

EJERCICIO 1 (45 puntos)

La Figura 1 muestra esquemáticamente una estructura de hormigón armado sometida a acciones de viento de valor característico $F_{V,k}$, a una acción permanente de valor característico $q_{CM,k}$ que actúa uniformemente en la viga (e incluye el peso propio) y a una acción variable de sobrecarga de valor característico $q_{SC,k}$ que actúa uniformemente en la viga. También existe una carga puntual $P_{SC,k}$ que actúa sobre el eje del pilar derecho, vertical hacia abajo, y tiene el mismo origen que $q_{SC,k}$. Se quiere diseñar esta estructura para que los pilares no le transmitan momentos flectores a la cimentación ni al suelo (pilares articulados en extremos inferiores). Las secciones de la viga y pilar derecho se detallan en la Figura 2.

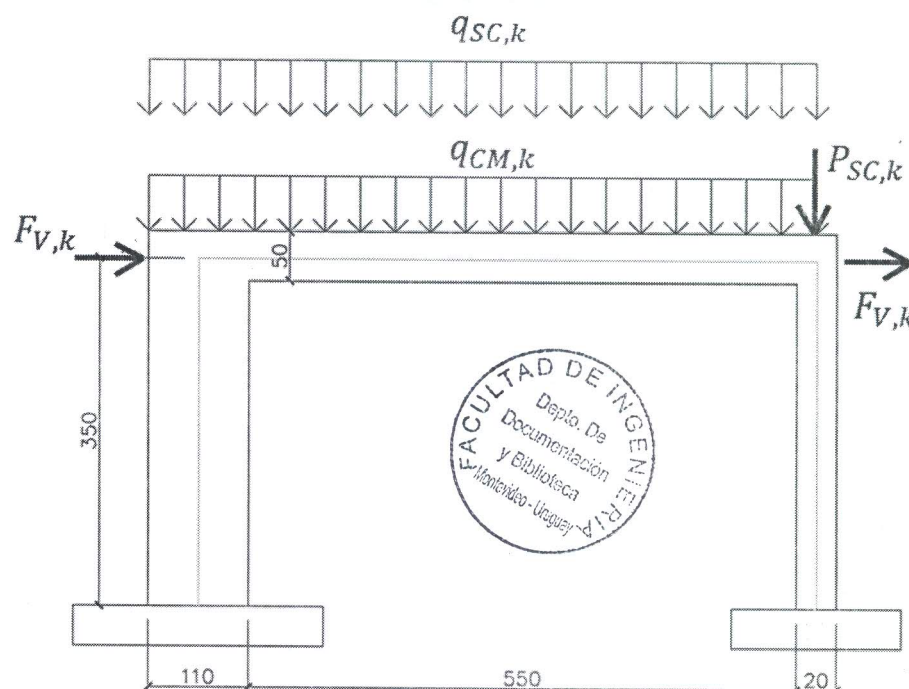


Figura 1: Esquema en alzado. Bordes de elementos en línea negra y ejes en línea gris (unidades en cm).

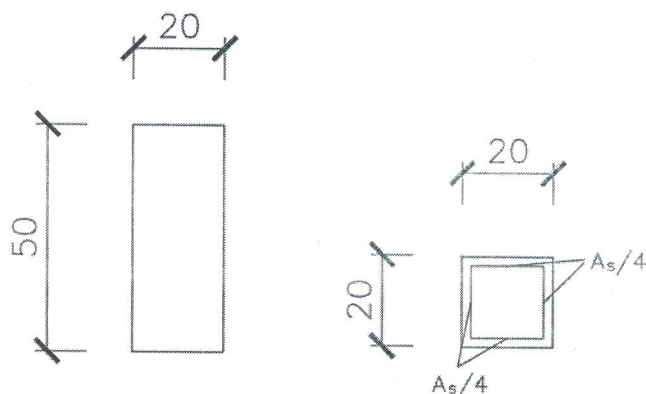


Figura 2: Corte transversal de viga y pilar derecho, con A_s área total de acero (unidades en cm).



