

PREGUNTA 1: ANÁLISIS DEL PROCESO DE ROTURA (20 Puntos)

- Trazar el diagrama Momento-Curvatura para el proceso de carga hasta la rotura para vigas sub y sobre-armadas, comparándolos cualitativamente con el de una viga “bien diseñada”.
- Justificar la armadura mínima mecánica y deducir su fórmula (despreciando los términos del pretensado).
- Deducir el valor de la armadura mecánica mínima para una sección rectangular.
- Se tienen tres secciones A, B y C de igual geometría bruta $b \times h$ y mismos materiales, pero diferente área de acero. Conectar las parejas de deformaciones límite de las secciones A, B y C mostrados en la figura 1, cada una con uno de los cuatro diagramas Momento-Curvatura mostrados en la figura 2.

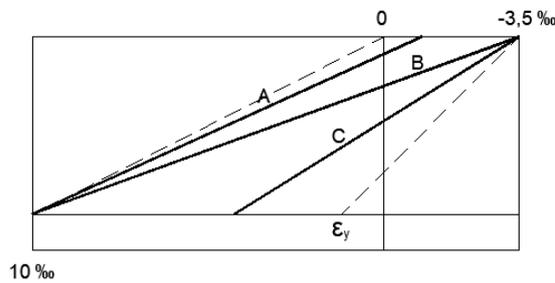


Figura 1

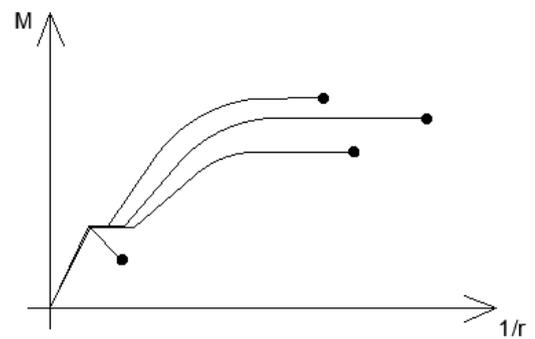


Figura 2

(Responder la pregunta en esta hoja. Puede usar el reverso)

PREGUNTA 2: CORTANTE (20 Puntos)

- a) Represente y explique las posibles formas de rotura en cortante.
- b) Determine la expresión del cortante resistido por las bielas del hormigón.
- c) Se tiene una viga simplemente apoyada, de sección de **20x45**, simplemente armada con armadura estructural longitudinal **3 ϕ 20**, de recubrimiento mecánico **3 cm**, construida con hormigón de **$f_{ck} = 30$ MPa** y **$f_{yk} = 500$ MPa**. Diseñar un estribado uniforme capaz de soportar el cortante de diseño de valor **$V_d = 105$ kN**.

(Responder la pregunta en esta hoja. Puede usar el reverso)

EJERCICIO 1 (25 Puntos)

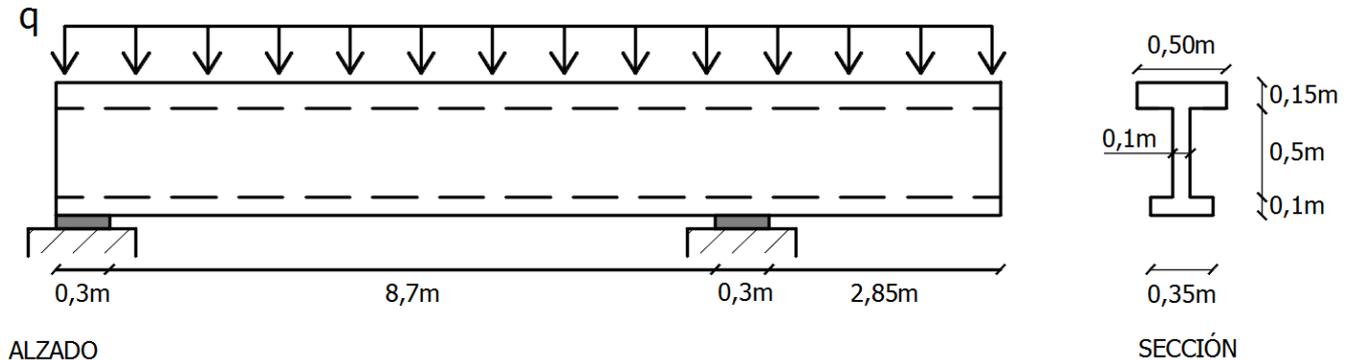


Figura 1

Se tiene la viga prefabricada de la Figura 1, la misma está sometida a su peso propio mas una carga característica distribuida permanente de $q_{k,perm} = 21\text{kN/m}$ y a una carga característica distribuida variable de $q_{k,var} = 25\text{kN/m}$. Se pide,

