

EJEMPLO: Diseño estructural de un muro de corte

1/12

Efectuar el diseño de un muro de concreto capaz de resistir las siguientes fuerzas de diseño:

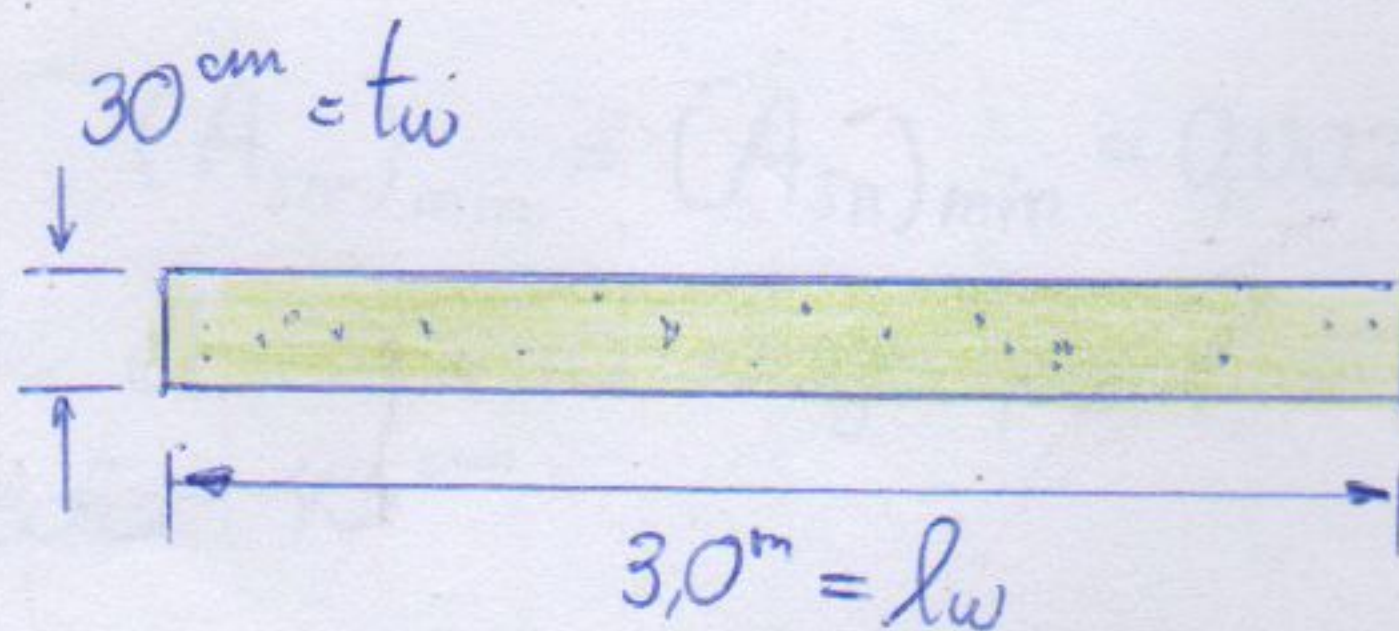
$$\left\{ \begin{array}{l} P_u = 178 \text{ Ton (compresión)} \\ V_u = 61,0 \text{ Ton} \\ M_u = 204 \text{ Ton}\cdot\text{m} \end{array} \right.$$

El muro tiene una altura de $3,0\text{m}$ (equivalente a un edificio de 10 pisos y $3,0\text{m}$ cada piso).

Considere para los cálculos: $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

Efectuar los cálculos para dos escenarios

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta_u = 20 \text{ cm} \\ \delta_u = 45 \text{ cm} \end{array} \right.$$



Geometría propuesta

SOLUCIÓN

1) Propuesta de refuerzo

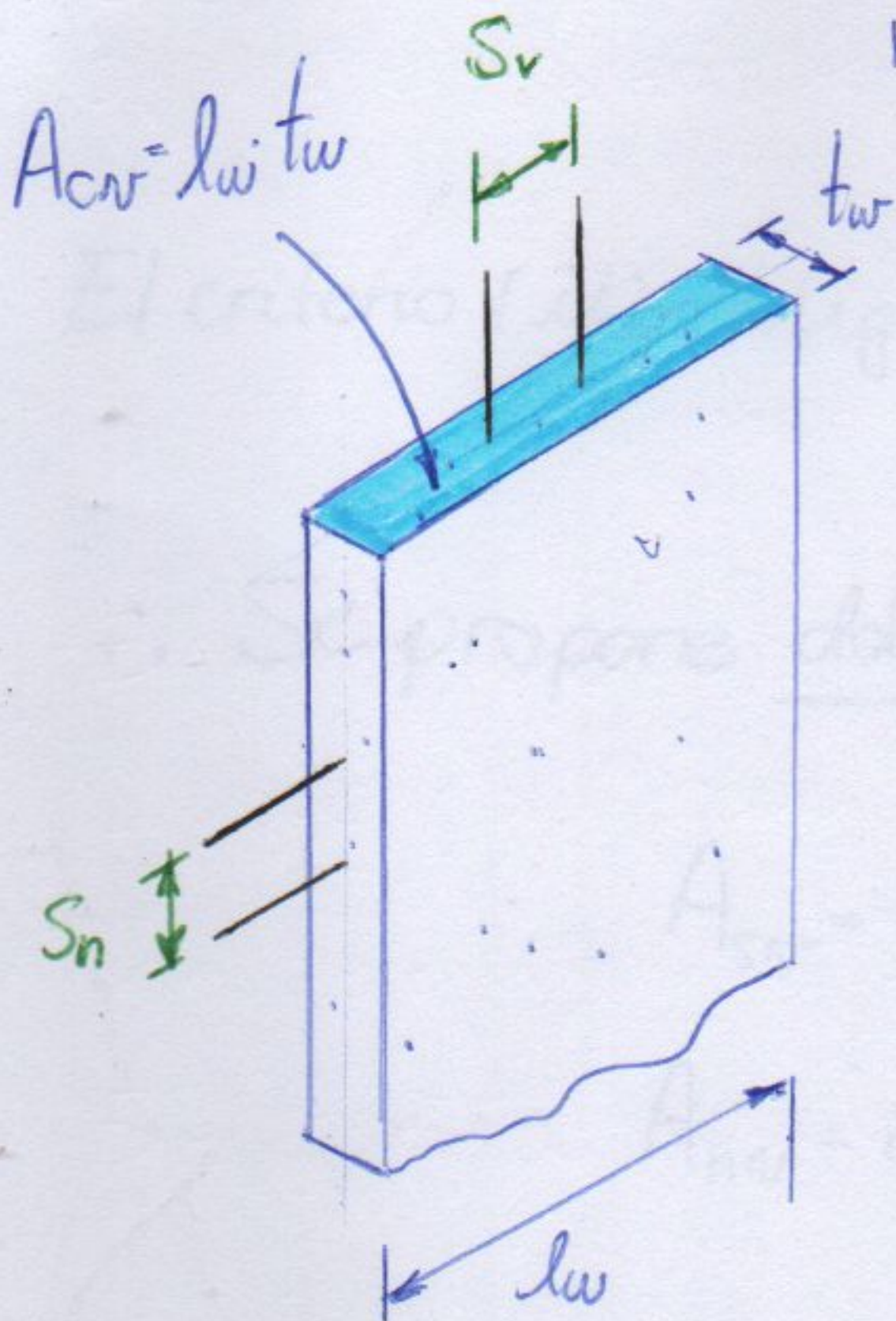
$$\frac{M_u}{V_u \cdot l_w} = \frac{204 \text{ Ton}\cdot\text{m}}{61,0 \text{ Ton} \cdot 3 \text{ m}} = 1,11 < 2$$

\Rightarrow Aplican Art. 8.6.4 y 8.7.2 para el cálculo del refuerzo transversal.

Según Art. 8.6.4.a) : $(f_v)_{min} = (f_n)_{min} = 0,0025$

acero vertical

acero transversal (horizontal)



$$f_v = \frac{A_{svr}}{100 \cdot t_w} \leftarrow \begin{array}{l} \text{Área acero } \perp A_{cr} \\ \text{Área bruta (para un ancho unitario)} \end{array}$$

$$f_n = \frac{A_{sn}}{100 \cdot t_w} \leftarrow \text{Área acero } \parallel A_{cr}$$

Por lo tanto : $(A_{svr})_{min} = (A_{sn})_{min} = 0,0025 (100 \cdot 30) = 7,5 \text{ cm}^2/\text{m}$

Adicionalmente el CSCR-10 exige que el espaciamiento del refuerzo no debe exceder 45 cm .

