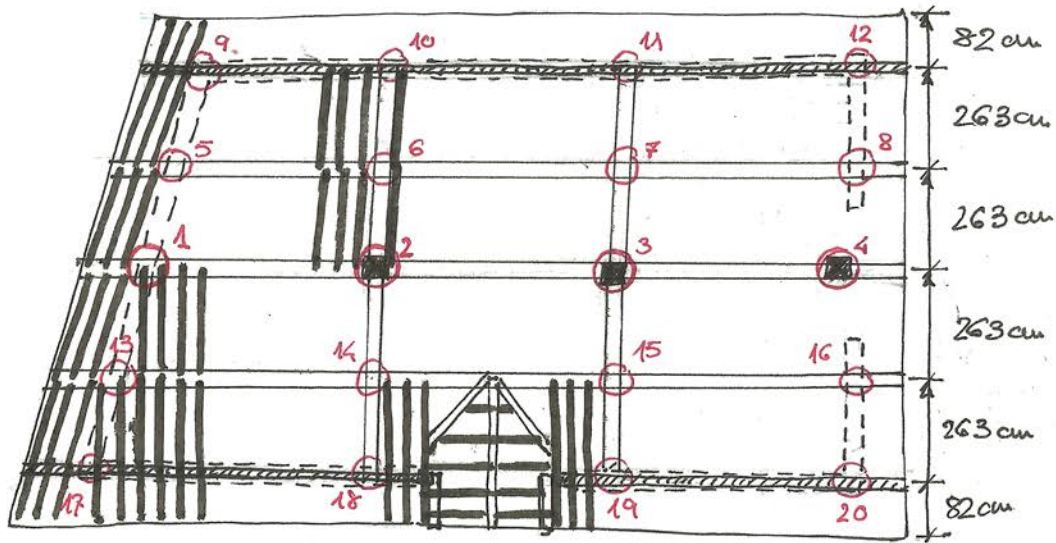


ZUREZKO EGITURAREN KALKULOA

PASSIVHAUS BIRGAITZE PROIEKTUA, ETA AURRETIK EGINDAKO ARIZUKO
(NAFARROA) SAN PEDRO KALEA 3AN KOKATUTAKO ETXEBIZITZA
UNIFAMILIARRAREN BIRGAITZE PROIEKTUAREN KONPARAKETA

MANEX FERNÁNDEZ MOÑUX
DONOSTIAKO UNIBERTSITATE ESKOLA POLITEKNIKOA
2019ko ekainaren 21a

EGITURAREN KALKULOKA



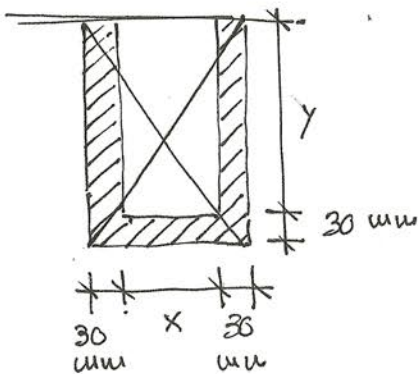
DATUAK:

- Cabios cada 60 cm. resistencia a flexión
- TIPO DE MADERA. ROBLE comportamiento de madera en incendios
 - Laminada $\rightarrow (G_L 32 \text{ N/mm}^2)$
 - Aserrada $\rightarrow (C 30 \text{ N/mm}^2)$
- Pendiente:
- Perdida de resistencia y estabilización a los 20 minutos. $\beta_0 = 0.5 \text{ mm/minuto}$
"velocidad de carbonización eficaz"
(25 mm)

a partir de ahí \rightarrow (EFECTO TEMPERATURA).

CE - DB - SI (tabla 3.1 - SIG)

\rightarrow E.F. (60): $0.5 \text{ mm/min} \times 60 \text{ min} =$
 $= 30 \text{ mm}$ de carbonización.



* a la hora de dimensionar añadir 3cm mas en las caras expuestas al fuego.



Habe / Habekta / Fibre.

PLANO DE ESTRUCTURA. CUBIERTA.

