (wronskiano)	9
2.6. Análisis general del problema cuando W es de coeficientes constantes. Operador fundamental Φ	
Operador de transferencia G	10
2.6.1. Resolución de un sistema homogéneo de ecuaciones diferenciales ordinarias lineal de coeficientes constantes	11
3.- Introducción del modelo de Winkler en la Teoría general de vigas. Viga de sección constante a flexión pura en hipótesis de Navier-Bernoulli	14
CAPITULO II.- RESOLUCIÓN DE LA VIGA FLOTANTE DESPRECIANDO LA DEFORMACIÓN POR CORTANTE	16
1.- Resolución del problema homogéneo.....	17
1.1. Autovalores del operador W	17
1.2. Autovectores asociados a los autovalores.....	19
1.3. Operador fundamental	22
1.4. Operador de transferencia	27
2.- Resolución del problema NO homogéneo en algunos casos particulares de cargamento	35
2.1. Viga elástica sin coacciones en los extremos con carga puntual	36
2.1.1. Obtención constantes de integración.....	36
2.1.2. Vector estado	39
2.1.2.1. Tramo $\xi \leq \xi_a$	39
2.1.2.2. Tramo $\xi \geq \xi_a$	40
2.2. Viga elástica sin coacciones en los extremos con carga repartida uniforme	41
2.2.1. Obtención constantes de integración.....	41
2.2.2. Vector estado	44
2.1.2.1. Tramo $\xi \leq \xi_a$	44
2.2.2.2. Tramo $\xi_a \leq \xi \leq \xi_b$	45
2.1.2.2. Tramo $\xi \geq \xi_b$	46
2.3. Viga elástica empotrada en los extremos con carga puntual	47
2.3.1. Obtención constantes de integración.....	47
2.3.2. Vector estado	50
2.3.2.1. Tramo $\xi \leq \xi_a$	50
2.3.2.2. Tramo $\xi \geq \xi_a$	51
2.4. Viga elástica empotrada en los extremos con carga repartida uniforme	52
2.4.1. Obtención constantes de integración.....	52
2.4.2. Vector estado	55
2.4.2.1. Tramo $\xi \leq \xi_a$	55
2.4.2.2. Tramo $\xi_a \leq \xi \leq \xi_b$	56
2.4.2.2. Tramo $\xi \geq \xi_b$	57



CAPITULO III.- RESOLUCIÓN DE LA VIGA FLOTANTE CONSIDERANDO LA DEFORMACIÓN POR CORTANTE	58
1.- Resolución del problema homogéneo.....	59
1.1. Autovalores del operador \mathbf{W}	59
1.2. Autovectores asociados a los autovalores.....	63
1.3. Operador fundamental	66
1.4. Operador de transferencia	70
2.- Resolución del problema NO homogéneo en algunos casos particulares de cargamento	79
2.1. Viga elástica sin coacciones en los extremos con carga puntual	80
2.1.1. Obtención constantes de integración.....	80
2.1.2. Vector estado	82
2.1.2.1. Tramo $\xi \leq \xi_m$	82
2.1.2.2. Tramo $\xi \geq \xi_m$	83
2.2. Viga elástica sin coacciones en los extremos con carga repartida uniforme	84
2.2.1. Obtención constantes de integración.....	84
2.2.2. Vector estado	88
2.2.2.1. Tramo $\xi \leq \xi_m$	88
2.2.2.2. Tramo $\xi_m \leq \xi \leq \xi_n$	88
2.2.2.3. Tramo $\xi \geq \xi_n$	88
2.3. Viga elástica empotrada en los extremos con carga puntual	89
2.3.1. Obtención constantes de integración.....	89
2.3.2. Vector estado	91
2.3.2.1. Tramo $\xi \leq \xi_m$	91
2.3.2.2. Tramo $\xi \geq \xi_m$	92
2.4. Viga elástica empotrada en los extremos con carga repartida uniforme	93
2.4.1. Obtención constantes de integración.....	93
2.4.2. Vector estado	95
2.4.2.1. Tramo $\xi \leq \xi_m$	95
2.4.2.2. Tramo $\xi_m \leq \xi \leq \xi_n$	95
2.4.2.3. Tramo $\xi \geq \xi_n$	95
APLICACIONES CON EXCEL	96



GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23
TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAPITULO I

CONCEPTOS

PREVIOS



1.- INTRODUCCION.

Pretendemos realizar el cálculo estructural de una viga recta de sección constante apoyada sobre el terreno utilizando el modelo de WINKLER o método del coeficiente de balasto. Esta hipótesis supone que en cualquier punto de la viga la presión (p) que ejerce el terreno sobre la misma es proporcional al asiento (w) en dicho punto :

$$p = -Kw \quad (1)$$

siendo K el denominado coeficiente de balasto.

En la primera parte estudiaremos la viga despreciando la deformación por cortante ($GA=\infty$) y en la segunda parte realizaremos los cálculos teniéndola en cuenta.

Para realizar los cálculos se va a utilizar el modelo VIGA con la hipótesis cinemática de NAVIER- BERNOUILLI.



2.- TEORIA GENERAL DE LA PIEZA ALARGADA (MODELO VIGA).

2.1. HIPOTESIS CINEMATICA:

Relaciona los desplazamientos de la directriz de la viga (eje x) con los desplazamientos en un punto cualquiera de la sección transversal perpendicular a la directriz en el punto considerado:

$$\mathbf{d}^*(x, y, z) = \mathbf{h}(y, z) \cdot \mathbf{u}(x) \quad (2)$$

siendo \mathbf{h} el denominado operador cinemático y \mathbf{u} los desplazamientos generalizados.

Bajo la hipótesis de Navier-Bernouilli, y considerando las cargas contenidas en el plano medio de la viga (flexión pura en el plano $y=0$), tendremos que:

$$\mathbf{d}^*(x, y, z) = \begin{bmatrix} u^* \\ w^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & z \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w \\ \theta_y \end{bmatrix} \quad (3)$$

El vector esfuerzos generalizados consistentes será:

$$\mathbf{f}(x) = \begin{bmatrix} Q_z \\ M_y \end{bmatrix} \quad (4)$$

2.2. ECUACIONES CINEMATICAS. OPERADOR B :

Las ecuaciones cinemáticas relacionan las deformaciones con los desplazamientos. En un sistema de referencia general:

$$e_{ij}^* = \frac{1}{2}(\mathbf{g}_{ij}^* - \mathbf{G}_{ij}^*) \quad (5)$$

siendo :

e_{ij}^* : deformaciones

$\mathbf{g}_{ij}^* = \mathbf{g}_i^* \cdot \mathbf{g}_j^*$: tensor métrico fundamental en configuración deformada. $\mathbf{g}_i^* = \frac{\partial \mathbf{p}^*}{\partial \theta^i}$ (VECTORES NATURALES)

$\mathbf{G}_{ij}^* = \mathbf{G}_i^* \cdot \mathbf{G}_j^*$: tensor métrico fundamental en configuración inicial o no deformada. $\mathbf{G}_i^* = \frac{\partial \mathbf{P}^*}{\partial \theta^i}$

$$\mathbf{p}^* = \mathbf{P}^* + \mathbf{d}^*$$

Si denominamos al vector de deformaciones :

$$\mathbf{e}^* = \begin{bmatrix} \varepsilon_x^* \\ \varepsilon_y^* \\ \varepsilon_z^* \\ \gamma_{xy}^* \\ \gamma_{xz}^* \\ \gamma_{yz}^* \end{bmatrix} \quad (6)$$



en un sistema de referencia cartesiano (ortonormal) se tiene que:

$$\begin{aligned}\varepsilon_x^* &= \frac{\partial u^*}{\partial x} & \gamma_{xy}^* &= \frac{\partial u^*}{\partial y} + \frac{\partial v^*}{\partial x} \\ \varepsilon_y^* &= \frac{\partial v^*}{\partial y} & \gamma_{xz}^* &= \frac{\partial u^*}{\partial z} + \frac{\partial w^*}{\partial x} \\ \varepsilon_z^* &= \frac{\partial w^*}{\partial z} & \gamma_{yz}^* &= \frac{\partial v^*}{\partial z} + \frac{\partial w^*}{\partial y}\end{aligned} \quad (7)$$

Las ecuaciones (7) las podemos expresar matricialmente como :

$$\mathbf{e}^* = \left[\mathbf{E}_0 + \mathbf{E}_1 \frac{\partial}{\partial x} + \mathbf{E}_2 \frac{\partial}{\partial y} + \mathbf{E}_3 \frac{\partial}{\partial z} \right] \mathbf{d}^* \quad (8)$$

Teniendo en cuenta (2), las ecuaciones (8) podremos expresarla como:

$$\mathbf{e}^* = \mathbf{B}\mathbf{V} \quad (9)$$

siendo:

$$\mathbf{B} = [\mathbf{B}_0 \quad \mathbf{B}_1] \quad (10)$$

$$\mathbf{B}_0 = \mathbf{E}_0 \mathbf{h} + \mathbf{E}_2 \mathbf{h}_{,y} + \mathbf{E}_3 \mathbf{h}_{,z} \quad (11)$$

$$\mathbf{B}_1 = \mathbf{E}_1 \mathbf{h} \quad (12)$$

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} \mathbf{u} \\ \mathbf{u}' \end{bmatrix} \quad (13) \quad \mathbf{u}' = \frac{d\mathbf{u}}{dx}$$

En el caso particular de flexión pura -hipótesis cinemática (3)- :

$$\mathbf{e}^* = \begin{bmatrix} \varepsilon_x^* \\ \gamma_{xz}^* \end{bmatrix} = [\mathbf{B}_0 \quad \mathbf{B}_1] \begin{bmatrix} \mathbf{u} \\ \mathbf{u}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 \\ \frac{\partial}{\partial z} & \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u^* \\ w^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w \\ \theta_y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & z \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w' \\ \theta_y' \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B}_0 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (14) \quad \mathbf{B}_1 = \begin{bmatrix} 0 & z \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (15)$$



2.3. ECUACIONES CONSTITUTIVAS.

Las ecuaciones constitutivas relacionan tensiones con las deformaciones.

Considerando, como es habitual, un material homogéneo, elástico e isotropo , el vector de tensiones lo podemos poner como:

$$\mathbf{s}^*(x, y, z) = \begin{bmatrix} \sigma_x^* \\ \sigma_y^* \\ \sigma_z^* \\ \tau_{xy}^* \\ \tau_{xz}^* \\ \tau_{yz}^* \end{bmatrix} = \mathbf{C} \cdot \mathbf{e}^*(x, y, z) \quad (16)$$

siendo:

$$\mathbf{C} = 2G \begin{bmatrix} 1+\alpha & \alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 \\ \alpha & 1+\alpha & \alpha & 0 & 0 & 0 \\ \alpha & \alpha & 1+\alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/2 \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (18)$$

$$\alpha = \frac{\nu}{1-2\nu} \quad (19)$$

En el caso particular de flexión pura -hipótesis cinemática (3)- :

$$\mathbf{s}^* = \begin{bmatrix} \sigma_x^* \\ \tau_{xz}^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E & 0 \\ 0 & G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_x^* \\ \gamma_{xz}^* \end{bmatrix} \quad (20)$$

2.4. ENERGÍA INTERNA DE DEFORMACION. OPERADOR \mathbf{D}

Sea U^* la densidad de energía de deformación de la viga. Para un material hiperelástico y lineal, aplicando la fórmula de Clapeyron:

$$U^* = \frac{1}{2} \mathbf{s}^{*T} \mathbf{e}^* = \frac{1}{2} \mathbf{e}^{*T} \mathbf{C} \mathbf{e}^* = \frac{1}{2} \mathbf{V}^T (\mathbf{B}^T \mathbf{C} \mathbf{B}) \mathbf{V} \quad (21)$$

Luego la energía interna de deformación es:

$$U = \int_V U^* dV = \int_V U^* dx dy dz = \frac{1}{2} \int_{\Gamma} \left(\int_{A_s} \mathbf{V}^T (\mathbf{B}^T \mathbf{C} \mathbf{B}) \mathbf{V} dy dz \right) dx = \frac{1}{2} \int_{\Gamma} \mathbf{V}^T \mathbf{D} \mathbf{V} dx \quad (22)$$

siendo:

$$\mathbf{D} = \int_{A_s} \mathbf{B}^T \mathbf{C} \mathbf{B} dy dz \quad (23)$$

(Γ es la directriz de la viga y A_s la sección transversal. En general $\mathbf{D} = \mathbf{D}(x)$)

Si expresamos el operador \mathbf{D} en las siguientes submatrices:



$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} \mathbf{D}_{00} & \mathbf{D}_{01} \\ \mathbf{D}_{10} & \mathbf{D}_{11} \end{bmatrix} \quad (24)$$

$$\mathbf{D}_{00} = \int_{As} \mathbf{B}_0^T \mathbf{C} \mathbf{B}_0 dydz \quad (25)$$

$$\mathbf{D}_{01} = \int_{As} \mathbf{B}_0^T \mathbf{C} \mathbf{B}_1 dydz = \mathbf{D}_{10}^T \quad (26)$$

$$\mathbf{D}_{11} = \int_{As} \mathbf{B}_1^T \mathbf{C} \mathbf{B}_1 dydz \quad (27)$$

En el caso particular de flexión pura -hipótesis cinemática (3)- y viga de sección constante:

$$\mathbf{D}_{00} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & GA \end{bmatrix} \quad (28)$$

$$\mathbf{D}_{01} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ GA & 0 \end{bmatrix} = \mathbf{D}_{10}^T \quad (29)$$

$$\mathbf{D}_{11} = \begin{bmatrix} GA & 0 \\ 0 & EI_y \end{bmatrix} \quad (30)$$

2.5. ECUACIONES DE EQUILIBRIO EN FORMULACIÓN MIXTA. OPERADOR \mathbf{W} (WRONSKIANO)

En formulación mixta nuestras incógnitas son fuerzas (esfuerzos generalizados) y desplazamientos (desplazamientos generalizados). Si denominamos VECTOR ESTADO (\mathbf{E}) a nuestras incógnitas:

$$\mathbf{E} = \begin{bmatrix} \mathbf{u} \\ \mathbf{f} \end{bmatrix} \quad (31)$$

Las ecuaciones de equilibrio (formulación mixta) las podemos expresar como:

$$\frac{d\mathbf{E}}{dx} = \mathbf{W}\mathbf{E} - \mathbf{F} \quad (32) \quad \mathbf{F} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{Q} \end{bmatrix} \quad (33) \quad \mathbf{Q} = \text{fuerzas generalizadas (cargas aplicadas)}$$

siendo \mathbf{W} el operador wronskiano. Este operador se obtiene a partir del operador \mathbf{D} :

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} -\mathbf{D}_{11}^{-1}\mathbf{D}_{10} & \mathbf{D}_{11}^{-1} \\ \mathbf{D}_{00} - \mathbf{D}_{11}\mathbf{D}_{11}^{-1}\mathbf{D}_{10} & \mathbf{D}_{01}\mathbf{D}_{11}^{-1} \end{bmatrix} \quad (34)$$

NOTA: La ecuación (32) es un sistema de 2n ecuaciones diferenciales ordinarias (n es el número de componentes en los desplazamientos generalizados del modelo utilizado).

En el caso particular de flexión pura -hipótesis cinemática (3) n=2 - y viga de sección constante :

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 1/GA & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/EI_y \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (35)$$

2.6. ANALISIS GENERAL DEL PROBLEMA CUANDO \mathbf{W} ES DE COEFICIENTES CONSTANTES. OPERADOR FUNDAMENTAL. OPERADOR DE TRANSFERENCIA.



Tenemos el sistema de $2n$ ecuaciones diferenciales ordinarias:

$$\mathbf{E}' = \mathbf{WE} - \mathbf{F}$$

Resolvemos el sistema de ecuaciones homogéneo asociado:

$$\mathbf{E}' = \mathbf{WE} \quad (36)$$

Sea $\mathbf{E}_H(x)$ la solución general del problema no homogéneo. Esta la podemos expresar como:

$$\mathbf{E}_H(x) = \Phi(x)\mathbf{K}$$

siendo Φ el OPERADOR FUNDAMENTAL (no es más que una matriz que tiene ordenadas por columnas $2n$ soluciones linealmente independientes del problema homogéneo) y \mathbf{K} es el vector que contiene las constantes de integración.

Sea $\mathbf{E}_0 = \mathbf{E}_H(x=0) = \Phi_0\mathbf{K}$ ($x=0$ es el extremo frontal- origen- de la viga)

Entonces:

$$\mathbf{K} = \Phi_0^{-1}\mathbf{E}_0$$

Con lo que la solución del problema homogéneo está determinada:

$$\mathbf{E}_H(x) = (\Phi(x)\Phi_0^{-1})\mathbf{E}_0 = \mathbf{G}(x)\mathbf{E}_0 \quad (37)$$

siendo :

$$\boxed{\mathbf{G}(x) = \Phi(x)\Phi_0^{-1}} \quad (38)$$

el OPERADOR DE TRANSFERENCIA. Este operador tiene las siguientes propiedades:

$$\mathbf{G}(0) = \mathbf{I}$$

$$\mathbf{G}(-x) = \mathbf{G}^{-1}(x)$$

$$\mathbf{G}(x-t) = \mathbf{G}(x)\mathbf{G}^{-1}(t)$$

Una vez resuelto el problema homogéneo nos falta resolver el problema inicial (no homogéneo). Si la carga es puntual:

$$\mathbf{E}(x) = \mathbf{G}(x)\mathbf{E}_0 - \mathbf{G}(x-t)\mathbf{F} \quad (39)$$

y si la carga es distribuída :

$$\mathbf{E}(x) = \mathbf{G}(x)\mathbf{E}_0 - \int_{t=0}^x \mathbf{G}(x-t)\mathbf{F}dt \quad (40)$$



2.6.1. RESOLUCIÓN DE UN SISTEMA HOMOGÉNEO DE ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS LINEAL DE COEFICIENTES CONSTANTES.

Sea el sistema homogéneo de ecuaciones diferenciales ordinarias lineal de orden n :

$$\left. \begin{aligned} x_1'(t) &= a_{11}x_1(t) + \dots + a_{1n}x_n(t) \\ &\vdots \\ x_n'(t) &= a_{n1}x_1(t) + \dots + a_{nn}x_n(t) \end{aligned} \right\} \Leftrightarrow \mathbf{x}' = \mathbf{A}\mathbf{x} \quad (41)$$

donde a_{ij} son constantes, t la variable independiente y $x_i(t)$ las funciones incógnita buscadas. ($i,j=1,\dots,n$).

Como sabemos, dada la ecuación diferencial ordinaria : $x'(t) = ax(t)$ tiene como solución $x(t) = ce^{at}$, siendo c una constante arbitraria. Por analogía, se buscan soluciones al problema (41) de la forma:

$$\boxed{\mathbf{x}(t) = e^{\mathbf{A}t} \mathbf{v}} \quad (42)$$

donde el vector \mathbf{v} se ha de determinar.

Debemos definir el concepto de exponencial de una matriz (cuadrada):

Por analogía con la exponencial de un escalar, usando el desarrollo en serie de Taylor:

$$e^a = 1 + a + \frac{1}{2!}a^2 + \frac{1}{3!}a^3 + \dots = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!}a^k$$

se define como exponencial de una matriz cuadrada \mathbf{A} de orden n, a la matriz cuadrada de orden n :

$$\boxed{e^{\mathbf{A}} = \mathbf{I} + \mathbf{A} + \frac{1}{2!}\mathbf{A}^2 + \frac{1}{3!}\mathbf{A}^3 + \dots = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!}\mathbf{A}^k} \quad (43)$$

siendo \mathbf{I} la matriz unidad de orden n.

La exponencial de una matriz tiene las siguientes propiedades:

- $(e^{\mathbf{A}})^{-1} = e^{-\mathbf{A}}$
- $e^{\mathbf{A}(t+s)} = e^{\mathbf{A}t} e^{\mathbf{A}s}$
- $\mathbf{A}e^{\mathbf{A}} = e^{\mathbf{A}}\mathbf{A}$ (44)
- $\frac{d}{dt}e^{\mathbf{A}t} = \mathbf{A}e^{\mathbf{A}t}$
- $e^{\mathbf{A}t+\mathbf{B}t} = e^{\mathbf{A}t} e^{\mathbf{B}t} \Leftrightarrow \mathbf{AB} = \mathbf{BA}$

Entonces:

$$e^{\mathbf{A}t} = \mathbf{I} + t\mathbf{A} + \frac{1}{2!}t^2\mathbf{A}^2 + \frac{1}{3!}t^3\mathbf{A}^3 + \dots = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!}t^k\mathbf{A}^k \quad (45)$$

Además, como $\mathbf{A} = \lambda\mathbf{I} - (\lambda\mathbf{I} - \mathbf{A})$:

$$\boxed{e^{\mathbf{A}t} = e^{t\mathbf{A}} = e^{t[\lambda\mathbf{I} - (\lambda\mathbf{I} - \mathbf{A})]} = e^{\lambda t\mathbf{I}} e^{t(\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I})} = e^{\lambda t} \mathbf{I} e^{t(\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I})} = e^{\lambda t} e^{t(\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I})}} \quad (46)$$



Luego, teniendo en cuenta (42), las funciones buscadas son de la forma:

$$\mathbf{x}(t) = e^{\mathbf{A}t} \mathbf{v} = e^{\lambda t} e^{t(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})} \mathbf{v} = e^{\lambda t} \left[\mathbf{I} + t(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I}) + \frac{t^2}{2!}(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})^2 + \frac{t^3}{3!}(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})^3 + \dots \right] \mathbf{v} = e^{\lambda t} \left[\mathbf{v} + t(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})\mathbf{v} + \frac{t^2}{2!}(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})^2\mathbf{v} + \frac{t^3}{3!}(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})^3\mathbf{v} + \dots \right]$$

(47)

En general, no parece posible expresar esta serie infinita (47) de forma compacta. Pero, siempre se pueden encontrar n vectores \mathbf{v} linealmente independientes para los cuales la serie infinita (47) se puede sumar exactamente.

Sea un entero m tal que $(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})^m \mathbf{v} = \mathbf{0}$. Entonces la serie infinita (47) se trunca en m términos, ya que:

$$(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})^{m+s} \mathbf{v} = (\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})^s [(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})^m \mathbf{v}] = \mathbf{0} \quad \forall s \in \mathbb{N}$$

entonces, la serie (47) quedaría como:

$$\mathbf{x}(t) = e^{\mathbf{A}t} \mathbf{v} = e^{\lambda t} \left[\mathbf{v} + t(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})\mathbf{v} + \frac{t^2}{2!}(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})^2\mathbf{v} + \frac{t^3}{3!}(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})^3\mathbf{v} + \dots + \frac{t^{m-1}}{(m-1)!}(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})^{m-1}\mathbf{v} \right] \quad (48)$$

Esto sugiere el siguiente algoritmo de cálculo para encontrar n soluciones (particulares) linealmente independientes del problema inicial (41):

1. Calcular todos los autovalores y autovectores de la matriz \mathbf{A} :
 - a. AUTOVALORES: Polinomio característico $p(\lambda) = 0 \rightarrow \lambda$ autovalores, siendo:

$$p(\lambda) = |\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I}| \quad (49)$$

- b. AUTOVECTORES: \mathbf{v} Para cada autovalor λ

$$(\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I})\mathbf{v} = \mathbf{0} \quad (50)$$

2. Si $\mathbf{A}_{n \times n}$ tiene exactamente n autovectores linealmente independientes, la serie infinita (47) se reduce a:

$$\mathbf{x}(t) = e^{\mathbf{A}t} \mathbf{v} = e^{\lambda t} \left[\mathbf{v} + t(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})\mathbf{v} + \frac{t^2}{2!}(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})^2\mathbf{v} + \frac{t^3}{3!}(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})^3\mathbf{v} + \dots + \frac{t^{m-1}}{(m-1)!}(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})^{m-1}\mathbf{v} \right] = \{m=1\} = e^{\lambda t} \mathbf{v}$$

$$\boxed{\mathbf{x}(t) = e^{\lambda t} \mathbf{v}} \quad (51) \text{ AUTOFUNCIONES}$$

3. Si $\mathbf{A}_{n \times n}$ sólo tiene $k < n$ autovectores linealmente independientes, entonces sólo hay k soluciones linealmente independientes de la forma:

$$\mathbf{x}(t) = e^{\lambda t} \mathbf{v}$$

Para obtener soluciones adicionales, para cada autovalor de λ de \mathbf{A} , se obtendrán todos los vectores \mathbf{v} de la forma:

$$(\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I})^2 \mathbf{v} = \mathbf{0} \quad (52)$$

pero $(\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I})\mathbf{v} \neq \mathbf{0}$. Para estos vectores \mathbf{v} obtenidos así, se tendrá que:

$$\mathbf{x}(t) = e^{\mathbf{A}t} \mathbf{v} = e^{\lambda t} \left[\mathbf{v} + t(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})\mathbf{v} + \frac{t^2}{2!}(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})^2\mathbf{v} + \frac{t^3}{3!}(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})^3\mathbf{v} + \dots + \frac{t^{m-1}}{(m-1)!}(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})^{m-1}\mathbf{v} \right] = \{m=2\} = e^{\lambda t} [\mathbf{v} + t(\mathbf{A}-\lambda\mathbf{I})\mathbf{v}] \quad (53)$$

Si aún no tenemos n soluciones linealmente independientes, se calcularán todos los vectores \mathbf{v} tales que:



$$(\mathbf{A} - \lambda \mathbf{I})^3 \mathbf{v} = \mathbf{0} \quad (54)$$

pero $(\mathbf{A} - \lambda \mathbf{I})^2 \mathbf{v} \neq \mathbf{0}$. Para estos vectores \mathbf{v} obtenidos así, se tendrá que:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}(t) &= e^{\lambda t} \mathbf{v} = e^{\lambda t} \left[\mathbf{v} + t(\mathbf{A} - \lambda \mathbf{I})\mathbf{v} + \frac{t^2}{2!}(\mathbf{A} - \lambda \mathbf{I})^2 \mathbf{v} + \frac{t^3}{3!}(\mathbf{A} - \lambda \mathbf{I})^3 \mathbf{v} + \dots + \frac{t^{m-1}}{(m-1)!}(\mathbf{A} - \lambda \mathbf{I})^{m-1} \mathbf{v} \right] = \{m=3\} = \\ &= e^{\lambda t} \left[\mathbf{v} + t(\mathbf{A} - \lambda \mathbf{I})\mathbf{v} + \frac{t^2}{2!}(\mathbf{A} - \lambda \mathbf{I})^2 \mathbf{v} + \frac{t^3}{3!}(\mathbf{A} - \lambda \mathbf{I})^3 \mathbf{v} \right] \quad (55) \end{aligned}$$

Se procederá así sucesivamente hasta encontrar las n soluciones linealmente independientes.

NOTA:

Si los autovalores de la matriz $\mathbf{A}_{n \times n}$ son $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ (es decir, n autovalores de multiplicidad 1), y \mathbf{v}_i son los correspondientes autovectores asociados a λ_i , las n soluciones linealmente independientes son, aplicando (51):

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_1(t) &= e^{\lambda_1 t} \mathbf{v}_1 \\ \mathbf{x}_2(t) &= e^{\lambda_2 t} \mathbf{v}_2 \\ &\vdots \\ \mathbf{x}_n(t) &= e^{\lambda_n t} \mathbf{v}_n \end{aligned} \quad (56)$$

Una vez encontrado n soluciones particulares linealmente independientes $\mathbf{x}_i(t)$, la solución a nuestro problema la podemos expresar como:

$$\mathbf{x}(t) = \sum_{i=1}^n \mathbf{x}_i(t) K_i \quad (57)$$

siendo K_i las constantes de integración. La ecuación (57) la podemos expresar matricialmente como:

$$\mathbf{x}(t) = \Phi(t) \mathbf{K} \quad (58)$$

siendo $\Phi(t)$ la MATRIZ FUNDAMENTAL, que es la matriz que tiene ordenada por columnas las n soluciones particulares linealmente independientes, y \mathbf{K} el vector que contiene las constantes de integración:

$$\Phi(t) = [\mathbf{x}_1(t) \quad \mathbf{x}_2(t) \quad \dots \quad \mathbf{x}_n(t)] \quad (59)$$

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ \vdots \\ K_n \end{bmatrix} \quad (60)$$



3.- INTRODUCCION DEL MODELO DE WINKLER EN LA TEORIA GENERAL DE VIGAS. VIGA DE SECCION CONSTANTE A FLEXION PURA EN HIPOTESIS DE NAVIER-BERNOULLI.

En el modelo de Winkler se supone que la resistencia del terreno a la deformación se realiza de una forma similar a la que se da en un fluido:

$$p = -Kw$$

siendo w el descenso de la viga y K el coeficiente o módulo de balasto.

Si estudiamos la energía interna de deformación del sistema viga-suelo y denominando:

$$U = U_V + U_S$$

U = Energía interna de deformación del sistema viga-suelo

U_V = Energía interna de deformación de la viga.

U_S = Energía interna de deformación del suelo.

Para obtener U_s aplicamos la analogía de un muelle :

$$U_S = \int_{\bar{A}} \frac{1}{2} Kw^2 d\bar{A} \quad (\bar{A} \text{ es el área de contacto de la viga})$$

Si b es el ancho de la viga:

$$U_S = \int_{\Gamma} \frac{1}{2} Kw^2 b dx$$

Para que podamos aprovechar toda lo expuesto en la teoría general de vigas debemos introducir la energía interna de deformación del suelo en el operador \mathbf{D} (ver ecuaciones 22, 28,29 y 30), y como es proporcional al cuadrado del desplazamiento w , deberemos introducirla en la fila 1 columna 1 del operador \mathbf{D}_{00} , con lo que el operador \mathbf{D} del sistema viga-suelo quedaría:

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} \mathbf{D}_{00} & \mathbf{D}_{01} \\ \mathbf{D}_{10} & \mathbf{D}_{11} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{D}_{00} = \begin{bmatrix} Kb & 0 \\ 0 & GA \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{D}_{01} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ GA & 0 \end{bmatrix} = \mathbf{D}_{10}^T$$

$$\mathbf{D}_{11} = \begin{bmatrix} GA & 0 \\ 0 & EI_y \end{bmatrix}$$

El operador wronskiano quedará: (ecuación 34)

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 1/GA & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/EI_y \\ Kb & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (61)$$



El sistema de 4 ecuaciones diferenciales ordinarias a resolver es:

$$\frac{d\mathbf{E}}{dx} = \mathbf{WE} - \mathbf{F}$$

es decir:

$$\begin{bmatrix} \frac{dw}{dx} \\ \frac{d\theta_y}{dx} \\ \frac{dQ_z}{dx} \\ \frac{dM_y}{dx} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & \frac{1}{GA} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{EI_y} \\ Kb & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w \\ \theta_y \\ Q_z \\ M_y \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ q_z \\ m_y \end{bmatrix}$$

(62) VIGA ELASTICA CONSIDERANDO DEFORMACION
POR CORTANTE

Resolveremos primero el caso cuando se desprecia la deformación por cortante ($GA=\infty$) :

$$\begin{bmatrix} \frac{dw}{dx} \\ \frac{d\theta_y}{dx} \\ \frac{dQ_z}{dx} \\ \frac{dM_y}{dx} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{EI_y} \\ Kb & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w \\ \theta_y \\ Q_z \\ M_y \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ q_z \\ m_y \end{bmatrix}$$

(63) VIGA ELASTICA CLASICA (SIN CONSIDERAR
DEFORMACION POR CORTANTE: $GA=\infty$)

y en la segunda parte resolveremos el problemas más general (62) considerando la deformación por cortante.

NOTA:

Si la sección es circular de radio R, se puede aplicar todo el desarrollo que estamos haciendo sin más que sustituir b por 2R.



GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23
TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAPITULO II

RESOLUCION DE LA VIGA FLOTANTE DESPRECIANDO LA DEFORMACION POR CORTANTE



1.- RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA HOMOGÉNEO.

Intentamos resolver el siguiente sistema de 4 ecuaciones diferenciales ordinarias de coeficientes constantes:

$$\frac{d\mathbf{E}}{dx} = \mathbf{W}\mathbf{E}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{dw}{dx} \\ \frac{d\theta_y}{dx} \\ \frac{dQ_z}{dx} \\ \frac{dM_y}{dx} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{EI_y} \\ Kb & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w \\ \theta_y \\ Q_z \\ M_y \end{bmatrix}$$

1.1. AUTOVALORES DEL OPERADOR WRONSKIANO:

Recordando lo establecido en la ecuación 49:

$$|\mathbf{W} - \lambda_j \mathbf{I}| = p(\lambda_j) = 0$$

Siendo $p(\lambda_j)$ el denominado POLINOMIO CARACTERISTICO y a sus raíces λ_j AUTOVALORES de la matriz \mathbf{W} . Obtengamos en nuestro caso los autovalores :

$$p(\lambda) = |\mathbf{W} - \lambda \mathbf{I}| = \begin{vmatrix} -\lambda & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -\lambda & 0 & \frac{1}{EI_y} \\ Kb & 0 & -\lambda & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -\lambda \end{vmatrix} = -\lambda \left\{ \begin{vmatrix} -\lambda & 0 & \frac{1}{EI_y} \\ 0 & -\lambda & 0 \\ 0 & 1 & -\lambda \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & 0 & \frac{1}{EI_y} \\ Kb & -\lambda & 0 \\ 0 & 1 & -\lambda \end{vmatrix} \right\} =$$

$$= -\lambda \left\{ -\lambda \begin{vmatrix} -\lambda & 0 \\ 1 & -\lambda \end{vmatrix} + \frac{1}{EI_y} \begin{vmatrix} Kb & -\lambda \\ 0 & 1 \end{vmatrix} \right\} = \lambda^4 + \frac{Kb}{EI_y}$$

$$\boxed{p(\lambda) = \lambda^4 + \frac{Kb}{EI_y}}$$

(64) POLINOMIO CARACTERISTICO DE LA VIGA ELASTICA SIN DEFORMACION POR

CORTANTE

Los AUTOVALORES son las raíces del polinomio característico:

$$\lambda^4 = -\frac{Kb}{EI_y} \Rightarrow \lambda^2 = \pm \sqrt{-\frac{Kb}{EI_y}} = \pm \sqrt{\frac{Kb}{EI_y}} i \quad (i \text{ es la unidad imaginaria})$$

$$\lambda = \pm \sqrt{\pm \sqrt{\frac{Kb}{EI_y}} i}$$



Calculemos \sqrt{i} :

$$\text{Sea } \sqrt{i} = m + ni \rightarrow (m + ni)^2 = i \rightarrow m^2 - n^2 + 2mni \equiv i \Rightarrow m^2 - n^2 = 0 \rightarrow m = n \Rightarrow m = n = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$2mn = 1$$

Luego:

$$\sqrt{i} = \frac{1}{\sqrt{2}}(1 + i)$$

También se tiene que :

$$\sqrt{-i} = \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - i)$$

Entonces:

$$\lambda = \pm \sqrt{\pm \sqrt{\frac{Kb}{EI_y}} i} = \pm \sqrt[4]{\frac{Kb}{EI_y}} \sqrt{\pm i} = \pm \sqrt[4]{\frac{Kb}{EI_y}} \frac{1}{\sqrt{2}}(1 \pm i) = \pm \sqrt[4]{\frac{Kb}{4EI_y}}(1 \pm i)$$

Si llamamos :

$$\boxed{\zeta = \sqrt[4]{\frac{4EI_y}{Kb}}} \quad (65) \quad \text{LONGITUD ELASTICA (dimensionalmente es una longitud)}$$

los 4 autovalores los podemos expresar como:

$$\boxed{\lambda = \pm \frac{1}{\zeta}(1 \pm i)} \quad (66) \quad \text{AUTOVALORES}$$

es decir:

$$\lambda_1 = \frac{1}{\zeta}(1 + i) \quad \lambda_2 = \frac{1}{\zeta}(1 - i)$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{\zeta}(-1 + i) \quad \lambda_4 = \frac{1}{\zeta}(-1 - i)$$

NOTA:

$$\lambda_2 = \bar{\lambda}_1 \quad \lambda_4 = \bar{\lambda}_3$$



1.2. AUTOVECTORES ASOCIADOS A LOS AUTOVALORES.

Puesto que tenemos 4 autovalores (multiplicidad 1), las cuatro autofunciones definidas por (51) constituirán una matriz fundamental. Sea \mathbf{E}_λ el autovector asociado al autovalor λ , entonces se verifica:

$$\mathbf{W}\mathbf{E}_\lambda = \lambda\mathbf{E}_\lambda$$

Si llamamos a las 4 componentes de \mathbf{E}_λ :

$$\mathbf{E}_\lambda = \begin{pmatrix} A \\ B \\ C \\ D \end{pmatrix}$$

se tendrá que:

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{EI_y} \\ Kb & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \end{bmatrix}$$

es decir:

$$-B = \lambda A$$

$$\frac{D}{EI_y} = \lambda B$$

$$KbA = \lambda C$$

$$C = \lambda D$$

Con toda generalidad podemos asignar $A=1$, con lo que el resto de componentes serán:

$$\begin{cases} A = 1 \\ B = -\lambda \\ C = \frac{Kb}{\lambda} \\ D = \frac{Kb}{\lambda^2} \end{cases} \quad (67) \text{ AUTOVECTORES}$$

Calculemos para cada autovalor su autovector correspondiente. Además, como nos va a interesar, descompondremos el autovector en su parte real y su parte imaginaria:

$$\mathbf{E}_\lambda = \Re_\lambda + \Im_\lambda i \quad (68)$$



1.2.1. AUTOVECTOR DE $\lambda_1 = \frac{1}{\zeta}(1+i)$:

$$A=1$$

$$B = -\lambda = \frac{1}{\zeta}(-1-i)$$

$$C = \frac{Kb}{\lambda} = \frac{Kb}{\frac{1}{\zeta}(1+i)} = \frac{Kb\zeta(1-i)}{(1+i)(1-i)} = \frac{Kb\zeta}{2}(1-i)$$

$$D = \frac{Kb}{\lambda^2} = \frac{Kb}{\left(\frac{1}{\zeta}(1+i)\right)^2} = \frac{Kb\zeta^2}{(1+i^2+2i)} = \frac{Kb\zeta^2}{2i} = \frac{Kb\zeta^2}{2i^2} = \frac{-Kb\zeta^2}{2}i$$

Luego:

$$\mathbf{E}_{\lambda_1} = \Re_{\lambda_1} + \Im_{\lambda_1}i = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{-1}{\zeta} \\ \frac{Kb\zeta}{2} \\ 0 \end{bmatrix} + i \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{-1}{\zeta} \\ \frac{-Kb\zeta}{2} \\ \frac{-Kb\zeta^2}{2} \end{bmatrix} \quad (69)$$

1.2.2. AUTOVECTOR DE $\lambda_2 = \frac{1}{\zeta}(1-i)$:

Operando de igual forma que hemos hecho anteriormente:

$$\mathbf{E}_{\lambda_2} = \Re_{\lambda_2} + \Im_{\lambda_2}i = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{-1}{\zeta} \\ \frac{Kb\zeta}{2} \\ 0 \end{bmatrix} + i \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{\zeta} \\ \frac{Kb\zeta}{2} \\ \frac{Kb\zeta^2}{2} \end{bmatrix} = \bar{\mathbf{E}}_{\lambda_1} \quad (70)$$



1.2.3. AUTOVECTOR DE $\lambda_3 = \frac{1}{\zeta}(-1 + i)$:

$$\mathbf{E}_{\lambda_3} = \Re_{\lambda_3} + \Im_{\lambda_3} i = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{1}{\zeta} \\ \frac{-Kb\zeta}{2} \\ 0 \end{bmatrix} + i \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{-1}{\zeta} \\ \frac{-Kb\zeta}{2} \\ \frac{Kb\zeta^2}{2} \end{bmatrix} \quad (71)$$

1.2.4. AUTOVECTOR DE $\lambda_4 = \frac{1}{\zeta}(-1 - i)$:

$$\mathbf{E}_{\lambda_4} = \Re_{\lambda_4} + \Im_{\lambda_4} i = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{1}{\zeta} \\ \frac{-Kb\zeta}{2} \\ 0 \end{bmatrix} + i \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{\zeta} \\ \frac{Kb\zeta}{2} \\ \frac{-Kb\zeta^2}{2} \end{bmatrix} = \overline{\mathbf{E}_{\lambda_3}} \quad (72)$$



1.3. OPERADOR FUNDAMENTAL.

El operador fundamental es una matriz que tiene ordenadas por columnas soluciones particulares linealmente independientes, y dado que hemos obtenido 4 autofunciones linealmente independientes, según 59:

$$\Phi(x) = [\mathbf{E}_1(x) \quad \mathbf{E}_2(x) \quad \mathbf{E}_3(x) \quad \mathbf{E}_4(x)] = [e^{\lambda_1 x} \mathbf{E}_{\lambda_1} \quad e^{\lambda_2 x} \mathbf{E}_{\lambda_2} \quad e^{\lambda_3 x} \mathbf{E}_{\lambda_3} \quad e^{\lambda_4 x} \mathbf{E}_{\lambda_4}] \quad (73)$$

Tengamos en cuenta que nuestras cuatro soluciones $\mathbf{E}_j(x)$ son funciones complejas. Veamos como a partir de estas cuatro soluciones complejas, dado que los autovectores son conjugados dos a dos, pues:

$$\mathbf{E}_{\lambda_2} = \overline{\mathbf{E}_{\lambda_1}}$$

$$\mathbf{E}_{\lambda_4} = \overline{\mathbf{E}_{\lambda_3}}$$

podemos obtener otras cuatro soluciones linealmente independientes (llamémoslas $\mathbf{E}_j^*(x)$) que sólo tienen componentes reales que se obtienen a partir de las funciones iniciales $\mathbf{E}_j(x)$. Para ello nos basaremos en dos propiedades básicas de las ecuaciones diferenciales lineales (en nuestro caso son de coeficientes constantes, y por tanto, lineales):

- Propiedad 1: Si \mathbf{E}_1 y \mathbf{E}_2 son dos soluciones particulares del sistema de ecuaciones $\frac{d\mathbf{E}}{dx} = \mathbf{W}\mathbf{E}$, entonces la función $(\mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2)$ también es solución del sistema de ecuaciones dado.

- Propiedad 2: Si \mathbf{E}_1 es una solución particular del sistema de ecuaciones $\frac{d\mathbf{E}}{dx} = \mathbf{W}\mathbf{E}$ y ω es una constante cualesquiera, entonces la función $(\omega \mathbf{E}_1)$ es también solución del sistema de ecuaciones dado.

Si en nuestras cuatro soluciones obtenidas expresamos el autovalor y el autovector con sus partes real e imaginaria, calculando para cada par de autovalores y autovectores conjugados, y teniendo en cuenta la fórmula de Euler $e^{i\theta} = \cos\theta + i\sin\theta$ (74):

$$\lambda_1 = \frac{1}{\zeta}(1+i) = a+bi \quad \lambda_2 = \frac{1}{\zeta}(1-i) = a-bi \quad (\text{aunque } a=b \text{ en este caso, lo vamos a exponer genérico con } a \text{ y } b)$$

diferentes porque en la parte 2, cuando calculemos la viga elástica considerando la deformación por cortante, será así)

$$\begin{aligned} \mathbf{E}_1 &= e^{\lambda_1 x} \mathbf{E}_{\lambda_1} = e^{\lambda_1 x} (\mathfrak{R}_{\lambda_1} + i\mathfrak{I}_{\lambda_1}) = e^{(a+bi)x} (\mathfrak{R}_{\lambda_1} + i\mathfrak{I}_{\lambda_1}) = e^{ax} e^{bxi} (\mathfrak{R}_{\lambda_1} + i\mathfrak{I}_{\lambda_1}) = \\ &= e^{ax} (\cos(bx) + i\sin(bx)) (\mathfrak{R}_{\lambda_1} + i\mathfrak{I}_{\lambda_1}) = \\ &= e^{ax} [(\cos(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_1} - \sin(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_1}) + i(\sin(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_1} + \cos(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_1})] \quad (75) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{E}_2 &= e^{\lambda_2 x} \mathbf{E}_{\lambda_2} = e^{\lambda_2 x} (\mathfrak{R}_{\lambda_2} + i\mathfrak{I}_{\lambda_2}) = e^{(a-bi)x} (\mathfrak{R}_{\lambda_1} - i\mathfrak{I}_{\lambda_1}) = e^{ax} e^{-bxi} (\mathfrak{R}_{\lambda_1} - i\mathfrak{I}_{\lambda_1}) = \\ &= e^{ax} (\cos(bx) - i\sin(bx)) (\mathfrak{R}_{\lambda_1} - i\mathfrak{I}_{\lambda_1}) = \\ &= e^{ax} [(\cos(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_1} - \sin(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_1}) - i(\sin(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_1} + \cos(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_1})] \quad (76) \end{aligned}$$



Si ahora consideramos la función combinación lineal de las dos anteriores:

$$\mathbf{E}_1^* = \frac{1}{2}(\mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2) \quad (77)$$

En virtud de las dos propiedades enunciadas, esta última función también es solución particular de nuestro problema, pero ahora esta función no tiene términos imaginarios :

$$\mathbf{E}_1^* = e^{ax} \left[(\cos(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_1} - \text{Sen}(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_1}) \right] \quad (78)$$

Análogamente, si consideramos la función combinación lineal :

$$\mathbf{E}_2^* = \frac{1}{2i}(\mathbf{E}_1 - \mathbf{E}_2) \quad (79)$$

también es solución particular de nuestro problema, pero no tiene término imaginario:

$$\mathbf{E}_2^* = e^{ax} \left[(\text{Sen}(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_1} + \cos(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_1}) \right] \quad (80)$$

Operando de igual forma para la otra de parejas conjugadas autovalores y autovectores:

$$\lambda_3 = \frac{1}{\zeta}(-1 + i) = -a + bi \quad \lambda_4 = \frac{1}{\zeta}(-1 - i) = -a - bi$$

$$\mathbf{E}_3 = e^{-ax} \left[(\cos(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_3} - \text{Sen}(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_3}) + i(\text{Sen}(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_3} + \cos(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_3}) \right] \quad (81)$$

$$\mathbf{E}_4 = e^{-ax} \left[(\cos(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_3} - \text{Sen}(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_3}) - i(\text{Sen}(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_3} + \cos(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_3}) \right] \quad (82)$$

$$\mathbf{E}_3^* = \frac{1}{2}(\mathbf{E}_3 + \mathbf{E}_4) = e^{-ax} \left[\cos(bx)\mathfrak{R}_3 - \text{Sen}(bx)\mathfrak{I}_3 \right] \quad (83)$$

$$\mathbf{E}_4^* = \frac{1}{2i}(\mathbf{E}_3 - \mathbf{E}_4) = e^{-ax} \left[\text{Sen}(bx)\mathfrak{R}_3 + \cos(bx)\mathfrak{I}_3 \right] \quad (84)$$

Recordando que en este caso (cuando consideremos la deformación por cortante no lo será) que :

$$a = b = \frac{1}{\zeta}$$

y realizando el cambio de variable:

$$\xi = ax \equiv bx = \frac{x}{\zeta} \quad (85) \quad (\xi \text{ es ADIMENSIONAL, pues } \zeta \text{ tiene dimensión de longitud})$$



Obtengamos el operador fundamental a partir de las ecuaciones linealmente independientes \mathbf{E}_j^* , teniendo en cuenta las ecuaciones (69) y (71) que definen las partes real e imaginaria de los autovectores 1 y 3 respectivamente:

$$\Re_{\lambda_1} = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ \zeta \\ \frac{Kb\zeta}{2} \\ 0 \end{bmatrix} \quad \Im_{\lambda_1} = \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \\ \zeta \\ \frac{-Kb\zeta}{2} \\ \frac{-Kb\zeta^2}{2} \end{bmatrix}$$

$$\Re_{\lambda_3} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \zeta \\ \frac{-Kb\zeta}{2} \\ 0 \end{bmatrix} \quad \Im_{\lambda_3} = \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \\ \zeta \\ \frac{-Kb\zeta}{2} \\ \frac{Kb\zeta^2}{2} \end{bmatrix}$$

$$\Phi(x) = [\mathbf{E}_1^* \quad \mathbf{E}_2^* \quad \mathbf{E}_3^* \quad \mathbf{E}_4^*] = \Phi_{ij} \quad (86)$$

Operando adecuadamente:

COLUMNA 1:

$$\Phi_{11} = e^{\xi} [\cos \xi \cdot 1 - \operatorname{Sen} \xi \cdot 0] = e^{\xi} \cos \xi$$

$$\Phi_{21} = e^{\xi} \left[\cos \xi \cdot \left(\frac{-1}{\zeta}\right) - \operatorname{Sen} \xi \cdot \left(\frac{-1}{\zeta}\right) \right] = \frac{1}{\zeta} e^{\xi} (\operatorname{Sen} \xi - \cos \xi)$$

$$\Phi_{31} = e^{\xi} \left[\cos \xi \cdot \left(\frac{Kb\zeta}{2}\right) - \operatorname{Sen} \xi \cdot \left(\frac{-Kb\zeta}{2}\right) \right] = \frac{Kb\zeta}{2} e^{\xi} (\operatorname{Sen} \xi + \cos \xi)$$

$$\Phi_{41} = e^{\xi} \left[\cos \xi \cdot 0 - \operatorname{Sen} \xi \cdot \left(\frac{-Kb\zeta^2}{2}\right) \right] = \frac{Kb\zeta^2}{2} e^{\xi} \operatorname{Sen} \xi$$



COLUMNA 2:

$$\Phi_{12} = e^{\xi} [\text{Sen } \xi \cdot 1 + \text{Cos } \xi \cdot 0] = e^{\xi} \text{Sen } \xi$$

$$\Phi_{22} = e^{\xi} \left[\text{Sen } \xi \cdot \left(\frac{-1}{\zeta}\right) + \text{Cos } \xi \cdot \left(\frac{-1}{\zeta}\right) \right] = \frac{-1}{\zeta} e^{\xi} (\text{Sen } \xi + \text{Cos } \xi)$$

$$\Phi_{32} = e^{\xi} \left[\text{Sen } \xi \cdot \left(\frac{Kb\zeta}{2}\right) + \text{Cos } \xi \cdot \left(\frac{-Kb\zeta}{2}\right) \right] = \frac{Kb\zeta}{2} e^{\xi} (\text{Sen } \xi - \text{Cos } \xi)$$

$$\Phi_{42} = e^{\xi} \left[\text{Sen } \xi \cdot 0 + \text{Cos } \xi \cdot \left(\frac{-Kb\zeta^2}{2}\right) \right] = \frac{-Kb\zeta^2}{2} e^{\xi} \text{Cos } \xi$$

COLUMNA 3:

$$\Phi_{13} = e^{-\xi} [\text{Cos } \xi \cdot 1 - \text{Sen } \xi \cdot 0] = e^{-\xi} \text{Cos } \xi$$

$$\Phi_{23} = e^{-\xi} \left[\text{Cos } \xi \cdot \left(\frac{1}{\zeta}\right) - \text{Sen } \xi \cdot \left(\frac{-1}{\zeta}\right) \right] = \frac{1}{\zeta} e^{-\xi} (\text{Sen } \xi + \text{Cos } \xi)$$

$$\Phi_{33} = e^{-\xi} \left[\text{Cos } \xi \cdot \left(\frac{-Kb\zeta}{2}\right) - \text{Sen } \xi \cdot \left(\frac{-Kb\zeta}{2}\right) \right] = \frac{Kb\zeta}{2} e^{-\xi} (\text{Sen } \xi - \text{Cos } \xi)$$

$$\Phi_{43} = e^{-\xi} \left[\text{Cos } \xi \cdot 0 - \text{Sen } \xi \cdot \left(\frac{Kb\zeta^2}{2}\right) \right] = \frac{-Kb\zeta^2}{2} e^{-\xi} \text{Sen } \xi$$

COLUMNA 4:

$$\Phi_{14} = e^{-\xi} [\text{Sen } \xi \cdot 1 + \text{Cos } \xi \cdot 0] = e^{-\xi} \text{Sen } \xi$$

$$\Phi_{24} = e^{-\xi} \left[\text{Sen } \xi \cdot \left(\frac{1}{\zeta}\right) + \text{Cos } \xi \cdot \left(\frac{-1}{\zeta}\right) \right] = \frac{1}{\zeta} e^{-\xi} (\text{Sen } \xi - \text{Cos } \xi)$$

$$\Phi_{34} = e^{-\xi} \left[\text{Sen } \xi \cdot \left(\frac{-Kb\zeta}{2}\right) + \text{Cos } \xi \cdot \left(\frac{-Kb\zeta}{2}\right) \right] = \frac{-Kb\zeta}{2} e^{-\xi} (\text{Sen } \xi + \text{Cos } \xi)$$

$$\Phi_{44} = e^{-\xi} \left[\text{Sen } \xi \cdot 0 + \text{Cos } \xi \cdot \left(\frac{Kb\zeta^2}{2}\right) \right] = \frac{Kb\zeta^2}{2} e^{-\xi} \text{Cos } \xi$$



OPERADOR FUNDAMENTAL VIGA ELASTICA SIN DEFORMACION POR CORTANTE

$$\xi = \frac{x}{\zeta}$$

$$\zeta = \sqrt[4]{\frac{4EI_y}{Kb}} \quad b = \text{Ancho viga}$$

$$\Phi(\xi) = \begin{bmatrix} e^{\xi} \text{Cos} \xi & e^{\xi} \text{Sen} \xi & e^{-\xi} \text{Cos} \xi & e^{-\xi} \text{Sen} \xi \\ \frac{1}{\zeta} e^{\xi} (\text{Sen} \xi - \text{Cos} \xi) & \frac{-1}{\zeta} e^{\xi} (\text{Sen} \xi + \text{Cos} \xi) & \frac{1}{\zeta} e^{-\xi} (\text{Sen} \xi + \text{Cos} \xi) & \frac{1}{\zeta} e^{-\xi} (\text{Sen} \xi - \text{Cos} \xi) \\ \frac{Kb\zeta}{2} e^{\xi} (\text{Sen} \xi + \text{Cos} \xi) & \frac{Kb\zeta}{2} e^{\xi} (\text{Sen} \xi - \text{Cos} \xi) & \frac{Kb\zeta}{2} e^{-\xi} (\text{Sen} \xi - \text{Cos} \xi) & \frac{-Kb\zeta}{2} e^{-\xi} (\text{Sen} \xi + \text{Cos} \xi) \\ \frac{Kb\zeta^2}{2} e^{\xi} \text{Sen} \xi & \frac{-Kb\zeta^2}{2} \text{Cos} \xi & \frac{-Kb\zeta^2}{2} e^{-\xi} \text{Sen} \xi & \frac{Kb\zeta^2}{2} e^{-\xi} \text{Cos} \xi \end{bmatrix}$$

(87)



1.4. OPERADOR DE TRANSFERENCIA.

$$\mathbf{G}(\xi) = \Phi(\xi)\Phi_0^{-1} \quad (88)$$

$$\Phi_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ \frac{-1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} & \frac{1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} \\ \frac{Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-kb\zeta}{2} \\ 0 & \frac{-Kb\zeta^2}{2} & 0 & \frac{Kb\zeta^2}{2} \end{bmatrix} \quad (89)$$

$$\Phi_0^{-1} = \frac{1}{\Phi_0} [\text{Adj}(\Phi_0)]^T \quad (90)$$

NOTA: Dada la matriz $B_{ij} \Rightarrow \text{Adj}(B_{ij}) = (-1)^{i+j} \text{Mcpm}(B_{ij})$ siendo Mcpm el menor complementario (es el determinante de la matriz que queda eliminando la fila i y la columna j)

$$\Phi_0 = \det(\Phi_0) = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ \frac{-1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} & \frac{1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} \\ \frac{Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-kb\zeta}{2} \\ 0 & \frac{-Kb\zeta^2}{2} & 0 & \frac{Kb\zeta^2}{2} \end{vmatrix} = 2K^2b^2\zeta^2$$

$$\text{Adj}(\Phi_{11}) = + \begin{vmatrix} \frac{-1}{\zeta} & \frac{1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} \\ \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} \\ \frac{-Kb\zeta^2}{2} & 0 & \frac{Kb\zeta^2}{2} \end{vmatrix} = K^2b^2\zeta^3$$



$$Adj(\Phi_{12}) = - \begin{vmatrix} \frac{-1}{\zeta} & \frac{1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} \\ \frac{Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} \\ 0 & 0 & \frac{Kb\zeta^2}{2} \end{vmatrix} = 0$$

$$Adj(\Phi_{13}) = + \begin{vmatrix} \frac{-1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} \\ \frac{Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} \\ 0 & \frac{-Kb\zeta^2}{2} & \frac{Kb\zeta^2}{2} \end{vmatrix} = K^2 b^2 \zeta^3$$

$$Adj(\Phi_{14}) = - \begin{vmatrix} \frac{-1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} & \frac{1}{\zeta} \\ \frac{Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} \\ 0 & \frac{-Kb\zeta^2}{2} & 0 \end{vmatrix} = 0$$

$$Adj(\Phi_{21}) = - \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} \\ \frac{-Kb\zeta^2}{2} & 0 & \frac{Kb\zeta^2}{2} \end{vmatrix} = -K^2 b^2 \zeta^3$$

$$Adj(\Phi_{22}) = + \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ \frac{Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} \\ 0 & 0 & \frac{Kb\zeta^2}{2} \end{vmatrix} = \frac{-K^2 b^2 \zeta^3}{2}$$

$$Adj(\Phi_{23}) = - \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \frac{Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} \\ 0 & \frac{-Kb\zeta^2}{2} & \frac{Kb\zeta^2}{2} \end{vmatrix} = \frac{K^2 b^2 \zeta^3}{2}$$



$$Adj(\Phi_{24}) = + \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ \frac{Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} \\ 0 & \frac{-Kb\zeta^2}{2} & 0 \end{vmatrix} = \frac{-K^2b^2\zeta^3}{2}$$

$$Adj(\Phi_{31}) = + \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ \frac{-1}{\zeta} & \frac{1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} \\ \frac{-Kb\zeta^2}{2} & 0 & \frac{Kb\zeta^2}{2} \end{vmatrix} = Kb\zeta$$

$$Adj(\Phi_{32}) = - \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ \frac{-1}{\zeta} & \frac{1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} \\ 0 & 0 & \frac{Kb\zeta^2}{2} \end{vmatrix} = -Kb\zeta$$

$$Adj(\Phi_{33}) = + \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \frac{-1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} \\ 0 & \frac{-Kb\zeta^2}{2} & \frac{Kb\zeta^2}{2} \end{vmatrix} = -Kb\zeta$$

$$Adj(\Phi_{34}) = - \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ \frac{-1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} & \frac{1}{\zeta} \\ 0 & \frac{-Kb\zeta^2}{2} & 0 \end{vmatrix} = -Kb\zeta$$



$$Adj(\Phi_{41}) = - \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ \frac{-1}{\zeta} & \frac{1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} \\ \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} \end{vmatrix} = 0$$

$$Adj(\Phi_{42}) = + \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ \frac{-1}{\zeta} & \frac{1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} \\ \frac{Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} \end{vmatrix} = -2Kb$$

$$Adj(\Phi_{43}) = - \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \frac{-1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} \\ \frac{Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} \end{vmatrix} = 0$$

$$Adj(\Phi_{44}) = + \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ \frac{-1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} & \frac{1}{\zeta} \\ \frac{Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} \end{vmatrix} = 2Kb$$



