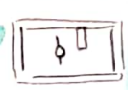


FLEXIÓN → VIGA
 FLEXIÓN → LOSAS

CORTE → APOYOS

ANÁLISIS DE CARGAS → LOSAS

Losas unidireccionales con muro arriba
 Dimensiono la losa como si no estuviera
 Gen de momento que me quiera el muro y agrego la armadura debajo del mismo



| Descripción | Peso específico [kN/m³] | Espesor [m] | Peso [kN/m²] |
|-------------|-------------------------|-------------|------------------|
| Piso | 23 | 0.01 | $P_e \times esp$ |
| Carpetas | 21 | 0.03 | |
| Contrapiso | 18 | 0.07 | |
| Losas | 24 | 0.10 | |

Losas bidireccionales con un muro arriba
 $q_{d \text{ muro}} = \frac{\text{Peso muro}}{\text{Superficie losa}}$
 $q_{d \text{ muro}} = \frac{\text{Peso esp. (Ancho} \times \text{Largo} \times \text{Alto)}}{\text{Sup. losa}}$

Carga muerta: q_d [kN/m²]

Carga viva: q_L [kN/m²] (CIESOC)

$q_u = 1.2 q_d + 1.6 q_L$

Gráfico de momento

Dimensionar la losa (Armadura principal y de repartición).

VIGAS:

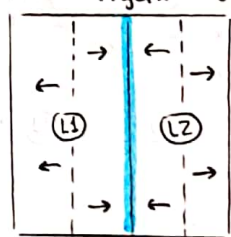
| No de losa | Carga [kN/m²] | Long. total de la losa [m] | Carga distribuida [kN/m] |
|------------|---------------|----------------------------|--------------------------|
|------------|---------------|----------------------------|--------------------------|

1 q_d q_L Long. $q_d \cdot \text{Long}$ $q_L \cdot \text{Long}$

| Materiales | Peso específico [kN/m³] | Ancho [m] | Alto [m] | Peso [kN/m] |
|------------|-------------------------|-----------|----------|-------------|
|------------|-------------------------|-----------|----------|-------------|

viga 24 $P_e \times b \times h$
 mamp. 12

viga1 viga2 viga3



viga 2

$q_{d \text{ v2}} = q_{d \text{ L1}} + q_{d \text{ L2}} + P. \text{ propio} + P. \text{ mamp}$
 $q_{L \text{ v2}} = q_{L \text{ L1}} + q_{L \text{ L2}}$