Se pide:

- Sin hacer cuentas, determinar y representar el esquema básico estructural que modela el problema planteado (representar los elementos mediante sus ejes rectos y vincularlos entre sí y a tierra).
- Sin hacer cuentas y sin tener en cuenta los valores exactos de los momentos flectores, realizar un esquema de alzado (o puede utilizar la Figura 1) y representar las armaduras estructurales, en la viga y ambos pilares, que prevé colocar para satisfacer los ELU de flexión, cortante y anclaje. Justificar muy brevemente (una o dos líneas) por qué colocó las armaduras en cada elemento.
- Definir la combinación de acciones en la que la acción del viento es determinante, y que también actúan las acciones permanentes y de sobrecarga de forma desfavorable.
- Para la combinación de acciones definida en la parte (c), trazar diagramas de diseño de directa, cortante y momento flector en toda la estructura.
- Usando los diagramas de la parte (d), diseñar las armaduras longitudinales de la viga para satisfacer ELU de solicitaciones normales. Representar dichas armaduras en un esquema de sección y alzado.
- Determinar la longitud de anclaje del extremo derecho de la armadura longitudinal hallada en la parte (e) (elegir o bien armadura inferior o superior). Representar el detalle del anclaje en un alzado.
- Diseñar la armadura longitudinal y transversal del pilar derecho para satisfacer ELU de solicitaciones normales y de inestabilidad. Considerar el soporte articulado en su extremo inferior y un apoyo deslizante en el superior, con un recubrimiento mecánico **3 cm** (ver Figura 2).



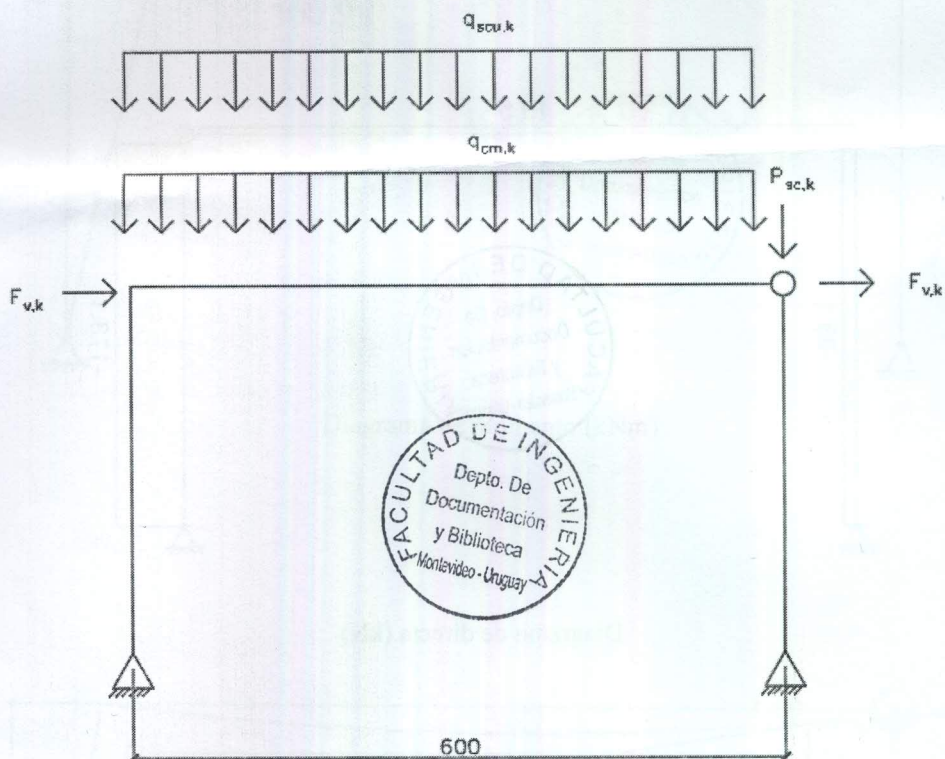
Datos:

$F_{V,k}$ (kN)	$q_{CM,k}$ (kN/m)	$P_{SC,k}$ (kN)	$q_{SC,k}$ (kN/m)	f_{ck} (MPa)	f_{yk} (MPa)	Rec.mec. viga (cm)
13	6,00	90	10	25	500	5

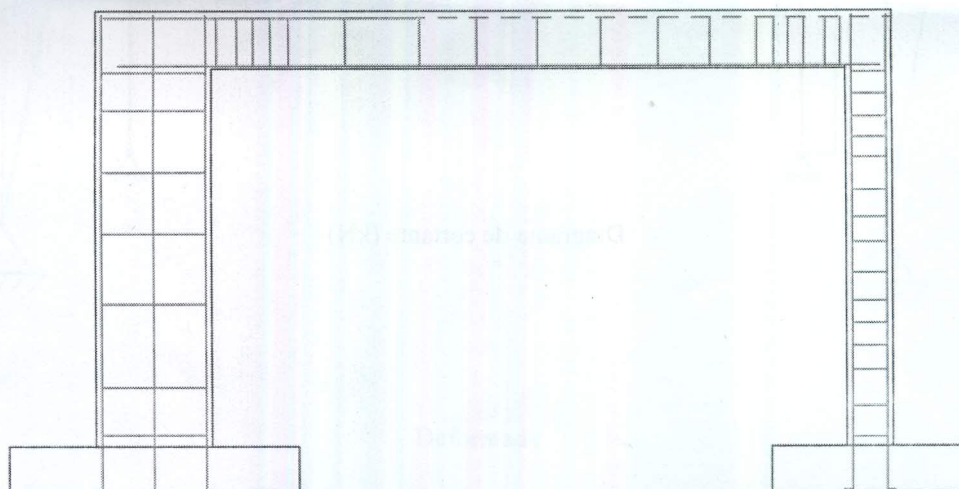


Solución EJERCICIO 1:

a)



b)



c) La combinación solicitada se presenta a continuación:

$$1,35 q_{CM,k} + 1,5 F_{V,K} + 0,7 1,5 (q_{SCU,k} + P_{sc,k})$$

d)

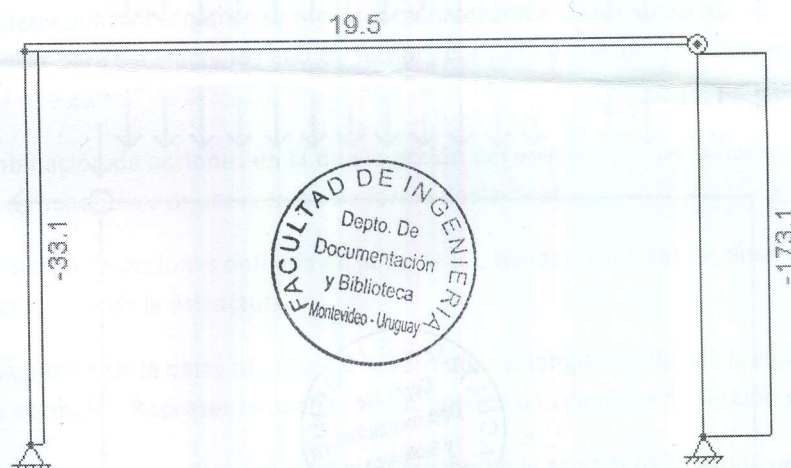


Diagrama de directa (kN)