Luego, según la ecuación (90):

$$\Phi_0^{-1} = \frac{1}{2K^2b^2\zeta^3} \begin{bmatrix} K^2b^2\zeta^3 & \frac{-K^2b^2\zeta^3}{2} & Kb\zeta & 0 \\ 0 & \frac{-K^2b^2\zeta^3}{2} & -Kb\zeta & -2Kb \\ \frac{K^2b^2\zeta^3}{2} & -Kb\zeta & 0 & 0 \\ 0 & \frac{-K^2b^2\zeta^3}{2} & -Kb\zeta & 2Kb \end{bmatrix}$$

Operando:

$$\Phi_0^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{-\zeta}{4} & \frac{1}{2Kb\zeta} & 0 \\ 0 & \frac{-\zeta}{4} & \frac{-1}{2Kb\zeta} & \frac{-1}{Kb\zeta^2} \\ \frac{1}{2} & \frac{\zeta}{4} & \frac{-1}{2Kb\zeta} & 0 \\ 0 & \frac{-\zeta}{4} & \frac{-1}{2Kb\zeta} & \frac{1}{Kb\zeta^2} \end{bmatrix} \quad (91)$$

Podemos comprobar que $\Phi_0\Phi_0^{-1} = \mathbf{I}$

$$\Phi_0\Phi_0^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ \frac{-1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} & \frac{1}{\zeta} & \frac{-1}{\zeta} \\ \frac{Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} & \frac{-Kb\zeta}{2} \\ 0 & \frac{-Kb\zeta^2}{2} & 0 & \frac{Kb\zeta^2}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{-\zeta}{4} & \frac{1}{2Kb\zeta} & 0 \\ 0 & \frac{-\zeta}{4} & \frac{-1}{2Kb\zeta} & \frac{-1}{Kb\zeta^2} \\ \frac{1}{2} & \frac{\zeta}{4} & \frac{-1}{2Kb\zeta} & 0 \\ 0 & \frac{-\zeta}{4} & \frac{-1}{2Kb\zeta} & \frac{1}{Kb\zeta^2} \end{bmatrix} = \mathbf{I}$$



Pasemos a calcular el operador de transferencia:

$$\mathbf{G}(\xi) = \Phi(\xi)\Phi_0^{-1} = G_{ij}$$

NOTA: Funciones hiperbólicas : $Cha = \frac{e^a + e^{-a}}{2}$ $Sha = \frac{e^a - e^{-a}}{2}$

$$G_{11} = e^{\xi} \cos \xi \frac{1}{2} + e^{\xi} \operatorname{Sen} \xi \cdot 0 + e^{-\xi} \cos \xi \frac{1}{2} + e^{-\xi} \operatorname{Sen} \xi \cdot 0 = \frac{1}{2} \cos \xi (e^{\xi} + e^{-\xi}) = Ch \xi \cos \xi$$

$$G_{12} = e^{\xi} \cos \xi \frac{-\zeta}{4} + e^{\xi} \operatorname{Sen} \xi \cdot \frac{-\zeta}{4} + e^{-\xi} \cos \xi \frac{\zeta}{4} + e^{-\xi} \operatorname{Sen} \xi \frac{-\zeta}{4} = \frac{\zeta}{4} [\cos \xi (-e^{\xi} + e^{-\xi}) + \operatorname{Sen} \xi (-e^{\xi} - e^{-\xi})] = \frac{-\zeta}{2} [Sh \xi \cos \xi + Ch \xi \operatorname{Sen} \xi]$$

$$G_{13} = e^{\xi} \cos \xi \frac{1}{2Kb\zeta} + e^{\xi} \operatorname{Sen} \xi \cdot \frac{-1}{2Kb\zeta} + e^{-\xi} \cos \xi \frac{-1}{2Kb\zeta} + e^{-\xi} \operatorname{Sen} \xi \frac{-1}{2Kb\zeta} =$$

$$= \frac{1}{2Kb\zeta} [\cos \xi (e^{\xi} - e^{-\xi}) - \operatorname{Sen} \xi (e^{\xi} + e^{-\xi})] = \frac{1}{Kb\zeta} [Sh \xi \cos \xi - Ch \xi \operatorname{Sen} \xi]$$

$$G_{14} = e^{\xi} \cos \xi \cdot 0 + e^{\xi} \operatorname{Sen} \xi \cdot \frac{-1}{Kb\zeta^2} + e^{-\xi} \cos \xi \cdot 0 + e^{-\xi} \operatorname{Sen} \xi \frac{1}{Kb\zeta^2} = \frac{1}{Kb\zeta^2} \operatorname{Sen} \xi (-e^{\xi} + e^{-\xi}) = \frac{-2}{Kb\zeta^2} Sh \xi \operatorname{Sen} \xi$$

$$G_{21} = \frac{1}{\zeta} e^{\xi} (\operatorname{Sen} \xi - \cos \xi) \frac{1}{2} + \frac{1}{\zeta} e^{-\xi} (\cos \xi + \operatorname{Sen} \xi) \frac{1}{2} = \frac{1}{\zeta} [Ch \xi \operatorname{Sen} \xi - Sh \xi \cos \xi]$$

$$G_{22} = \frac{1}{\zeta} e^{\xi} (\operatorname{Sen} \xi - \cos \xi) \frac{-\zeta}{4} - \frac{1}{\zeta} e^{\xi} (\operatorname{Sen} \xi + \cos \xi) \cdot \frac{-\zeta}{4} + \frac{1}{\zeta} e^{-\xi} (\operatorname{Sen} \xi + \cos \xi) \frac{\zeta}{4} + \frac{1}{\zeta} e^{-\xi} (\operatorname{Sen} \xi - \cos \xi) \frac{-\zeta}{4} =$$

$$= \frac{1}{4} [\cos \xi (e^{\xi} + e^{\xi} + e^{-\xi} + e^{-\xi}) + \operatorname{Sen} \xi (-e^{\xi} + e^{\xi} + e^{-\xi} - e^{-\xi})] = Ch \xi \cos \xi$$

$$G_{23} = \frac{1}{\zeta} e^{\xi} (\operatorname{Sen} \xi - \cos \xi) \frac{1}{2Kb\zeta} + \frac{1}{\zeta} e^{\xi} (\operatorname{Sen} \xi + \cos \xi) \cdot \frac{1}{2Kb\zeta} - \frac{1}{\zeta} e^{-\xi} (\operatorname{Sen} \xi + \cos \xi) \frac{1}{2Kb\zeta} - \frac{1}{\zeta} e^{-\xi} (\operatorname{Sen} \xi - \cos \xi) \frac{1}{2Kb\zeta} =$$

$$= \frac{1}{2Kb\zeta^2} [\cos \xi (-e^{\xi} + e^{\xi} - e^{-\xi} + e^{-\xi}) + \operatorname{Sen} \xi (e^{\xi} + e^{\xi} - e^{-\xi} - e^{-\xi})] = \frac{2}{Kb\zeta^2} Sh \xi \operatorname{Sen} \xi$$

$$G_{24} = \frac{1}{\zeta} e^{\xi} (\operatorname{Sen} \xi + \cos \xi) \cdot \frac{1}{Kb\zeta^2} + \frac{1}{\zeta} e^{-\xi} (\operatorname{Sen} \xi - \cos \xi) \frac{1}{Kb\zeta^2} = \frac{1}{Kb\zeta^3} [\cos \xi (e^{\xi} - e^{-\xi}) + \operatorname{Sen} \xi (e^{\xi} + e^{-\xi})] =$$

$$= \frac{2}{Kb\zeta^3} [Ch \xi \operatorname{Sen} \xi + Sh \xi \cos \xi]$$



$$G_{31} = \frac{Kb\zeta}{4} e^{\xi} (\text{Sen}\xi + \text{Cos}\xi) + \frac{Kb\zeta}{4} e^{-\xi} (\text{Sen}\xi - \text{Cos}\xi) = \frac{Kb\zeta}{2} [\text{Sh}\xi \text{Cos}\xi + \text{Ch}\xi \text{Sen}\xi]$$

$$G_{32} = \frac{-Kb\zeta^2}{8} e^{\xi} (\text{Sen}\xi + \text{Cos}\xi) - \frac{Kb\zeta^2}{8} e^{\xi} (\text{Sen}\xi - \text{Cos}\xi) + \frac{Kb\zeta^2}{8} e^{-\xi} (\text{Sen}\xi - \text{Cos}\xi) + \frac{Kb\zeta^2}{8} e^{-\xi} (\text{Sen}\xi + \text{Cos}\xi) = \\ = \frac{Kb\zeta^2}{8} [\text{Cos}\xi(-e^{\xi} + e^{\xi} - e^{-\xi} + e^{-\xi}) + \text{Sen}\xi(-e^{\xi} - e^{\xi} + e^{-\xi} + e^{-\xi})] = \frac{-Kb\zeta^2}{2} \text{Sh}\xi \text{Sen}\xi$$

$$G_{33} = \frac{1}{4} e^{\xi} (\text{Sen}\xi + \text{Cos}\xi) - \frac{1}{4} e^{\xi} (\text{Sen}\xi - \text{Cos}\xi) - \frac{1}{4} e^{-\xi} (\text{Sen}\xi - \text{Cos}\xi) + \frac{1}{4} e^{-\xi} (\text{Sen}\xi + \text{Cos}\xi) = \\ = \frac{1}{4} [\text{Sen}\xi(e^{\xi} - e^{\xi} - e^{-\xi} + e^{-\xi}) + \text{Cos}\xi(e^{\xi} + e^{\xi} + e^{-\xi} + e^{-\xi})] = \text{Ch}\xi \text{Cos}\xi$$

$$G_{34} = \frac{-1}{2\zeta} e^{\xi} (\text{Sen}\xi - \text{Cos}\xi) - \frac{1}{2\zeta} e^{-\xi} (\text{Sen}\xi + \text{Cos}\xi) = \frac{1}{2\zeta} [\text{Cos}\xi(e^{\xi} - e^{-\xi}) - \text{Sen}\xi(e^{\xi} + e^{-\xi})] = \frac{1}{\zeta} [\text{Sh}\xi \text{Cos}\xi - \text{Ch}\xi \text{Sen}\xi]$$

$$G_{41} = \frac{Kb\zeta^2}{4} e^{\xi} \text{Sen}\xi - \frac{Kb\zeta^2}{4} e^{-\xi} \text{Sen}\xi = \frac{Kb\zeta^2}{4} \text{Sen}\xi(e^{\xi} - e^{-\xi}) = \frac{Kb\zeta^2}{2} \text{Sh}\xi \text{Sen}\xi$$

$$G_{42} = \frac{-Kb\zeta^3}{8} e^{\xi} \text{Sen}\xi + \frac{Kb\zeta^3}{8} e^{\xi} \text{Cos}\xi - \frac{Kb\zeta^3}{8} e^{-\xi} \text{Sen}\xi - \frac{Kb\zeta^3}{8} e^{-\xi} \text{Cos}\xi = \frac{Kb\zeta^3}{8} [\text{Cos}\xi(e^{\xi} - e^{-\xi}) - \text{Sen}\xi(e^{\xi} + e^{-\xi})] = \\ = \frac{Kb\zeta^3}{4} [\text{Sh}\xi \text{Cos}\xi - \text{Ch}\xi \text{Sen}\xi]$$

$$G_{43} = \frac{\zeta}{4} e^{\xi} \text{Sen}\xi + \frac{\zeta}{4} e^{\xi} \text{Cos}\xi + \frac{\zeta}{4} e^{-\xi} \text{Sen}\xi - \frac{\zeta}{4} e^{-\xi} \text{Cos}\xi = \frac{\zeta}{4} [\text{Sen}\xi(e^{\xi} + e^{-\xi}) + \text{Cos}\xi(e^{\xi} - e^{-\xi})] = \frac{\zeta}{2} [\text{Ch}\xi \text{Sen}\xi + \text{Sh}\xi \text{Cos}\xi]$$

$$G_{44} = \frac{1}{2} e^{\xi} \text{Cos}\xi + \frac{1}{2} e^{-\xi} \text{Cos}\xi = \text{Ch}\xi \text{Cos}\xi$$

Por tanto, el operador de transferencia queda:



OPERADOR DE TRANSFERENCIA VIGA ELASTICA SIN DEFORMACION POR CORTANTE

$$\xi = \frac{x}{\zeta}$$

$$\zeta = \sqrt[4]{\frac{4EI_y}{Kb}} \quad b = \text{Ancho viga}$$

$$\mathbf{G}(\xi) = \begin{bmatrix} Ch_{\xi}Cos_{\xi} & \frac{-\zeta}{2}[Sh_{\xi}Cos_{\xi} + Ch_{\xi}Sen_{\xi}] & \frac{1}{Kb\zeta}[Sh_{\xi}Cos_{\xi} - Ch_{\xi}Sen_{\xi}] & \frac{-2}{Kb\zeta^2}Sh_{\xi}Sen_{\xi} \\ \frac{1}{\zeta}(Ch_{\xi}Sen_{\xi} - Sh_{\xi}Cos_{\xi}) & Ch_{\xi}Cos_{\xi} & \frac{2}{Kb\zeta^2}Sh_{\xi}Sen_{\xi} & \frac{2}{Kb\zeta^3}[Sh_{\xi}Cos_{\xi} + Ch_{\xi}Sen_{\xi}] \\ \frac{Kb\zeta}{2}(Sh_{\xi}Cos_{\xi} + Ch_{\xi}Sen_{\xi}) & \frac{-Kb\zeta^2}{2}Sh_{\xi}Sen_{\xi} & Ch_{\xi}Cos_{\xi} & \frac{1}{\zeta}[Sh_{\xi}Cos_{\xi} - Ch_{\xi}Sen_{\xi}] \\ \frac{Kb\zeta^2}{2}Sh_{\xi}Sen_{\xi} & \frac{Kb\zeta^3}{4}[Sh_{\xi}Cos_{\xi} - Ch_{\xi}Sen_{\xi}] & \frac{\zeta}{2}[Sh_{\xi}Cos_{\xi} + Ch_{\xi}Sen_{\xi}] & Ch_{\xi}Cos_{\xi} \end{bmatrix}$$

(92)



2.- RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA NO HOMOGÉNEO EN ALGUNOS CASOS PARTICULARES DE CARGAMENTO.

Vamos a resolver el problema no homogéneo:

$$\frac{d\mathbf{E}}{dx} = \mathbf{W}\mathbf{E} - \mathbf{F}$$

en algunos casos particulares de cargamento. La solución al problema no homogéneo queda definida por las ecuaciones (39) y (40):

CARGAS PUNTUALES:

$$\mathbf{E}(x) = \mathbf{G}(x)\mathbf{E}_0 - \mathbf{G}(x-t)\mathbf{F}$$

CARGAS CONTINUAS:

$$\mathbf{E}(x) = \mathbf{G}(x)\mathbf{E}_0 - \int_{t=0}^x \mathbf{G}(x-t)\mathbf{F}(t)dt$$

debemos tener en cuenta que si realizamos el cambio de variable:

$$\xi = \frac{x}{\zeta} \quad r = \frac{t}{\zeta} \Rightarrow dt = \zeta dr$$

la ecuaciones quedarán:

CARGAS PUNTUALES:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_0 - \mathbf{G}(\xi-r)\mathbf{F} \quad (93)$$

CARGAS CONTINUAS:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_0 - \zeta \int_{r=0}^{\xi} \mathbf{G}(\xi-r)\mathbf{F}(r)dr \quad (94)$$

Los casos particulares que vamos a analizar son:

- 1.- Viga apoyada sobre el terreno sin coacciones en los extremos y cargada con carga puntual.
- 2.- Viga apoyada sobre el terreno sin coacciones en los extremos y cargada con carga distribuida uniforme.
- 3.- Viga apoyada sobre el terreno empotrada en los extremos y cargada con carga puntual.
- 4.- Viga apoyada sobre el terreno empotrada en los extremos y cargada con carga distribuida uniforme.



2.1. VIGA ELÁSTICA SIN COACCIONES EN LOS EXTREMOS CON CARGA PUNTUAL.

Sea una viga recta de longitud L sometida a una carga puntual P situada a una distancia a del extremo frontal (1) y, por tanto, a una distancia $b=L-a$ del extremo dorsal (2).

$$L = a + b$$

$$\xi = \frac{x}{\zeta} \quad \xi_a = \frac{a}{\zeta} \quad \xi_b = \frac{b}{\zeta} \quad \xi_L = \frac{L}{\zeta} \quad \xi_L = \xi_a + \xi_b$$

El vector estado en el extremo 1 (frontal) y en el extremo 2 (dorsal) son:

$$\mathbf{E}_1 = \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{E}_2 = \begin{bmatrix} w_2 \\ \theta_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

El vector F es en este caso:

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ P \\ 0 \end{bmatrix} = P \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2.1.1. OBTENCIÓN CONSTANTES DE INTEGRACIÓN.

Si particularizamos la ecuación (93) en el extremo 2, es decir, para $\xi = \xi_L = \frac{L}{\zeta}$:

$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_0 - \mathbf{G}(\xi - r)\mathbf{F}$ (recordemos que \mathbf{E}_0 es el vector estado en el extremo frontal, y que a partir de ahora lo llamaremos \mathbf{E}_1)

al extremo dorsal:

$$\mathbf{E}_2 = \mathbf{E}(\xi = \xi_L) = \mathbf{G}(\xi_L)\mathbf{E}_1 - \mathbf{G}(\xi_L - \xi_a)\mathbf{F} = \mathbf{G}(\xi_L)\mathbf{E}_1 - \mathbf{G}(\xi_b)\mathbf{F}$$

Entonces:



$$\mathbf{E}_2 = \begin{bmatrix} w_2 \\ \theta_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & G_{13} & G_{14} \\ G_{21} & G_{22} & G_{23} & G_{24} \\ G_{31} & G_{32} & G_{33} & G_{34} \\ G_{41} & G_{42} & G_{43} & G_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} - P \begin{bmatrix} \bar{G}_{11} & \bar{G}_{12} & \bar{G}_{13} & \bar{G}_{14} \\ \bar{G}_{21} & \bar{G}_{22} & \bar{G}_{23} & \bar{G}_{24} \\ \bar{G}_{31} & \bar{G}_{32} & \bar{G}_{33} & \bar{G}_{34} \\ \bar{G}_{41} & \bar{G}_{42} & \bar{G}_{43} & \bar{G}_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (95)$$

donde, por comodidad de notación llamamos:

$$G_{ij} = G_{ij}(\xi = \xi_L) \quad \text{y} \quad \bar{G}_{ij} = G_{ij}(\xi = \xi_b)$$

Desarrollando la 3ª fila :

$$0 = G_{31}w_1 + G_{32}\theta_1 - P\bar{G}_{33}$$

Desarrollando la 4ª fila :

$$0 = G_{41}w_1 + G_{42}\theta_1 - P\bar{G}_{43}$$

De estas dos ecuaciones:

$$w_1 = P \frac{G_{32}\bar{G}_{43} - G_{42}\bar{G}_{33}}{G_{32}G_{41} - G_{42}G_{31}} \quad (96)$$

$$\theta_1 = \frac{P\bar{G}_{33} - w_1G_{31}}{G_{32}} \quad (97)$$

Pasemos a calcular estos parámetros:

$$\begin{aligned} \text{➤} \quad G_{32}\bar{G}_{43} &= G_{32}(\xi_L)G_{43}(\xi_b) = \left[-\frac{Kb\xi^2}{2} Sh\xi_L Sen\xi_L \right] \left[\frac{\xi}{2} (Ch\xi_b Sen\xi_b + Sh\xi_b Cos\xi_b) \right] = \\ &= -\frac{Kb\xi^3}{4} Sh\xi_L Sen\xi_L [Ch\xi_b Sen\xi_b + Sh\xi_b Cos\xi_b] \\ \text{➤} \quad G_{42}\bar{G}_{43} &= G_{42}(\xi_L)G_{43}(\xi_b) = \left[\frac{Kb\xi^3}{4} (Sh\xi_L Cos\xi_L - Ch\xi_L Sen\xi_L) \right] [Ch\xi_b Cos\xi_b] = \\ &= \frac{Kb\xi^3}{4} [Sh\xi_L Cos\xi_L - Ch\xi_L Sen\xi_L] Ch\xi_b Cos\xi_b \end{aligned}$$



Si tenemos en cuenta que:

$$\begin{aligned} Ch_{\xi_L} Ch_{\xi_b} &= \frac{1}{2} [Ch(\xi_L + \xi_b) + Ch(\xi_L - \xi_b)] \\ Sh_{\xi_L} Ch_{\xi_b} &= \frac{1}{2} [Sh(\xi_L + \xi_b) + Sh(\xi_L - \xi_b)] \\ Sh_{\xi_L} Sh_{\xi_b} &= \frac{1}{2} [Ch(\xi_L + \xi_b) - Ch(\xi_L - \xi_b)] \end{aligned} \quad (98)$$

y que en este caso: $\xi_L - \xi_b = \xi_a$

$$\begin{aligned} G_{32} \bar{G}_{43} - G_{42} \bar{G}_{33} &= \frac{-Kb\zeta^3}{4} [Sh_{\xi_L} Ch_{\xi_b} Sen_{\xi_L} Sen_{\xi_b} + Sh_{\xi_L} Sh_{\xi_b} Sen_{\xi_L} Cos_{\xi_b} + Sh_{\xi_L} Ch_{\xi_b} Cos_{\xi_L} Cos_{\xi_b} - Ch_{\xi_L} Ch_{\xi_b} Sen_{\xi_L} Cos_{\xi_b}] = \\ &= \frac{-Kb\zeta^3}{8} \{-2Sen_{\xi_L} Cos_{\xi_b} Ch(\xi_L - \xi_b) + [Sen_{\xi_L} Sen_{\xi_b} + Cos_{\xi_L} Cos_{\xi_b}] [Sh(\xi_L + \xi_b) + Sh(\xi_L - \xi_b)]\} = \\ &= \frac{Kb\zeta^3}{4} [Sen_{\xi_L} Ch_{\xi_a} Cos_{\xi_b} - Sh_{\xi_L} Cos_{\xi_a} Ch_{\xi_b}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } G_{32} G_{41} = G_{32}(\xi_L) G_{41}(\xi_L) &= \left[-\frac{Kb\zeta^2}{2} Sh_{\xi_L} Sen_{\xi_L} \right] \left[\frac{Kb\zeta^2}{2} Sh_{\xi_L} Sen_{\xi_L} \right] = \frac{-Kb\zeta^2}{4} Sh^2_{\xi_L} Sen^2_{\xi_L} \\ \text{➤ } G_{42} G_{31} = G_{42}(\xi_L) G_{31}(\xi_L) &= \left[\frac{Kb\zeta^3}{4} (Sh_{\xi_L} Cos_{\xi_L} - Ch_{\xi_L} Sen_{\xi_L}) \right] \left[\frac{Kb\zeta}{2} (Sh_{\xi_L} Cos_{\xi_L} + Ch_{\xi_L} Sen_{\xi_L}) \right] = \\ &= \frac{K^2 b^2 \zeta^4}{8} [Sh^2_{\xi_L} Cos^2_{\xi_L} - Ch^2_{\xi_L} Sen^2_{\xi_L}] \end{aligned}$$

Entonces:

$$G_{32} G_{41} - G_{42} G_{31} = \frac{K^2 b^2 \zeta^4}{8} [Sen^2_{\xi_L} - Sh^2_{\xi_L}]$$

Sustituyendo en (96):

$$w_1 = P \frac{G_{32} \bar{G}_{43} - G_{42} \bar{G}_{33}}{G_{32} G_{41} - G_{42} G_{31}} = P \frac{\frac{Kb\zeta^3}{4} [Sen_{\xi_L} Ch_{\xi_a} Cos_{\xi_b} - Sh_{\xi_L} Cos_{\xi_a} Ch_{\xi_b}]}{\frac{K^2 b^2 \zeta^4}{8} [Sen^2_{\xi_L} - Sh^2_{\xi_L}]} = P \frac{2}{Kb\zeta} \frac{Sh_{\xi_L} Cos_{\xi_a} Ch_{\xi_b} - Sen_{\xi_L} Ch_{\xi_a} Cos_{\xi_b}}{Sen^2_{\xi_L} - Sh^2_{\xi_L}}$$

Si llamamos A a la constante:

$$A = 2 \frac{Sh_{\xi_L} Cos_{\xi_a} Ch_{\xi_b} - Sen_{\xi_L} Ch_{\xi_a} Cos_{\xi_b}}{Sen^2_{\xi_L} - Sh^2_{\xi_L}} \quad (99)$$

$$w_1 = P \frac{A}{Kb\zeta} \quad (100)$$

$$\text{➤ } \bar{G}_{33} P - G_{31} w_1 = P Ch_{\xi_b} Cos_{\xi_b} - \frac{Kb\zeta}{2} [Sh_{\xi_L} Cos_{\xi_L} + Ch_{\xi_L} Sen_{\xi_L}] \frac{PA}{Kb\zeta} = P \left[Ch_{\xi_b} Cos_{\xi_b} - \frac{A}{2} (Sh_{\xi_L} Cos_{\xi_L} + Ch_{\xi_L} Sen_{\xi_L}) \right]$$



Luego:

$$\theta_1 = \frac{\overline{PG}_{33} - w_1 G_{31}}{G_{32}} = \frac{P \left[Ch \xi_b \cos \xi_b - \frac{A}{2} (Sh \xi_L \cos \xi_L + Ch \xi_L \operatorname{Sen} \xi_L) \right]}{\frac{-Kb \zeta^2}{2} Sh \xi_L \operatorname{Sen} \xi_L} = \frac{2P}{Kb \zeta^2} \frac{\frac{A}{2} [Sh \xi_L \cos \xi_L + Ch \xi_L \operatorname{Sen} \xi_L] - Ch \xi_b \cos \xi_b}{Sh \xi_L \operatorname{Sen} \xi_L}$$

Si llamamos B a la constante:

$$B = \frac{\frac{A}{2} [Sh \xi_L \cos \xi_L + Ch \xi_L \operatorname{Sen} \xi_L] - Ch \xi_b \cos \xi_b}{Sh \xi_L \operatorname{Sen} \xi_L} \quad (101)$$

$$\theta_1 = \frac{2P}{Kb \zeta^2} B \quad (102)$$

Una vez calculadas las constantes de integración, ya tenemos resuelto el problema :

2.1.2. VECTOR ESTADO:

2.1.2.1 TRAMO $\xi \leq \xi_a$:

En este tramo no hay carga aplicada, por tanto su solución es la del problema homogéneo:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi) \mathbf{E}_1 = \mathbf{E}_H(\xi)$$

Es decir:

$$\mathbf{E}(\xi) = \begin{bmatrix} w(\xi) \\ \theta_y(\xi) \\ Q_z(\xi) \\ M_y(\xi) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(\xi) & G_{12}(\xi) & G_{13}(\xi) & G_{14}(\xi) \\ G_{21}(\xi) & G_{22}(\xi) & G_{23}(\xi) & G_{24}(\xi) \\ G_{31}(\xi) & G_{32}(\xi) & G_{33}(\xi) & G_{34}(\xi) \\ G_{41}(\xi) & G_{42}(\xi) & G_{43}(\xi) & G_{44}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(\xi) & G_{12}(\xi) \\ G_{21}(\xi) & G_{22}(\xi) \\ G_{31}(\xi) & G_{32}(\xi) \\ G_{41}(\xi) & G_{42}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \end{bmatrix} = \mathbf{E}_H(\xi)$$

dónde:

$$w_1 = P \frac{A}{Kb \zeta} \quad A = 2 \frac{Sh \xi_L \cos \xi_a Ch \xi_b - \operatorname{Sen} \xi_L Ch \xi_a \cos \xi_b}{\operatorname{Sen}^2 \xi_L - Sh^2 \xi_L}$$

$$\theta_1 = \frac{2P}{Kb \zeta^2} B \quad B = \frac{\frac{A}{2} [Sh \xi_L \cos \xi_L + Ch \xi_L \operatorname{Sen} \xi_L] - Ch \xi_b \cos \xi_b}{Sh \xi_L \operatorname{Sen} \xi_L}$$

Desarrollándolo por filas:

$$\begin{aligned} w(\xi) &= w_1 Ch \xi \cos \xi - \theta_1 \frac{\zeta}{2} (Sh \xi \cos \xi + Ch \xi \operatorname{Sen} \xi) \\ \theta_y(\xi) &= w_1 \frac{1}{\zeta} [Ch \xi \operatorname{Sen} \xi - Sh \xi \cos \xi] + \theta_1 Ch \xi \cos \xi \\ Q_z(\xi) &= w_1 \frac{Kb \zeta}{2} (Sh \xi \cos \xi + Ch \xi \operatorname{Sen} \xi) - \theta_1 \frac{1}{2} Kb \zeta^2 Sh \xi \operatorname{Sen} \xi \\ M_y(\xi) &= w_1 \frac{1}{2} Kb \zeta^2 Sh \xi \operatorname{Sen} \xi + \theta_1 \frac{Kb \zeta^3}{4} (Sh \xi \cos \xi - Ch \xi \operatorname{Sen} \xi) \end{aligned} \quad (103)$$

VECTOR ESTADO VIGA ELASTICA SIN DEFORMACIÓN POR CORTANTE CON CARGA PUNTUAL,
EN EL TRAMO $\xi \leq \xi_a$: $\mathbf{E}_H(\xi)$



2.1.2.2. TRAMO $\xi \geq \xi_a$:

En este caso:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 - \mathbf{G}(\xi - \xi_a)\mathbf{F} = \mathbf{E}_H(\xi) - \mathbf{G}(\xi - \xi_a)\mathbf{F}$$

$$\mathbf{E}(\xi) = \begin{bmatrix} w(\xi) \\ \theta_y(\xi) \\ Q_z(\xi) \\ M_y(\xi) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(\xi) & G_{12}(\xi) & G_{13}(\xi) & G_{14}(\xi) \\ G_{21}(\xi) & G_{22}(\xi) & G_{23}(\xi) & G_{24}(\xi) \\ G_{31}(\xi) & G_{32}(\xi) & G_{33}(\xi) & G_{34}(\xi) \\ G_{41}(\xi) & G_{42}(\xi) & G_{43}(\xi) & G_{44}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} G_{11}(\xi - \xi_a) & G_{12}(\xi - \xi_a) & G_{13}(\xi - \xi_a) & G_{14}(\xi - \xi_a) \\ G_{21}(\xi - \xi_a) & G_{22}(\xi - \xi_a) & G_{23}(\xi - \xi_a) & G_{24}(\xi - \xi_a) \\ G_{31}(\xi - \xi_a) & G_{32}(\xi - \xi_a) & G_{33}(\xi - \xi_a) & G_{34}(\xi - \xi_a) \\ G_{41}(\xi - \xi_a) & G_{42}(\xi - \xi_a) & G_{43}(\xi - \xi_a) & G_{44}(\xi - \xi_a) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ P \\ 0 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} G_{11}(\xi) & G_{12}(\xi) \\ G_{21}(\xi) & G_{22}(\xi) \\ G_{31}(\xi) & G_{32}(\xi) \\ G_{41}(\xi) & G_{42}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \end{bmatrix} - P \begin{bmatrix} G_{13}(\xi - \xi_a) \\ G_{23}(\xi - \xi_a) \\ G_{33}(\xi - \xi_a) \\ G_{43}(\xi - \xi_a) \end{bmatrix} = \mathbf{E}_H(\xi) - P \begin{bmatrix} G_{13}(\xi - \xi_a) \\ G_{23}(\xi - \xi_a) \\ G_{33}(\xi - \xi_a) \\ G_{43}(\xi - \xi_a) \end{bmatrix}$$

Desarrollando por filas:

$$\begin{aligned} w(\xi) &= w_H(\xi) - P \frac{1}{Kb\zeta} [Sh(\xi - \xi_a)Cos(\xi - \xi_a) - Ch(\xi - \xi_a)Sen(\xi - \xi_a)] \\ \theta_y(\xi) &= \theta_{yH}(\xi) - P \frac{2}{Kb\zeta^2} Sh(\xi - \xi_a)Sen(\xi - \xi_a) \\ Q_z(\xi) &= Q_{zH}(\xi) - PCh(\xi - \xi_a)Cos(\xi - \xi_a) \\ M_y(\xi) &= M_{yH}(\xi) - P \frac{\zeta}{2} [Ch(\xi - \xi_a)Sen(\xi - \xi_a) + Sh(\xi - \xi_a)Cos(\xi - \xi_a)] \end{aligned} \quad (104)$$

VECTOR ESTADO VIGA ELASTICA SIN DEFORMACIÓN POR CORTANTE CON CARGA PUNTUAL,
EN EL TRAMO $\xi \geq \xi_a$

Ya hemos resuelto el problema no homogéneo de una viga apoyada sobre el terreno sin coacciones en los extremos y con una carga puntual aplicada. En una simple hoja de cálculo podemos introducir las funciones desarrolladas y calcular los valores para cada caso que tengamos.



2.2. VIGA ELASTICA SIN COACCIONES EN LOS EXTREMOS CON CARGA REPARTIDA UNIFORME.

Sea una viga de longitud L sometida a una carga q distribuida uniformemente entre unas distancias a y b del extremo frontal ($a < b$). Como sabemos, la solución a este problema viene determinada por la ecuación (94):

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 - \zeta \int_{r=0}^{\xi} \mathbf{G}(\xi-r)\mathbf{F}(r)dr$$

(recordemos que \mathbf{E}_1 es el vector estado en el extremo frontal, que en la introducción lo llamábamos \mathbf{E}_0). Llamemos:

$$\xi = \frac{x}{\zeta} \quad \xi_a = \frac{a}{\zeta} \quad \xi_b = \frac{b}{\zeta} \quad \xi_L = \frac{L}{\zeta}$$

El vector estado en el extremo 1 (frontal) y en el extremo 2 (dorsal) son:

$$\mathbf{E}_1 = \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{E}_2 = \begin{bmatrix} w_2 \\ \theta_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

El vector \mathbf{F} es en este caso:

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ q \\ 0 \end{bmatrix} = q \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2.2.1. OBTENCION CONSTANTES DE INTEGRACIÓN.

Si particularizamos la ecuación (94) en el extremo 2, es decir, para $\xi = \xi_L = \frac{L}{\zeta}$:

$$\mathbf{E}_2 = \mathbf{E}(\xi = \xi_L) = \mathbf{G}(\xi = \xi_L)\mathbf{E}_1 - \zeta \int_{r=0}^{\xi_L} \mathbf{G}(\xi_L - r)\mathbf{F}(r)dr = \mathbf{G}(\xi = \xi_L)\mathbf{E}_1 - \zeta \int_{r=\xi_a}^{\xi_b} \mathbf{G}(\xi_L - r)\mathbf{F}(r)dr \quad (105)$$

Si por comodidad de notación llamamos:

$$G_{ij} = G_{ij}(\xi = \xi_L) \quad y \quad \bar{G}_{ij} = \int_{\xi_a}^{\xi_b} G_{ij}(\xi_L - r)dr \quad (106)$$

tendremos que:



$$\mathbf{E}_2 = \begin{bmatrix} w_2 \\ \theta_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & G_{13} & G_{14} \\ G_{21} & G_{22} & G_{23} & G_{24} \\ G_{31} & G_{32} & G_{33} & G_{34} \\ G_{41} & G_{42} & G_{43} & G_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} - q\zeta \begin{bmatrix} \bar{G}_{11} & \bar{G}_{12} & \bar{G}_{13} & \bar{G}_{14} \\ \bar{G}_{21} & \bar{G}_{22} & \bar{G}_{23} & \bar{G}_{24} \\ \bar{G}_{31} & \bar{G}_{32} & \bar{G}_{33} & \bar{G}_{34} \\ \bar{G}_{41} & \bar{G}_{42} & \bar{G}_{43} & \bar{G}_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Desarrollando la 3ª fila obtenemos:

$$0 = G_{31}w_1 + G_{32}\theta_1 - q\zeta\bar{G}_{33}$$

Desarrollando la 4ª fila :

$$0 = G_{41}w_1 + G_{42}\theta_1 - q\zeta\bar{G}_{43}$$

De estas dos ecuaciones:

$$w_1 = q\zeta \frac{G_{32}\bar{G}_{43} - G_{42}\bar{G}_{33}}{G_{32}G_{41} - G_{42}G_{31}} \quad (107)$$

$$\theta_1 = \frac{q\zeta\bar{G}_{33} - w_1G_{31}}{G_{32}} \quad (108)$$

Calculemos estos coeficientes:

$$\text{➤ } G_{32} = G_{32}(\xi = \xi_L) = \frac{-Kb\zeta^2}{2} Sh_L Sen \xi_L = \frac{-Kb\zeta^2}{2} C_1$$

$$C_1 = Sh \xi_L Sen \xi_L \quad (109)$$

$$\text{➤ } G_{42} = G_{42}(\xi = \xi_L) = \frac{Kb\zeta^3}{4} [Sh \xi_L Cos \xi_L - Ch \xi_L Sen \xi_L] = \frac{Kb\zeta^3}{4} C_2$$

$$C_2 = [Sh \xi_L Cos \xi_L - Ch \xi_L Sen \xi_L] \quad (110)$$

$$\text{➤ } G_{41} = G_{41}(\xi = \xi_L) = \frac{Kb\zeta^2}{2} Sh_L Sen \xi_L = \frac{Kb\zeta^2}{2} C_3$$

$$C_3 = C_1 \quad (111)$$

$$\text{➤ } G_{31} = G_{31}(\xi = \xi_L) = \frac{Kb\zeta}{2} [Sh \xi_L Cos \xi_L + Ch \xi_L Sen \xi_L] = \frac{Kb\zeta}{2} C_4$$

$$C_4 = [Sh \xi_L Cos \xi_L + Ch \xi_L Sen \xi_L] \quad (112)$$

$$\text{➤ } \bar{G}_{43} = \int_{\xi_a}^{\xi_b} G_{43}(\xi_L - r) dr = \int_{\xi_a}^{\xi_b} \frac{\zeta}{2} [Ch(\xi_L - r) Sen(\xi_L - r) + Sh(\xi_L - r) Cos(\xi_L - r)] dr =$$

$$= \frac{-\zeta}{2} [Sen(\xi_L - r) Sh(\xi_L - r)]_{r=\xi_a}^{\xi_b} = \frac{-\zeta}{2} [Sh(\xi_L - \zeta_b) Sen(\xi_L - \zeta_b) - Sh(\xi_L - \xi_a) Sen(\xi_L - \xi_a)] = \frac{-\zeta}{2} C_5$$

$$C_5 = [Sh(\xi_L - \zeta_b) Sen(\xi_L - \zeta_b) - Sh(\xi_L - \xi_a) Sen(\xi_L - \xi_a)] \quad (113)$$

$$\text{➤ } \bar{G}_{33} = \int_{r=\xi_a}^{\xi_b} G_{33}(\xi_L - r) dr = \int_{r=\xi_a}^{\xi_b} [Ch(\xi_L - r) Cos(\xi_L - r)] dr = \frac{1}{2} \left[\int_{r=\xi_a}^{\xi_b} [e^{(\xi_L - r)} Cos(\xi_L - r)] dr + \int_{r=\xi_a}^{\xi_b} [e^{-(\xi_L - r)} Cos(\xi_L - r)] dr \right]$$

Pero, si tenemos en cuenta que:



$$\int e^{a+bx} \text{Sen}(c+dx) dx = \frac{be^{a+bx} \text{Sen}(c+dx) - de^{a+bx} \text{Cos}(c+dx)}{b^2 + d^2} \quad (114)$$

$$\int e^{a+bx} \text{Cos}(c+dx) dx = \frac{de^{a+bx} \text{Sen}(c+dx) + be^{a+bx} \text{Cos}(c+dx)}{b^2 + d^2} \quad (115)$$

Aplicando (115) :

$$\bar{G}_{33} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{-1}{2} \left[e^{(\xi_L-r)} \text{Sen}(\xi_L-r) + e^{(\xi_L-r)} \text{Cos}(\xi_L-r) \right] + \frac{1}{2} \left[e^{-(\xi_L-r)} \text{Cos}(\xi_L-r) - e^{-(\xi_L-r)} \text{Sen}(\xi_L-r) \right] \right\}_{r=\xi_a}^{\xi_b} = \frac{-1}{2} C_6$$

$$C_6 = Ch(\xi_L - \xi_b) \text{Sen}(\xi_L - \xi_b) + Sh(\xi_L - \xi_b) \text{Cos}(\xi_L - \xi_b) - Ch(\xi_L - \xi_a) \text{Sen}(\xi_L - \xi_a) - Sh(\xi_L - \xi_a) \text{Cos}(\xi_L - \xi_a) \quad (116)$$

Luego:

$$w_1 = q\zeta \frac{G_{32} \bar{G}_{43} - G_{42} \bar{G}_{33}}{G_{32} G_{41} - G_{42} G_{31}} = q\zeta \frac{\frac{-Kb\zeta^2}{2} C_1 \left(\frac{-\zeta}{2} C_5\right) - \frac{Kb\zeta^3}{4} C_2 \left(\frac{-1}{2} C_6\right)}{\frac{-Kb\zeta^2}{2} C_1 \frac{Kb\zeta^2}{2} C_3 - \frac{Kb\zeta^3}{4} C_2 \frac{Kb\zeta}{2} C_4} = \frac{-q}{Kb} \frac{2C_1 C_5 + C_2 C_6}{2C_1 C_3 + C_2 C_4}$$

Si llamamos:

$$A = -\frac{2C_1 C_5 + C_2 C_6}{2C_1 C_3 + C_2 C_4} \quad (117)$$

$$w_1 = \frac{q}{Kb} A \quad (118)$$

Por otro lado:

$$\theta_1 = \frac{q\zeta \bar{G}_{33} - w_1 G_{31}}{G_{32}} = \frac{q\zeta \left(\frac{-1}{2} C_6\right) - \frac{q}{Kb} A \frac{Kb\zeta}{2} C_4}{\frac{-Kb\zeta^2}{2} C_1} = \frac{q}{Kb\zeta} \frac{C_6 + AC_4}{C_1}$$

Si denominamos:

$$B = \frac{C_6 + AC_4}{C_1} \quad (119)$$

$$\theta_1 = \frac{q}{Kb\zeta} B \quad (120)$$



2.2.2. VECTOR ESTADO:

2.2.2.1 TRAMO $\xi \leq \xi_a$:

En este tramo no hay carga aplicada, por tanto su solución es la del problema homogéneo:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 = \mathbf{E}_H(\xi)$$

Es decir:

$$\mathbf{E}(\xi) = \begin{bmatrix} w(\xi) \\ \theta_y(\xi) \\ Q_z(\xi) \\ M_y(\xi) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(\xi) & G_{12}(\xi) & G_{13}(\xi) & G_{14}(\xi) \\ G_{21}(\xi) & G_{22}(\xi) & G_{23}(\xi) & G_{24}(\xi) \\ G_{31}(\xi) & G_{32}(\xi) & G_{33}(\xi) & G_{34}(\xi) \\ G_{41}(\xi) & G_{42}(\xi) & G_{43}(\xi) & G_{44}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(\xi) & G_{12}(\xi) \\ G_{21}(\xi) & G_{22}(\xi) \\ G_{31}(\xi) & G_{32}(\xi) \\ G_{41}(\xi) & G_{42}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \end{bmatrix} = \mathbf{E}_H(\xi)$$

siendo:

$$w_1 = \frac{q}{Kb} A$$

$$A = -\frac{2C_1C_5 + C_2C_6}{2C_1C_3 + C_2C_4}$$

$$\theta_1 = \frac{q}{Kb\zeta} B$$

$$B = \frac{C_6 + AC_4}{C_1}$$

$$C_1 = Sh\xi_L Sen\xi_L$$

$$C_2 = Sh\xi_L Cos\xi_L - Ch\xi_L Sen\xi_L$$

$$C_3 = C_1$$

$$C_4 = Sh\xi_L Cos\xi_L + Ch\xi_L Sen\xi_L$$

$$C_5 = Sh(\xi_L - \zeta_b) Sen(\xi_L - \zeta_b) - Sh(\xi_L - \xi_a) Sen(\xi_L - \xi_a)$$

$$C_6 = Ch(\xi_L - \zeta_b) Sen(\xi_L - \zeta_b) + Sh(\xi_L - \zeta_b) Cos(\xi_L - \zeta_b) - Ch(\xi_L - \xi_a) Sen(\xi_L - \xi_a) - Sh(\xi_L - \xi_a) Cos(\xi_L - \xi_a)$$

Desarrollando por filas:

$$w(\xi) = w_1 Ch\xi Cos\xi - \theta_1 \frac{\zeta}{2} [Sh\xi Cos\xi + Ch\xi Sen\xi]$$

$$\theta_y(\xi) = w_1 \frac{1}{\zeta} [Ch\xi Sen\xi - Sh\xi Cos\xi] + \theta_1 Ch\xi Cos\xi$$

$$Q_z(\xi) = w_1 \frac{Kb\zeta}{2} [Sh\xi Cos\xi + Ch\xi Sen\xi] - \theta_1 \frac{Kb\zeta^2}{2} Sh\xi Sen\xi \quad (121)$$

$$M_y(\xi) = w_1 \frac{Kb\zeta^2}{2} Sh\xi Sen\xi + \theta_1 \frac{Kb\zeta^3}{4} [Sh\xi Cos\xi - Ch\xi Sen\xi]$$

VECTOR ESTADO VIGA ELASTICA SIN DEFORMACIÓN POR CORTANTE CON CARGA UNIFORME,
EN EL TRAMO $\xi \leq \xi_a$: $\mathbf{E}_H(\xi)$



2.2.2.2 TRAMO $\xi_a \leq \xi \leq \xi_b$:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 - q\zeta \int_{r=0}^{\xi} \mathbf{G}(\xi-r)\mathbf{F}(r)dr = \mathbf{E}_H(\xi) - q\zeta \int_{r=\xi_a}^{\xi} \begin{bmatrix} G_{13}(\xi-r) \\ G_{23}(\xi-r) \\ G_{33}(\xi-r) \\ G_{43}(\xi-r) \end{bmatrix} dr$$

Calculemos las integrales, teniendo en cuenta que las correspondientes a los términos G_{33} y G_{43} se obtienen directamente sustituyendo ξ_L y ξ_b por ξ en las ecuaciones 116 y 113 respectivamente:

$$\int_{r=\xi_a}^{\xi} G_{33}(\xi-r)dr = \frac{1}{2} [Ch(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a) + Sh(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi_a)]$$

$$\int_{r=\xi_a}^{\xi} G_{43}(\xi-r)dr = \frac{\zeta}{2} Sh(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a)$$

$$\begin{aligned} \int_{r=\xi_a}^{\xi} G_{13}(\xi-r)dr &= \frac{1}{Kb\zeta} \int_{r=\xi_a}^{\xi} [Sh(\xi-r)Cos(\xi-r) - Ch(\xi-r)Sen(\xi-r)]dr = \frac{1}{Kb\zeta} [-Ch(\xi-r)Cos(\xi-r)]_{r=\xi_a}^{\xi} = \\ &= \frac{1}{Kb\zeta} [Ch(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi) - 1] \end{aligned}$$

$$\int_{r=\xi_a}^{\xi} G_{23}(\xi-r)dr = \frac{2}{Kb\zeta^2} \int_{r=\xi_a}^{\xi} Sh(\xi-r)Sen(\xi-r)dr = \frac{2}{Kb\zeta^2} \int_{r=\xi_a}^{\xi} \frac{1}{2} [e^{(\xi-r)} - e^{-(\xi-r)}] Sen(\xi-r)dr = \text{aplicando(95)} =$$

$$= \frac{1}{Kb\zeta^2} [Sh(\xi-r)Cos(\xi-r) - Ch(\xi-r)Sen(\xi-r)]_{r=\xi_a}^{\xi} = \frac{1}{Kb\zeta^2} [Ch(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a) - Sh(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi_a)]$$

Entonces:

$$\begin{aligned} w(\xi) &= w_H(\xi) + \frac{q}{Kb} [1 - Ch(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi_a)] \\ \theta_y(\xi) &= \theta_{yH}(\xi) + \frac{q}{Kb\zeta} [Sh(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi_a) - Ch(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a)] \\ Q_z(\xi) &= Q_{zH}(\xi) - \frac{q\zeta}{2} [Ch(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a) + Sh(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi_a)] \\ M_y(\xi) &= M_{yH}(\xi) - q \frac{\zeta^2}{2} Sh(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a) \end{aligned} \quad (122)$$

VECTOR ESTADO VIGA ELASTICA SIN DEFORMACIÓN POR CORTANTE CON CARGA UNIFORME,
EN EL TRAMO $\xi_a \leq \xi \leq \xi_b$



2.2.2.3 TRAMO $\xi \geq \xi_b$:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 - q \int_{r=0}^{\xi} \mathbf{G}(\xi-r)\mathbf{F}(r)dr = \mathbf{E}_H(\xi) - q \int_{r=\xi_a}^{\xi_b} \begin{bmatrix} G_{13}(\xi-r) \\ G_{23}(\xi-r) \\ G_{33}(\xi-r) \\ G_{43}(\xi-r) \end{bmatrix} dr$$

Calculamos las integrales, teniendo en cuenta que las integrales correspondientes a los términos G_{33} y G_{43} se obtienen directamente sustituyendo ξ_L por ξ en las ecuaciones 116 y 113:

$$\begin{aligned} \int_{r=\xi_a}^{\xi_b} G_{33}(\xi-r)dr &= \int_{r=\xi_a}^{\xi_b} [Ch(\xi-r)Cos(\xi-r)]dr = \\ &= \frac{-1}{2} [Ch(\xi-\xi_b)Sen(\xi-\xi_b) + Sh(\xi-\xi_b)Cos(\xi-\xi_b) - Ch(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a) - Sh(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi_a)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_{r=\xi_a}^{\xi_b} G_{43}(\xi-r)dr &= \int_{r=\xi_a}^{\xi_b} \frac{\zeta}{2} [Ch(\xi_L-r)Sen(\xi_L-r) + Sh(\xi_L-r)Cos(\xi_L-r)]dr = \\ &= -\frac{\zeta}{2} [Sh(\xi-\xi_b)Sen(\xi-\xi_b) - Sh(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a)] \end{aligned}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} w(\xi) &= w_H(\xi) + \frac{q}{Kb} [Ch(\xi-\xi_b)Cos(\xi-\xi_b) - Ch(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi_a)] \\ \theta_y(\xi) &= \theta_{yH}(\xi) - \frac{q}{Kb\zeta} [Sh(\xi-\xi_b)Cos(\xi-\xi_b) - Ch(\xi-\xi_b)Sen(\xi-\xi_b) - Sh(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi_a) + Ch(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a)] \\ Q_z(\xi) &= Q_{zH}(\xi) + \frac{q\zeta}{2} [Ch(\xi-\xi_b)Sen(\xi-\xi_b) + Sh(\xi-\xi_b)Cos(\xi-\xi_b) - Ch(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a) - Sh(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi_a)] \\ M_y(\xi) &= M_{yH}(\xi) + q \frac{\zeta^2}{2} [Sh(\xi-\xi_b)Sen(\xi-\xi_b) - Sh(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a)] \end{aligned} \quad (123)$$

VECTOR ESTADO VIGA ELASTICA SIN DEFORMACIÓN POR CORTANTE CON CARGA UNIFORME,
EN EL TRAMO $\xi \geq \xi_b$



2.3. VIGA ELÁSTICA EMPOTRADA EN LOS EXTREMOS CON CARGA PUNTUAL

Este es el caso, por ejemplo, de riostras unidas a zapatas mucho más rígidas.

Sea una viga recta de longitud L sometida a una carga puntual P situada a una distancia a del extremo frontal (1) y, por tanto, a una distancia $b=L-a$ del extremo dorsal (2).

$$L = a + b$$

$$\xi = \frac{x}{\zeta} \quad \xi_a = \frac{a}{\zeta} \quad \xi_b = \frac{b}{\zeta} \quad \xi_L = \frac{L}{\zeta} \quad \xi_L = \xi_a + \xi_b$$

El vector estado en el extremo 1 (frontal) y en el extremo 2 (dorsal) son:

$$\mathbf{E}_1 = \mathbf{E}(\xi = 0) = \begin{bmatrix} \mathbf{u}(0) \\ \mathbf{f}(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{u}_1 \\ -\mathbf{f}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -Q_1 \\ -M_1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{E}_2 = \mathbf{E}(\xi = \xi_L) = \begin{bmatrix} \mathbf{u}(\xi_L) \\ \mathbf{f}(\xi_L) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{u}_2 \\ \mathbf{f}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ Q_2 \\ M_2 \end{bmatrix} \quad (124)$$

El vector \mathbf{F} es en este caso:

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ P \\ 0 \end{bmatrix} = P \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2.3.1. OBTENCIÓN CONSTANTES DE INTEGRACIÓN.