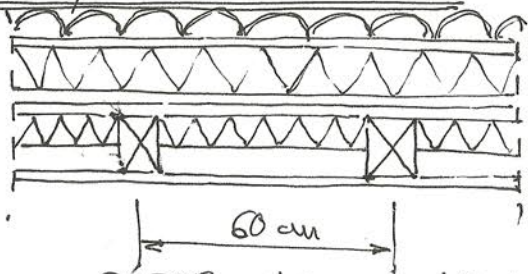


CARGAS. Acción permanente y acción variable.

• CTE-DB-SE-AE

PESO PROPIO

(Acción permanente).



• TEJA: 0.5 kN/m^2

• BASTRELES: 0.1 kN/m^2

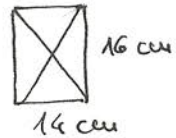
• PLADUR: $1.5 \text{ cm} \rightarrow 0.15 \text{ kN/m}^2$
 $= 0.15 \text{ kN/m}^2$

• XPS + LANA DE ROCA: 1 cm de aislante equivale a 0.02 kN/m^2

$$[8 \text{ cm (XPS)} + 8 \text{ cm (L,R)}] \cdot 0.02 \text{ kN/cm}^2 = 0.32 \text{ kN/m}^2$$

• TABLERO OSB: $\left. \begin{array}{l} 5 \text{ kN/m}^3 \\ (32 \text{ cm}) \end{array} \right\} 5 \text{ kN/m}^3 \cdot \frac{32 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} = 0.16 \text{ kN/m}^2$

• CABIOS: - estimamos (14x16 cada 60cm)
 - peso (4.2 kN/m^3)
 - nº de cabios por ml: $\frac{100 \text{ cm}}{60 \text{ cm}} = 1.67$ cabios por 1 m



$$(0.14 \times 0.16) \times 1.67 = 0.037 \text{ m}^3/\text{m} \quad 0.037 \times 4.2 = 0.16 \text{ kN/m}^2$$

Peso Propio \rightarrow **TOTAL: 1.39 kN/m^2**

PESO NIEVE SE-AE [3.5.]

(Acción variable).

$$q_n = \mu \cdot S_k$$

* $\mu = 1$ por inclinación de cubierta.

* $S_k =$ pamploña 450 m altitud $\rightarrow 0.7 \text{ kN/m}^2$

Arizu 540 m altitud

$$q_n = 1 \cdot 0.8 = 0.8 \text{ kN/m}^2 \quad \left. \begin{array}{l} [500-600] \\ \text{zona climática 2} \end{array} \right\} 0.8 \text{ kN/m}^2$$

Peso Nieve \rightarrow **TOTAL: 0.8 kN/m^2**

* 1 kN/m^2

(explicado en la carga de uso.)

CARGA DE USO

SE-1E [3.1]

(Acción variable)

- Categoría de uso **G**

cubierta accesible únicamente para conservación

* cubierta con inclinación inferior a 20° → **1 kN/m²**

el peso de uso será equivalente al peso de nieve, ya que cuando haya nieve en la cubierta no se le dará ningún uso. Se elegirá la carga de peso más desfavorable.

$$1 \text{ kN/m}^2 > 0.8 \text{ kN/m}^2$$

(p. de uso) (p. de nieve)

Así que utilizaremos el peso de uso en el de nieve también.

Peso de uso y Peso nieve **TOTAL = 1 kN/m²**

CARGA DE VIENTO

$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$

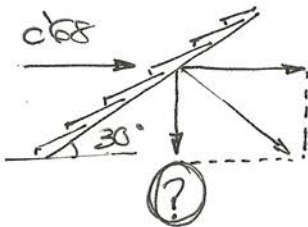
$q_b = 0.5 \text{ kN/m}^2$

$C_e = 2.024$, qm altura

1.7 kN/m^2

$C_p = 0.8 \text{ kN/m}^2$

$q_e = 0.5 \cdot 1.7 \cdot 0.8 = 0.68 \text{ kN/m}^2$ presión del viento



$\tan 30^\circ = \frac{x}{0.68} \rightarrow x = 0.4 \text{ kN/m}^2$

TOTAL = 0.4 kN/m²

• Mayoración de seguridad por hipótesis de carga:

Ⓘ HIPOTESIS: 1'5 (peso propio) =

Ⓜ HIPOTESIS: 1'5 (

Ⓝ HIPOTESIS:

Ⓓ HIPOTESIS: 3'8 kN/m²

• Combinación de acciones en incendio.