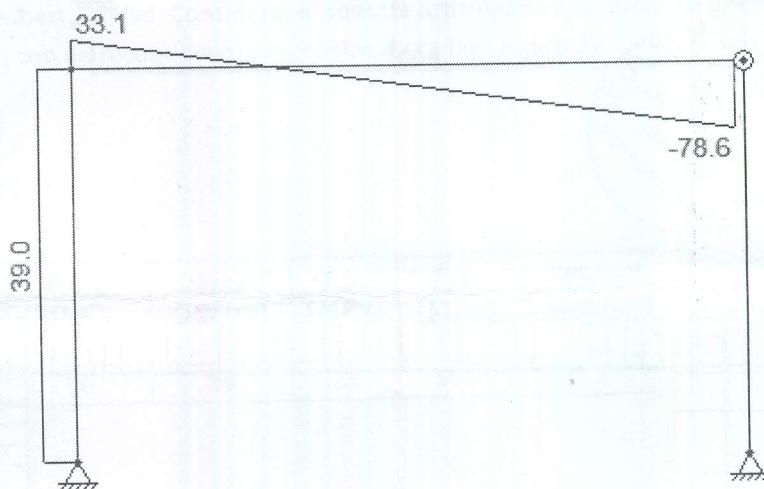


Diagrama de cortante (kN)

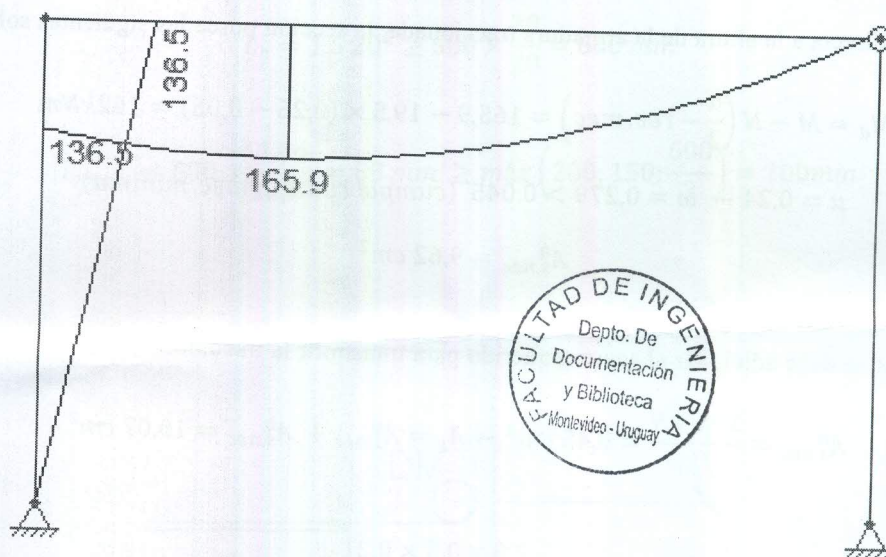
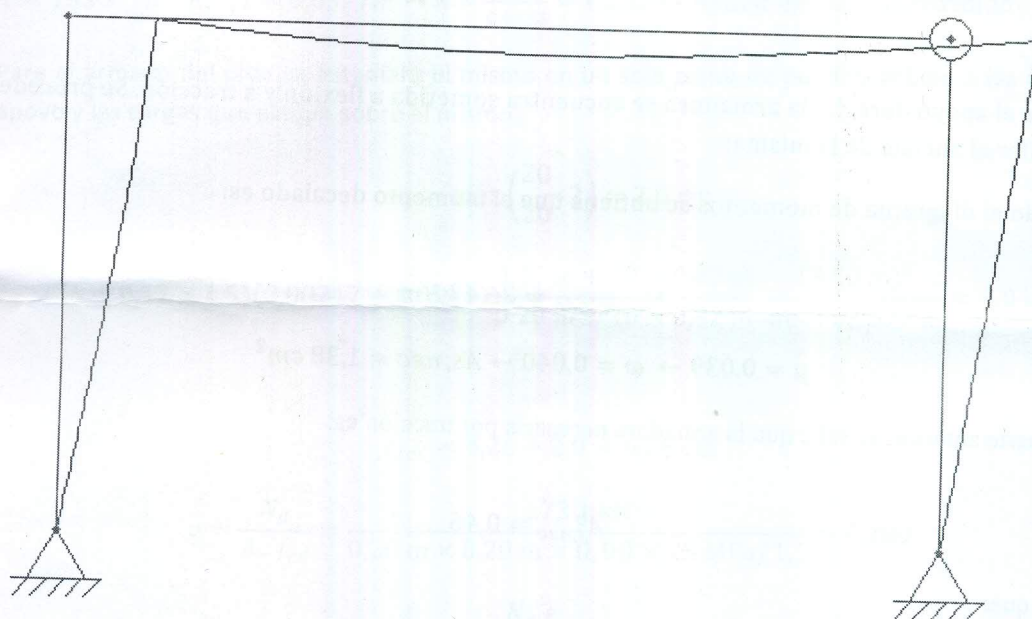


