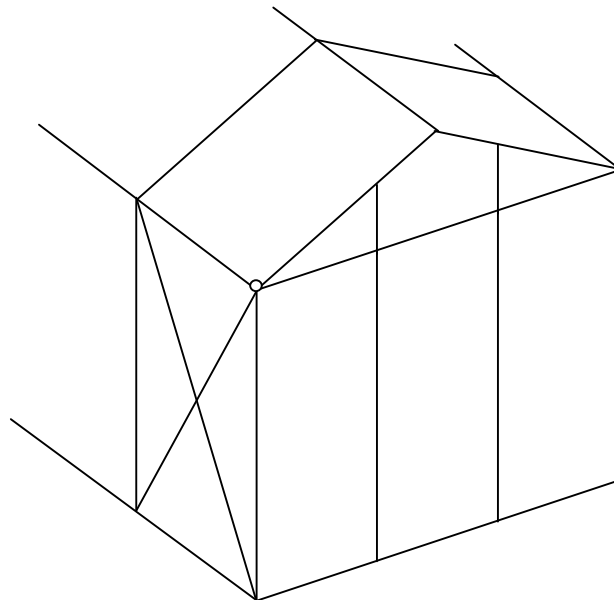


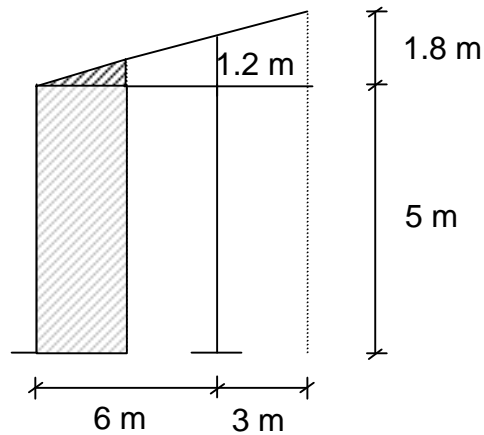
Calcular el soporte extremo de la nave, la placa de anclaje y, si es necesario, las cartelas, del supuesto recogido en la figura, sabiendo que: La altura del pilar es de 5 m. La separación entre pilares es de 8 m en sentido longitudinal y 6 m en sentido transversal (el del hastial). Las solicitaciones a que está sometido son una carga axial de 10 t, incluyendo el peso propio del perfil, y unos momentos flectores, debido al viento, que se calcularán sabiendo que la nave está situada en Albacete, la luz es 18 m y la altura de la cumbrera es de 6.8 m.

El pilar se proyecta como empotrado en la base y articulado en cabeza, en ambos sentidos, longitudinal y transversal. Utilizar para su dimensionamiento un perfil HEB.

Para el cálculo de la placa de anclaje,  $f_{yk} = 410 \text{ N/mm}^2$  y  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ .



## Cálculo del soporte



$$\frac{1.8}{9} = \frac{x}{6} \rightarrow x = 1.20\text{m}$$

### ✓ Obtención del momento debido al viento

Para su cálculo recurrimos a la Norma, teniendo en cuenta que la nave se encuentra en Albacete:

Zona eólica W  
Situación topográfica Normal  
Adoptando una altura de 6 m

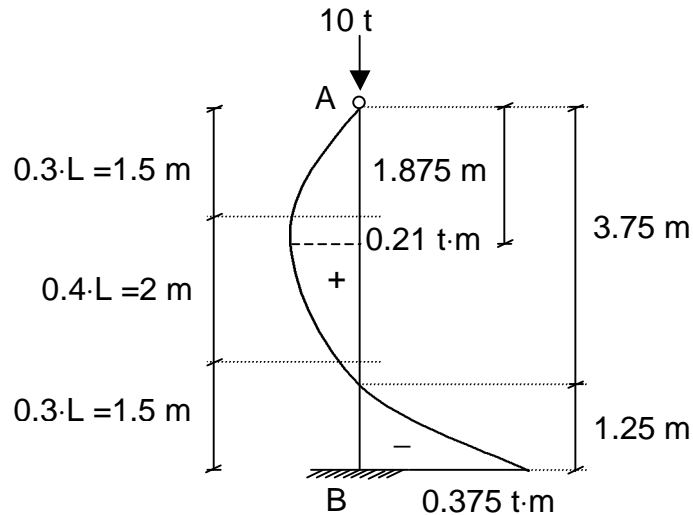
}  $q = 60 \text{ kg/m}^2$

$$p = \frac{2}{3} \cdot q = 40 \text{ kg/m}^2$$

### ✗ Sentido longitudinal

Despreciando la zona triangular rayada, y teniendo en cuenta que la separación entre los pilares del hastial es de 6m, se obtiene la carga uniforme de viento que actúa sobre el soporte:

$$q = 40 \text{ kg/m}^2 \cdot 3 \text{ m} = 120 \text{ kg/m}$$



$$M_{\text{máx}} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{120 \cdot 5^2}{8} = 375 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{Máx rel}} = \frac{9}{128} \cdot q \cdot l^2 = \frac{9}{128} \cdot 120 \cdot 5^2 = 210.94 \text{ kg} \cdot \text{m} \text{ en } x = \frac{3}{8} \cdot l = 1.875 \text{ m}$$

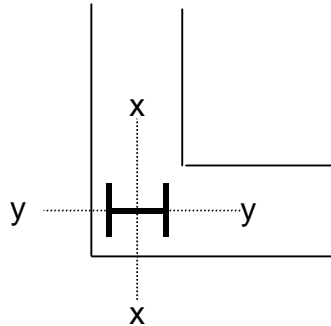
**X** Sentido transversal

Para el cálculo de la carga uniforme de viento que provoca la flexión en sentido transversal hemos de tener en cuenta la separación entre los pilares en el plano longitudinal, que es de 8 m, por lo que la sobrecarga uniforme que actúa sobre el soporte es:

$$q = 40 \text{ kg/m}^2 \cdot 4 \text{ m} = 160 \text{ kg/m}$$

$$M_{\text{máx}} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{160 \cdot 5^2}{8} = 500 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

✓ Colocación del perfil



✓ Comprobaciones

Tanteamos con un HEB 100

$$\begin{aligned} A &= 26 \text{ cm}^2 \\ W_x &= 90 \text{ cm}^3 & W_y &= 33 \text{ cm}^3 \\ i_x &= 4.16 \text{ cm} & i_y &= 2.53 \text{ cm} \end{aligned}$$

✗ Sentido longitudinal (Indesplazable)

Resistencia:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{10000}{26} + \frac{37500}{33} = 1521 \text{ kg/cm}^2$$

Pandeo:

$$\lambda_y = \frac{l_{ky}}{i_y} = \frac{\beta \cdot l}{i_y} = \frac{0.7 \cdot 500}{2.53} = 139 \rightarrow \omega = 3.45$$

$$\sigma = \frac{N}{A} \cdot \omega + \frac{M_{0.4y}}{W_y} = \frac{10000}{26} \cdot 3.45 + \frac{21094}{33} = 1967 \text{ kg/cm}^2$$

$1796 \text{ kg/cm}^2 > 1733 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{No Admisible}$

Tanteamos con un HEB 120

$$\begin{aligned} A &= 34 \text{ cm}^2 \\ W_x &= 144 \text{ cm}^3 & W_y &= 53 \text{ cm}^3 \\ i_x &= 5.04 \text{ cm} & i_y &= 3.06 \text{ cm} \end{aligned}$$

Resistencia:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{10000}{34} + \frac{37500}{53} = 1002 \text{ kg/cm}^2$$

