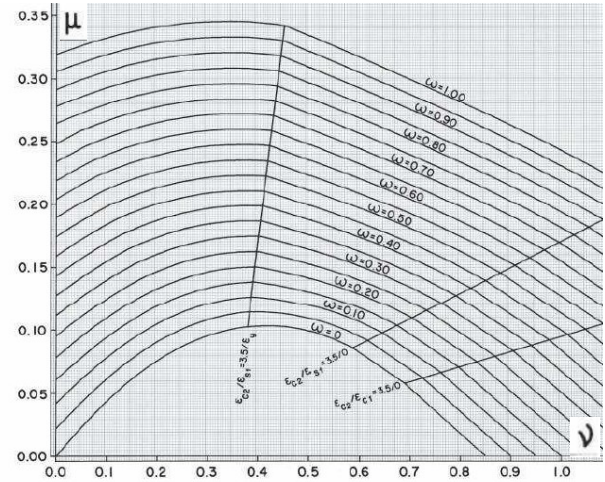


Nombre: \_\_\_\_\_

**PREGUNTA 1 – INESTABILIDAD EN SOPORTES (20 puntos)**

- Indique el rango de aplicación de la EHE-08 para el cálculo de soportes (es decir, que procedimiento usar según la esbeltez del soporte).
- ¿Cuál es, y a qué se debe, la excentricidad mínima a utilizar para el cálculo de soportes?
- ¿De qué forma se tienen en cuenta, en el método aproximado, los efectos de pandeo?
- Para un pilar de **sección 25 x 25 cm**, bi-articulado de largo **L=2,8 m**, sometido a una directa de diseño **N<sub>d</sub> = 855 kN** y a un momento flector de diseño **M<sub>d</sub> = 40 kN.m** en cada extremo, determinar la armadura longitudinal necesaria para satisfacer los ELU de Solicitaciones Normales y de Inestabilidad.  
Utilizar un hormigón **f<sub>ck</sub> = 30 MPa**, y acero **f<sub>yk</sub> = 500 MPa**. Recubrimiento mecánico **3,75 cm**. **β=1,5**.



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

$$e_a = (1 + 0,12\beta)(e_y + 0,0035) \frac{h + 20e_e}{h + 10e_e} \cdot \frac{l_0^2}{50i_c}$$



**Nombre:** \_\_\_\_\_

**PREGUNTA 2 – ANÁLISIS DEL PROCESO DE ROTURA (20 puntos)**

- a) Trazar el diagrama Momento-Curvatura para el proceso de carga hasta rotura de una viga “bien diseñada.
  - b) Esquematizar el estado tensional de la sección para los distintos estados.
  - c) ¿Cuál es el valor de la pendiente del diagrama en los tramos elástico-lineales?
  - d) Estimar el momento de fisuración  $M_{fis}$  de una sección de hormigón armado de **dimensiones 15x60 cm<sup>2</sup>,  $f_{ck}=25$  MPa.**
- (Responder la pregunta en esta hoja. Puede usar el reverso)