- Representar la armadura estructural en un esquema de alzado y sección.
- Calcular el área de acero necesaria para satisfacer el Estado Limite Último de Solicitaciones Normales en toda la viga. Definir la armadura correspondiente (referenciar con las indicadas en el esquema de armado).
- Calcular y representar, la posición de la línea neutra, la pareja de deformaciones límite, el dominio de deformación y la curvatura de la sección con mayor momento flector.

Materiales:

Hormigón $f_{ck} = 30\text{ MPa}$.

Acero $f_{yk} = 500\text{ MPa}$.

Recubrimiento mecánico: **5 cm**.

EJERCICIO 2 (35 Puntos)

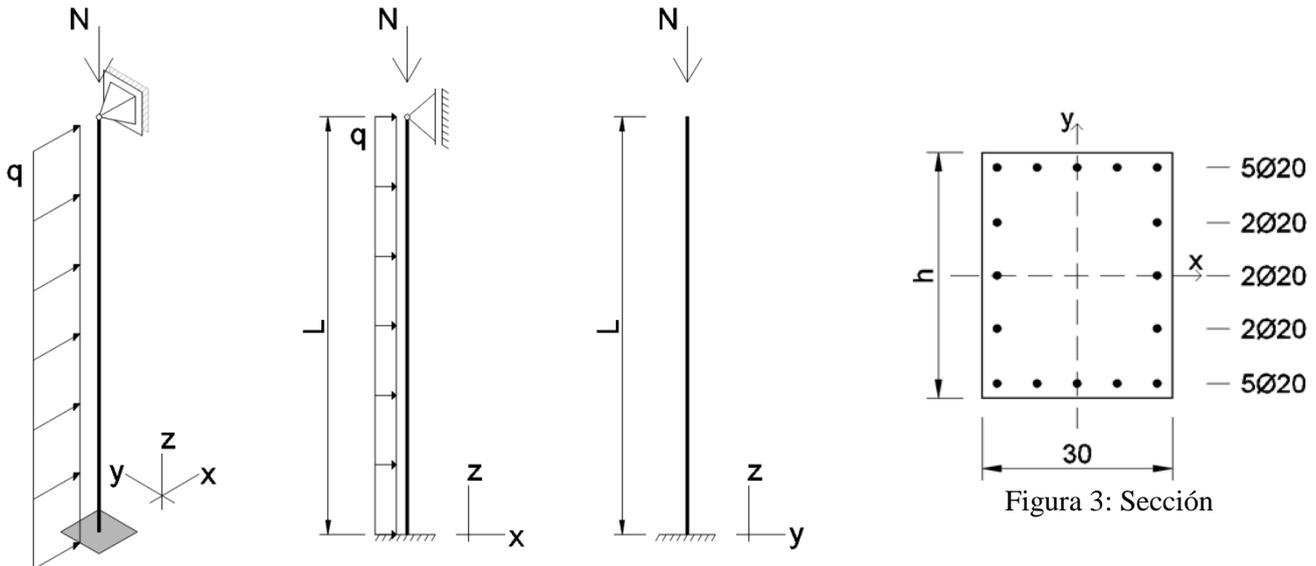


Figura 2: Esquemas básicos de cálculo

Se considera el pilar de la Figura 2 de largo $L=6$ m, con un empotramiento inferior y un apoyo superior que solo restringe los desplazamientos laterales en la dirección x . El mismo está sometido a una directa centrada $N_d = 2550$ kN y a una carga distribuida uniformemente sobre su eje, según x , $q_{x,d}$.