NOTA : El valor mínimo de f_v y f_n puede reducirse si V_u no excediera $0,27 A_{cr} \lambda \sqrt{f'_c}$; $\lambda = 1,0$ para concretos de peso normal.

En el presente diseño no se cumple esa condición :

$$V_u = 61,0 \text{ Ton} > \frac{0,27 \cdot 9000 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{280}}{10^3} = 40,7 \text{ Ton}$$

Según Art. 8.6.4 b): se debe usar al menos doble malla si.

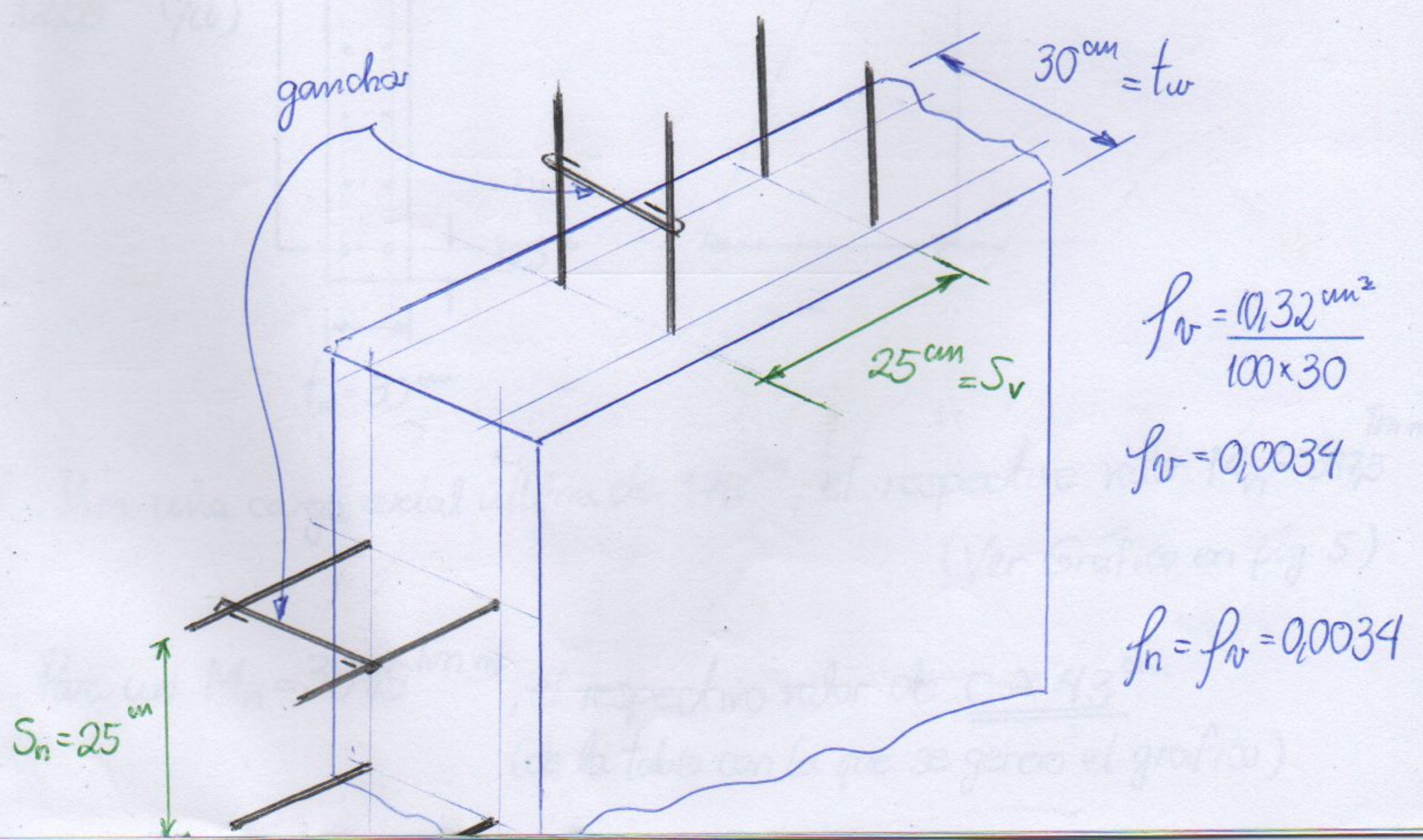
$$\begin{cases} V_u > 0,5 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c} & (i) \\ t_w \geq 20 \text{ cm} & (ii) \end{cases}$$

El criterio (ii) obliga a colocar doble malla! ($t_w = 30 \text{ cm} > 20 \text{ cm}$)

∴ Se propone doble malla #4 @ 25^{cm}

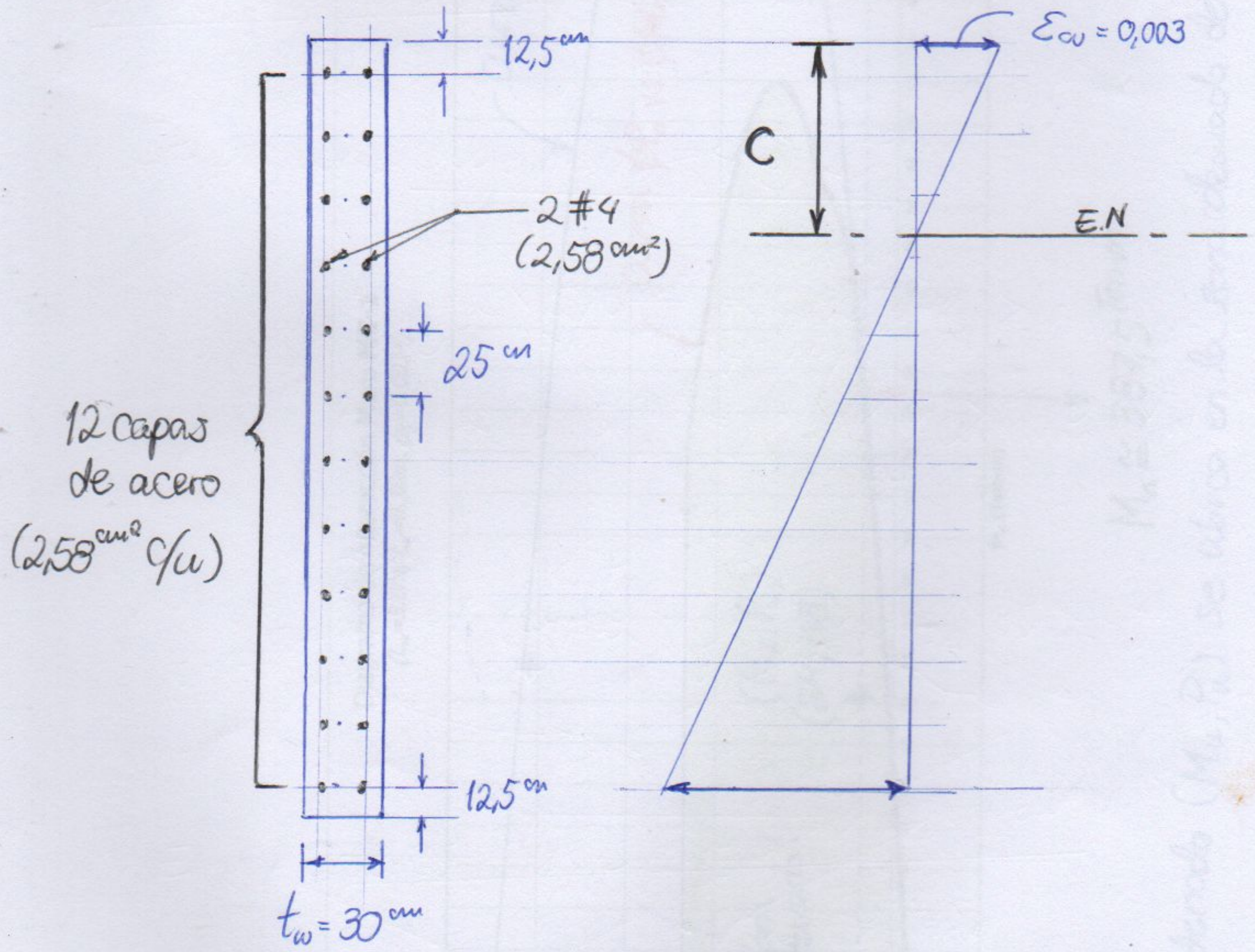
$$A_{sv} = 2 \times 5,16 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} = 10,32 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > (A_{sv})_{\min} = 7,5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \text{ OK!}$$

$$A_{nv} = 2 \times 5,16 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} = 10,32 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > (A_{nv})_{\min} = 7,5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \text{ OK!}$$