Pandeo:

$$\lambda_y = \frac{l_{ky}}{i_y} = \frac{\beta \cdot l}{i_y} = \frac{0.7 \cdot 500}{3.06} = 115 \rightarrow \omega = 2.49$$

$$\sigma = \frac{N}{A} \cdot \omega + \frac{M_{0.4y}}{W_y} = \frac{10000}{34} \cdot 2.49 + \frac{21094}{53} = 1131 \text{ kg/cm}^2$$

$1131 \text{ kg/cm}^2 < 1733 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{Admisible}$

**X** Sentido transversal (Desplazable)

Resistencia:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{W_x} = \frac{10000}{34} + \frac{50000}{144} = 642 \text{ kg/cm}^2$$

Pandeo:

$$\lambda_y = \frac{l_{kx}}{i_x} = \frac{\beta \cdot l}{i_x} = \frac{0.7 \cdot 500}{5.04} = 70 \rightarrow \omega = 1.34 < 2.49$$

$$\sigma = \frac{N}{A} \cdot \omega + \frac{M_x}{W_x} = \frac{10000}{34} \cdot 2.49 + \frac{50000}{144} = 1079.6 \text{ kg/cm}^2$$

$$742 \text{ kg/cm}^2 < 1733 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{Admisible}$$

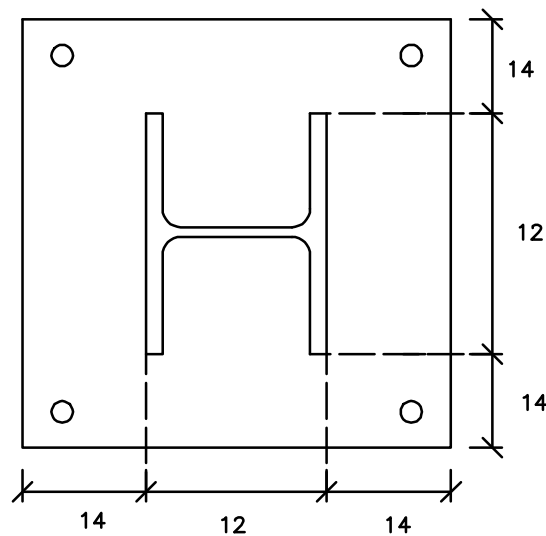
## Cálculo de la placa de anclaje

### ✓ Predimensionamiento

Para ello recurrimos a los ábacos que proporciona Cudós, V.<sup>(\*)</sup>

$$\left. \begin{array}{l} a = 0.40 \text{ m} \\ b = 0.6 \cdot a = 0.6 \cdot 0.40 = 0.24 \text{ m} \end{array} \right\} 40 \times 40 \text{ cm}$$

Teniendo en cuenta que existen momentos actuantes similares en ambos sentidos, y para no duplicar los cálculos, adoptamos unas dimensiones de placa cuadradas, de 40 x 40 cm.



<sup>(\*)</sup> CUDOS SAMBLANCAT, V. 1978. *Cálculo de estructuras de acero*. H. Blume Ediciones. Madrid. 867 p.

✓ Cálculo de la excentricidad mecánica

$$\left. \begin{aligned} e &= \frac{M}{N} = \frac{500 \text{ kg} \cdot \text{m}}{10000 \text{ kg}} = 0.05 \text{ m} = 5 \text{ cm} \\ \frac{a}{6} &= \frac{40}{6} = 6.67 \text{ cm} \end{aligned} \right\} e < \frac{a}{6}$$

Por tanto, estamos en compresión compuesta.