Diagrama de momento (kNm)



Deformada

5/11



e) Si trasladamos la directa a la altura de la armadura traccionada, la sección posee las siguientes solicitaciones:

$$M_d = M - N \left(\frac{h}{2} - \text{rec. mec} \right) = 165,9 - 19,5 \times (0,25 - 0,05) = 162 \text{ kNm}$$

$$\mu = 0,24 \rightarrow \omega = 0,279 > 0,045 \text{ (cumple cuantía mec. mínima)}$$

$$A_{s,nec}^a = 9,62 \text{ cm}^2$$

Al resultado anterior se debe adicionar el acero requerido para transmitir la tracción:

$$A_{s,nec}^b = \frac{19,5 \text{ kN}}{f_{yd}} = 0,45 \text{ cm}^2 \rightarrow A_s = A_{s,nec}^a + A_{s,nec}^b = 10,07 \text{ cm}^2$$



$$A_{s,geo,min} = \frac{2,8 \times 0,5 \times 0,2}{1000} = 2,5 \text{ cm}^2$$

Se decide armar la sección con 4Ø20

$$b_{nec} = 6 \times 2,0 + 2 \times 2,0 + 2 \times 0,6 = 17,2 \text{ cm}$$

f) Sobre el apoyo derecho la armadura se encuentra sometida a flexión y a tracción. Se procede a calcular el anclaje de la misma:

Decalando el diagrama de momentos se obtiene que el momento decalado es:

$$M_{\text{decalado}} = 26,4 \text{ kNm}$$

$$\mu = 0,039 \rightarrow \omega = 0,040 \rightarrow A_{s,nec} = 1,38 \text{ cm}^2$$

De la parte anterior, se sabe que la armadura necesaria por tracción es:

$$A_{s,nec}^b = 0,46$$

Por lo que:

$$A_{s,nec} = 1,84 \text{ cm}^2$$

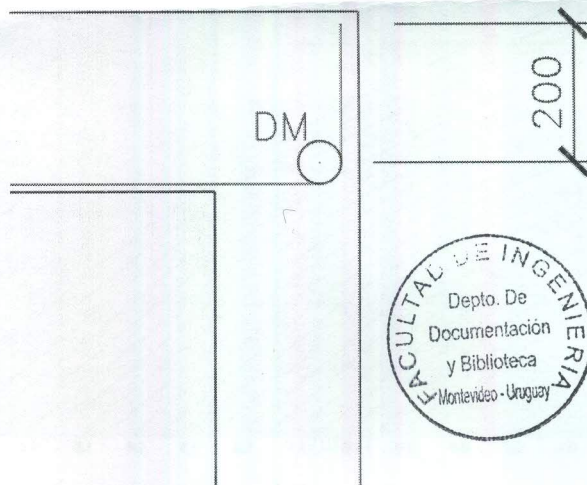
Se procede a calcular la longitud de anclaje:

6/11



$$L_b = 1,5 \cdot 20^2 \geq 500 \times \frac{20}{20} = 600 \text{ mm}$$

$$l_{b, \text{neta}} = 600 \times \frac{1,84}{12,57} = 88 \text{ mm} \geq \max\left(200; 150; \frac{600}{3}\right) = 200 \text{ mm}$$



g) $I = 133 \times 10^{-6} \text{ m}^4$; $i = 0,0577 \text{ m} \rightarrow \lambda = \frac{3,5}{0,0433} = 60,62 \rightarrow \text{Aplica método aproximado EHE}$

Para el armado del pilar se estudiará el mismo en un solo plano de pandeo debido a las condiciones de apoyo y las cargas que actúan sobre el mismo.

$$e_e = \max\left(\frac{20}{20}; 2\right) = 2,0 \text{ cm}$$

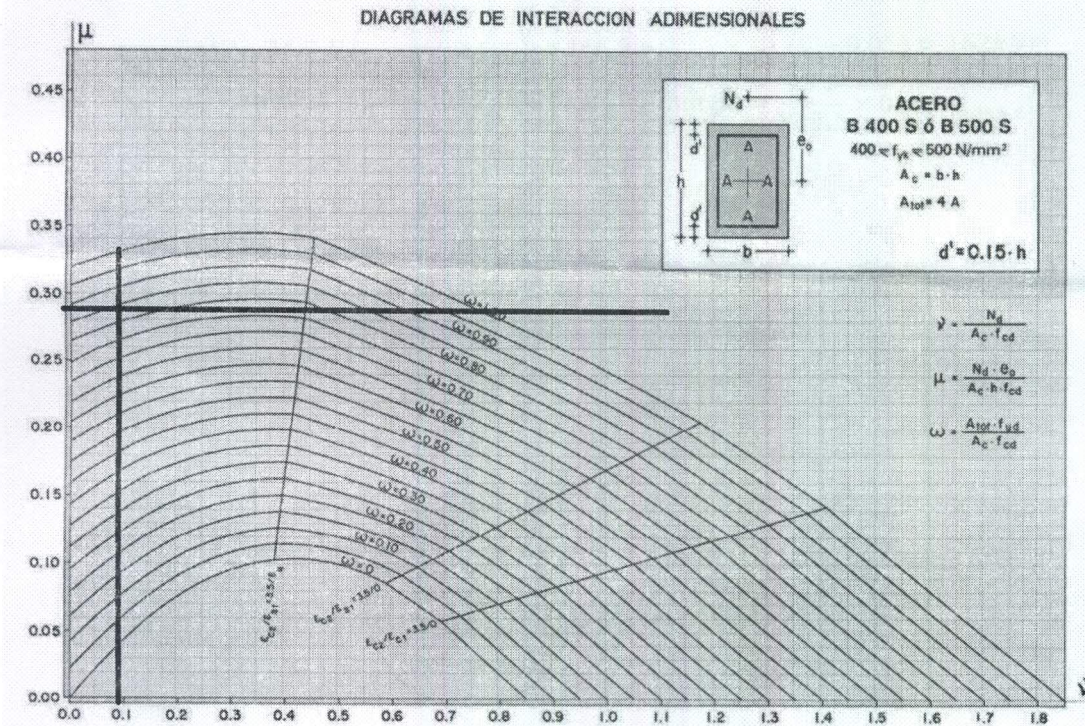
$$e_a = (1 + 0,12 \times 1,5)(0,00217 + 0,0035) \frac{0,20 \text{ m} + 20 \times 0,02 \text{ m}}{0,20 \text{ m} + 10 \times 0,02 \text{ m}} \frac{(3,50 \text{ m})^2}{50 \times 0,0577 \text{ m}} = 0,0426 \text{ cm}$$

$$e_{\text{tot}} = 4,26 + 2,0 = 6,26 \text{ cm}$$

$$\nu = \frac{N_d}{A_c f_{cd}} = \frac{173,1 \text{ kN}}{0,20 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} \times 0,90 \times 25 \text{ MPa} / 1,5} = 0,289$$

$$\mu = \frac{N_d e}{A_c h f_{cd}} = 0,09$$

$$\frac{d}{h} = \frac{3,0}{20} = 0,15$$



$$\omega = 0,84 \rightarrow A_{tot} = 11,59 \text{ cm}^2$$

Verifico cuantías:

$$A_{s,geo} = 0,004 \times A_c = 0,004 \times 400 \text{ cm}^2 = 1,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,mec,min} = 0,1 \times \frac{N_d}{f_{yc,d}}$$