Ⓘ HIPOTESIS:

Ⓜ HIPOTESIS:

Ⓝ HIPOTESIS:

Ⓓ HIPOTESIS: 1'0

RESISTENCIA DE MATERIAL. (k_{mod}).

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot \text{resistencia madera}$$

↓
coeficiente
tipo de madera

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{aserrada } (k_h) = \underline{1'3} \\ \text{laminada } (k_h) = \underline{1'15} \end{array} \right.$$

$k_{mod} \rightarrow$ Hipotesis $\text{IV} = \underline{0'8}$

• MADERA ASERRADA \rightarrow "CABIOS."

$$\frac{30}{1'3} \cdot 0'8 \cdot \cancel{0'8} \cdot \cancel{1'3} \cdot \cancel{30} = \boxed{18'46 \text{ N/mm}^2}$$

• MADERA LAMINADA \rightarrow "VIGAS."

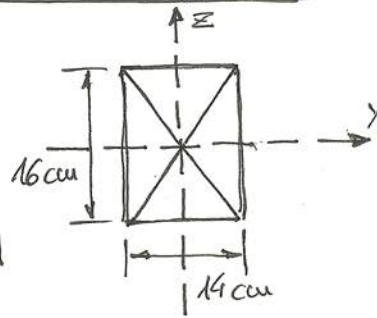
$$\frac{32}{1'15} \cdot 0'8 \cdot \cancel{0'8} \cdot \cancel{1'15} \cdot \cancel{32} = \boxed{22'26 \text{ N/mm}^2}$$

CALCULO DE ELEMENTOS ESTRUC.

CABIOS.

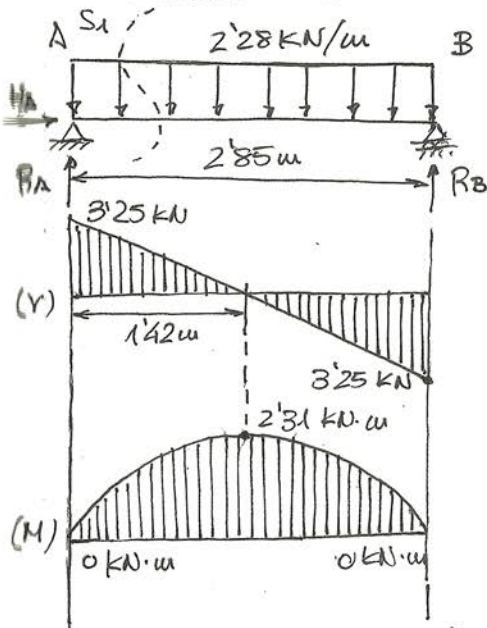
- Momento de inercia:

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 140 \text{ mm} \cdot (160 \text{ mm})^3 = 477 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$



- Carga uniforme del cable:

$$\left\{ \begin{array}{l} 3.8 \text{ KN/m}^2 \\ \text{cables cada } 0.6 \text{ m} \end{array} \right\} \quad 3.8 \cdot 0.6 = \underline{\underline{2.28 \text{ KN/m}}}$$



- Equilibrio indadable:

$$\sum F_H = 0 \rightarrow H_A = 0 \text{ KN}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow$$

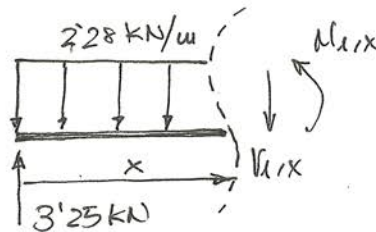
$$R_B \cdot 2.85 - 2.28 \cdot 2.85 \cdot \frac{2.85}{2} = 0 \rightarrow$$

