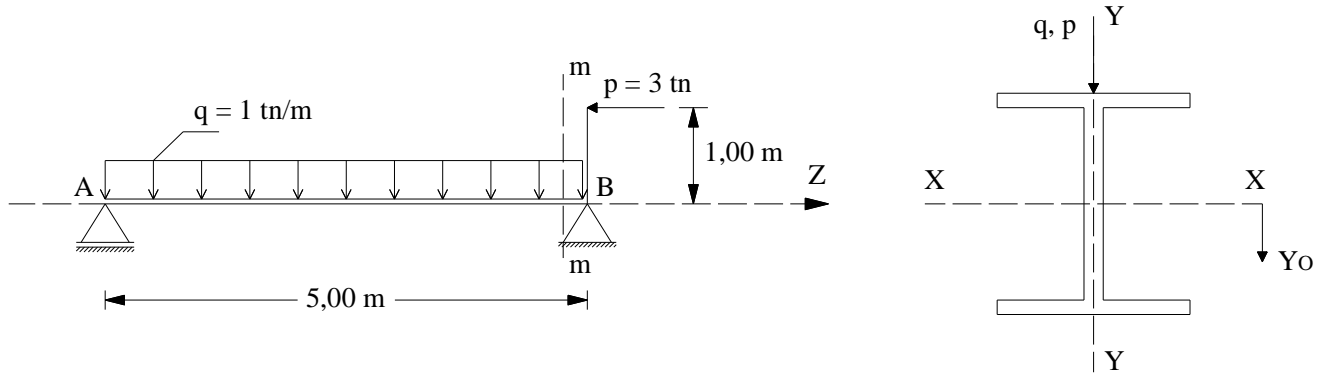
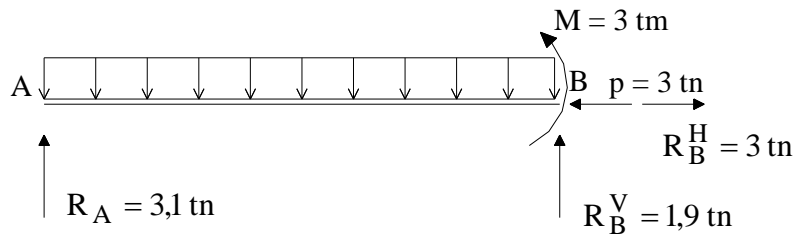


T. P. N° 6/7.1:

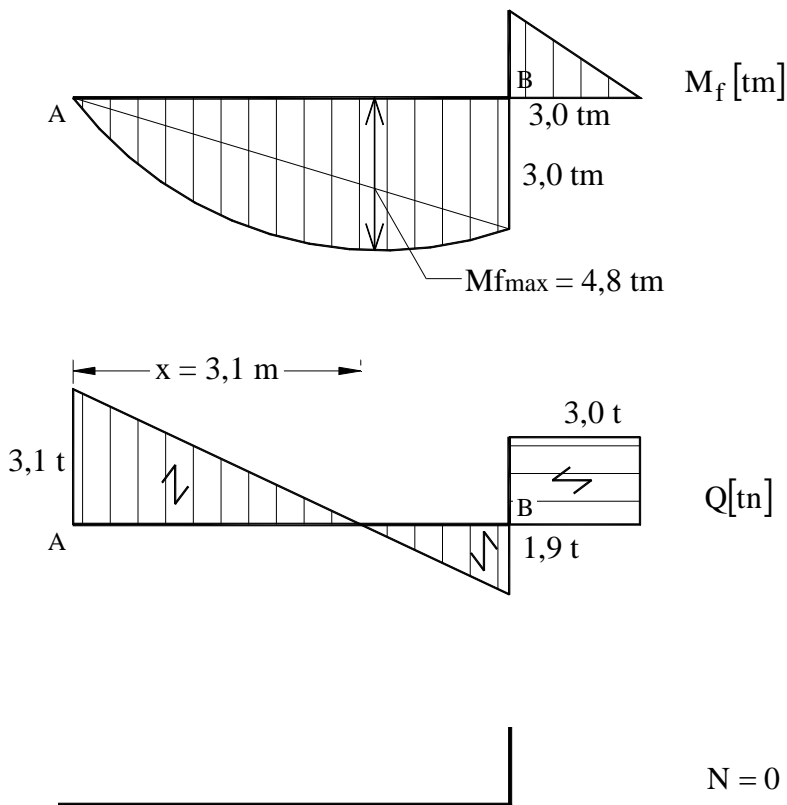
- a) Dimensionar la siguiente viga con un P.N.I. - $\sigma_{adm} = 1,40 \text{ t/cm}^2$
 b) Para la sección m-m y la fibra $y_0 = \frac{h}{3}$ hallar las tensiones principales.



a) i) Determinación del diagrama de cuerpo libre



ii) Determinación de las solicitaciones



iii) Dimensionamiento a flexión recta simple.

Estamos en presencia de un sistema isostático donde el plano de momentos (plano YZ) es perpendicular a la sección transversal de la viga y contiene un eje principal de inercia de la sección (eje Y), por lo tanto, las solicitaciones que se producen son de flexión recta. Como no existe esfuerzo normal, la flexión recta es simple. Las tensiones σ son perpendiculares a la sección transversal, es decir que tiene la dirección del eje Z.

Recordando que dimensionar una pieza consiste en determinar las dimensiones de la sección necesarias para que las tensiones de trabajo durante su vida útil sean menores que la tensión admisible, tenemos:

$$\sigma_{\max \text{ viga}} = \frac{M_{f \max}}{W_{\text{nec}}} \leq \sigma_{\text{adm.}} \Rightarrow W_{\text{nec}} \geq \frac{M_{f \max}}{\sigma_{\text{adm.}}}$$

$\sigma_{\max. \text{ viga}}$ = Tensión máxima en la sección más solicitada de toda la viga.

$M_{f \max.}$ = Momento flector máximo de toda la viga.

W_{nec} = Módulo resistente a flexión necesario.

σ_{adm} = Tensión admisible del material.

Con el valor del W_{nec} , se entra en la tabla de perfiles adoptando el que posea un W_x igual, próximo o mayor al necesario.

$$W_{\text{nec}} = \frac{M_{f \max}}{\sigma_{\text{adm}}} = \frac{480 \text{ t.cm.cm}^2}{1,4 \text{ tn}} = 342,86 \text{ cm}^3$$

De Tablas:

Adoptamos:

1 P.N.I. N° 240

$$W_x = 354 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 4250 \text{ cm}^4$$

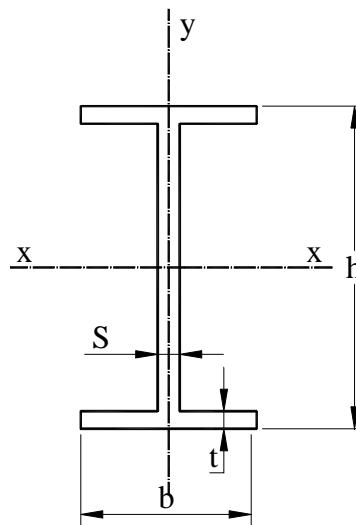
$$b = 106 \text{ mm}$$

$$h = 240 \text{ mm}$$

$$t = 13,1 \text{ mm}$$

$$S = 8,7 \text{ mm}$$

$$S_x = 206 \text{ cm}^3$$



iv) Verificación de la condición de resistencia

$$\sigma_{\max \text{ trab.}} = \frac{M_{f \max}}{W_{\text{adop.}}} = \frac{480 \text{ tcm}}{354 \text{ cm}^3} = 1,36 \text{ tn/cm}^2 < \sigma_{\text{adm}} = 1,40 \text{ tn/cm}^2 \Rightarrow \text{Buenas Condiciones}$$

b) i) Con las solicitaciones correspondientes a la sección m-m de la viga (M_f , Q) procedemos a determinar los diagramas de tensiones en la sección.