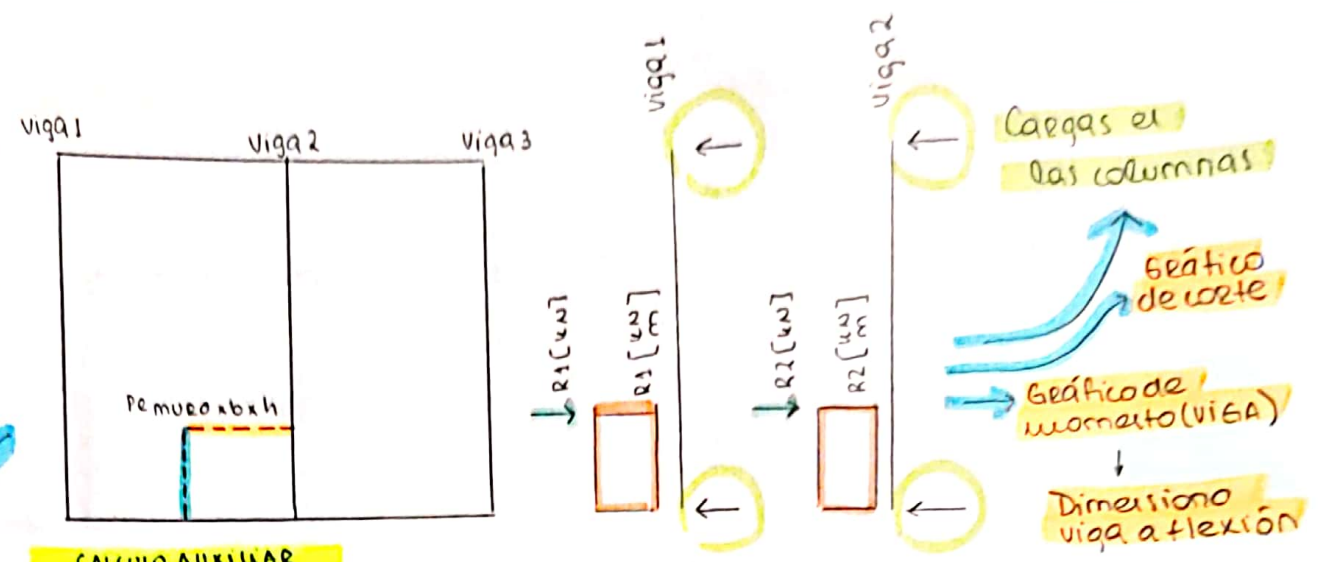
$q_u = 1.2 q_d + 1.6 q_L$

Gráfico de momento

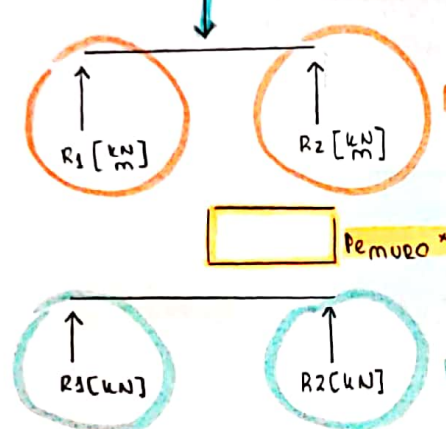
Gráfico de corte

Dimensionar viga a flexión (Armadura longitudinal)

Verifico hormigón comprimido en apoyos (obtener estribos)



CALCULO AUXILIAR
Pmuro \times b \times h

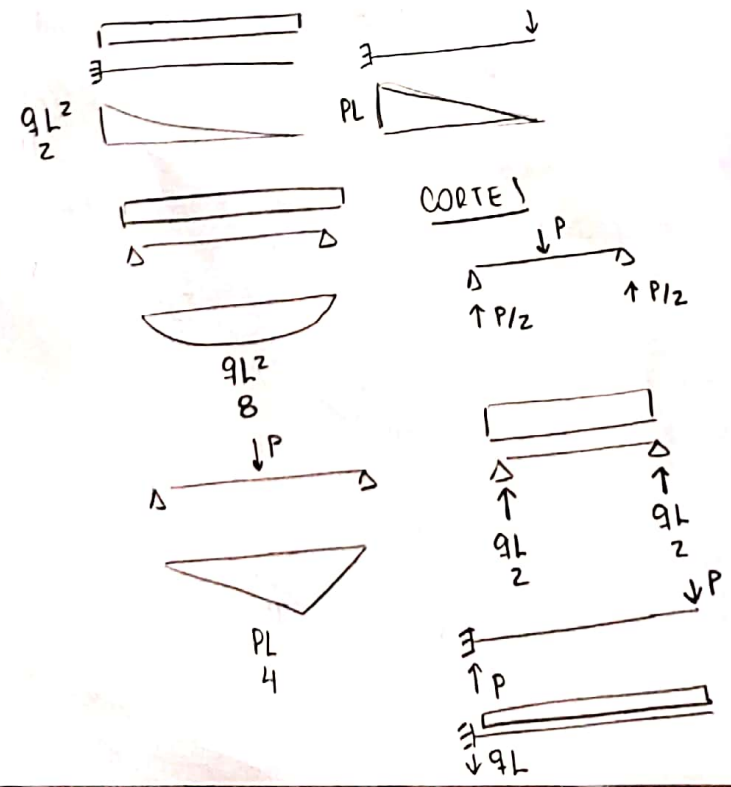


Cargas que van a las vigas se suman en qd (carga muerta)

Cargas que van a las columnas

\therefore Losa unidireccional
 - Nos interesa el qd de la viga muero perpendicular al sentido de armado de la losa
 - Nos interesa el gráfico de momento muero en el sentido longitudinal de armado de la losa