**EJERCICIO 1 (30 Puntos)**

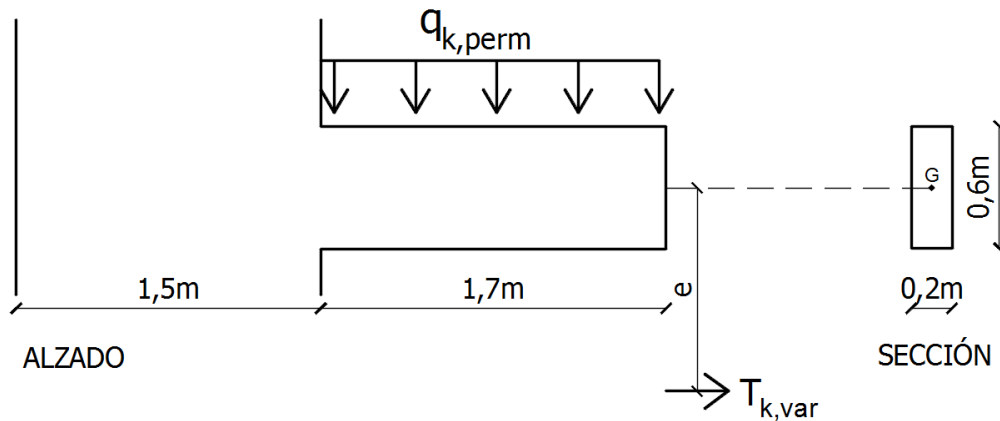


Figura 1

Se tiene la viga de la Figura 1 de sección rectangular de **0,2m x 0,6m**, la misma está sometida a una carga característica distribuida de peso propio más carga muerta total de  $q_{k,perm} = 50\text{kN/m}$  y a una directa característica de tracción debida a una acción variable de  $T_{k,var} = 150\text{ kN}$ , con una excentricidad de  $e = 1,0\text{m}$  medida desde el eje baricéntrico de la pieza.

Se pide,

- Representar la armadura estructural en un esquema de alzado y sección. Justificar brevemente la colocación de cada armadura.
- Realizar todas las combinaciones de carga posibles. Trazar los diagramas de momentos de las combinaciones que generan los efectos más desfavorables para el Estado Limite Ultimo de Solicitaciones Normales.
- Calcular el área de acero necesaria para satisfacer el Estado Limite Ultimo 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 (30 Puntos)**

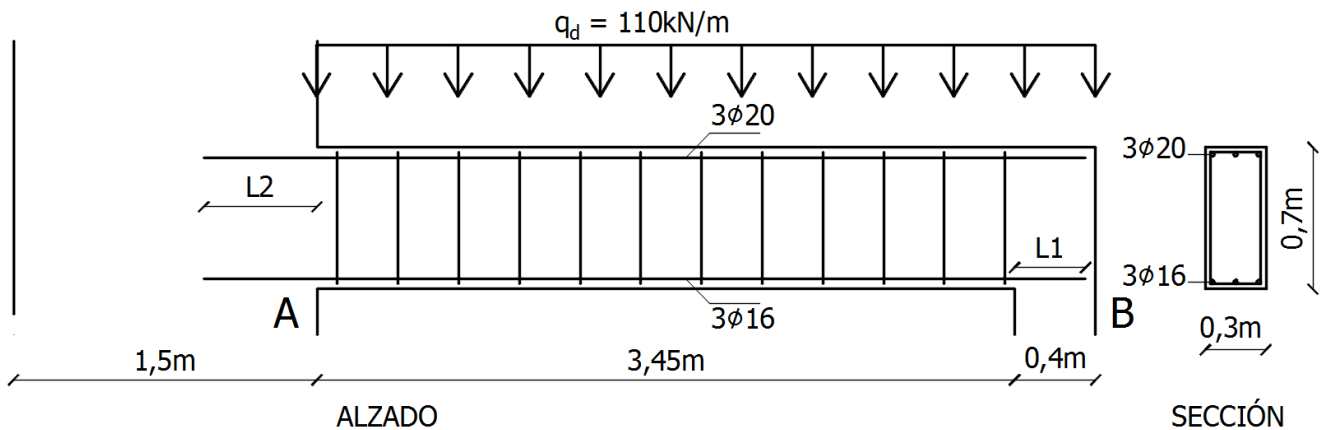


Figura 2

Se considera la viga de la Figura 2, de sección rectangular de **0,30m x 0,70m**, con armadura superior **3φ20** y armadura inferior **3φ16**. La misma está sometida a una carga de diseño  $q_d = 110 \text{ kN/m}$ , y se conoce que el momento de empotramiento en el extremo A es  $M_{emp}^A = 220,0 \text{ kNm}$ , según se indica en la Figura 3.