Sección m-m:

$$\left. \begin{array}{l} M_f = 300 \text{ tn.cm} \\ Q = 1900 \text{ Kg} \end{array} \right\}$$

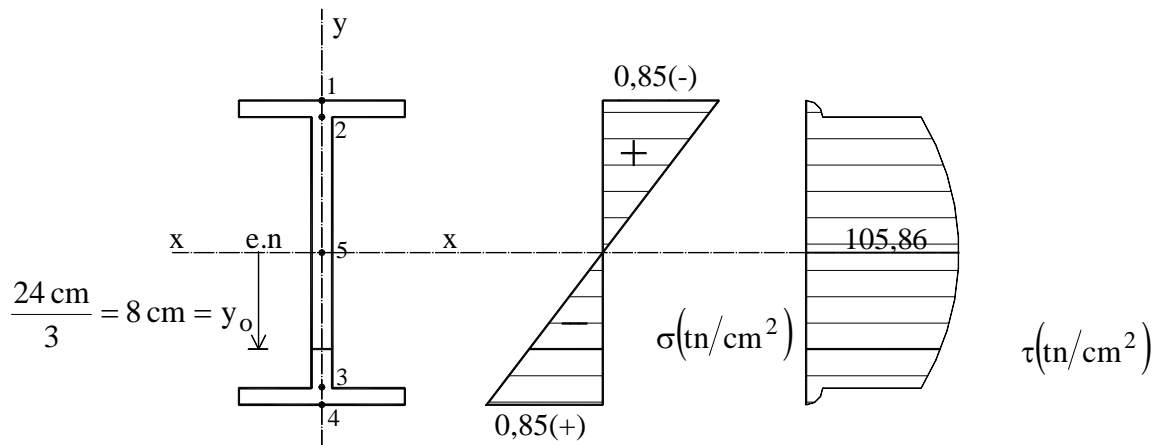


Diagrama de Tensiones Normales σ

Como es un diagrama de doble triángulo, para su representación sólo se necesita el valor de σ en los puntos extremos (1 y 4), siendo $\sigma=0$ en el eje neutro (pto.5)

$$\sigma_1 = \sigma_4 = \frac{M_{f \text{ m-m}}}{W_x} = \frac{300 \text{ tn.cm}}{354 \text{ cm}^3} = 0,85 \text{ tn/cm}^2$$

$$\sigma_5 = 0$$

$$\sigma_{y_0} = \frac{M_{f \text{ m-m}}}{I_x} y_0 = \frac{300 \text{ tn.cm}}{4250 \text{ cm}^4} \times 8 \text{ cm} = 0,56 \text{ tn/cm}^2$$

Diagrama de Tensiones Tangenciales τ

Según Colignon:

$$\tau = \frac{Q \times S_y}{I_x \times b}$$

Q = Esfuerzo de corte de la sección que se analiza, considerando su signo.

S_y = Momento estático de la sección superior o inferior a la fibra considerada, respecto del eje neutro.

I_x = Momento de inercia axial de toda la sección respecto del eje neutro.

b = Ancho de la fibra considerada.

$$\tau_1 = \frac{-1900 \text{ Kg} \times 0}{I_x \times b} = 0$$

$$\tau_{2 \text{ sup.}} = \frac{-1900 \text{ Kg} (10,6 \text{ cm} \times 1,31 \text{ cm} \times 11,35 \text{ cm})}{4250 \text{ cm}^4 \times \underbrace{10,6 \text{ cm}}_{b_{2 \text{ sup.}}}} = -6,65 \text{ Kg/cm}^2$$

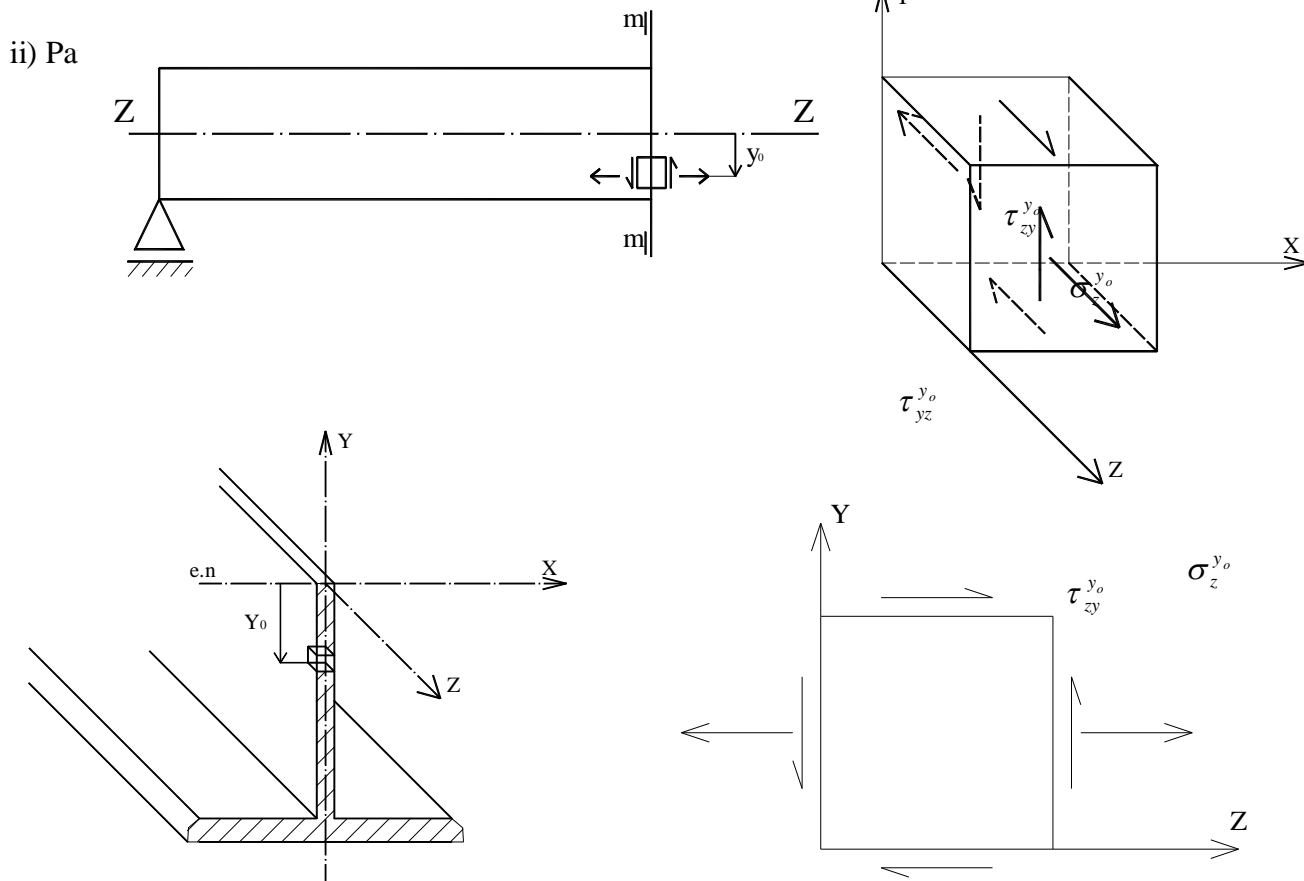
$$\tau_{2 \text{ inf.}} = \frac{-1900 \text{ Kg} \times (10,6 \text{ cm} \times 1,31 \text{ cm} \times 11,35 \text{ cm})}{4250 \text{ cm}^4 \times \underbrace{0,87 \text{ cm}}_{b_{2 \text{ inf.}}}} = -80,99 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\left. \begin{aligned} \tau_{3 \text{ sup.}} &= \tau_{2 \text{ inf.}} \\ \tau_{3 \text{ inf.}} &= \tau_{2 \text{ sup.}} \\ \tau_4 &= \tau_1 \end{aligned} \right\} \text{Por simetría}$$