$f_{yc,d}$: Resistencia de cálculo del acero a compresión. $f_{yc,d} = f_{yd} \leq 400 \text{ Mpa}$

$$A_{s,mec,min} = 0,1 \times \frac{79,1 \text{ kN}}{400 \text{ MPa}} = 0,43 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,mec,max} = A_c \times \frac{f_{cd}}{f_{yc,d}} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times \frac{0,90 \times 25 \text{ MPa}/1,5}{400 \text{ MPa}} = 15 \text{ cm}^2$$

Armatura longitudinal escogida : 4Ø16 + 4Ø12

Armatura transversal: Ø6/15



**EJERCICIO 2 (25 puntos)**

Considere la losa representada en la figura 1 de dimensiones en planta $a \times b$ y espesor h . Dicha losa se encuentra sometida a su peso propio, una carga distribuida asociada al peso de las terminaciones (pisos, contrapisos, cielorrasos) de valor característico q_t y a una sobrecarga de uso de valor característico q_{scu} .

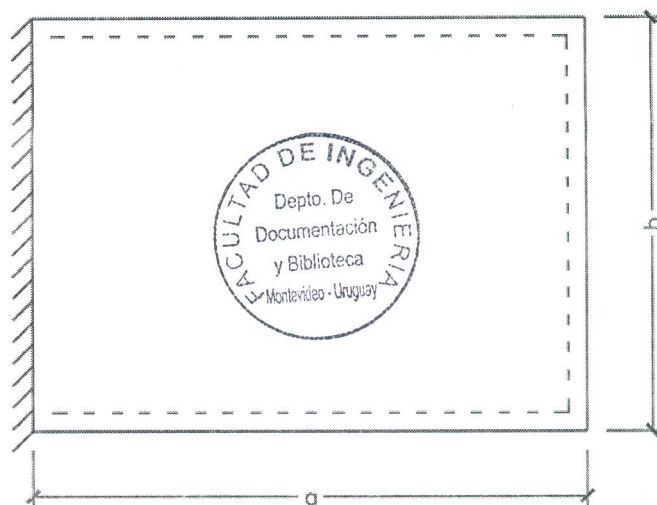


Figura 1

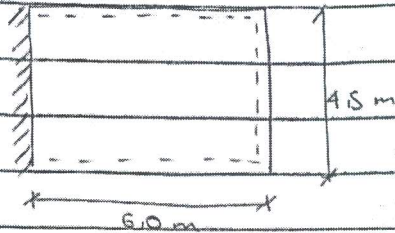
Se pide:

- Sin hacer cuentas, representar las armaduras estructurales principales y secundarias para satisfacer ELU de solicitaciones normales en toda la losa, en un esquema en planta y en una sección (sección paralela al lado de longitud a).
- Determinar la carga de diseño actuante sobre la losa. *[Incluir el valor de la carga de diseño en la casilla de respuesta]*
- Determinar las áreas de acero necesarias para verificar el ELU de solicitaciones normales en toda la losa. Definir el armado correspondiente haciendo referencia a los esquemas de la parte a). Considere un recubrimiento geométrico mínimo de **25 mm**. *[Incluir los valores de área de acero necesarias en la casilla de respuesta]*

Datos	a (m)	b (m)	h (m)	q_t (kN/m ²)	q_{scu} (kN/m ²)	f_{ck} (MPa)	f_{yk} (MPa)
1	6	4,5	0,15	0,30	1,50	25	500
2	5,7	4,0	0,14	0,25	2,00	25	500
3	6,7	4,0	0,13	0,25	1,50	25	500