✓ Tensión admisible del hormigón

$$\sigma_{\text{adm.H}} = \frac{f_{\text{ck}}}{\gamma_c \cdot \gamma_f} = \frac{250}{1.5 \cdot 1.6} = 104.17 \text{ kg/cm}^2$$

✓ Tensiones máxima y mínima

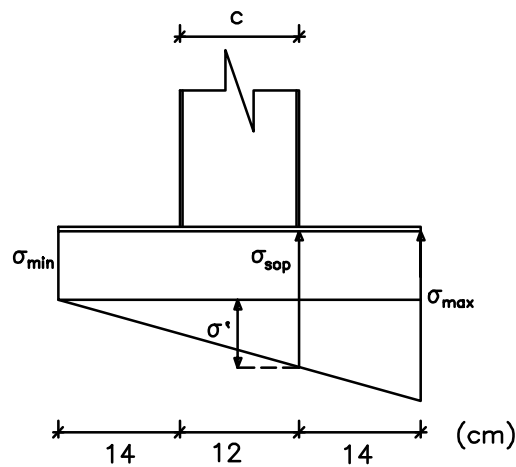
$$\sigma_{\text{media}} = \frac{N}{a \cdot b} = \frac{10000}{40 \cdot 40} = 6.25 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \sigma_{\text{med}} \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot e}{a} \right)$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 6.25 \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot 5}{40} \right) = 10.94 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{máx}} < \sigma_{\text{adm.H}}$$

$$\sigma_{\text{mín}} = \sigma_{\text{media}} \cdot \left( 1 - \frac{6 \cdot e}{a} \right) = 6.25 \cdot \left( 1 - \frac{6 \cdot 5}{40} \right) = 1.57 \text{ kg/cm}^2$$



✓ Tensión en la cara externa del pilar ( $\sigma_{sop}$ )

Para ello recurrimos a calcular previamente  $\sigma'$ .

$$\frac{\sigma_{\text{máx}} - \sigma_{\text{mín}}}{a} = \frac{\sigma'}{a+c}$$

$$\sigma' = \frac{a+c}{2 \cdot a} \cdot (\sigma_{\text{máx}} - \sigma_{\text{mín}}) = \frac{40+12}{2 \cdot 40} \cdot (10.94 - 1.57) = 6.09 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{sop} = \sigma_{\text{mín}} + \sigma'$$

$$\sigma_{sop} = 1.57 + 6.09 = 7.66 \text{ kg/cm}^2$$

✓ Distancia del cdg del trapecio de tensiones al soporte

$$\text{cdg} = \frac{a-c}{6} \cdot \frac{2 \cdot \sigma_{\text{máx}} + \sigma_{sop}}{\sigma_{\text{máx}} + \sigma_{sop}}$$

$$\text{cdg} = \frac{40-12}{6} \cdot \frac{2 \cdot 10.94 + 7.66}{10.94 + 7.66} = 7.41 \text{ cm}$$

✓ Momento flector resultante en la placa

$$M = \frac{\sigma_{\text{máx}} + \sigma_{\text{sop}}}{2} \cdot \left( \frac{a - c}{2} \right) \cdot b \cdot cdg$$

$$M = \frac{10.94 + 7.66}{2} \cdot \left( \frac{40 - 12}{2} \right) \cdot 40 \cdot 7.41 = 38591.3 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

✓ Espesor de la placa

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M}{b \cdot \sigma_{\text{adm}}}}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot 38591.3}{40 \cdot 1733}} = 1.83 \text{ cm}$$

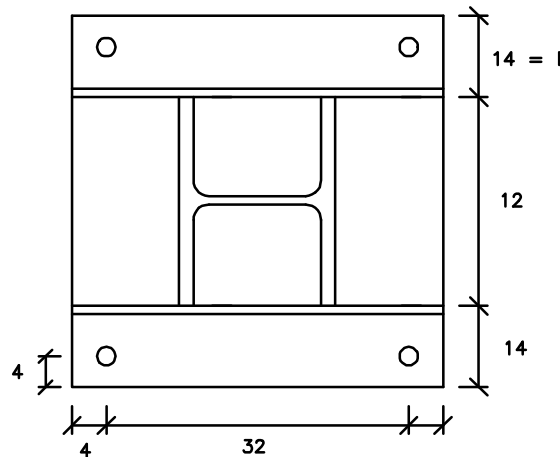
Adoptamos un espesor de placa de 20 mm

✓ Soldabilidad

	Máximo	Mínimo
Alma:6.5 mm	4.5	2.5
Ala:11 mm	7.5	4.0
Placa:20 mm	14.0	6.0
Alma + placa	Incompatibles	

Como el alma y la placa no son soldables, en principio adoptamos la solución de colocar cartelas, con lo que deberemos calcular el nuevo espesor de placa que obtenemos en este supuesto.