$$\tau_{\max} = \tau_5 = \frac{-1900 \text{ Kg} \times 206 \text{ cm}^3}{4250 \text{ cm}^4 \times 0,87 \text{ cm}} = -105,86 \text{ Kg/cm}^2$$

(*) El momento estático de media sección del perfil I aparece indicado en la tabla de perfiles como S_x .

$$\tau_{Y_0} = \frac{-1900 \text{ Kg} \times (206 \text{ cm}^3 - 8 \text{ cm} \times 0,87 \text{ cm} \times 4 \text{ cm})}{4250 \text{ cm}^4 \times 0,87 \text{ cm}} = -91,55 \text{ Kg/cm}^2$$



Las tensiones principales se pueden determinar analíticamente a través de las siguientes expresiones.

$$\sigma_{\max/\min} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \frac{0 + 0,56}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{0 - 0,56}{2}\right)^2 + (-0,092)^2}$$

$$= 0,28 \text{ tn/cm}^2 \pm 0,295 \text{ tn/cm}^2 \left\{ \begin{array}{l} \sigma_{\max} = +0,575 \text{ tn/cm}^2 \\ \sigma_{\min} = -0,015 \text{ tn/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$\tau_{\max/\min} = \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \pm \sqrt{\left(\frac{0 - 0,56}{2}\right)^2 + (-0,092)^2}$$

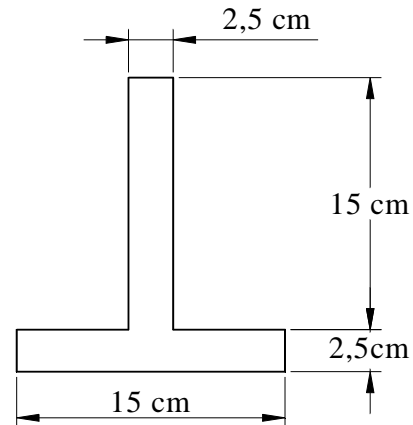
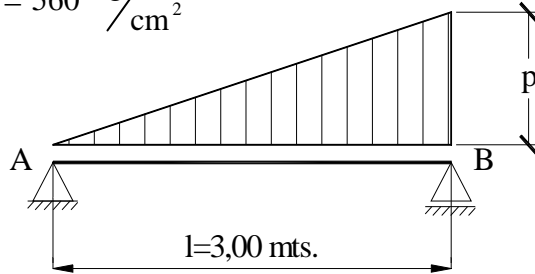
$$= \pm 0,295 \text{ tn/cm}^2 \left\{ \begin{array}{l} \sigma_{\max} = +0,295 \text{ tn/cm}^2 \\ \sigma_{\min} = -0,295 \text{ tn/cm}^2 \end{array} \right.$$

T.P.N° 6/7.2:

Determinar la carga P a aplicar a la viga de hierro si la tensión admisible de ese material es:

$$\sigma_{adm(-)} = 840 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{adm(+)} = 560 \text{ Kg/cm}^2$$



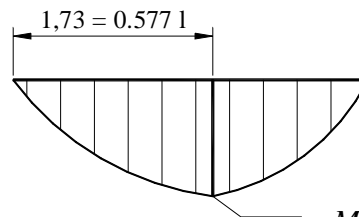
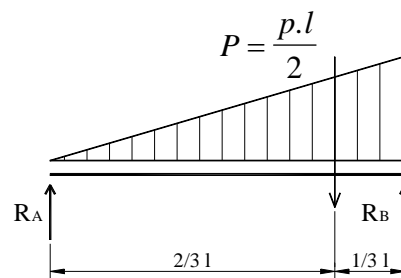
1) Cálculo de solicitaciones.

$$R_A = \frac{p \times l}{6}$$

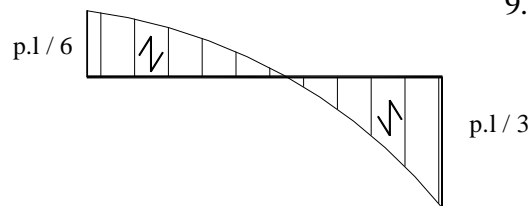
$$R_B = \frac{p \times l}{3}$$

$$\frac{p}{l} = \frac{p \times x}{x}$$

$$p \cdot x = \frac{p \times x}{1}$$



$$M_{max} = \frac{p \cdot l^2}{9 \cdot \sqrt{3}}$$



Cálculo del M_{max}

$$Q_x = 0$$

$$R_A - \frac{p_x \times x}{2} = \frac{p \times l}{6} - \frac{p \times x^2}{2 \times 1} = 0$$

$$x_0 = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,577 \times 1$$

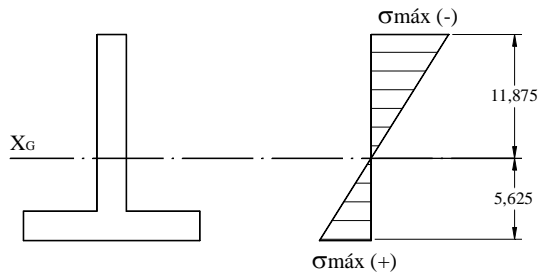
$$M_{max} = R_A \times x_0 - p_x \times \frac{x_0}{2} \times \frac{x_0}{3}$$

$$M_{max} = \frac{p \times l^2}{9 \times \sqrt{3}}$$

2) Características geométricas de la sección

$$Y_G = \frac{(15 \times 2,5) \times 1,25 + (2,5 \times 15) \times 10}{2 \times (2,5 \times 15)} = 5,6 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{15 \times 2,5^3}{12} + 37,5 \times 4,375^2 + \frac{2,5 \times 15^3}{12} + 37,5 \times 4,375^2 = 2158,2 \text{ cm}^4$$