$$R_B = 3.25 \text{ KN}$$

$$\sum F_B = 0 \rightarrow R_A + 3.25 = 2.28 \cdot 2.85$$

$$R_A = 3.25 \text{ KN}$$

$$\bullet S_L (0 \leq x \leq 2.85)$$



$$\bullet V_{1,x} = 3.25 - 2.28x$$

$$\bullet M_{1,x} = 3.25x - 2.28 \cdot \frac{x^2}{2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x=0 \rightarrow V_{1,x} = 3.25 \text{ KN} \\ x=2.85 \rightarrow V_{1,x} = -3.25 \text{ KN} \\ V_{1,x} = 0 \rightarrow x = 1.42 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x=0 \rightarrow M_{1,x} = 0 \text{ KN}\cdot\text{m} \\ x=1.42 \rightarrow M_{1,x} = 2.31 \text{ KN}\cdot\text{m} \\ x=2.85 \rightarrow M_{1,x} = 0 \text{ KN}\cdot\text{m} \end{array} \right.$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{EI} \left(\frac{-3.25x^2}{2} + \frac{2.28x^3}{6} + 2.51 \right) \rightarrow \text{Elasticidad con desplazamiento.}$$

$$y = \frac{1}{EI} \left(\frac{-3.25x^3}{6} + \frac{2.28x^4}{24} + 2.51x \right)$$

• Cezi maksimumen kallebda:

$$s_{\max} \rightarrow y(1'42\text{ m}) = \boxed{4'41\text{ mm}}$$

$$\frac{2850}{300} = \underline{\underline{9'5\text{ mm}}}$$

$$\left[\frac{4'41}{\text{mm}} \leq 9'5\text{ mm} \right] \frac{1}{642} \leq \frac{1}{300}$$

BETETZEN DU

* flexão máxima permitida em cabos

$$\frac{1}{300}$$

$$s_{\max} = \frac{M_{\max}}{I_y} \cdot y = \frac{2'31 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}}{4'77 \cdot 10^7 \text{ mm}^4} \cdot 80 \text{ mm} = \boxed{3'87 \text{ N/mm}^2}$$

• tensão máxima

$$\left[3'87 \leq \overset{18'46}{\cancel{9'5}} \text{ N/mm}^2 \right]$$

BETETZEN DU

EN CASO DE INCENDIO.

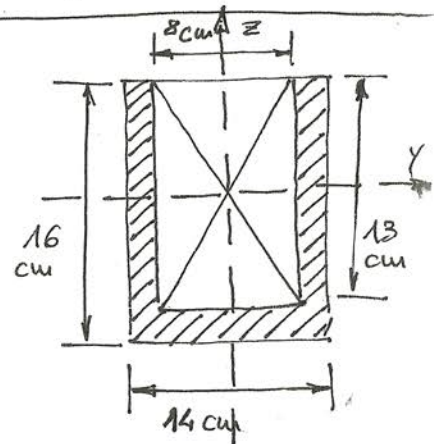
• Inertia momenta:

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 80 \text{ mm} \cdot (130 \text{ mm})^3 =$$

$$I_y = \boxed{1'46 \cdot 10^8 \text{ mm}^4}$$

* carga en el cable:

$$1'9 \text{ kN/m}^2 \cdot 0'6 \text{ m} = \underline{\underline{1'14 \text{ kN/m}}}$$



• Enreaxzo indaxtrale:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow \underline{\underline{H_A = 0 \text{ kN}}}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow R_B \cdot 2'85 - 1'14 \cdot 2'85 \cdot \frac{2'85}{2} = 0$$

$$\rightarrow R_B = \underline{\underline{1'62 \text{ kN}}}$$

$$\sum F_B = 0 \rightarrow R_A + 1'62 = 1'14 \cdot 2'85 \rightarrow R_A = \underline{\underline{1'62 \text{ kN}}}$$

• $S_1 (0 \leq x \leq 2'85)$:

$$V_{1,x} = 1'62 - 1'14x \left\{ \begin{array}{l} x=0 \rightarrow V_{1,x} = 1'62 \text{ kN} \\ x=2'85 \rightarrow V_{1,x} = -1'62 \text{ kN} \\ \neq V_{1,x} = 0 \rightarrow x = 1'42 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$M_{1,x} = 1'62x - 1'16 \cdot \frac{x^2}{2} \quad \left\{ \begin{array}{l} x=0 \rightarrow M_{1,x} = 0 \\ x=1'42 \rightarrow M_{1,x} = \underline{1'15 \text{ kN}\cdot\text{m}} \\ x=2'85 \rightarrow M_{1,x} = 0 \end{array} \right.$$

$$M_{\max} = 1'15 \text{ kN}\cdot\text{m} \rightarrow \boxed{1'15 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}}$$