EXERCICIO

DATOS 1



$$h = 0.15 \text{ m}$$

$$q_k = 0.3 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{serv}} = 1.5 \text{ kN/m}^2$$

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

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

$$a. \quad q_d = 1.35 \times 0.15 \text{ m} \times \frac{25 \text{ kN}}{\text{m}^3} + 1.35 \times 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 1.5 \times \frac{1.5 \text{ kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_d = 7.72 \text{ kN/m}^2$$

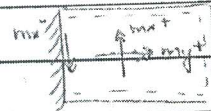
$$b. \quad l_x = 6.0 \text{ m} \rightarrow l_y / l_x = 0.75$$

$$l_y = 4.5 \text{ m}$$

Yendo a tablas de los q_d

$$m_y^+ = 0.001 q_d l_y^2 \left(\frac{60 + 48}{2} \right) = 8.44 \frac{\text{kJm}}{\text{m}}$$

$$m_x^+ = 0.001 q_d l_y^2 \left(\frac{40 + 39}{2} \right) = 6.17 \frac{\text{kJm}}{\text{m}}$$



$$m_x = 0.001 q_d l_y^2 \left(\frac{110 + 102}{2} \right) = 16.57 \frac{\text{kJm}}{\text{m}}$$

a) dimos cantos útiles (como $\phi = 10 \text{ mm}$)

$$d_1 = h - \text{rec geom} - 0.5\phi = 15 - 2.5 - 0.5 \times 1 = 12 \text{ cm}$$

$$d_2 = h - \text{rec geom} - 1.5\phi = 14 \text{ cm}$$

Acno positiva en la dirección corta

$$m_y^+ = 8.44 \text{ kNm/m}$$

$$\mu = \frac{m_y^+}{b d_1^2 f_{cd}} = \frac{8.44 \text{ kNm/m}}{(0.12 \text{ m})^2 \cdot 25 \text{ MPa} / 1.5} = 0.0352$$

$$w = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 0.0358 \rightarrow \text{Por cuantía mecánica adopto } w = 0.045$$

$$A_s = \frac{m_y^+}{w f_{yk} f_{cd}} = \frac{8.44 \text{ kNm/m}}{0.045 \cdot 500 \text{ MPa} / 1.5} = 2.1 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \rightarrow \phi 8/20$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa} / 1.15$$

Armadura positiva en la dirección larga

$$m_x^+ = 6,17 \text{ kNm/m}$$

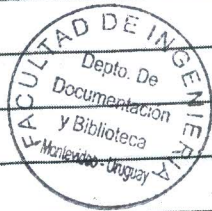
$$\mu = \frac{m_x^+}{b d^2 f_{cd}} = 0,0306$$

$$b d^2 f_{cd}$$

$$\omega = 0,0311 \rightarrow \text{cuantía mec } \omega = 0,045$$

$$A_s = \frac{0,045 b d^2 f_{cd}}{f_{yd}} = 1,90 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \phi 8/20 \text{ cm}$$

$$f_{yd}$$



Armadura negativa

$$m_x^- = 16,57 \text{ kNm/m}$$

$$\mu = \frac{m_x^-}{b d^2 f_{cd}} = 0,0690$$

$$b d^2 f_{cd}$$

$$\omega = 0,0716 (> 0,045 \checkmark)$$

$$A_s = 0,0716 \times b d^2 f_{cd} = 3,3 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \phi 8/15 \text{ cm}$$

$$f_{yd}$$

$$m_y^- = 0,25 \times 16,57 \text{ kNm/m} = 4,14 \text{ kNm/m} \rightarrow \text{Arma cuantía mec}$$

chequeamos

$$- \text{sep mínima} = \min \{30 \text{ cm}, 3h = 45 \text{ cm}\} \checkmark$$

$$- \text{cuant geométrica} = A_s \geq 0,0018 \times h = 3,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rightarrow \phi 8/18 \text{ cm}$$