2) Diseño a flexo-compresión

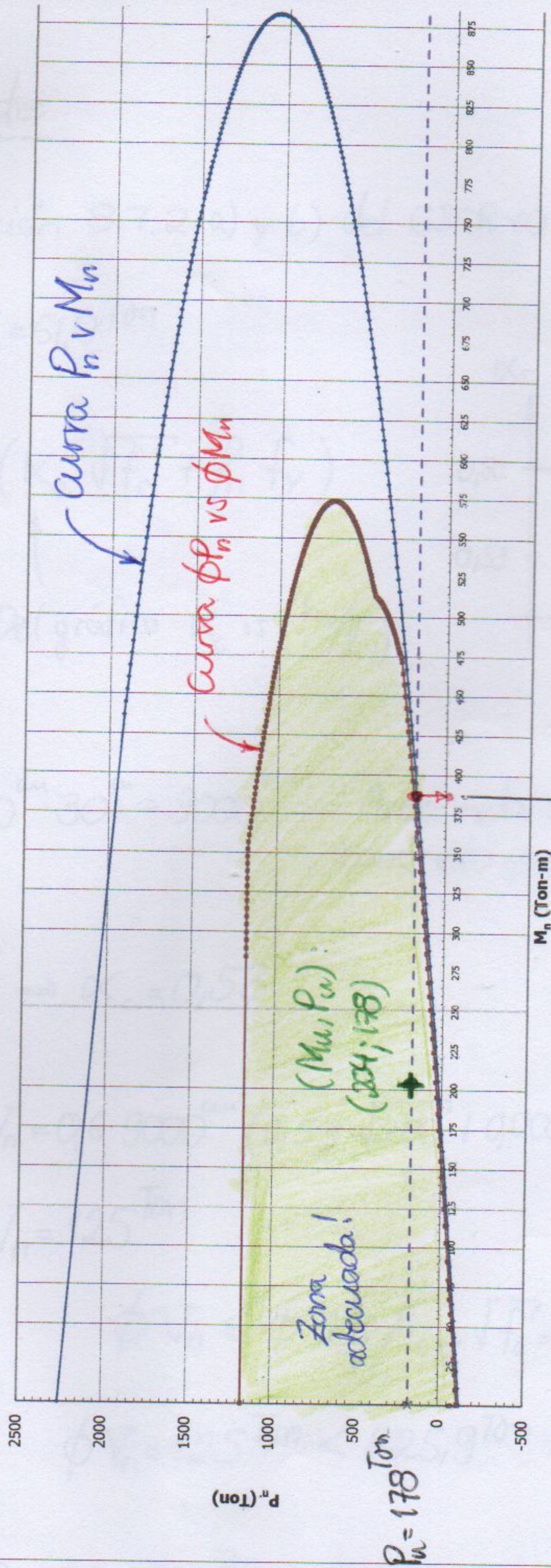
Una vez hecha una propuesta de refuerzo (vertical) se construye el respectivo diagrama de interacción para flexión respecto al eje fuerte ("in-plane moment"). De forma análoga a una columna:



Para una carga axial última de 178 Ton ; el respectivo valor $M_n \approx 387,5 \text{ Ton.m}$
(Ver Gráfico en pag. 5)

Para un $M_n = 387,5 \text{ Ton.m}$; el respectivo valor de $C \approx 43 \text{ cm}$
(de la tabla con la que se generó el gráfico)

Diagrama de interacción Muro MC-1
 ($L_w=3.0m$, $t_w=0.30m$, $\rho_v=0.0034$)



El par ordenado (M_u, P_u) se ubica en la zona adecuada del diagrama!

Diseño a flexo-compresión satisfactorio

3) Diseño a cortante

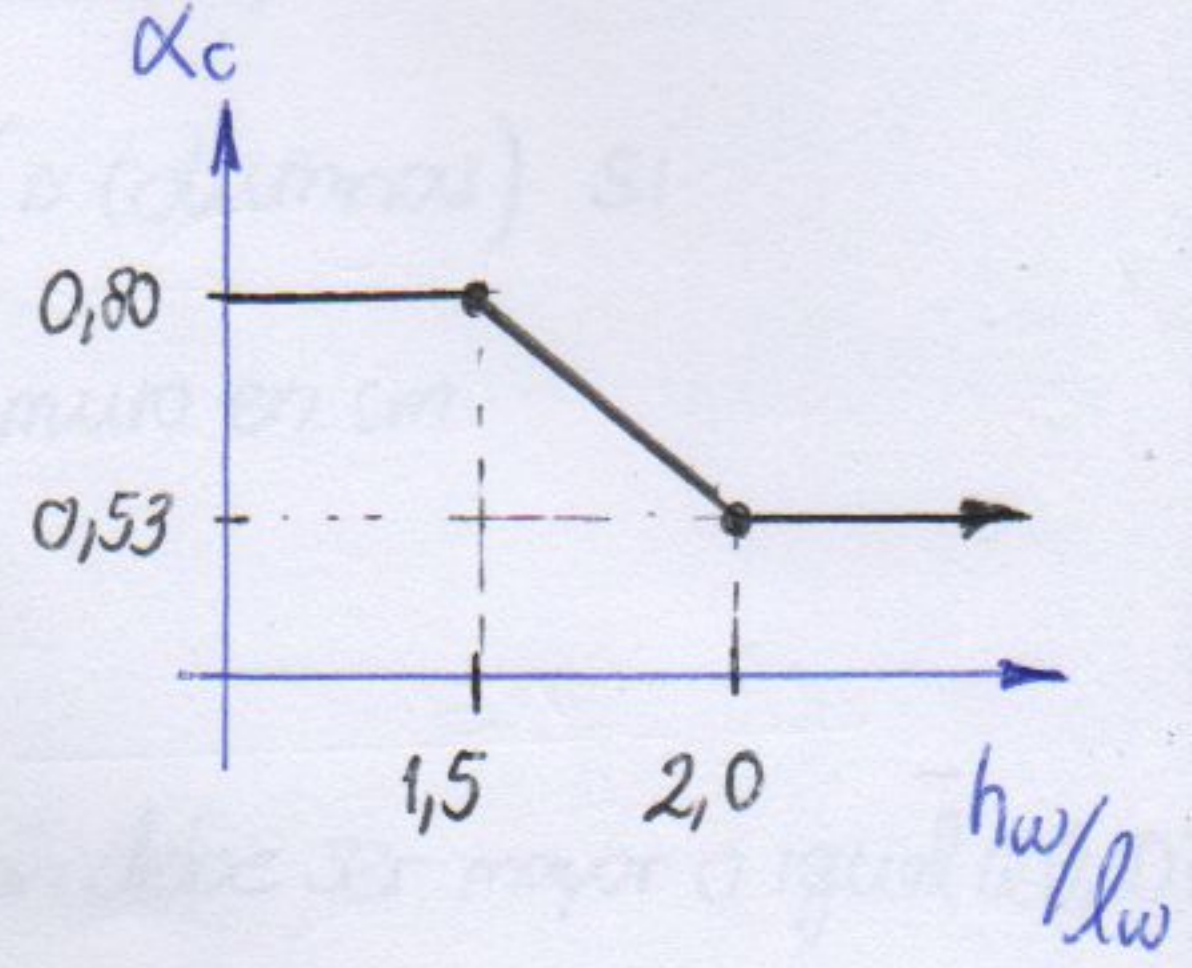
Se aplica la Sección 8.7.2 a) y b) del CSOR-10:

$$\phi V_n \geq V_u = 61,0 \text{ Ton}$$

$$\phi V_n = \phi \cdot A_{cv} (\alpha_c \cdot \sqrt{f'_c} + \rho_n f_y)$$

$$\phi = 0,60$$

Del gráfico α_c vs (h_w/l_w)



$A_{cv} = l_w \cdot t_w = 300 \text{ cm} \cdot 30 \text{ cm} = 9000 \text{ cm}^2$: Área neta de la sección de concreto que resiste el cortante

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{30 \text{ cm}}{3 \text{ m}} = 10 \Rightarrow \alpha_c = 0,53$$

$$\phi V_n = 0,6 \cdot 9000 \text{ cm}^2 (0,53 \cdot \sqrt{2800} + 0,0034 \cdot 4200) / 10^3$$

$$\phi V_n = 125 \text{ Ton}$$

Según el inciso d) : $\phi V_n \leq \phi \cdot 2,5 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c} = 0,6 \cdot 2,5 \cdot 9000 \cdot \sqrt{2800} / 10^3 = 225,9 \text{ Ton}$

$$\phi V_n = 125 \text{ Ton} < 225,9 \text{ Ton} : \text{CUMPLE!}$$

Como $\phi V_n = 125 \text{ Ton} > V_u = 61,0 \text{ Ton} \rightarrow$ Diseño a cortante satisfactorio!