Momentos



$$\int dV = -q_0$$

$$V(x) = -q_0x + C$$

$$V(x) = -q_0x + C(0)$$

$$M_{\max} V(x) = 0 \rightarrow (x)$$

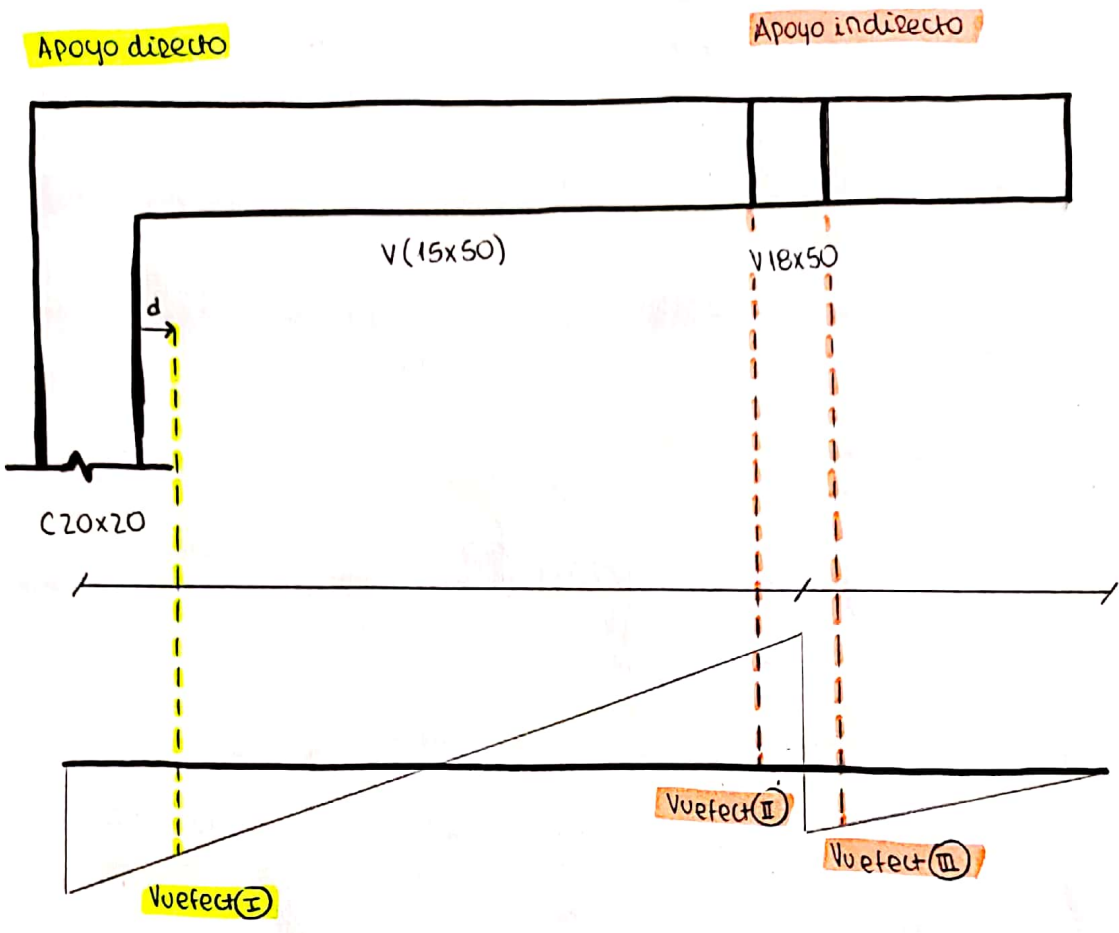
$$M(x) = \int V(x)$$

$$M(x) = -q_0x^2 + C(0)x + D$$

$$M(x) = -q_0x^2 + C(0)x + D(0)$$

$$M(x) = M_{\max}$$

CORTE



1) Carga última: $q_u = 1,2 q_d + 1,6 q_l$

2) Altura útil: $d = h - c_c - d_{be} - \frac{d_b}{2}$

- h = Altura de la viga
- c_c = Recubrimiento (2cm)
- d_{be} = Estebo (0,6cm)
- d_b = Armadura (1,6cm)

3) Análisis todos los cortes efectivos

$V_{u\text{efect}} = V_u - q_u \left(\frac{c}{2} + d \right)$ → c = columna } según el caso.
 → V = Viga

$V_n\text{efect} = \frac{V_{u\text{efect}}}{\phi}$ → $\phi = 0,75$

$V_n\text{tensión} = \frac{V_n\text{efect}}{b \cdot d}$ → b = Ancho de viga que estamos analizando (15cm)
 → d = Altura útil [cm]

→ Verifico $V_n \leq \frac{5}{6} \sqrt{f'_c} = 0,417 \rightarrow$ VERIFICA EL HORMIGÓN COMPRIMIDO.

→ Análisis la zona.