Si particularizamos la ecuación (93) en el extremo 2, es decir, para $\xi = \xi_L = \frac{L}{\zeta}$:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 - \mathbf{G}(\xi - r)\mathbf{F}$$

al extremo dorsal:

$$\mathbf{E}_2 = \mathbf{E}(\xi = \xi_L) = \mathbf{G}(\xi_L)\mathbf{E}_1 - \mathbf{G}(\xi_L - \xi_a)\mathbf{F} = \mathbf{G}(\xi_L)\mathbf{E}_1 - \mathbf{G}(\xi_b)\mathbf{F}$$

Entonces:



$$\mathbf{E}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ Q_2 \\ M_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & G_{13} & G_{14} \\ G_{21} & G_{22} & G_{23} & G_{24} \\ G_{31} & G_{32} & G_{33} & G_{34} \\ G_{41} & G_{42} & G_{43} & G_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -Q_1 \\ -M_1 \end{bmatrix} - P \begin{bmatrix} \bar{G}_{11} & \bar{G}_{12} & \bar{G}_{13} & \bar{G}_{14} \\ \bar{G}_{21} & \bar{G}_{22} & \bar{G}_{23} & \bar{G}_{24} \\ \bar{G}_{31} & \bar{G}_{32} & \bar{G}_{33} & \bar{G}_{34} \\ \bar{G}_{41} & \bar{G}_{42} & \bar{G}_{43} & \bar{G}_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (125)$$

donde, por comodidad de notación llamamos:

$$G_{ij} = G_{ij}(\xi = \xi_L) \quad y \quad \bar{G}_{ij} = G_{ij}(\xi = \xi_b)$$

Desarrollando la 1ª fila :

$$0 = -G_{13}Q_1 - G_{14}M_1 - P\bar{G}_{13}$$

Desarrollando la 2ª fila :

$$0 = -G_{23}Q_1 - G_{24}M_1 - P\bar{G}_{23}$$

De estas dos ecuaciones:

$$M_1 = P \frac{G_{13}\bar{G}_{23} - G_{23}\bar{G}_{13}}{G_{14}G_{23} - G_{13}G_{24}} \quad (126)$$

$$Q_1 = \frac{-P\bar{G}_{13} - M_1G_{14}}{G_{13}} \quad (127)$$

Calculemos estos coeficientes:

$$\begin{aligned} \triangleright G_{13}\bar{G}_{23} &= G_{13}(\xi_L)G_{23}(\xi_b) = \left[\frac{1}{Kb\zeta} Sh\xi_L \cos\xi_L - Ch\xi_L \operatorname{Sen}\xi_L \right] \left[\frac{2}{Kb\zeta^2} Sh\xi_b \operatorname{Sen}\xi_b \right] = \\ &= \frac{2}{K^2b^2\zeta^3} [Sh\xi_L \cos\xi_L - Ch\xi_L \operatorname{Sen}\xi_L] Sh\xi_b \operatorname{Sen}\xi_b \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \triangleright G_{23}\bar{G}_{13} &= G_{23}(\xi_L)G_{13}(\xi_b) = \left[\frac{2}{Kb\zeta^2} Sh\xi_L \operatorname{Sen}\xi_L \right] \left[\frac{1}{Kb\zeta} Sh\xi_b \cos\xi_b - Ch\xi_b \operatorname{Sen}\xi_b \right] = \\ &= \frac{1}{K^2b^2\zeta^3} Sh\xi_L \operatorname{Sen}\xi_L [Sh\xi_b \cos\xi_b - Ch\xi_b \operatorname{Sen}\xi_b] \end{aligned}$$

Entonces:

$$G_{13}\bar{G}_{23} - G_{23}\bar{G}_{13} = \frac{2}{K^2b^2\zeta^3} \{ [Sh\xi_L \cos\xi_L - Ch\xi_L \operatorname{Sen}\xi_L] Sh\xi_b \operatorname{Sen}\xi_b + Sh\xi_L \operatorname{Sen}\xi_L [Ch\xi_b \operatorname{Sen}\xi_b - Sh\xi_b \cos\xi_b] \}$$



Teniendo en cuenta las ecuaciones (98):

$$G_{13}\bar{G}_{23} - G_{23}\bar{G}_{13} = \frac{2}{K^2 b^2 \zeta^3} \{Sh \xi_L Sh \xi_b [Cos \xi_L Sen \xi_b - Sen \xi_L Cos \xi_b] + Sh \xi_a Sen \xi_L Sen \xi_b\}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } G_{14}G_{23} &= G_{14}(\xi_L)G_{23}(\xi_L) = \left[\frac{-2}{Kb\zeta^2} Sh \xi_L Sen \xi_L \right] \left[\frac{2}{Kb\zeta^2} Sh \xi_L Sen \xi_L \right] = \frac{-4}{K^2 b^2 \zeta^4} Sh^2 \xi_L Sen^2 \xi_L \\ \text{➤ } G_{13}G_{24} &= G_{13}(\xi_L)G_{24}(\xi_L) = \left[\frac{1}{Kb\zeta} Sh \xi_L Cos \xi_L - Ch \xi_L Sen \xi_L \right] \left[\frac{2}{Kb\zeta^3} Sh \xi_L Cos \xi_L + Ch \xi_L Sen \xi_L \right] = \\ &= \frac{2}{K^2 b^2 \zeta^4} [Sh^2 \xi_L Cos^2 \xi_L - Ch^2 \xi_L Sen^2 \xi_L] \end{aligned}$$

Luego:

$$G_{14}G_{23} - G_{13}G_{24} = \frac{-4}{K^2 b^2 \zeta^4} Sh^2 \xi_L Sen^2 \xi_L - \frac{2}{K^2 b^2 \zeta^4} [Sh^2 \xi_L Cos^2 \xi_L - Ch^2 \xi_L Sen^2 \xi_L] = -\frac{2}{K^2 b^2 \zeta^4} [Sh^2 \xi_L - Sen^2 \xi_L]$$

Entonces, según (107):

$$M_1 = P \frac{G_{13}\bar{G}_{23} - G_{23}\bar{G}_{13}}{G_{14}G_{23} - G_{13}G_{24}}$$

Si llamamos a la constante:

$$A = \frac{Sh \xi_L Sh \xi_b [Sen \xi_L Cos \xi_b - Cos \xi_L Sen \xi_b] - Sh \xi_a Sen \xi_L Sen \xi_b}{Sh^2 \xi_L - Sen^2 \xi_L} \quad (128)$$

$$M_1 = P \zeta A \quad (129)$$

Por otro lado:

$$Q_1 = \frac{-P\bar{G}_{13} - M_1 G_{14}}{G_{13}}$$

Si llamamos a la constante:

$$B = \frac{2A Sh \xi_L Sen \xi_L + Ch \xi_b Sen \xi_b - Sh \xi_b Cos \xi_b}{Sh \xi_L Cos \xi_L - Ch \xi_L Sen \xi_L} \quad (130)$$

Entonces:

$$Q_1 = PB \quad (131)$$



2.3.2. VECTOR ESTADO:

2.3.2.1 TRAMO $\xi \leq \xi_a$:

En este tramo no hay carga aplicada, por tanto su solución es la del problema homogéneo:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 = \mathbf{E}_H(\xi)$$

Es decir:

$$\mathbf{E}(\xi) = \begin{bmatrix} w(\xi) \\ \theta_y(\xi) \\ Q_z(\xi) \\ M_y(\xi) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(\xi) & G_{12}(\xi) & G_{13}(\xi) & G_{14}(\xi) \\ G_{21}(\xi) & G_{22}(\xi) & G_{23}(\xi) & G_{24}(\xi) \\ G_{31}(\xi) & G_{32}(\xi) & G_{33}(\xi) & G_{34}(\xi) \\ G_{41}(\xi) & G_{42}(\xi) & G_{43}(\xi) & G_{44}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -Q_1 \\ -M_1 \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} G_{13}(\xi) & G_{14}(\xi) \\ G_{23}(\xi) & G_{24}(\xi) \\ G_{33}(\xi) & G_{34}(\xi) \\ G_{43}(\xi) & G_{44}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ M_1 \end{bmatrix} = \mathbf{E}_H(\xi)$$

siendo:

$$M_1 = P\zeta A \quad A = \frac{Sh\xi_L Sh\xi_b [Sen\xi_L Cos\xi_b - Cos\xi_L Sen\xi_b] - Sh\xi_a Sen\xi_L Sen\xi_b}{Sh^2\xi_L - Sen^2\xi_L}$$

$$Q_1 = PB \quad B = \frac{2A Sh\xi_L Sen\xi_L + Ch\xi_b Sen\xi_b - Sh\xi_b Cos\xi_b}{Sh\xi_L Cos\xi_L - Ch\xi_L Sen\xi_L}$$

Desarrollando por filas:

$$\begin{aligned} w(\xi) &= -\frac{Q_1}{Kb\zeta} [Sh\xi Cos\xi - Ch\xi Sen\xi] + M_1 \frac{2}{Kb\zeta^2} [Sh\xi Sen\xi] \\ \theta_y(\xi) &= -\frac{2Q_1}{Kb\zeta^2} [Sh\xi Sen\xi] - \frac{2M_1}{Kb\zeta^3} [Sh\xi Cos\xi + Ch\xi Sen\xi] \\ Q_z(\xi) &= -Q_1 [Ch\xi Cos\xi] - \frac{M_1}{\zeta} [Sh\xi Cos\xi - Ch\xi Sen\xi] \\ M_y(\xi) &= -Q_1 \frac{\zeta}{2} [Ch\xi Sen\xi + Sh\xi Cos\xi] - M_1 [Ch\xi Cos\xi] \end{aligned} \quad (132)$$

VECTOR ESTADO VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA SIN DEFORMACIÓN POR CORTANTE CON CARGA PUNTUAL,
EN EL TRAMO $\xi \leq \xi_a$: $\mathbf{E}_H(\xi)$



2.3.2.2. TRAMO $\xi \geq \xi_a$:

En este caso:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 - \mathbf{G}(\xi - \xi_a)\mathbf{F} = \mathbf{E}_H(\xi) - \mathbf{G}(\xi - \xi_a)\mathbf{F}$$

$$\mathbf{E}(\xi) = \begin{bmatrix} w(\xi) \\ \theta_y(\xi) \\ Q_z(\xi) \\ M_y(\xi) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(\xi) & G_{12}(\xi) & G_{13}(\xi) & G_{14}(\xi) \\ G_{21}(\xi) & G_{22}(\xi) & G_{23}(\xi) & G_{24}(\xi) \\ G_{31}(\xi) & G_{32}(\xi) & G_{33}(\xi) & G_{34}(\xi) \\ G_{41}(\xi) & G_{42}(\xi) & G_{43}(\xi) & G_{44}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -Q_1 \\ -M_1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} G_{11}(\xi - \xi_a) & G_{12}(\xi - \xi_a) & G_{13}(\xi - \xi_a) & G_{14}(\xi - \xi_a) \\ G_{21}(\xi - \xi_a) & G_{22}(\xi - \xi_a) & G_{23}(\xi - \xi_a) & G_{24}(\xi - \xi_a) \\ G_{31}(\xi - \xi_a) & G_{32}(\xi - \xi_a) & G_{33}(\xi - \xi_a) & G_{34}(\xi - \xi_a) \\ G_{41}(\xi - \xi_a) & G_{42}(\xi - \xi_a) & G_{43}(\xi - \xi_a) & G_{44}(\xi - \xi_a) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ P \\ 0 \end{bmatrix} =$$

$$= - \begin{bmatrix} G_{13}(\xi) & G_{14}(\xi) \\ G_{23}(\xi) & G_{24}(\xi) \\ G_{33}(\xi) & G_{34}(\xi) \\ G_{43}(\xi) & G_{44}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ M_1 \end{bmatrix} - P \begin{bmatrix} G_{13}(\xi - \xi_a) \\ G_{23}(\xi - \xi_a) \\ G_{33}(\xi - \xi_a) \\ G_{43}(\xi - \xi_a) \end{bmatrix} = \mathbf{E}_H(\xi) - P \begin{bmatrix} G_{13}(\xi - \xi_a) \\ G_{23}(\xi - \xi_a) \\ G_{33}(\xi - \xi_a) \\ G_{43}(\xi - \xi_a) \end{bmatrix}$$

Desarrollando por filas:

$$\begin{aligned} w(\xi) &= w_H(\xi) - P \frac{1}{Kb\zeta} [Sh(\xi - \xi_a)Cos(\xi - \xi_a) - Ch(\xi - \xi_a)Sen(\xi - \xi_a)] \\ \theta_y(\xi) &= \theta_{yH}(\xi) - P \frac{2}{Kb\zeta^2} Sh(\xi - \xi_a)Sen(\xi - \xi_a) \\ Q_z(\xi) &= Q_{zH}(\xi) - PCh(\xi - \xi_a)Cos(\xi - \xi_a) \\ M_y(\xi) &= M_{yH}(\xi) - P \frac{\zeta}{2} [Ch(\xi - \xi_a)Sen(\xi - \xi_a) + Sh(\xi - \xi_a)Cos(\xi - \xi_a)] \end{aligned} \quad (133)$$

VECTOR ESTADO VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA SIN DEFORMACIÓN POR CORTANTE CON CARGA PUNTUAL, EN EL TRAMO $\xi \geq \xi_a$



2.4. VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA CON CARGA REPARTIDA UNIFORME.

Sea una viga de longitud L sometida a una carga q distribuida uniformemente entre unas distancias a y b del extremo frontal ($a < b$). Como sabemos, la solución a éste problema viene determinada por la ecuación (94):

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 - \zeta \int_{r=0}^{\xi} \mathbf{G}(\xi-r)\mathbf{F}(r)dr$$

$$\xi = \frac{x}{\zeta} \quad \xi_a = \frac{a}{\zeta} \quad \xi_b = \frac{b}{\zeta} \quad \xi_L = \frac{L}{\zeta}$$

El vector estado en el extremo 1 (frontal) y en el extremo 2 (dorsal) son:

$$\mathbf{E}_1 = \mathbf{E}(\xi = 0) = \begin{bmatrix} \mathbf{u}(0) \\ \mathbf{f}(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{u}_1 \\ -\mathbf{f}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -Q_1 \\ -M_1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{E}_2 = \mathbf{E}(\xi = \xi_L) = \begin{bmatrix} \mathbf{u}(\xi_L) \\ \mathbf{f}(\xi_L) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{u}_2 \\ \mathbf{f}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ Q_2 \\ M_2 \end{bmatrix}$$

El vector \mathbf{F} es en este caso:

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ q \\ 0 \end{bmatrix} = q \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2.4.1. OBTENCION CONSTANTES DE INTEGRACIÓN.

Si particularizamos la ecuación (94) en el extremo 2, es decir, para $\xi = \xi_L = \frac{L}{\zeta}$:

$$\mathbf{E}_2 = \mathbf{E}(\xi = \xi_L) = \mathbf{G}(\xi = \xi_L)\mathbf{E}_1 - \zeta \int_{r=0}^{\xi_L} \mathbf{G}(\xi_L - r)\mathbf{F}(r)dr = \mathbf{G}(\xi = \xi_L)\mathbf{E}_1 - \zeta \int_{r=\xi_a}^{\xi_b} \mathbf{G}(\xi_L - r)\mathbf{F}(r)dr \quad (105)$$

Si por comodidad de notación llamamos:

$$G_{ij} = G_{ij}(\xi = \xi_L) \quad \text{y} \quad \bar{G}_{ij} = \int_{\xi_a}^{\xi_b} G_{ij}(\xi_L - r)dr \quad (106)$$

tendremos que:



$$\mathbf{E}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ Q_2 \\ M_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & G_{13} & G_{14} \\ G_{21} & G_{22} & G_{23} & G_{24} \\ G_{31} & G_{32} & G_{33} & G_{34} \\ G_{41} & G_{42} & G_{43} & G_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -Q_1 \\ -M_1 \end{bmatrix} - q\zeta \begin{bmatrix} \bar{G}_{11} & \bar{G}_{12} & \bar{G}_{13} & \bar{G}_{14} \\ \bar{G}_{21} & \bar{G}_{22} & \bar{G}_{23} & \bar{G}_{24} \\ \bar{G}_{31} & \bar{G}_{32} & \bar{G}_{33} & \bar{G}_{34} \\ \bar{G}_{41} & \bar{G}_{42} & \bar{G}_{43} & \bar{G}_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Desarrollando la 1ª fila :

$$0 = -G_{13}Q_1 - G_{14}M_1 - q\zeta \bar{G}_{13}$$

Desarrollando la 2ª fila :

$$0 = -G_{23}Q_1 - G_{24}M_1 - q\zeta \bar{G}_{23}$$

De estas dos ecuaciones:

$$M_1 = q\zeta \frac{G_{13}\bar{G}_{23} - G_{23}\bar{G}_{13}}{G_{14}G_{23} - G_{13}G_{24}} \quad (134)$$

$$Q_1 = \frac{-q\zeta \bar{G}_{13} - M_1 G_{14}}{G_{13}} \quad (135)$$

Calculamos estos coeficientes, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las ecuaciones (109), (110) y (112) :

$$\rightarrow G_{13} = G_{13}(\xi = \xi_L) = \frac{1}{Kb\zeta} [Sh\xi_L \cos\xi_L - Ch\xi_L \text{sen}\xi_L] = \frac{1}{Kb\zeta} C_2 \quad C_2 = [Sh\xi_L \cos\xi_L - Ch\xi_L \text{sen}\xi_L] \quad (110)$$

$$\rightarrow G_{23} = G_{23}(\xi = \xi_L) = \frac{2}{Kb\zeta^2} Sh_L \text{sen}\xi_L = \frac{2}{Kb\zeta^2} C_1 \quad C_1 = Sh\xi_L \text{sen}\xi_L \quad (109)$$

$$\rightarrow G_{14} = G_{14}(\xi = \xi_L) = \frac{-2}{Kb\zeta^2} Sh_L \text{sen}\xi_L = \frac{-2}{Kb\zeta^2} C_1$$

$$\rightarrow G_{24} = G_{24}(\xi = \xi_L) = \frac{2}{Kb\zeta^3} [Sh\xi_L \cos\xi_L + Ch\xi_L \text{sen}\xi_L] = \frac{2}{Kb\zeta^3} C_4 \quad C_4 = [Sh\xi_L \cos\xi_L + Ch\xi_L \text{sen}\xi_L] \quad (112)$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \bar{G}_{23} &= \int_{r=\xi_a}^{\xi_b} G_{23}(\xi_L - r) dr = \frac{2}{Kb\zeta^2} \int_{r=\xi_a}^{\xi_b} Sh(\xi_L - r) \text{sen}(\xi_L - r) dr = \frac{2}{Kb\zeta^2} \int_{r=\xi_a}^{\xi_b} \frac{1}{2} [e^{(\xi_L - r)} - e^{-(\xi_L - r)}] \text{sen}(\xi_L - r) dr = \text{ver}(114) = \\ &= \frac{1}{Kb\zeta^2} [Sh(\xi_L - r) \cos(\xi_L - r) - Ch(\xi_L - r) \text{sen}(\xi_L - r)]_{r=\xi_a}^{\xi_b} = \\ &= \frac{1}{Kb\zeta^2} [Sh(\xi_L - \xi_b) \cos(\xi_L - \xi_b) - Ch(\xi_L - \xi_b) \text{sen}(\xi_L - \xi_b) - Sh(\xi_L - \xi_a) \cos(\xi_L - \xi_a) + Ch(\xi_L - \xi_a) \text{sen}(\xi_L - \xi_a)] = \\ &= \frac{C_7}{Kb\zeta^2} \end{aligned}$$

donde:

$$C_7 = [Sh(\xi_L - \xi_b) \cos(\xi_L - \xi_b) - Ch(\xi_L - \xi_b) \text{sen}(\xi_L - \xi_b) - Sh(\xi_L - \xi_a) \cos(\xi_L - \xi_a) + Ch(\xi_L - \xi_a) \text{sen}(\xi_L - \xi_a)] \quad (136)$$



$$\begin{aligned} \rightarrow \bar{G}_{13} &= \int_{r=\xi_a}^{\xi_b} G_{13}(\xi_L - r) dr = \frac{1}{Kb\zeta} \int_{r=\xi_a}^{\xi_b} [Sh(\xi_L - r)Cos(\xi_L - r) - Ch(\xi_L - r)Sen(\xi_L - r)] dr = \frac{1}{Kb\zeta} [-Ch(\xi - r)Cos(\xi - r)]_{r=\xi_a}^{\xi_b} = \\ &= \frac{-1}{Kb\zeta} [Ch(\xi_L - \xi_b)Cos(\xi_L - \xi_b) - Ch(\xi_L - \xi_a)Cos(\xi_L - \xi_a)] = \frac{-C_8}{Kb\zeta} \end{aligned}$$

siendo:

$$C_8 = [Ch(\xi_L - \xi_b)Cos(\xi_L - \xi_b) - Ch(\xi_L - \xi_a)Cos(\xi_L - \xi_a)] \quad (137)$$

Entonces:

$$M_1 = q\zeta \frac{G_{12}\bar{G}_{23} - G_{23}\bar{G}_{13}}{G_{14}G_{23} - G_{13}G_{24}} = q\zeta \frac{\frac{1}{Kb\zeta}C_2 \frac{1}{Kb\zeta^2}C_7 - \frac{2}{Kb\zeta^2}C_1(\frac{-1}{Kb\zeta}C_8)}{\frac{-2}{kb\zeta^2}C_1 \frac{2}{kb\zeta^2}C_1 - \frac{1}{Kb\zeta}C_2 \frac{2}{Kb\zeta^3}C_4} = -q\zeta^2 \frac{C_2C_7 + 2C_1C_8}{4C_1^2 + 2C_2C_4}$$

Si llamamos a la constante :

$$A = \frac{C_2C_7 + 2C_1C_8}{4C_1^2 + 2C_2C_4} \quad (138)$$

tendremos:

$$M_1 = -q\zeta^2 A \quad (139)$$

Por otro lado:

$$Q_1 = \frac{-q\zeta\bar{G}_{13} - M_1G_{14}}{G_{13}} = \frac{-q\zeta(\frac{-C_8}{Kb\zeta}) - (-q\zeta^2 A)(\frac{-2C_1}{Kb\zeta^2})}{\frac{C_2}{Kb\zeta}} = q\zeta \frac{C_8 - 2AC_1}{C_2}$$

Llamando a la constante:

$$B = \frac{C_8 - 2AC_1}{C_2} \quad (140)$$

tendremos:

$$Q_1 = q\zeta B \quad (141)$$



2.4.2. VECTOR ESTADO:

2.4.2.1 TRAMO $\xi \leq \xi_a$:

En este tramo no hay carga aplicada, por tanto su solución es la del problema homogéneo:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 = \mathbf{E}_H(\xi)$$

Es decir:

$$\mathbf{E}(\xi) = \begin{bmatrix} w(\xi) \\ \theta_y(\xi) \\ Q_z(\xi) \\ M_y(\xi) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(\xi) & G_{12}(\xi) & G_{13}(\xi) & G_{14}(\xi) \\ G_{21}(\xi) & G_{22}(\xi) & G_{23}(\xi) & G_{24}(\xi) \\ G_{31}(\xi) & G_{32}(\xi) & G_{33}(\xi) & G_{34}(\xi) \\ G_{41}(\xi) & G_{42}(\xi) & G_{43}(\xi) & G_{44}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -Q_1 \\ -M_1 \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} G_{13}(\xi) & G_{14}(\xi) \\ G_{23}(\xi) & G_{24}(\xi) \\ G_{33}(\xi) & G_{34}(\xi) \\ G_{43}(\xi) & G_{44}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ M_1 \end{bmatrix} = \mathbf{E}_H(\xi)$$

siendo:

$$M_1 = -q\zeta^2 A \quad A = \frac{C_2 C_7 + 2C_1 C_8}{4C_1^2 + 2C_2 C_4}$$

$$Q_1 = q\zeta B \quad B = \frac{C_8 - 2AC_1}{C_2}$$

$$C_1 = Sh \xi_L Sen \xi_L$$

$$C_2 = Sh \xi_L Cos \xi_L - Ch \xi_L Sen \xi_L$$

$$C_4 = Sh \xi_L Cos \xi_L + Ch \xi_L Sen \xi_L$$

$$C_7 = [Sh(\xi_L - \xi_b) Cos(\xi_L - \xi_b) - Ch(\xi_L - \xi_b) Sen(\xi_L - \xi_b) - Sh(\xi_L - \xi_a) Cos(\xi_L - \xi_a) + Ch(\xi_L - \xi_a) Sen(\xi_L - \xi_a)]$$

$$C_8 = [Ch(\xi_L - \xi_b) Cos(\xi_L - \xi_b) - Ch(\xi_L - \xi_a) Cos(\xi_L - \xi_a)]$$

Desarrollando por filas:

$$\begin{aligned} w(\xi) &= -\frac{Q_1}{Kb\zeta} [Sh \xi Cos \xi - Ch \xi Sen \xi] + M_1 \frac{2}{Kb\zeta^2} [Sh \xi Sen \xi] \\ \theta_y(\xi) &= -\frac{2Q_1}{Kb\zeta^2} [Sh \xi Sen \xi] - \frac{2M_1}{Kb\zeta^3} [Sh \xi Cos \xi + Ch \xi Sen \xi] \\ Q_z(\xi) &= -Q_1 [Ch \xi Cos \xi] - \frac{M_1}{\zeta} [Sh \xi Cos \xi - Ch \xi Sen \xi] \\ M_y(\xi) &= -Q_1 \frac{\zeta}{2} [Ch \xi Sen \xi + Sh \xi Cos \xi] - M_1 [Ch \xi Cos \xi] \end{aligned} \quad (142)$$

VECTOR ESTADO VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA SIN DEFORMACIÓN POR CORTANTE CON CARGA CONTINUA,
EN EL TRAMO $\xi \leq \xi_a$: $\mathbf{E}_H(\xi)$



2.4.2.2 TRAMO $\xi_a \leq \xi \leq \xi_b$:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 - \zeta \int_{r=0}^{\xi} \mathbf{G}(\xi-r)\mathbf{F}(r)dr = \mathbf{E}_H(\xi) - q\zeta \int_{r=\xi_a}^{\xi} \begin{bmatrix} G_{13}(\xi-r) \\ G_{23}(\xi-r) \\ G_{33}(\xi-r) \\ G_{43}(\xi-r) \end{bmatrix} dr$$

Análogamente al caso 2.2.2.2. :

$$\int_{r=\xi_a}^{\xi} G_{33}(\xi-r)dr = \frac{1}{2} [Ch(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a) + Sh(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi_a)]$$

$$\int_{r=\xi_a}^{\xi} G_{43}(\xi-r)dr = \frac{\zeta}{2} Sh(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a)$$

$$\begin{aligned} \int_{r=\xi_a}^{\xi} G_{13}(\xi-r)dr &= \frac{1}{Kb\zeta} \int_{r=\xi_a}^{\xi} [Sh(\xi-r)Cos(\xi-r) - Ch(\xi-r)Sen(\xi-r)]dr = \frac{1}{Kb\zeta} [-Ch(\xi-r)Cos(\xi-r)]_{r=\xi_a}^{\xi} = \\ &= \frac{1}{Kb\zeta} [Ch(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi) - 1] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_{r=\xi_a}^{\xi} G_{23}(\xi-r)dr &= \frac{2}{Kb\zeta^2} \int_{r=\xi_a}^{\xi} Sh(\xi-r)Sen(\xi-r)dr = \frac{2}{Kb\zeta^2} \int_{r=\xi_a}^{\xi} \frac{1}{2} [e^{(\xi-r)} - e^{-(\xi-r)}] Sen(\xi-r)dr = \text{aplicando(95)} = \\ &= \frac{1}{Kb\zeta^2} [Sh(\xi-r)Cos(\xi-r) - Ch(\xi-r)Sen(\xi-r)]_{r=\xi_a}^{\xi} = \frac{1}{Kb\zeta^2} [Ch(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a) - Sh(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi_a)] \end{aligned}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} w(\xi) &= w_H(\xi) + \frac{q}{Kb} [1 - Ch(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi_a)] \\ \theta_y(\xi) &= \theta_{yH}(\xi) + \frac{q}{Kb\zeta} [Sh(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi_a) - Ch(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a)] \\ Q_z(\xi) &= Q_{zH}(\xi) - \frac{q\zeta}{2} [Ch(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a) + Sh(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi_a)] \\ M_y(\xi) &= M_{yH}(\xi) - q \frac{\zeta^2}{2} Sh(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a) \end{aligned} \quad (143)$$

VECTOR ESTADO VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA SIN DEFORMACIÓN POR CORTANTE CON CARGA UNIFORME,
EN EL TRAMO $\xi_a \leq \xi \leq \xi_b$

$$\mathbf{E}_H(\xi) = \{w_H(\xi) \quad \theta_y(\xi) \quad Q_z(\xi) \quad M_y(\xi)\}^T \text{ el definido en (142)}$$



2.4.2.3 TRAMO $\xi \geq \xi_b$:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 - q\zeta \int_{r=0}^{\xi} \mathbf{G}(\xi-r)\mathbf{F}(r)dr = \mathbf{E}_H(\xi) - q\zeta \int_{r=\xi_a}^{\xi_b} \begin{bmatrix} G_{13}(\xi-r) \\ G_{23}(\xi-r) \\ G_{33}(\xi-r) \\ G_{43}(\xi-r) \end{bmatrix} dr$$

Análogamente a lo realizado en 2.2.2.3:

$$\begin{aligned} \int_{r=\xi_a}^{\xi_b} G_{33}(\xi-r)dr &= \int_{r=\xi_a}^{\xi_b} [Ch(\xi-r)Cos(\xi-r)]dr = \\ &= \frac{-1}{2} [Ch(\xi-\xi_b)Sen(\xi-\xi_b) + Sh(\xi-\xi_b)Cos(\xi-\xi_b) - Ch(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a) - Sh(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi_a)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_{\xi_a}^{\xi_b} G_{43}(\xi-r)dr &= \int_{\xi_a}^{\xi_b} \frac{\zeta}{2} [Ch(\xi_L-r)Sen(\xi_L-r) + Sh(\xi_L-r)Cos(\xi_L-r)]dr = \\ &= -\frac{\zeta}{2} [Sh(\xi-\xi_b)Sen(\xi-\xi_b) - Sh(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a)] \end{aligned}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} w(\xi) &= w_H(\xi) + \frac{q}{Kb} [Ch(\xi-\xi_b)Cos(\xi-\xi_b) - Ch(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi_a)] \\ \theta_y(\xi) &= \theta_{yH}(\xi) - \frac{q}{Kb\zeta} [Sh(\xi-\xi_b)Cos(\xi-\xi_b) - Ch(\xi-\xi_b)Sen(\xi-\xi_b) - Sh(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi_a) + Ch(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a)] \\ Q_z(\xi) &= Q_{zH}(\xi) + \frac{q\zeta}{2} [Ch(\xi-\xi_b)Sen(\xi-\xi_b) + Sh(\xi-\xi_b)Cos(\xi-\xi_b) - Ch(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a) - Sh(\xi-\xi_a)Cos(\xi-\xi_a)] \\ M_y(\xi) &= M_{yH}(\xi) + q \frac{\zeta^2}{2} [Sh(\xi-\xi_b)Sen(\xi-\xi_b) - Sh(\xi-\xi_a)Sen(\xi-\xi_a)] \end{aligned} \quad (144)$$

VECTOR ESTADO VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA SIN DEFORMACIÓN POR CORTANTE CON CARGA UNIFORME,
EN EL TRAMO $\xi \geq \xi_b$

$$\mathbf{E}_H(\xi) = \{w_H(\xi) \quad \theta_y(\xi) \quad Q_z(\xi) \quad M_y(\xi)\}^T \text{ el definido en (142)}$$



GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23
TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAPITULO III

RESOLUCION DE LA VIGA FLOTANTE CONSIDERANDO LA DEFORMACION POR CORTANTE



1.- RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA HOMOGÉNEO.

Intentamos resolver el siguiente sistema de 4 ecuaciones diferenciales ordinarias de coeficientes constantes:

$$\frac{d\mathbf{E}}{dx} = \mathbf{W}\mathbf{E}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{dw}{dx} \\ \frac{d\theta_y}{dx} \\ \frac{dQ_z}{dx} \\ \frac{dM_y}{dx} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & \frac{1}{GA} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{EI_y} \\ Kb & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w \\ \theta_y \\ Q_z \\ M_y \end{bmatrix}$$

1.1. AUTOVALORES DEL OPERADOR WRONSKIANO:

Recordando lo establecido en la ecuación 49:

$$|\mathbf{W} - \lambda_j \mathbf{I}| = p(\lambda_j) = 0$$

Siendo $p(\lambda_j)$ el denominado POLINOMIO CARACTERISTICO y a sus raíces λ_j AUTOVALORES de la matriz \mathbf{W} . Obtengamos en nuestro caso los autovalores :

$$p(\lambda) = |\mathbf{W} - \lambda \mathbf{I}| = \begin{vmatrix} -\lambda & -1 & \frac{1}{GA} & 0 \\ 0 & -\lambda & 0 & \frac{1}{EI_y} \\ Kb & 0 & -\lambda & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -\lambda \end{vmatrix} = -\lambda \left\{ \begin{vmatrix} -\lambda & 0 & \frac{1}{EI_y} \\ 0 & -\lambda & 0 \\ 0 & 1 & -\lambda \end{vmatrix} + Kb \begin{vmatrix} -1 & \frac{1}{GA} & 0 \\ -\lambda & 0 & \frac{1}{EI_y} \\ 0 & 1 & -\lambda \end{vmatrix} \right\} =$$

$$= -\lambda \left\{ \begin{vmatrix} -\lambda & 0 \\ 1 & -\lambda \end{vmatrix} + Kb \begin{vmatrix} 0 & \frac{1}{EI_y} \\ 1 & -\lambda \end{vmatrix} + \lambda \begin{vmatrix} \frac{1}{GA} & 0 \\ 1 & -\lambda \end{vmatrix} \right\} = \lambda^4 + Kb \left[\frac{1}{EI_y} - \lambda^2 \frac{1}{GA} \right] = \lambda^4 - \lambda^2 \frac{Kb}{GA} + \frac{Kb}{EI_y}$$

$$p(\lambda) = \lambda^4 - \lambda^2 \frac{Kb}{GA} + \frac{Kb}{EI_y}$$

(145) POLINOMIO CARACTERISTICO DE LA VIGA ELASTICA CON DEFORMACION POR
CORTANTE



Los AUTOVALORES son las raíces del polinomio característico:

$$p(\lambda) = \lambda^4 - \lambda^2 \frac{Kb}{GA} + \frac{Kb}{EI_y} = 0$$

Si hacemos el cambio:

$$\lambda^2 = t$$

$$p(t) = t^2 - t \frac{Kb}{GA} + \frac{Kb}{EI_y} = 0 \quad (\text{ecuación de 2º grado})$$

$$t = \frac{\frac{Kb}{GA} \pm \sqrt{\frac{K^2 b^2}{G^2 A^2} - \frac{4Kb}{EI_y}}}{2} = \frac{Kb}{2GA} \pm \sqrt{\frac{K^2 b^2}{4G^2 A^2} - \frac{Kb}{EI_y}}$$

Deshaciendo el cambio de variable:

$$\lambda = \pm \sqrt{\frac{Kb}{2GA} \pm \sqrt{\frac{K^2 b^2}{4G^2 A^2} - \frac{Kb}{EI_y}}}$$

Llamando:

$$\boxed{R = \frac{Kb}{EI_y} - \frac{K^2 b^2}{4G^2 A^2}} \quad (R > 0) \quad (146) \quad (\text{si } GA = \infty \rightarrow R = \frac{Kb}{EI_y})$$

tendremos que:

$$\lambda = \sqrt{\frac{Kb}{2GA} \pm \sqrt{R}} i \quad i = \sqrt{-1}$$

Si llamamos:

$$\boxed{a_0 = \frac{Kb}{2GA}} \quad (147) \quad (\text{si } GA = \infty \rightarrow a_0 = 0)$$

$$\boxed{b_0 = \sqrt{R}} \quad (148) \quad (\text{si } GA = \infty \rightarrow b_0 = \sqrt{\frac{Kb}{EI_y}})$$

resulta que:

$$\lambda = \pm \sqrt{a_0 \pm b_0 i} \quad (149)$$

que son números complejos. Intentemos eliminar la raíz y así determinar los autovalores en su forma binómica.

Llamemos \bar{b} al ancho de la viga para no confundirlo con los autovalores.

Sea el número complejo $z = c + di = \sqrt{a + bi}$, siendo a,b,c y d números reales ¿Qué relación hay entre los coeficientes a,b,c y d?.
Obtengámosla:

$$z^2 = [c + di]^2 = c^2 - d^2 + 2cdi \equiv a + bi$$



Luego:

$$a = c^2 - d^2 \quad (150)$$

$$b = 2cd \quad (151)$$

Ahora despejemos c y d en función de a y b:

De (151):

$$\boxed{d = \frac{b}{2c}} \quad (152)$$

sustituyendo en (150):

$$a = c^2 - \frac{b^2}{4c^2} \Rightarrow c^4 - ac^2 - \frac{b^2}{4} = 0$$

$$c^2 = \frac{a \pm \sqrt{a^2 + b^2}}{2}$$

$$c = \pm \sqrt{\frac{a \pm \sqrt{a^2 + b^2}}{2}} \quad (4 \text{ valores posibles})$$

pero como c debe ser un número real :

$$\boxed{c = \pm \sqrt{\frac{a + \sqrt{a^2 + b^2}}{2}}} \quad (2 \text{ soluciones}) \quad (153) \quad , \text{ que junto a la ecuación (152) son la solución al problema planteado.}$$

Luego, en nuestro caso particular, si llamamos \bar{b} al ancho de la viga (para no confundirlo con el término imaginario de los autovalores)

$$\lambda = \pm \sqrt{a_0 \pm b_0 i} = \pm(a \pm bi)$$

$$a_0 = \frac{K\bar{b}}{2GA}$$

$$b_0 = \sqrt{R}$$

según (153) (que con toda generalidad podemos tomar una de las dos posibles soluciones):

$$\boxed{a = + \sqrt{\frac{a_0 + \sqrt{a_0^2 + b_0^2}}{2}}} \quad (154) \quad (\text{si } GA = \infty \rightarrow a = \sqrt[4]{\frac{K\bar{b}}{4EI_y}})$$

y según (152):

$$\boxed{b = \frac{b_0}{2a} = \frac{\sqrt{R}}{2a}} \quad (155) \quad (\text{si } GA = \infty \rightarrow b = \sqrt[4]{\frac{K\bar{b}}{4EI_y}})$$

Luego los cuatro autovalores son :



AUTOVALORES VIGA ELASTICA CON DEFORMACIÓN POR CORTANTE

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= a + bi \\ \lambda_2 &= a - bi = \bar{\lambda}_1 \\ \lambda_3 &= -a + bi \\ \lambda_4 &= -a - bi = \bar{\lambda}_3\end{aligned}$$

siendo:

NOTA: Si $GA = \infty$

$$a = +\sqrt{\frac{a_0 + \sqrt{a_0^2 + b_0^2}}{2}}$$

$$a = \sqrt[4]{\frac{K\bar{b}}{4EI_y}} = b$$

$$b = \frac{b_0}{2a}$$

$$b = \sqrt[4]{\frac{K\bar{b}}{4EI_y}} = a$$

$$a_0 = \frac{K\bar{b}}{2GA}$$

$$a_0 = 0$$

$$b_0 = \sqrt{R}$$

$$b_0 = \sqrt{\frac{K\bar{b}}{EI_y}}$$

$$R = \frac{K\bar{b}}{EI_y} - \frac{K^2\bar{b}^2}{4G^2A^2}$$

$$R = \frac{K\bar{b}}{EI_y}$$

\bar{b} es el ancho de la viga

(156)



1.2. AUTOVECTORES ASOCIADOS A LOS AUTOVALORES.

Puesto que tenemos 4 autovalores (multiplicidad 1), las cuatro autofunciones definidas por (51) constituirán una matriz fundamental. Sea \mathbf{E}_λ el autovector asociado al autovalor λ , entonces se verifica:

$$\mathbf{W}\mathbf{E}_\lambda = \lambda\mathbf{E}_\lambda$$

Si llamamos a las 4 componentes de \mathbf{E}_λ :

$$\mathbf{E}_\lambda = \begin{pmatrix} A \\ B \\ C \\ D \end{pmatrix}$$

se tendrá que:

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & \frac{1}{GA} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{EI_y} \\ K\bar{b} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \end{bmatrix}$$

es decir:

$$-B + \frac{C}{GA} = \lambda A$$

$$\frac{D}{EI_y} = \lambda B$$

$$K\bar{b}A = \lambda C$$

$$C = \lambda D$$

Con toda generalidad podemos asignar $A=1$, con lo que el resto de componentes serán:

$$\begin{aligned} A &= 1 \\ B &= \frac{K\bar{b}}{GA\lambda} - \lambda \\ C &= \frac{K\bar{b}}{\lambda} \\ D &= \frac{K\bar{b}}{\lambda^2} \end{aligned}$$

(157) AUTOVECTORES



Calculemos para cada autovalor su autovector correspondiente. Además, como nos va a interesar, descompondremos el autovector en su parte real y su parte imaginaria:

$$\mathbf{E}_{\lambda} = \Re_{\lambda} + \Im_{\lambda}i \quad (68)$$

1.2.1. AUTOVECTOR DE $\lambda_1 = a + bi$:

$$A=1$$

$$B = \frac{K\bar{b}}{GA\lambda_1} - \lambda_1 = \frac{K\bar{b}}{GA(a+bi)} - (a+bi) = \left[\frac{K\bar{b}a}{GA(a^2+b^2)} - a \right] - i \left[\frac{K\bar{b}b}{GA(a^2+b^2)} + b \right]$$

$$C = \frac{K\bar{b}}{\lambda_1} = \frac{K\bar{b}}{a+bi} = \left[\frac{K\bar{b}a}{a^2+b^2} \right] - i \left[\frac{K\bar{b}b}{a^2+b^2} \right]$$

$$D = \frac{K\bar{b}}{\lambda_1^2} = \frac{K\bar{b}}{(a+bi)^2} = \left[\frac{K\bar{b}(a^2-b^2)}{(a^2-b^2)^2 + 4a^2b^2} \right] - i \left[\frac{2K\bar{b}ab}{(a^2-b^2)^2 + 4a^2b^2} \right]$$

Luego:

$$\mathbf{E}_{\lambda_1} = \Re_{\lambda_1} + \Im_{\lambda_1}i = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{K\bar{b}a}{GA(a^2+b^2)} - a \\ \frac{K\bar{b}a}{a^2+b^2} \\ \frac{K\bar{b}(a^2-b^2)}{(a^2-b^2)^2 + 4a^2b^2} \end{bmatrix} + i \begin{bmatrix} 0 \\ -\left(\frac{K\bar{b}b}{GA(a^2+b^2)} + b \right) \\ -\frac{K\bar{b}b}{a^2+b^2} \\ -\frac{2K\bar{b}ab}{(a^2-b^2)^2 + 4a^2b^2} \end{bmatrix} \quad (158)$$

Operando de igual modo en el caso de los otros 3 autovalores:

1.2.2. AUTOVECTOR DE $\lambda_2 = a - bi$:

$$\mathbf{E}_{\lambda_2} = \Re_{\lambda_2} + \Im_{\lambda_2}i = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{K\bar{b}a}{GA(a^2+b^2)} - a \\ \frac{K\bar{b}a}{a^2+b^2} \\ \frac{K\bar{b}(a^2-b^2)}{(a^2-b^2)^2 + 4a^2b^2} \end{bmatrix} + i \begin{bmatrix} 0 \\ \left(\frac{K\bar{b}b}{GA(a^2+b^2)} + b \right) \\ \frac{K\bar{b}b}{a^2+b^2} \\ \frac{2K\bar{b}ab}{(a^2-b^2)^2 + 4a^2b^2} \end{bmatrix} = \bar{\mathbf{E}}_{\lambda_1} \quad (159)$$



1.2.3. AUTOVECTOR DE $\lambda_3 = -a + bi$:

$$\mathbf{E}_{\lambda_3} = \Re_{\lambda_3} + \Im_{\lambda_3} i = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{-K\bar{b}a}{GA(a^2+b^2)} + a \\ \frac{-K\bar{b}a}{a^2+b^2} \\ \frac{K\bar{b}(a^2-b^2)}{(a^2-b^2)^2 + 4a^2b^2} \end{bmatrix} + i \begin{bmatrix} 0 \\ -\left(\frac{K\bar{b}b}{GA(a^2+b^2)} + b\right) \\ \frac{-K\bar{b}b}{a^2+b^2} \\ \frac{2K\bar{b}ab}{(a^2-b^2)^2 + 4a^2b^2} \end{bmatrix} \quad (160)$$

1.2.4. AUTOVECTOR DE $\lambda_4 = -a - bi$:

$$\mathbf{E}_{\lambda_4} = \Re_{\lambda_4} + \Im_{\lambda_4} i = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{-K\bar{b}a}{GA(a^2+b^2)} + a \\ \frac{-K\bar{b}a}{a^2+b^2} \\ \frac{K\bar{b}(a^2-b^2)}{(a^2-b^2)^2 + 4a^2b^2} \end{bmatrix} + i \begin{bmatrix} 0 \\ \left(\frac{K\bar{b}b}{GA(a^2+b^2)} + b\right) \\ \frac{K\bar{b}b}{a^2+b^2} \\ \frac{-2K\bar{b}ab}{(a^2-b^2)^2 + 4a^2b^2} \end{bmatrix} = \bar{\mathbf{E}}_{\lambda_3} \quad (161)$$



1.3. OPERADOR FUNDAMENTAL.

El operador fundamental es una matriz que tiene ordenadas por columnas soluciones particulares linealmente independientes, y dado que hemos obtenido 4 autofunciones linealmente independientes, según 59:

$$\Phi(x) = [\mathbf{E}_1(x) \quad \mathbf{E}_2(x) \quad \mathbf{E}_3(x) \quad \mathbf{E}_4(x)] = [e^{\lambda_1 x} \mathbf{E}_{\lambda_1} \quad e^{\lambda_2 x} \mathbf{E}_{\lambda_2} \quad e^{\lambda_3 x} \mathbf{E}_{\lambda_3} \quad e^{\lambda_4 x} \mathbf{E}_{\lambda_4}] \quad (73)$$

Tengamos en cuenta que nuestras cuatro soluciones \mathbf{E}_j son funciones complejas. Veamos como a partir de estas cuatro soluciones complejas, dado que los autovectores son conjugados dos a dos, pues:

$$\mathbf{E}_{\lambda_2} = \overline{\mathbf{E}_{\lambda_1}}$$

$$\mathbf{E}_{\lambda_4} = \overline{\mathbf{E}_{\lambda_3}}$$

podemos obtener otras cuatro soluciones linealmente independientes (llamémoslas \mathbf{E}_j^*) que sólo tienen componentes reales que se obtienen a partir de las funciones iniciales \mathbf{E}_j . Para ello nos basaremos en dos propiedades básicas de las ecuaciones diferenciales lineales (en nuestro caso son de coeficientes constantes, y por tanto, lineales):

- Propiedad 1: Si \mathbf{E}_1 y \mathbf{E}_2 son dos soluciones particulares del sistema de ecuaciones $\frac{d\mathbf{E}}{dx} = \mathbf{W}\mathbf{E}$, entonces la función $(\mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2)$ también es solución del sistema de ecuaciones dado.

- Propiedad 2: Si \mathbf{E}_1 es una solución particular del sistema de ecuaciones $\frac{d\mathbf{E}}{dx} = \mathbf{W}\mathbf{E}$ y ω es una constante cualesquiera, entonces la función $(\omega \mathbf{E}_1)$ es también solución del sistema de ecuaciones dado.

Si en nuestras cuatro soluciones obtenidas expresamos el autovalor y el autovector con sus partes real e imaginaria, calculando para cada par de autovalores y autovectores conjugados, y teniendo en cuenta la fórmula de Euler $e^{i\theta} = \cos\theta + i\sin\theta$ (74):

$$\lambda_1 = a + bi \quad \lambda_2 = a - bi$$

$$\begin{aligned} \mathbf{E}_1 &= e^{\lambda_1 x} \mathbf{E}_{\lambda_1} = e^{\lambda_1 x} (\mathfrak{R}_{\lambda_1} + i\mathfrak{I}_{\lambda_1}) = e^{(a+bi)x} (\mathfrak{R}_{\lambda_1} + i\mathfrak{I}_{\lambda_1}) = e^{ax} e^{bxi} (\mathfrak{R}_{\lambda_1} + i\mathfrak{I}_{\lambda_1}) = \\ &= e^{ax} (\cos(bx) + i\sin(bx)) (\mathfrak{R}_{\lambda_1} + i\mathfrak{I}_{\lambda_1}) = \\ &= e^{ax} [(\cos(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_1} - \sin(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_1}) + i(\sin(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_1} + \cos(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_1})] \quad (75) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{E}_2 &= e^{\lambda_2 x} \mathbf{E}_{\lambda_2} = e^{\lambda_2 x} (\mathfrak{R}_{\lambda_2} + i\mathfrak{I}_{\lambda_2}) = e^{(a-bi)x} (\mathfrak{R}_{\lambda_1} - i\mathfrak{I}_{\lambda_1}) = e^{ax} e^{-bxi} (\mathfrak{R}_{\lambda_1} - i\mathfrak{I}_{\lambda_1}) = \\ &= e^{ax} (\cos(bx) - i\sin(bx)) (\mathfrak{R}_{\lambda_1} - i\mathfrak{I}_{\lambda_1}) = \\ &= e^{ax} [(\cos(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_1} - \sin(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_1}) - i(\sin(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_1} + \cos(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_1})] \quad (76) \end{aligned}$$

Si ahora consideramos la función combinación lineal de las dos anteriores:

$$\mathbf{E}_1^* = \frac{1}{2} (\mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2) \quad (77)$$

En virtud de las dos propiedades enunciadas, esta última función también es solución particular de nuestro problema, pero ahora esta función no tiene términos imaginarios:



$$\mathbf{E}_1^* = e^{\alpha x} \left[(\text{Cos}(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_1} - \text{Sen}(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_1}) \right] \quad (78)$$

Análogamente, si consideramos la función combinación lineal :

$$\mathbf{E}_2^* = \frac{1}{2i}(\mathbf{E}_1 - \mathbf{E}_2) \quad (79)$$

también es solución particular de nuestro problema, pero no tiene término imaginario:

$$\mathbf{E}_2^* = e^{\alpha x} \left[(\text{Sen}(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_1} + \text{Cos}(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_1}) \right] \quad (80)$$

Operando de igual forma para la otra de parejas conjugadas autovalores y autovectores:

$$\lambda_3 = -a + bi \quad \lambda_4 = -a - bi$$

$$\mathbf{E}_3 = e^{-\alpha x} \left[(\text{Cos}(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_3} - \text{Sen}(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_3}) + i(\text{Sen}(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_3} + \text{Cos}(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_3}) \right] \quad (81)$$

$$\mathbf{E}_4 = e^{-\alpha x} \left[(\text{Cos}(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_3} - \text{Sen}(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_3}) - i(\text{Sen}(bx)\mathfrak{R}_{\lambda_3} + \text{Cos}(bx)\mathfrak{I}_{\lambda_3}) \right] \quad (82)$$

$$\mathbf{E}_3^* = \frac{1}{2}(\mathbf{E}_3 + \mathbf{E}_4) = e^{-\alpha x} \left[\text{Cos}(bx)\mathfrak{R}_3 - \text{Sen}(bx)\mathfrak{I}_3 \right] \quad (83)$$

$$\mathbf{E}_4^* = \frac{1}{2i}(\mathbf{E}_3 - \mathbf{E}_4) = e^{-\alpha x} \left[\text{Sen}(bx)\mathfrak{R}_3 + \text{Cos}(bx)\mathfrak{I}_3 \right] \quad (84)$$

Entonces, el operador fundamental lo podemos expresar con funciones reales:

$$\Phi(x) = \left[\mathbf{E}_1^* \quad \mathbf{E}_2^* \quad \mathbf{E}_3^* \quad \mathbf{E}_4^* \right] = \Phi_{ij} \quad (86)$$

Si por comodidad de notación llamamos : $R_0 = \frac{K\bar{b}}{a^2 + b^2}$

$$R_1 = \frac{K\bar{b}a}{GA(a^2 + b^2)} - a \quad (162)$$

$$R_2 = \frac{K\bar{b}a}{a^2 + b^2} \quad (163)$$

$$R_3 = \frac{K\bar{b}(a^2 - b^2)}{(a^2 - b^2)^2 + 4a^2b^2} \quad (164)$$

$$I_1 = \left[\frac{K\bar{b}b}{GA(a^2 + b^2)} + b \right] \quad (165)$$



$$I_2 = \frac{-K\bar{b}b}{a^2 + b^2}$$

(166)

$$I_3 = \frac{-2K\bar{b}ab}{(a^2 - b^2)^2 + 4a^2b^2}$$

(167)

tendremos que:

$$\Re_{\lambda_1} = \begin{bmatrix} 1 \\ R_1 \\ R_2 \\ R_3 \end{bmatrix} \quad \Im_{\lambda_1} = \begin{bmatrix} 0 \\ I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} \quad \Re_{\lambda_3} = \begin{bmatrix} 1 \\ -R_1 \\ -R_2 \\ R_3 \end{bmatrix} \quad \Im_{\lambda_3} = \begin{bmatrix} 0 \\ I_1 \\ I_2 \\ -I_3 \end{bmatrix}$$

y por tanto, el operador fundamental lo podemos expresar como, operando por columnas:

COLUMNA 1:

$$\Phi_{11} = e^{ax} [\text{Cosbx}.1 - \text{Senbx}.0] = e^{ax} \text{Cosbx}$$

$$\Phi_{21} = e^{ax} [R_1 \text{Cosbx} - I_1 \text{Senbx}]$$

$$\Phi_{31} = e^{ax} [R_2 \text{Cosbx} - I_2 \text{Senbx}]$$

$$\Phi_{41} = e^{ax} [R_3 \text{Cosbx} - I_3 \text{Senbx}]$$

COLUMNA 2:

$$\Phi_{12} = e^{ax} \text{Senbx}$$

$$\Phi_{22} = e^{ax} [R_1 \text{Senbx} + I_1 \text{Cosbx}]$$

$$\Phi_{32} = e^{ax} [R_2 \text{Senbx} + I_2 \text{Cosbx}]$$

$$\Phi_{42} = e^{ax} [R_3 \text{Senbx} + I_3 \text{Cosbx}]$$

COLUMNA 3:

$$\Phi_{13} = e^{-ax} \text{Cosbx}$$

$$\Phi_{23} = e^{-ax} [-R_1 \text{Cosbx} - I_1 \text{Senbx}]$$

$$\Phi_{33} = e^{-ax} [-R_2 \text{Cosbx} - I_2 \text{Senbx}]$$

$$\Phi_{43} = e^{-ax} [R_3 \text{Cosbx} + I_3 \text{Senbx}]$$

COLUMNA 4:

$$\Phi_{14} = e^{-ax} \text{Senbx}$$

$$\Phi_{24} = e^{-ax} [-R_1 \text{Senbx} + I_1 \text{Cosbx}]$$

$$\Phi_{34} = e^{-ax} [-R_2 \text{Senbx} + I_2 \text{Cosbx}]$$

$$\Phi_{44} = e^{-ax} [R_3 \text{Senbx} - I_3 \text{Cosbx}]$$



OPERADOR FUNDAMENTAL VIGA ELASTICA CON DEFORMACION POR CORTANTE

$$\Phi(x) = \begin{bmatrix} e^{ax} \text{Cosbx} & e^{ax} \text{Senbx} & e^{-ax} \text{Cosbx} & e^{-ax} \text{Senbx} \\ e^{ax} (R_1 \text{Cosbx} - I_1 \text{Senbx}) & e^{ax} (R_1 \text{Senbx} + I_1 \text{Cosbx}) & e^{-ax} (-R_1 \text{Cosbx} - I_1 \text{Senbx}) & e^{-ax} (-R_1 \text{Senbx} + I_1 \text{Cosbx}) \\ e^{ax} (R_2 \text{Cosbx} - I_2 \text{Senbx}) & e^{ax} (R_2 \text{Senbx} + I_2 \text{Cosbx}) & e^{-ax} (-R_2 \text{Cosbx} - I_2 \text{Senbx}) & e^{-ax} (-R_2 \text{Senbx} + I_2 \text{Cosbx}) \\ e^{ax} (R_3 \text{Cosbx} - I_3 \text{Senbx}) & e^{ax} (R_3 \text{Senbx} + I_3 \text{Cosbx}) & e^{-ax} (R_3 \text{Cosbx} + I_3 \text{Senbx}) & e^{-ax} (R_3 \text{Senbx} - I_3 \text{Cosbx}) \end{bmatrix}$$

(168)

$$a_0 = \frac{K\bar{b}}{2GA}$$

$$R_1 = \frac{K\bar{b}a}{GA(a^2 + b^2)} - a$$

$$I_1 = -\left[\frac{K\bar{b}b}{GA(a^2 + b^2)} + b \right]$$

$$R = \frac{K\bar{b}}{EI_y} - \frac{K^2\bar{b}^2}{4G^2A^2}$$

$$R_2 = \frac{K\bar{b}a}{a^2 + b^2}$$

$$I_2 = \frac{-K\bar{b}b}{a^2 + b^2}$$

$$b_0 = \sqrt{R}$$

$$R_3 = \frac{K\bar{b}(a^2 - b^2)}{(a^2 - b^2)^2 + 4a^2b^2}$$

$$I_3 = \frac{-2K\bar{b}ab}{(a^2 - b^2)^2 + 4a^2b^2}$$

$$a = +\sqrt{\frac{a_0 + \sqrt{a_0^2 + b_0^2}}{2}}$$

$$b = \frac{b_0}{2a}$$

\bar{b} = ancho de la viga



1.4. OPERADOR DE TRANSFERENCIA.

$$\mathbf{G}(x) = \Phi(x)\Phi_0^{-1} \quad (88)$$

$$\Phi_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ R_1 & I_1 & -R_1 & I_1 \\ R_2 & I_2 & -R_2 & I_2 \\ R_3 & I_3 & R_3 & -I_3 \end{bmatrix} \quad (169)$$

$$\Phi_0^{-1} = \frac{1}{\Phi_0} [\text{Adj}(\Phi_0)]^T \quad (90)$$

NOTA: Dada la matriz $B_{ij} \Rightarrow \text{Adj}(B_{ij}) = (-1)^{i+j} \text{Mcpm}(B_{ij})$ siendo Mcpm el menor complementario (es el determinante de la matriz que queda eliminando la fila i y la columna j)

$$\Phi_0 = \begin{vmatrix} I_1 & -R_1 & I_1 \\ I_2 & -R_2 & I_2 \\ I_3 & R_3 & -I_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} R_1 & I_1 & I_1 \\ R_2 & I_2 & I_2 \\ R_3 & I_3 & -I_3 \end{vmatrix} = 4I_3(R_2I_1 - R_1I_2)$$

Si llamamos :

$$F = R_2I_1 - R_1I_2 = \frac{-2K\bar{b}ab}{a^2 + b^2} \quad (170)$$

tendremos que:

$$\Phi_0 = 4I_3F \quad (171)$$

Pasemos a calcular los adjuntos.



$$\triangleright \text{Adj}(\Phi_{11}) = + \begin{vmatrix} I_1 & -R_1 & I_1 \\ I_2 & -R_2 & I_2 \\ I_3 & R_3 & -I_3 \end{vmatrix} = 2FI_3$$

$$\triangleright \text{Adj}(\Phi_{12}) = - \begin{vmatrix} R_1 & -R_1 & I_1 \\ R_2 & -R_2 & I_2 \\ R_3 & R_3 & -I_3 \end{vmatrix} = -2FR_3$$

$$\triangleright \text{Adj}(\Phi_{13}) = + \begin{vmatrix} R_1 & I_1 & I_1 \\ R_2 & I_2 & I_2 \\ R_3 & I_3 & -I_3 \end{vmatrix} = 2FI_3$$

$$\triangleright \text{Adj}(\Phi_{14}) = - \begin{vmatrix} R_1 & I_1 & -R_1 \\ R_2 & I_2 & -R_2 \\ R_3 & I_3 & R_3 \end{vmatrix} = 2FR_3$$

$$\triangleright \text{Adj}(\Phi_{21}) = - \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ I_2 & -R_2 & I_2 \\ I_3 & R_3 & -I_3 \end{vmatrix} = -2I_2I_3$$

$$\triangleright \text{Adj}(\Phi_{22}) = + \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ R_2 & -R_2 & I_2 \\ R_3 & R_3 & -I_3 \end{vmatrix} = 2R_2R_3$$

$$\triangleright \text{Adj}(\Phi_{23}) = - \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ R_2 & I_2 & I_2 \\ R_3 & I_3 & -I_3 \end{vmatrix} = 2I_2I_3$$



$$\text{➤ } Adj(\Phi_{24}) = + \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ R_2 & I_2 & -R_2 \\ R_3 & I_3 & -I_3 \end{vmatrix} = 2R_2I_3$$

$$\text{➤ } Adj(\Phi_{31}) = + \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ I_1 & -R_1 & I_1 \\ I_3 & R_3 & -I_3 \end{vmatrix} = 2I_1I_3$$

$$\text{➤ } Adj(\Phi_{32}) = - \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ R_1 & -R_1 & I_1 \\ R_3 & R_3 & -I_3 \end{vmatrix} = -2R_1I_3$$

$$\text{➤ } Adj(\Phi_{33}) = + \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ R_1 & I_1 & I_1 \\ R_3 & I_3 & -I_3 \end{vmatrix} = -2I_1I_3$$

$$\text{➤ } Adj(\Phi_{34}) = - \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ R_1 & I_1 & -R_1 \\ R_3 & I_3 & R_3 \end{vmatrix} = -2R_1I_3$$

$$\text{➤ } Adj(\Phi_{41}) = - \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ I_1 & -R_1 & I_1 \\ I_2 & -R_2 & I_2 \end{vmatrix} = 0$$

$$\text{➤ } Adj(\Phi_{42}) = + \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ R_1 & -R_1 & I_1 \\ R_2 & -R_2 & I_2 \end{vmatrix} = 2F$$



$$\rightarrow \text{Adj}(\Phi_{43}) = - \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ R_1 & I_1 & I_1 \\ R_2 & I_2 & I_2 \end{vmatrix} = 0$$

$$\rightarrow \text{Adj}(\Phi_{44}) = + \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ R_1 & I_1 & -R_1 \\ R_2 & I_2 & -R_2 \end{vmatrix} = -2F$$