$$Y_G = 5,625 \text{ cm}$$

$$I_{XG} = 2158 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{\max(-)} = \frac{M_{\max \text{ adm}(-)}}{I_x} \times 11,875 \leq \sigma_{\text{adm}(-)} = 0,84 \text{ t/cm}^2$$

$$M_{\max \text{ adm}(-)} = 153 \text{ tcm}$$

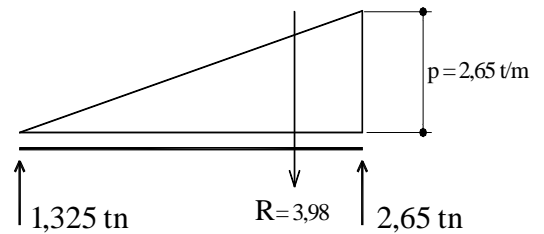
$$\sigma_{\max(+)} = \frac{M_{\max \text{ adm}(+)}}{I_x} \times 5,625 \leq \sigma_{\text{adm}(+)} = 0,56 \text{ t/cm}^2$$

$$M_{\max \text{ adm}(+)} = 215 \text{ tcm}$$

Se elige el menor: $M_{\max \text{ adm secc.}} = 153 \text{ tcm}$

$$M_{\max} = \frac{p \times l^2}{9 \times \sqrt{3}} \leq M_{\max \text{ adm.}} = 153 \Rightarrow p = \frac{1,53 \times 9 \times \sqrt{3}}{l^2}$$

$$\Rightarrow p = 2,65 \text{ t/m}$$



T.P.N° 6/7.3

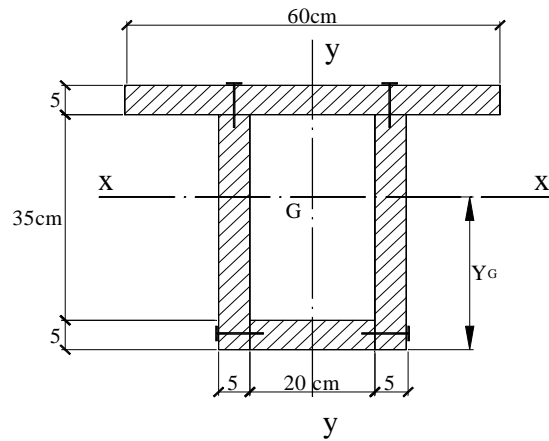
Para la sección armada de la figura determinar:

- El momento admisible (M_{adm} Flexión recta)
- El esfuerzo de corte máximo que resiste ($Q_{máx}$), en función de la tensión τ_{adm} . del material.
- Para el $Q_{máx}$ hallado, la separación máxima de los clavos superiores e inferiores.

$$\sigma_{adm.} = 100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\tau_{adm.} = 10 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_c = 70 \text{ Kg}$$



Características de la sección:

$$Y_G = \frac{60 \times 5 \times 42,5 + 2 \times 40 \times 5 \times 20 + 20 \times 2,5 \times 5}{60 \times 5 + 2 \times 40 \times 5 + 20 \times 5} = 26,25 \text{ cm}$$

$$I_{XG} = \frac{60 \times 5^3}{12} + 60 \times 5 \times 16,25^2 + 2 \times 5 \times \frac{40^3}{12} + 2 \times 40 \times 5 \times 6,25^2 + 20 \times \frac{5^3}{12} + 5 \times 20 \times 23,75^2$$

$$I_{XG} = 205.416,67 \text{ cm}^4$$

a) Para la condición máxima $\sigma_{max} = \sigma_{adm}$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{adm}}{I_{XG}} \times y_{max} = \sigma_{adm} \Rightarrow M_{adm} = \frac{\sigma_{adm} \times I_{XG}}{y_{max}}$$

$$M_{adm} = \frac{100 \text{ Kg} \times 205416,67 \text{ cm}^4}{\text{cm}^2 \times 26,25 \text{ cm}} = 782539,7 \text{ Kgcm} = 7,83 \text{ tm} = M_{adm}$$

b) Para la condición máxima: $\tau_{max} = \tau_{adm}$

$$\tau_{max} = \frac{Q_{max} \times S_n}{b \times I_{XG}} = \tau_{adm} \Rightarrow Q_{max} = \frac{\tau_{adm.} \times b \times I_{XG}}{S_n}$$

$$S_n = 2 \times 26,25 \times 5 \times \frac{26,25}{2} + 20 \times 5 \times 23,75 = 5820,31 \text{ cm}^3$$

$$Q_{max} = \frac{10 \text{ Kg/cm}^2 \times 10 \text{ cm} \times 205416,67 \text{ cm}^4}{5820,31 \text{ cm}^3} = 3529 \text{ Kg} \cong 3,53 \text{ tm}$$

c) Separación máxima de los clavos:

$$H = \tau \times b = \frac{Q \times S_n}{I} \rightarrow \text{Esfuerzo rasantes (por unidad de longitud del eje de la pieza)}$$

c/ elemento de unión debe absorber el esfuerzo que le corresponde en su zona de influencia.

$$n \times f_c \geq H \times e \Rightarrow e \leq \frac{n \times f_c}{H} = \frac{n \times f_c \times I}{Q \times S_n}; n = n^\circ \text{ de elemento en paralelo en la seccion}$$

$$e \leq \frac{n \times f_c \times I_{XG}}{Q_{\max} \times S}$$

- Superiores:

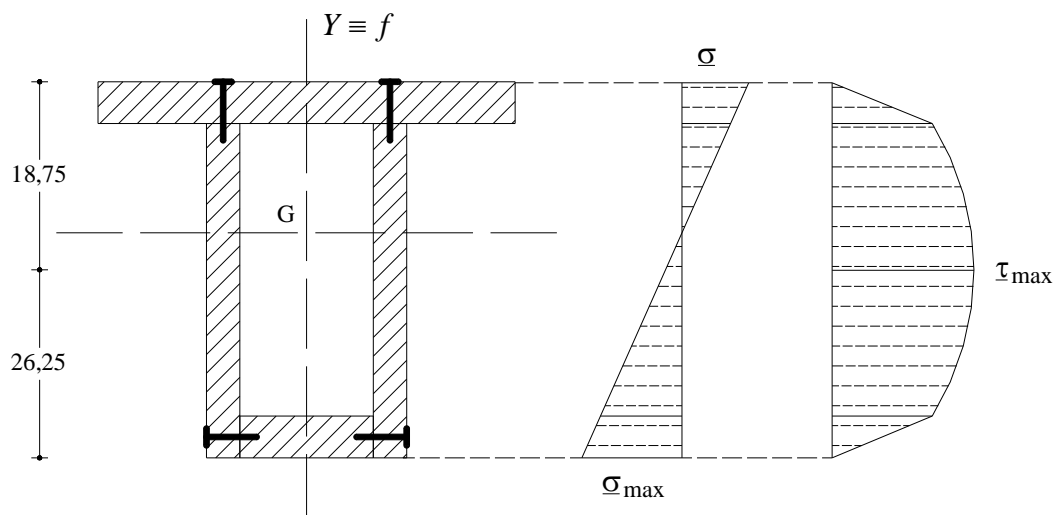
$$S_s = 60 \times 5 \times 16,25 = 4875 \text{ cm}^3$$

$$e_{s \max z} = \frac{2 \times 70 \text{ Kg} \times 205416,67 \text{ cm}^4}{3529,3 \text{ Kg} \times 4875 \text{ cm}^3} = 1,67 \text{ cm} = e_{s \max}$$