• Resistencia máxima:

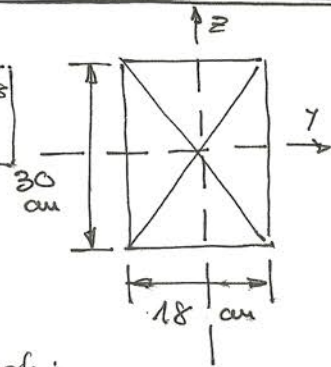
$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{I_y} \cdot y = \frac{1'15 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}}{1'48 \cdot 10^8 \text{ mm}^4} \cdot 65 \text{ mm} =$$

$$= \boxed{5'12 \text{ N/mm}^2} \leq \frac{18'46}{18'46} \text{ N/mm}^2 \quad \frac{\text{BETETZEN}}{\text{DU}}$$

VIGAS

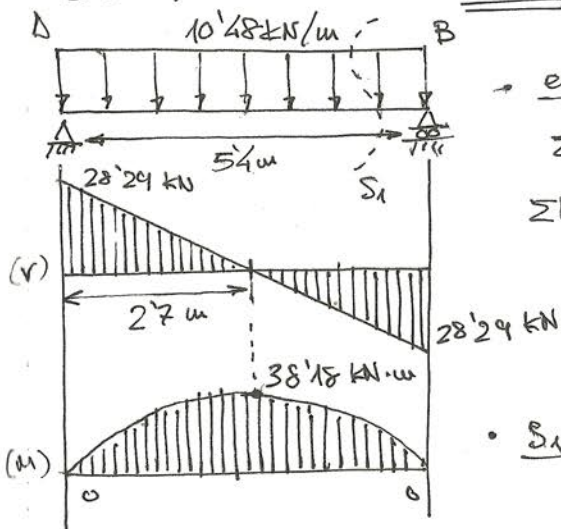
• Momento de inercia:

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 180 \cdot 300^3 = \boxed{4'05 \cdot 10^8 \text{ mm}^4}$$



• carga en la viga:

$$3'8 \text{ kN/m}^2 \cdot 2'76 \text{ m} = \underline{10'48 \text{ kN/m}}$$



• empezamos indagar:

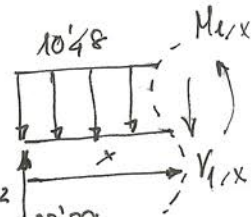
$$\sum F_H = 0 \rightarrow \boxed{H_A = 0 \text{ kN}}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow R_B \cdot 5'4 - 10'48 \cdot 5'4 \cdot \frac{5'4}{2} = 0$$

$$\boxed{R_B = 28'29 \text{ kN}}$$

$$\boxed{R_A = 28'29 \text{ kN}}$$

• S_1 ($0 \leq x \leq 5'4$):



$$V_{1,x} = 28'29 - 10'48 \cdot x$$

$$M_{1,x} = 28'29 \cdot x - 10'48 \cdot \frac{x^2}{2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x=0 \rightarrow = 28'29 \text{ kN} \\ x=5'4 \rightarrow = -28'29 \text{ kN} \\ V_{1,x}=0 \rightarrow x = \underline{2'7 \text{ m}} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x=0 \rightarrow = 0 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ x=2'7 \rightarrow = \boxed{38'18 \text{ kN}\cdot\text{m}} \quad (M_{\max}) \\ x=5'4 \rightarrow = 0 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{array} \right.$$

• Elasticidad elástica:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{EI} \left(\frac{-28'29 \cdot x^2}{2} + \frac{10'48 \cdot x^3}{6} + 68'73 \right)$$

$$y = \frac{1}{EI} \left(\frac{-28'29 \cdot x^3}{6} + \frac{10'48 \cdot x^4}{24} + 68'73x \right)$$

• Gezi maksimumen kalkuloa:

$$\delta_{\max} \rightarrow (y = 2'7m) = \boxed{25'4 \text{ mm}}$$

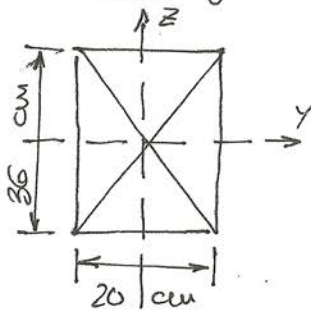
flecha máxima permitida en vigas.