4) Revisión de la necesidad de elementos de borde.

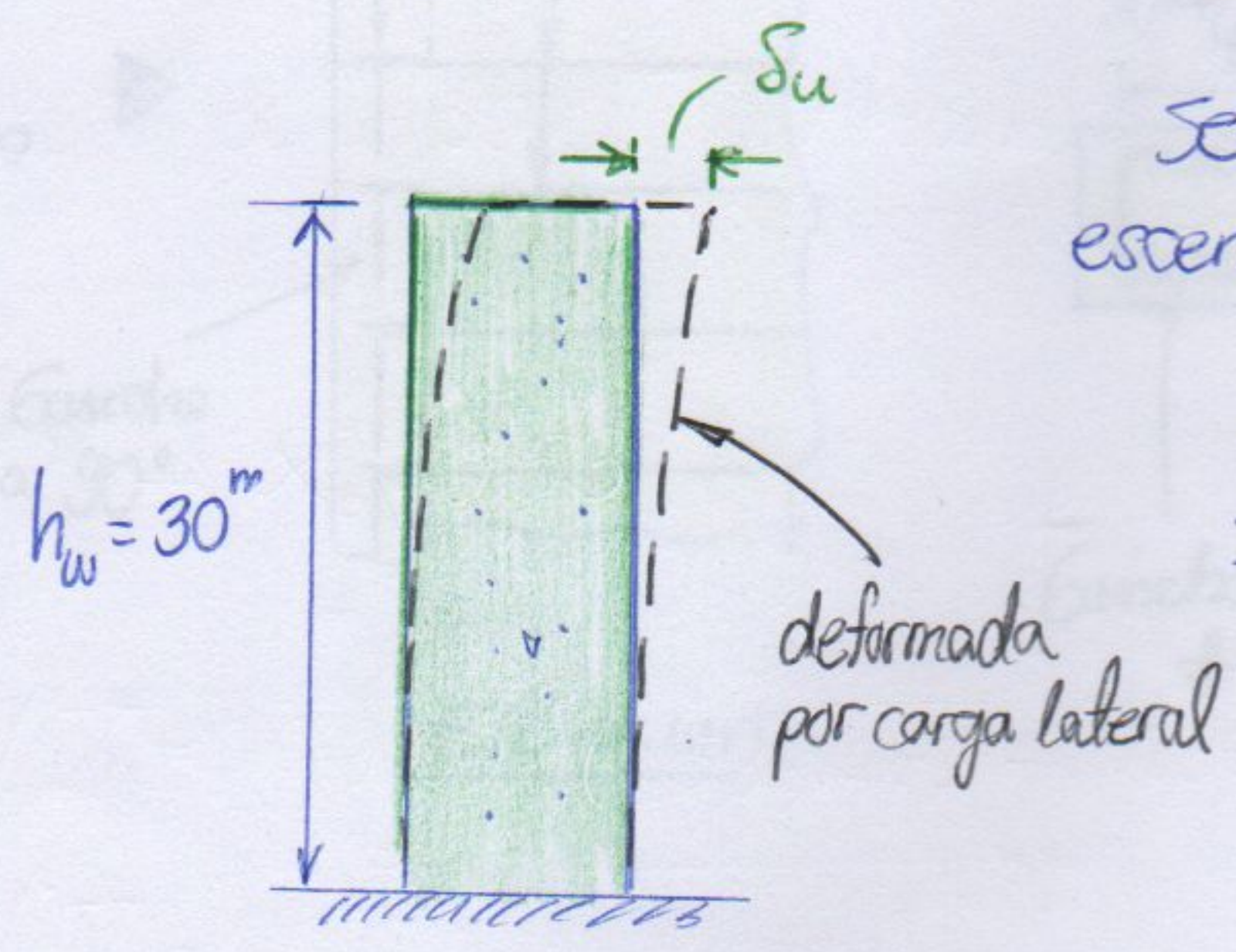
Suponiendo que el muro es continuo desde su base hasta la parte superior, se aplica Art. 8.6.5 inciso b)

El muro requiere elementos de borde (\approx columnas) si

$$C \geq \frac{l_w \rightarrow \text{longitud del muro en cm}}{600 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)}$$

Profundidad del eje neutro asociada a P_u (Ver Pág. 4)

Esta razón debe ser mayor o igual a 0,007.



Se pide analizar dos escenarios

- I) $\delta_u = 20^{cm}$
- II) $\delta_u = 45^{cm}$

CASO $\delta_u = 20^{cm}$

$$\frac{\delta_u}{h_w} = \frac{0,20^m}{30^m} = 0,0067 \Rightarrow \text{Rige } 0,007.$$