Luego: $\Phi_0^{-1} = \frac{1}{\Phi_0} [\text{Adj}(\Phi_0)]^T$

$$\Phi_0^{-1} = \frac{1}{4FI_3} \begin{bmatrix} 2FI_3 & -2I_2I_3 & 2I_1I_3 & 0 \\ 2FR_3 & 2R_2I_3 & -2R_1I_3 & 2F \\ 2FI_3 & 2I_2I_3 & -2I_1I_3 & 0 \\ 2FR_3 & 2R_2I_3 & -2R_1I_3 & -2F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{-I_2}{2F} & \frac{I_1}{2F} & 0 \\ \frac{-R_3}{2I_3} & \frac{R_2}{2F} & \frac{-R_1}{2F} & \frac{1}{2I_3} \\ \frac{1}{2} & \frac{I_2}{2F} & \frac{-I_1}{2F} & 0 \\ \frac{R_3}{2I_3} & \frac{R_2}{2F} & \frac{-R_1}{2F} & \frac{-1}{2I_3} \end{bmatrix}$$

Podemos comprobar que $\Phi_0 \Phi_0^{-1} = \mathbf{I}$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ R_1 & I_1 & -R_1 & I_1 \\ R_2 & I_2 & -R_2 & I_2 \\ R_3 & I_3 & R_3 & -I_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{-I_2}{2F} & \frac{I_1}{2F} & 0 \\ \frac{-R_3}{2I_3} & \frac{R_2}{2F} & \frac{-R_1}{2F} & \frac{1}{2I_3} \\ \frac{1}{2} & \frac{I_2}{2F} & \frac{-I_1}{2F} & 0 \\ \frac{R_3}{2I_3} & \frac{R_2}{2F} & \frac{-R_1}{2F} & \frac{-1}{2I_3} \end{bmatrix} = \mathbf{I}$$

Pasemos a calcular el operador de transferencia:

$$\mathbf{G}(\xi) = \Phi(\xi) \Phi_0^{-1} = G_{ij}$$



NOTA: Funciones hiperbólicas : $Cha = \frac{e^a + e^{-a}}{2}$ $Sha = \frac{e^a - e^{-a}}{2}$

$$G_{11}(x) = e^{ax} \text{Cosbx} \frac{1}{2} + e^{ax} \text{Senbx} \frac{-R_3}{2I_3} + e^{-ax} \text{Cosbx} \frac{1}{2} + e^{-ax} \text{Senbx} \frac{R_3}{2I_3} = \text{ChaxCosbx} - \frac{R_3}{I_3} \text{ShaxSenbx}$$

$$G_{12}(x) = e^{ax} \text{Cosbx} \frac{-I_2}{2F} + e^{ax} \text{Senbx} \frac{R_2}{2F} + e^{-ax} \text{Cosbx} \frac{I_2}{2F} + e^{-ax} \text{Senbx} \frac{R_2}{2F} = \frac{R_2}{F} \text{ChaxSenbx} - \frac{I_2}{F} \text{ShaxCosbx}$$

$$G_{13}(x) = e^{ax} \text{Cosbx} \frac{I_1}{2F} + e^{ax} \text{Senbx} \frac{-R_1}{2F} + e^{-ax} \text{Cosbx} \frac{-I_1}{2F} + e^{-ax} \text{Senbx} \frac{-R_1}{2F} = -\frac{R_1}{F} \text{ChaxSenbx} + \frac{I_1}{F} \text{ShaxCosbx}$$

$$G_{14}(x) = e^{ax} \text{Senbx} \frac{1}{2I_3} - e^{-ax} \text{Senbx} \frac{-1}{2I_3} = \frac{1}{I_3} \text{ShaxSenbx}$$

$$\begin{aligned} G_{21}(x) &= e^{ax} [R_1 \text{Cosbx} - I_1 \text{Senbx}] \frac{1}{2} + e^{ax} [R_1 \text{Senbx} + I_1 \text{Cosbx}] \frac{-R_3}{2I_3} + \\ &+ e^{-ax} [-R_1 \text{Cosbx} - I_1 \text{Senbx}] \frac{1}{2} + e^{-ax} [-R_1 \text{Senbx} + I_1 \text{Cosbx}] \frac{R_3}{2I_3} = \\ &= (R_1 - \frac{R_3 I_1}{I_3}) \text{ShaxCosbx} - (I_1 + \frac{R_1 R_3}{I_3}) \text{ChaxSenbx} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_{22}(x) &= \frac{-I_2}{2F} e^{ax} [R_1 \text{Cosbx} - I_1 \text{Senbx}] + \frac{R_2}{2F} e^{ax} [R_1 \text{Senbx} + I_1 \text{Cosbx}] + \\ &+ \frac{I_2}{2F} e^{-ax} [-R_1 \text{Cosbx} - I_1 \text{Senbx}] + \frac{R_2}{2F} e^{-ax} [-R_1 \text{Senbx} + I_1 \text{Cosbx}] = \\ &= \text{ChaxCosbx} + (\frac{R_1 R_2}{F} + \frac{I_1 I_2}{F}) \text{ShaxSenbx} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_{23}(x) &= \frac{I_1}{2F} e^{ax} [R_1 \text{Cosbx} - I_1 \text{Senbx}] - \frac{R_1}{2F} e^{ax} [R_1 \text{Senbx} + I_1 \text{Cosbx}] - \\ &- \frac{I_1}{2F} e^{-ax} [-R_1 \text{Cosbx} - I_1 \text{Senbx}] - \frac{R_1}{2F} e^{-ax} [-R_1 \text{Senbx} + I_1 \text{Cosbx}] = \\ &= -(\frac{R_1^2 + I_1^2}{F}) \text{ShaxSenbx} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_{24}(x) &= \frac{1}{2I_3} e^{ax} [R_1 \text{Senbx} + I_1 \text{Cosbx}] - \frac{1}{2I_3} e^{-ax} [-R_1 \text{Senbx} + I_1 \text{Cosbx}] = \\ &= \frac{R_1}{I_3} \text{ChaxSenbx} + \frac{I_1}{I_3} \text{ShaxCosbx} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_{31}(x) &= e^{ax} [R_2 \text{Cosbx} - I_2 \text{Senbx}] \frac{1}{2} + e^{ax} [R_2 \text{Senbx} + I_2 \text{Cosbx}] \frac{-R_3}{2I_3} + \\ &+ e^{-ax} [-R_2 \text{Cosbx} - I_2 \text{Senbx}] \frac{1}{2} + e^{-ax} [-R_2 \text{Senbx} + I_2 \text{Cosbx}] \frac{R_3}{2I_3} = \\ &= (R_2 - \frac{R_3 I_2}{I_3}) \text{ShaxCosbx} - (I_2 + \frac{R_2 R_3}{I_3}) \text{ChaxSenbx} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}G_{32}(x) &= \frac{-I_2}{2F} e^{ax} [R_2 \cos bx - I_2 \sin bx] + \frac{R_2}{2F} e^{ax} [R_2 \sin bx + I_2 \cos bx] + \\ &+ \frac{I_2}{2F} e^{-ax} [-R_2 \cos bx - I_2 \sin bx] + \frac{R_2}{2F} e^{-ax} [-R_2 \sin bx + I_2 \cos bx] = \\ &= \left(\frac{R_2^2 + I_2^2}{F} \right) \text{ShaxSenbx}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}G_{33}(x) &= \frac{I_1}{2F} e^{ax} [R_2 \cos bx - I_2 \sin bx] - \frac{R_1}{2F} e^{ax} [R_2 \sin bx + I_2 \cos bx] - \\ &- \frac{I_1}{2F} e^{-ax} [-R_2 \cos bx - I_2 \sin bx] - \frac{R_1}{2F} e^{-ax} [-R_2 \sin bx + I_2 \cos bx] = \\ &= \text{ChaxCosbx} - \left(\frac{R_1 R_2}{F} + \frac{I_1 I_2}{F} \right) \text{ShaxSenbx}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}G_{34}(x) &= \frac{1}{2I_3} e^{ax} [R_2 \sin bx + I_2 \cos bx] - \frac{1}{2I_3} e^{-ax} [-R_2 \sin bx + I_2 \cos bx] = \\ &= \frac{R_2}{I_3} \text{ChaxSenbx} + \frac{I_2}{I_3} \text{ShaxCosbx}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}G_{41}(x) &= e^{ax} [R_3 \cos bx - I_3 \sin bx] \frac{1}{2} + e^{ax} [R_3 \sin bx + I_3 \cos bx] \frac{-R_3}{2I_3} + \\ &+ e^{-ax} [R_3 \cos bx + I_3 \sin bx] \frac{1}{2} + e^{-ax} [R_3 \sin bx - I_3 \cos bx] \frac{R_3}{2I_3} = \\ &= -\left(I_3 + \frac{R_3^2}{I_3} \right) \text{ShaxSenbx}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}G_{42}(x) &= \frac{-I_2}{2F} e^{ax} [R_3 \cos bx - I_3 \sin bx] + \frac{R_2}{2F} e^{ax} [R_3 \sin bx + I_3 \cos bx] + \\ &+ \frac{I_2}{2F} e^{-ax} [R_3 \cos bx + I_3 \sin bx] + \frac{R_2}{2F} e^{-ax} [R_3 \sin bx - I_3 \cos bx] = \\ &= \left(\frac{R_2 R_3 + I_2 I_3}{F} \right) \text{ChaxSenbx} + \left(\frac{R_2 I_3 - R_3 I_2}{F} \right) \text{ShaxCosbx}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}G_{43}(x) &= \frac{I_1}{2F} e^{ax} [R_3 \cos bx - I_3 \sin bx] - \frac{R_1}{2F} e^{ax} [R_3 \sin bx + I_3 \cos bx] - \\ &- \frac{I_1}{2F} e^{-ax} [R_3 \cos bx + I_3 \sin bx] - \frac{R_1}{2F} e^{-ax} [R_3 \sin bx - I_3 \cos bx] = \\ &= \left(\frac{R_3 I_1}{F} - \frac{R_1 I_3}{F} \right) \text{ShaxCosbx} - \left(\frac{R_1 R_3 + I_1 I_3}{F} \right) \text{ChaxSenbx}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}G_{44}(x) &= \frac{1}{2I_3} e^{ax} [R_3 \sin bx + I_3 \cos bx] - \frac{1}{2I_3} e^{-ax} [R_3 \sin bx - I_3 \cos bx] = \\ &= \text{ChaxCosbx} + \frac{R_3}{I_3} \text{ShaxSenbx}\end{aligned}$$



OPERADOR DE TRANSFERENCIA VIGA ELÁSTICA CON DEFORMACION POR CORTANTE

$$G(x) = \begin{bmatrix} Chx\cos bx - B_1 Shx\sen bx & B_2 Chx\sen bx - B_3 Shx\cos bx & B_4 Shx\cos bx - B_5 Chx\sen bx & B_6 Shx\sen bx \\ B_7 Shx\cos bx - B_8 Chx\sen bx & Chx\cos bx + B_9 Shx\sen bx & -B_{10} Shx\sen bx & B_{11} Chx\sen bx + B_{12} Shx\cos bx \\ B_{13} Shx\cos bx - B_{14} Chx\sen bx & B_{15} Shx\sen bx & Chx\cos bx - B_{16} Shx\sen bx & B_{17} Chx\sen bx + B_{18} Shx\cos bx \\ -B_{19} Shx\sen bx & B_{20} Chx\sen bx + B_{21} Shx\cos bx & -B_{22} Chx\sen bx - B_{23} Shx\cos bx & Chx\cos bx + B_1 Shx\sen bx \end{bmatrix}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

$$R_1 = \frac{K\bar{b}a}{GA(a^2 + b^2)} - a$$

$$F = R_2 I_1 - R_1 I_2 = \frac{-2K\bar{b}ab}{a^2 + b^2}$$

$$B_{13} = R_2 - \frac{R_3 I_2}{I_3}$$

$$B_{20} = \frac{R_2 R_3 + I_2 I_3}{F}$$

$$a_0 = \frac{K\bar{b}}{2GA}$$

$$R_2 = \frac{K\bar{b}a}{a^2 + b^2}$$

$$B_1 = \frac{R_3}{I_3}$$

$$B_7 = R_1 - \frac{R_3 I_1}{I_3}$$

$$B_{14} = I_2 + \frac{R_2 R_3}{I_3}$$

$$B_{21} = \frac{R_2 I_3 - R_3 I_2}{F}$$

$$R = \frac{K\bar{b}}{EI_y} - \frac{K^2 \bar{b}^2}{4G^2 A^2}$$

$$R_3 = \frac{K\bar{b}(a^2 - b^2)}{(a^2 - b^2)^2 + 4a^2 b^2}$$

$$B_2 = \frac{R_2}{F}$$

$$B_8 = I_1 + \frac{R_1 R_3}{I_3}$$

$$B_{15} = \frac{R_2^2 + I_2^2}{F}$$

$$B_{22} = \frac{R_1 R_3 + I_1 I_3}{F}$$

$$b_0 = \sqrt{R}$$

$$I_1 = -\left[\frac{K\bar{b}b}{GA(a^2 + b^2)} + b \right]$$

$$B_3 = \frac{I_2}{F}$$

$$B_9 = \frac{R_1 R_2 + I_1 I_2}{F}$$

$$B_{16} = B_9$$

$$B_{23} = \frac{R_1 I_3 - R_3 I_1}{F}$$

$$a = +\sqrt{\frac{a_0 + \sqrt{a_0^2 + b_0^2}}{2}}$$

$$I_2 = \frac{-K\bar{b}b}{a^2 + b^2}$$

$$B_4 = \frac{I_1}{F}$$

$$B_{10} = \frac{R_1^2 + I_1^2}{F}$$

$$B_{17} = \frac{R_2}{I_3}$$

$$b = \frac{b_0}{2a}$$

$$I_3 = \frac{-2K\bar{b}ab}{(a^2 - b^2)^2 + 4a^2 b^2}$$

$$B_5 = \frac{R_1}{F}$$

$$B_{11} = \frac{R_1}{I_3}$$

$$B_{18} = \frac{I_2}{I_3}$$

$$B_6 = \frac{1}{I_3}$$

$$B_{12} = \frac{I_1}{I_3}$$

$$B_{19} = \frac{R_3^2 + I_3^2}{I_3}$$

\bar{b} = ancho de la viga

(172)



OPERADOR DE TRANSFERENCIA VIGA ELASTICA CON DEFORMACION POR CORTANTE

$$\begin{matrix}
 \xi = ax & j = b/a & j\xi = bx \\
 \mathbf{G}(\xi) = \begin{bmatrix}
 Ch\xi\text{Cos}j\xi - B_1Sh\xi\text{Sen}j\xi & B_2Ch\xi\text{Sen}j\xi - B_3Sh\xi\text{Cos}j\xi & B_4Sh\xi\text{Cos}j\xi - B_5Ch\xi\text{Sen}j\xi & B_6Sh\xi\text{Sen}j\xi \\
 B_7Sh\xi\text{Cos}j\xi - B_8Ch\xi\text{Sen}j\xi & Ch\xi\text{Cos}j\xi + B_9Sh\xi\text{Sen}j\xi & -B_{10}Sh\xi\text{Sen}j\xi & B_{11}Ch\xi\text{Sen}j\xi + B_{12}Sh\xi\text{Cos}j\xi \\
 B_{13}Sh\xi\text{Cos}j\xi - B_{14}Ch\xi\text{Sen}j\xi & B_{15}Sh\xi\text{Sen}j\xi & Ch\xi\text{Cos}j\xi - B_{16}Sh\xi\text{Sen}j\xi & B_{17}Ch\xi\text{Sen}j\xi + B_{18}Sh\xi\text{Cos}j\xi \\
 -B_{19}Sh\xi\text{Sen}j\xi & B_{20}Ch\xi\text{Sen}j\xi + B_{21}Sh\xi\text{Cos}j\xi & -B_{22}Ch\xi\text{Sen}j\xi - B_{23}Sh\xi\text{Cos}j\xi & Ch\xi\text{Cos}j\xi + B_1Sh\xi\text{Sen}j\xi
 \end{bmatrix}
 \end{matrix}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

$$R_1 = \frac{K\bar{b}a}{GA(a^2 + b^2)} - a$$

$$F = R_2I_1 - R_1I_2 = \frac{-2K\bar{b}ab}{a^2 + b^2}$$

$$B_{13} = R_2 - \frac{R_3I_2}{I_3}$$

$$B_{20} = \frac{R_2R_3 + I_2I_3}{F}$$

$$a_0 = \frac{K\bar{b}}{2GA}$$

$$R_2 = \frac{K\bar{b}a}{a^2 + b^2}$$

$$B_1 = \frac{R_3}{I_3}$$

$$B_7 = R_1 - \frac{R_3I_1}{I_3}$$

$$B_{14} = I_2 + \frac{R_2B_9}{I_3}$$

$$B_{21} = \frac{R_2I_3 - R_3I_2}{F}$$

$$R = \frac{K\bar{b}}{EI_y} - \frac{K^2\bar{b}^2}{4G^2A^2}$$

$$R_3 = \frac{K\bar{b}(a^2 - b^2)}{(a^2 - b^2)^2 + 4a^2b^2}$$

$$B_2 = \frac{R_2}{F}$$

$$B_8 = I_1 + \frac{R_1R_3}{I_3}$$

$$B_{15} = \frac{R_2^2 + I_2^2}{F}$$

$$B_{22} = \frac{R_1R_3 + I_1I_3}{F}$$

$$b_0 = \sqrt{R}$$

$$I_1 = -\left[\frac{K\bar{b}b}{GA(a^2 + b^2)} + b\right]$$

$$B_3 = \frac{I_2}{F}$$

$$B_9 = \frac{R_1R_2 + I_1I_2}{F}$$

$$B_{16} = B_9$$

$$B_{23} = \frac{R_1I_3 - R_3I_1}{F}$$

$$a = +\sqrt{\frac{a_0 + \sqrt{a_0^2 + b_0^2}}{2}}$$

$$I_2 = \frac{-K\bar{b}b}{a^2 + b^2}$$

$$B_4 = \frac{I_1}{F}$$

$$B_{10} = \frac{R_1^2 + I_1^2}{F}$$

$$B_{17} = \frac{R_2}{I_3}$$

$$b = \frac{b_0}{2a}$$

$$I_3 = \frac{-2K\bar{b}ab}{(a^2 - b^2)^2 + 4a^2b^2}$$

$$B_5 = \frac{R_1}{F}$$

$$B_{11} = \frac{R_1}{I_3}$$

$$B_{18} = \frac{I_2}{I_3}$$

$$j = \frac{b}{a}$$

(173)

$$B_6 = \frac{1}{I_3}$$

$$B_{12} = \frac{I_1}{I_3}$$

$$B_{19} = \frac{R_3^2 + I_3^2}{I_3}$$

\bar{b} = anchodelaviga



NOTA: Si $GA=\infty$ (deformación por cortante despreciable) se tiene que:

$$\begin{array}{lll} a_0 = 0 & B_1 = 0 & B_{12} = \frac{2}{K\bar{b}\zeta^3} \\ R = \frac{K\bar{b}}{EI_y} & B_2 = \frac{-\zeta}{2} & B_{13} = \frac{K\bar{b}\zeta}{2} \\ a = \sqrt[4]{\frac{K\bar{b}}{4EI_y}} = b = \frac{1}{\zeta} & B_3 = \frac{\zeta}{2} & B_{14} = \frac{-K\bar{b}\zeta}{2} \\ j = 1 & B_4 = \frac{1}{K\bar{b}\zeta} & B_{15} = \frac{-K\bar{b}\zeta^2}{2} \\ R_1 = -\frac{1}{\zeta} & B_5 = \frac{1}{K\bar{b}\zeta} & B_{17} = -\frac{1}{\zeta} \\ R_2 = \frac{K\bar{b}\zeta}{2} & B_6 = \frac{-2}{K\bar{b}\zeta^2} & B_{18} = \frac{1}{\zeta} \\ R_3 = 0 & B_7 = \frac{-1}{\zeta} & B_{19} = \frac{-K\bar{b}\zeta^2}{2} \\ I_1 = \frac{-1}{\zeta} & B_8 = \frac{-1}{\zeta} & B_{20} = \frac{-K\bar{b}\zeta^3}{4} \\ I_2 = -\frac{K\bar{b}\zeta}{2} & B_9 = 0 = B_{16} & B_{21} = \frac{K\bar{b}\zeta^3}{4} \\ I_3 = -\frac{K\bar{b}\zeta^2}{2} & B_{10} = \frac{-2}{K\bar{b}\zeta^2} & B_{22} = \frac{-\zeta}{2} \\ & B_{11} = \frac{2}{K\bar{b}\zeta^3} & B_{23} = \frac{-\zeta}{2} \end{array}$$

obteniéndose el mismo resultado que en (92). (operador de transferencia sin deformación por cortante).



2.- RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA NO HOMOGÉNEO EN ALGUNOS CASOS PARTICULARES DE CARGAMENTO.

Vamos a resolver el problema no homogéneo:

$$\frac{d\mathbf{E}}{dx} = \mathbf{W}\mathbf{E} - \mathbf{F}$$

en algunos casos particulares de cargamento. La solución al problema no homogéneo queda definida por las ecuaciones (39) y (40):

CARGAS PUNTUALES:

$$\mathbf{E}(x) = \mathbf{G}(x)\mathbf{E}_0 - \mathbf{G}(x-t)\mathbf{F}$$

CARGAS CONTINUAS:

$$\mathbf{E}(x) = \mathbf{G}(x)\mathbf{E}_0 - \int_{t=0}^x \mathbf{G}(x-t)\mathbf{F}(t)dt$$

debemos tener en cuenta que si realizamos el cambio de variable:

$$\xi = ax \quad r = at \Rightarrow dt = adr$$

la ecuaciones quedarán:

CARGAS PUNTUALES:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_0 - \mathbf{G}(\xi-r)\mathbf{F} \quad (93)$$

CARGAS CONTINUAS:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_0 - \frac{1}{a} \int_{r=0}^{\xi} \mathbf{G}(\xi-r)\mathbf{F}(r)dr \quad (94)$$

Los casos particulares que vamos a analizar son:

- 1.- Viga apoyada sobre el terreno sin coacciones en los extremos y cargada con carga puntual.
- 2.- Viga apoyada sobre el terreno sin coacciones en los extremos y cargada con carga distribuida uniforme.
- 3.- Viga apoyada sobre el terreno empotrada en los extremos y cargada con carga puntual.
- 4.- Viga apoyada sobre el terreno empotrada en los extremos y cargada con carga distribuida uniforme.



2.1. VIGA ELÁSTICA CONSIDERANDO DEFORMACIÓN POR CORTANTE SIN COACCIONES EN LOS EXTREMOS CON CARGA PUNTUAL.

Sea una viga recta de longitud L sometida a una carga puntual P situada a una distancia m del extremo frontal (1) y, por tanto, a una distancia n=L-a del extremo dorsal (2).

$$L = m + n$$

$$\xi = ax \quad \xi_m = am \quad \xi_n = an \quad \xi_L = aL \quad \xi_L = \xi_m + \xi_n$$

El vector estado en el extremo 1 (frontal) y en el extremo 2 (dorsal) son:

$$\mathbf{E}_1 = \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{E}_2 = \begin{bmatrix} w_2 \\ \theta_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

El vector F es en este caso:

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ P \\ 0 \end{bmatrix} = P \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2.1.1. OBTENCIÓN CONSTANTES DE INTEGRACIÓN.

Si particularizamos la ecuación (93) en el extremo 2, es decir, para $x = L$:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_0 - \mathbf{G}(\xi - r)\mathbf{F} \quad (\text{recordemos que } \mathbf{E}_0 \text{ es el vector estado en el extremo frontal, y que a partir de ahora lo llamaremos } \mathbf{E}_1)$$

al extremo dorsal:

$$\mathbf{E}_2 = \mathbf{E}(\xi = \xi_L) = \mathbf{G}(\xi_L)\mathbf{E}_1 - \mathbf{G}(\xi_L - \xi_m)\mathbf{F} = \mathbf{G}(\xi_L)\mathbf{E}_1 - \mathbf{G}(\xi_n)\mathbf{F}$$

Entonces:

$$\mathbf{E}_2 = \begin{bmatrix} w_2 \\ \theta_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & G_{13} & G_{14} \\ G_{21} & G_{22} & G_{23} & G_{24} \\ G_{31} & G_{32} & G_{33} & G_{34} \\ G_{41} & G_{42} & G_{43} & G_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} - P \begin{bmatrix} \bar{G}_{11} & \bar{G}_{12} & \bar{G}_{13} & \bar{G}_{14} \\ \bar{G}_{21} & \bar{G}_{22} & \bar{G}_{23} & \bar{G}_{24} \\ \bar{G}_{31} & \bar{G}_{32} & \bar{G}_{33} & \bar{G}_{34} \\ \bar{G}_{41} & \bar{G}_{42} & \bar{G}_{43} & \bar{G}_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (95)$$



donde, por comodidad de notación llamamos:

$$G_{ij} = G_{ij}(\xi = \xi_L) \quad y \quad \bar{G}_{ij} = G_{ij}(\xi = \xi_n)$$

Desarrollando la 3ª fila :

$$0 = G_{31}w_1 + G_{32}\theta_1 - P.\bar{G}_{33}$$

Desarrollando la 4ª fila :

$$0 = G_{41}w_1 + G_{42}\theta_1 - P.\bar{G}_{43}$$

De estas dos ecuaciones:

$$w_1 = P \frac{G_{32}\bar{G}_{43} - G_{42}\bar{G}_{33}}{G_{32}G_{41} - G_{42}G_{31}} \quad (96)$$

$$\theta_1 = \frac{P\bar{G}_{33} - w_1G_{31}}{G_{32}} \quad (97)$$



2.1.2. VECTOR ESTADO:

2.1.2.1 TRAMO $\xi \leq \xi_m$:

En este tramo no hay carga aplicada, por tanto su solución es la del problema homogéneo:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 = \mathbf{E}_H(\xi)$$

Es decir:

$$\mathbf{E}(\xi) = \begin{bmatrix} w(\xi) \\ \theta_y(\xi) \\ Q_z(\xi) \\ M_y(\xi) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(\xi) & G_{12}(\xi) & G_{13}(\xi) & G_{14}(\xi) \\ G_{21}(\xi) & G_{22}(\xi) & G_{23}(\xi) & G_{24}(\xi) \\ G_{31}(\xi) & G_{32}(\xi) & G_{33}(\xi) & G_{34}(\xi) \\ G_{41}(\xi) & G_{42}(\xi) & G_{43}(\xi) & G_{44}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(\xi) & G_{12}(\xi) \\ G_{21}(\xi) & G_{22}(\xi) \\ G_{31}(\xi) & G_{32}(\xi) \\ G_{41}(\xi) & G_{42}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \end{bmatrix} = \mathbf{E}_H(\xi)$$

Desarrollándolo por filas:

$$\begin{aligned} w(\xi) &= w_1 [Ch\xi \cos j\xi - B_1 Sh\xi \operatorname{Sen} j\xi] + \theta_1 [B_2 Ch\xi \operatorname{Sen} j\xi - B_3 Sh\xi \cos j\xi] \\ \theta_y(\xi) &= w_1 [B_7 Sh\xi \cos j\xi - B_8 Ch\xi \operatorname{Sen} j\xi] + \theta_1 [Ch\xi \cos j\xi + B_9 Sh\xi \operatorname{Sen} j\xi] \\ Q_z(\xi) &= w_1 [B_{13} Sh\xi \cos j\xi - B_{14} Ch\xi \operatorname{Sen} j\xi] + \theta_1 [B_{15} Sh\xi \operatorname{Sen} j\xi] \\ M_y(\xi) &= w_1 [-B_{19} Sh\xi \operatorname{Sen} j\xi] + \theta_1 [B_{20} Ch\xi \operatorname{Sen} j\xi + B_{21} Sh\xi \cos j\xi] \end{aligned} \quad (174)$$

VECTOR ESTADO VIGA ELASTICA CON DEFORMACIÓN POR CORTANTE CON CARGA PUNTUAL,
EN EL TRAMO $\xi \leq \xi_m$: $\mathbf{E}_H(\xi)$



2.1.2.2. TRAMO $\xi \geq \xi_m$:

En este caso:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 - \mathbf{G}(\xi - \xi_m)\mathbf{F} = \mathbf{E}_H(\xi) - \mathbf{G}(\xi - \xi_m)\mathbf{F}$$

$$\mathbf{E}(\xi) = \begin{bmatrix} w(\xi) \\ \theta_y(\xi) \\ Q_z(\xi) \\ M_y(\xi) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(\xi) & G_{12}(\xi) & G_{13}(\xi) & G_{14}(\xi) \\ G_{21}(\xi) & G_{22}(\xi) & G_{23}(\xi) & G_{24}(\xi) \\ G_{31}(\xi) & G_{32}(\xi) & G_{33}(\xi) & G_{34}(\xi) \\ G_{41}(\xi) & G_{42}(\xi) & G_{43}(\xi) & G_{44}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} G_{11}(\xi - \xi_m) & G_{12}(\xi - \xi_m) & G_{13}(\xi - \xi_m) & G_{14}(\xi - \xi_m) \\ G_{21}(\xi - \xi_m) & G_{22}(\xi - \xi_m) & G_{23}(\xi - \xi_m) & G_{24}(\xi - \xi_m) \\ G_{31}(\xi - \xi_m) & G_{32}(\xi - \xi_m) & G_{33}(\xi - \xi_m) & G_{34}(\xi - \xi_m) \\ G_{41}(\xi - \xi_m) & G_{42}(\xi - \xi_m) & G_{43}(\xi - \xi_m) & G_{44}(\xi - \xi_m) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ P \\ 0 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} G_{11}(\xi) & G_{12}(\xi) \\ G_{21}(\xi) & G_{22}(\xi) \\ G_{31}(\xi) & G_{32}(\xi) \\ G_{41}(\xi) & G_{42}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \end{bmatrix} - P \begin{bmatrix} G_{13}(\xi - \xi_m) \\ G_{23}(\xi - \xi_m) \\ G_{33}(\xi - \xi_m) \\ G_{43}(\xi - \xi_m) \end{bmatrix} = \mathbf{E}_H(\xi) - P \begin{bmatrix} G_{13}(\xi - \xi_m) \\ G_{23}(\xi - \xi_m) \\ G_{33}(\xi - \xi_m) \\ G_{43}(\xi - \xi_m) \end{bmatrix}$$

Desarrollando por filas:

$$\begin{aligned} w(\xi) &= w_H(\xi) - P\{B_4 Sh(\xi - \xi_m) \cos[j(\xi - \xi_m)] - B_5 Ch(\xi - \xi_m) \operatorname{Sen}[j(\xi - \xi_m)]\} \\ \theta_y(\xi) &= \theta_{yH}(\xi) + PB_{10} Sh(\xi - \xi_m) \operatorname{Sen}[j(\xi - \xi_m)] \\ Q_z(\xi) &= Q_{zH}(\xi) - P\{Ch(\xi - \xi_m) \cos[j(\xi - \xi_m)] - B_{16} Sh(\xi - \xi_m) \operatorname{Sen}[j(\xi - \xi_m)]\} \quad (175) \\ M_y(\xi) &= M_{yH}(\xi) + P\{B_{22} Ch(\xi - \xi_m) \operatorname{Sen}[j(\xi - \xi_m)] + B_{23} Sh(\xi - \xi_m) \cos[j(\xi - \xi_m)]\} \end{aligned}$$

VECTOR ESTADO VIGA ELASTICA CON DEFORMACIÓN POR CORTANTE CON CARGA PUNTUAL,
EN EL TRAMO $\xi \geq \xi_m$



2.2. VIGA ELASTICA SIN COACCIONES EN LOS EXTREMOS CON CARGA REPARTIDA UNIFORME.

Sea una viga de longitud L sometida a una carga q distribuida uniformemente entre unas distancias m y n del extremo frontal ($m < n$). Como sabemos, la solución a éste problema viene determinada por la ecuación (40):

$$\mathbf{E}(x) = \mathbf{G}(x)\mathbf{E}_1 - \int_{r=0}^x \mathbf{G}(x-t)\mathbf{F}(t)dt$$

Si utilizamos la variable adimensional ξ :

$$\xi = ax \quad \xi_m = am \quad \xi_n = an \quad \xi_L = aL \quad r = at$$

tendremos que:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 - \frac{1}{a} \int_{r=0}^{\xi} \mathbf{G}(\xi-r)\mathbf{F}(r)dr \quad (176)$$

El vector estado en el extremo 1 (frontal) y en el extremo 2 (dorsal) son:

$$\mathbf{E}_1 = \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{E}_2 = \begin{bmatrix} w_2 \\ \theta_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

El vector \mathbf{F} es en este caso:

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ q \\ 0 \end{bmatrix} = q \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2.2.1. OBTENCION CONSTANTES DE INTEGRACIÓN.

Si particularizamos la ecuación (176) en el extremo 2, es decir, para $\xi = \xi_L = aL$:

$$\mathbf{E}_2 = \mathbf{E}(\xi = \xi_L) = \mathbf{G}(\xi = \xi_L)\mathbf{E}_1 - \frac{1}{a} \int_{r=0}^{\xi_L} \mathbf{G}(\xi_L - r)\mathbf{F}(r)dr = \mathbf{G}(\xi = \xi_L)\mathbf{E}_1 - \frac{1}{a} \int_{r=\xi_m}^{\xi_n} \mathbf{G}(\xi_L - r)\mathbf{F}(r)dr \quad (177)$$

Si por comodidad de notación llamamos:

➤ A las constantes:

$$G_{ij} = G_{ij}(\xi = \xi_L) \quad \bar{G}_{ij} = \int_{\xi_m}^{\xi_n} G_{ij}(\xi_L - r)dr \quad (178)$$



➤ A las funciones:

$$\hat{G}_{ij}(\xi, r) = \int G_{ij}(\xi - r) dr \quad (\text{integral indefinida}) \quad (179)$$

$$\tilde{G}_{ij}(\xi, \xi_1, \xi_2) = \hat{G}_{ij}(\xi, \xi_2) - \hat{G}_{ij}(\xi, \xi_1) = \int_{\xi_1}^{\xi_2} G_{ij}(\xi - r) dr \quad (\text{integral definida}) \quad (180)$$

$$(\text{nota: } \bar{G}_{ij} = \int_{\xi_m}^{\xi_n} G_{ij}(\xi_L - r) dr = \tilde{G}_{ij}(\xi_L, \xi_m, \xi_n) \quad) \quad (181)$$

$$\mathbf{E}_2 = \begin{bmatrix} w_2 \\ \theta_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & G_{13} & G_{14} \\ G_{21} & G_{22} & G_{23} & G_{24} \\ G_{31} & G_{32} & G_{33} & G_{34} \\ G_{41} & G_{42} & G_{43} & G_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} - \frac{q}{a} \begin{bmatrix} \bar{G}_{11} & \bar{G}_{12} & \bar{G}_{13} & \bar{G}_{14} \\ \bar{G}_{21} & \bar{G}_{22} & \bar{G}_{23} & \bar{G}_{24} \\ \bar{G}_{31} & \bar{G}_{32} & \bar{G}_{33} & \bar{G}_{34} \\ \bar{G}_{41} & \bar{G}_{42} & \bar{G}_{43} & \bar{G}_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Desarrollando la 3ª fila obtenemos:

$$0 = G_{31}w_1 + G_{32}\theta_1 - q\zeta\bar{G}_{33}$$

Desarrollando la 4ª fila :

$$0 = G_{41}w_1 + G_{42}\theta_1 - q\zeta\bar{G}_{43}$$

De estas dos ecuaciones:

$$\boxed{w_1 = \frac{q}{a} \frac{G_{32}\bar{G}_{43} - G_{42}\bar{G}_{33}}{G_{32}G_{41} - G_{42}G_{31}}} \quad (182)$$

$$\boxed{\theta_1 = \frac{\frac{q}{a}\bar{G}_{33} - w_1G_{31}}{G_{32}}} \quad (183)$$

Como va a ser imposible encontrar una expresión sencilla de las constantes de integración, obtengámoslas a partir de las funciones definidas en (179) y (180), que si que podremos calcularlas en una sencilla hoja de cálculo.



CALCULO DE $\hat{G}_{33}(\xi, r)$

$$\hat{G}_{33}(\xi, r) = \int G_{33}(\xi - r) dr = \int Ch(\xi - r)Cos(j\xi - jr) dr - B_9 \int Sh(\xi - r)Sen(j - jr) dr = Int_1 - B_9 Int_2$$

$$Int_1 = \int Ch(\xi - r)Cos(j\xi - jr) dr = \frac{1}{2} \left\{ \int (e^{\xi-r} + e^{-(\xi-r)}) Cos(j\xi - jr) dr \right\} =$$

$$= \frac{1}{2} \left\{ \int e^{\xi-r} Cos(j\xi - jr) dr + \int e^{-\xi+r} Cos(j\xi - jr) dr \right\} = \frac{1}{2} (Int_{11} + Int_{12})$$

Estas dos últimas integrales se calculan teniendo en cuenta la ecuación (115):

$$\int e^{a+bx} Cos(c + dx) dx = \frac{de^{a+bx} Sen(c + dx) + be^{a+bx} Cos(c + dx)}{b^2 + d^2}$$

$$Int_{11} = \int e^{\xi-r} Cos(j\xi - jr) dr = \frac{1}{1+j^2} \left[-je^{\xi-r} Sen(j\xi - jr) - e^{\xi-r} Cos(j\xi - jr) \right] \quad (184)$$

$$Int_{12} = \int e^{-(\xi-r)} Cos(j\xi - jr) dr = \frac{1}{1+j^2} \left[-je^{-(\xi-r)} Sen(j\xi - jr) + e^{-(\xi-r)} Cos(j\xi - jr) \right] \quad (185)$$

Luego:

$$Int_1 = \frac{1}{1+j^2} \left[-jCh(\xi - r)Sen(j\xi - jr) - Sh(\xi - r)Cos(j\xi - jr) \right] \quad (186)$$

$$Int_2 = \int Sh(\xi - r)Sen(j - jr) dr = \frac{1}{2} \left\{ \int e^{\xi-r} Sen(j\xi - jr) dr - \int e^{-\xi+r} Sen(j\xi - jr) dr \right\} = \frac{1}{2} (Int_{21} - Int_{22})$$

Estas dos últimas integrales se calculan teniendo en cuenta la ecuación (114):

$$\int e^{a+bx} Sen(c + dx) dx = \frac{be^{a+bx} Sen(c + dx) - de^{a+bx} Cos(c + dx)}{b^2 + d^2}$$

$$Int_{21} = \int e^{\xi-r} Sen(j\xi - jr) dr = \frac{1}{1+j^2} \left[-e^{\xi-r} Sen(j\xi - jr) + je^{\xi-r} Cos(j\xi - jr) \right] \quad (187)$$

$$Int_{22} = \int e^{-\xi+r} Sen(j\xi - jr) dr = \frac{1}{1+j^2} \left[e^{-(\xi-r)} Sen(j\xi - jr) + je^{-(\xi-r)} Cos(j\xi - jr) \right] \quad (188)$$

Luego:

$$Int_2 = \frac{1}{1+j^2} \left[-Ch(\xi - r)Sen(j\xi - jr) + jSh(\xi - r)Cos(j\xi - jr) \right] \quad (189)$$

Entonces:

$$\hat{G}_{33}(\xi, r) = \int G_{33}(\xi - r) dr = Int_1 - B_9 Int_2 = \frac{1}{1+j^2} \left[(B_9 - j)Ch(\xi - r)Sen(j\xi - jr) - (1 + jB_9)Sh(\xi - r)Cos(j\xi - jr) \right] \quad (190)$$



CALCULO DE $\hat{G}_{43}(\xi, r)$

$$\hat{G}_{43}(\xi, r) = \int G_{43}(\xi - r) dr = -B_{22} \int Ch(\xi - r) Sen(j\xi - jr) dr - B_{23} \int Sh(\xi - r) Cos(j - jr) dr = -B_{22} Int_3 - B_{23} Int_4$$

$$Int_3 = \int Ch(\xi - r) Sen(j\xi - jr) dr = \frac{1}{2} \left\{ \int (e^{\xi-r} + e^{-(\xi-r)}) Sen(j\xi - jr) dr \right\} = \frac{1}{2} (Int_{21} + Int_{22}) =$$

$$= \frac{1}{1+j^2} [-Sh(\xi - r) Sen(j\xi - jr) + jCh(\xi - r) Cos(j\xi - jr)]$$

$$Int_4 = \int Sh(\xi - r) Cos(j\xi - jr) dr = \frac{1}{2} \left\{ \int (e^{\xi-r} - e^{-(\xi-r)}) Cos(j\xi - jr) dr \right\} = \frac{1}{2} (Int_{11} - Int_{12}) =$$

$$= \frac{1}{1+j^2} [-jSh(\xi - r) Sen(j\xi - jr) - Ch(\xi - r) Cos(j\xi - jr)]$$

$$\hat{G}_{43}(\xi, r) = \int G_{43}(\xi - r) dr = -B_{22} Int_3 - B_{23} Int_4 = \frac{B_{22} + jB_{23}}{1+j^2} Sh(\xi - r) Sen(j\xi - jr) + \frac{B_{23} - jB_{22}}{1+j^2} Ch(\xi - r) Cos(j\xi - jr) \quad (191)$$

CALCULO DE $\hat{G}_{13}(\xi, r)$

$$\hat{G}_{13}(\xi, r) = \int G_{13}(\xi - r) dr = B_4 \int Sh(\xi - r) Cos(j\xi - jr) dr - B_5 \int Ch(\xi - r) Sen(j - jr) dr = B_4 Int_4 - B_5 Int_3$$

$$\hat{G}_{13}(\xi, r) = \int G_{13}(\xi - r) dr = \frac{B_5 - jB_4}{1+j^2} Sh(\xi - r) Sen(j\xi - jr) - \frac{B_4 + jB_5}{1+j^2} Ch(\xi - r) Cos(j\xi - jr) \quad (192)$$

CALCULO DE $\hat{G}_{23}(\xi, r)$

$$\hat{G}_{23}(\xi, r) = \int G_{23}(\xi - r) dr = -B_{10} \int Sh(\xi - r) Sen(j - jr) dr = -B_{10} Int_2$$

$$\hat{G}_{23}(\xi, r) = \int G_{23}(\xi - r) dr = \frac{-B_{10}}{1+j^2} [jSh(\xi - r) Cos(j\xi - jr) - Ch(\xi - r) Sen(j\xi - jr)] \quad (192)$$

Con estas funciones \hat{G}_{ij} calculadas ya podemos resolver este caso de carga:

$$\tilde{G}_{ij}(\xi, \xi_1, \xi_2) = \hat{G}_{ij}(\xi, \xi_2) - \hat{G}_{ij}(\xi, \xi_1) = \int_{\xi_1}^{\xi_2} G_{ij}(\xi - r) dr$$

$$\bar{G}_{ij} = \int_{\xi_m}^{\xi_n} G_{ij}(\xi_L - r) dr = \tilde{G}_{ij}(\xi_L, \xi_m, \xi_n)$$

$$w_1 = \frac{q}{a} \frac{G_{32} \bar{G}_{43} - G_{42} \bar{G}_{33}}{G_{32} G_{41} - G_{42} G_{31}}$$

$$\theta_1 = \frac{q}{a} \frac{\bar{G}_{33} - w_1 G_{31}}{G_{32}}$$



2.2.2. VECTOR ESTADO:

2.2.2.1 TRAMO $\xi \leq \xi_m$:

En este tramo no hay carga aplicada, por tanto su solución es la del problema homogéneo:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 = \mathbf{E}_H(\xi)$$

Es decir:

$$\mathbf{E}(\xi) = \begin{bmatrix} w(\xi) \\ \theta_y(\xi) \\ Q_z(\xi) \\ M_y(\xi) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(\xi) & G_{12}(\xi) & G_{13}(\xi) & G_{14}(\xi) \\ G_{21}(\xi) & G_{22}(\xi) & G_{23}(\xi) & G_{24}(\xi) \\ G_{31}(\xi) & G_{32}(\xi) & G_{33}(\xi) & G_{34}(\xi) \\ G_{41}(\xi) & G_{42}(\xi) & G_{43}(\xi) & G_{44}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(\xi) & G_{12}(\xi) \\ G_{21}(\xi) & G_{22}(\xi) \\ G_{31}(\xi) & G_{32}(\xi) \\ G_{41}(\xi) & G_{42}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \theta_1 \end{bmatrix} = \mathbf{E}_H(\xi) \quad (193)$$

$$\begin{aligned} w(\xi) &= w_1 [Ch\xi Cosj\xi - B_1 Sh\xi Senj\xi] + \theta_1 [B_2 Ch\xi Senj\xi - B_3 Sh\xi Cosj\xi] \\ \theta_y(\xi) &= w_1 [B_7 Sh\xi Cosj\xi - B_8 Ch\xi Senj\xi] + \theta_1 [Ch\xi Cosj\xi + B_9 Sh\xi Senj\xi] \\ Q_z(\xi) &= w_1 [B_{13} Sh\xi Cosj\xi - B_{14} Ch\xi Senj\xi] + \theta_1 [B_{15} Sh\xi Senj\xi] \\ M_y(\xi) &= w_1 [-B_{19} Sh\xi Senj\xi] + \theta_1 [B_{20} Ch\xi Senj\xi + B_{21} Sh\xi Cosj\xi] \end{aligned} \quad (194)$$

VECTOR ESTADO VIGA ELASTICA CON DEFORMACIÓN POR CORTANTE CON CARGA UNIFORME,
EN EL TRAMO $\xi \leq \xi_m$: $\mathbf{E}_H(\xi)$

2.2.2.2 TRAMO $\xi_m \leq \xi \leq \xi_n$:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 - \frac{1}{a} \int_{r=0}^{\xi} \mathbf{G}(\xi-r)\mathbf{F}(r)dr = \mathbf{E}_H(\xi) - \frac{q}{a} \int_{r=\xi_m}^{\xi} \begin{bmatrix} G_{13}(\xi-r) \\ G_{23}(\xi-r) \\ G_{33}(\xi-r) \\ G_{43}(\xi-r) \end{bmatrix} dr = \mathbf{E}_H(\xi) - \frac{q}{a} \begin{bmatrix} \tilde{G}_{13}(\xi, \xi_m, \xi) \\ \tilde{G}_{23}(\xi, \xi_m, \xi) \\ \tilde{G}_{33}(\xi, \xi_m, \xi) \\ \tilde{G}_{43}(\xi, \xi_m, \xi) \end{bmatrix} \quad (195)$$

2.2.2.3 TRAMO $\xi \geq \xi_n$:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 - \frac{1}{a} \int_{r=0}^{\xi} \mathbf{G}(\xi-r)\mathbf{F}(r)dr = \mathbf{E}_H(\xi) - \frac{q}{a} \int_{r=\xi_m}^{\xi_n} \begin{bmatrix} G_{13}(\xi-r) \\ G_{23}(\xi-r) \\ G_{33}(\xi-r) \\ G_{43}(\xi-r) \end{bmatrix} dr = \mathbf{E}_H(\xi) - \frac{q}{a} \begin{bmatrix} \tilde{G}_{13}(\xi, \xi_m, \xi_n) \\ \tilde{G}_{23}(\xi, \xi_m, \xi_n) \\ \tilde{G}_{33}(\xi, \xi_m, \xi_n) \\ \tilde{G}_{43}(\xi, \xi_m, \xi_n) \end{bmatrix} \quad (196)$$



2.3. VIGA ELÁSTICA EMPOTRADA EN LOS EXTREMOS CON CARGA PUNTUAL

Este es el caso, por ejemplo, de riostras unidas a zapatas mucho más rígidas.

Sea una viga recta de longitud L sometida a una carga puntual P situada a una distancia m del extremo frontal (1) y, por tanto, a una distancia $n=L-a$ del extremo dorsal (2).

$$L = m + n$$

$$\xi = ax \quad \xi_m = am \quad \xi_n = an \quad \xi_L = aL \quad \xi_L = \xi_m + \xi_n$$

El vector estado en el extremo 1 (frontal) y en el extremo 2 (dorsal) son:

$$\mathbf{E}_1 = \mathbf{E}(\xi = 0) = \begin{bmatrix} \mathbf{u}(0) \\ \mathbf{f}(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{u}_1 \\ -\mathbf{f}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -Q_1 \\ -M_1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{E}_2 = \mathbf{E}(\xi = \xi_L) = \begin{bmatrix} \mathbf{u}(\xi_L) \\ \mathbf{f}(\xi_L) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{u}_2 \\ \mathbf{f}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ Q_2 \\ M_2 \end{bmatrix} \quad (124)$$

El vector \mathbf{F} es en este caso:

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ P \\ 0 \end{bmatrix} = P \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2.3.1. OBTENCIÓN CONSTANTES DE INTEGRACIÓN.

Si particularizamos la ecuación (93) en el extremo 2, es decir, para $\xi = \xi_L$:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 - \mathbf{G}(\xi - r)\mathbf{F}$$

al extremo dorsal:

$$\mathbf{E}_2 = \mathbf{E}(\xi = \xi_L) = \mathbf{G}(\xi_L)\mathbf{E}_1 - \mathbf{G}(\xi_L - \xi_m)\mathbf{F} = \mathbf{G}(\xi_L)\mathbf{E}_1 - \mathbf{G}(\xi_n)\mathbf{F}$$

Entonces:

$$\mathbf{E}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ Q_2 \\ M_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & G_{13} & G_{14} \\ G_{21} & G_{22} & G_{23} & G_{24} \\ G_{31} & G_{32} & G_{33} & G_{34} \\ G_{41} & G_{42} & G_{43} & G_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -Q_1 \\ -M_1 \end{bmatrix} - P \begin{bmatrix} \bar{G}_{11} & \bar{G}_{12} & \bar{G}_{13} & \bar{G}_{14} \\ \bar{G}_{21} & \bar{G}_{22} & \bar{G}_{23} & \bar{G}_{24} \\ \bar{G}_{31} & \bar{G}_{32} & \bar{G}_{33} & \bar{G}_{34} \\ \bar{G}_{41} & \bar{G}_{42} & \bar{G}_{43} & \bar{G}_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (125)$$



donde, por comodidad de notación llamamos:

$$G_{ij} = G_{ij}(\xi = \xi_L) \quad \text{y} \quad \bar{G}_{ij} = G_{ij}(\xi = \xi_n)$$

Desarrollando la 1ª fila :

$$0 = -G_{13}Q_1 - G_{14}M_1 - P\bar{G}_{13}$$

Desarrollando la 2ª fila :

$$0 = -G_{23}Q_1 - G_{24}M_1 - P\bar{G}_{23}$$

De estas dos ecuaciones:

$$M_1 = P \frac{G_{13}\bar{G}_{23} - G_{23}\bar{G}_{13}}{G_{14}\bar{G}_{23} - G_{13}\bar{G}_{24}} \quad (126)$$

$$Q_1 = \frac{-P\bar{G}_{13} - M_1G_{14}}{G_{13}} \quad (127)$$



2.3.2. VECTOR ESTADO:

2.3.2.1 TRAMO $\xi \leq \xi_m$:

En este tramo no hay carga aplicada, por tanto su solución es la del problema homogéneo:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 = \mathbf{E}_H(\xi)$$

Es decir:

$$\mathbf{E}(\xi) = \begin{bmatrix} w(\xi) \\ \theta_y(\xi) \\ Q_z(\xi) \\ M_y(\xi) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(\xi) & G_{12}(\xi) & G_{13}(\xi) & G_{14}(\xi) \\ G_{21}(\xi) & G_{22}(\xi) & G_{23}(\xi) & G_{24}(\xi) \\ G_{31}(\xi) & G_{32}(\xi) & G_{33}(\xi) & G_{34}(\xi) \\ G_{41}(\xi) & G_{42}(\xi) & G_{43}(\xi) & G_{44}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -Q_1 \\ -M_1 \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} G_{13}(\xi) & G_{14}(\xi) \\ G_{23}(\xi) & G_{24}(\xi) \\ G_{33}(\xi) & G_{34}(\xi) \\ G_{43}(\xi) & G_{44}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ M_1 \end{bmatrix} = \mathbf{E}_H(\xi)$$

Desarrollándolo por filas:

$$w(\xi) = -Q_1[B_4 Sh \xi Cos j \xi - B_5 Ch \xi Sen j \xi] - M_1 B_6 Sh \xi Sen j \xi$$

$$\theta_y(\xi) = Q_1 B_{10} Sh \xi Sen j \xi - M_1 [B_{11} Ch \xi Sen j \xi + B_{12} Sh \xi Cos j \xi] \quad (197)$$

$$Q_z(\xi) = -Q_1 [Ch \xi Cos j \xi - B_{16} Sh \xi Sen j \xi] - M_1 [B_{17} Ch \xi Sen j \xi + B_{18} Sh \xi Cos j \xi]$$

$$M_y(\xi) = Q_1 [B_{22} Ch \xi Sen j \xi + B_{23} Sh \xi Cos j \xi] - M_1 [Ch \xi Cos j \xi + B_1 Sh \xi Sen j \xi]$$

VECTOR ESTADO VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA CON DEFORMACIÓN POR CORTANTE CON CARGA PUNTUAL,
EN EL TRAMO $\xi \leq \xi_m$: $\mathbf{E}_H(\xi)$



2.3.2.2. TRAMO $\xi \geq \xi_m$:

En este caso:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 - \mathbf{G}(\xi - \xi_m)\mathbf{F} = \mathbf{E}_H(\xi) - \mathbf{G}(\xi - \xi_m)\mathbf{F}$$

$$\mathbf{E}(\xi) = \begin{bmatrix} w(\xi) \\ \theta_y(\xi) \\ Q_z(\xi) \\ M_y(\xi) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(\xi) & G_{12}(\xi) & G_{13}(\xi) & G_{14}(\xi) \\ G_{21}(\xi) & G_{22}(\xi) & G_{23}(\xi) & G_{24}(\xi) \\ G_{31}(\xi) & G_{32}(\xi) & G_{33}(\xi) & G_{34}(\xi) \\ G_{41}(\xi) & G_{42}(\xi) & G_{43}(\xi) & G_{44}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -Q_1 \\ -M_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(\xi - \xi_m) & G_{12}(\xi - \xi_m) & G_{13}(\xi - \xi_m) & G_{14}(\xi - \xi_m) \\ G_{21}(\xi - \xi_m) & G_{22}(\xi - \xi_m) & G_{23}(\xi - \xi_m) & G_{24}(\xi - \xi_m) \\ G_{31}(\xi - \xi_m) & G_{32}(\xi - \xi_m) & G_{33}(\xi - \xi_m) & G_{34}(\xi - \xi_m) \\ G_{41}(\xi - \xi_m) & G_{42}(\xi - \xi_m) & G_{43}(\xi - \xi_m) & G_{44}(\xi - \xi_m) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ P \\ 0 \end{bmatrix} =$$

$$= - \begin{bmatrix} G_{13}(\xi) & G_{14}(\xi) \\ G_{23}(\xi) & G_{24}(\xi) \\ G_{33}(\xi) & G_{34}(\xi) \\ G_{43}(\xi) & G_{44}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ M_1 \end{bmatrix} - P \begin{bmatrix} G_{13}(\xi - \xi_m) \\ G_{23}(\xi - \xi_m) \\ G_{33}(\xi - \xi_m) \\ G_{43}(\xi - \xi_m) \end{bmatrix} = \mathbf{E}_H(\xi) - P \begin{bmatrix} G_{13}(\xi - \xi_m) \\ G_{23}(\xi - \xi_m) \\ G_{33}(\xi - \xi_m) \\ G_{43}(\xi - \xi_m) \end{bmatrix}$$

Desarrollando por filas:

$$w(\xi) = w_H(\xi) - P[B_4 Sh(\xi - \xi_m) Cos[j(\xi - \xi_m)] - B_5 Ch(\xi - \xi_m) Sen[j(\xi - \xi_m)]]$$

$$\theta_y(\xi) = \theta_{yH}(\xi) + PB_{10} Sh(\xi - \xi_m) Sen[j(\xi - \xi_m)] \quad (198)$$

$$Q_z(\xi) = Q_{zH}(\xi) - P[Ch(\xi - \xi_m) Cos[j(\xi - \xi_m)] - B_{16} Sh(\xi - \xi_m) Sen[j(\xi - \xi_m)]]$$

$$M_y(\xi) = M_{yH}(\xi) + P[B_{22} Ch(\xi - \xi_m) Sen[j(\xi - \xi_m)] + B_{23} Sh(\xi - \xi_m) Cos[j(\xi - \xi_m)]]$$

VECTOR ESTADO VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA CON DEFORMACIÓN POR CORTANTE CON CARGA PUNTUAL,
EN EL TRAMO $\xi \geq \xi_m$



2.4. VIGA ELASTICA EMPOTRADA EN LOS EXTREMOS CON CARGA REPARTIDA UNIFORME.

Sea una viga de longitud L sometida a una carga q distribuida uniformemente entre unas distancias m y n del extremo frontal ($m < n$). Como sabemos, la solución a éste problema viene determinada por la ecuación (40):

$$\mathbf{E}(x) = \mathbf{G}(x)\mathbf{E}_1 - \int_{r=0}^x \mathbf{G}(x-t)\mathbf{F}(t)dt$$

Si utilizamos la variable adimensional ξ :

$$\xi = ax \quad \xi_m = am \quad \xi_n = an \quad \xi_L = aL \quad r = at$$

tendremos que:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 - \frac{1}{a} \int_{r=0}^{\xi} \mathbf{G}(\xi-r)\mathbf{F}(r)dr \quad (176)$$

El vector estado en el extremo 1 (frontal) y en el extremo 2 (dorsal) son:

$$\mathbf{E}_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -Q_1 \\ -M_1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{E}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ Q_2 \\ M_2 \end{bmatrix}$$

El vector \mathbf{F} es en este caso:

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ q \\ 0 \end{bmatrix} = q \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2.4.1. OBTENCION CONSTANTES DE INTEGRACIÓN.