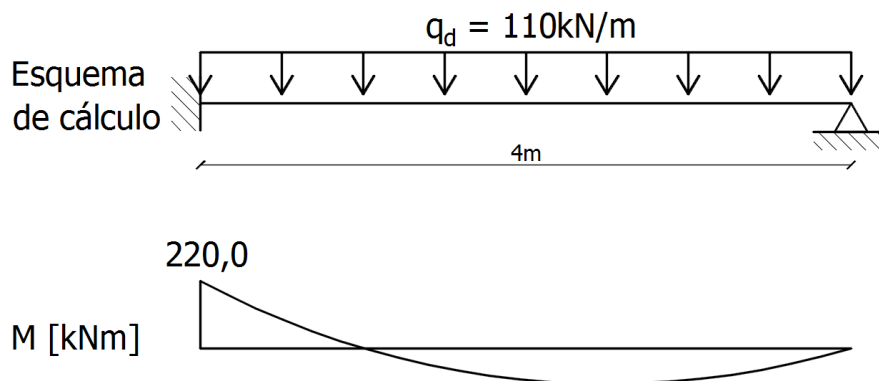


Figura 3

Para poder completar el esquema de armado de la Figura 2 se pide,

- Determinar las longitudes de anclaje L1 y L2.
- Determinar un único campo de estribos para que se verifique el Estado Limite Último de Cortante en toda la viga.

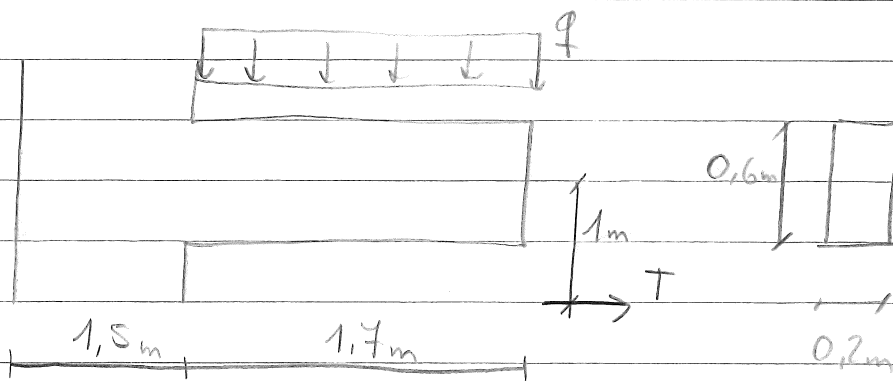
Materiales:

Hormigón  $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ .

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

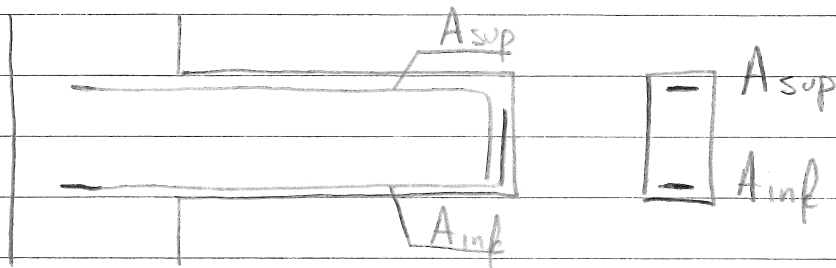
Recubrimiento mecánico: **5 cm**.