REDIMENSIONAMOS → sección transversal pequeña (Aumentamos el ancho)

$$V_n = \frac{5 \sqrt{f'_c}}{10} = 0.1417$$

ZONA 3
Estribos
poca
separación

$$A_{s_{qo}} = \frac{H}{f_y} = V_s \cdot bw \cdot 300cm \rightarrow f_y = 42 \frac{kN}{cm^2}$$

$$s \leq \begin{cases} d/4 \\ 20cm \end{cases}$$

$$V_n = \frac{\sqrt{f'_c}}{2} = 0.1250$$

ZONA 2
Estribos
normales

$$A_{s_{qo}} = \frac{H}{f_y} = V_s \cdot bw \cdot 300cm \rightarrow f_y = 42 \frac{kN}{cm^2}$$

$$s \leq \begin{cases} d/2 \\ 30cm \end{cases}$$

$$V_n = \frac{1 \sqrt{f'_c}}{6} = 0.083$$

ZONA 1
Estribos
mínimos

ZONA 1A

$$A_{s_{mín}} = 0.33 \cdot bw \cdot 1m \cdot 10 \rightarrow f_y = 42 \frac{kN}{cm^2}$$

$$V_n = \frac{1 \sqrt{f'_c}}{12} = 0.042$$

$$s \leq \begin{cases} d/2 \\ 30cm \end{cases}$$

ZONA 1B

$$A_{s_{mín}} = 0.33 \cdot bw \cdot 1m \cdot 10 \rightarrow f_y = 42 \frac{kN}{cm^2}$$

ZONA 2 / ZONA 3

$$V_n = V_s + V_c \rightarrow V_s = V_n - V_c$$

$$V_s = V_n - \frac{1 \sqrt{f'_c}}{6}$$

$$V_s = V_n - 0.083$$

$$A_{s_{qo}} = V_s \cdot bw \cdot 100cm \rightarrow f_y = 42 \frac{kN}{cm^2}$$

$$A_{s_{mín}} = 0.33 \cdot bw \cdot 1m \cdot 10$$

$$\text{Cant. estribos: } n = \frac{A_s}{m \cdot a_s} \rightarrow m = 2$$

$$m \cdot a_s \rightarrow \phi 6 = 0.28cm^2$$

$$\text{Separación: } s = 100cm$$

Separación máxima → según zona.

ZONA 1

$$A_{s_{mín}} = 0.33 \cdot bw \cdot 1m \cdot 10 \rightarrow f_y = 42 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\text{Cant. de varillas: } n = \frac{A_s}{m \cdot a_s} \rightarrow m = 2$$

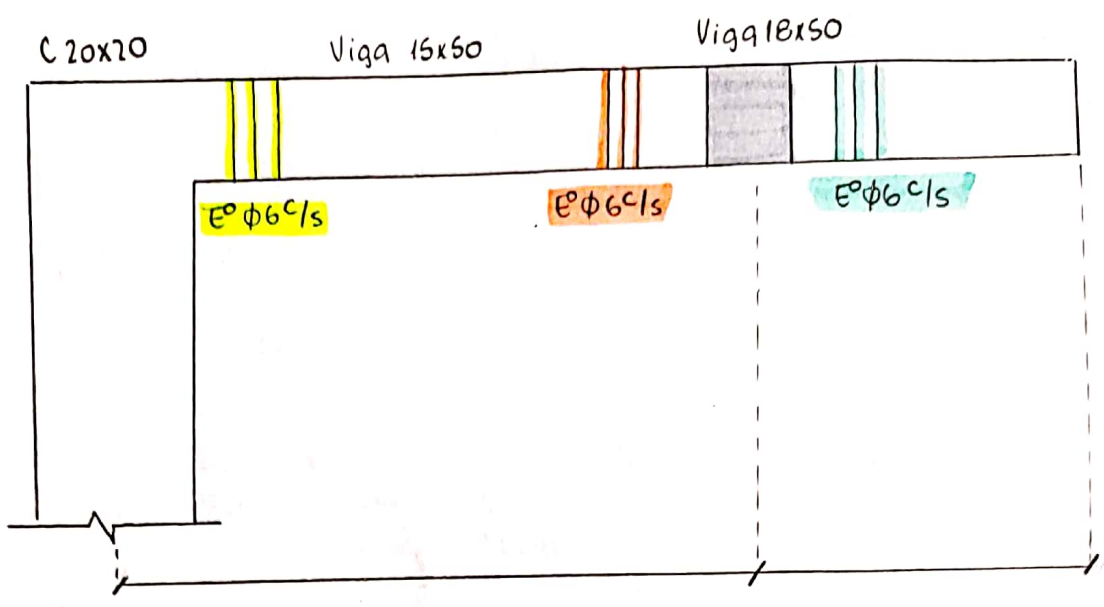
$$m \cdot a_s \rightarrow \phi 6 = 0.28cm^2$$

$$\text{Separación: } s = 100cm$$

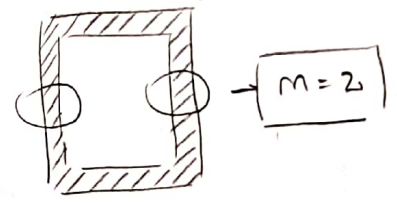
$$\text{Separación máx } \rightarrow \begin{cases} d/2 \\ 30cm \end{cases} \left. \vphantom{\begin{matrix} s \\ \end{matrix}} \right\} \text{Adopto } s$$