Si particularizamos la ecuación (176) en el extremo 2, es decir, para $\xi = \xi_L = aL$:

$$\mathbf{E}_2 = \mathbf{E}(\xi = \xi_L) = \mathbf{G}(\xi = \xi_L)\mathbf{E}_1 - \frac{1}{a} \int_{r=0}^{\xi_L} \mathbf{G}(\xi_L - r)\mathbf{F}(r)dr = \mathbf{G}(\xi = \xi_L)\mathbf{E}_1 - \frac{1}{a} \int_{r=\xi_m}^{\xi_n} \mathbf{G}(\xi_L - r)\mathbf{F}(r)dr \quad (177)$$

Si por comodidad de notación llamamos:

➤ A las constantes:

$$G_{ij} = G_{ij}(\xi = \xi_L) \quad \bar{G}_{ij} = \int_{\xi_m}^{\xi_n} G_{ij}(\xi_L - r)dr \quad (178)$$



➤ A las funciones:

$$\hat{G}_{ij}(\xi, r) = \int G_{ij}(\xi - r) dr \quad (\text{integral indefinida}) \quad (179)$$

$$\tilde{G}_{ij}(\xi, \xi_1, \xi_2) = \hat{G}_{ij}(\xi, \xi_2) - \hat{G}_{ij}(\xi, \xi_1) = \int_{\xi_1}^{\xi_2} G_{ij}(\xi - r) dr \quad (\text{integral definida}) \quad (180)$$

$$(\text{nota: } \bar{G}_{ij} = \int_{\xi_m}^{\xi_n} G_{ij}(\xi_L - r) dr = \tilde{G}_{ij}(\xi_L, \xi_m, \xi_n) \quad) \quad (181)$$

$$\mathbf{E}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ Q_2 \\ M_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & G_{13} & G_{14} \\ G_{21} & G_{22} & G_{23} & G_{24} \\ G_{31} & G_{32} & G_{33} & G_{34} \\ G_{41} & G_{42} & G_{43} & G_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -Q_1 \\ -M_1 \end{bmatrix} - \frac{q}{a} \begin{bmatrix} \bar{G}_{11} & \bar{G}_{12} & \bar{G}_{13} & \bar{G}_{14} \\ \bar{G}_{21} & \bar{G}_{22} & \bar{G}_{23} & \bar{G}_{24} \\ \bar{G}_{31} & \bar{G}_{32} & \bar{G}_{33} & \bar{G}_{34} \\ \bar{G}_{41} & \bar{G}_{42} & \bar{G}_{43} & \bar{G}_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Desarrollando la 1ª y 3ª fila obtenemos:

$$M_1 = \frac{q}{a} \frac{G_{13} \bar{G}_{23} - G_{23} \bar{G}_{13}}{G_{14} G_{23} - G_{13} G_{24}} \quad (199)$$

$$Q_1 = \frac{-\frac{q}{a} \bar{G}_{13} - M_1 G_{14}}{G_{13}} \quad (200)$$



2.4.2. VECTOR ESTADO:

2.4.2.1 TRAMO $\xi \leq \xi_m$:

En este tramo no hay carga aplicada, por tanto su solución es la del problema homogéneo:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 = \mathbf{E}_H(\xi)$$

Es decir:

$$\mathbf{E}(\xi) = \begin{bmatrix} w(\xi) \\ \theta_y(\xi) \\ Q_z(\xi) \\ M_y(\xi) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(\xi) & G_{12}(\xi) & G_{13}(\xi) & G_{14}(\xi) \\ G_{21}(\xi) & G_{22}(\xi) & G_{23}(\xi) & G_{24}(\xi) \\ G_{31}(\xi) & G_{32}(\xi) & G_{33}(\xi) & G_{34}(\xi) \\ G_{41}(\xi) & G_{42}(\xi) & G_{43}(\xi) & G_{44}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -Q_1 \\ -M_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{13}(\xi) & G_{14}(\xi) \\ G_{23}(\xi) & G_{24}(\xi) \\ G_{33}(\xi) & G_{34}(\xi) \\ G_{43}(\xi) & G_{44}(\xi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ M_1 \end{bmatrix} = \mathbf{E}_H(\xi)$$

Desarrollándolo por filas y teniendo en cuenta que las constantes de integración son las definidas en (198) y (199):

$$\begin{aligned} w(\xi) &= -Q_1[B_4 Sh \xi \cos j \xi - B_5 Ch \xi \operatorname{Sen} j \xi] - M_1 B_6 Sh \xi \operatorname{Sen} j \xi \\ \theta_y(\xi) &= Q_1 B_{10} Sh \xi \operatorname{Sen} j \xi - M_1 [B_{11} Ch \xi \operatorname{Sen} j \xi + B_{12} Sh \xi \cos j \xi] \\ Q_z(\xi) &= -Q_1 [Ch \xi \cos j \xi - B_{16} Sh \xi \operatorname{Sen} j \xi] - M_1 [B_{17} Ch \xi \operatorname{Sen} j \xi + B_{18} Sh \xi \cos j \xi] \\ M_y(\xi) &= Q_1 [B_{22} Ch \xi \operatorname{Sen} j \xi + B_{23} Sh \xi \cos j \xi] - M_1 [Ch \xi \cos j \xi + B_1 Sh \xi \operatorname{Sen} j \xi] \end{aligned} \quad (201)$$

VECTOR ESTADO VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA CON DEFORMACIÓN POR CORTANTE CON CARGA UNIFORME, EN EL TRAMO $\xi \leq \xi_m$: $\mathbf{E}_H(\xi)$

2.4.2.2 TRAMO $\xi_m \leq \xi \leq \xi_n$:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 - \frac{1}{a} \int_{r=0}^{\xi} \mathbf{G}(\xi-r)\mathbf{F}(r)dr = \mathbf{E}_H(\xi) - \frac{q}{a} \int_{r=\xi_m}^{\xi} \begin{bmatrix} G_{13}(\xi-r) \\ G_{23}(\xi-r) \\ G_{33}(\xi-r) \\ G_{43}(\xi-r) \end{bmatrix} dr = \mathbf{E}_H(\xi) - \frac{q}{a} \begin{bmatrix} \tilde{G}_{13}(\xi, \xi_m, \xi) \\ \tilde{G}_{23}(\xi, \xi_m, \xi) \\ \tilde{G}_{33}(\xi, \xi_m, \xi) \\ \tilde{G}_{43}(\xi, \xi_m, \xi) \end{bmatrix} \quad (202)$$

2.4.2.3 TRAMO $\xi \geq \xi_n$:

$$\mathbf{E}(\xi) = \mathbf{G}(\xi)\mathbf{E}_1 - \frac{1}{a} \int_{r=0}^{\xi} \mathbf{G}(\xi-r)\mathbf{F}(r)dr = \mathbf{E}_H(\xi) - \frac{q}{a} \int_{r=\xi_m}^{\xi_n} \begin{bmatrix} G_{13}(\xi-r) \\ G_{23}(\xi-r) \\ G_{33}(\xi-r) \\ G_{43}(\xi-r) \end{bmatrix} dr = \mathbf{E}_H(\xi) - \frac{q}{a} \begin{bmatrix} \tilde{G}_{13}(\xi, \xi_m, \xi_n) \\ \tilde{G}_{23}(\xi, \xi_m, \xi_n) \\ \tilde{G}_{33}(\xi, \xi_m, \xi_n) \\ \tilde{G}_{43}(\xi, \xi_m, \xi_n) \end{bmatrix} \quad (203)$$



APLICACIONES CON EXCEL

(riostros cimentación)

INDICE:

AP-1 Viga elástica biempotrada sin considerar deformación por cortante $L= 8,10$ m

AP-2 Viga elástica biempotrada sin considerar deformación por cortante $L= 5,10$ m

AP-3 Viga elástica biempotrada considerando deformación por cortante $L= 8,10$ m

AP-4 Viga elástica biempotrada considerando deformación por cortante $L= 5,10$ m



ANEJO 3

APLICACIÓN Nº1:

VIGA ELASTICA SIN DEFORMACIÓN POR CORTANTE BIEMPOTRADA

CARGA REPARTIDA 30 KN/m

LONGITUD VIGA: 8,10 M

SECCIÓN VIGA: 0,6 x 0,6 m

TERRENO:

E (Kp/cm ²)	K (Kp/cm ³)	AP
100	1,67	1-1
500	8,33	1-2
1000	16,67	1-3



AP 1-1 CALCULO DE VIGA ELASTICA SIN DEFORMACION POR CORTANTE BIEMPOTRADA

TERRENO	
Eo (Kp/cm2)=	100,00
KS (Kp/cm3)=	1,67

MATERIAL		SECCION		LONGITUD	
HORMIGÓN		ANCHO b (cm)=	60,00	LONGITUD L(cm)=	810,00
fck (Kp/cm2)=	250,00	CANTO h (cm)=	60,00	LG ELAST ζ (cm)=	337,52
E (Kp/cm2)=	300.416,38	I (cm4)=	1.080.000,00	L/ζ =	2,3998

CARGA REPARTIDA q ENTRE UNA DISTANCIA a Y b DEL EXTREMO 1

q (Kp/cm)=	30,00	C1=	3,692279464
a (cm)=	0,00	C2=	-7,783131197
b (cm)=	810,00	C7=	7,783131197
ξa=	0	C4=	-0,275979243
ξb=	2,399844935	C8=	5,096450938
ξl=	2,399844935		

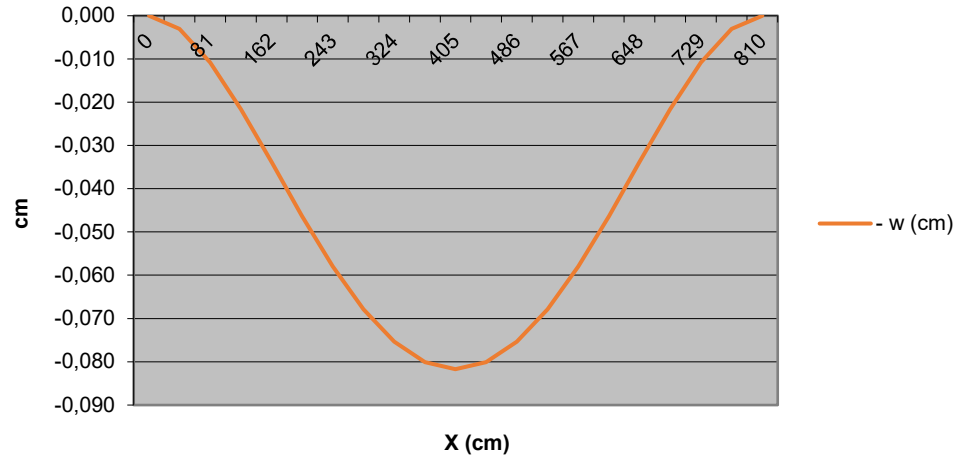
A=	-0,389988022	Q1 (Kp)=	-10.377,01
B=	-1,024824106	M1 (cmKp)=	1.332.834,42

N	x (cm)	ξ (adim)	w(cm)	Θ(rad)	Q (Kp)	M (cmKp)	20	40,5
0	0	0,000	0,000000	0,000000	10.377,01	-1.332.834,42	Nº PTOS	Δx (cm)
1	41	0,120	0,003025	-0,000141	9.166,21	-937.125,88		
2	81	0,240	0,010809	-0,000236	7.977,93	-590.063,74		
3	122	0,360	0,021595	-0,000290	6.827,81	-290.395,31		
4	162	0,480	0,033869	-0,000310	5.724,85	-36.372,06		
5	203	0,600	0,046345	-0,000301	4.672,41	174.001,68		
6	243	0,720	0,057959	-0,000269	3.669,07	342.757,75		
7	284	0,840	0,067857	-0,000217	2.709,55	471.789,45		
8	324	0,960	0,075386	-0,000152	1.785,51	562.711,37		
9	365	1,080	0,080085	-0,000078	886,35	616.752,12		
10	405	1,200	0,081682	0,000000	0,00	634.678,82		
11	446	1,320	0,080085	0,000078	-886,35	616.752,12		
12	486	1,440	0,075386	0,000152	-1.785,51	562.711,37		
13	527	1,560	0,067857	0,000217	-2.709,55	471.789,45		
14	567	1,680	0,057959	0,000269	-3.669,07	342.757,75		
15	608	1,800	0,046345	0,000301	-4.672,41	174.001,68		
16	648	1,920	0,033869	0,000310	-5.724,85	-36.372,06		
17	689	2,040	0,021595	0,000290	-6.827,81	-290.395,31		
18	729	2,160	0,010809	0,000236	-7.977,93	-590.063,74		
19	770	2,280	0,003025	0,000141	-9.166,21	-937.125,88		
20	810	2,400	0,000000	0,000000	-10.377,01	-1.332.834,42		

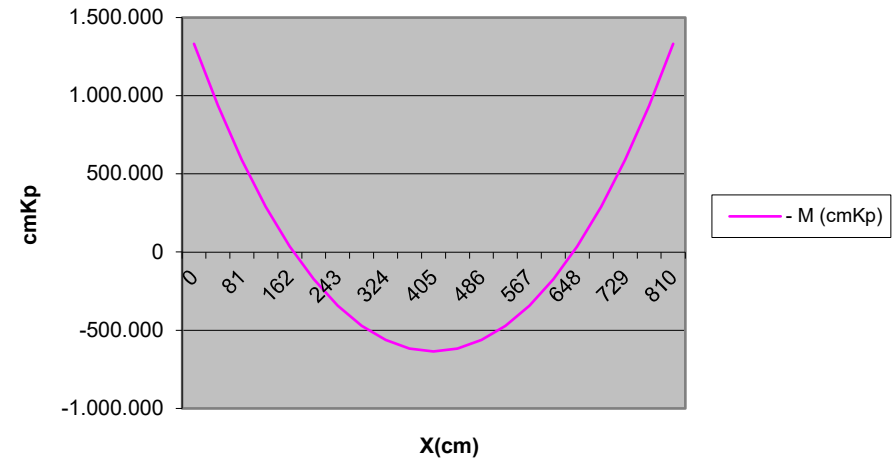
VALORES MÁXIMOS:	0,08	0,00031	10.377,01	1.332.834,42
-------------------------	-------------	----------------	------------------	---------------------



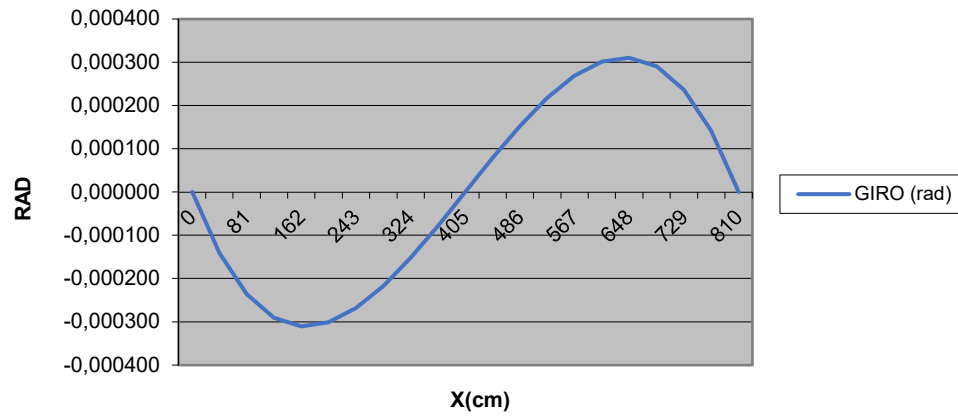
AP 1-1



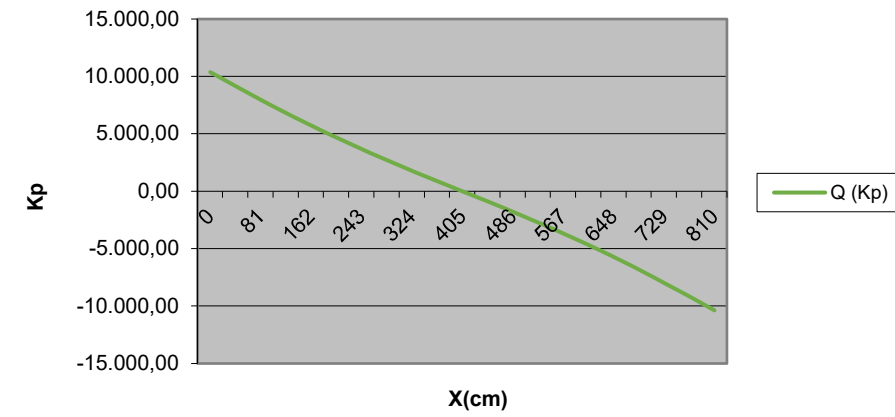
AP 1-1



AP 1-1



AP 1-1



**AP 1-2 CALCULO DE VIGA ELASTICA SIN DEFORMACION POR CORTANTE BIEMPOTRADA**

TERRENO		MATERIAL		SECCION		LONGITUD	
Eo (Kp/cm2)=	500,00	HORMIGÓN		ANCHO b (cm)=	60,00	LONGITUD L(cm)=	810,00
KS (Kp/cm3)=	8,33	fck (Kp/cm2)=	250,00	CANTO h (cm)=	60,00	LG ELAST ζ (cm)=	225,71
		E (Kp/cm2)=	300.416,38	I (cm4)=	1.080.000,00	L/ζ =	3,5886

CARGA REPARTIDA q ENTRE UNA DISTANCIA a Y b DEL EXTREMO 1

q (Kp/cm)=	30,00	C1=	-7,814627216
a (cm)=	0,00	C2=	-8,475098098
b (cm)=	810,00	C7=	8,475098098
ξa=	0	C4=	-24,12824589
ξb=	3,588605199	C8=	17,32659332
ξl=	3,588605199		

A=	-0,524497396	Q1 (Kp)=	-7.293,96
B=	-1,077166301	M1 (cmKp)=	801.647,17

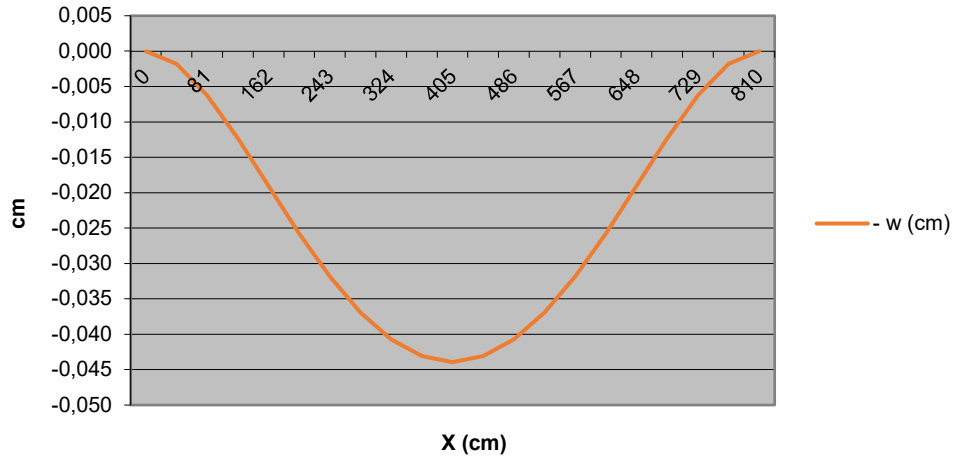
N	x (cm)	ξ (adim)	w(cm)	Θ(rad)	Q (Kp)	M (cmKp)	20	40,5
0	0	0,000	0,000000	0,000000	7.293,96	-801.647,17	Nº PTOS	Δx (cm)
1	41	0,179	0,001788	-0,000083	6.091,42	-530.717,00		
2	81	0,359	0,006279	-0,000134	4.954,56	-307.344,18		
3	122	0,538	0,012342	-0,000161	3.926,27	-127.922,85		
4	162	0,718	0,019068	-0,000168	3.028,84	12.457,56		
5	203	0,897	0,025746	-0,000159	2.268,17	119.264,97		
6	243	1,077	0,031832	-0,000139	1.637,52	197.938,85		
7	284	1,256	0,036928	-0,000111	1.120,66	253.443,62		
8	324	1,435	0,040750	-0,000077	694,49	289.939,02		
9	365	1,615	0,043113	-0,000039	331,18	310.547,11		
10	405	1,794	0,043912	0,000000	0,00	317.198,82		
11	446	1,974	0,043113	0,000039	-331,18	310.547,11		
12	486	2,153	0,040750	0,000077	-694,49	289.939,02		
13	527	2,333	0,036928	0,000111	-1.120,66	253.443,62		
14	567	2,512	0,031832	0,000139	-1.637,52	197.938,85		
15	608	2,691	0,025746	0,000159	-2.268,17	119.264,97		
16	648	2,871	0,019068	0,000168	-3.028,84	12.457,56		
17	689	3,050	0,012342	0,000161	-3.926,27	-127.922,85		
18	729	3,230	0,006279	0,000134	-4.954,56	-307.344,18		
19	770	3,409	0,001788	0,000083	-6.091,42	-530.717,00		
20	810	3,589	0,000000	0,000000	-7.293,96	-801.647,17		

VALORES MÁXIMOS:

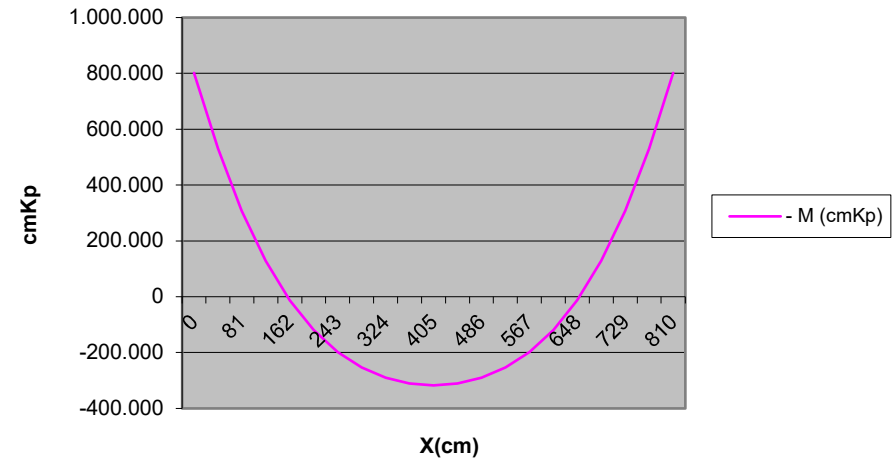
0,04	0,00017	7.293,96	801.647,17
------	---------	----------	------------



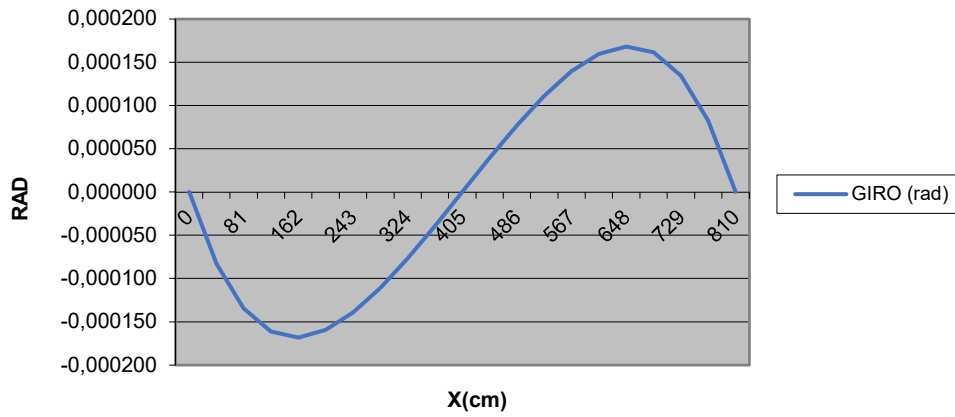
AP 1-2



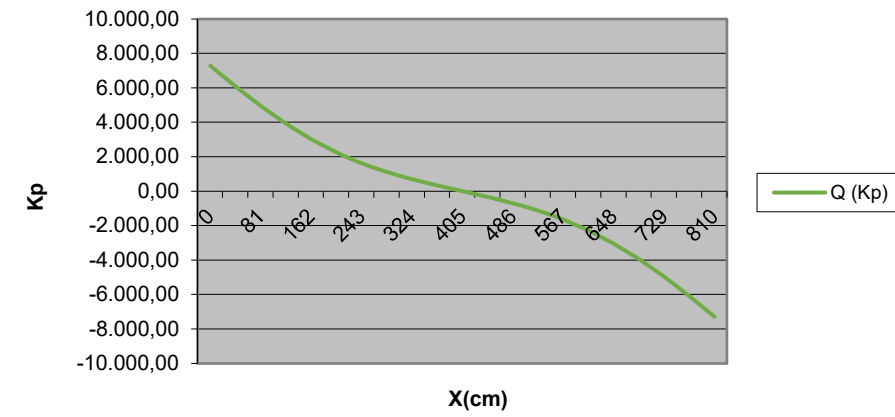
AP 1-2



AP 1-2



AP 1-2



**AP 1-3 CALCULO DE VIGA ELASTICA SIN DEFORMACION POR CORTANTE BIEMPOTRADA**

TERRENO		MATERIAL		SECCION		LONGITUD	
Eo (Kp/cm2)=	1.000,00	HORMIGÓN		ANCHO b (cm)=	60,00	LONGITUD L(cm)=	810,00
KS (Kp/cm3)=	16,67	fck (Kp/cm2)=	250,00	CANTO h (cm)=	60,00	LG ELAST ζ (cm)=	189,80
		E (Kp/cm2)=	300.416,38	I (cm4)=	1.080.000,00	L/ζ =	4,2676

CARGA REPARTIDA q ENTRE UNA DISTANCIA a Y b DEL EXTREMO 1

q (Kp/cm)=	30,00	C1=	-32,19738937
a (cm)=	0,00	C2=	16,86313895
b (cm)=	810,00	C7=	-16,86313895
ξa=	0	C4=	-47,55694327
ξb=	4,267594835	C8=	16,35293262
ξl=	4,267594835		
A=	-0,525965597	Q1 (Kp)=	-5.914,69
B=	-1,038745258	M1 (cmKp)=	568.436,91

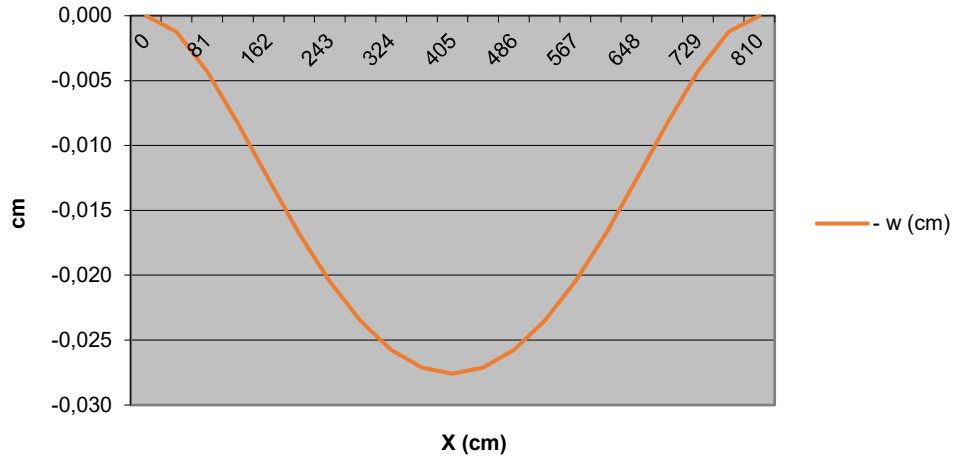
N	x (cm)	ξ (adim)	w(cm)	Θ(rad)	Q (Kp)	M (cmKp)	20	40,5
0	0	0,000	0,000000	0,000000	5.914,69	-568.436,91	Nº PTOS	Δx (cm)
1	41	0,213	0,001245	-0,000057	4.717,13	-353.315,21		
2	81	0,427	0,004297	-0,000090	3.609,84	-185.113,08		
3	122	0,640	0,008302	-0,000105	2.647,94	-58.941,85		
4	162	0,854	0,012620	-0,000106	1.856,42	31.680,24		
5	203	1,067	0,016789	-0,000098	1.238,06	93.772,87		
6	243	1,280	0,020494	-0,000084	780,03	134.132,42		
7	284	1,494	0,023528	-0,000065	458,99	158.807,74		
8	324	1,707	0,025762	-0,000045	244,96	172.757,04		
9	365	1,920	0,027127	-0,000023	103,98	179.636,51		
10	405	2,134	0,027585	0,000000	0,00	181.679,52		
11	446	2,347	0,027127	0,000023	-103,98	179.636,51		
12	486	2,561	0,025762	0,000045	-244,96	172.757,04		
13	527	2,774	0,023528	0,000065	-458,99	158.807,74		
14	567	2,987	0,020494	0,000084	-780,03	134.132,42		
15	608	3,201	0,016789	0,000098	-1.238,06	93.772,87		
16	648	3,414	0,012620	0,000106	-1.856,42	31.680,24		
17	689	3,627	0,008302	0,000105	-2.647,94	-58.941,85		
18	729	3,841	0,004297	0,000090	-3.609,84	-185.113,08		
19	770	4,054	0,001245	0,000057	-4.717,13	-353.315,21		
20	810	4,268	0,000000	0,000000	-5.914,69	-568.436,91		

VALORES MÁXIMOS:

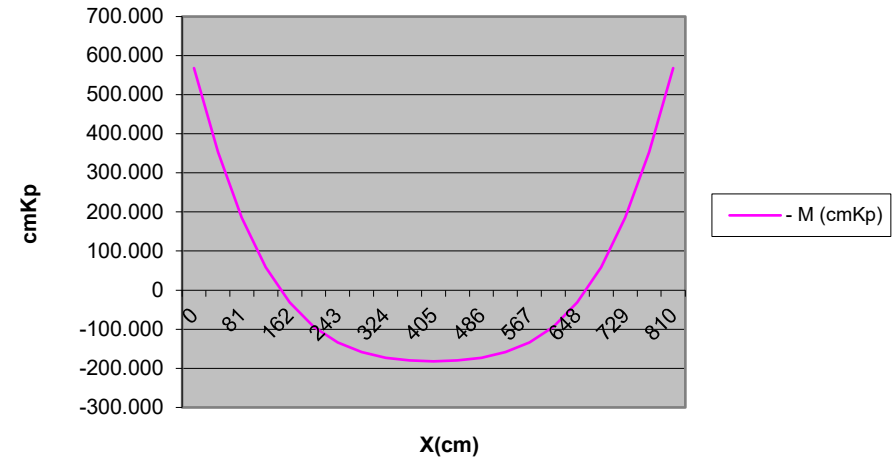
0,03	0,00011	5.914,69	568.436,91
------	---------	----------	------------



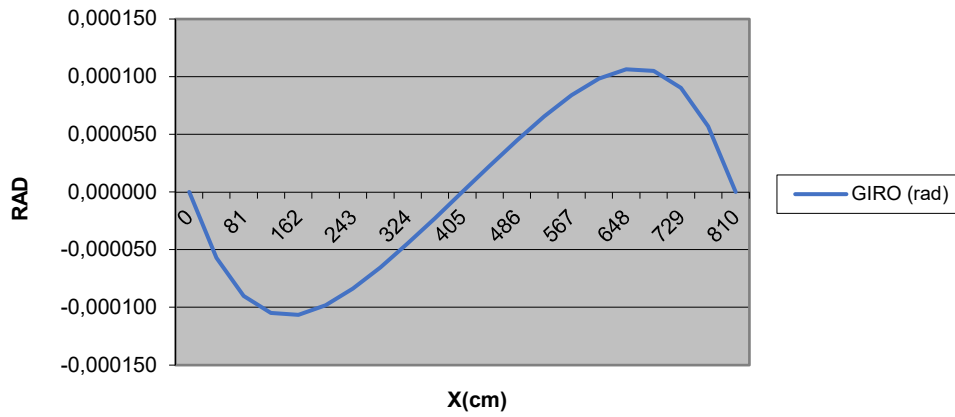
AP 1-3



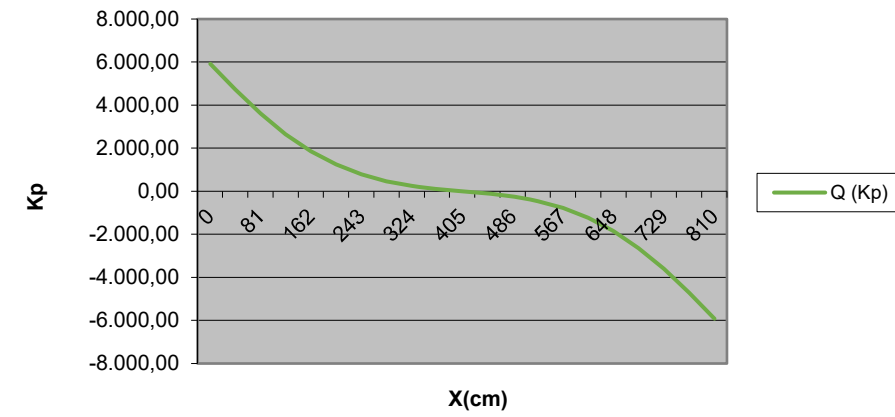
AP 1-3



AP 1-3



AP 1-3





ANEJO 3

APLICACIÓN Nº2:

VIGA ELASTICA SIN DEFORMACIÓN POR CORTANTE BIEMPOTRADA

CARGA REPARTIDA 30 KN/m

LONGITUD VIGA: 5,10 M

SECCIÓN VIGA: 0,6 x 0,6 m

TERRENO:

E (Kp/cm ²)	K (Kp/cm ³)	AP
100	1,67	2-1
500	8,33	2-2
1000	16,67	2-3



AP 2-1 CALCULO DE VIGA ELASTICA SIN DEFORMACION POR CORTANTE BIEMPOTRADA

TERRENO		MATERIAL		SECCION		LONGITUD	
Eo (Kp/cm2)=	100,00	HORMIGÓN		ANCHO b (cm)=	60,00	LONGITUD L(cm)=	510,00
KS (Kp/cm3)=	1,67	fck (Kp/cm2)=	250,00	CANTO h (cm)=	60,00	LG ELAST ζ (cm)=	337,52
		E (Kp/cm2)=	300.416,38	I (cm4)=	1.080.000,00	L/ζ =	1,5110

CARGA REPARTIDA q ENTRE UNA DISTANCIA a Y b DEL EXTREMO 1

q (Kp/cm)=	30,00	C1=	2,151466935
a (cm)=	0,00	C2=	-2,242984619
b (cm)=	510,00	C7=	2,242984619
ξa=	0	C4=	2,500533164
ξb=	1,511013478	C8=	0,858040335
ξl=	1,511013478		

A=	-0,183461624	Q1 (Kp)=	-7.437,25
B=	-0,734496152	M1 (cmKp)=	627.003,79

N	x (cm)	ξ (adim)	w(cm)	Θ(rad)	Q (Kp)	M (cmKp)	20	25,5
0	0	0,000	0,000000	0,000000	7.437,25	-627.003,79	Nº PTOS	Δx (cm)
1	26	0,076	0,000567	-0,000042	6.672,75	-447.104,36		
2	51	0,151	0,002033	-0,000071	5.910,91	-286.670,72		
3	77	0,227	0,004076	-0,000088	5.153,60	-145.609,30		
4	102	0,302	0,006415	-0,000094	4.401,95	-23.788,74		
5	128	0,378	0,008804	-0,000092	3.656,36	78.941,72		
6	153	0,453	0,011039	-0,000082	2.916,72	162.736,33		
7	179	0,529	0,012951	-0,000067	2.182,39	227.739,50		
8	204	0,604	0,014409	-0,000047	1.452,38	274.074,81		
9	230	0,680	0,015321	-0,000024	725,41	301.836,58		
10	255	0,756	0,015631	0,000000	0,00	311.083,82		
11	281	0,831	0,015321	0,000024	-725,41	301.836,58		
12	306	0,907	0,014409	0,000047	-1.452,38	274.074,81		
13	332	0,982	0,012951	0,000067	-2.182,39	227.739,50		
14	357	1,058	0,011039	0,000082	-2.916,72	162.736,33		
15	383	1,133	0,008804	0,000092	-3.656,36	78.941,72		
16	408	1,209	0,006415	0,000094	-4.401,95	-23.788,74		
17	434	1,284	0,004076	0,000088	-5.153,60	-145.609,30		
18	459	1,360	0,002033	0,000071	-5.910,91	-286.670,72		
19	485	1,435	0,000567	0,000042	-6.672,75	-447.104,36		
20	510	1,511	0,000000	0,000000	-7.437,25	-627.003,79		

VALORES MÁXIMOS:	0,02	0,00009	7.437,25	627.003,79
------------------	------	---------	----------	------------

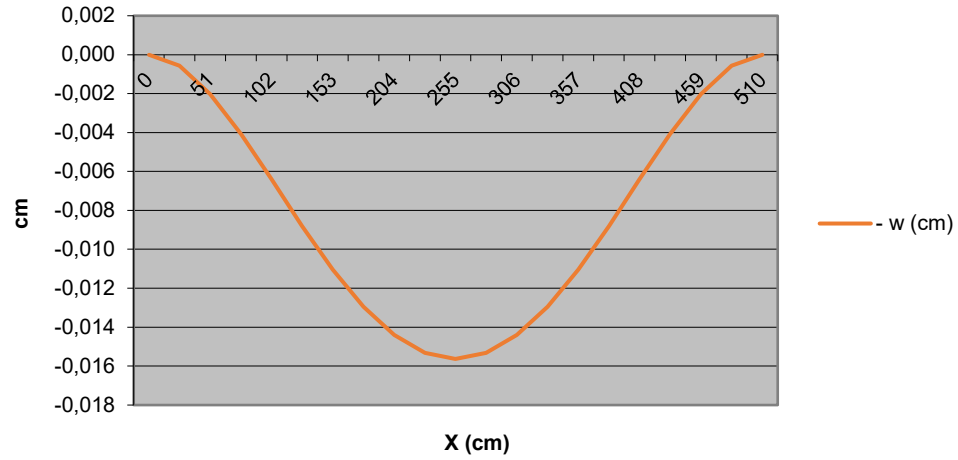


GRADO INGENIERIA CIVIL* CURSO 22-23
TFG: Cálculo y diseño de dos naves
metálicas para planta de producción de
azulejos en el TM de Vila-Real (Castellón)

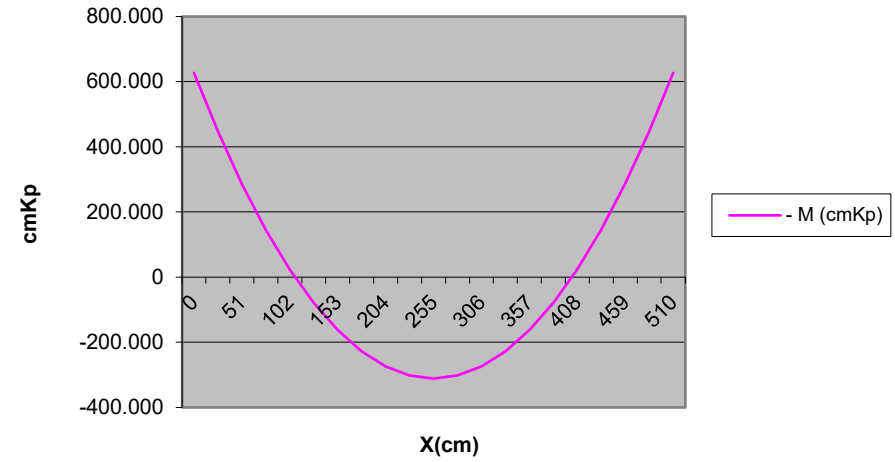


UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

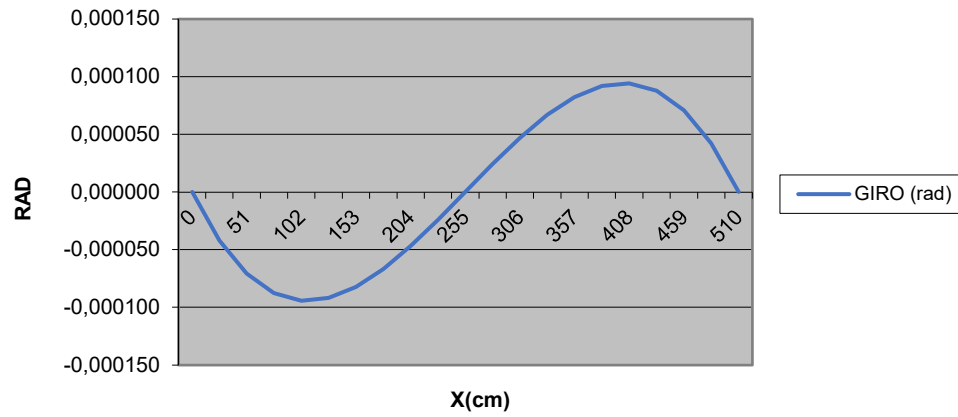
AP 2-1



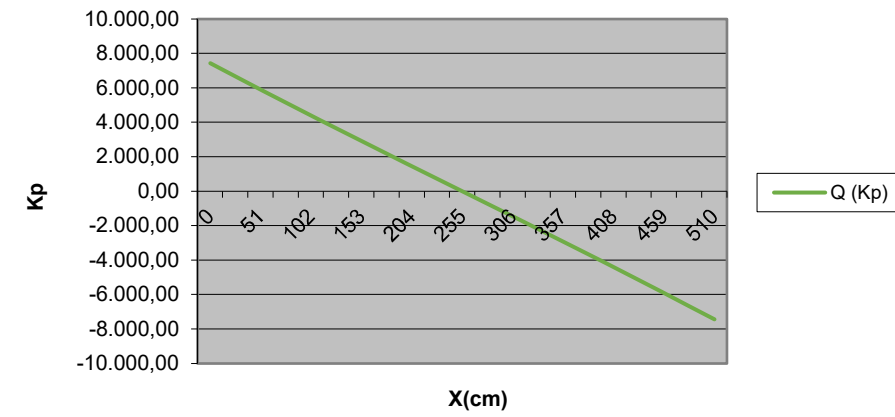
AP 2-1



AP 2-1



AP 2-1





AP 2-2 CALCULO DE VIGA ELASTICA SIN DEFORMACION POR CORTANTE BIEMPOTRADA

TERRENO	
Eo (Kp/cm2)=	500,00
KS (Kp/cm3)=	8,33

MATERIAL		SECCION		LONGITUD	
HORMIGÓN		ANCHO b (cm)=	60,00	LONGITUD L(cm)=	510,00
fck (Kp/cm2)=	250,00	CANTO h (cm)=	60,00	LG ELAST ζ (cm)=	225,71
E (Kp/cm2)=	300.416,38	I (cm4)=	1.080.000,00	L/ζ =	2,2595

CARGA REPARTIDA q ENTRE UNA DISTANCIA a Y b DEL EXTREMO 1

q (Kp/cm)=	30,00	C1=	3,657252294
a (cm)=	0,00	C2=	-6,748312
b (cm)=	510,00	C7=	6,748312
ξa=	0	C4=	0,727407345
ξb=	2,259492162	C8=	4,076803963
ξl=	2,259492162		

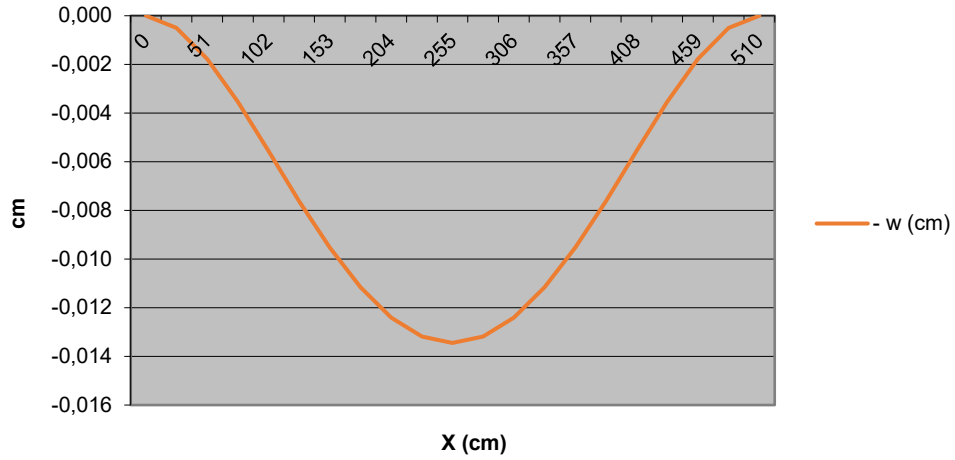
A=	-0,359851603	Q1 (Kp)=	-6.731,93
B=	-0,994165676	M1 (cmKp)=	550.000,86

N	x (cm)	ξ (adim)	w(cm)	Θ(rad)	Q (Kp)	M (cmKp)	20	25,5
0	0	0,000	0,000000	0,000000	6.731,93	-550.000,86	Nº PTOS	Δx (cm)
1	26	0,113	0,000495	-0,000037	5.969,09	-388.076,47		
2	51	0,226	0,001772	-0,000062	5.217,87	-245.477,40		
3	77	0,339	0,003543	-0,000076	4.486,37	-121.796,38		
4	102	0,452	0,005562	-0,000081	3.779,28	-16.464,16		
5	128	0,565	0,007617	-0,000079	3.098,35	71.169,89		
6	153	0,678	0,009532	-0,000070	2.442,91	141.769,04		
7	179	0,791	0,011165	-0,000057	1.810,21	195.952,02		
8	204	0,904	0,012409	-0,000040	1.195,96	234.247,00		
9	230	1,017	0,013185	-0,000021	594,65	257.056,17		
10	255	1,130	0,013449	0,000000	0,00	264.630,76		
11	281	1,243	0,013185	0,000021	-594,65	257.056,17		
12	306	1,356	0,012409	0,000040	-1.195,96	234.247,00		
13	332	1,469	0,011165	0,000057	-1.810,21	195.952,02		
14	357	1,582	0,009532	0,000070	-2.442,91	141.769,04		
15	383	1,695	0,007617	0,000079	-3.098,35	71.169,89		
16	408	1,808	0,005562	0,000081	-3.779,28	-16.464,16		
17	434	1,921	0,003543	0,000076	-4.486,37	-121.796,38		
18	459	2,034	0,001772	0,000062	-5.217,87	-245.477,40		
19	485	2,147	0,000495	0,000037	-5.969,09	-388.076,47		
20	510	2,259	0,000000	0,000000	-6.731,93	-550.000,86		

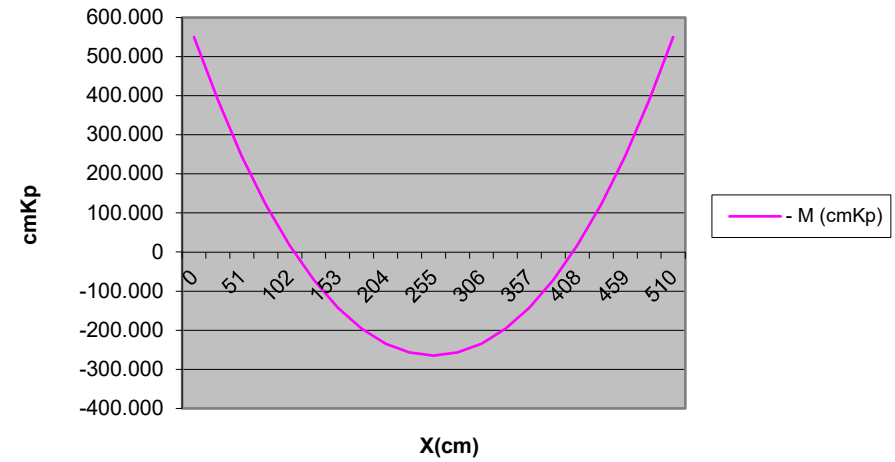
VALORES MÁXIMOS:	0,01	0,00008	6.731,93	550.000,86
-------------------------	-------------	----------------	-----------------	-------------------



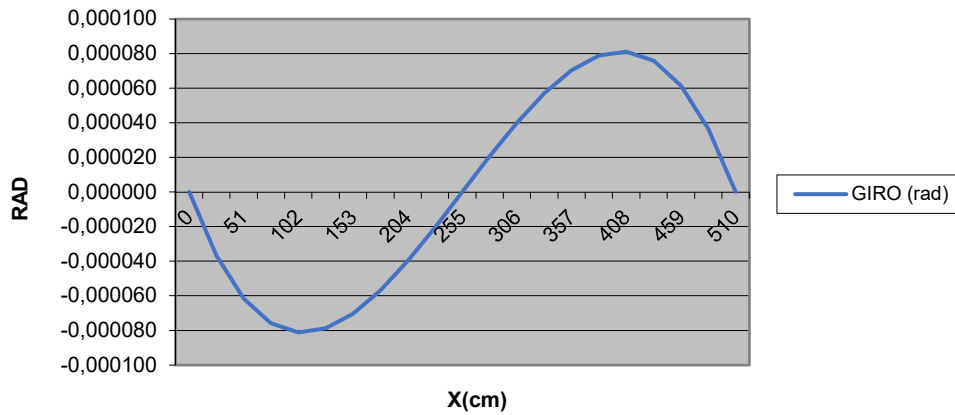
AP 2-2



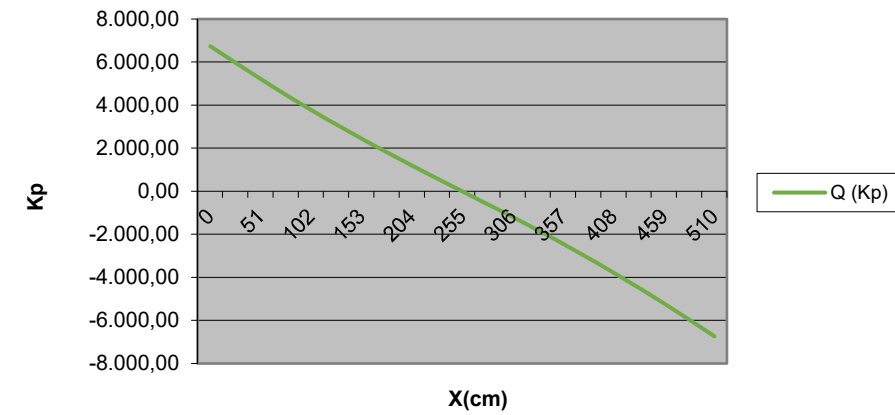
AP 2-2



AP 2-2



AP 2-2





AP 2-3 CALCULO DE VIGA ELASTICA SIN DEFORMACION POR CORTANTE BIEMPOTRADA

TERRENO	
Eo (Kp/cm2)=	1.000,00
KS (Kp/cm3)=	16,67

MATERIAL	SECCION	LONGITUD
HORMIGÓN	ANCHO b (cm)= 60,00	LONGITUD L(cm)= 510,00
fck (Kp/cm2)= 250,00	CANTO h (cm)= 60,00	LG ELAST ζ (cm)= 189,80
E (Kp/cm2)= 300.416,38	I (cm4)= 1.080.000,00	L/ζ = 2,6870

CARGA REPARTIDA q ENTRE UNA DISTANCIA a Y b DEL EXTREMO 1

q (Kp/cm)=	30,00	C1=	3,209662599
a (cm)=	0,00	C2=	-9,806953513
b (cm)=	510,00	C7=	9,806953513
ξa=	0	C4=	-3,327837417
ξb=	2,687004155	C8=	7,628565519
ξl=	2,687004155		

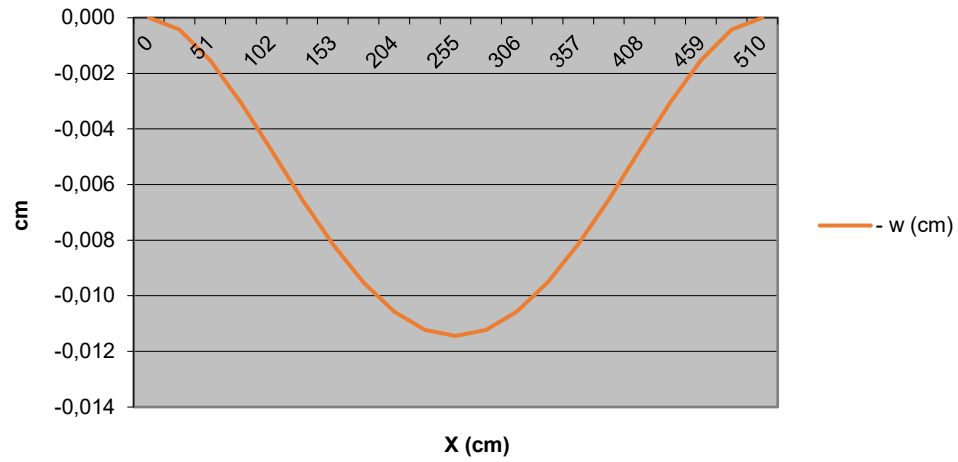
A=	-0,443334509	Q1 (Kp)=	-6.081,65
B=	-1,06806603	M1 (cmKp)=	479.133,42

N	x (cm)	ξ (adim)	w(cm)	Θ(rad)	Q (Kp)	M (cmKp)	20	25,5
0	0	0,000	0,000000	0,000000	6.081,65	-479.133,42	Nº PTOS	Δx (cm)
1	26	0,134	0,000430	-0,000032	5.320,41	-333.780,81		
2	51	0,269	0,001532	-0,000053	4.579,28	-207.619,80		
3	77	0,403	0,003053	-0,000065	3.872,09	-99.947,45		
4	102	0,537	0,004778	-0,000069	3.206,72	-9.786,21		
5	128	0,672	0,006525	-0,000067	2.585,95	63.975,49		
6	153	0,806	0,008146	-0,000059	2.008,41	122.465,58		
7	179	0,940	0,009524	-0,000048	1.469,32	166.731,89		
8	204	1,075	0,010570	-0,000034	961,31	197.665,77		
9	230	1,209	0,011223	-0,000017	475,06	215.944,17		
10	255	1,344	0,011444	0,000000	0,00	221.989,20		
11	281	1,478	0,011223	0,000017	-475,06	215.944,17		
12	306	1,612	0,010570	0,000034	-961,31	197.665,77		
13	332	1,747	0,009524	0,000048	-1.469,32	166.731,89		
14	357	1,881	0,008146	0,000059	-2.008,41	122.465,58		
15	383	2,015	0,006525	0,000067	-2.585,95	63.975,49		
16	408	2,150	0,004778	0,000069	-3.206,72	-9.786,21		
17	434	2,284	0,003053	0,000065	-3.872,09	-99.947,45		
18	459	2,418	0,001532	0,000053	-4.579,28	-207.619,80		
19	485	2,553	0,000430	0,000032	-5.320,41	-333.780,81		
20	510	2,687	0,000000	0,000000	-6.081,65	-479.133,42		

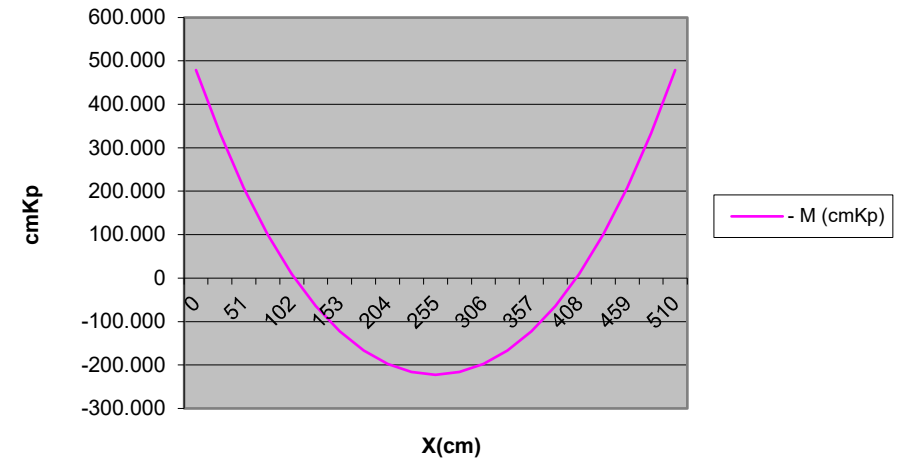
VALORES MÁXIMOS:	0,01	0,00007	6.081,65	479.133,42
-------------------------	-------------	----------------	-----------------	-------------------



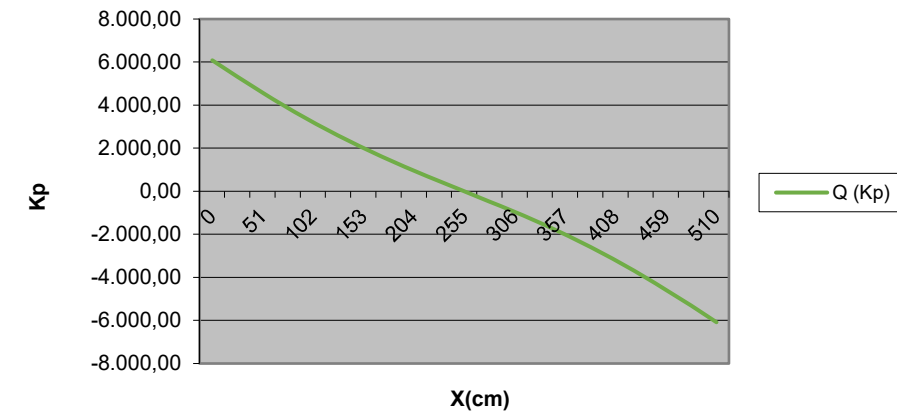
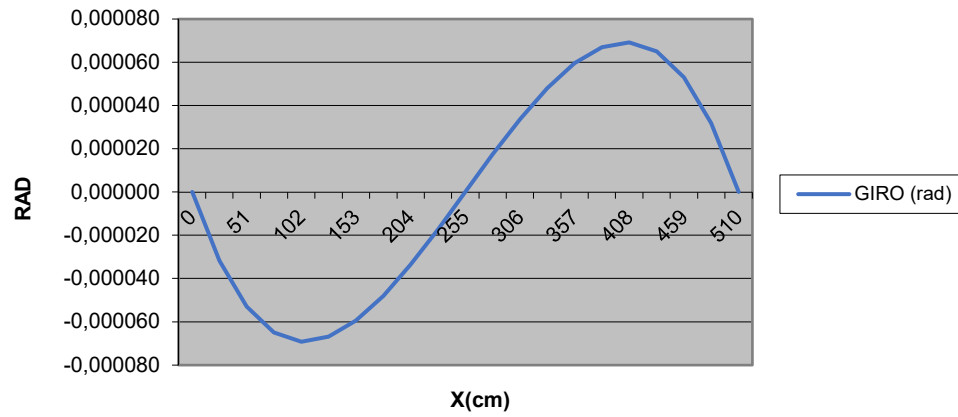
AP 2-3



AP 2-3



AP 2-3





ANEJO 3

APLICACIÓN Nº3:

VIGA ELASTICA CONSIDERANDO DEFORMACIÓN POR CORTANTE BIEMPOTRADA

CARGA REPARTIDA 30 KN/m

LONGITUD VIGA: 8,10 M

SECCIÓN VIGA: 0,6 x 0,6 m

TERRENO:

E (Kp/cm ²)	K (Kp/cm ³)	AP
100	1,67	3-1
500	8,33	3-2
1000	16,67	3-3



AP 3-1 CALCULO DE VIGA BIEMPOTRADA ELASTICA CARGA CONTINUA GA ∞

MATERIAL VIGA	
HORMIGON	
fck (Kp/cm2)=	250,00
E (Kp/cm2)=	300.416,38
v=	0,2000000
G (Kp/cm2)=	125.173,49

GEOMETRIA VIGA			
LONGITUD (cm)=	810	LONG ELAST HIP(cm)	336,46
ANCHO b (cm)=	60,00	LONG ELAST TRIG (cm)	338,59
CANTO h (cm)=	60,00		
I (cm4)=	1.080.000,00		
A (cm2)=	3.600,00		

TERRENO	
Eo (Kp/cm2)=	100,00
Ks (Kp/cm3)=	1,67

DATOS CARGA REPARTIDA q (m<n)			
q (Kp/cm)=	30,00	n (cm)=	810,00
m (cm)=	0,00	ξ n=	2,407416705
ξ m=	0		

CONSTANTES BASICAS DEL PROBLEMA			
R=	3,08202E-10	a (cm-1)=	0,002972119
a0=	1,10957E-07	b (cm-1)=	0,002953394
b0 (cm-2)=	1,75557E-05	j=	0,993699676

CONSTANTES R , I					
R1 (cm-1)=	-0,002934551	I1 (cm-1)=	-0,002990726	R0 (cm.Kp)=	5.696.048,52
R2 (Kp/cm)=	16929,33626	I2 (Kp/cm)=	-16.822,6760		
R3 (Kp)=	36.000,000	I3 (Kp)=	-5.695.934,7603		

CONSTANTES Bi DEL OPERADOR DE TRANSFERENCIA					
F=	-99,99800275	B8=	-2,97218E-03	B16=	-0,006320297
B1=	-0,00632030	B9=	-6,32030E-03	B17=	-0,002972179
B2=	-169,29674388	B10=	-1,75564E-07	B18=	0,0030
B3=	168,23011950	B11=	5,15201E-10	B19=	-5.696.162,29
B4=	2,99079E-05	B12=	5,25063E-10	B20=	-964.322.468,19
B5=	2,93461E-05	B13=	16.823,0120	B21=	958.246.923,98
B6=	-1,75564E-07	B14=	-16.929,6744	B22=	-169,2967
B7=	-2,95345E-03	B15=	-5.696.162,29	B23=	-168,2301



AP 3-1 CALCULO DE VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA CARGA CONTINUA GA ∞

CALCULO CONSTANTES DE INTEGRACION Q1 Y M1

OPERADOR DE TRANSFERENCIA EN $x=L$ G_{ij}					
x (cm)=	810				
ξL =	2,407417				
$j\xi L$ =	2,392249				
		c1	c2	c3	c4
G_{ij} =	f1	-4,075	32,848	0,000	0,000
	f2	0,023	-4,122	0,000	0,000
	f3	-3.284,775	-21.369.398,201	-4,075	-0,023
	f4	21.369.398,201	-7.540.793.573,230	-32,848	-4,122

OPERADOR G^{*ij}					
L (cm)=	810,00	ξL =	2,407416705	$j\xi L$ =	2,39224920
m (cm)=	0,00	ξm =	0	$j\xi m$ =	0,00000000
n (cm)=	810,00	ξn =	2,407416705	$j\xi n$ =	2,39224920

$G^{*13}(\xi, \xi_n)$	-2,97212E-05	$G^{*13}(\xi, \xi_m)$	0,0001211	$G^{*13}(\xi, \xi)$	-2,972119E-05
$G^{*23}(\xi, \xi_n)$	0,00000E+00	$G^{*23}(\xi, \xi_m)$	-6,90774E-07	$G^{*23}(\xi, \xi)$	0,000000E+00
$G^{*33}(\xi, \xi_n)$	0,00000E+00	$G^{*33}(\xi, \xi_m)$	0,097627	$G^{*33}(\xi, \xi)$	0,000000E+00
$G^{*43}(\xi, \xi_n)$	-4,29020E-14	$G^{*43}(\xi, \xi_m)$	-635,124027	$G^{*43}(\xi, \xi)$	-4,290201E-14

OPERADOR $G^{*ij} = G_{ij}$	
G_{13} =	-0,000150821
G_{23} =	6,90774E-07
G_{33} =	-0,0976
G_{43} =	635,1240

CONSTANTES DE INTEGRACION

$Q1$ (Kp)=	-10.280,64
$M1$ (cmKp)=	1.317.568,28

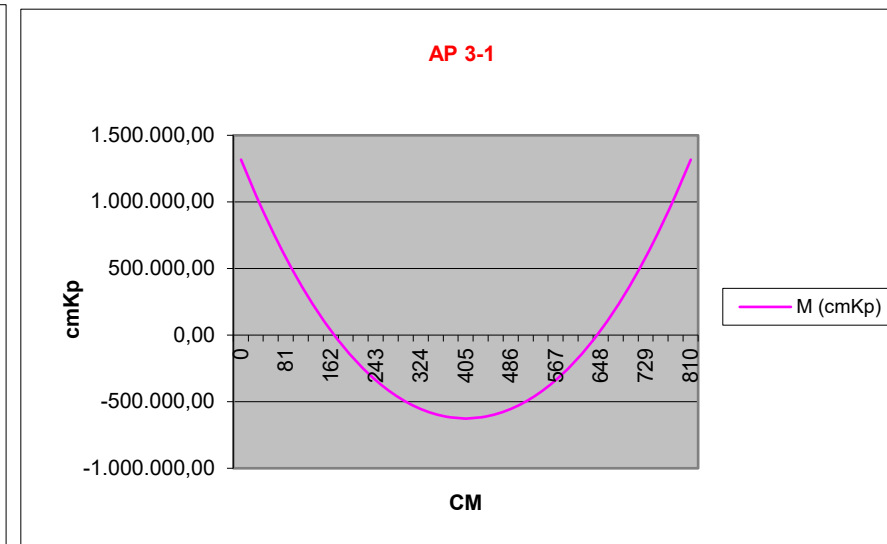
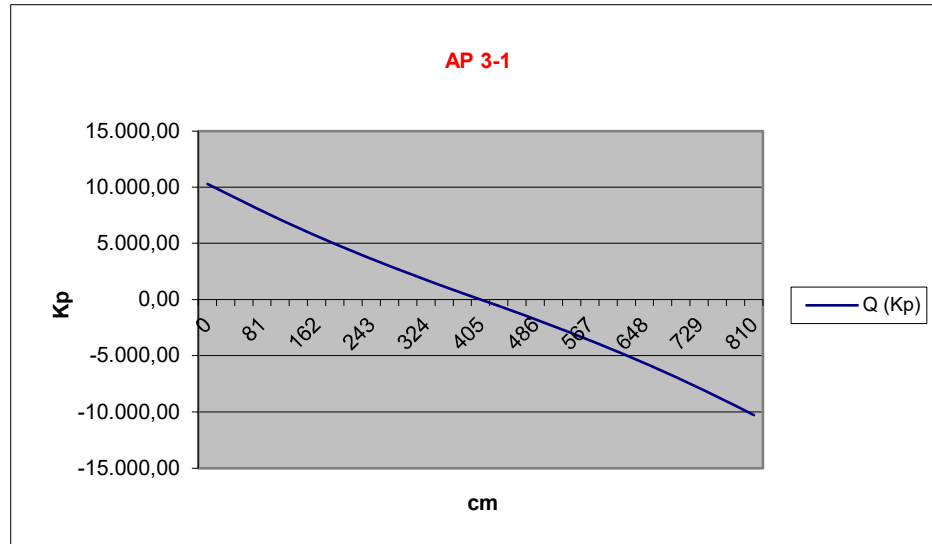
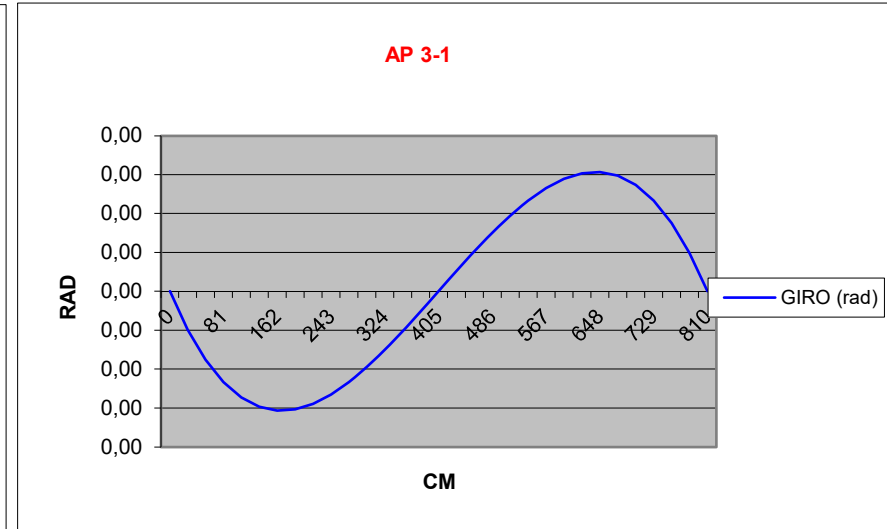
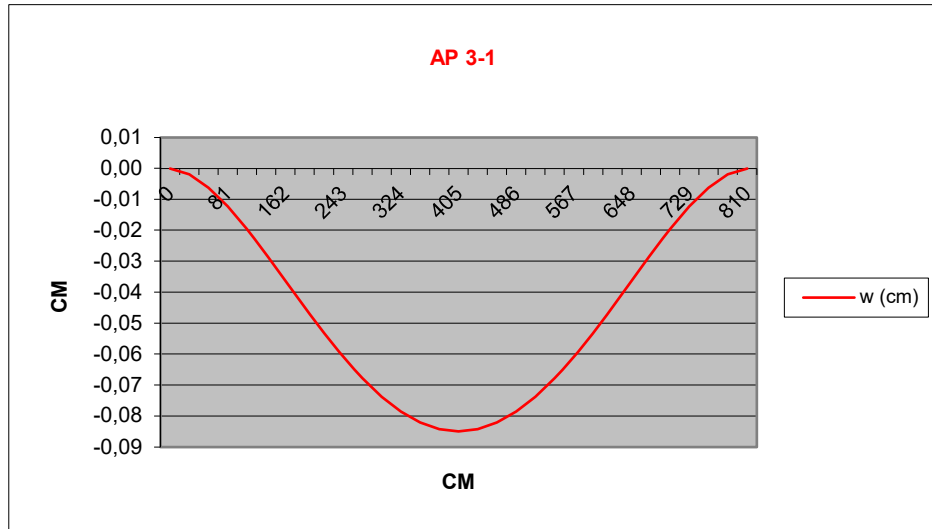


AP 3-1 CALCULO DE VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA CARGA CONTINUA GA∞

OBTENCIÓN VALORES DEL VECTOR ESTADO A LO LARGO DE LA VIGA

Nº PUNTOS=	30	Δx (cm)=	27
------------	----	------------------	----

N	x (cm)	ξ (adim)	$j\xi$ (adim)	$G^{13}(\xi,\xi_n)$	$G^{13}(\xi,\xi_m)$	$G^{23}(\xi,\xi_n)$	$G^{23}(\xi,\xi_m)$	$G^{33}(\xi,\xi_n)$	$G^{33}(\xi,\xi_m)$	$G^{43}(\xi,\xi_n)$	$G^{43}(\xi,\xi_m)$	w (cm)	Θ (rad)	Q (Kp)	M (cmKp)
0	0	0	0	1,2110E-04	-2,9721E-05	6,9077E-07	0,0000E+00	-0,0976	0,0000	-635,1240	0,0000	0,000000	0,00	10.280,64	-1.317.568,28
1	27	0,0802	0,0797	1,0317E-04	-2,9723E-05	6,3793E-07	-3,0051E-11	0,2048	-0,0802	-633,5682	-1,0834	0,001970	-9,83985E-05	9.472,71	-1.050.910,08
2	54	0,1605	0,1595	8,6671E-05	-2,9728E-05	5,8553E-07	-2,4042E-10	0,4608	-0,1605	-624,4828	-4,3336	0,006257	-0,000175511	8.673,36	-805.964,20
3	81	0,2407	0,2392	7,1592E-05	-2,9726E-05	5,3417E-07	-8,1142E-10	0,6741	-0,2408	-609,0704	-9,7509	0,012312	-0,000233134	7.888,09	-582.421,45
4	108	0,3210	0,3190	5,7893E-05	-2,9708E-05	4,8431E-07	-1,9234E-09	0,8486	-0,3210	-588,4306	-17,3351	0,019633	-0,000273029	7.120,98	-379.843,48
5	135	0,4012	0,3987	4,5523E-05	-2,9655E-05	4,3635E-07	-3,7567E-09	0,9879	-0,4012	-563,5624	-27,0849	0,027765	-0,00029692	6.374,84	-197.699,37
6	162	0,4815	0,4784	3,4427E-05	-2,9545E-05	3,9060E-07	-6,4913E-09	1,0956	-0,4811	-535,3677	-38,9961	0,036302	-0,000306483	5.651,28	-35.398,74
7	189	0,5617	0,5582	2,4539E-05	-2,9352E-05	3,4731E-07	-1,0307E-08	1,1749	-0,5606	-504,6560	-53,0606	0,044879	-0,000303345	4.950,90	107.678,51
8	216	0,6420	0,6379	1,5789E-05	-2,9044E-05	3,0666E-07	-1,5382E-08	1,2291	-0,6395	-472,1484	-69,2642	0,053176	-0,000289078	4.273,37	232.155,71
9	243	0,7222	0,7177	8,1018E-06	-2,8585E-05	2,6876E-07	-2,1894E-08	1,2611	-0,7173	-438,4833	-87,5842	0,060915	-0,000265205	3.617,55	338.636,02
10	270	0,8025	0,7974	1,4010E-06	-2,7933E-05	2,3370E-07	-3,0017E-08	1,2738	-0,7937	-404,2216	-107,9868	0,067858	-0,0002332	2.981,59	427.682,19
11	297	0,8827	0,8772	-4,3913E-06	-2,7043E-05	2,0149E-07	-3,9923E-08	1,2695	-0,8680	-369,8523	-130,4244	0,073805	-0,000194493	2.363,08	499.799,13
12	324	0,9630	0,9569	-9,3532E-06	-2,5864E-05	1,7213E-07	-5,1779E-08	1,2508	-0,9395	-335,7980	-154,8316	0,078596	-0,000150473	1.759,10	555.419,42
13	351	1,0432	1,0366	-1,3562E-05	-2,4341E-05	1,4558E-07	-6,5745E-08	1,2197	-1,0073	-302,4210	-181,1222	0,082106	-0,000102499	1.166,35	594.891,57
14	378	1,1235	1,1164	-1,7093E-05	-2,2414E-05	1,2177E-07	-8,1973E-08	1,1782	-1,0705	-270,0286	-209,1848	0,084247	-5,19029E-05	581,24	618.470,92
15	405	1,2037	1,1961	-2,0021E-05	-2,0021E-05	1,0061E-07	-1,0061E-07	1,1279	-1,1279	-238,8786	-238,8786	0,084967	2,1684E-19	0,00	626.313,26
16	432	1,2840	1,2759	-2,2414E-05	-1,7093E-05	8,1973E-08	-1,2177E-07	1,0705	-1,1782	-209,1848	-270,0286	0,084247	5,19029E-05	-581,24	618.470,92
17	459	1,3642	1,3556	-2,4341E-05	-1,3562E-05	6,5745E-08	-1,4558E-07	1,0073	-1,2197	-181,1222	-302,4210	0,082106	0,000102499	-1.166,35	594.891,57
18	486	1,4445	1,4353	-2,5864E-05	-9,3532E-06	5,1779E-08	-1,7213E-07	0,9395	-1,2508	-154,8316	-335,7980	0,078596	0,000150473	-1.759,10	555.419,42
19	513	1,5247	1,5151	-2,7043E-05	-4,3913E-06	3,9923E-08	-2,0149E-07	0,8680	-1,2695	-130,4244	-369,8523	0,073805	0,000194493	-2.363,08	499.799,13
20	540	1,6049	1,5948	-2,7933E-05	1,4010E-06	3,0017E-08	-2,3370E-07	0,7937	-1,2738	-107,9868	-404,2216	0,067858	0,0002332	-2.981,59	427.682,19
21	567	1,6852	1,6746	-2,8585E-05	8,1018E-06	2,1894E-08	-2,6876E-07	0,7173	-1,2611	-87,5842	-438,4833	0,060915	0,000265205	-3.617,55	338.636,02
22	594	1,7654	1,7543	-2,9044E-05	1,5789E-05	1,5382E-08	-3,0666E-07	0,6395	-1,2291	-69,2642	-472,1484	0,053176	0,000289078	-4.273,37	232.155,71
23	621	1,8457	1,8341	-2,9352E-05	2,4539E-05	1,0307E-08	-3,4731E-07	0,5606	-1,1749	-53,0606	-504,6560	0,044879	0,000303345	-4.950,90	107.678,51
24	648	1,9259	1,9138	-2,9545E-05	3,4427E-05	6,4913E-09	-3,9060E-07	0,4811	-1,0956	-38,9961	-535,3677	0,036302	0,000306483	-5.651,28	-35.398,74
25	675	2,0062	1,9935	-2,9655E-05	4,5523E-05	3,7567E-09	-4,3635E-07	0,4012	-0,9879	-27,0849	-563,5624	0,027765	0,00029692	-6.374,84	-197.699,37
26	702	2,0864	2,0733	-2,9708E-05	5,7893E-05	1,9234E-09	-4,8431E-07	0,3210	-0,8486	-17,3351	-588,4306	0,019633	0,000273029	-7.120,98	-379.843,48
27	729	2,1667	2,1530	-2,9726E-05	7,1592E-05	8,1142E-10	-5,3417E-07	0,2408	-0,6741	-9,7509	-609,0704	0,012312	0,000233134	-7.888,09	-582.421,45
28	756	2,2469	2,2328	-2,9728E-05	8,6671E-05	2,4042E-10	-5,8553E-07	0,1605	-0,4608	-4,3336	-624,4828	0,006257	0,000175511	-8.673,36	-805.964,20
29	783	2,3272	2,3125	-2,9723E-05	1,0317E-04	3,0051E-11	-6,3793E-07	0,0802	-0,2048	-1,0834	-633,5682	0,001970	9,83985E-05	-9.472,71	-1.050.910,08
30	810	2,4074	2,3922	-2,9721E-05	1,2110E-04	0,0000E+00	-6,9077E-07	0,0000	0,0976	0,0000	-635,1240	0,000000	1,73472E-18	-10.280,64	-1.317.568,28





AP 3-2 CALCULO DE VIGA BIEMPOTRADA ELASTICA CARGA CONTINUA GA ∞

MATERIAL VIGA	
HORMIGON	
fck (Kp/cm2)=	250,00
E (Kp/cm2)=	300.416,38
v=	0,2000000
G (Kp/cm2)=	125.173,49

GEOMETRIA VIGA			
LONGITUD (cm)=	810	LONG ELAST HIP(cm)	224,14
ANCHO b (cm)=	60,00	LONG ELAST TRIG (cm)	227,33
CANTO h (cm)=	60,00		
I (cm4)=	1.080.000,00		
A (cm2)=	3.600,00		

TERRENO	
Eo (Kp/cm2)=	500,00
Ks (Kp/cm3)=	8,33

DATOS CARGA REPARTIDA q (m<n)			
q (Kp/cm)=	30,00	n (cm)=	810,00
m (cm)=	0,00	ξ n=	3,613873915
ξ m=	0		

CONSTANTES BASICAS DEL PROBLEMA			
R=	1,54076E-09	a (cm-1)=	0,004461573
a0=	5,54786E-07	b (cm-1)=	0,004398960
b0 (cm-2)=	3,92526E-05	j=	0,985966133

CONSTANTES R , I					
R1 (cm-1)=	-0,004335468	I1 (cm-1)=	-0,004523295	R0 (cm.Kp)=	12.736.751,70
R2 (Kp/cm)=	56825,94413	I2 (Kp/cm)=	-56.028,4564		
R3 (Kp)=	180.000,000	I3 (Kp)=	-12.735.479,7305		

CONSTANTES Bi DEL OPERADOR DE TRANSFERENCIA					
F=	-499,95006681	B8=	-4,46202E-03	B16=	-0,014133743
B1=	-0,01413374	B9=	-1,41337E-02	B17=	-0,004462018
B2=	-113,66323939	B10=	-7,85208E-08	B18=	0,0044
B3=	112,06810463	B11=	3,40424E-10	B19=	-12.738.023,80
B4=	9,04749E-06	B12=	3,55173E-10	B20=	-1.447.700.457,99
B5=	8,67180E-06	B13=	56.034,0523	B21=	1.427.383.622,55
B6=	-7,85208E-08	B14=	-56.831,6197	B22=	-113,6632
B7=	-4,39940E-03	B15=	-12.738.023,80	B23=	-112,0681



AP 3-2 CALCULO DE VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA CARGA CONTINUA GA ∞

CALCULO CONSTANTES DE INTEGRACION Q1 Y M1

OPERADOR DE TRANSFERENCIA EN $x=L$ G_{ij}					
x (cm)=	810				
ξL =	3,613874				
$j\xi L$ =	3,563157				
		c1	c2	c3	c4
G_{ij} =	f1	-17,050	2.759,572	0,000	0,000
	f2	0,041	-16,835	0,000	0,000
	f3	-1.379.785,761	96.641.933,866	-17,050	-0,041
	f4	-96.641.933,866	-13.148.974.588,116	-2.759,572	-16,835

OPERADOR G^{*ij}					
L (cm)=	810,00	ξL =	3,613873915	$j\xi L$ =	3,56315729
m (cm)=	0,00	ξm =	0	$j\xi m$ =	0,00000000
n (cm)=	810,00	ξn =	3,613873915	$j\xi n$ =	3,56315729

$G^{*13}(\xi l, \xi n)$	-8,92315E-06	$G^{*13}(\xi l, \xi m)$	0,000152138	$G^{*13}(\xi, \xi)$	-8,923145E-06
$G^{*23}(\xi l, \xi n)$	0,00000E+00	$G^{*23}(\xi l, \xi m)$	-3,61628E-07	$G^{*23}(\xi, \xi)$	0,000000E+00
$G^{*33}(\xi l, \xi n)$	0,00000E+00	$G^{*33}(\xi l, \xi m)$	12,312029	$G^{*33}(\xi, \xi)$	0,000000E+00
$G^{*43}(\xi l, \xi n)$	-2,88234E-14	$G^{*43}(\xi l, \xi m)$	862,350034	$G^{*43}(\xi, \xi)$	-2,882337E-14

OPERADOR $G^{*ij} = G_{ij}$	
G_{13} =	-0,000161061
G_{23} =	3,61628E-07
G_{33} =	-12,3120
G_{43} =	-862,3500

CONSTANTES DE INTEGRACION

$Q1$ (Kp)=	-7.118,24
$M1$ (cmKp)=	776.253,80

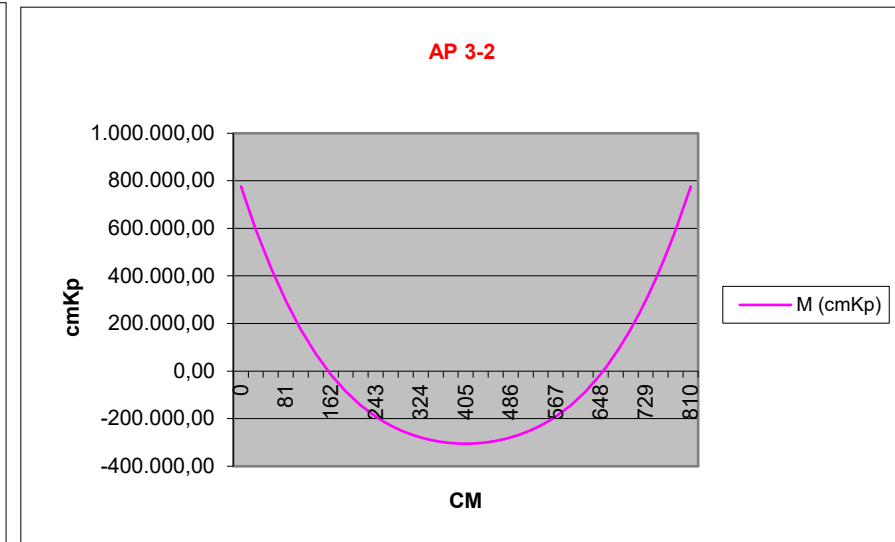
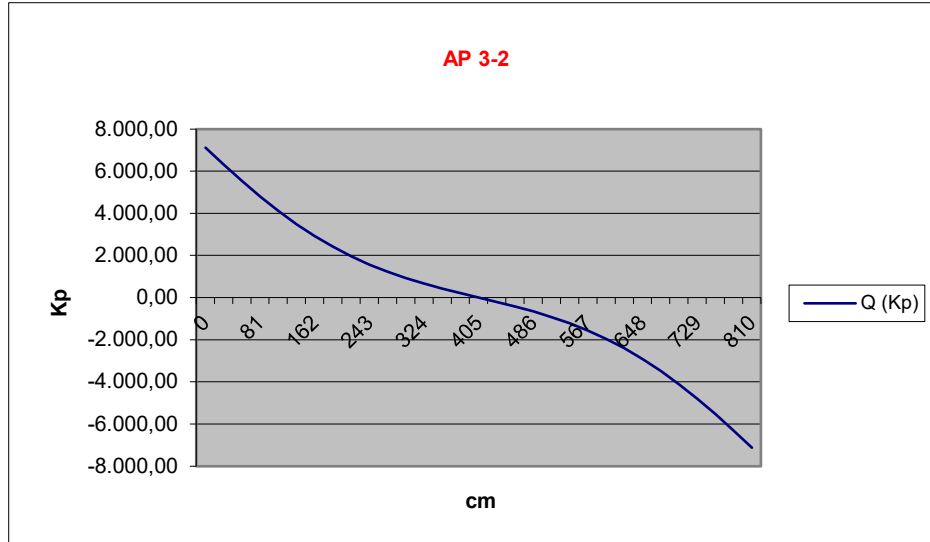
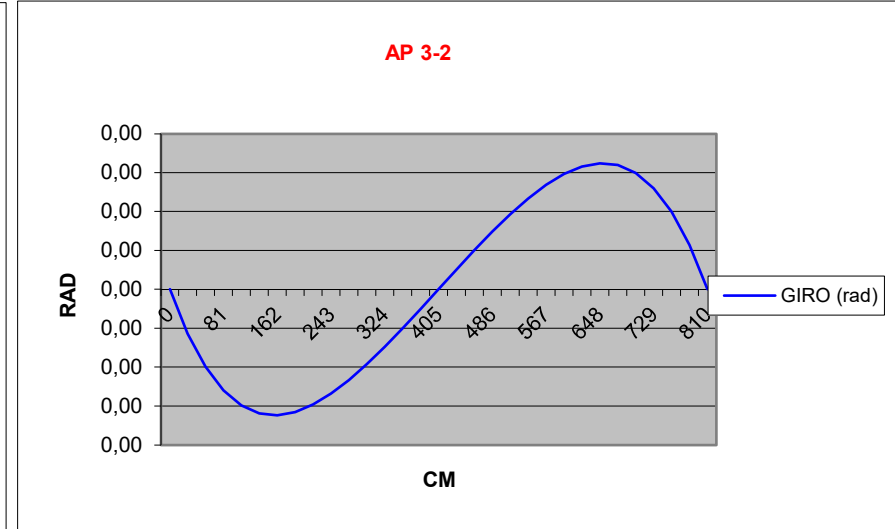
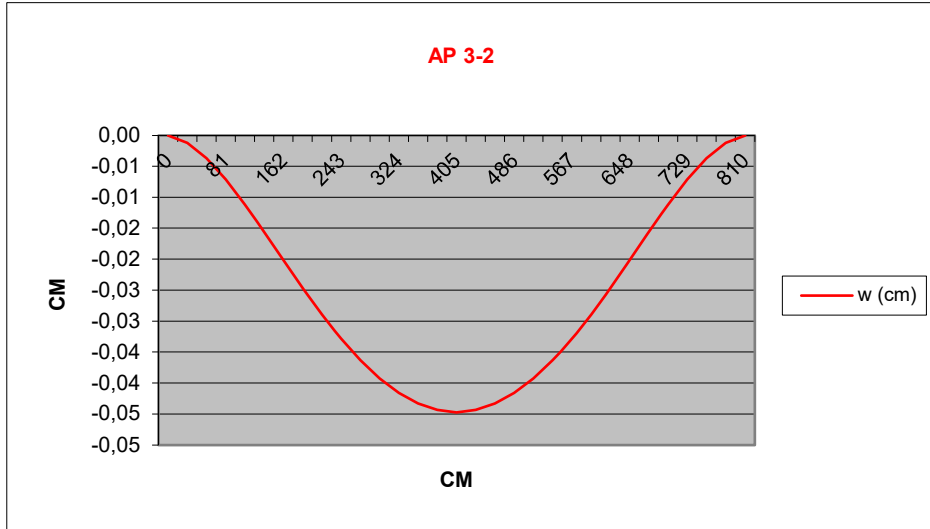


AP 3-2 CALCULO DE VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA CARGA CONTINUA GA∞

OBTENCIÓN VALORES DEL VECTOR ESTADO A LO LARGO DE LA VIGA

Nº PUNTOS=	30	Δx (cm)=	27
------------	----	------------------	----

N	x (cm)	ξ (adim)	$j\xi$ (adim)	$G^{13}(\xi, \xi_n)$	$G^{13}(\xi, \xi_m)$	$G^{23}(\xi, \xi_n)$	$G^{23}(\xi, \xi_m)$	$G^{33}(\xi, \xi_n)$	$G^{33}(\xi, \xi_m)$	$G^{43}(\xi, \xi_n)$	$G^{43}(\xi, \xi_m)$	w (cm)	Θ (rad)	Q (Kp)	M (cmKp)
0	0	0	0	1,5214E-04	-8,9231E-06	3,6163E-07	0,0000E+00	-12,3120	0,0000	862,3500	0,0000	0,000000	0,00	7.118,24	-776.253,80
1	27	0,1205	0,1188	1,4085E-04	-8,9265E-06	4,2031E-07	-4,5113E-11	-10,3327	-0,1205	556,9890	-1,6263	0,001204	-5,69036E-05	6.314,69	-594.946,07
2	54	0,2409	0,2375	1,2841E-04	-8,9327E-06	4,5575E-07	-3,6094E-10	-8,5143	-0,2410	302,9321	-6,5065	0,003702	-9,96141E-05	5.536,57	-435.030,09
3	81	0,3614	0,3563	1,1538E-04	-8,9310E-06	4,7203E-07	-1,2183E-09	-6,8683	-0,3616	95,6625	-14,6424	0,007136	-0,000129877	4.798,86	-295.606,27
4	108	0,4818	0,4751	1,0223E-04	-8,9029E-06	4,7284E-07	-2,8882E-09	-5,3995	-0,4820	-69,5531	-26,0328	0,011195	-0,000149348	4.112,05	-175.432,48
5	135	0,6023	0,5939	8,9310E-05	-8,8230E-06	4,6149E-07	-5,6411E-09	-4,1070	-0,6018	-197,4982	-40,6668	0,015611	-0,000159568	3.482,72	-73.037,43
6	162	0,7228	0,7126	7,6899E-05	-8,6582E-06	4,4088E-07	-9,7458E-09	-2,9858	-0,7199	-292,8741	-58,5142	0,020159	-0,000161952	2.914,14	13.181,90
7	189	0,8432	0,8314	6,5202E-05	-8,3684E-06	4,1352E-07	-1,5467E-08	-2,0275	-0,8350	-360,1987	-79,5138	0,024648	-0,000157777	2.406,75	84.877,50
8	216	0,9637	0,9502	5,4364E-05	-7,9061E-06	3,8159E-07	-2,3064E-08	-1,2215	-0,9451	-403,7308	-103,5584	0,028920	-0,000148183	1.958,66	143.680,76
9	243	1,0842	1,0689	4,4472E-05	-7,2169E-06	3,4688E-07	-3,2783E-08	-0,5554	-1,0474	-427,4186	-130,4778	0,032846	-0,000134178	1.566,04	191.144,91
10	270	1,2046	1,1877	3,5575E-05	-6,2399E-06	3,1090E-07	-4,4853E-08	-0,0162	-1,1386	-434,8660	-160,0191	0,036323	-0,000116645	1.223,49	228.697,86
11	297	1,3251	1,3065	2,7680E-05	-4,9080E-06	2,7486E-07	-5,9479E-08	0,4096	-1,2143	-429,3160	-191,8241	0,039268	-9,63543E-05	924,36	257.604,31
12	324	1,4455	1,4253	2,0771E-05	-3,1486E-06	2,3972E-07	-7,6829E-08	0,7356	-1,2692	-413,6465	-225,4051	0,041619	-7,39802E-05	661,04	278.935,81
13	351	1,5660	1,5440	1,4807E-05	-8,8511E-07	2,0623E-07	-9,7026E-08	0,9747	-1,2971	-390,3774	-260,1184	0,043329	-5,01156E-05	425,18	293.547,87
14	378	1,6865	1,6628	9,7305E-06	1,9622E-06	1,7490E-07	-1,2013E-07	1,1393	-1,2905	-361,6842	-295,1366	0,044368	-2,52923E-05	207,90	302.062,97
15	405	1,8069	1,7816	5,4742E-06	5,4742E-06	1,4613E-07	-1,4613E-07	1,2411	-1,2411	-329,4194	-329,4194	0,044716	-8,67362E-19	0,00	304.859,09
16	432	1,9274	1,9004	1,9622E-06	9,7305E-06	1,2013E-07	-1,7490E-07	1,2905	-1,1393	-295,1366	-361,6842	0,044368	2,52923E-05	-207,90	302.062,97
17	459	2,0479	2,0191	-8,8511E-07	1,4807E-05	9,7026E-08	-2,0623E-07	1,2971	-0,9747	-260,1184	-390,3774	0,043329	5,01156E-05	-425,18	293.547,87
18	486	2,1683	2,1379	-3,1486E-06	2,0771E-05	7,6829E-08	-2,3972E-07	1,2692	-0,7356	-225,4051	-413,6465	0,041619	7,39802E-05	-661,04	278.935,81
19	513	2,2888	2,2567	-4,9080E-06	2,7680E-05	5,9479E-08	-2,7486E-07	1,2143	-0,4096	-191,8241	-429,3160	0,039268	9,63543E-05	-924,36	257.604,31
20	540	2,4092	2,3754	-6,2399E-06	3,5575E-05	4,4853E-08	-3,1090E-07	1,1386	0,0162	-160,0191	-434,8660	0,036323	0,000116645	-1.223,49	228.697,86
21	567	2,5297	2,4942	-7,2169E-06	4,4472E-05	3,2783E-08	-3,4688E-07	1,0474	0,5554	-130,4778	-427,4186	0,032846	0,000134178	-1.566,04	191.144,91
22	594	2,6502	2,6130	-7,9061E-06	5,4364E-05	2,3064E-08	-3,8159E-07	0,9451	1,2215	-103,5584	-403,7308	0,028920	0,000148183	-1.958,66	143.680,76
23	621	2,7706	2,7318	-8,3684E-06	6,5202E-05	1,5467E-08	-4,1352E-07	0,8350	2,0275	-79,5138	-360,1987	0,024648	0,000157777	-2.406,75	84.877,50
24	648	2,8911	2,8505	-8,6582E-06	7,6899E-05	9,7458E-09	-4,4088E-07	0,7199	2,9858	-58,5142	-292,8741	0,020159	0,000161952	-2.914,14	13.181,90
25	675	3,0116	2,9693	-8,8230E-06	8,9310E-05	5,6411E-09	-4,6149E-07	0,6018	4,1070	-40,6668	-197,4982	0,015611	0,000159568	-3.482,72	-73.037,43
26	702	3,1320	3,0881	-8,9029E-06	1,0223E-04	2,8882E-09	-4,7284E-07	0,4820	5,3995	-26,0328	-69,5531	0,011195	0,000149348	-4.112,05	-175.432,48
27	729	3,2525	3,2068	-8,9310E-06	1,1538E-04	1,2183E-09	-4,7203E-07	0,3616	6,8683	-14,6424	95,6625	0,007136	0,000129877	-4.798,86	-295.606,27
28	756	3,3729	3,3256	-8,9327E-06	1,2841E-04	3,6094E-10	-4,5575E-07	0,2410	8,5143	-6,5065	302,9321	0,003702	9,96141E-05	-5.536,57	-435.030,09
29	783	3,4934	3,4444	-8,9265E-06	1,4085E-04	4,5113E-11	-4,2031E-07	0,1205	10,3327	-1,6263	556,9890	0,001204	5,69036E-05	-6.314,69	-594.946,07
30	810	3,6139	3,5632	-8,9231E-06	1,5214E-04	1,7682E-23	-3,6163E-07	0,0000	12,3120	0,0000	862,3500	0,000000	2,60209E-18	-7.118,24	-776.253,80





AP 3-3 CALCULO DE VIGA BIEMPOTRADA ELASTICA CARGA CONTINUA GA ∞

MATERIAL VIGA	
HORMIGON	
fck (Kp/cm2)=	250,00
E (Kp/cm2)=	300.416,38
v=	0,2000000
G (Kp/cm2)=	125.173,49

GEOMETRIA VIGA			
LONGITUD (cm)=	810	LONG ELAST HIP(cm)	187,93
ANCHO b (cm)=	60,00	LONG ELAST TRIG (cm)	191,73
CANTO h (cm)=	60,00		
I (cm4)=	1.080.000,00		
A (cm2)=	3.600,00		

TERRENO	
Eo (Kp/cm2)=	1.000,00
Ks (Kp/cm3)=	16,67

DATOS CARGA REPARTIDA q (m<n)			
q (Kp/cm)=	30,00		
m (cm)=	0,00	n (cm)=	810,00
ξ m=	0	ξ n=	4,310030218

CONSTANTES BASICAS DEL PROBLEMA			
R=	3,08091E-09	a (cm-1)=	0,005321025
a0=	1,10957E-06	b (cm-1)=	0,005215720
b0 (cm-2)=	5,55060E-05	j=	0,980209655

CONSTANTES R , I			
R1 (cm-1)=	-0,005108332	I1 (cm-1)=	-0,005424204
R2 (Kp/cm)=	95844,89293	I2 (Kp/cm)=	-93.948,0894
R3 (Kp)=	360.000,000	I3 (Kp)=	-18.008.889,1366
		R0 (cm.Kp)=	18.012.487,00

CONSTANTES Bi DEL OPERADOR DE TRANSFERENCIA			
F=	-999,80025725	B8=	-5,32209E-03
B1=	-0,01999013	B9=	-1,99901E-02
B2=	-95,86404107	B10=	-5,55281E-08
B3=	93,96685859	B11=	2,83656E-10
B4=	5,42529E-06	B12=	3,01196E-10
B5=	5,10935E-06	B13=	93.966,8586
B6=	-5,55281E-08	B14=	-95.864,0411
B7=	-5,21676E-03	B15=	-18.016.085,58
		B16=	-0,019990128
		B17=	-0,005322088
		B18=	0,0052
		B19=	-18.016.085,58
		B20=	-1.726.749.793,63
		B21=	1.692.576.818,79
		B22=	-95,8640
		B23=	-93,9669



AP 3-3 CALCULO DE VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA CARGA CONTINUA GA ∞

CALCULO CONSTANTES DE INTEGRACION Q1 Y M1

OPERADOR DE TRANSFERENCIA EN $x=L$ G_{ij}					
x (cm)=	810				
ξL =	4,310030				
$j\xi L$ =	4,224733				
		c1	c2	c3	c4
G_{ij} =	f1	-18,101	4.791,344	0,000	0,000
	f2	-0,084	-16,786	0,000	0,000
	f3	-4.791.343,625	592.309.048,232	-18,101	0,084
	f4	-592.309.048,232	27.276.563.538,463	-4.791,344	-16,786

OPERADOR G^{*ij}					
L (cm)=	810,00	ξL =	4,310030218	$j\xi L$ =	4,22473323
m (cm)=	0,00	ξm =	0	$j\xi m$ =	0,00000000
n (cm)=	810,00	ξn =	4,310030218	$j\xi n$ =	4,22473323

$G^{*13}(\xi l, \xi n)$	-5,32102E-06	$G^{*13}(\xi l, \xi m)$	9,63141E-05	$G^{*13}(\xi, \xi)$	-5,321025E-06
$G^{*23}(\xi l, \xi n)$	0,00000E+00	$G^{*23}(\xi l, \xi m)$	4,4734E-07	$G^{*23}(\xi, \xi)$	0,000000E+00
$G^{*33}(\xi l, \xi n)$	0,00000E+00	$G^{*33}(\xi l, \xi m)$	25,494859	$G^{*33}(\xi, \xi)$	0,000000E+00
$G^{*43}(\xi l, \xi n)$	2,17423E-14	$G^{*43}(\xi l, \xi m)$	3.151,691230	$G^{*43}(\xi, \xi)$	2,174231E-14

OPERADOR $G^{*ij} = G_{ij}$	
G_{13} =	-0,000101635
G_{23} =	-4,4734E-07
G_{33} =	-25,4949
G_{43} =	-3.151,6912

CONSTANTES DE INTEGRACION

$Q1$ (Kp)=	-5.729,37
$M1$ (cmKp)=	544.358,63

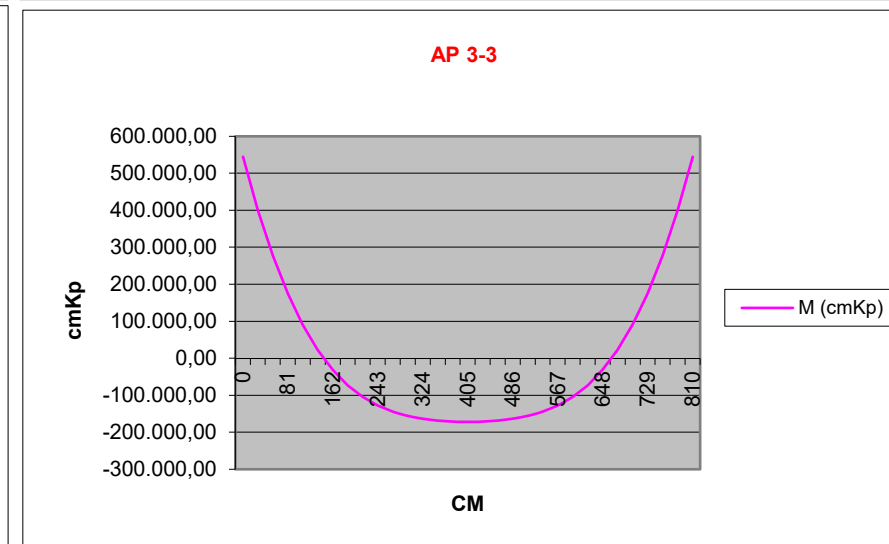
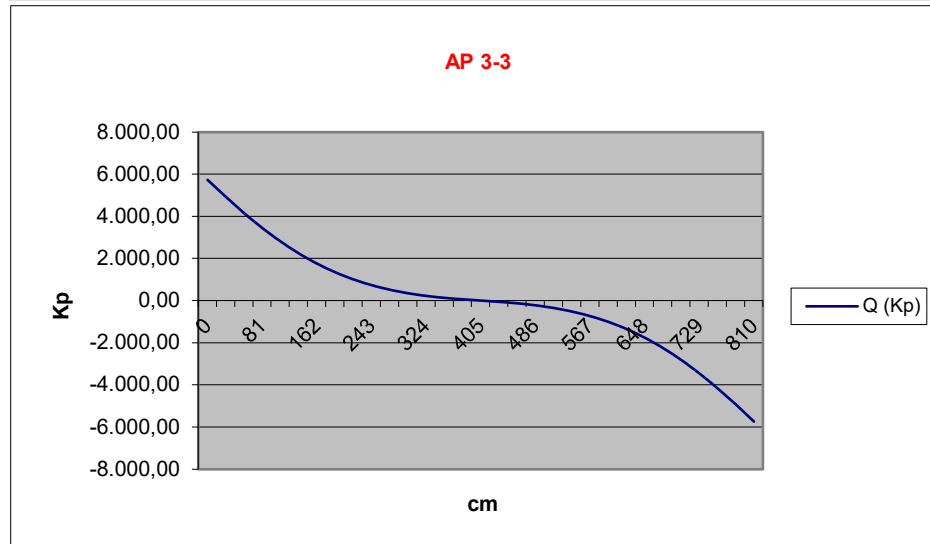
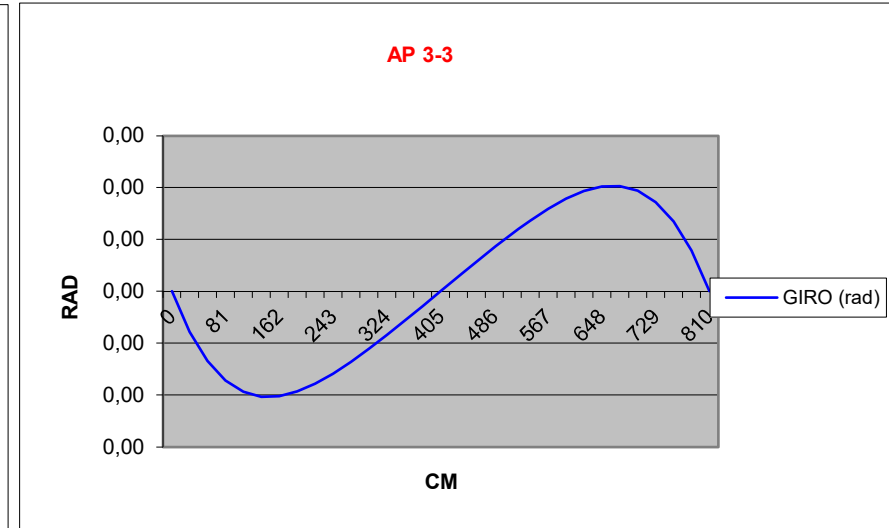
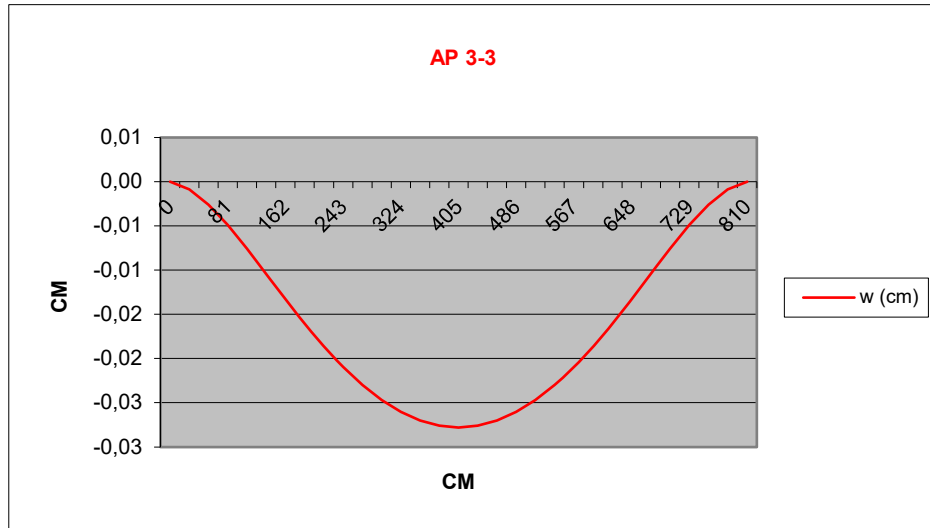


AP 3-3 CALCULO DE VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA CARGA CONTINUA GA∞

OBTENCIÓN VALORES DEL VECTOR ESTADO A LO LARGO DE LA VIGA

Nº PUNTOS=	30	Δx (cm)=	27
------------	----	------------------	----

N	x (cm)	ξ (adim)	$j\xi$ (adim)	$G^{13}(\xi,\xi_n)$	$G^{13}(\xi,\xi_m)$	$G^{23}(\xi,\xi_n)$	$G^{23}(\xi,\xi_m)$	$G^{33}(\xi,\xi_n)$	$G^{33}(\xi,\xi_m)$	$G^{43}(\xi,\xi_n)$	$G^{43}(\xi,\xi_m)$	w (cm)	Θ (rad)	Q (Kp)	M (cmKp)
0	0	0	0	9,6314E-05	-5,3210E-06	-4,4734E-07	0,0000E+00	-25,4949	0,0000	3,151,6912	0,0000	0,000000	0,00	5,729,37	-544,358,63
1	27	0,1437	0,1408	1,0366E-04	-5,3250E-06	-2,1271E-07	-5,3805E-11	-22,7814	-0,1437	2,499,5174	-1,9398	0,000875	-3,91656E-05	4,928,91	-400,525,39
2	54	0,2873	0,2816	1,0553E-04	-5,3324E-06	-2,9240E-08	-4,3053E-10	-19,9466	-0,2876	1,922,5769	-7,7617	0,002607	-6,72498E-05	4,164,31	-277,872,48
3	81	0,4310	0,4225	1,0325E-04	-5,3304E-06	1,0941E-07	-1,4534E-09	-17,1200	-0,4316	1,422,3177	-17,4704	0,004922	-8,59669E-05	3,454,91	-175,154,03
4	108	0,5747	0,5633	9,7918E-05	-5,2969E-06	2,0957E-07	-3,4460E-09	-14,3986	-0,5751	997,1414	-31,0630	0,007594	-9,69085E-05	2,813,30	-90,695,76
5	135	0,7183	0,7041	9,0493E-05	-5,2015E-06	2,7735E-07	-6,7305E-09	-11,8513	-0,7171	643,2204	-48,5134	0,010437	-0,000101515	2,246,52	-22,561,02
6	162	0,8620	0,8449	8,1757E-05	-5,0048E-06	3,1845E-07	-1,1625E-08	-9,5237	-0,8551	355,1895	-69,7496	0,013301	-0,000101059	1,757,08	31,313,45
7	189	1,0057	0,9858	7,2343E-05	-4,6588E-06	3,3811E-07	-1,8440E-08	-7,4425	-0,9860	126,7185	-94,6253	0,016071	-9,66409E-05	1,343,93	73,008,72
8	216	1,1493	1,1266	6,2752E-05	-4,1070E-06	3,4101E-07	-2,7468E-08	-5,6188	-1,1048	-49,0249	-122,8847	0,018655	-8,91896E-05	1,003,22	104,538,15
9	243	1,2930	1,2674	5,3364E-05	-3,2852E-06	3,3122E-07	-3,8976E-08	-4,0520	-1,2053	-179,0093	-154,1219	0,020988	-7,94717E-05	729,03	127,781,84
10	270	1,4367	1,4082	4,4458E-05	-2,1219E-06	3,1229E-07	-5,3186E-08	-2,7327	-1,2792	-270,0617	-187,7332	0,023020	-6,81047E-05	513,87	144,437,50
11	297	1,5803	1,5491	3,6224E-05	-5,3991E-07	2,8718E-07	-7,0264E-08	-1,6452	-1,3161	-328,6632	-222,8660	0,024718	-5,55736E-05	349,12	155,984,64
12	324	1,7240	1,6899	2,8782E-05	1,5421E-06	2,5832E-07	-9,0289E-08	-0,7695	-1,3038	-360,8093	-258,3620	0,026057	-4,22505E-05	225,40	163,659,26
13	351	1,8677	1,8307	2,2194E-05	4,2070E-06	2,2771E-07	-1,1323E-07	-0,0833	-1,2276	-371,9210	-292,6984	0,027022	-2,8415E-05	132,82	168,436,65
14	378	2,0113	1,9715	1,6475E-05	7,5359E-06	1,9687E-07	-1,3892E-07	0,4368	-1,0707	-366,8003	-323,9275	0,027605	-1,42772E-05	61,16	171,020,08
15	405	2,1550	2,1124	1,1604E-05	1,1604E-05	1,6699E-07	-1,6699E-07	0,8140	-0,8140	-349,6179	-349,6179	0,027800	7,58942E-19	0,00	171,833,95
16	432	2,2987	2,2532	7,5359E-06	1,6475E-05	1,3892E-07	-1,9687E-07	1,0707	-0,4368	-323,9275	-366,8003	0,027605	1,42772E-05	-61,16	171,020,08
17	459	2,4424	2,3940	4,2070E-06	2,2194E-05	1,1323E-07	-2,2771E-07	1,2276	0,0833	-292,6984	-371,9210	0,027022	2,8415E-05	-132,82	168,436,65
18	486	2,5860	2,5348	1,5421E-06	2,8782E-05	9,0289E-08	-2,5832E-07	1,3038	0,7695	-258,3620	-360,8093	0,026057	4,22505E-05	-225,40	163,659,26
19	513	2,7297	2,6757	-5,3991E-07	3,6224E-05	7,0264E-08	-2,8718E-07	1,3161	1,6452	-222,8660	-328,6632	0,024718	5,55736E-05	-349,12	155,984,64
20	540	2,8734	2,8165	-2,1219E-06	4,4458E-05	5,3186E-08	-3,1229E-07	1,2792	2,7327	-187,7332	-270,0617	0,023020	6,81047E-05	-513,87	144,437,50
21	567	3,0170	2,9573	-3,2852E-06	5,3364E-05	3,8976E-08	-3,3122E-07	1,2053	4,0520	-154,1219	-179,0093	0,020988	7,94717E-05	-729,03	127,781,84
22	594	3,1607	3,0981	-4,1070E-06	6,2752E-05	2,7468E-08	-3,4101E-07	1,1048	5,6188	-122,8847	-49,0249	0,018655	8,91896E-05	-1,003,22	104,538,15
23	621	3,3044	3,2390	-4,6588E-06	7,2343E-05	1,8440E-08	-3,3811E-07	0,9860	7,4425	-94,6253	126,7185	0,016071	9,66409E-05	-1,343,93	73,008,72
24	648	3,4480	3,3798	-5,0048E-06	8,1757E-05	1,1625E-08	-3,1845E-07	0,8551	9,5237	-69,7496	355,1895	0,013301	0,000101059	-1,757,08	31,313,45
25	675	3,5917	3,5206	-5,2015E-06	9,0493E-05	6,7305E-09	-2,7735E-07	0,7171	11,8513	-48,5134	643,2204	0,010437	0,000101515	-2,246,52	-22,561,02
26	702	3,7354	3,6614	-5,2969E-06	9,7918E-05	3,4460E-09	-2,0957E-07	0,5751	14,3986	-31,0630	997,1414	0,007594	9,69085E-05	-2,813,30	-90,695,76
27	729	3,8790	3,8023	-5,3304E-06	1,0325E-04	1,4534E-09	-1,0941E-07	0,4316	17,1200	-17,4704	1,422,3177	0,004922	8,59669E-05	-3,454,91	-175,154,03
28	756	4,0227	3,9431	-5,3324E-06	1,0553E-04	4,3053E-10	-2,9240E-08	0,2876	19,9466	-7,7617	1,922,5769	0,002607	6,72498E-05	-4,164,31	-277,872,48
29	783	4,1664	4,0839	-5,3250E-06	1,0366E-04	5,3805E-11	-2,1271E-07	0,1437	22,7814	-1,9398	2,499,5174	0,000875	3,91656E-05	-4,928,91	-400,525,39
30	810	4,3100	4,2247	-5,3210E-06	9,6314E-05	2,5152E-23	4,4734E-07	0,0000	25,4949	0,0000	3,151,6912	0,000000	-3,03577E-18	-5,729,37	-544,358,63





ANEJO 3

APLICACIÓN Nº4:

VIGA ELASTICA CONSIDERANDO DEFORMACIÓN POR CORTANTE BIEMPOTRADA

CARGA REPARTIDA 30 KN/m

LONGITUD VIGA: 5,10 M

SECCIÓN VIGA: 0,6 x 0,6 m

TERRENO:

E (Kp/cm ²)	K (Kp/cm ³)	AP
100	1,67	4-1
500	8,33	4-2
1000	16,67	4-3



AP 4-1 CALCULO DE VIGA BIEMPOTRADA ELASTICA CARGA CONTINUA GA ∞

MATERIAL VIGA	
HORMIGON	
fck (Kp/cm2)=	250,00
E (Kp/cm2)=	300.416,38
v=	0,2000000
G (Kp/cm2)=	125.173,49

GEOMETRIA VIGA			
LONGITUD (cm)=	510	LONG ELAST HIP(cm)	336,46
ANCHO b (cm)=	60,00	LONG ELAST TRIG (cm)	338,59
CANTO h (cm)=	60,00		
I (cm4)=	1.080.000,00		
A (cm2)=	3.600,00		

TERRENO	
Eo (Kp/cm2)=	100,00
Ks (Kp/cm3)=	1,67

DATOS CARGA REPARTIDA q (m<n)			
q (Kp/cm)=	30,00	n (cm)=	510,00
m (cm)=	0,00	ξ n=	1,515780888
ξ m=	0		

CONSTANTES BASICAS DEL PROBLEMA			
R=	3,08202E-10	a (cm-1)=	0,002972119
a0=	1,10957E-07	b (cm-1)=	0,002953394
b0 (cm-2)=	1,75557E-05	j=	0,993699676

CONSTANTES R , I					
R1 (cm-1)=	-0,002934551	I1 (cm-1)=	-0,002990726	R0 (cm.Kp)=	5.696.048,52
R2 (Kp/cm)=	16929,33626	I2 (Kp/cm)=	-16.822,6760		
R3 (Kp)=	36.000,000	I3 (Kp)=	-5.695.934,7603		

CONSTANTES Bi DEL OPERADOR DE TRANSFERENCIA					
F=	-99,99800275	B8=	-2,97218E-03	B16=	-0,006320297
B1=	-0,00632030	B9=	-6,32030E-03	B17=	-0,002972179
B2=	-169,29674388	B10=	-1,75564E-07	B18=	0,0030
B3=	168,23011950	B11=	5,15201E-10	B19=	-5.696.162,29
B4=	2,99079E-05	B12=	5,25063E-10	B20=	-964.322.468,19
B5=	2,93461E-05	B13=	16.823,0120	B21=	958.246.923,98
B6=	-1,75564E-07	B14=	-16.929,6744	B22=	-169,2967
B7=	-2,95345E-03	B15=	-5.696.162,29	B23=	-168,2301