Fig 1)



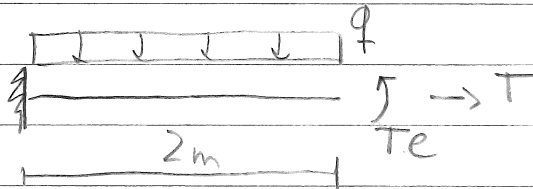
$f_{cm} = 30 \text{ MPa}$   
 $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$   
 $d' = 5 \text{ cm}$

a)



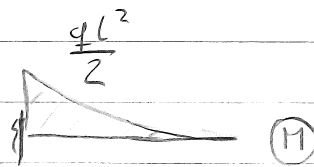
$A_{sup}$ : para esfuerzos de cargas permanentes  
 $A_{inf}$ : para esfuerzos de carga variable

b)

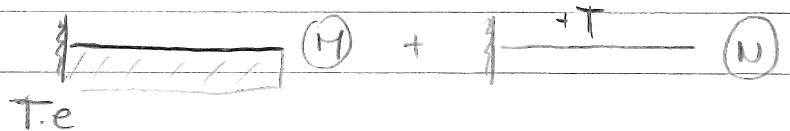


$$L_{calc} = 1.7 + \min \left\{ \frac{1.5}{2}; \frac{0.6}{2} \right\} = 2 \text{ m}$$

G: cargas permanentes



Q: carga variable



comb 1)  $1.0 \times G$  ; G y Q favorables

comb 2)  $1.35 \times G$  ; G desfavorable y Q favorable

comb 3)  $1.0G + 1.5Q$  ; G favorable y Q desfavorable

comb 4)  $1.35G + 1.5Q$  ; G, Q desfavorables

comb 2)  $\rightarrow A_{sup}$  en empotramiento

comb 3)  $\rightarrow A_{inf}$  en extremo libre

$$A_{sup}) M_d = 1,35 \cdot q \cdot \frac{l^2}{2} = 1,35 \cdot 50 \cdot \frac{2^2}{2} = 135 \text{ kNm}$$

$$u = \frac{M_d}{b d^2 f_{cd}} = \frac{13500}{20 \cdot 55^2 \cdot 2,0} = 0,112 < 0,295 \Rightarrow \text{VSA}$$

$$w = 1 - \sqrt{1 - 2u} = 0,119 > 0,055 \checkmark \text{ verifica mecánica mínima}$$

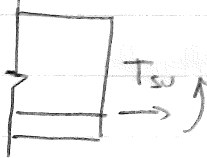
$$A_s = \frac{w b d f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,119 \cdot 20 \cdot 55 \cdot 2,0}{50/1,15} = 6,0 \text{ cm}^2 \Rightarrow \boxed{3 \phi 16}$$

$$b_{nec} = 16 \text{ cm}$$

$$A_{inf}) T_d = 1,5 \cdot T = 225 \text{ kN}$$

$$M_d = T_d \cdot e = 225 \cdot 1 = 225 \text{ kNm}$$

} bariocéntricas

Equilibrio en  $A_{s1}$    $\left. \begin{array}{l} T_{su} \\ M_{su} \end{array} \right\} \begin{array}{l} T_{su} = T_d = 225 \text{ kN} \\ M_{su} = M_d - T_d \cdot 0,25 = 168,75 \text{ kNm} \end{array}$

$$M_{su} \Rightarrow u = \frac{M_d}{b d^2 f_{cd}} = \frac{16875}{20 \cdot 55^2 \cdot 2,0} = 0,139 < 0,295 \text{ VSA}$$

$$w = 1 - \sqrt{1 - 2u} = 0,151$$

$$A_{s1}^a = \frac{w b d f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,151 \cdot 20 \cdot 55 \cdot 2,0}{50/1,15} = 7,63 \text{ cm}^2$$

$$T_{su} \Rightarrow A_{s1}^b = \frac{T_{su}}{f_{yd}} = \frac{225}{50/1,15} = 5,18 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = A_{s1}^a + A_{s1}^b = 12,81 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow \boxed{3 \phi 25}$$

$$b_{nec} = 17,7 \text{ cm}$$

$$A_{s, geom} = \frac{2,8}{1000} \cdot A_c = \frac{2,8}{1000} \cdot 20 \cdot 60 = 3,36 \text{ cm}^2 \checkmark$$