$$\phi 6 \text{ c/s}$$

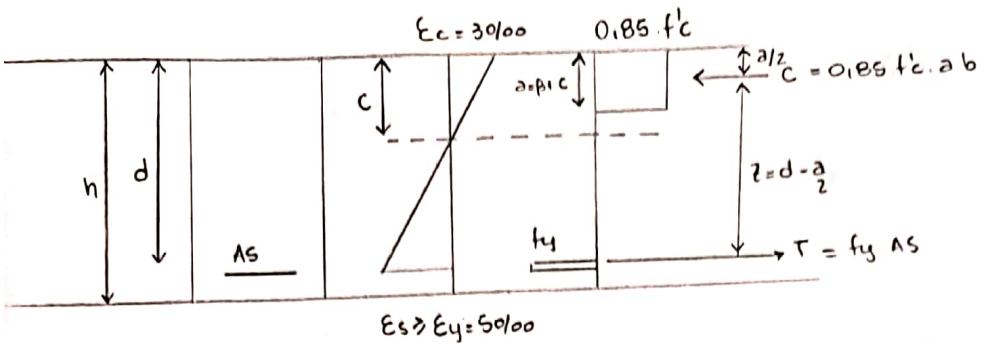
$$\left. \begin{matrix} \text{zona 2: } s \leq \begin{cases} d/2 \\ 30cm \end{cases} \\ \text{zona 3: } s \leq \begin{cases} d/4 \\ 20cm \end{cases} \end{matrix} \right\} \text{Adopto } s$$



| ϕ | as | $n = \frac{A_s}{25m}$ | $S = 100cm$ n |
|--------|------|-----------------------|--------------------|
| 6 | 0,28 | | |
| 8 | 0,50 | | |
| 10 | 0,79 | | |
| 12 | 1,13 | | |
| 16 | 2,01 | | |
| 20 | 3,14 | | |



FLEXIÓN EN VIGAS → Dimensionado (AS)



- 1) Altura útil
- $$d = h - cc - db_e - \frac{db}{2}$$
- h = Altura de la viga
 - cc = Recubrimiento (2cm)
 - db_e = Estribos (0.6cm)
 - db = Armadura (1.6cm)

- 2) Momento nominal
- $$M_n = M_u \rightarrow \phi = 0.90$$
- Mu = teórico de momento.

- 3) Momento nominal específico (Adimensional)

$$m_n = \frac{M_n}{0.185 f'_c b \cdot d^2} \rightarrow \text{con } f'_c = 25000 \frac{kg}{m^2}$$

Obs: si no verificara se agranda la sección de hormigón (mayor altura)

- 4) $k_a = 1 - \sqrt{1 - 2m_n}$
- $k_a \leq 0.18$ Queda controlada la ductilidad de la viga: $\phi = 0.90$
 - $k_a \leq 0.21$ No hace falta verificar deformaciones.

- 5) Altura del bloque de hormigón

$$a = k_a \cdot d \rightarrow d = \text{Altura útil [cm]}$$

- 6) Sección de acero (sale del eq de fuerzas)

$$T = C$$

$$f_y \cdot A_s = 0.185 f'_c \cdot a \cdot b$$

$$A_s = \frac{0.185 f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} \rightarrow f'_c \text{ y } f_y \text{ en MPa.}$$

- 7) Verifico sección mínima del acero

$$A_{s \text{ min}} = 1.40 \cdot \frac{b \cdot d}{f_y} \rightarrow f_y = 420 \text{ MPa}$$

→ d [cm]

→ b = Ancho viga [cm]

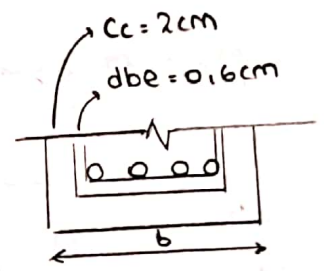
- 8) Armadura

| ∅ | as | n = $\frac{A_s}{a_s}$ |
|----|------|-----------------------|
| 6 | 0.28 | |
| 8 | 0.50 | |
| 10 | 0.79 | |
| 12 | 1.13 | |
| 16 | 2.01 | |
| 20 | 3.14 | |

Propongo por ejemplo $2\phi 12 + 2\phi 16$

$$\text{Espacio} = b - 2(cc + db_e) - 2\phi 12 - 2\phi 16$$

Espacio libre entre barras = $\frac{\text{Espacio}}{3} \geq 2.5 \text{ cm}$ Distancia mínima si es oc