- Inferiores:

$$S_i = 20 \times 5 \times 23,75 = 2375 \text{ cm}^3$$

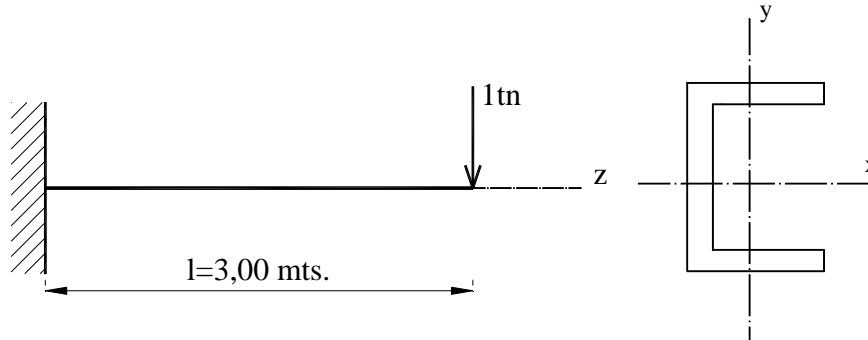
$$e_{i \max} = \frac{2 \times 70 \text{ Kg} \times 205416,67 \text{ cm}^4}{3529,3 \text{ Kg} \times 2375 \text{ cm}^3} = 3,43 \text{ cm} = e_{i \max}$$



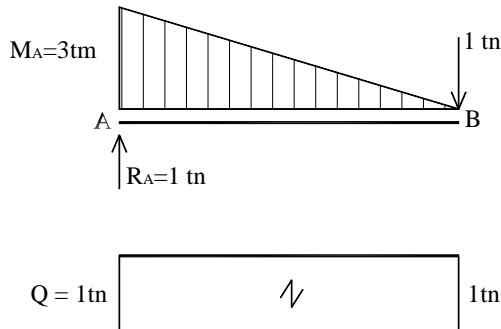
T.P. N° 6/7.4:

Para la siguiente viga en voladizo se pide:

- a) Dimensionar con un P.N.I. $\sigma_{adm} = 1,4 \text{ tn/cm}^2$
- b) Hallar la ubicación del Centro de Corte.



a) Análisis estático:



Dimensionamiento:

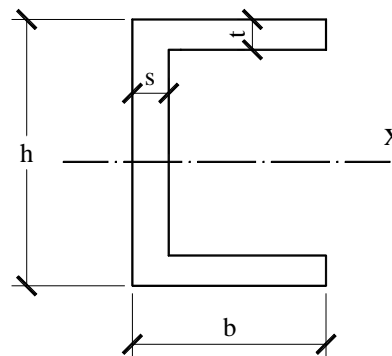
A flexión:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x} \leq \sigma_{adm}$$

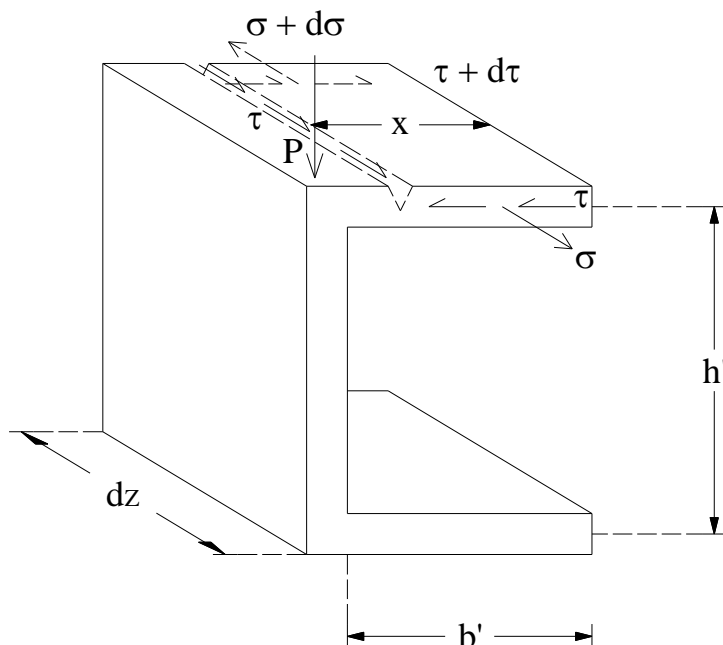
$$W_{nec.} \geq \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}} = \frac{300 \text{ tcm}}{1,4 \text{ t/cm}^2} = 214,29 \text{ cm}^2$$

Adoptamos: P.N.C. 22

$$\left\{ \begin{array}{l} W_x = 245 \text{ cm}^2 \\ h = 22 \text{ cm} \\ b = 8 \text{ cm} \\ s = 0,9 \text{ cm} \\ t = 1,25 \text{ cm} \\ I_x = 2690 \text{ cm}^4 \end{array} \right.$$



b) Analicemos ahora lo que sucede en esta sección C.



En un elemento diferencial de longitud dz , y en él una parte del ala de ancho x .

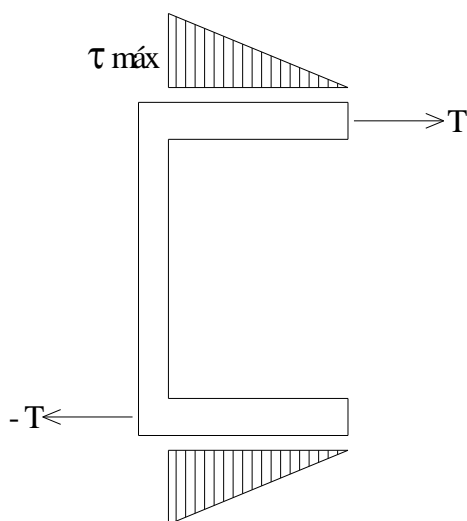
Como está sometida a flexión en la cara anterior actúan σ y en la posterior $\sigma + d\sigma$.

Para contrarrestar el efecto de $d\sigma$ y restablecer el equilibrio aparecen tensiones de corte τ en la misma dirección. Y por el Teorema de Cauchy, en el plano del ala se originaran tensiones τ que concurren o se alejan de una arista; estas son:

$$\tau = \frac{Q \times S}{I_x \times b}; \quad b = t$$

$$\therefore \tau_{zx} = \frac{Q \times t \times h'}{I_x \times t \times 2} x = \frac{Q \times h'}{2 \times I_x} x = c \times x$$

Significa que la variación de τ_{zx} es lineal a lo largo del ala; y pasa de un valor máximo a un valor nulo.



$$\tau_{\max} = \frac{Q \times h'}{2 \times I_x} \times b'$$

Estas tensiones τ tienen una resultante T en cada ala, que es de igual magnitud y dirección, pero de sentido opuesto (Tienen el sentido de las $(\tau + d\tau)$ que son mayores y se producen en este caso, sobre la cara posterior).