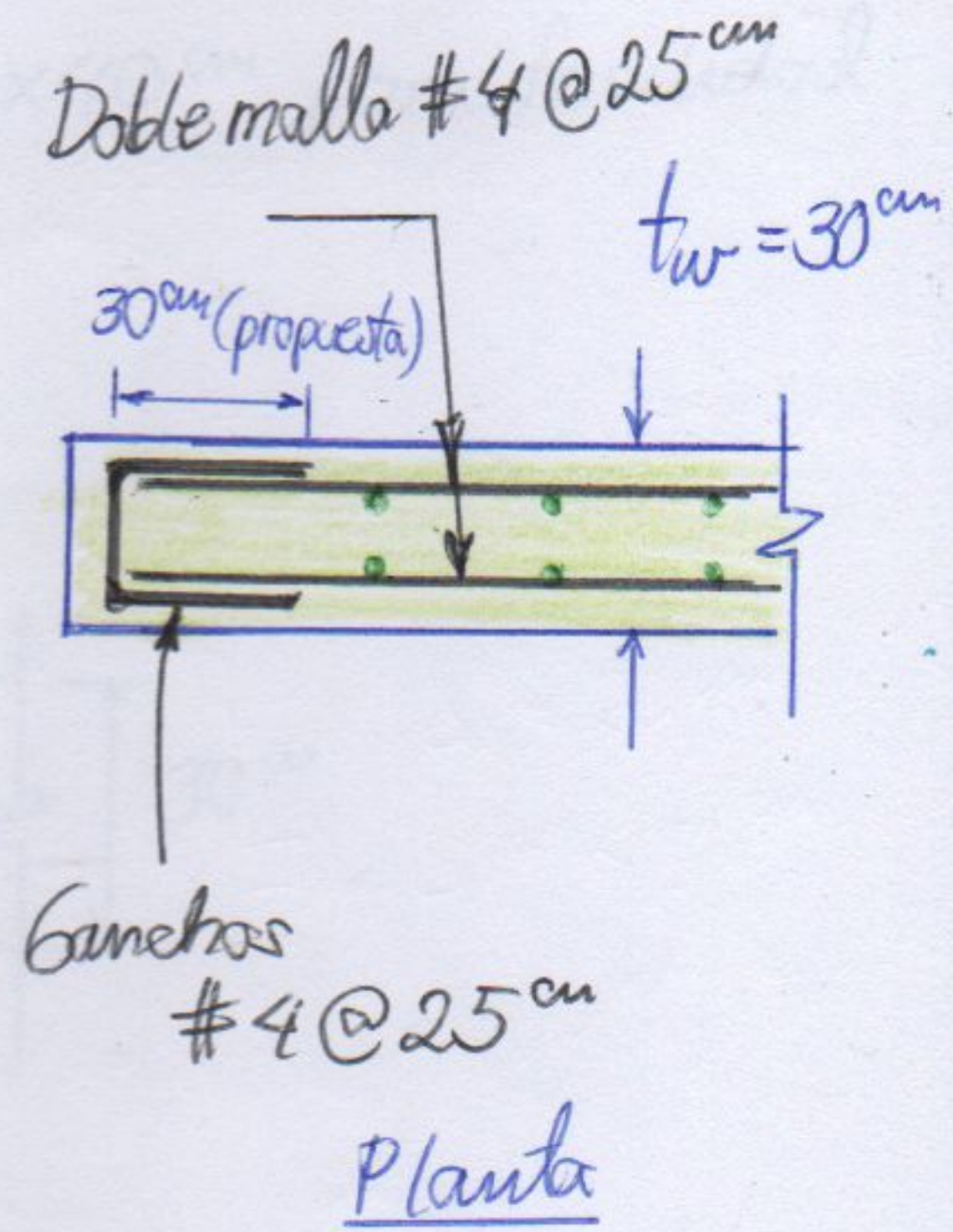
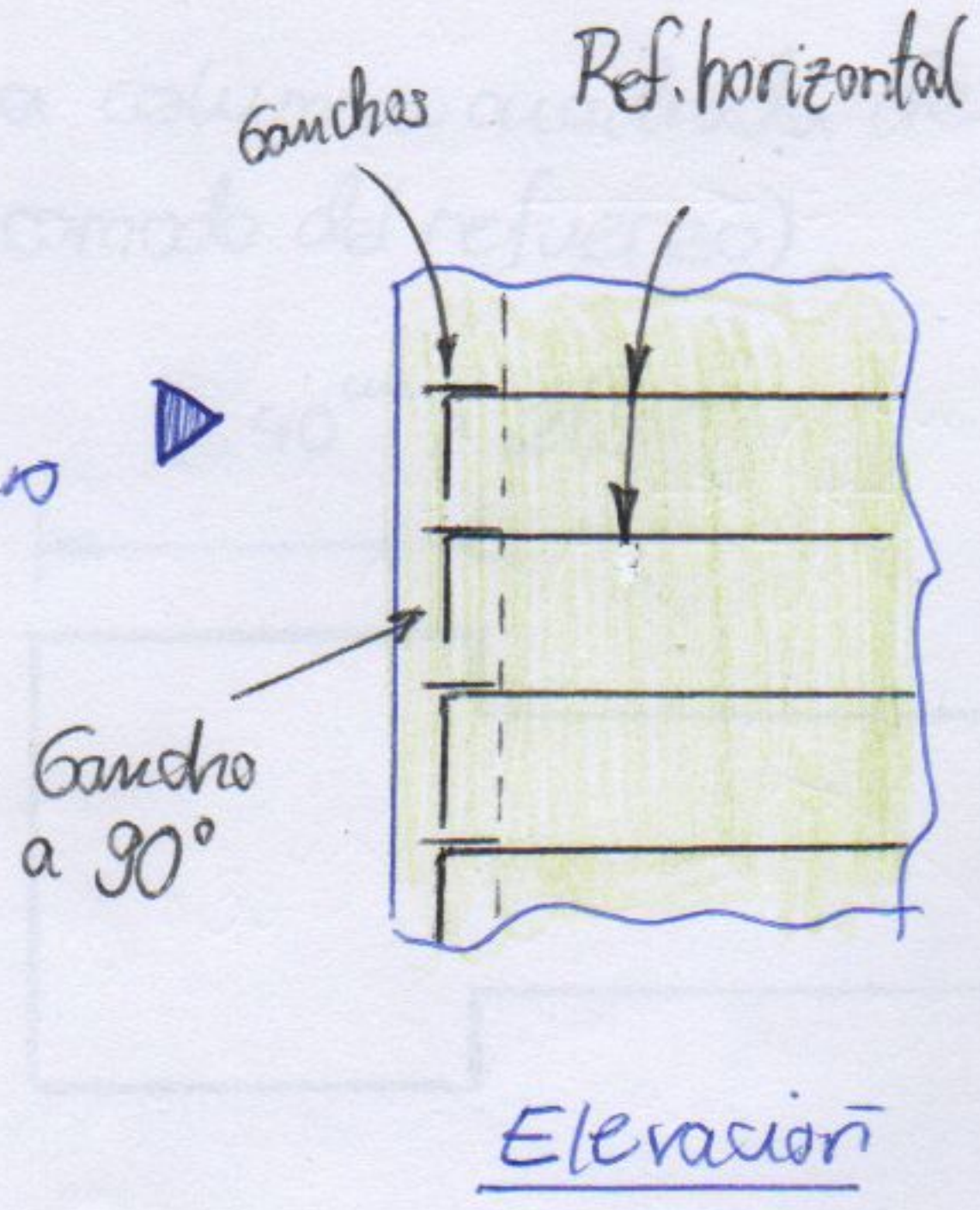
$$C = 43^{cm} < \frac{300^{cm}}{600 \cdot 0,007} = 71,4^{cm} \Rightarrow \text{No se requiere elementos de borde!}$$

Cuando no se requiera elementos de borde ; aplica el Art. 8.6.5 g) i y ii del CSCR-10.

f = 0,0034 < 28 / fy = 28 / 4200 = 0,0067 => No aplica inciso i)

Vu = 61 Ton > 0,25 (9000 cm^2) * sqrt(280) / 10^3 = 37,6 Ton => Aplica inciso ii)

Detalle en extremo del muro



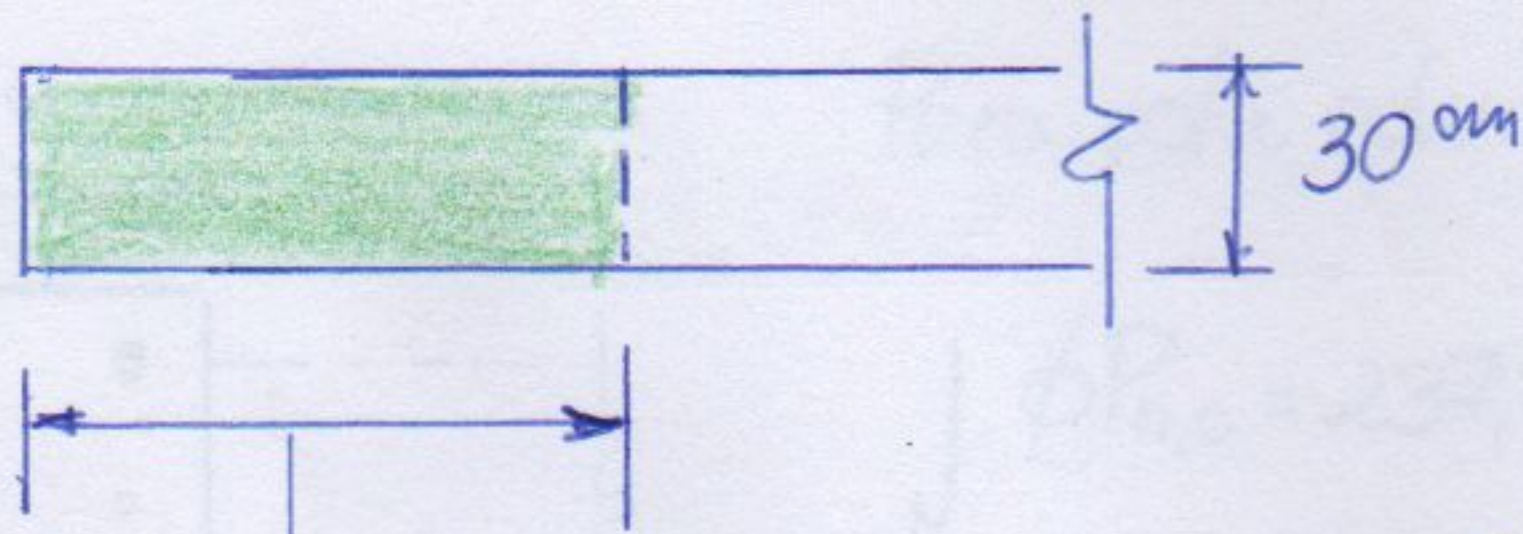
CASO delta_u = 45 cm

delta_u / hw = 45 cm / 3000 cm = 0,015 > 0,007 => Rige 0,015

c = 43 cm > 300 cm / (600 * 0,015) = 33,3 cm => Se requiere elementos de borde !