$$\frac{1}{400}$$

$$\frac{5400}{400} = \underline{\underline{13'5 \text{ mm}}}$$

EZ DU BETETZEN

* EZ duenez betetzen, habereentzako soluzio handiago bat zehaztu behar da.



$$I_y = \boxed{7'77 \cdot 10^8 \text{ mm}^4}$$

$$\delta_{\max} = \boxed{13'23 \text{ mm}}$$

BETETZEN DU

$$\left[\frac{13'23 \text{ mm}}{\text{mm}} \leq \frac{13'5 \text{ mm}}{\text{mm}} \right] \frac{1}{408} \leq \frac{1}{400}$$

• Tentsio maksimumen kalkuloa:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{I_y} \cdot y = \frac{38'18 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}}{7'77 \cdot 10^8 \text{ mm}^4} \cdot 18 \text{ mm} = \boxed{0'88 \text{ N/mm}^2}$$

BETETZEN DU

$$\left[0'88 \text{ N/mm}^2 \leq 22'26 \text{ N/mm}^2 \right]$$

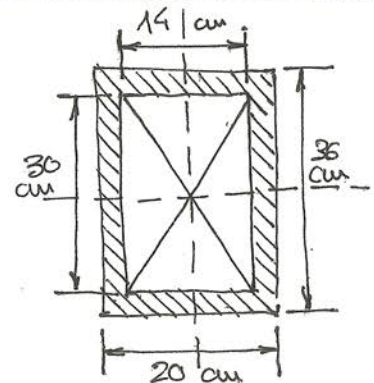
EN CASO DE INCENDIO.

• Inertzi momentua:

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 140 \cdot 300^3 = \boxed{3'5 \cdot 10^8 \text{ mm}^4}$$

• Habearen karga:

$$19 \text{ kN/m}^2 \cdot 2'76 \text{ m} = \underline{\underline{5'24 \text{ kN/m}}}$$



• Enreazero iudarrak:

$$\sum F_H = 0 \rightarrow H_A = \underline{0 \text{ kN}}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow R_B \cdot 5'4 - 5'24 \cdot 5'4 \cdot \frac{5'4}{2} = 0 \rightarrow$$

$$R_B = \underline{14'15 \text{ kN}}$$

$$R_b = \underline{14'15 \text{ kN}}$$

• $S_L (0 \leq x \leq 5'4)$:

$$V_{L,x} = 14'15 - 5'24x$$

$$M_{L,x} = 14'15x - 5'24 \cdot \frac{x^2}{2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x=0 \rightarrow 14'15 \text{ kN} \\ x=5'4 \rightarrow -14'15 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x=0 \rightarrow 0 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ x=2'7 \rightarrow 19'1 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ x=5'4 \rightarrow 0 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{array} \right. M_{\text{max}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{L,x}=0 \rightarrow x=2'7 \text{ m} \\ x=5'4 \rightarrow 0 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{array} \right.$$

• Tentsio maximoaren kalkulak:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{M_{\text{max}}}{I_y} \cdot y = \frac{19'1 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}^2}{3'15 \cdot 10^8 \text{ mm}^4} \cdot 150 \text{ mm} = \underline{9'1 \text{ N/mm}^2}$$

BETETZEN DU

$$[9'1 \text{ N/mm}^2 \leq 22'26 \text{ N/mm}^2]$$

PILARES.

• pilarearen pisu propioa:

$$(0'25 \cdot 0'25 \cdot 4) \cdot 550 = \underline{74 \text{ kP}}$$

$$f_{c,0,d} = 0'80 \cdot \frac{320}{1'3} = \underline{196'92 \text{ kP/cm}^2}$$

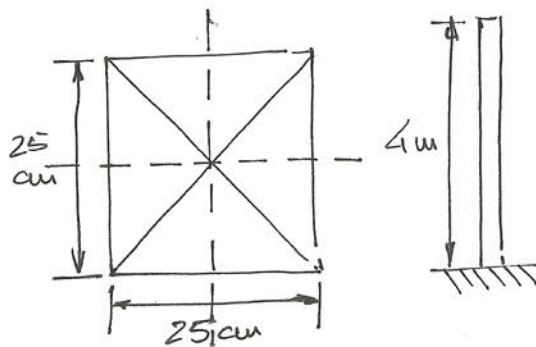
• Calculo de carga puntual:

$$3'8 \text{ kN/m}^2 \cdot 289167 \text{ cm}^2 \rightarrow 3'8 \cdot 10^{-4} \text{ kN/cm}^2 \cdot 289167 \text{ cm}^2 =$$

$$= 110 \text{ kN} \rightarrow \underline{11216'87 \text{ kP}} + 74 = \underline{11290'84 \text{ kP}}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{11290'84}{25 \cdot 25} = \underline{18'06 \text{ kP/cm}^2}$$

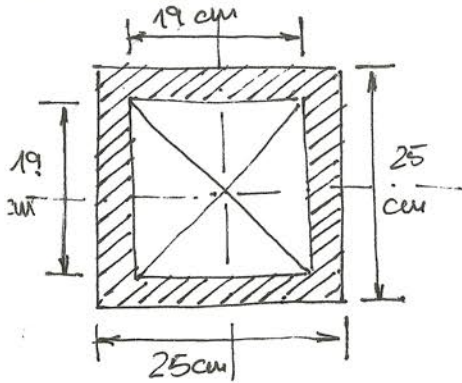
$$\lambda = \frac{400}{0'288 \cdot 25} = \underline{55'55} \rightarrow k_0 = \underline{0'84}$$



$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} = \frac{18'66}{0'86 \cdot 196'92} = \boxed{0'1 < 1}$$

BETETZEN DU

EN CASO DE INCENDIO



carga en incendio:

$$1'9 \cdot 10^{-4} \cdot 289167 = 54'94 \text{ kN} \rightarrow$$

$$\rightarrow 5608'43 \text{ kp} + 74 \text{ kp} = \boxed{5682'43 \text{ kp}}$$

$$\sigma = \frac{5682'43}{19 \cdot 19} = \boxed{15'74 \text{ kp/cm}^2}$$

$$\lambda = \frac{400}{0'288 \cdot 19} = \boxed{73'09} \rightarrow k_c = \boxed{0'65}$$

$$\frac{\sigma}{k_c \cdot f} = \frac{15'74}{0'65 \cdot 196'92} = \boxed{0'12 < 1} \quad \text{BETETZEN DU}$$

CALCOLO DE CARGAS. BALCON

PESO PROPIO

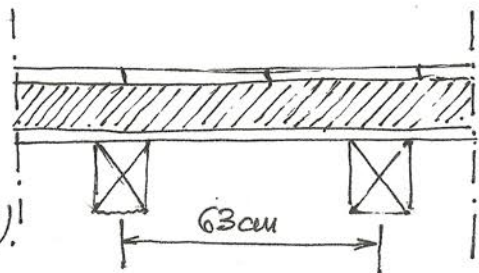
(Acción permanente).

• VIGUETAS:

* 14 x 16 cada 63 cm (estimado).

* pesou 4'2 kN/m³

* n° de vigas por ml: $\frac{100}{63} = 1'58$ vigas por cada metro lineal



$$(0'16 \times 0'14) \cdot 1'58 = 0'035 \text{ m}^3/\text{m}^2 \rightarrow 0'035 \times 4'2 = \boxed{0'14 \text{ kN/m}^2}$$

PAVIMENTO

• ~~PAVIMENTO~~ + CAPA MORTERO:

$$\boxed{1 \text{ kN/m}^2}$$

• TABLERO DE MADERA:

$$0'15 \text{ KN/m}^2$$

Peso Propio →

$$\text{TOTAL: } 1'29 \text{ KN/m}^2$$

PESO NIEVE

No nieve. Esto e cubierto.

CARGA DE VIENTO

No tiene. Elemento horizontal.