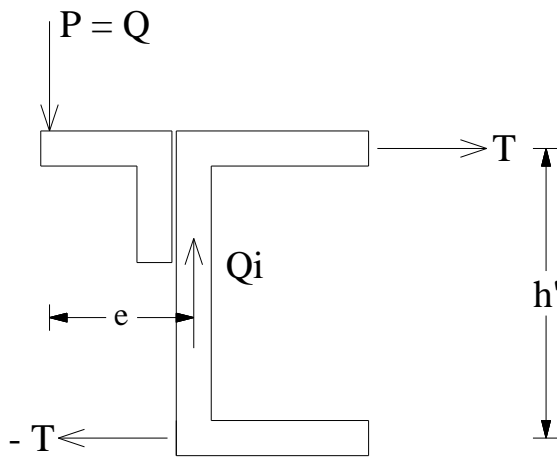
Estas T se pueden calcular por integración del diagrama de τ sobre el área del ala: $T = \sum_{i=1}^n \tau_i \times \Omega_i$; o por

consideración de un $\tau_{\text{medio}} = \frac{\tau_{\max}}{2} \therefore T = \frac{\tau_{\max}}{2} \times b' \times t$

Las resultantes T y $-T$ generan una cupla cuyo momento es: $M = T \times h' = \frac{Q \times b'^2 \times h'^2 \times t}{4 I_x}$ y produce torsión del perfil U.

Para equilibrar este efecto es necesario que la fuerza P actúa desplazada una distancia e del centro del

alma; de modo que: $Q_e = T \times h' \Rightarrow e = \frac{T \times h'}{Q} = \frac{b'^2 \times h'^2 \times t}{4 I_x}$



Esa distancia “e” es el **centro de corte**, que indica el punto por el cual debe pasar el esfuerzo de corte (Q_e) para anular el fenómeno de torsión que se produce junto con la flexión, cuando las cargas actúan en un plano principal que no es plano de simetría de la sección. Se llama también **centro de torsión**.

Esta distancia “e” depende de las características geométricas de la pieza y de la forma como está cargada.

En el ejercicio:

$$I_x = 2690 \text{ cm}^4$$

$$h=22 \text{ cm} \quad b=8 \text{ cm} \quad e=0.9 \text{ cm}$$

$$t=1.25 \text{ cm}$$

$$M_T = \frac{Q \times (h - t)^2 \times (b - e)^2 \times t}{4 I}$$

$$M_T = \frac{1000 \times (22 - 1,25)^2 \times (8 - 0,9)^2 \times 1,25}{4 \times 2690}$$

$$M_T = 2521,45 \text{ Kgcm}$$

$$e = \frac{2521,45}{1000} = 2,52 \text{ cm}$$

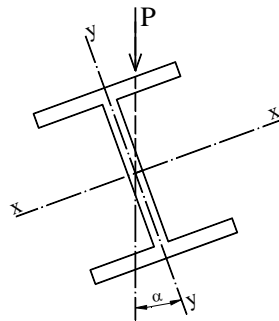
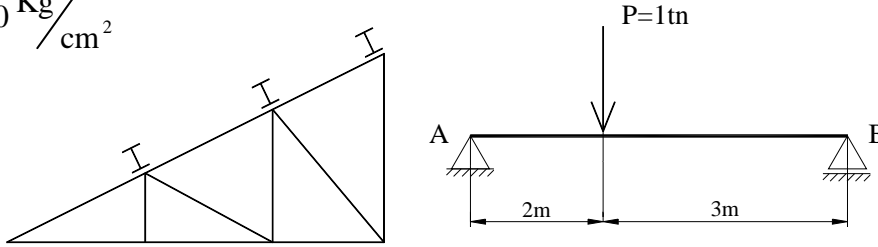
T.PN° 6/7.5:

Para la estructura de la figura se pide:

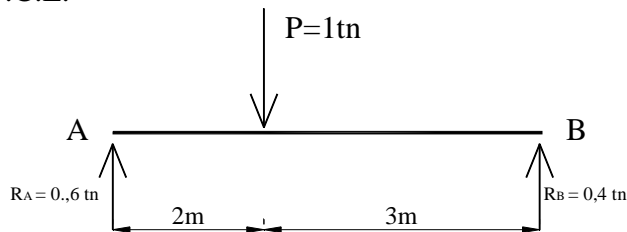
- Dimensionarla con un P.N.I
- En la sección más solicitada dibujar el diagrama de tensiones normales σ .

$\alpha = 15^\circ$

$\sigma_{\text{adm}} = 1400 \text{ Kg/cm}^2$

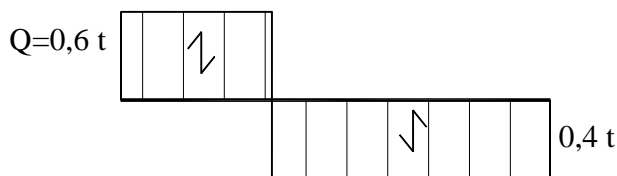
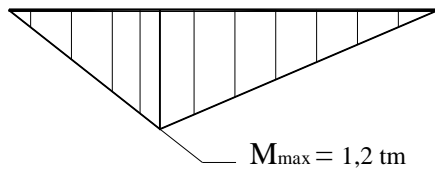


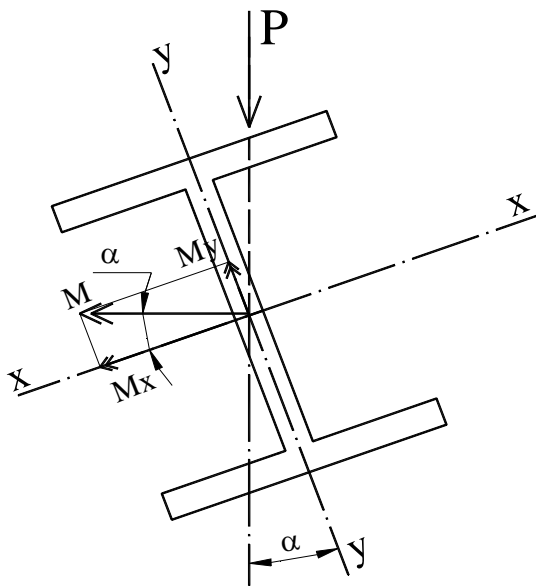
a) D.C.L.



$\sum M^A = 0 \Rightarrow R_B \times 5 \text{ m} = P \times 2 \text{ m} \Rightarrow R_B = 0,4 \text{ tn}$

$\sum M^B = 0 \Rightarrow R_A \times 5 \text{ m} = P \times 3 \text{ m} \Rightarrow R_A = 0,6 \text{ tn}$





El plano de carga (contiene a P) no contiene a un eje principal de la sección \Rightarrow Flexión oblicua.