$$d) A_{inf}: \eta_d = 1,25 \Rightarrow w = 0,189 \Rightarrow \text{Dominio 2}$$

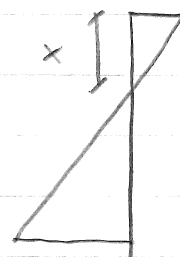
$$\Rightarrow x = 10,37 \text{ cm}$$

$$\epsilon_c = 2,3 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_s = 10 \text{ ‰}$$

$$\frac{1}{r} = 22,51 \text{ km}^{-1}$$

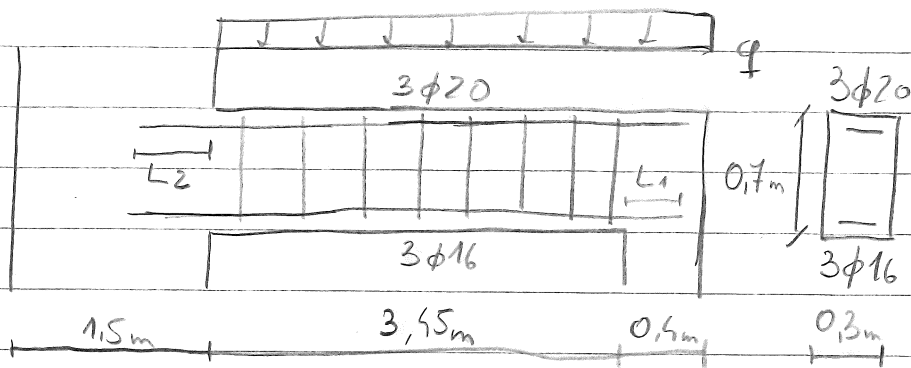
$$\epsilon_s = 10 \text{ ‰}$$



$$\epsilon_c = -2,3 \text{ ‰}$$

*Handwritten signature*

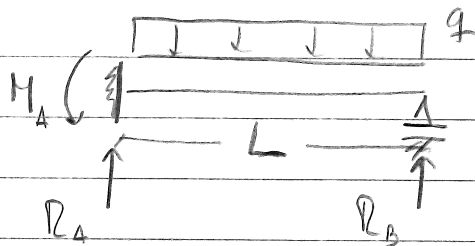
Ej 2)



$$f_{cu} = 25 \text{ MPa}$$

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

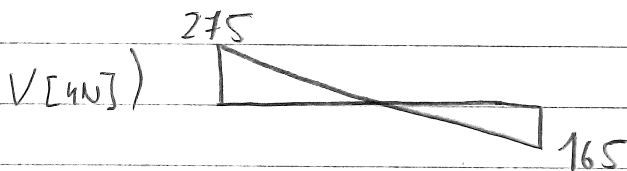
$$d' = 5 \text{ cm}$$



$$M_A + R_B L - q \frac{L^2}{2} = 0$$

$$\Rightarrow R_B = \left( 110 \cdot \frac{4^2}{2} - 220 \right) \frac{1}{4} = 165 \text{ kN}$$

$$R_A + R_B = qL \Rightarrow R_A = 275 \text{ kN}$$



$$a) L2) \mu = \frac{M_{ed}}{b d^2 f_{cd}} = \frac{22000}{30 \cdot 65^2 \cdot 16.7} = 0.104$$

$$w = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 0.110$$

$$A_{s,nec} = w \frac{b d f_{cd}}{f_{yk}} = 0.110 \cdot \frac{30 \cdot 65 \cdot 16.7}{50/1.15} = 8.24 \text{ cm}^2$$

condiciones de anclaje:

$$f_{cu} = 25 \text{ MPa} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \Rightarrow m = 1.5$$