Considerando la sección de la Figura 3 se pide,

- Definir el mínimo valor de h (múltiplo de 0,05m) para que la esbeltez mecánica del pilar sea aproximadamente la misma en ambas direcciones.
- Para el valor de h definido en la parte a), determinar la carga máxima $q_{x,d}$ que es capaz de soportar el pilar.
- Determinar el estriado y completar el esquema de la sección del pilar (Figura 3).

Materiales:

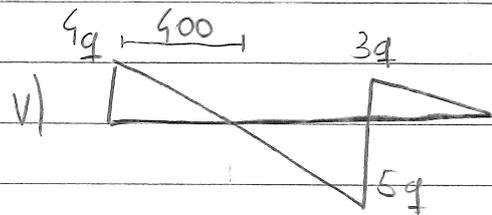
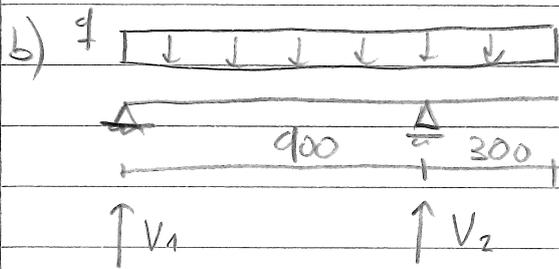
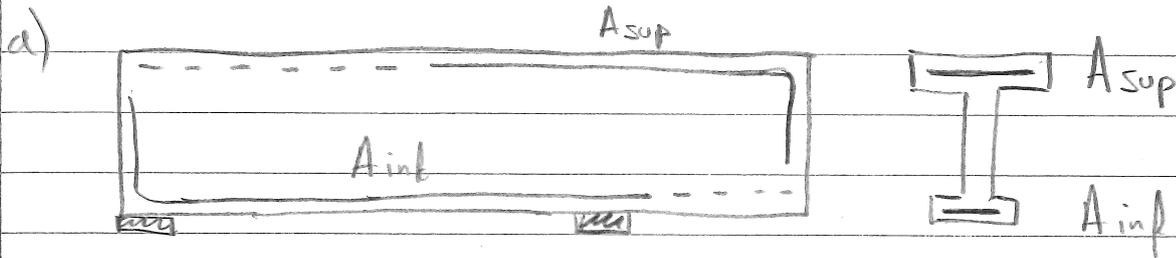
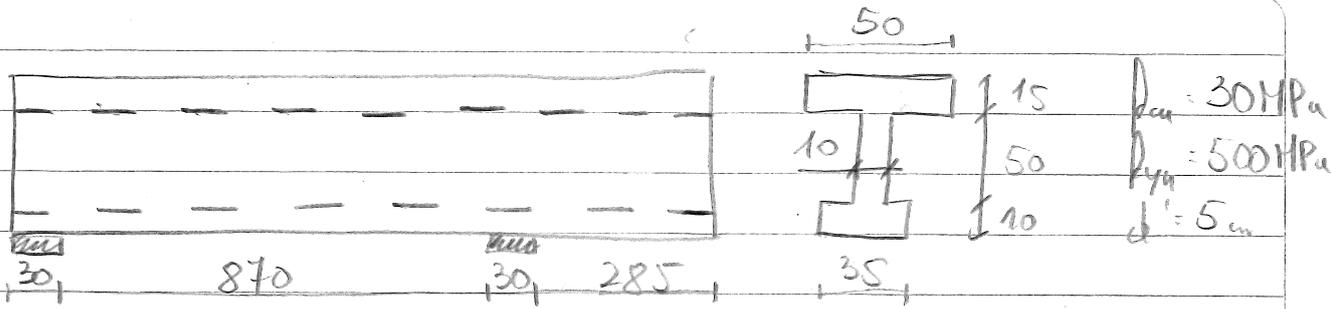
Hormigón $f_{ck} = 30$ MPa.

Acero $f_{yk} = 500$ MPa.

Recubrimiento mecánico: 4 cm.