Como $N = 0 \Rightarrow$ Flexión oblicua simple

$$M_x = M \times \cos \alpha$$

$$M_y = M \times \text{sen} \alpha$$

Podemos aplicar el principio de superposición de efectos, resultando una suma de dos flexiones rectas, que surgen de proyectar el momento M sobre los ejes principales X e Y.

$$\sigma = \sigma_{(M_x)} + \sigma_{(M_y)} = \frac{M_x}{I_x} y + \frac{M_y}{I_y} x \rightarrow \text{(Fórmula de dos términos en flexión oblicua simple.)}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x}{I_x} y_{\max} + \frac{M_y}{I_y} x_{\max} = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq \sigma_{\text{adm}}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{1}{W_x} \left[M_x + M_y \underbrace{\frac{W_x}{W_y}}_r \right] = \frac{M}{W_x} [\cos \alpha + \text{sen} \alpha \times r] \leq \sigma_{\text{adm}}$$

$$\therefore W_x \geq \frac{M}{\sigma_{\text{adm}}} [\cos \alpha + \text{sen} \alpha \times r] \quad (r \cong 7 \text{ a } 9 \text{ para P.N.I.})$$

$$W_x \geq \frac{120 \text{ tn cm}^3}{1,4 \text{ tn}} [\cos 15^\circ + \text{sen} 15^\circ \times 8] = 260,27 \text{ cm}^3$$

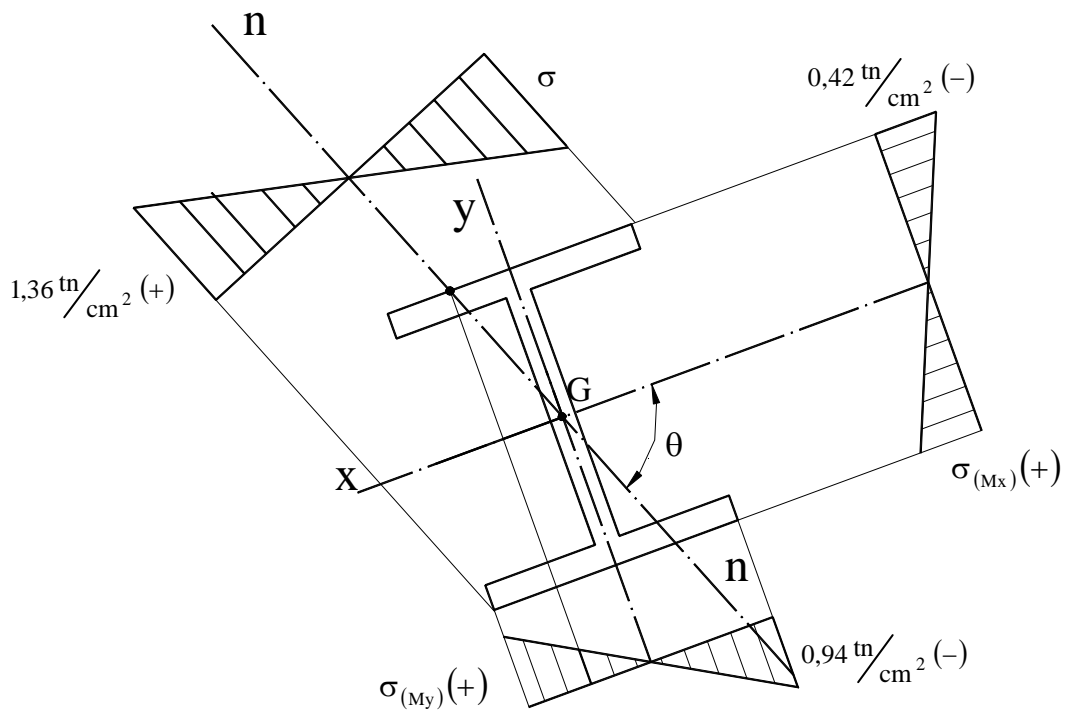
De tablas P.N.I. 220 $\left[\begin{array}{l} W_x = 278 \text{ cm}^3; I_x = 3060 \text{ cm}^4 \\ W_y = 33,1 \text{ cm}^3; I_y = 162 \text{ cm}^4 \end{array} \right.$

Verificación:

$$\sigma_{\max} = \frac{120 \text{ tncm} \times \cos 15^\circ}{278 \text{ cm}^3} + \frac{120 \text{ tncm} \times \text{sen} 15^\circ}{33,1 \text{ cm}^3} = 0,42 \frac{\text{tn}}{\text{cm}^2} + 0,94 \frac{\text{tn}}{\text{cm}^2} = 1,36 \frac{\text{tn}}{\text{cm}^2} < \sigma_{\text{adm}} \Rightarrow \text{B.C.}$$

Adopto P.N.I. 220 $\left[\begin{array}{l} h = 22 \text{ cm} \\ b = 9,8 \text{ cm} \end{array} \right.$

La sección mas solicitada es la del M_{\max} .



Recordemos que tanto los diagramas de tensiones debidas a M_x , a M_y , como el diagrama de tensiones resultante, por comodidad los dibujamos rebatidos sobre el plano de la sección, pero todas estas tensiones tienen una dirección paralela al eje "z".

Para ubicar el eje neutro: _sabemos que es baricéntrico (pasa por G)
 _que en él $\epsilon = 0 \longrightarrow \sigma = 0$

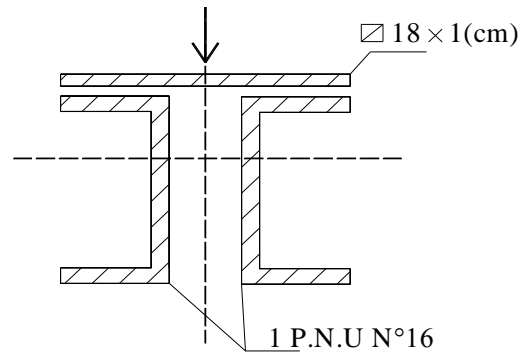
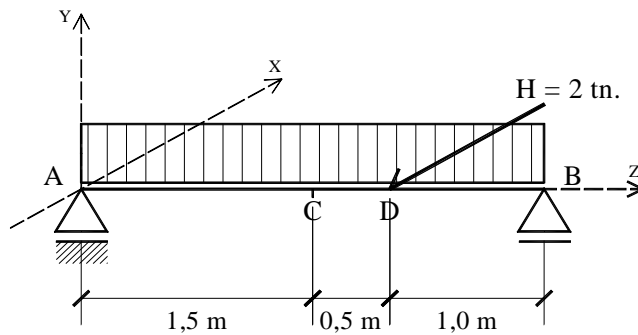
$$\frac{0,94}{9,8/2} = \frac{0,42}{x_n} \Rightarrow x_1 = \frac{0,42}{0,94} \times \frac{9,8}{2} = 2,19 \text{ cm}$$

De otra forma:

$$\text{tg} \theta = \text{tg} \alpha \times \frac{I_x}{I_y} = \text{tg} 15^\circ \times \frac{3060 \text{ cm}^4}{162 \text{ cm}^4} = 5,0612 \Rightarrow \theta = 18^\circ 49' 24,39''$$