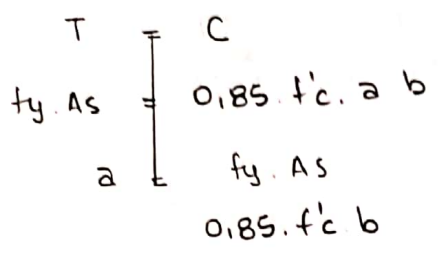
$$\therefore 2\phi 12 + 2\phi 16 \text{ c/s}$$

→ Calcular M_u

1) Altura útil: $d = h - cc - \frac{d_{be}}{2} - \frac{d_b}{2}$

- h = Altura de la viga
- cc = Recubrimiento (2cm)
- d_{be} = Estribos (0,6cm)
- d_b = Armadura (1,6cm)

2) Altura del bloque de hormigón (Equilibrio de fuerzas)



- f_y y f'_c [MPa]
- A_s (dato)
- b = Ancho viga

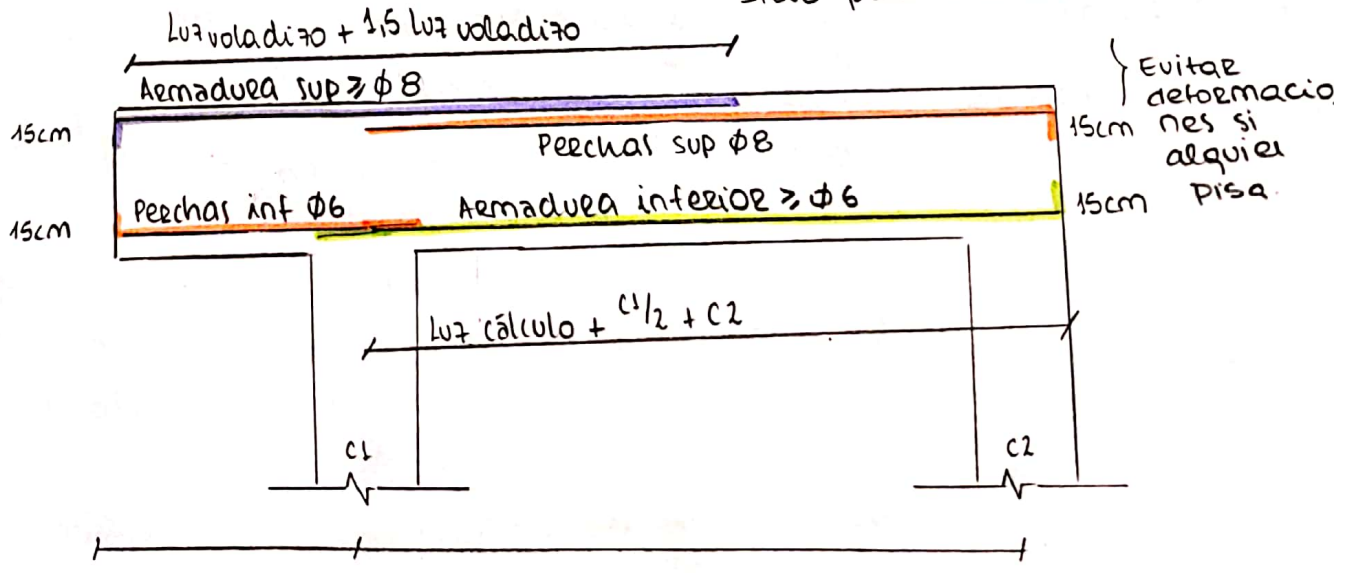
3) $a = k_a d$
 $k_a = \frac{a}{d}$

→ $k_a \leq 0,318$ queda controlada la ductilidad de la viga → $\phi = 0,90$ ✓
 → $k_a \leq 0,21$ No hace falta verificar deformaciones

4) Momento nominal (Equilibrio de momentos)

$M_n = C \cdot z$
 $M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot z$
 $M_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot (d - \frac{a}{2})$ → con f'_c [kN/m²]

5) Momento último: $M_u = \phi M_n$ → $\phi = 0,90$ → En función del momento último podemos ver si cambiamos el destino de la estructura, o si esta sección sirve para otra cosa, etc.