✓ Nuevo espesor de placa



$$M = \frac{\sigma_c \cdot l^2}{2} = \frac{10.94 \cdot 14^2}{2} = 1072.12 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$M' = \frac{\sigma_c}{8} \cdot b \cdot (b - 4 \cdot l) = \frac{10.94}{8} \cdot 40 \cdot (40 - 4 \cdot 14) = -875.2 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M}{\sigma_{adm}}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 1072.12}{1733}} = 1.93 \text{ cm}$$

Adoptamos un espesor de 20 mm, que tampoco va a ser soldable, por lo que desdoblamos la placa.

✓ Espesor de las cartelas

$$R = \frac{(\sigma_{m\acute{a}x} + \sigma_{sop}) \cdot b \cdot (a - c)}{8}$$

$$R = \frac{(10.94 + 7.66) \cdot 40 \cdot (40 - 12)}{8} = 2604 \text{ kg}$$

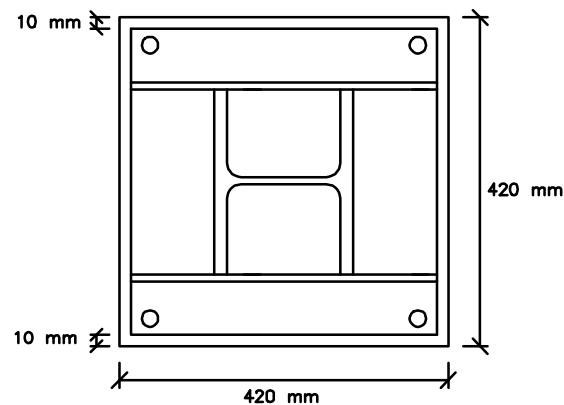
$$e_1 = \frac{2 \cdot R}{(a - c) \cdot \sigma_{adm}} = \frac{2 \cdot 2604}{(40 - 12) \cdot 1733} = 0.11 \text{ cm}$$

Adoptamos cartelas de 8 mm

✓ Soldabilidad

	Máximo	Mínimo
Alma:6.5 mm	4.5	2.5
Ala:11 mm	7.5	4.0
Placa superior:10 mm	7.0	4.0
Placa inferior:10 mm	7.0	4.0
Cartela:8 mm	5.5	3.0
<hr/>		
Alas + alma + placa	4.5 – 4.0	
Alas + placa + cartelas	5.5 – 4.0	

Resultado final:



✓ Pernos de anclaje

A pesar de que la placa está solicitada a compresión compuesta, y por tanto no existir tracciones, la NBE EA-95 exige la colocación de al menos un perno de anclaje en cada borde de la basa.

Si adoptamos colocar redondos de diámetro 16, la longitud de anclaje resultante será:

Como estamos en posición I,  $l_b = m \cdot \phi^2 \leq \frac{f_{yk}}{20} \cdot \phi$

Al ser acero B 400S y hormigón H-25,  $m = 12$ .

$$\left. \begin{array}{l} 12 \cdot 1.6^2 = 30.72 \text{ cm} \\ \frac{400}{20} \cdot 1.6 = 32 \text{ cm} \end{array} \right\} l_b = 32 \text{ cm}$$

Terminación en patilla:

$$0.7 \cdot l_b = 0.7 \cdot 32 = 22.4 \text{ cm} \rightarrow \text{Adoptamos } 25 \text{ cm}$$