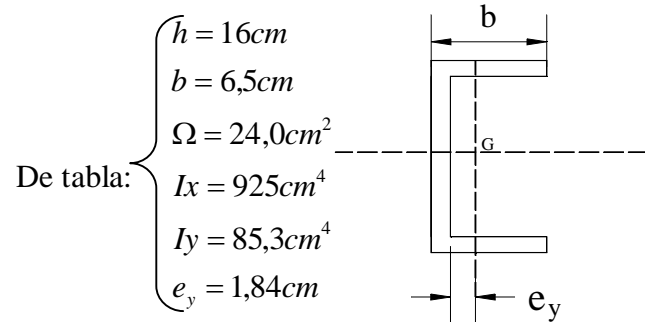
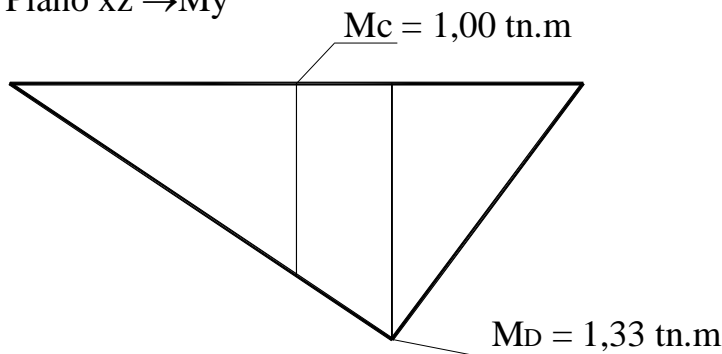
T.P.N°:6/7-6:

La viga de la figura, de sección compuesta, está sometida a cargas verticales (q) y horizontales (H). Hallar el diagrama de tensiones normales (σ) que se produce en las secciones C y D.

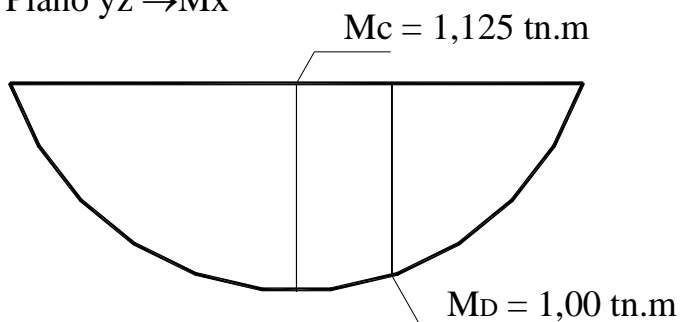


a) Diagrama de momentos flectores

Plano xz \rightarrow My



Plano yz \rightarrow Mx



$$p / \text{carga } H \rightarrow \begin{cases} R_A^H = 0,667\text{tn} \\ R_B^H = 1,333\text{tn} \end{cases} \begin{cases} M_C = 1,00\text{tn.m} \\ M_D = 1,33\text{tn.m} \end{cases}$$

$$p / \text{carga } q \rightarrow \begin{cases} R_A^q = 1,5\text{tn} \\ R_B^q = 1,5\text{tn} \end{cases} \begin{cases} M_C = 1,125\text{tn.m} \\ M_D = 1,00\text{tn.m} \end{cases}$$

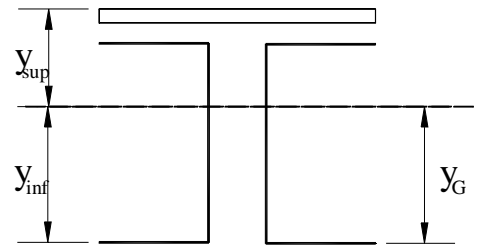
ESTABILIDAD II
GUIA TRABAJOS PRACTICOS

b) Posición del baricentro – Mto. Inercia de la sección

$$Y_G = \frac{2 \times 24 \times 8 + 18 \times 16,5}{48 + 18} = 10,32 \text{ cm}$$

$$I_x = 2 \left(925 + 24 \times \overline{2,32^2} \right) + \frac{18 \times 1^3}{12} + 18 \times \overline{6,18^2} = 2.797 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 2 \left(85,3 + 24 \times \overline{4,34^2} \right) + \frac{1 \times 18^3}{12} = 1.560 \text{ cm}^4$$

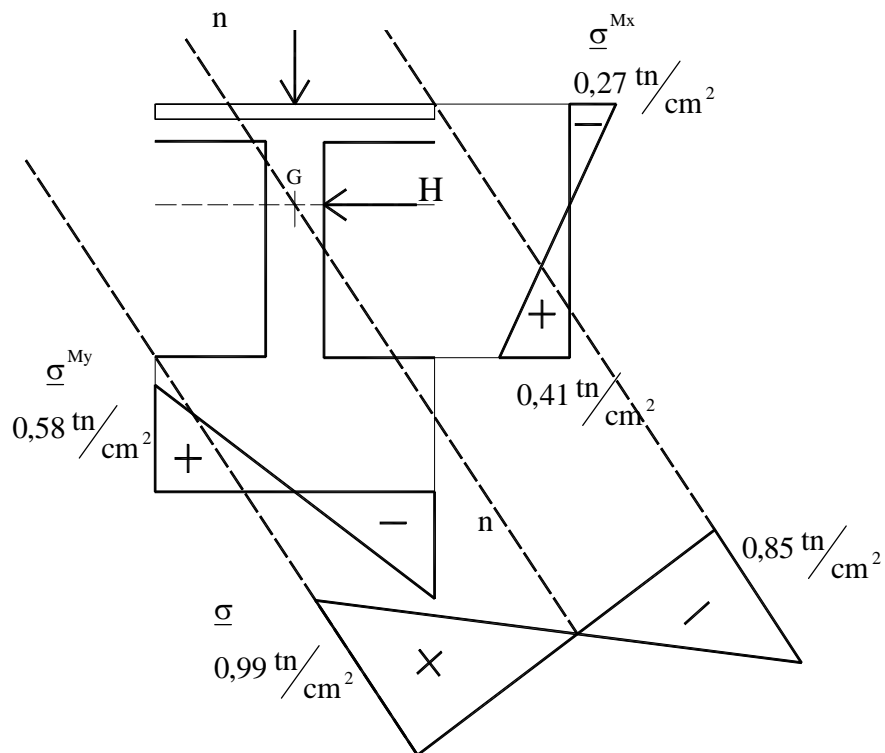


c) Para la sección "C"

$$\sigma_{\text{inf}}^{M_x} = \frac{M_x}{I_x} y_{\text{inf}} = \frac{112,5 \text{ tcm}}{2.797} \times 10,32 \text{ cm} = 0,41 \text{ tn/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{sup.}}^{M_x} = \frac{M_x}{I_x} y_{\text{sup}} = \frac{112,5 \text{ tcm}}{2.797} \times 6,68 \text{ cm} = 0,27 \text{ tn/cm}^2$$

$$\sigma^{M_y} = \frac{M_y}{I_y} x_{\text{max}} = \frac{100 \text{ tcm}}{1.560} \times 9,00 \text{ cm} = 0,58 \text{ tn/cm}^2$$



d) Para la sección "D"

$$\sigma_{\text{inf}}^{M_x} = \frac{M_x}{I_x} y_{\text{inf}} = \frac{100 \text{ tcm}}{2.797} \times 10,32 \text{ cm} = 0,37 \text{ tn/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{sup}}^{M_x} = \frac{M_x}{I_x} y_{\text{sup}} = \frac{100 \text{ tcm}}{2.797} \times 6,68 \text{ cm} = 0,24 \text{ tn/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{inf}}^{M_y} = \frac{M_y}{I_y} x_{\text{max}} = \frac{133 \text{ tcm}}{1560} \times 9,00 \text{ cm} = 0,77 \text{ tn/cm}^2$$