1) Predimensionado de losas

→ Análisis si es unidireccional o bidireccional

$$\lambda = \frac{c L_x}{c L_y} \quad \begin{matrix} 0,5 < \lambda < 2 \rightarrow \text{BIDIRECCIONAL} \\ 0,5 > \lambda > 2 \rightarrow \text{UNIDIRECCIONAL} \end{matrix}$$

donde $\left\{ \begin{array}{l} \text{sin continuidad} \rightarrow c=1 \\ \text{continuidad a un lado} \rightarrow c=0,87 \\ \text{continuidad a ambos lados} \rightarrow c=0,87 \cdot 0,87 = 0,76 \end{array} \right.$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Espesor } (h) = \frac{c \cdot L}{35} + \text{Recubrimiento} \quad (\text{UNIDIRECCIONAL}) \\ \text{Espesor } (h) = \frac{c \cdot L}{45} + \text{Recubrimiento} \quad (\text{BIDIRECCIONAL}) \end{array} \right.$$

donde $\left\{ \begin{array}{l} \text{Recubrimiento} = 2,50 \text{ cm} \\ L = \text{longitud menor} \end{array} \right.$

2) Análisis de cargas $\rightarrow q_u = 1,2 q_d + 1,6 q_l$

3) Análisis de losa bidireccional \rightarrow Porcentaje de carga que se transmite en cada dirección.

| λ | c_x | c_y |
|-----------|-------|-------|
| | | |

Entro con $\lambda \rightarrow$ Interpolamos $\rightarrow c_x$ y c_y .

$$\left\{ \begin{array}{l} q_{ux} = c_x q_u \\ q_{uy} = c_y q_u \end{array} \right.$$

4) Gráfico de momento

5) Releva a flexión

$$d = h - c_c \rightarrow \begin{matrix} h = \text{Espesor de losa (Apoyos u/o el menor)} \\ c_c = \text{Recubrimiento (2,50 cm)} \end{matrix}$$

$$M_n = M_u \rightarrow M_u = \text{Gráfico de momento}$$

$$\phi \rightarrow \phi = 0,90$$

$$m_n = \frac{M_n}{0,85 f'_c b d^2} \rightarrow \begin{matrix} f'_c = 25000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \\ b = 1 \text{ m} \end{matrix}$$

$k_a = 1 - \sqrt{1 - 2m_n} \rightarrow \begin{matrix} \leq 0,318 \text{ queda controlada la ductilidad de la viga } \phi = 0,90 \\ \leq 0,21 \text{ No hace falta verificar deformaciones} \end{matrix}$

$$a = k_a \cdot d$$

$$A_s = 0,85 \frac{f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} \rightarrow \begin{matrix} f'_c \text{ y } f_y \text{ [MPa]} \\ b = 100 \text{ cm} \end{matrix}$$

$$A_{s\text{mín}} = 0,0018 b h \rightarrow \begin{matrix} b = 100 \text{ cm} \\ h = \text{Espesor losa} \end{matrix}$$

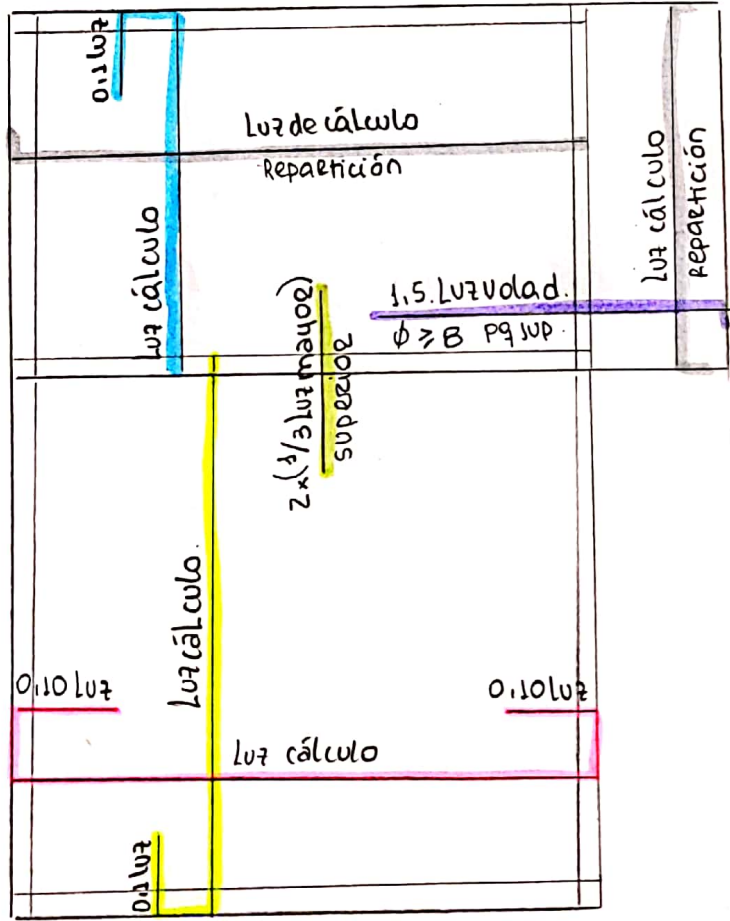
6) Armadura principal.