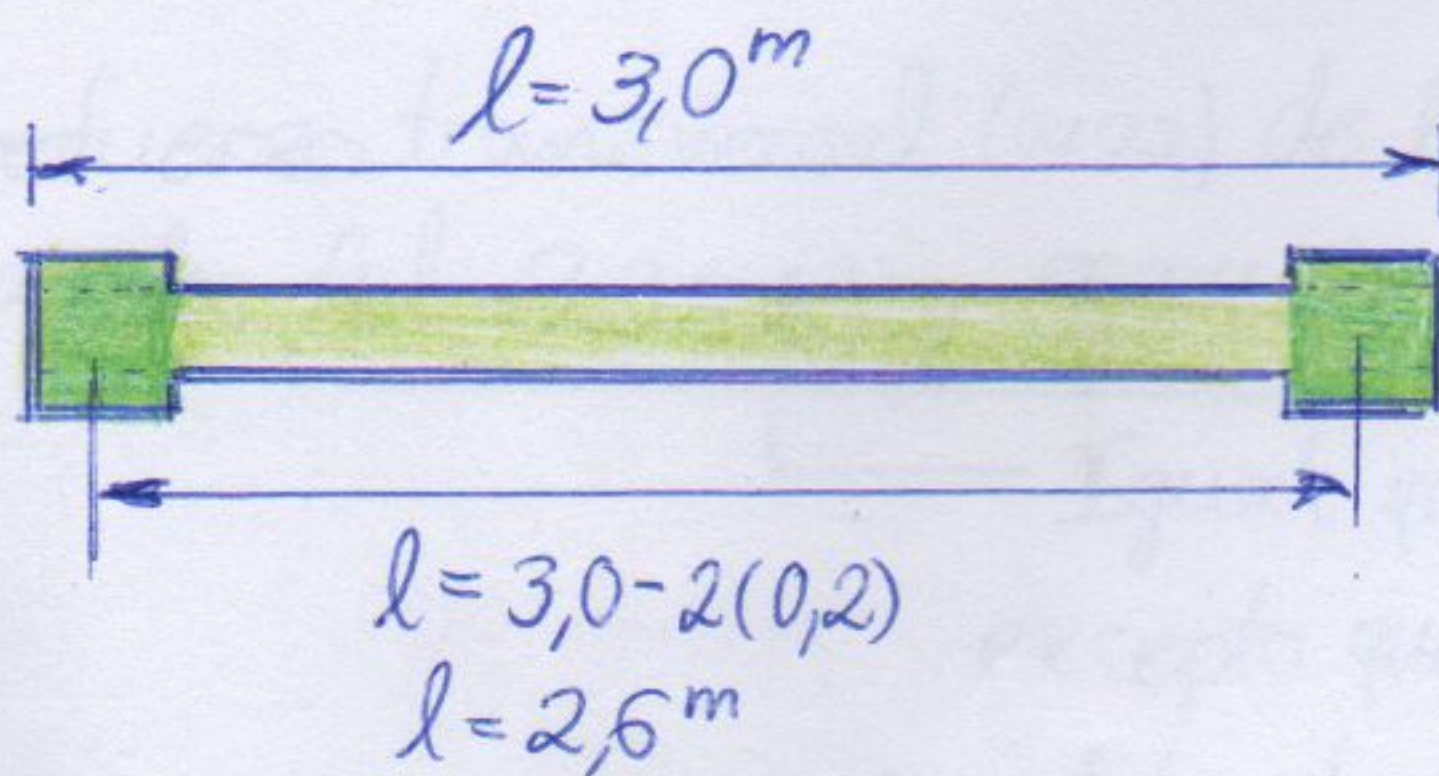
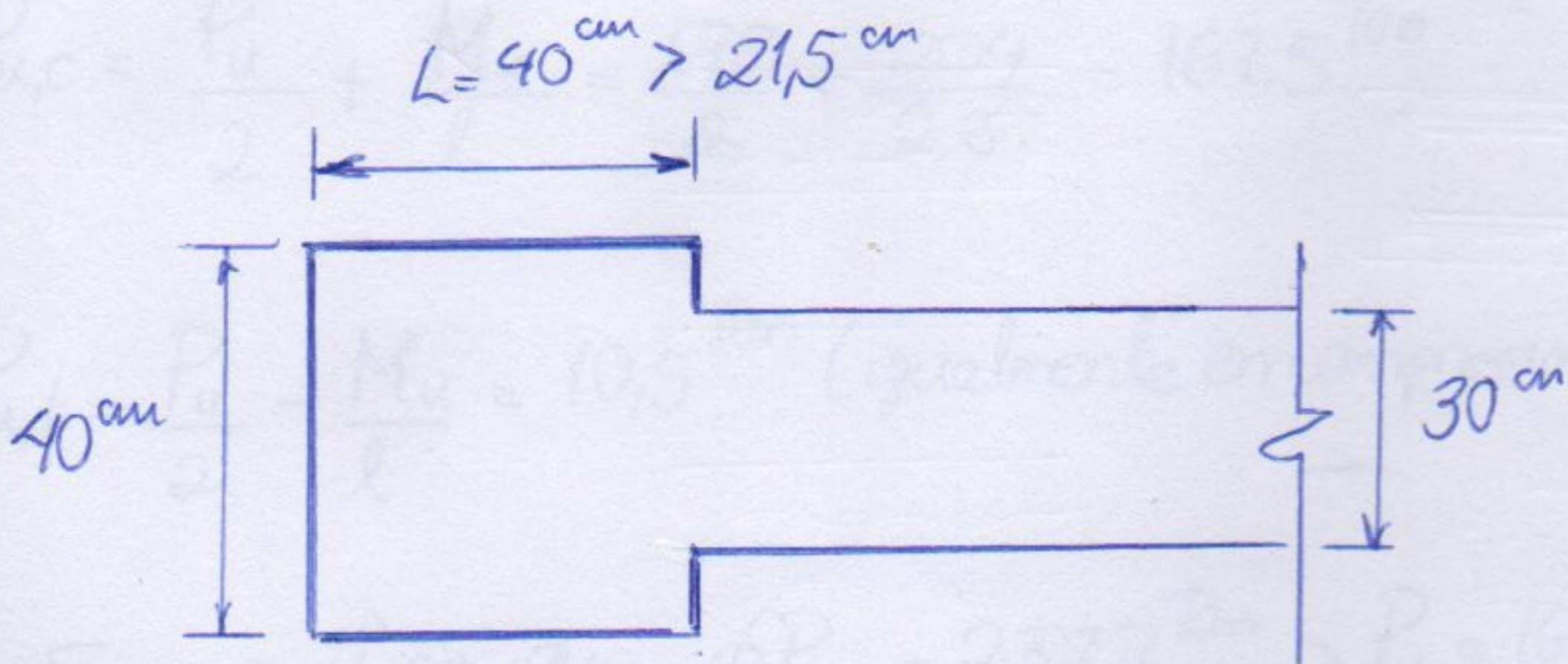
Considerando el Art. 8.6.5 f) i del CSOR-10:

9/12



$$L_{\min} = \text{mayor} \begin{cases} \frac{c}{2} = \frac{43 \text{ cm}}{2} \approx 21,5 \text{ cm} \leftarrow \text{Rige!} \\ c - 0,1l_w = 43 - 0,1(300) = 13 \text{ cm} \end{cases}$$