SOBRECARGA DE USO

x inclinación menor de 20° → 1 KN/m^2

$$\text{Sobr. de uso} \rightarrow \text{TOTAL: } 1 \text{ KN/m}^2$$

• Mayoración de seguridad por hipotesis de carga:

IV HIPOTESIS: $3'1 \text{ KN/m}^2$ ($1'35 \times 2'29$)

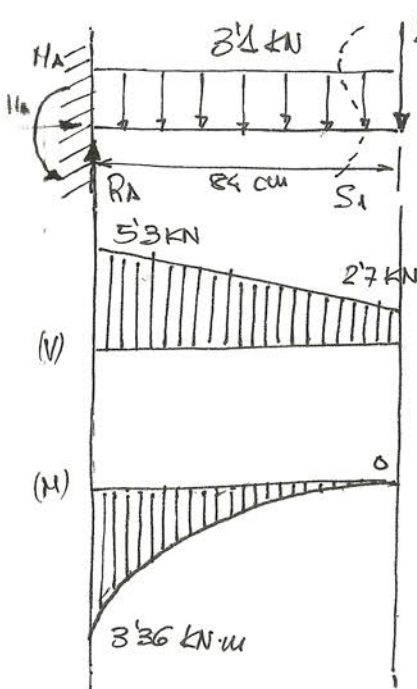
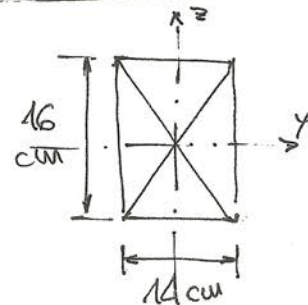
• Combinación de acciones en incendio:

IV HIPOTESIS: $2'7 \text{ KN/m}^2$ ($1'35 \times 2$)

VIGUETAS BALCÓN.

• Momento de inercia:

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 140 \cdot (160)^3 = 4'77 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$



• Ecuaciones indómitas:

$$\sum F_H = 0 \rightarrow H_A = 0 \text{ KN}$$

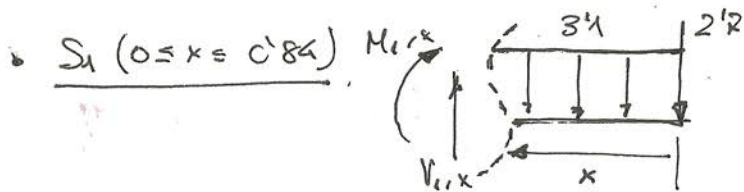
$$\sum F_V = 0 \rightarrow R_A - 2'7 - 3'1 \cdot 0'84 = 0$$

$$R_A = 5'3 \text{ KN}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow$$

$$M_A - 2'7 \cdot 0'84 - 3'1 \cdot 0'84 \cdot \frac{0'84}{2} = 0$$

$$M_A = 3'36 \text{ KN} \cdot \text{m}$$



• $V_{ix} = 2.7 + 3.1 \cdot x$

$$\begin{cases} x = 0 \rightarrow = 2.7 \text{ kN} \\ x = 0.84 \rightarrow = 5.3 \text{ kN} \end{cases}$$

• $M_{ix} = -2.7x - \frac{3.1 \cdot x^2}{2}$

$$\begin{cases} x = 0 \rightarrow = 0 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ x = 0.84 \rightarrow = \boxed{-3.36 \text{ kN} \cdot \text{m}} \end{cases}$$

M_{max}.

• Elastikoaren ekuazioak.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{EI} \left(\frac{2.7x^2}{2} + \frac{3.1 \cdot x^3}{6} - 1.26 \right)$$

$$y = \frac{1}{EI} \left(\frac{2.7x^3}{6} + \frac{3.1 \cdot x^4}{24} - 1.26x + 0.73 \right)$$

• Gezi maximoaren kaltetza:

$$\begin{cases} M_{\max} = 3.36 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow 3.36 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} \\ E = 11277 \text{ N/mm}^2 \\ I_y = 4.77 \cdot 10^7 \text{ N/mm}^2 \end{cases}$$

$f_{\max} \rightarrow (y=0) = \boxed{1.35 \text{ mm}}$ BETETZEN DU.

• Tentsio maximoaren kaltetza:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{I_y} \cdot y = \frac{3.36 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}}{4.77 \cdot 10^7 \text{ N/mm}^2} \cdot 80 \text{ mm} \rightarrow \boxed{5.63 \text{ N/mm}^2}$$

$\rightarrow [5.63 \text{ N/mm}^2 \leq 18.46 \text{ N/mm}^2]$ BETETZEN DU.