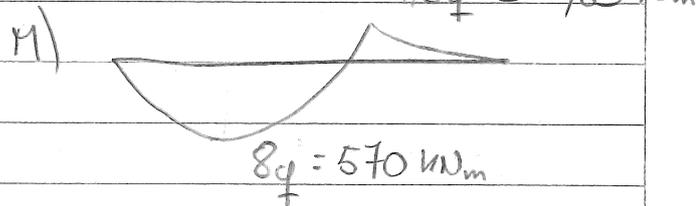
CARGAS	Ma	Mb	Ma	Mb
	$\frac{1}{8} p l^2$	$\frac{1}{8} p l^2$	$\frac{1}{12} p l^2$	$\frac{1}{12} p l^2$

Figura 4: Momentos de empotramiento perfecto



$$V_2 \cdot 9 = q \frac{12^2}{2} \rightarrow V_2 = 8q$$

$$\Rightarrow V_1 = 4q$$



$$A_{req} = 0,5(0,15 + 0,1) + 0,35 \cdot 0,1 = 0,16 \rightarrow q_{pp} = 0,16 \cdot 25 = 4 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow q_d = 1,35(4 + 21) + 1,5 \cdot 25 = 71,25 \text{ kN/m}$$

Asumo que cabeza de compresión no llega al alma \Rightarrow vale dimensiones

$$A_{inf}) \mu = \frac{M_d}{b d^2 f_{cd}} = \frac{57000}{50 \times 70^2 \times 2} = 0,116 < 0,295 \text{ VSA}$$

$$w = 1 \cdot \sqrt{1 - 2\mu} = 0,124 \rightarrow x/d = 1,25 w \Rightarrow x = 10,85 \text{ cm} < 15 \text{ cm} \checkmark$$

$$A_s = w b d \frac{f_{cd}}{f_{yk}} = 0,124 \cdot 50 \cdot 70 \cdot 2 = 19,97 \text{ cm}^2 \Rightarrow \boxed{7 \phi 20}$$

$f_{yk} = 31,2 \text{ cm}$

$$A_{sup}) \mu = \frac{M_d}{b d^2 f_{cd}} = \frac{32063}{35 \times 70^2 \times 2} = 0,093 < 0,295 \text{ VSA}$$

$$w = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 0,098 \rightarrow x/d = 1,25 w \Rightarrow x = 8,6 \text{ cm} < 10 \text{ cm} \checkmark$$

$$A_s = w \frac{b d f_{cd}}{f_{yd}} = 0,098 \times \frac{35 \times 70 \times 2}{43,5} = 11,08 \text{ cm}^2 \Rightarrow \boxed{6 \phi 16}$$

$b_{nec} = 24,8 \text{ cm}$

$$A_{s, geom} = \frac{2,8}{1000} A_c = \frac{2,8}{1000} \times 1600 = 4,48 \text{ cm}^2 \checkmark$$

Cantidad mecánica mínima

$$A_s f_{yd} \geq \frac{W_1}{z} f_{ct,m,fl}$$

$$W_{1, inf} = 25371 \text{ cm}^3$$

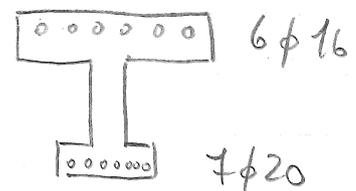
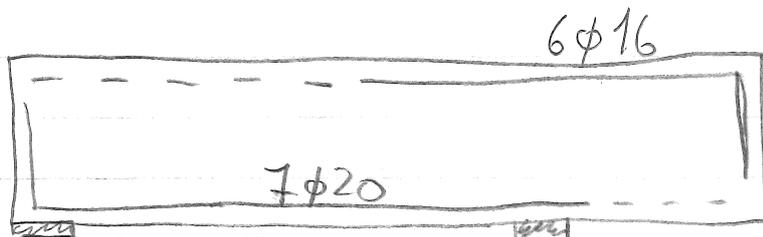
$$W_{1, sup} = 35368 \text{ cm}^3$$

$$z = 0,8h = 60 \text{ cm}$$

$$f_{ct,m,fl} = 0,2 f_{cd} = 4 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow A_{inf} \geq \frac{25371 \times 0,4}{43,5 \times 60} = 3,89 \text{ cm}^2 \checkmark$$

$$A_{sup} \geq \frac{35368 \times 0,4}{43,5 \times 60} = 5,42 \text{ cm}^2 \checkmark$$