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

$$\phi 20 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \text{pos II} \end{array} \right\} \Rightarrow l_{b,II} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1.5 m \phi^2 = 84 \text{ cm} \\ (f_{yk}/14) \phi = 71.5 \text{ cm} \end{array} \right. \rightarrow l_{b,II} = 84 \text{ cm}$$

$$\text{prolongación recta: } \beta = 1 \Rightarrow l_{b,recta} = l_{b,II} \beta \frac{A_{s,nec}}{A_{s,real}} = 84 \cdot 1 \cdot \frac{8.24 \text{ cm}}{9.52 \text{ cm}} = 73.5 \text{ cm}$$

$$l_{b,min} = \max \left\{ 10\phi, 150 \text{ mm}, l_{b,II}/3 \right\} \Rightarrow L2 = 73.5 \text{ cm} \quad \text{aprox}$$

$$L1) A_{s,nec} = \frac{R_B}{f_{y,d}} = \frac{165}{50} = 3,3 \text{ cm}^2$$

$$m = 1,5$$

$$\phi 16 \left\{ \begin{array}{l} \Rightarrow l_{b,r} = \max \left\{ m\phi^2 = 38,4 \text{ cm} \right. \\ \left. (f_{yd}/20)\phi = 40 \text{ cm} \right\} \Rightarrow l_{b,r} = 40 \text{ cm} \end{array} \right.$$

prolongación recta,  $\beta = 1 \Rightarrow l_{b,recta} = l_{b,r} \cdot \beta \cdot \frac{A_{s,nec}}{A_{s,real}} = 40 \cdot 1 \cdot \frac{3,3}{6,03} = 21,5 \text{ cm}$

$$l_{b,min} = \max \{ 10\phi, 150 \text{ mm}, l_{b,r}/3 \} \checkmark \Rightarrow \boxed{L1 = 27,5 \text{ cm}}$$

$$b) V_{d1} = V(0,35) = 236,5 \text{ kN}$$

$$V_{u1} = 0,3 f_{cd} b_0 d = 0,3 \cdot 1,67 \cdot 30 \cdot 65 = 975 > V_d \checkmark$$

$$V_{d2} = V(0,35 + 0,65) = 165 \text{ kN}$$

$$V_{u2} = V_{cu} + V_{sv}$$

$$V_{cu} = \left[ \frac{0,15 \xi (100 \rho_1 f_{cu})^{1/3} + 0,15 \sigma_{cd}}{\gamma_c} \right] \beta b_0 d = 66,4 \text{ kN}$$

$$\left[ \frac{0,075 \xi^{3/2} f_{cu}^{1/2} + 0,15 \sigma_{cd}}{\gamma_c} \right] b_0 d = 95,5 \text{ kN}$$

$$\beta = 1$$

$$f_{cu} = f_{cm} = 25 \text{ MPa}$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b_0 d} = \frac{8,25}{30 \cdot 65} = 0,0092 < 0,02 \checkmark$$

$$\xi = 1 + \sqrt{200/d} = 1,55 < 2 \checkmark$$

$$\Rightarrow V_{cu} = 95,5 \text{ kN}$$

$$V_{sv} \geq V_{d2} - V_{cu} = 70,5 \text{ kN} \Rightarrow A_{q0} = \frac{V_{sv}}{f_{yt} \cdot 0,9d} = \frac{70,5}{50 \cdot 0,9 \cdot 65} = 3,01 \text{ cm}^2/\text{m}$$

mínimo:  $\sum A_s f_{yd} \geq f_{ctm} b_0 \Rightarrow A_s \geq \frac{0,3 \times 25^{2/3} \times 30}{7,5 \times 400} = 2,56 \text{ cm}^2/\text{m} \checkmark$

separación máxima:  $\frac{V_{rd}}{V_{u1}} = \frac{236,5}{975} = 0,24 > 1/5$   
 $< 2/3$

$$\boxed{\phi 6 / 18}$$

$$\Rightarrow s_T = \begin{cases} 0,6d (1 + \omega \eta d) = 39 \text{ cm} \checkmark \\ 45 \text{ cm} \end{cases}$$

Papierot