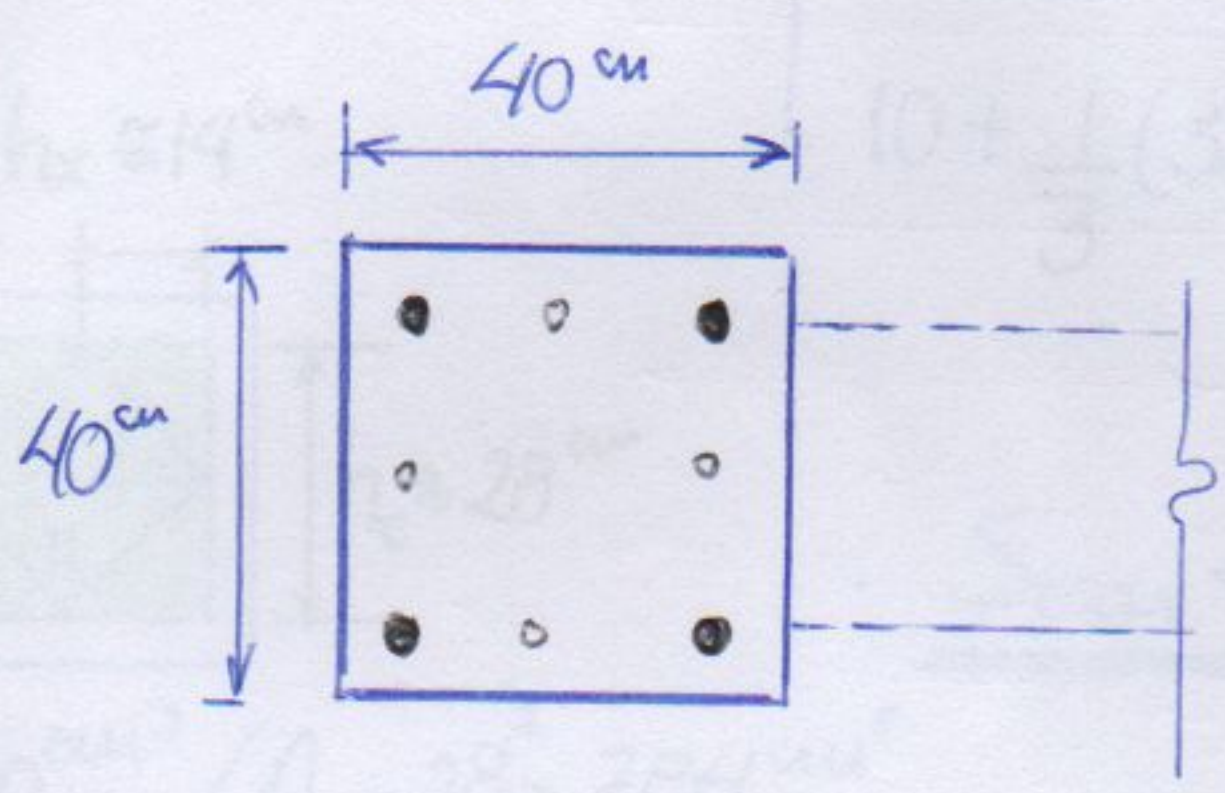
Se propone una columna cuadrada de $40 \times 40 \text{ cm}$ para facilidad constructiva (acomodo del refuerzo)



El acero longitudinal de las elementos de borde debe ser tal que se cumpla $\phi P_{n,t} \geq P_{u,t}$ y $\phi P_{n,c} \geq P_{u,c}$.

Se proponen $\underbrace{4\#6}_{\text{esquinas}} + \underbrace{4\#5}_{\text{intermedias}}$ ($19,28 \text{ cm}^2$; $f_g = 1,2\% > 1\%$)

10/12



Para esta columna:

$$\phi P_{n,c} = 237,7 \text{ Ton} \text{ (compresión pura)}$$

$$\phi P_{n,t} = -72,9 \text{ Ton} \text{ (tensión pura)}$$

Cargas de diseño del elemento de borde:

$$P_{u,c} = \frac{P_u}{2} + \frac{M_u}{l} = \frac{178}{2} + \frac{204}{2,6} = 167,5 \text{ Ton}$$

$$P_{u,t} = \frac{P_u}{2} - \frac{M_u}{l} = 10,5 \text{ Ton} \text{ (igualmente en compresión!)}$$

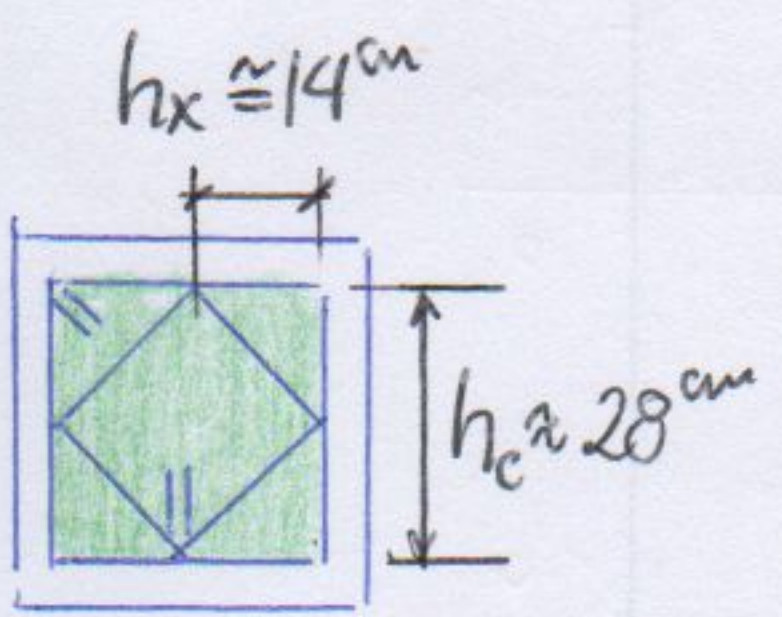
∴ Se verifica que $\phi P_{n,c} = 237,7 \text{ Ton} > P_{u,c} = 167,5 \text{ Ton} !!$

En cuanto al refuerzo transversal (aros) de los elementos de borde se deben aplicar los Art. 8.3.4 b) y 8.3.4 c)

Igual que columnas dúctiles. excepto que en el Art. 8.3.4 c) i se debe tomar un tercio de la dimensión mínima de la sección.

$$S_{max} = \text{menor} \begin{cases} \frac{40}{3} = 13,3 \text{ cm} \\ 6(1,59 \text{ cm}) \approx 10 \text{ cm} \leftarrow \text{RIGTE!} \\ 10 + \frac{1}{3}(35 - 14) = 17 \text{ cm} > S_0 = 15 \text{ cm} \end{cases}$$

↳ Valor límite según CSOR-10.



∴ $S_{max} = 10 \text{ cm}$ Se propone $S = 7,5 \text{ cm}$

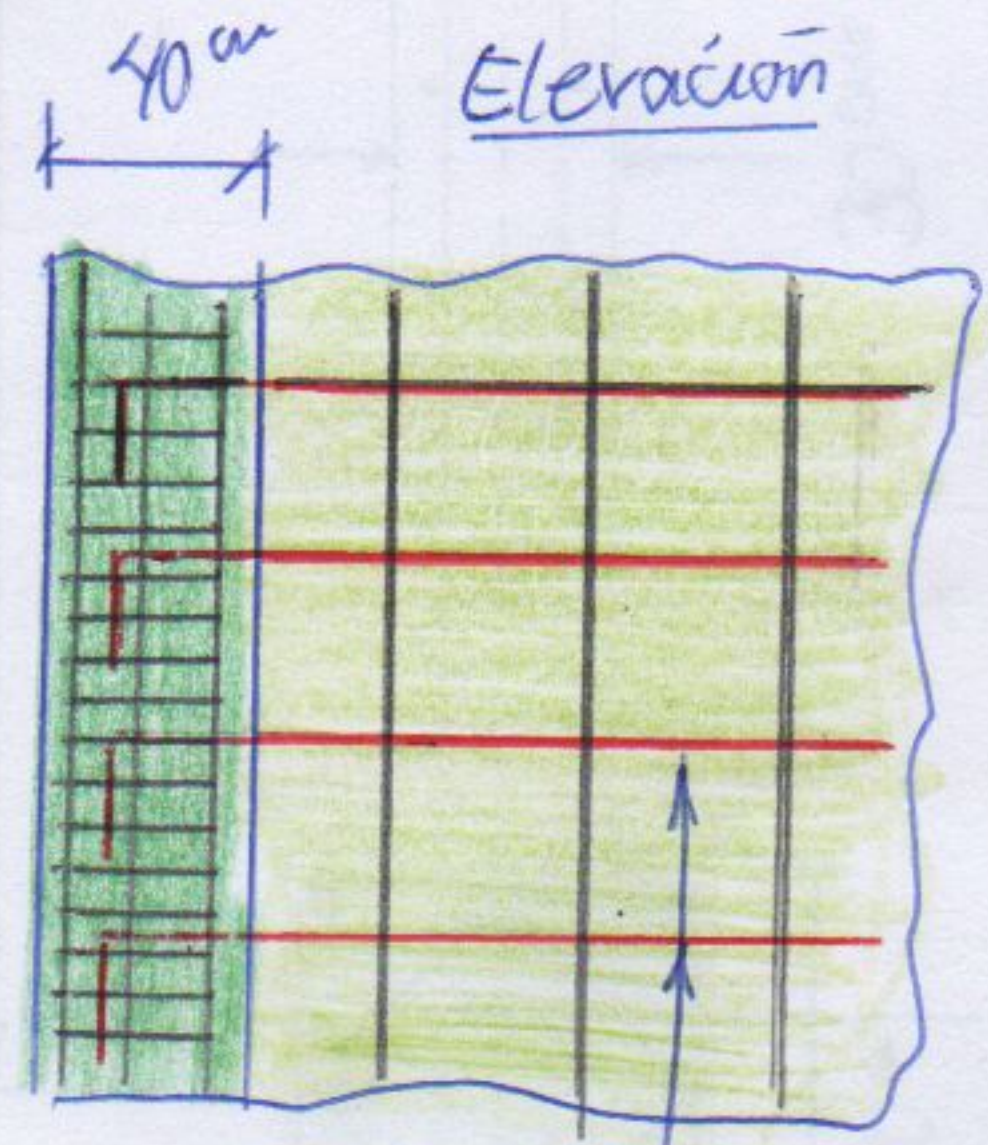
$A_g = 1600 \text{ cm}^2 / A_c = 28^2 = 784 \text{ cm}^2$