c) A_{inf} : $x/d = 1,25 w = 0,155 \rightarrow$ Dominio 2

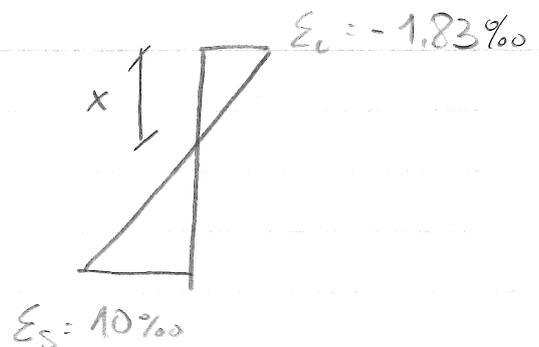
$$\Rightarrow x = 10,85 \text{ cm}$$

$$\epsilon_c = 1,83\%$$

$$\epsilon_s = 10\%$$

$$\frac{1}{r} = 16,91 \text{ km}^{-1}$$

r

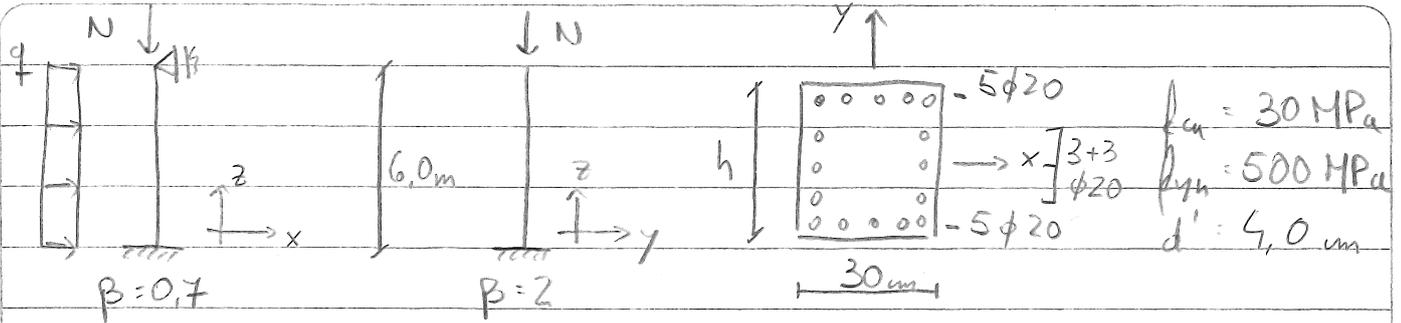


Examen H1 - Ej 2

17

02

20

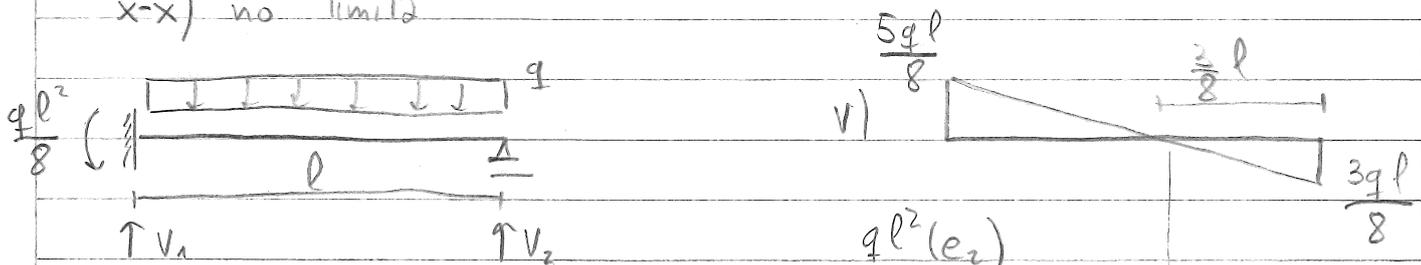


a) y-y) $l_0 = 0,7 \cdot 600 = 420 \text{ cm}$ } $\Rightarrow \lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{420}{8,66} = 48,5$
 plano xz) $i = 30 / \sqrt{12} = 8,66 \text{ cm}$ } $i_c = 8,66$