AP 4-1 CALCULO DE VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA CARGA CONTINUA GA ∞

CALCULO CONSTANTES DE INTEGRACION Q1 Y M1

OPERADOR DE TRANSFERENCIA EN $x=L$ G_{ij}					
x (cm)=	510				
ξL =	1,515781				
$j\xi L$ =	1,506231				
		c1	c2	c3	c4
G_{ij} =	f1	0,168	-426,670	0,000	0,000
	f2	0,007	0,140	0,000	0,000
	f3	42.666,970	-12.315.984,284	0,168	-0,007
	f4	12.315.984,284	-2.162.415.866,564	426,670	0,140

OPERADOR G^{*ij}					
L (cm)=	510,00	ξL =	1,515780888	$j\xi L$ =	1,50623098
m (cm)=	0,00	ξm =	0	$j\xi m$ =	0,00000000
n (cm)=	510,00	ξn =	1,515780888	$j\xi n$ =	1,50623098

$G^{*13}(\xi, \xi n)$	-2,97212E-05	$G^{*13}(\xi, \xi m)$	-4,9822E-06	$G^{*13}(\xi, \xi)$	-2,972119E-05
$G^{*23}(\xi, \xi n)$	0,00000E+00	$G^{*23}(\xi, \xi m)$	-1,98088E-07	$G^{*23}(\xi, \xi)$	0,000000E+00
$G^{*33}(\xi, \xi n)$	0,00000E+00	$G^{*33}(\xi, \xi m)$	-1,268113	$G^{*33}(\xi, \xi)$	0,000000E+00
$G^{*43}(\xi, \xi n)$	-4,29020E-14	$G^{*43}(\xi, \xi m)$	-366,045757	$G^{*43}(\xi, \xi)$	-4,290201E-14

OPERADOR $G^{*ij} = G_{ij}$	
G_{13} =	-2,4739E-05
G_{23} =	1,98088E-07
G_{33} =	1,2681
G_{43} =	366,0458

CONSTANTES DE INTEGRACION

$Q1$ (Kp)=	-7.403,23
$M1$ (cmKp)=	623.545,43

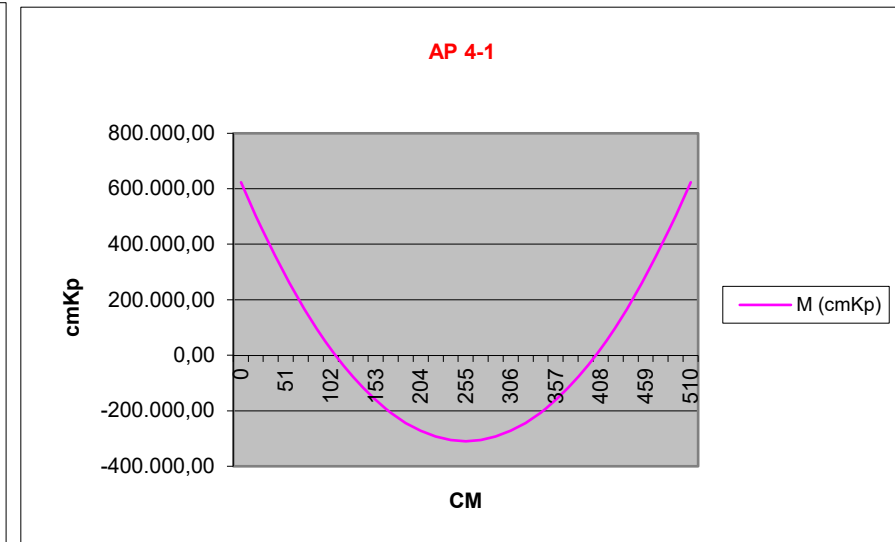
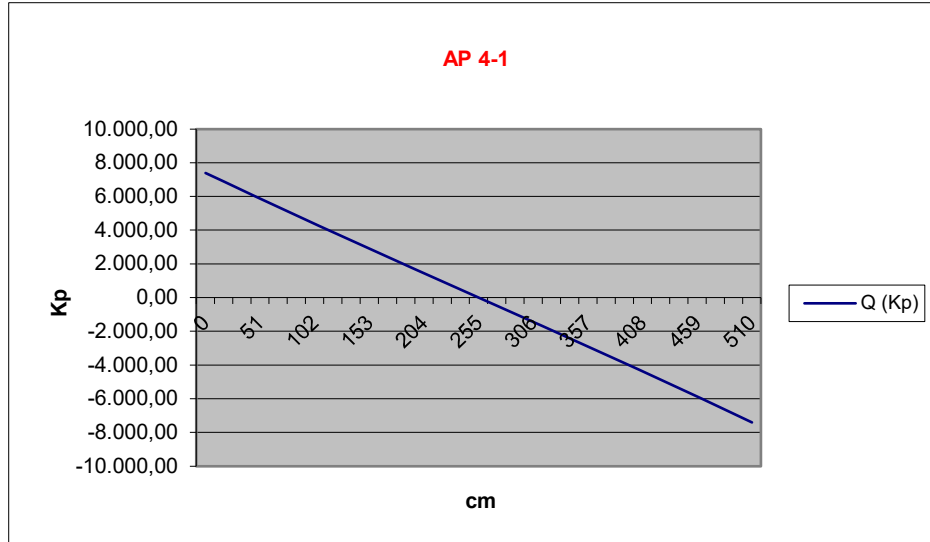
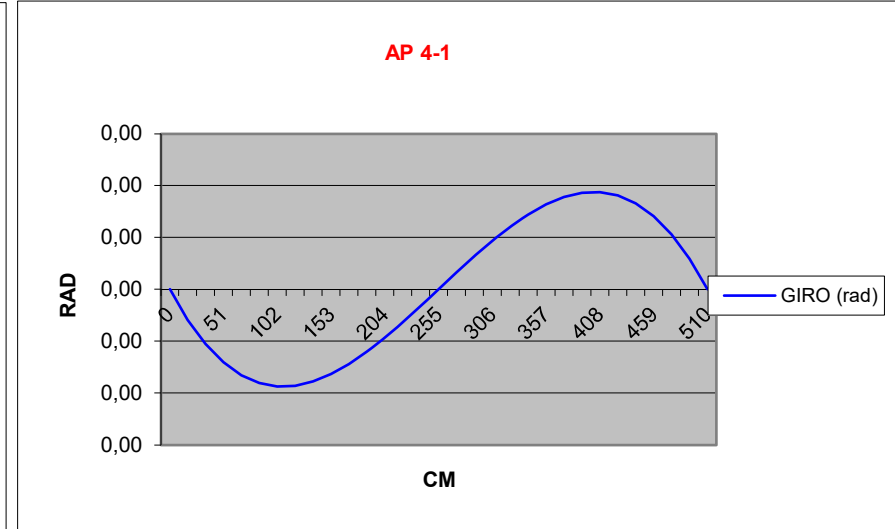
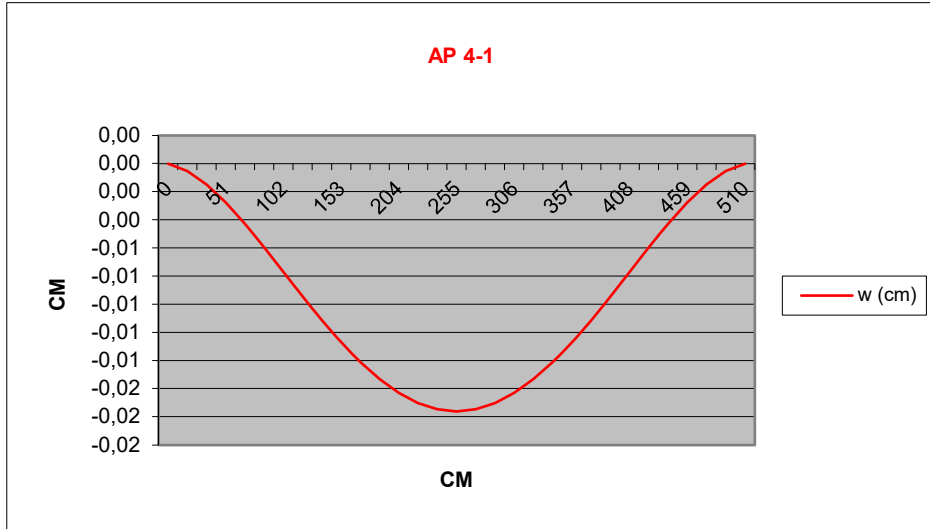


AP 4-1 CALCULO DE VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA CARGA CONTINUA GA∞

OBTENCIÓN VALORES DEL VECTOR ESTADO A LO LARGO DE LA VIGA

Nº PUNTOS=	30	Δx (cm)=	17
------------	----	------------------	----

N	x (cm)	ξ (adim)	$j\xi$ (adim)	$G^{13}(\xi, \xi_n)$	$G^{13}(\xi, \xi_m)$	$G^{23}(\xi, \xi_n)$	$G^{23}(\xi, \xi_m)$	$G^{33}(\xi, \xi_n)$	$G^{33}(\xi, \xi_m)$	$G^{43}(\xi, \xi_n)$	$G^{43}(\xi, \xi_m)$	w (cm)	Θ (rad)	Q (Kp)	M (cmKp)
0	0	0	0	-4,9822E-06	-2,9721E-05	1,9809E-07	0,0000E+00	1,2681	0,0000	-366,0458	0,0000	0,000000	0,00	7.403,23	-623.545,43
1	17	0,0505	0,0502	-8,1422E-06	-2,9722E-05	1,7947E-07	-7,5009E-12	1,2569	-0,0505	-344,5754	-0,4295	0,000529	-2,94501E-05	6.893,61	-502.023,57
2	34	0,1011	0,1004	-1,0996E-05	-2,9724E-05	1,6197E-07	-6,0008E-11	1,2406	-0,1011	-323,3397	-1,7179	0,001487	-5,27596E-05	6.385,27	-389.155,40
3	51	0,1516	0,1506	-1,3562E-05	-2,9727E-05	1,4558E-07	-2,0253E-10	1,2197	-0,1516	-302,4210	-3,8654	0,002772	-7,03814E-05	5.878,85	-284.913,47
4	68	0,2021	0,2008	-1,5860E-05	-2,9728E-05	1,3028E-07	-4,8008E-10	1,1946	-0,2021	-281,8936	-6,8720	0,004294	-8,27665E-05	5.374,83	-189.260,86
5	85	0,2526	0,2510	-1,7907E-05	-2,9725E-05	1,1603E-07	-9,3767E-10	1,1659	-0,2527	-261,8240	-10,7377	0,005965	-9,03639E-05	4.873,53	-102.153,80
6	102	0,3032	0,3012	-1,9723E-05	-2,9714E-05	1,0283E-07	-1,6203E-09	1,1339	-0,3032	-242,2713	-15,4625	0,007709	-9,36199E-05	4.375,15	-23.544,18
7	119	0,3537	0,3515	-2,1324E-05	-2,9691E-05	9,0636E-08	-2,5730E-09	1,0990	-0,3537	-223,2881	-21,0460	0,009456	-9,29787E-05	3.879,75	46.618,24
8	136	0,4042	0,4017	-2,2727E-05	-2,9652E-05	7,9420E-08	-3,8408E-09	1,0615	-0,4041	-204,9207	-27,4875	0,011144	-8,88813E-05	3.387,27	108.383,79
9	153	0,4547	0,4519	-2,3949E-05	-2,9589E-05	6,9150E-08	-5,4685E-09	1,0218	-0,4545	-187,2097	-34,7859	0,012717	-8,17666E-05	2.897,57	161.801,12
10	170	0,5053	0,5021	-2,5006E-05	-2,9498E-05	5,9790E-08	-7,5010E-09	0,9802	-0,5047	-170,1904	-42,9394	0,014128	-7,20707E-05	2.410,41	206.915,56
11	187	0,5558	0,5523	-2,5913E-05	-2,9370E-05	5,1303E-08	-9,9831E-09	0,9369	-0,5548	-153,8935	-51,9452	0,015337	-6,02276E-05	1.925,49	243.767,80
12	204	0,6063	0,6025	-2,6685E-05	-2,9197E-05	4,3650E-08	-1,2959E-08	0,8921	-0,6045	-138,3451	-61,7997	0,016311	-4,66693E-05	1.442,42	272.392,70
13	221	0,6568	0,6527	-2,7335E-05	-2,8972E-05	3,6792E-08	-1,6474E-08	0,8462	-0,6540	-123,5676	-72,4980	0,017025	-3,1826E-05	960,80	292.818,37
14	238	0,7074	0,7029	-2,7876E-05	-2,8683E-05	3,0687E-08	-2,0571E-08	0,7993	-0,7030	-109,5798	-84,0333	0,017461	-1,61269E-05	480,15	305.065,38
15	255	0,7579	0,7531	-2,8322E-05	-2,8322E-05	2,5295E-08	-2,5295E-08	0,7515	-0,7515	-96,3974	-96,3974	0,017607	2,1684E-19	0,00	309.146,31
16	272	0,8084	0,8033	-2,8683E-05	-2,7876E-05	2,0571E-08	-3,0687E-08	0,7030	-0,7993	-84,0333	-109,5798	0,017461	1,61269E-05	-480,15	305.065,38
17	289	0,8589	0,8535	-2,8972E-05	-2,7335E-05	1,6474E-08	-3,6792E-08	0,6540	-0,8462	-72,4980	-123,5676	0,017025	3,1826E-05	-960,80	292.818,37
18	306	0,9095	0,9037	-2,9197E-05	-2,6685E-05	1,2959E-08	-4,3650E-08	0,6045	-0,8921	-61,7997	-138,3451	0,016311	4,66693E-05	-1.442,42	272.392,70
19	323	0,9600	0,9539	-2,9370E-05	-2,5913E-05	9,9831E-09	-5,1303E-08	0,5548	-0,9369	-51,9452	-153,8935	0,015337	6,02276E-05	-1.925,49	243.767,80
20	340	1,0105	1,0042	-2,9498E-05	-2,5006E-05	7,5010E-09	-5,9790E-08	0,5047	-0,9802	-42,9394	-170,1904	0,014128	7,20707E-05	-2.410,41	206.915,56
21	357	1,0610	1,0544	-2,9589E-05	-2,3949E-05	5,4685E-09	-6,9150E-08	0,4545	-1,0218	-34,7859	-187,2097	0,012717	8,17666E-05	-2.897,57	161.801,12
22	374	1,1116	1,1046	-2,9652E-05	-2,2727E-05	3,8408E-09	-7,9420E-08	0,4041	-1,0615	-27,4875	-204,9207	0,011144	8,88813E-05	-3.387,27	108.383,79
23	391	1,1621	1,1548	-2,9691E-05	-2,1324E-05	2,5730E-09	-9,0636E-08	0,3537	-1,0990	-21,0460	-223,2881	0,009456	9,29787E-05	-3.879,75	46.618,24
24	408	1,2126	1,2050	-2,9714E-05	-1,9723E-05	1,6203E-09	-1,0283E-07	0,3032	-1,1339	-15,4625	-242,2713	0,007709	9,36199E-05	-4.375,15	-23.544,18
25	425	1,2632	1,2552	-2,9725E-05	-1,7907E-05	9,3767E-10	-1,1603E-07	0,2527	-1,1659	-10,7377	-261,8240	0,005965	9,03639E-05	-4.873,53	-102.153,80
26	442	1,3137	1,3054	-2,9728E-05	-1,5860E-05	4,8008E-10	-1,3028E-07	0,2021	-1,1946	-6,8720	-281,8936	0,004294	8,27665E-05	-5.374,83	-189.260,86
27	459	1,3642	1,3556	-2,9727E-05	-1,3562E-05	2,0253E-10	-1,4558E-07	0,1516	-1,2197	-3,8654	-302,4210	0,002772	7,03814E-05	-5.878,85	-284.913,47
28	476	1,4147	1,4058	-2,9724E-05	-1,0996E-05	6,0008E-11	-1,6197E-07	0,1011	-1,2406	-1,7179	-323,3397	0,001487	5,27596E-05	-6.385,27	-389.155,40
29	493	1,4653	1,4560	-2,9722E-05	-8,1422E-06	7,5009E-12	-1,7947E-07	0,0505	-1,2569	-0,4295	-344,5754	0,000529	2,94501E-05	-6.893,61	-502.023,57
30	510	1,5158	1,5062	-2,9721E-05	-4,9822E-06	0,0000E+00	-1,9809E-07	0,0000	-1,2681	0,0000	-366,0458	0,000000	0	-7.403,23	-623.545,43





AP 4-2 CALCULO DE VIGA BIEMPOTRADA ELASTICA CARGA CONTINUA GA ∞

MATERIAL VIGA	
HORMIGON	
fck (Kp/cm2)=	250,00
E (Kp/cm2)=	300.416,38
v=	0,2000000
G (Kp/cm2)=	125.173,49

GEOMETRIA VIGA			
LONGITUD (cm)=	510	LONG ELAST HIP(cm)	224,14
ANCHO b (cm)=	60,00	LONG ELAST TRIG (cm)	227,33
CANTO h (cm)=	60,00		
I (cm4)=	1.080.000,00		
A (cm2)=	3.600,00		

TERRENO	
Eo (Kp/cm2)=	500,00
Ks (Kp/cm3)=	8,33

DATOS CARGA REPARTIDA q (m<n)			
q (Kp/cm)=	30,00	n (cm)=	510,00
m (cm)=	0,00	ξ n=	2,275402095
ξ m=	0		

CONSTANTES BASICAS DEL PROBLEMA			
R=	1,54076E-09	a (cm-1)=	0,004461573
a0=	5,54786E-07	b (cm-1)=	0,004398960
b0 (cm-2)=	3,92526E-05	j=	0,985966133

CONSTANTES R , I			
R1 (cm-1)=	-0,004335468	I1 (cm-1)=	-0,004523295
R2 (Kp/cm)=	56825,94413	I2 (Kp/cm)=	-56.028,4564
R3 (Kp)=	180.000,000	I3 (Kp)=	-12.735.479,7305
		R0 (cm.Kp)=	12.736.751,70

CONSTANTES Bi DEL OPERADOR DE TRANSFERENCIA			
F=	-499,95006681	B8=	-4,46202E-03
B1=	-0,01413374	B9=	-1,41337E-02
B2=	-113,66323939	B10=	-7,85208E-08
B3=	112,06810463	B11=	3,40424E-10
B4=	9,04749E-06	B12=	3,55173E-10
B5=	8,67180E-06	B13=	56.034,0523
B6=	-7,85208E-08	B14=	-56.831,6197
B7=	-4,39940E-03	B15=	-12.738.023,80
		B16=	-0,014133743
		B17=	-0,004462018
		B18=	0,0044
		B19=	-12.738.023,80
		B20=	-1.447.700.457,99
		B21=	1.427.383.622,55
		B22=	-113,6632
		B23=	-112,0681



AP 4-2 CALCULO DE VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA CARGA CONTINUA GA ∞

CALCULO CONSTANTES DE INTEGRACION Q1 Y M1

OPERADOR DE TRANSFERENCIA EN $x=L$ G_{ij}					
x (cm)=	510				
ξL =	2,275402				
$j\xi L$ =	2,243469				
		c1	c2	c3	c4
G_{ij} =	f1	-3,011	-100,975	0,000	0,000
	f2	0,030	-3,117	0,000	0,000
	f3	50.487,331	-47.968.006,354	-3,011	-0,030
	f4	47.968.006,354	-9.849.926.636,140	100,975	-3,117

OPERADOR G^{*ij}					
L (cm)=	510,00	ξL =	2,275402095	$j\xi L$ =	2,24346940
m (cm)=	0,00	ξm =	0	$j\xi m$ =	0,00000000
n (cm)=	510,00	ξn =	2,275402095	$j\xi n$ =	2,24346940

$G^{*13}(\xi l, \xi n)$	-8,92315E-06	$G^{*13}(\xi l, \xi m)$	2,68644E-05	$G^{*13}(\xi, \xi)$	-8,923145E-06
$G^{*23}(\xi l, \xi n)$	0,00000E+00	$G^{*23}(\xi l, \xi m)$	-2,70897E-07	$G^{*23}(\xi, \xi)$	0,000000E+00
$G^{*33}(\xi l, \xi n)$	0,00000E+00	$G^{*33}(\xi l, \xi m)$	-0,450506	$G^{*33}(\xi, \xi)$	0,000000E+00
$G^{*43}(\xi l, \xi n)$	-2,88234E-14	$G^{*43}(\xi l, \xi m)$	-428,025499	$G^{*43}(\xi, \xi)$	-2,882337E-14

OPERADOR $G^{*ij} = G_{ij}$	
G_{13} =	-3,57875E-05
G_{23} =	2,70897E-07
G_{33} =	0,4505
G_{43} =	428,0255

CONSTANTES DE INTEGRACION

$Q1$ (Kp)=	-6.603,25
$M1$ (cmKp)=	537.107,87

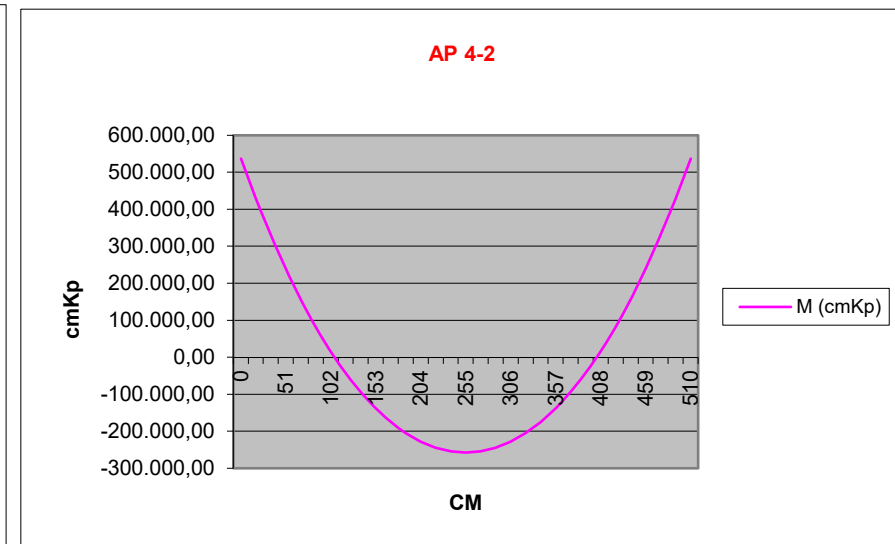
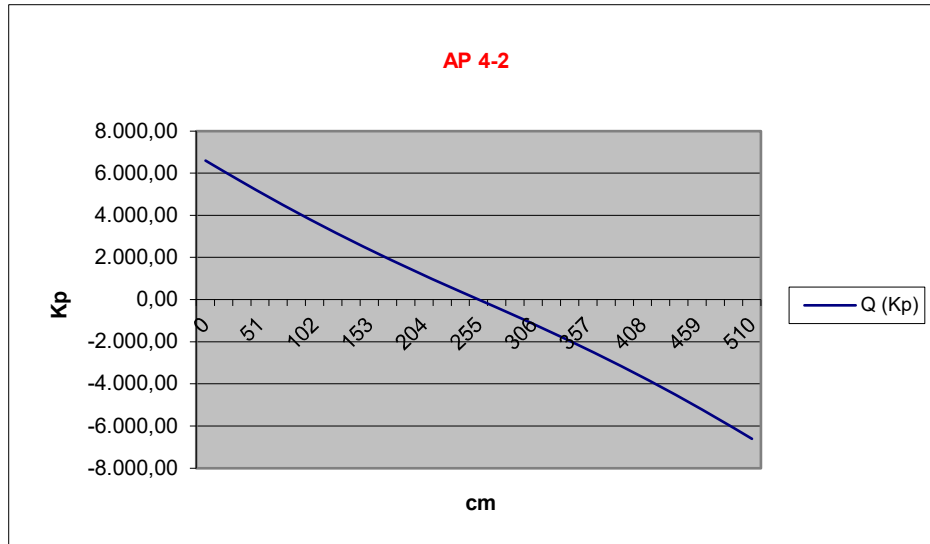
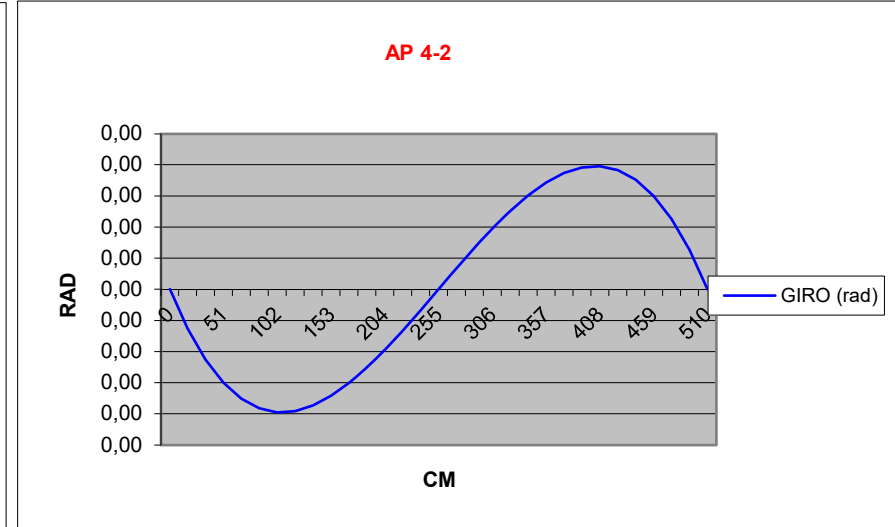
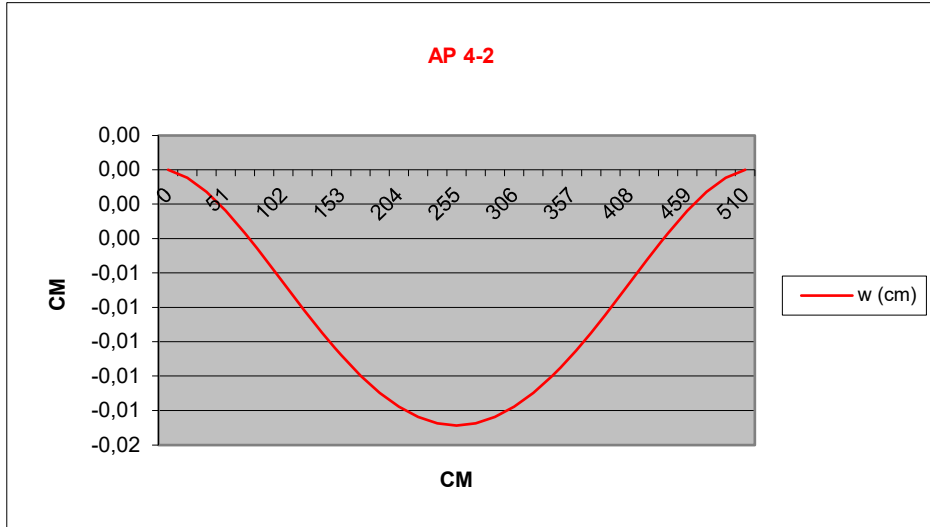


AP 4-2 CALCULO DE VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA CARGA CONTINUA GA∞

OBTENCIÓN VALORES DEL VECTOR ESTADO A LO LARGO DE LA VIGA

Nº PUNTOS=	30	Δx (cm)=	17
------------	----	------------------	----

N	x (cm)	ξ (adim)	$j\xi$ (adim)	$G^{13}(\xi,\xi_n)$	$G^{13}(\xi,\xi_m)$	$G^{23}(\xi,\xi_n)$	$G^{23}(\xi,\xi_m)$	$G^{33}(\xi,\xi_n)$	$G^{33}(\xi,\xi_m)$	$G^{43}(\xi,\xi_n)$	$G^{43}(\xi,\xi_m)$	w (cm)	Θ (rad)	Q (Kp)	M (cmKp)
0	0	0	0	2,6864E-05	-8,9231E-06	2,7090E-07	0,0000E+00	0,4505	0,0000	-428,0255	0,0000	0,000000	0,00	6.603,25	-537.107,87
1	17	0,0758	0,0748	2,2470E-05	-8,9245E-06	2,4870E-07	-1,1260E-11	0,6599	-0,0759	-418,5341	-0,6447	0,000462	-2,52772E-05	6.094,93	-429.178,96
2	34	0,1517	0,1496	1,8454E-05	-8,9281E-06	2,2709E-07	-9,0085E-11	0,8336	-0,1517	-405,7913	-2,5790	0,001289	-4,51251E-05	5.592,14	-329.848,85
3	51	0,2275	0,2243	1,4807E-05	-8,9321E-06	2,0623E-07	-3,0406E-10	0,9747	-0,2276	-390,3774	-5,8035	0,002390	-5,99912E-05	5.097,61	-238.999,23
4	68	0,3034	0,2991	1,1511E-05	-8,9338E-06	1,8622E-07	-7,2079E-10	1,0863	-0,3036	-372,8197	-10,3186	0,003687	-7,03159E-05	4.613,33	-156.471,85
5	85	0,3792	0,3739	8,5512E-06	-8,9290E-06	1,6719E-07	-1,4079E-09	1,1713	-0,3795	-353,5946	-16,1246	0,005106	-7,65304E-05	4.140,64	-82.080,19
6	102	0,4551	0,4487	5,9089E-06	-8,9126E-06	1,4919E-07	-2,4331E-09	1,2325	-0,4553	-333,1300	-23,2207	0,006581	-7,90558E-05	3.680,29	-15.620,02
7	119	0,5309	0,5235	3,5653E-06	-8,8783E-06	1,3229E-07	-3,8638E-09	1,2726	-0,5310	-311,8080	-31,6044	0,008053	-7,83021E-05	3.232,51	43.121,06
8	136	0,6068	0,5983	1,5004E-06	-8,8186E-06	1,1652E-07	-5,7674E-09	1,2939	-0,6062	-289,9675	-41,2708	0,009471	-7,46681E-05	2.797,04	94.355,19
9	153	0,6826	0,6730	-3,0566E-07	-8,7249E-06	1,0191E-07	-8,2109E-09	1,2988	-0,6808	-267,9070	-52,2110	0,010789	-6,85419E-05	2.373,23	138.286,67
10	170	0,7585	0,7478	-1,8732E-06	-8,5874E-06	8,8448E-08	-1,1261E-08	1,2894	-0,7544	-245,8878	-64,4115	0,011969	-6,03009E-05	1.960,06	175.105,50
11	187	0,8343	0,8226	-3,2223E-06	-8,3951E-06	7,6136E-08	-1,4982E-08	1,2676	-0,8266	-224,1367	-77,8522	0,012977	-5,03133E-05	1.556,22	204.981,74
12	204	0,9102	0,8974	-4,3727E-06	-8,1362E-06	6,4952E-08	-1,9440E-08	1,2352	-0,8969	-202,8488	-92,5051	0,013789	-3,8939E-05	1.160,12	228.060,83
13	221	0,9860	0,9722	-5,3438E-06	-7,7973E-06	5,4868E-08	-2,4697E-08	1,1938	-0,9647	-182,1906	-108,3328	0,014383	-2,65308E-05	770,01	244.459,81
14	238	1,0619	1,0470	-6,1543E-06	-7,3643E-06	4,5847E-08	-3,0812E-08	1,1448	-1,0292	-162,3026	-125,2861	0,014745	-1,34365E-05	383,98	254.264,35
15	255	1,1377	1,1217	-6,8221E-06	-6,8221E-06	3,7844E-08	-3,7844E-08	1,0896	-1,0896	-143,3022	-143,3022	0,014867	0	0,00	257.526,68
16	272	1,2135	1,1965	-7,3643E-06	-6,1543E-06	3,0812E-08	-4,5847E-08	1,0292	-1,1448	-125,2861	-162,3026	0,014745	1,34365E-05	-383,98	254.264,35
17	289	1,2894	1,2713	-7,7973E-06	-5,3438E-06	2,4697E-08	-5,4868E-08	0,9647	-1,1938	-108,3328	-182,1906	0,014383	2,65308E-05	-770,01	244.459,81
18	306	1,3652	1,3461	-8,1362E-06	-4,3727E-06	1,9440E-08	-6,4952E-08	0,8969	-1,2352	-92,5051	-202,8488	0,013789	3,8939E-05	-1.160,12	228.060,83
19	323	1,4411	1,4209	-8,3951E-06	-3,2223E-06	1,4982E-08	-7,6136E-08	0,8266	-1,2676	-77,8522	-224,1367	0,012977	5,03133E-05	-1.556,22	204.981,74
20	340	1,5169	1,4956	-8,5874E-06	-1,8732E-06	1,1261E-08	-8,8448E-08	0,7544	-1,2894	-64,4115	-245,8878	0,011969	6,03009E-05	-1.960,06	175.105,50
21	357	1,5928	1,5704	-8,7249E-06	-3,0566E-07	8,2109E-09	-1,0191E-07	0,6808	-1,2988	-52,2110	-267,9070	0,010789	6,85419E-05	-2.373,23	138.286,67
22	374	1,6686	1,6452	-8,8186E-06	1,5004E-06	5,7674E-09	-1,1652E-07	0,6062	-1,2939	-41,2708	-289,9675	0,009471	7,46681E-05	-2.797,04	94.355,19
23	391	1,7445	1,7200	-8,8783E-06	3,5653E-06	3,8638E-09	-1,3229E-07	0,5310	-1,2726	-31,6044	-311,8080	0,008053	7,83021E-05	-3.232,51	43.121,06
24	408	1,8203	1,7948	-8,9126E-06	5,9089E-06	2,4331E-09	-1,4919E-07	0,4553	-1,2325	-23,2207	-333,1300	0,006581	7,90558E-05	-3.680,29	-15.620,02
25	425	1,8962	1,8696	-8,9290E-06	8,5512E-06	1,4079E-09	-1,6719E-07	0,3795	-1,1713	-16,1246	-353,5946	0,005106	7,65304E-05	-4.140,64	-82.080,19
26	442	1,9720	1,9443	-8,9338E-06	1,1511E-05	7,2079E-10	-1,8622E-07	0,3036	-1,0863	-10,3186	-372,8197	0,003687	7,03159E-05	-4.613,33	-156.471,85
27	459	2,0479	2,0191	-8,9321E-06	1,4807E-05	3,0406E-10	-2,0623E-07	0,2276	-0,9747	-5,8035	-390,3774	0,002390	5,99912E-05	-5.097,61	-238.999,23
28	476	2,1237	2,0939	-8,9281E-06	1,8454E-05	9,0085E-11	-2,2709E-07	0,1517	-0,8336	-2,5790	-405,7913	0,001289	4,51251E-05	-5.592,14	-329.848,85
29	493	2,1996	2,1687	-8,9245E-06	2,2470E-05	1,1260E-11	-2,4870E-07	0,0759	-0,6599	-0,6447	-418,5341	0,000462	2,52772E-05	-6.094,93	-429.178,96
30	510	2,2754	2,2435	-8,9231E-06	2,6864E-05	1,7682E-23	-2,7090E-07	0,0000	-0,4505	0,0000	-428,0255	0,000000	2,1684E-19	-6.603,25	-537.107,87





AP 4-3 CALCULO DE VIGA BIEMPOTRADA ELASTICA CARGA CONTINUA GA ∞

MATERIAL VIGA	
HORMIGON	
fck (Kp/cm2)=	250,00
E (Kp/cm2)=	300.416,38
v=	0,2000000
G (Kp/cm2)=	125.173,49

GEOMETRIA VIGA			
LONGITUD (cm)=	510	LONG ELAST HIP(cm)	187,93
ANCHO b (cm)=	60,00	LONG ELAST TRIG (cm)	191,73
CANTO h (cm)=	60,00		
I (cm4)=	1.080.000,00		
A (cm2)=	3.600,00		

TERRENO	
Eo (Kp/cm2)=	1.000,00
Ks (Kp/cm3)=	16,67

DATOS CARGA REPARTIDA q (m<n)			
q (Kp/cm)=	30,00	n (cm)=	510,00
m (cm)=	0,00	ξ n=	2,71372273
ξ m=	0		

CONSTANTES BASICAS DEL PROBLEMA			
R=	3,08091E-09	a (cm-1)=	0,005321025
a0=	1,10957E-06	b (cm-1)=	0,005215720
b0 (cm-2)=	5,55060E-05	j=	0,980209655

CONSTANTES R , I			
R1 (cm-1)=	-0,005108332	I1 (cm-1)=	-0,005424204
R2 (Kp/cm)=	95844,89293	I2 (Kp/cm)=	-93.948,0894
R3 (Kp)=	360.000,000	I3 (Kp)=	-18.008.889,1366
		R0 (cm.Kp)=	18.012.487,00

CONSTANTES Bi DEL OPERADOR DE TRANSFERENCIA			
F=	-999,80025725	B8=	-5,32209E-03
B1=	-0,01999013	B9=	-1,99901E-02
B2=	-95,86404107	B10=	-5,55281E-08
B3=	93,96685859	B11=	2,83656E-10
B4=	5,42529E-06	B12=	3,01196E-10
B5=	5,10935E-06	B13=	93.966,8586
B6=	-5,55281E-08	B14=	-95.864,0411
B7=	-5,21676E-03	B15=	-18.016.085,58
		B16=	-0,019990128
		B17=	-0,005322088
		B18=	0,0052
		B19=	-18.016.085,58
		B20=	-1.726.749.793,63
		B21=	1.692.576.818,79
		B22=	-95,8640
		B23=	-93,9669



AP 4-3 CALCULO DE VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA CARGA CONTINUA GA ∞

CALCULO CONSTANTES DE INTEGRACION Q1 Y M1

OPERADOR DE TRANSFERENCIA EN $x=L$ G_{ij}					
x (cm)=	510				
ξL =	2,713723				
$j\xi L$ =	2,660017				
		c1	c2	c3	c4
G_{ij} =	f1	-6,645	289,010	0,000	0,000
	f2	0,053	-6,784	0,000	0,000
	f3	-289.009,773	-62.664.080,330	-6,645	-0,053
	f4	62.664.080,330	-17.323.884.268,105	-289,010	-6,784

OPERADOR G^{*ij}					
L (cm)=	510,00	ξL =	2,71372273	$j\xi L$ =	2,66001722
m (cm)=	0,00	ξm =	0	$j\xi m$ =	0,00000000
n (cm)=	510,00	ξn =	2,71372273	$j\xi n$ =	2,66001722

$G^{*13}(\xi l, \xi n)$	-5,32102E-06	$G^{*13}(\xi l, \xi m)$	3,53564E-05	$G^{*13}(\xi, \xi)$	-5,321025E-06
$G^{*23}(\xi l, \xi n)$	0,00000E+00	$G^{*23}(\xi l, \xi m)$	-2,84114E-07	$G^{*23}(\xi, \xi)$	0,000000E+00
$G^{*33}(\xi l, \xi n)$	0,00000E+00	$G^{*33}(\xi l, \xi m)$	1,537828	$G^{*33}(\xi, \xi)$	0,000000E+00
$G^{*43}(\xi l, \xi n)$	2,17423E-14	$G^{*43}(\xi l, \xi m)$	-333,437136	$G^{*43}(\xi, \xi)$	2,174231E-14

OPERADOR $G^{*ij} = G_{ij}$	
G_{13} =	-4,06774E-05
G_{23} =	2,84114E-07
G_{33} =	-1,5378
G_{43} =	333,4371

CONSTANTES DE INTEGRACION

$Q1$ (Kp)=	-5.889,01
$M1$ (cmKp)=	460.179,03

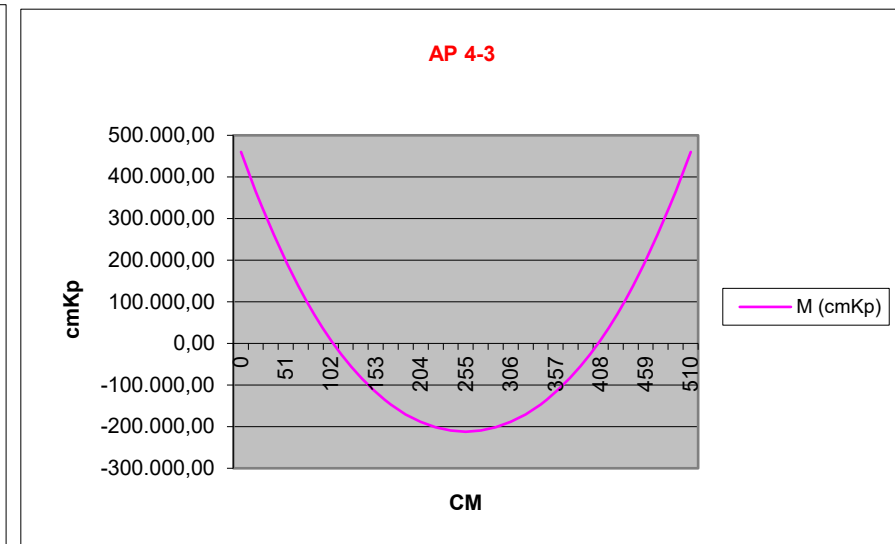
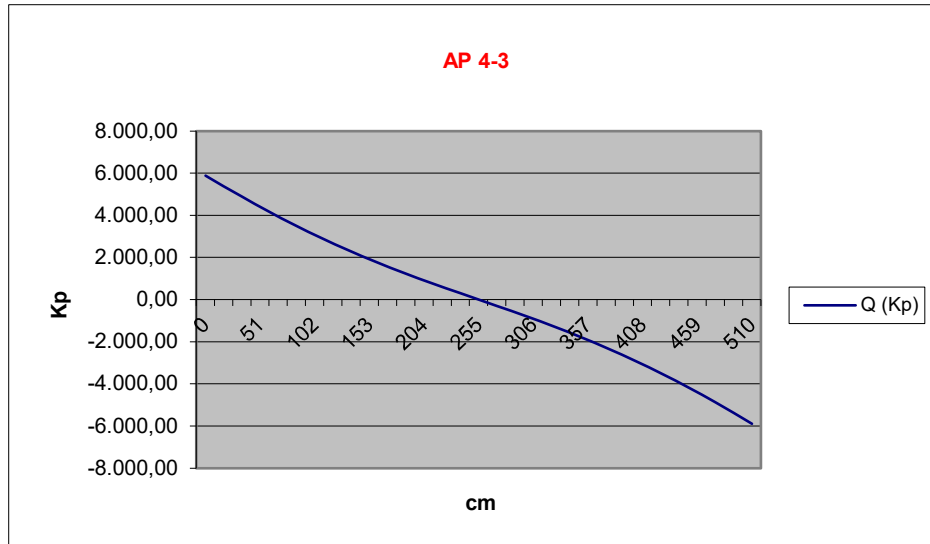
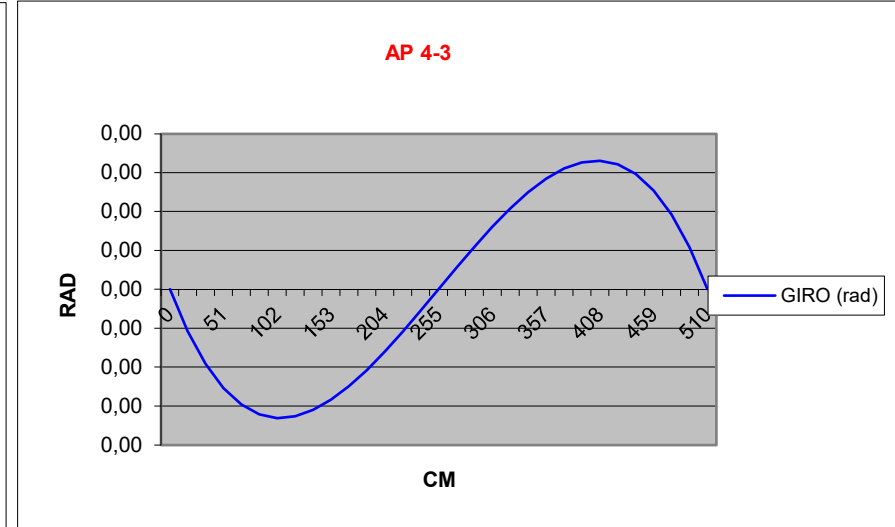
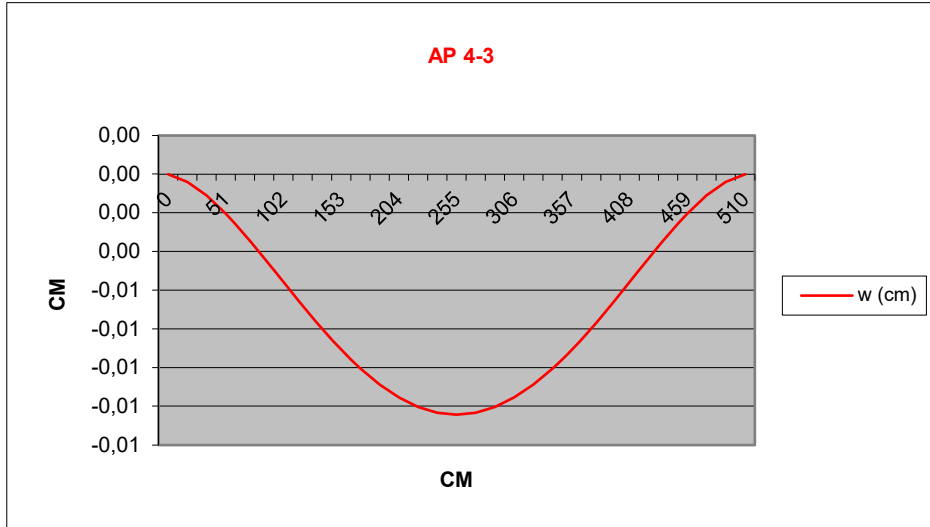


AP 4-3 CALCULO DE VIGA ELASTICA BIEMPOTRADA CARGA CONTINUA GA∞

OBTENCIÓN VALORES DEL VECTOR ESTADO A LO LARGO DE LA VIGA

Nº PUNTOS=	30	Δx (cm)=	17
------------	----	------------------	----

N	x (cm)	ξ (adim)	$j\xi$ (adim)	$G^{13}(\xi,\xi_n)$	$G^{13}(\xi,\xi_m)$	$G^{23}(\xi,\xi_n)$	$G^{23}(\xi,\xi_m)$	$G^{33}(\xi,\xi_n)$	$G^{33}(\xi,\xi_m)$	$G^{43}(\xi,\xi_n)$	$G^{43}(\xi,\xi_m)$	w (cm)	Θ (rad)	Q (Kp)	M (cmKp)
0	0	0	0	3,5356E-05	-5,3210E-06	2,8411E-07	0,0000E+00	-1,5378	0,0000	-333,4371	0,0000	0,000000	0,00	5.889,01	-460.179,03
1	17	0,0905	0,0887	3,0631E-05	-5,3227E-06	2,6604E-07	-1,3429E-11	-0,9774	-0,0905	-354,7028	-0,7689	0,000403	-2,15645E-05	5.381,94	-364.385,74
2	34	0,1809	0,1773	2,6241E-05	-5,3269E-06	2,4710E-07	-1,0745E-10	-0,4945	-0,1810	-367,1079	-3,0762	0,001112	-3,83343E-05	4.884,44	-277.138,63
3	51	0,2714	0,2660	2,2194E-05	-5,3318E-06	2,2771E-07	-3,6268E-10	-0,0833	-0,2716	-371,9210	-6,9229	0,002050	-5,07524E-05	4.401,05	-198.234,58
4	68	0,3618	0,3547	1,8492E-05	-5,3337E-06	2,0824E-07	-8,5983E-10	0,2621	-0,3623	-370,3118	-12,3105	0,003148	-5,92489E-05	3.935,06	-127.404,14
5	85	0,4523	0,4433	1,5132E-05	-5,3280E-06	1,8899E-07	-1,6796E-09	0,5474	-0,4529	-363,3500	-19,2393	0,004342	-6,42389E-05	3.488,62	-64.331,64
6	102	0,5427	0,5320	1,2104E-05	-5,3085E-06	1,7024E-07	-2,9029E-09	0,7785	-0,5433	-352,0071	-27,7076	0,005578	-6,61199E-05	3.062,92	-8.673,27
7	119	0,6332	0,6207	9,3981E-06	-5,2676E-06	1,5217E-07	-4,6100E-09	0,9608	-0,6333	-337,1582	-37,7095	0,006806	-6,52711E-05	2.658,23	39.926,91
8	136	0,7237	0,7093	6,9978E-06	-5,1963E-06	1,3495E-07	-6,8811E-09	1,0997	-0,7223	-319,5859	-49,2331	0,007984	-6,20529E-05	2.274,05	81.822,85
9	153	0,8141	0,7980	4,8866E-06	-5,0845E-06	1,1871E-07	-9,7955E-09	1,2004	-0,8097	-299,9843	-62,2574	0,009076	-5,68078E-05	1.909,21	117.354,22
10	170	0,9046	0,8867	3,0457E-06	-4,9203E-06	1,0354E-07	-1,3431E-08	1,2674	-0,8948	-278,9640	-76,7498	0,010051	-4,98607E-05	1.561,97	146.835,79
11	187	0,9950	0,9753	1,4551E-06	-4,6908E-06	8,9495E-08	-1,7863E-08	1,3053	-0,9766	-257,0574	-92,6627	0,010882	-4,15212E-05	1.230,12	170.548,52
12	204	1,0855	1,0640	9,4460E-08	-4,3816E-06	7,6610E-08	-2,3165E-08	1,3182	-1,0539	-234,7248	-109,9292	0,011549	-3,2085E-05	911,02	188.732,11
13	221	1,1759	1,1527	-1,0571E-06	-3,9773E-06	6,4898E-08	-2,9405E-08	1,3097	-1,1251	-212,3598	-128,4598	0,012037	-2,18366E-05	601,77	201.579,05
14	238	1,2664	1,2413	-2,0201E-06	-3,4610E-06	5,4351E-08	-3,6647E-08	1,2833	-1,1885	-190,2957	-148,1371	0,012334	-1,10517E-05	299,19	209.230,03
15	255	1,3569	1,3300	-2,8148E-06	-2,8148E-06	4,4946E-08	-4,4946E-08	1,2420	-1,2420	-168,8114	-168,8114	0,012434	1,0842E-19	0,00	211.770,76
16	272	1,4473	1,4187	-3,4610E-06	-2,0201E-06	3,6647E-08	-5,4351E-08	1,1885	-1,2833	-148,1371	-190,2957	0,012334	1,10517E-05	-299,19	209.230,03
17	289	1,5378	1,5073	-3,9773E-06	-1,0571E-06	2,9405E-08	-6,4898E-08	1,1251	-1,3097	-128,4598	-212,3598	0,012037	2,18366E-05	-601,77	201.579,05
18	306	1,6282	1,5960	-4,3816E-06	9,4460E-08	2,3165E-08	-7,6610E-08	1,0539	-1,3182	-109,9292	-234,7248	0,011549	3,2085E-05	-911,02	188.732,11
19	323	1,7187	1,6847	-4,6908E-06	1,4551E-06	1,7863E-08	-8,9495E-08	0,9766	-1,3053	-92,6627	-257,0574	0,010882	4,15212E-05	-1.230,12	170.548,52
20	340	1,8091	1,7733	-4,9203E-06	3,0457E-06	1,3431E-08	-1,0354E-07	0,8948	-1,2674	-76,7498	-278,9640	0,010051	4,98607E-05	-1.561,97	146.835,79
21	357	1,8996	1,8620	-5,0845E-06	4,8866E-06	9,7955E-09	-1,1871E-07	0,8097	-1,2004	-62,2574	-299,9843	0,009076	5,68078E-05	-1.909,21	117.354,22
22	374	1,9901	1,9507	-5,1963E-06	6,9978E-06	6,8811E-09	-1,3495E-07	0,7223	-1,0997	-49,2331	-319,5859	0,007984	6,20529E-05	-2.274,05	81.822,85
23	391	2,0805	2,0393	-5,2676E-06	9,3981E-06	4,6100E-09	-1,5217E-07	0,6333	-0,9608	-37,7095	-337,1582	0,006806	6,52711E-05	-2.658,23	39.926,91
24	408	2,1710	2,1280	-5,3085E-06	1,2104E-05	2,9029E-09	-1,7024E-07	0,5433	-0,7785	-27,7076	-352,0071	0,005578	6,61199E-05	-3.062,92	-8.673,27
25	425	2,2614	2,2167	-5,3280E-06	1,5132E-05	1,6796E-09	-1,8899E-07	0,4529	-0,5474	-19,2393	-363,3500	0,004342	6,42389E-05	-3.488,62	-64.331,64
26	442	2,3519	2,3053	-5,3337E-06	1,8492E-05	8,5983E-10	-2,0824E-07	0,3623	-0,2621	-12,3105	-370,3118	0,003148	5,92489E-05	-3.935,06	-127.404,14
27	459	2,4424	2,3940	-5,3318E-06	2,2194E-05	3,6268E-10	-2,2771E-07	0,2716	0,0833	-6,9229	-371,9210	0,002050	5,07524E-05	-4.401,05	-198.234,58
28	476	2,5328	2,4827	-5,3269E-06	2,6241E-05	1,0745E-10	-2,4710E-07	0,1810	0,4945	-3,0762	-367,1079	0,001112	3,83343E-05	-4.884,44	-277.138,63
29	493	2,6233	2,5713	-5,3227E-06	3,0631E-05	1,3429E-11	-2,6604E-07	0,0905	0,9774	-0,7689	-354,7028	0,000403	2,15645E-05	-5.381,94	-364.385,74
30	510	2,7137	2,6600	-5,3210E-06	3,5356E-05	1,2576E-23	-2,8411E-07	0,0000	1,5378	0,0000	-333,4371	0,000000	6,50521E-19	-5.889,01	-460.179,03



ANEJO 4

CÁLCULO POSICIONAMIENTO OREJETAS MONTAJE DINTELES CON UNA GRUA Y CUATRO PUNTOS SUJECCIÓN

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u>	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO Nº :</u> A4-1

INDICE

4.1. PIEZAS ALARGADAS SIMÉTRICAS.	A4-3
4.2. PIEZAS RECTAS ASIMÉTRICAS	A4-9
4.3. PIEZAS ALARGADAS ASIMÉTRICAS	A4-16
4.3. 1. Aplicación a dinteles BC 14 a 30.	A4-22

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> ANEJO 4	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO Nº :</u> A4-2

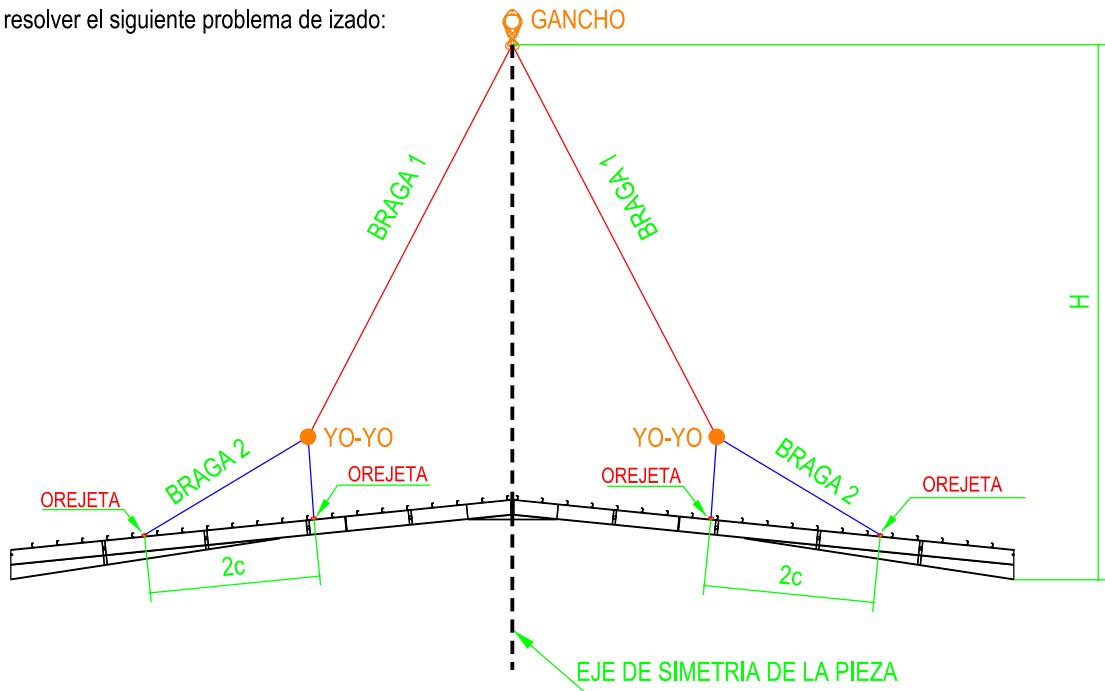
ANEJO 4

4.1. PIEZAS ALARGADAS SIMÉTRICAS.

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u>	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO Nº :</u> A4-3

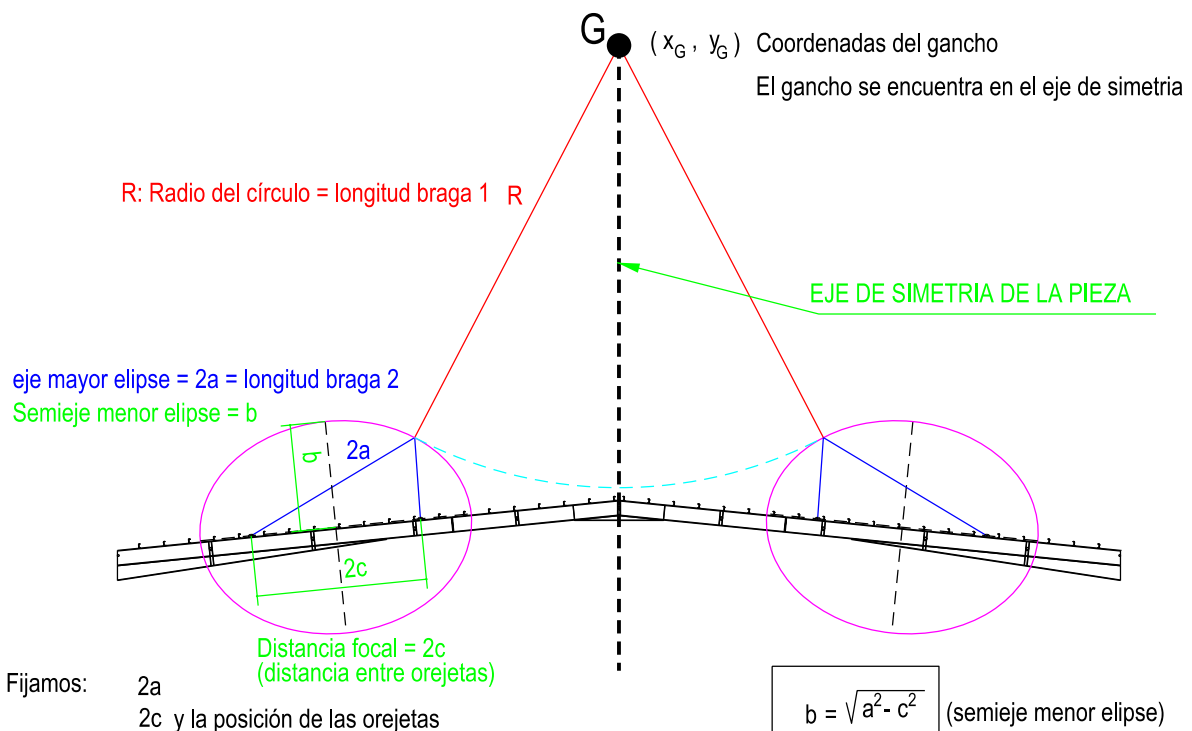
1.-ESQUEMA MECÁNICO

Deseamos resolver el siguiente problema de izado:



Debemos obtener: las longitudes de las bragas (empresa de izado) y la posición de las orejetas (taller).
Además, obtendremos la altura de la maniobra y las tensiones sobre las bragas.