$$A_{sh, \text{min}} = \text{mayor} \begin{cases} \frac{0,3 \cdot 7,5 \text{ cm} \cdot 28 \text{ cm} \cdot 280}{4200} \left(\frac{40^2}{28^2} - 1 \right) = 4,37 \text{ cm}^2 \leftarrow \text{Rige!} \\ \frac{0,09 \cdot 7,5 \cdot 28 \cdot 280}{4200} = 1,26 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

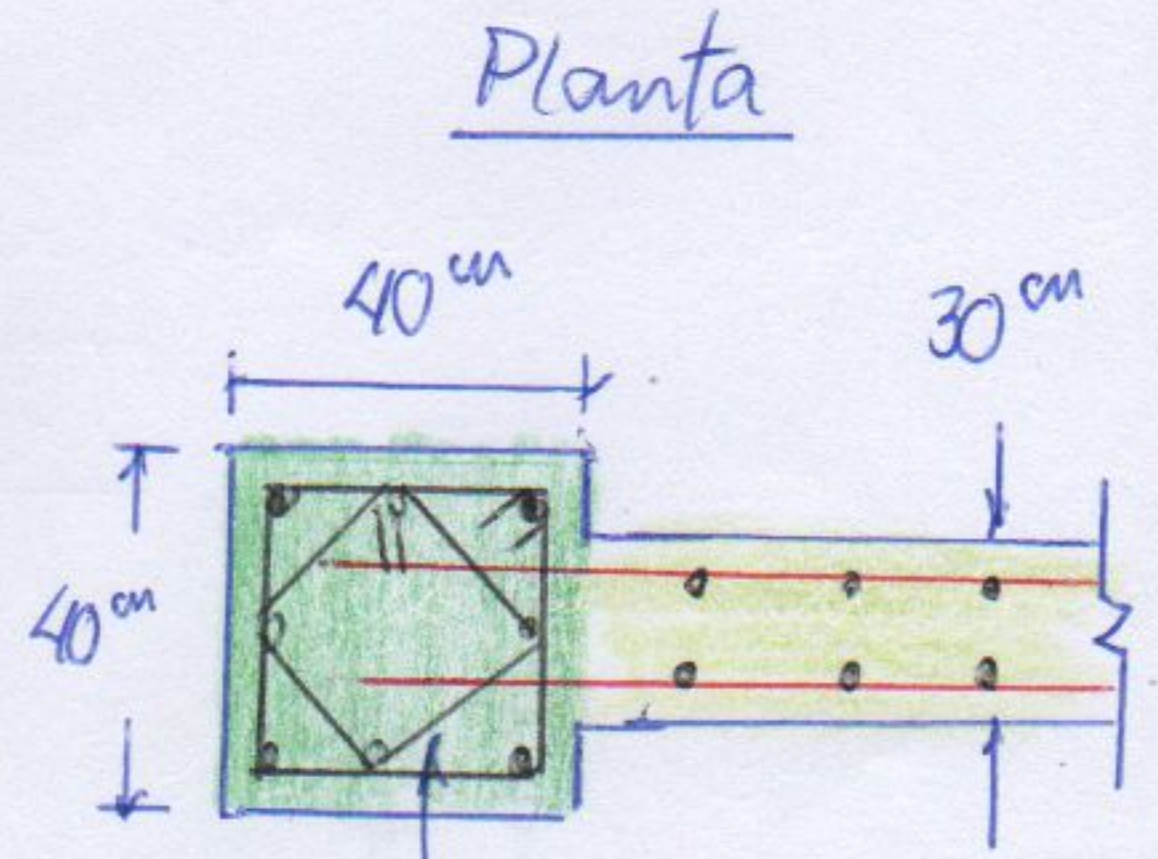
Considerando 1 aró cuadrado + 1 aró romboidal (ambas #4) :

$A_{ar} \equiv A_{sh} = 4(1,29) = 5,16 \text{ cm}^2 > A_{sh, \text{min}} = 4,37 \text{ cm}^2 \text{ OK!}$

Detalle en extremo del muro

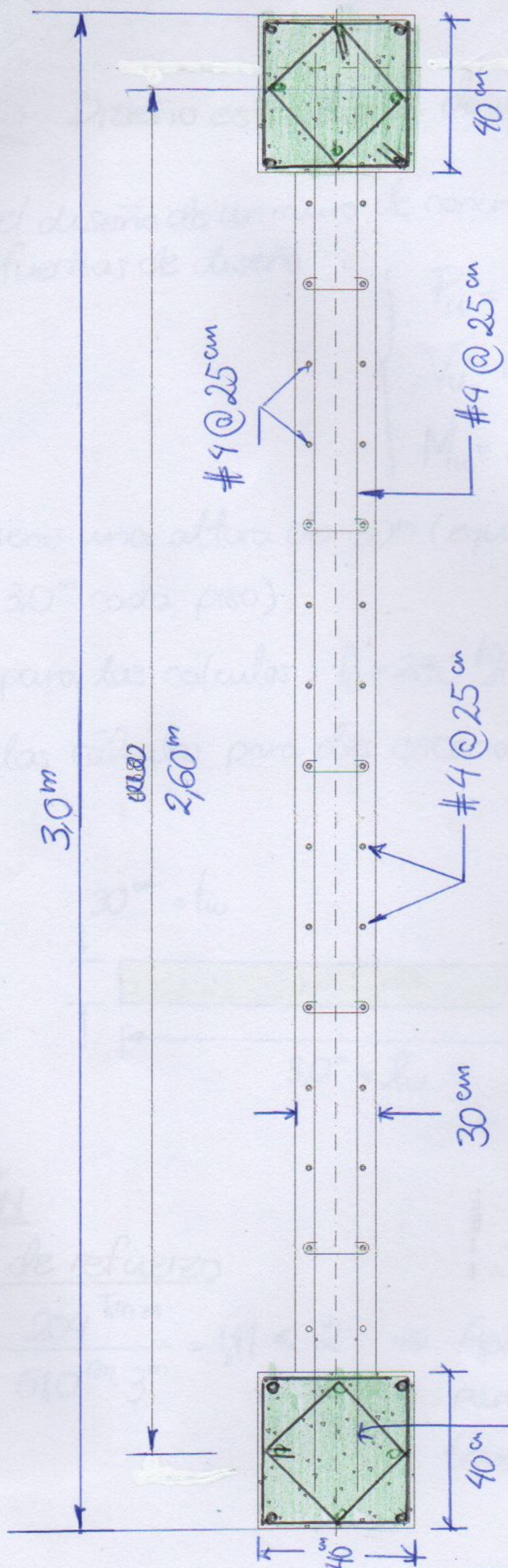


Ref. horizontal



4#6 + 4#5
2 arós #4 @ 7,5 cm

12/12



MURO DE CONCRETO

4#6 + 4#5
; 2 caras #4 @ 75cm