x-x) $l_0 = 2 \cdot 600 = 1200 \text{ cm}$ } $\Rightarrow \lambda = \frac{l_0}{i_c} = \frac{1200}{h / \sqrt{12}} = 48,5$
 plano yz) $i = h / \sqrt{12}$ } $\Rightarrow h \approx 85,7 \text{ cm} \Rightarrow \underline{h = 85 \text{ cm}}$

b) $w = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}} = \frac{50,27 \cdot 43,5}{30 \cdot 85 \cdot 2} = 0,43$ } $\Rightarrow (y-y), u \approx 0,195 = \frac{v e}{h}$
 $v = \frac{N_d}{A_c f_{cd}} = \frac{2550}{30 \cdot 85 \cdot 2} = 0,50$ } $\Rightarrow e_{TOT} = 11,7 \text{ cm}$
 $\frac{d'}{h} = \frac{4,0}{30} = 0,133 \rightarrow \frac{d'}{h} = 0,15$

x-x) no límites



$V_1 l = \frac{q l^2}{8} + \frac{q l^2}{2} \rightarrow V_1 = \frac{5 q l}{8}$

$\rightarrow V_2 = \frac{3 q l}{8}$

$\Rightarrow e_{TOT} \leq \begin{cases} e_2 & ; \text{empotrimento} \\ e_e + e_a & ; \frac{1}{3} \text{ centrado} \end{cases}$

$$e_z = \frac{q l^2}{8 N_d} \leq 11,7 \text{ cm} \Rightarrow \underline{q \leq 66,3 \text{ kN/m}}$$

$$e_e = \frac{q l^2}{128 N_d} = 0,1 q$$

$$e_d = (1 + 0,12 \beta) \left(\varepsilon_y + \frac{3,5}{1000} \right) \frac{h + 20 e_e}{h + 10 e_e} \frac{l_0^2}{50 i_c}$$

$$= (1 + 0,12 \times 1,5) \frac{(2,17 + 3,5)}{1000} \frac{30 + 2q}{30 + q} \frac{420^2}{50 \times 866}$$

$$= 2,73 \left(\frac{30 + 2q}{30 + q} \right)$$

resolviendo

$$\Rightarrow 0,1 q + 2,73 \left(\frac{30 + 2q}{30 + q} \right) \leq 11,7 \text{ cm} \Rightarrow \underline{q \leq 70,6 \text{ kN/m}}$$

$$\Rightarrow \boxed{q = 66,3 \text{ kN/m}}$$

Cuantías

- Geométrica: $A_s \geq \frac{1}{1000} A_c = \frac{1}{1000} 30 \times 85 = 10,2 \text{ cm}^2 \checkmark$

- Mecánica mínima: $A_s \geq \frac{0,1 N_d}{f_{y,cd}} = \frac{0,1 \cdot 2550}{40} = 6,38 \text{ cm}^2 \checkmark$

- Mecánica máxima: $A_s \leq \frac{A_c f_{cd}}{f_{y,cd}} = \frac{30 \times 85 \times 2}{40} = 127,5 \text{ cm}^2 \checkmark$

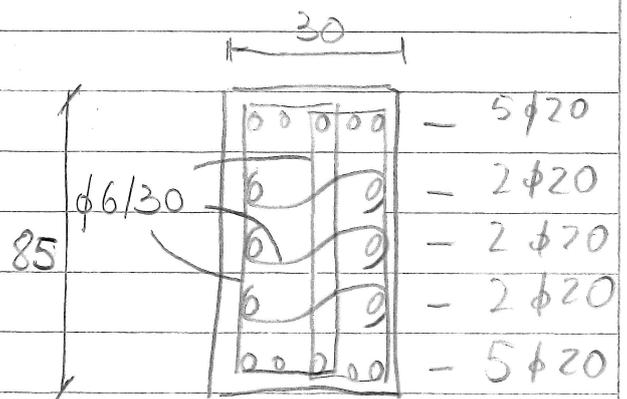
c) Armado de pilar

$$\phi_s = 20 \text{ mm} \Rightarrow \phi_e = \frac{20}{5} \cdot 5 \Rightarrow \phi_e = 6 \text{ mm}$$

$$s_b = \min \{ b; h; 15 \phi_e, 30 \text{ cm} \}$$

$$= \min \{ 30, 85; 30, 30 \}$$

$$\Rightarrow s_b = 30 \text{ cm}$$



Papiro