2.- ESQUEMA GEOMÉTRICO DEL PROBLEMA:



ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 4

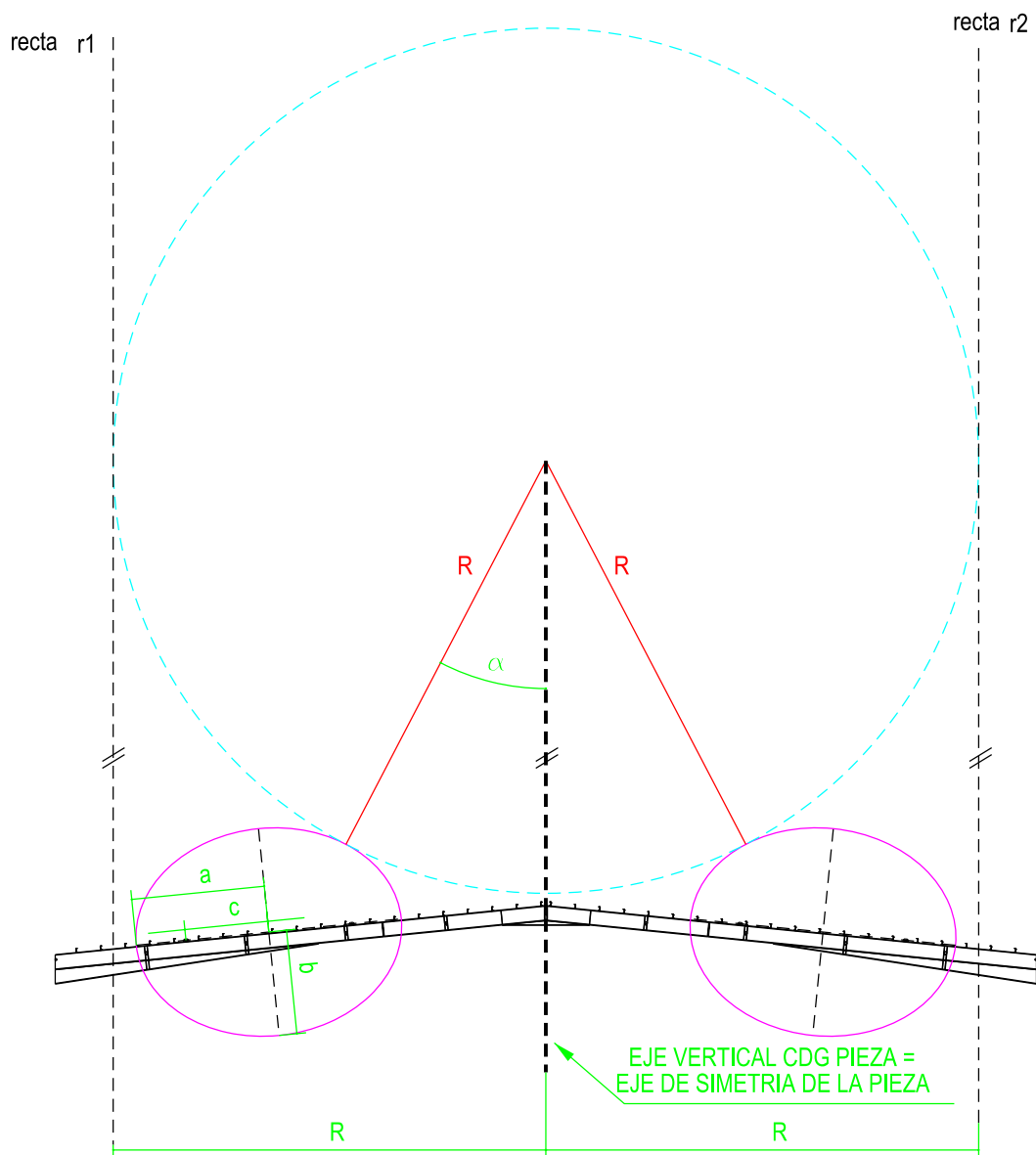
FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO Nº:

A4-4

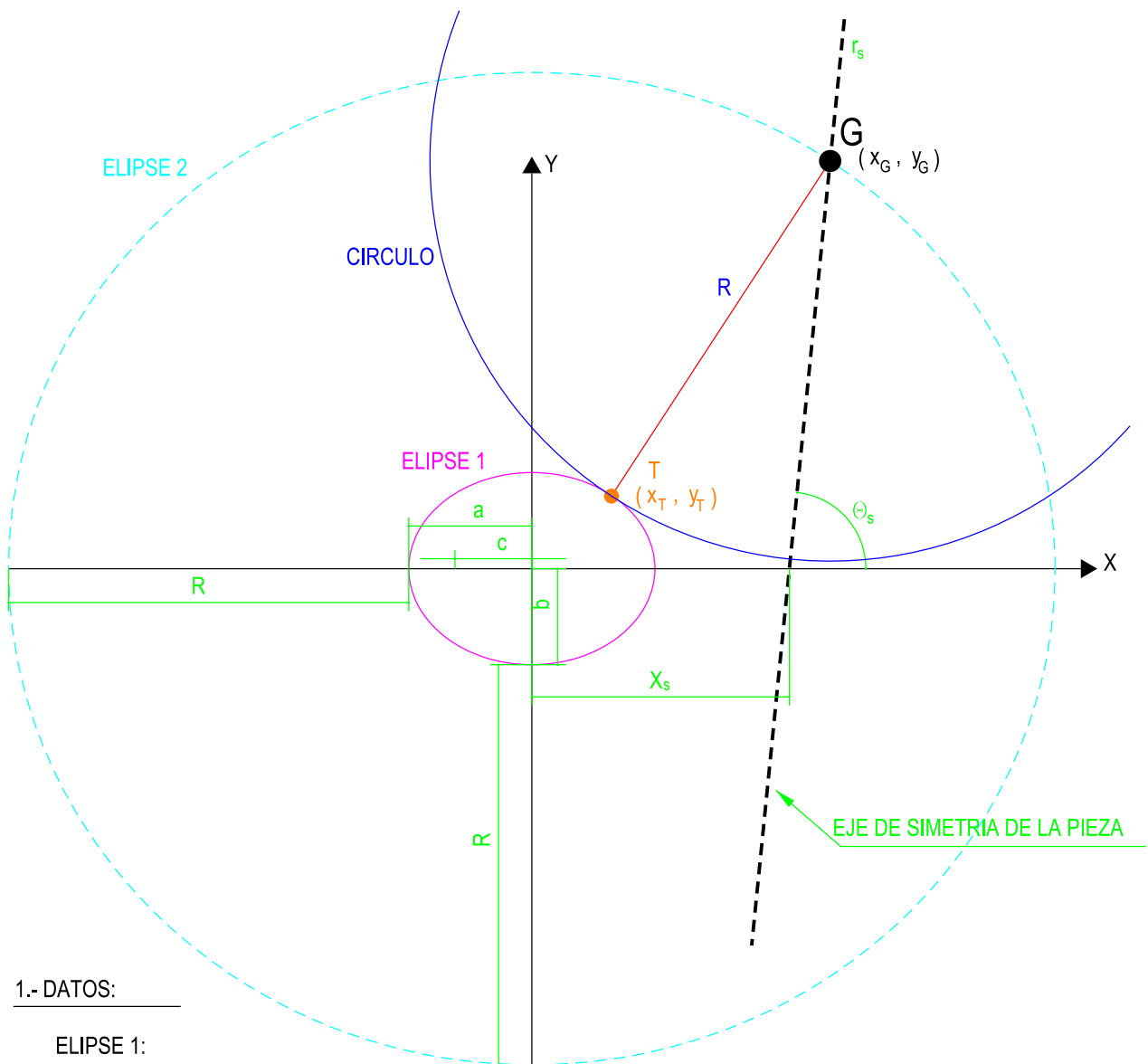
3.- RESOLUCIÓN GRÁFICA DEL PROBLEMA: (solución exacta)



- 1.- Hacemos dos rectas paralelas al eje de simetría y a una distancia R. (rectas r1 y r2)
- 2.- Construimos un círculo de radio R y tangentes a las elipses y a las rectas r1 y r2 (sólo hay una solución, lógica)
- 3.- Comprobamos el ángulo de las bragas del gancho (2α) y las tensiones en bragas. Si son excesivas, hay que reducir este ángulo.
- 4.- Comprobamos la altura del gancho, para ver que grua es necesaria, o si podemos con la grua planteada.

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: ANEJO 4	FORMATO: A4 ESCALA: <input type="text"/>	PLANO Nº: A4-5

4.- RESOLUCIÓN ANALÍTICA (aproximada) DEL PROBLEMA:



1.- DATOS:

ELIPSE 1:

- a : semieje mayor
- b : semieje menor
- posición (ejes principales elipse = ejes de referencia)

Ecuación de la elipse 1:

$$\left[\frac{x}{a} \right]^2 + \left[\frac{y}{b} \right]^2 = 1$$

CÍRCULO:

R : Radio

Recta r_s (eje de simetría, sobre ésta se encuentra el centro del círculo buscado)

X_s : punto de corte de la recta con el eje de abscisas

$m_s = \text{tg}(\theta_s)$: pendiente de la recta

Ecuación de la recta: $y = m_s (x - X_s)$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 4

FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO N° :

A4-6

2.- PASOS DE CÁLCULO:

* ELIPSE 2:

Definimos la elipse 2 , haciendo una elipse paralela a la elipse 1, a una distancia R:

$$A = a + R : \text{semieje mayor}$$

$$B = b + R : \text{semieje menor}$$

Ecuación de la elipse 2:

$$\left[\frac{x}{A} \right]^2 + \left[\frac{y}{B} \right]^2 = 1$$

* CÍRCULO:

El centro del círculo buscado, G, es el punto de intersección de la elipse 2 con la recta r_s :

$$x_G = \frac{A^2 m_s^2 x_s \pm AB \sqrt{A^2 m_s^2 + B^2 - m_s^2 x_s^2}}{B^2 + A^2 m_s^2}$$

De las dos soluciones tomaremos la que de

$$y_G = m_s (x_G - x_s)$$

$$y_G > 0$$

NOTA:

Esta solución analítica es aproximada porque la curva que se obtiene como paralela una distancia R a una elipse dada, NO ES UNA ELIPSE . Se parece mucho, pero no lo es. Yo he supuesto que es una elipse.

De hecho, el programa microstation dibuja una elipse cuando hacemos paralela a una elipse dada.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 4

FORMATO : A4

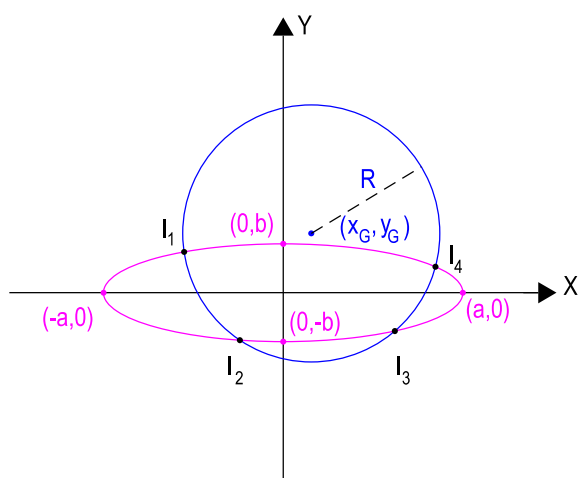
ESCALA:

PLANO N° :

A4-7

* PUNTO DE TANGENCIA: T

La fórmula general de calcular los puntos de intersección de una elipse de semiejes a (mayor) y b (menor) con un círculo de radio R y centro (x_G, y_G) (sistema de referencia los ejes principales de la elipse) es la siguiente:



Ecuación de la elipse : $\left[\frac{x}{a}\right]^2 + \left[\frac{y}{b}\right]^2 = 1$

Ecuación del círculo: $(x - x_G)^2 + (y - y_G)^2 = R^2$

PUNTOS DE INTERSECCIÓN:

$I_1 : (x_1, y_1)$

$I_2 : (x_2, y_2)$

$I_3 : (x_3, y_3)$

$I_4 : (x_4, y_4)$

Las abscisas x_j son las soluciones de la ecuación de 4º grado siguiente:

$$AX^4 + BX^3 + CX^2 + DX + E = 0$$

siendo:

$$A = \left[1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2\right]^2$$

$$B = -4 x_G \left[1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2\right]$$

$$C = 4(x_G^2 + y_G^2) + 2\left[1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2\right] \left[b^2 + x_G^2 - R^2 - y_G^2\right]$$

$$D = -4 x_G \left[b^2 + x_G^2 - R^2 + y_G^2\right]$$

$$E = \left[b^2 + x_G^2 - R^2 - y_G^2\right]^2 - 4 y_G^2 \left[R^2 - x_G^2\right]$$

Las ordenadas y_j se obtienen sustituyendo x_j en la ecuación del círculo o de la elipse.

NOTAS:

Como el punto G obtenido, es aproximado, habrán dos soluciones muy cercanas en la intersección. Si el punto fuera exacto, solo habría una solución.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 4

FORMATO : A4

ESCALA:

PLANO Nº :

A4-8

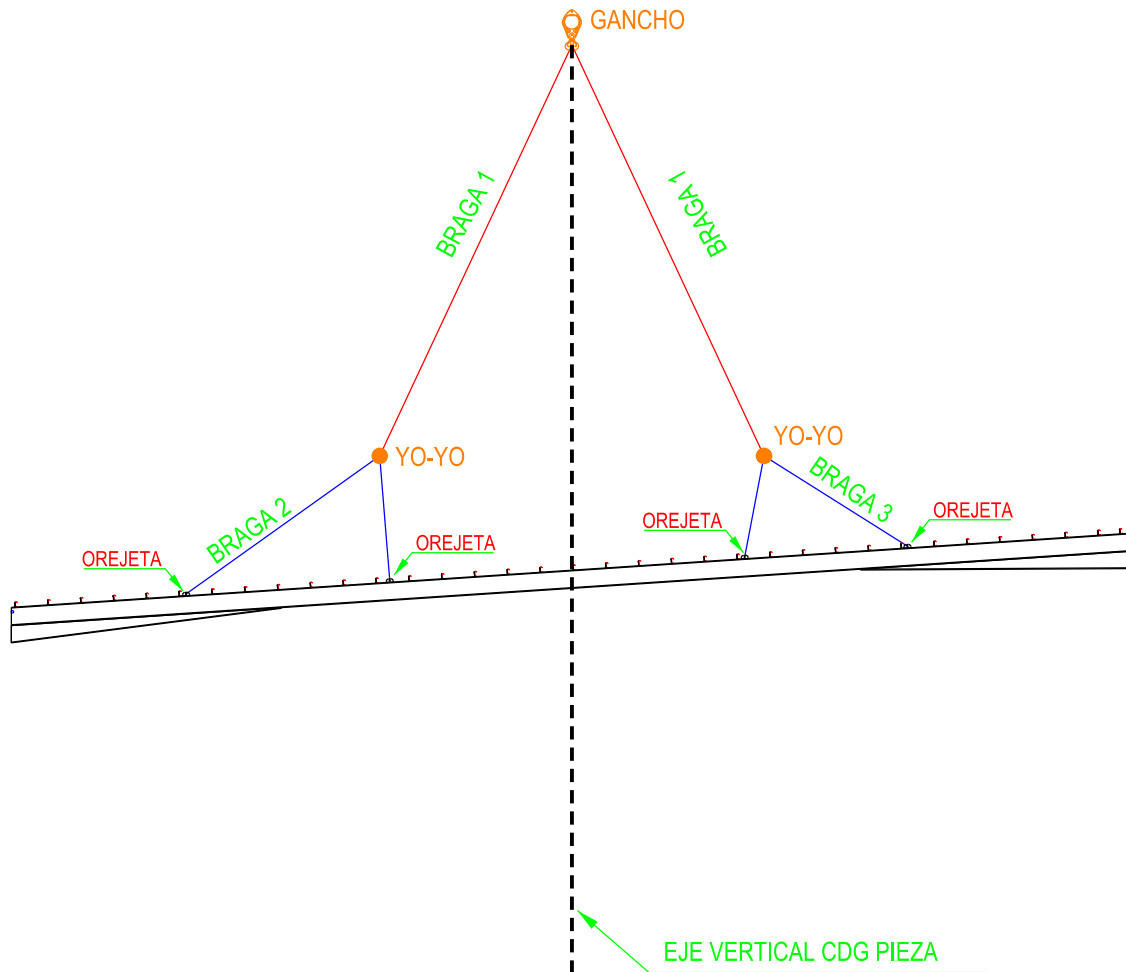
ANEJO 4

4.2. PIEZAS RECTAS ASIMÉTRICAS

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> ANEJO 4	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO N° :</u> A4-9

1.-ESQUEMA MECÁNICO

Deseamos resolver el siguiente problema de izado:



Debemos obtener: las longitudes de las bragas (empresa de izado) y la posición de las orejetas (taller).

Además, obtendremos la altura de la maniobra y las tensiones sobre las bragas.

Démonos cuenta que al estar la pieza inclinada, las bragas que unen los yo-yo con las orejetas, NO SON IGUALES.

Tenemos que conseguir que los yo-yo estén los dos a la misma altura.

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 4

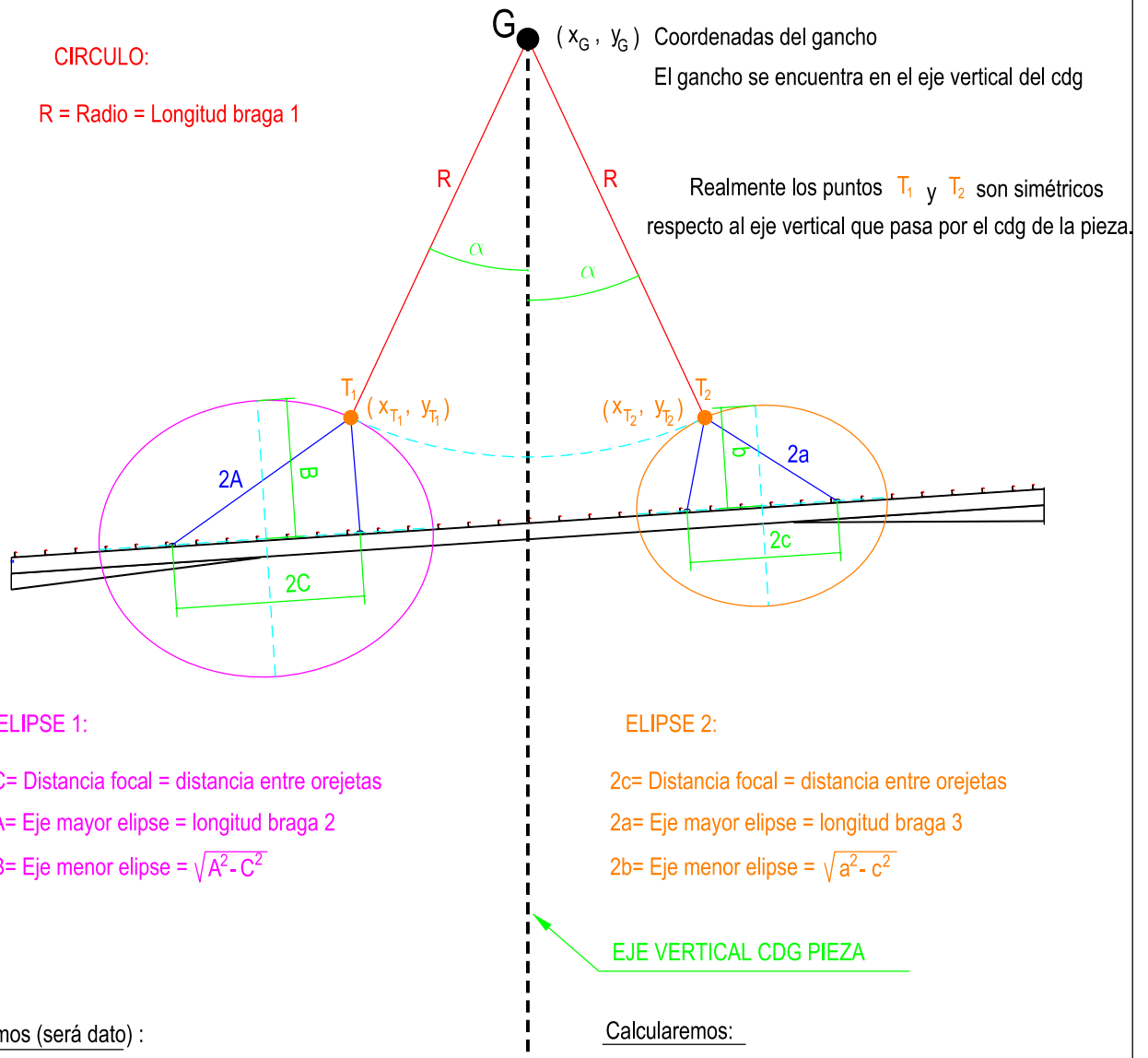
FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO Nº:

A4-10

2.- ESQUEMA GEOMÉTRICO DEL PROBLEMA:



Fijamos (será dato) :

- $R = \text{Radio círculo} = \text{Longitud braga 1}$
- $A = \text{Semieje mayor elipse 1}$
- $C = \text{Semidistancia focal elipse 1}$
- Posicion orejetas = focos elipse 1
- $a = \text{Semieje mayor elipse 2}$

NOTA IMPORTANTE:

En los datos que fijamos y los cálculos que se realizan, se pueden intercambiar donde pone elipse 1 con 2 y viceversa.

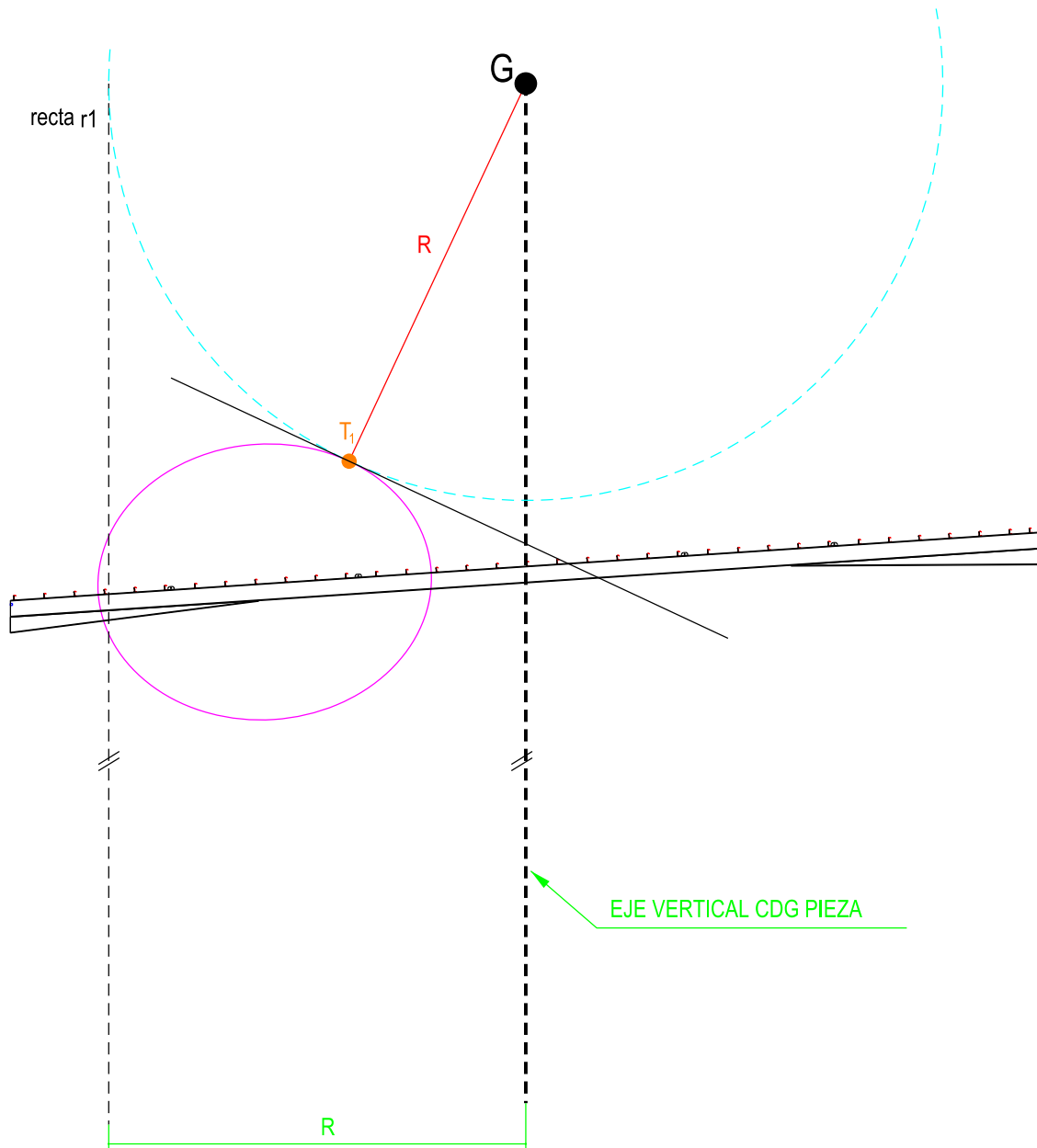
Calcularemos:

- $b = \text{Semieje menor elipse 2}$
- $c = \sqrt{a^2 - b^2} = \text{Semidistancia focal elipse 2}$
- Posicion orejetas = focos elipse 2
- $G : (x_G, y_G)$ Posición gancho

T_1, T_2 : Puntos de tangencia elipses con círculo (yo-yo)

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>TRABAJO FINAL DE GRADO</p> <p>" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "</p>		
	<p>AUTOR: Ramón Tercero Herreros</p>		<p>TUTOR: D. Julián Alcalá González</p>
	<p>TITULO PLANO: ANEJO 4</p>		<p>FORMATO: A4 ESCALA: <input type="text"/></p>
			<p>PLANO Nº: A4-11</p>

3.- PASO 1: OBTENCIÓN DE G Y T₁ :



Actuamos igual que en el caso de pieza simétrica:

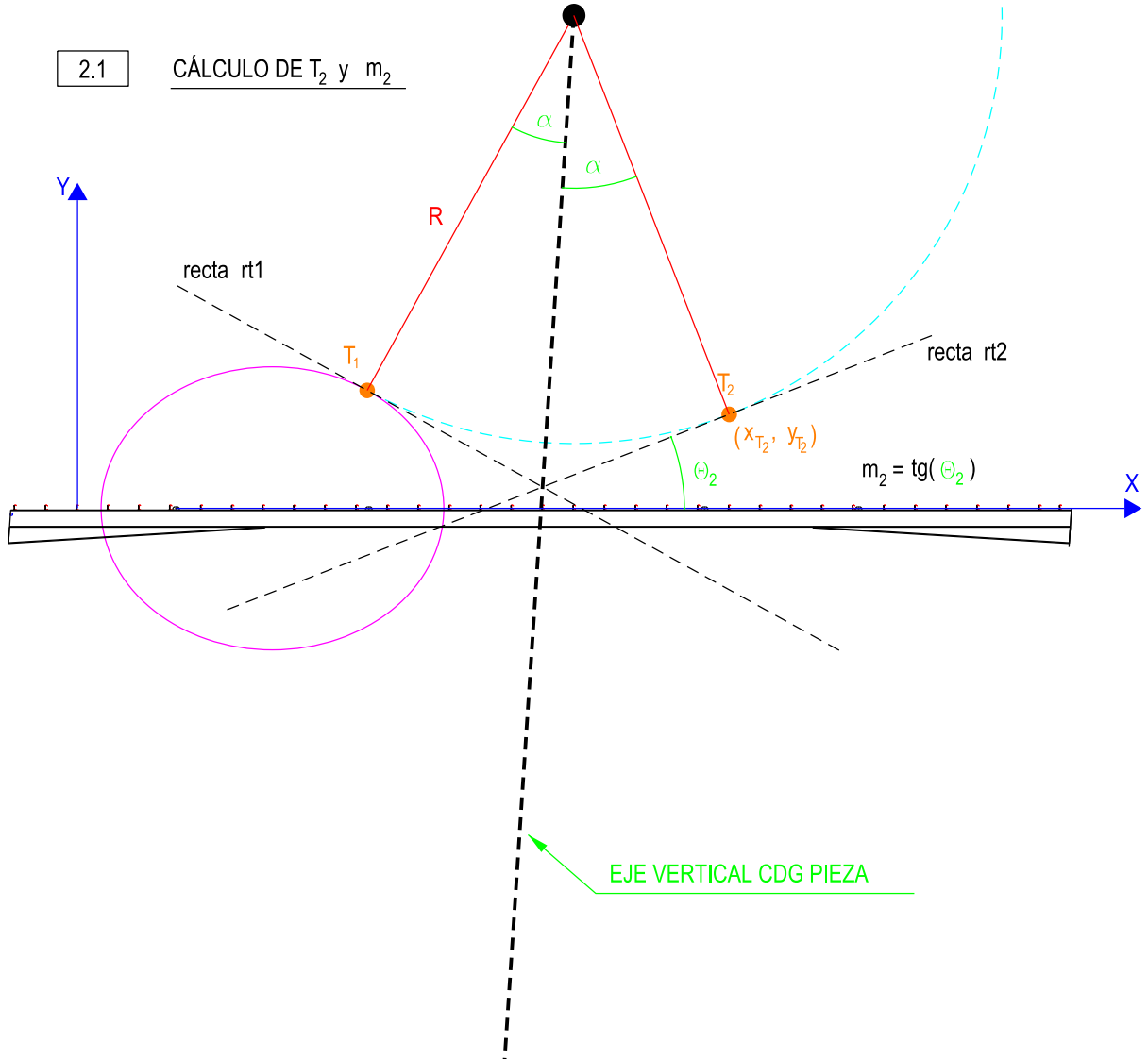
- 1.- Hacemos una recta paralela al eje vertical que pasa por el cdg de la pieza a una distancia R. (recta r1)
- 2.- Construimos un círculo de radio R y tangentes a la elipse 1 y a la rectas r1 (sólo hay una solución, lógica)

Obtenemos el centro del círculo (G) y el punto de tangencia T₁ y la recta tangente en T1: rt1

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	TRABAJO FINAL DE GRADO		
	" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	TITULO PLANO: ANEJO 4	FORMATO: A4 ESCALA: <input type="text"/>	PLANO N° : A4-12

4.- PASO 2: OBTENCIÓN DE LA ELIPSE 2

Trabajaremos como eje de abscisas (x) el eje principal de la elipse 2 (recta que une los centros de los agujeros de las orejetas)
El eje de ordenadas (y) puede ser cualquiera perpendicular al anterior.



1.- Hacemos la simetría de rt_1 y T_1 respecto al EJE VERTICAL DEL CDG DE LA PIEZA (NO respecto al eje y)

T_2 = Simetría de T_1 respecto al eje vertical del cdg de la pieza

rt_2 = Simetría de rt_1 respecto al eje vertical del cdg de la pieza

Obtenemos: x_{T_2} , y_{T_2} , θ_2 $m_2 = \text{tg}(\theta_2)$ (coordenadas expresadas en los ejes x,y elegidos)

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción
de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 4

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO N°:

A4-13

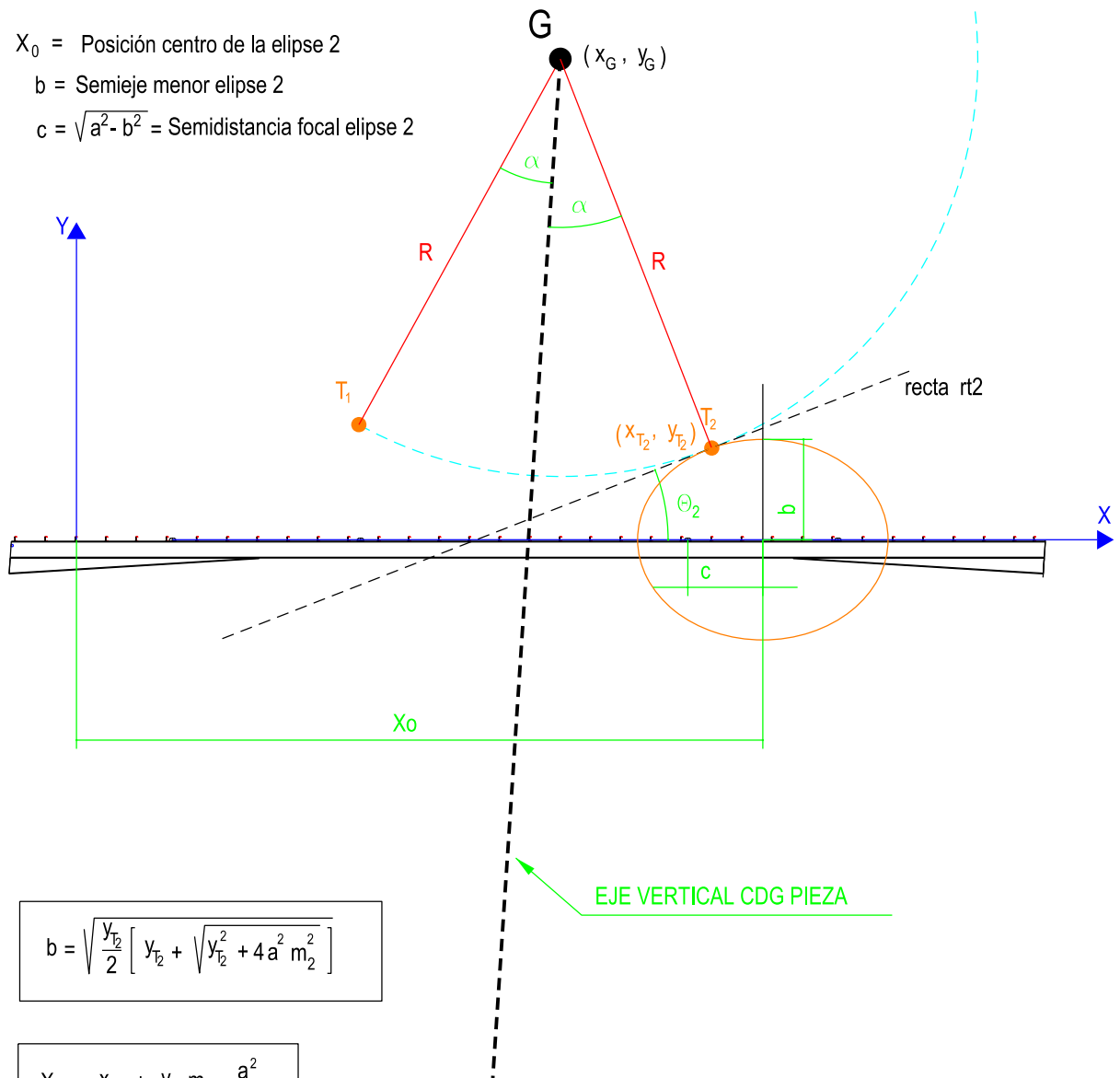
2.2

CÁLCULO DE X_0 y b :

De la elipse 2 conocemos:

 a = Semieje mayor elipse 2 (es la mitad de la longitud de la braga 3) $T_2 = (x_{T_2}, y_{T_2})$ punto de tangencia con el círculo de radio R y centro (x_G, y_G) m_2 = pendiente de la recta tangente a la elipse 2 en T_2

Nos falta obtener:

 X_0 = Posición centro de la elipse 2 b = Semieje menor elipse 2 $c = \sqrt{a^2 - b^2}$ = Semidistancia focal elipse 2

$$b = \sqrt{\frac{y_{T_2}}{2} \left[y_{T_2} + \sqrt{y_{T_2}^2 + 4a^2 m_2^2} \right]}$$

$$X_0 = x_{T_2} + y_{T_2} m_2 \frac{a^2}{b^2}$$

$$c = \sqrt{a^2 - b^2}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**TRABAJO FINAL DE GRADO**" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción
de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 4

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO N°:

A4-14

DEMOSTRACIÓN FÓRMULAS:

a , X_T , Y_T , m_T datos

b , X_0 incógnitas

Ecuación elipse:

$$\frac{(x - X_0)^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

$$\Rightarrow y(x) = \left[b^2 \left[1 - \frac{(x - X_0)^2}{a^2} \right] \right]^{1/2} \Rightarrow y'(x) = \frac{dy}{dx} = \frac{-\frac{b^2}{a^2} (x - X_0)}{\left[b^2 \left[1 - \frac{(x - X_0)^2}{a^2} \right] \right]^{1/2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y'(x) = \frac{-\frac{b^2}{a^2} (x - X_0)}{y(x)}$$

$$y'(X_T) = m_T \Rightarrow \frac{-\frac{b^2}{a^2} (X_T - X_0)}{Y_T} = m_T \Rightarrow (X_T - X_0) = -Y_T m_T \frac{a^2}{b^2}$$

Como (X_T, Y_T) pertenece a la elipse: $\frac{(X_T - X_0)^2}{a^2} + \frac{Y_T^2}{b^2} = 1$ y sustituyendo la fórmula anterior:

$$\left[-Y_T m_T \frac{a^2}{b^2} \right]^2 + \frac{Y_T^2}{b^2} = 1 \Rightarrow Y_T^2 m_T^2 \frac{a^2}{b^4} + \frac{Y_T^2}{b^2} = 1 \quad \text{Multiplicando por } b^4$$

$$b^4 - b^2 Y_T^2 - Y_T^2 m_T^2 a^2 = 0$$

Realizando el cambio de variable $\xi = b^2$

$$\xi^2 - \xi Y_T^2 - Y_T^2 m_T^2 a^2 = 0$$

$$\text{Ecuación 2º grado} \Rightarrow \xi = \frac{Y_T^2 \pm \sqrt{Y_T^4 + 4 Y_T^2 m_T^2 a^2}}{2}$$

Deshaciendo el cambio de variable:

$$b = \sqrt{\frac{Y_T}{2} \left[Y_T + \sqrt{Y_T^2 + 4 m_T^2 a^2} \right]}$$

Y por tanto, también podemos despejar:

$$X_0 = X_T + Y_T m_T \frac{a^2}{b^2}$$

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 4

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO Nº:

A4-15

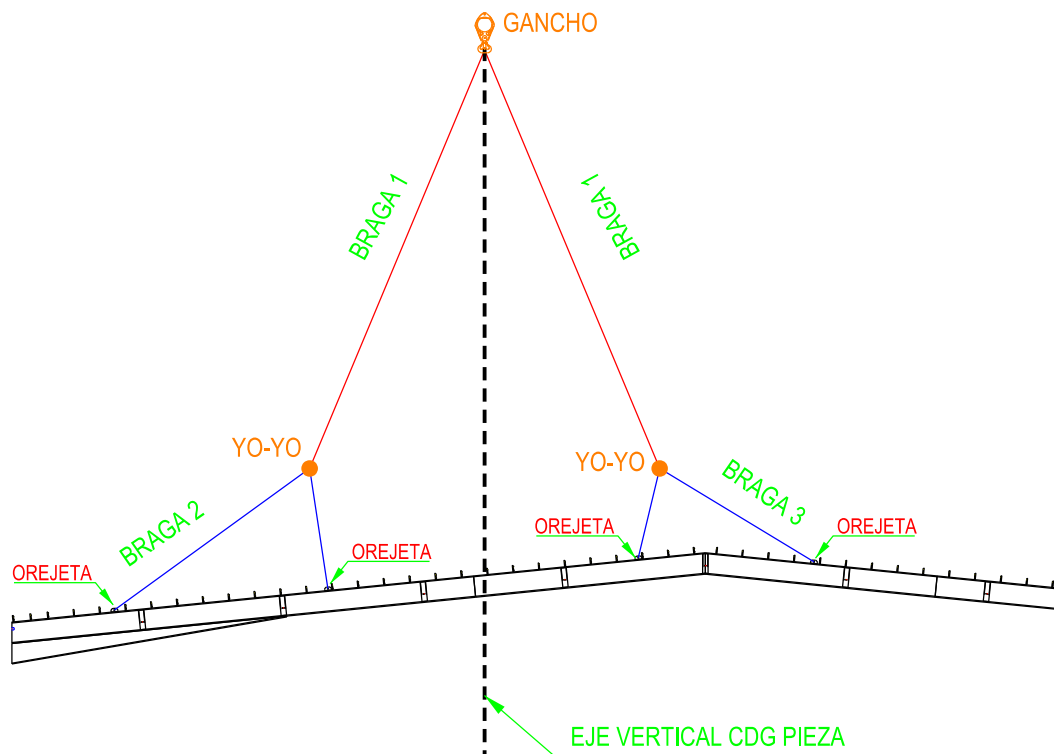
ANEJO 4

4.3. PIEZAS ALARGADAS ASIMÉTRICAS

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> ANEJO 4	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO Nº :</u> A4-16

1.-ESQUEMA MECÁNICO

Deseamos resolver el siguiente problema de izado:



Debemos obtener: las longitudes de las bragas (empresa de izado) y la posición de las orejetas (taller).

Además, obtendremos la altura de la maniobra y las tensiones sobre las bragas.

Démonos cuenta que al ser la pieza asimétrica, las bragas que unen los yo-yo con las orejetas, NO SON IGUALES.

Tenemos que conseguir que los yo-yo estén los dos a la misma altura.

(más exactamente, que los dos yo-yo estén simétricamente colocados respecto al eje vertical que pasa por el cdg de la pieza)

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 4

FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO Nº:

A4-17

2.- ESQUEMA GEOMÉTRICO DEL PROBLEMA:

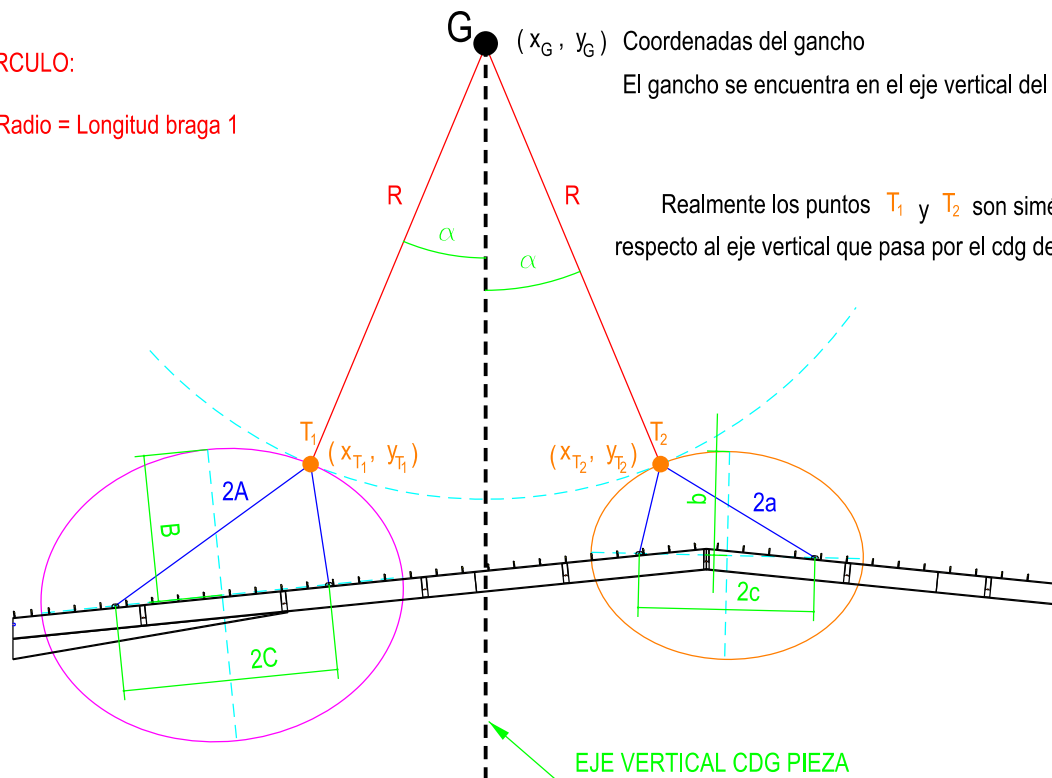
CIRCULO:

$R = \text{Radio} = \text{Longitud braga 1}$

$G (x_G, y_G)$ Coordenadas del gancho

El gancho se encuentra en el eje vertical del cdg

Realmente los puntos T_1 y T_2 son simétricos respecto al eje vertical que pasa por el cdg de la pieza



ELIPSE 1:

$2C = \text{Distancia focal} = \text{distancia entre orejetas}$

$2A = \text{Eje mayor elipse} = \text{longitud braga 2}$

$2B = \text{Eje menor elipse} = \sqrt{A^2 - C^2}$

ELIPSE 2:

$2c = \text{Distancia focal} = \text{distancia entre orejetas}$

$2a = \text{Eje mayor elipse} = \text{longitud braga 3}$

$2b = \text{Eje menor elipse} = \sqrt{a^2 - c^2}$

Fijamos (será dato) :

$R = \text{Radio círculo} = \text{Longitud braga 1}$

$a = \text{semieje mayor elipse 2}$

$c = \text{Semidistancia focal elipse 2}$

Posicion orejetas = focos elipse 2

$A = \text{Semieje mayor elipse 1}$

Calcularemos:

$B = \text{Semieje menor elipse 1}$

$C = \sqrt{A^2 - B^2} = \text{Semidistancia focal elipse 2}$

Posicion orejetas = focos elipse 1

$G : (x_G, y_G)$ Posición gancho

T_1, T_2 : Puntos de tangencia elipses con círculo (yo-yo)

NOTA IMPORTANTE:

En los datos que fijamos y los cálculos que se realizan, se pueden intercambiar donde pone elipse 1 con 2 y viceversa.

Démonos cuenta que el eje mayor de la elipse 2 no está (no tiene por que) paralelo a ninguno de los dos faldones.

Por lo anterior, nos interesa fijar la elipse 2 y calcular la elipse 1

ETSICCP

GRADO INGENIERIA CIVIL

Curso 22-23

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "

AUTOR: Ramón Tercero Herreros

TUTOR: D. Julián Alcalá González

TITULO PLANO:

ANEJO 4

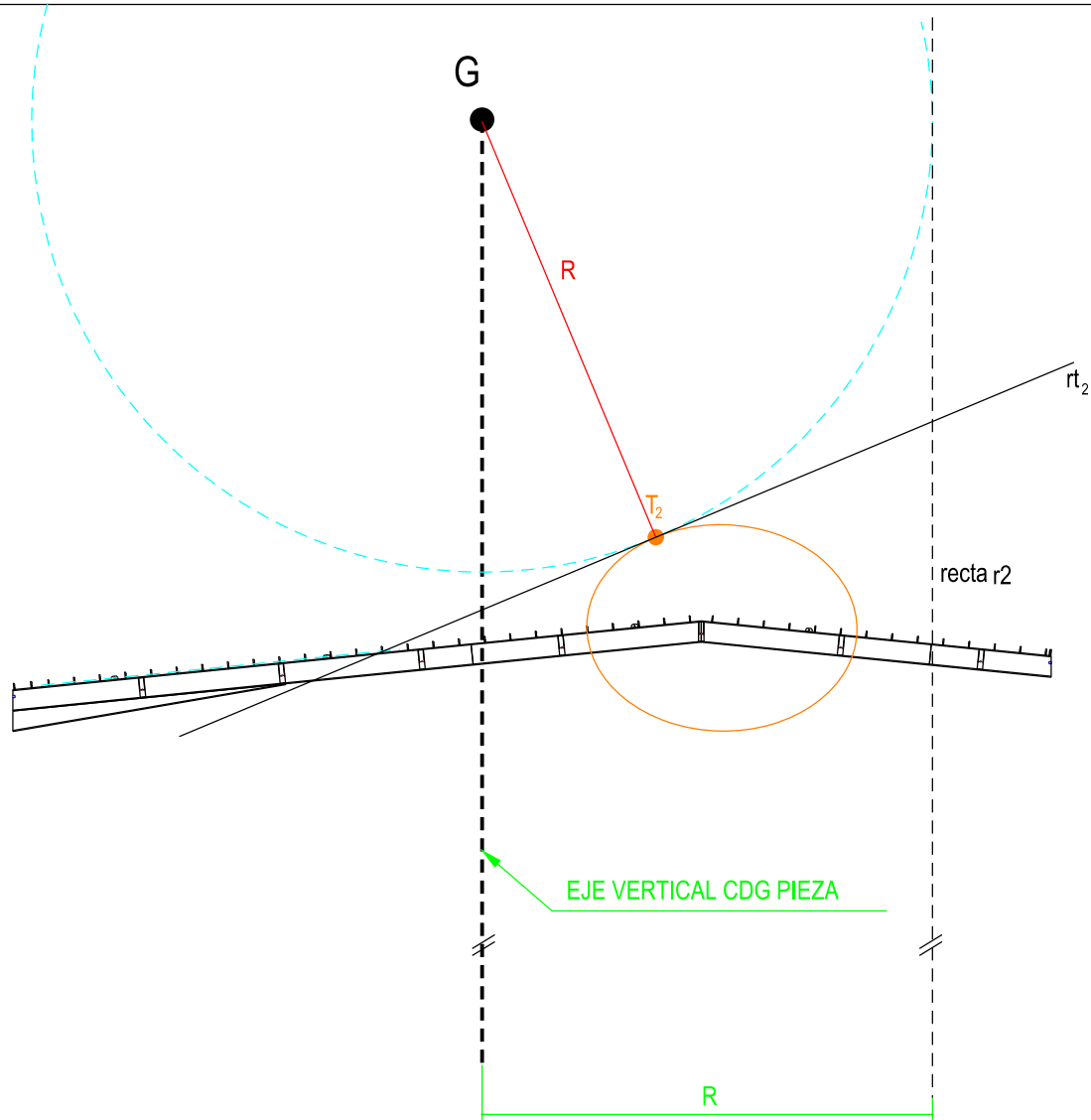
FORMATO: A4

ESCALA:

PLANO N°:

A4-18

3.- PASO 1: OBTENCIÓN DE G Y T_2 :



Actuamos igual que en el caso de pieza simétrica:

- 1.- Hacemos una recta paralela al eje vertical que pasa por el cdg de la pieza a una distancia R. (recta r2)
- 2.- Construimos un círculo de radio R y tangentes a la elipse 2 y a la recta r2 (sólo hay una solución, lógica)

Obtenemos el centro del círculo (G) y el punto de tangencia T_2 y la recta tangente en T_2 : rt_2

<p>ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>TRABAJO FINAL DE GRADO</p> <p>" Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "</p>		
	<p>AUTOR: Ramón Tercero Herreros</p>		<p>TUTOR: D. Julián Alcalá González</p>
	<p>TITULO PLANO: ANEJO 4</p>		<p>FORMATO: A4 ESCALA: <input type="text"/></p>
			<p>PLANO N°: A4-19</p>

ANEJO 4

4.3. PIEZAS ALARGADAS ASIMÉTRICAS

4.3.1 APLICACIÓN DINTELES BC 14 A 30

ETSICCP GRADO INGENIERIA CIVIL Curso 22-23 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	<u>TRABAJO FINAL DE GRADO</u> " Cálculo y diseño de dos naves metálicas para planta de producción de azulejos en el T.M. de Vila-Real (Castellón) "		
	AUTOR: Ramón Tercero Herreros	TUTOR: D. Julián Alcalá González	
	<u>TITULO PLANO:</u> ANEJO 4	FORMATO : A4 ESCALA: <input type="text"/>	<u>PLANO Nº :</u> A4-22



1.- VALORES CONSTANTES PARA TODOS LOS DINTELES BC

L1(m)=	20,50 (longitud dintel extremo sur)	h (m)=	0,947	(canto viga)
L2(m)=	10,23 (longitud semiclave)			
L3(m)=	12,30 (longitud refuerzo dintel extremo)			
α° =	5,70 (inclinación dintel)			
α (rad)=	0,10			
ρ (Kp/m)=	421,00			

2.-VALORES VARIABLES SEGÚN DINTEL BC

LA (m) : Longitud dintel extremo norte

LB (m) : longitud refuerzo extremo norte

# DINTEL	LA(m)	LB(m)	$\sum Li$ (m)	$\sum xi.Li$ (m2)	$\sum yi.Li$ (m2)	Xg (m)	Yg(m)	peso (Kp)
14	19,410	11,09	72,07	2.151,25	98,85	29,85	1,37	30.339,37
15	18,320	9,99	70,43	2.051,72	98,78	29,13	1,40	29.648,93
16	17,230	8,90	68,79	1.954,42	98,51	28,41	1,43	28.960,59
17	16,060	7,74	67,04	1.852,43	98,00	27,63	1,46	28.223,84
18	14,900	6,58	65,30	1.753,31	97,28	26,85	1,49	27.491,30
19	13,730	5,42	63,55	1.655,85	96,32	26,06	1,52	26.754,55
20	12,570	4,25	61,81	1.560,96	95,14	25,26	1,54	26.019,91
21	11,380	3,05	60,02	1.465,95	93,70	24,43	1,56	25.266,32
22	10,180	0,00	57,29	1.326,27	91,01	23,15	1,59	24.119,09
23	8,980	0,00	56,09	1.265,93	89,70	22,57	1,60	23.613,89
24	7,780	0,00	54,89	1.207,01	88,26	21,99	1,61	23.108,69
25	6,570	0,00	53,68	1.149,06	86,66	21,41	1,61	22.599,28
13	20,500	12,30	73,76	2.255,69	98,77	30,58	1,34	31.052,96
26	5,395	0,00	52,51	1.094,17	58,55	20,84	1,12	22.104,61
27	4,224	0,00	51,33	1.040,84	60,38	20,28	1,18	21.611,61
28	3,053	0,00	50,16	988,87	62,34	19,71	1,24	21.118,62
29	1,882	0,00	48,99	938,27	64,44	19,15	1,32	20.625,63
30	0,711	0,00	47,82	889,03	66,67	18,59	1,39	20.132,64



CÁLCULO ELIPSE SEMIDINTEL SUR

# DINTEL	a(mm)	XT (mm)	YT(mm)	α°	$\alpha(\text{rad})$	mT	b(mm)	Xo (mm)	c (mm)
14	8000	10.181,50	4.766,45	31,53	0,55	0,6135	6.112,78	15.190,22	5.160,80
15	8000	9.327,88	4.726,35	29,92	0,52	0,5755	5.968,93	14.213,86	5.326,53
16	8000	7.494,89	5.019,43	28,61	0,50	0,5454	6.153,39	12.122,49	5.112,32
17	8000	6.124,11	4.960,32	27,21	0,47	0,5142	6.010,59	10.642,10	5.279,47
18	6000	3.088,47	4.460,67	21,87	0,38	0,4014	4.958,90	5.709,65	3.377,76
19	6000	1.717,18	4.381,38	20,54	0,36	0,3747	4.832,31	4.248,03	3.556,52
20	8000	12.381,58	5.267,76	22,56	0,39	0,4154	6.017,76	16.249,22	5.271,30
21	8000	13.790,25	5.371,53	23,90	0,42	0,4431	6.190,08	17.766,06	5.067,83
22	8000	14.017,97	5.242,51	21,44	0,37	0,3927	5.932,28	17.762,00	5.367,32
23	8000	15.081,36	5.310,28	22,56	0,39	0,4154	6.057,14	18.929,69	5.226,00
24	8000	15.276,95	5.352,85	21,68	0,38	0,3975	6.047,85	19.000,42	5.236,74
25	8000	16.309,47	5.418,60	22,72	0,40	0,4187	6.166,47	20.128,18	5.096,53
26	8000	16.997,53	5.357,64	28,40	0,50	0,5407	6.450,68	21.453,03	4.731,67
27	8000	17.829,31	5.400,14	29,25	0,51	0,5600	6.544,35	22.348,50	4.601,24
27	8000	17.800,71	5.400,98	29,16	0,51	0,5580	6.539,30	22.310,93	4.608,43
27	8000	17.929,19	5.397,19	29,56	0,52	0,5672	6.561,80	22.479,12	4.576,33
28	8000	18.880,69	5.435,02	30,76	0,54	0,5952	6.675,79	23.526,05	4.408,38
28	8000	18.718,65	5.440,58	30,25	0,53	0,5832	6.646,98	23.314,66	4.451,70
28	8000	18.503,87	5.447,86	29,58	0,52	0,5676	6.609,65	23.033,94	4.506,94
29	8000	19.486,84	5.482,65	30,91	0,54	0,5987	6.729,58	24.125,81	4.325,82
29	8000	19.147,19	5.495,63	29,85	0,52	0,5739	6.671,20	23.682,42	4.415,32
29	8000	19.722,05	5.732,80	31,73	0,55	0,6183	7.014,83	24.332,43	3.846,05
30	8000	20.709,30	5.763,49	33,10	0,58	0,65	7.137,92	25.428,82	3.612,50
30	8000	20.968,15	5.992,17	34,01	0,59	0,67	7.412,67	25.677,56	3.008,72
NAVE 3	8000	11.508,88	5.334,18	33,86	0,59	0,67	6.796,95	16.466,98	4.219,17