| ϕ | a_s | $n = A_s / a_s$ | $S = 100 \frac{cm}{n}$ |
|--------|-------|-----------------|------------------------|
| 6 | 0,28 | | |
| 8 | 0,50 | | |
| 10 | 0,79 | | |
| 12 | 1,13 | | |
| 16 | 2,01 | | |
| 20 | 3,14 | | |

Separación $\leq \begin{cases} 2,5h \\ 25\phi \\ 30cm \end{cases}$

Armadura de repartición:

$A_s = A_{s\min} = 0,0018 b h \rightarrow b = 100cm$
 $\hookrightarrow h = \text{Alteza losa}$



Muevo vertical:

$h - 2cc \rightarrow h = \text{Alteza de losa}$
 $\hookrightarrow cc = 2cm \text{ Recu beimiento}$

Muevo horizontal:

$b - 1cc \rightarrow b = \text{Ancho viga}$
 $\hookrightarrow cc = \text{Rebarrado (2cm)}$

siempre 0,10 Luzes de cálculo.

PREGUNTAS

1) Cómo se predimensiona la altura de una losa en función de la deformación y cómo en función de la resistencia?

Para el predimensionado de espesores de losas hay dos condiciones determinantes:

- una condición de resistencia, que soporte las cargas que las solicitan con un adecuado margen de seguridad prefijado
- una condición de deformación, que limite la flecha máxima a valores aceptados por el reglamento, por su uso o estética.

La condición de deformación es la que define el espesor necesario y se realiza de la siguiente forma:

LOSAS UNIDIRECCIONALES: $h = \frac{c \cdot L}{35} + \text{Recubrimiento}$

LOSAS BIDIRECCIONALES: $h = \frac{c \cdot L}{45} + \text{Recubrimiento}$

Donde: C depende de la continuidad de la losa

- $C = 1$ → Sin continuidad
- $C = 0,87$ → Continuidad en una dirección
- $C = 0,87 \cdot 0,87 = 0,76$ → Continuidad en ambas direcciones.

2) Al dimensionar una viga a flexión que falla se pretende obtener y por qué?

Se prevé que la rotura del hormigón tenga un comportamiento dúctil, esto corresponde a secciones subarmadas.

Esto se debe para evitar roturas sin aviso, ya que se supone que la armadura longitudinal cede el fluencia antes de que estalle la cabeza de compresión.

3) Por qué el reglamento fija un valor de armadura mínima? (flexión simple)

Se impone una armadura mínima para evitar el colapso brusco y frágil de la viga debido a las fisuraciones en el hormigón sometido a flexión:

$$A_{s \text{ min}} = 1,40 \cdot b_w \cdot d \cdot f_y$$

4) Indicar el porqué de las secciones subarmadas.

Las secciones controladas por tracción se corresponden con secciones subarmadas. Esto es así ya se que se dimensionan con factores de reducción de resistencia altos (cerca de 1), generalmente cuando las estructuras se encuentran sometidas a flexión (vigas por ejemplo) para dotar a la estructura de un comportamiento dúctil (capacidad de distribuir cargas accidentales y tomar mayores deformaciones).

→ De esta manera se obtienen estructuras que contienen una armadura de flexión que entra en fluencia antes de que el hormigón alcance la deformación máxima de compresión utilizable, lo que se conoce comúnmente como "ROTURA DE LA CABEZA DE COMP." Esta es la definición de sección subarmada, y es el tipo de sección deseada a la hora del diseño de estructuras sometidas a flexión ya que produce roturas con pre aviso (EXCESIVA DEFORMACIÓN Y FISURACIÓN ANTES DEL COLAPSO).

5) Qué significado tiene la verificación $k_a \leq 0,318$?

Garantiza que vamos a tener una sección controlada por tracción. Esto quiere decir que cuando la viga alcanza su resistencia nominal a flexión la deformación del acero $\geq 5\%$.

$\left\{ \begin{array}{l} k_a = 0,318 \rightarrow \text{Compresión máxima bloque de hormigón} \\ k_a \geq 0,318 \checkmark \\ k_a \leq 0,318 \rightarrow \text{Redimensionamos el bloque de hormigón} \end{array} \right.$