

# Curso: HORMIGÓN ESTRUCTURAL 1

## Práctico 4 Cortante

Santiago Laco([slaco@fing.edu.uy](mailto:slaco@fing.edu.uy))

1<sup>er</sup> Semestre - 2024

Universidad de la República - Uruguay



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY

# Práctico 5 - Cortante

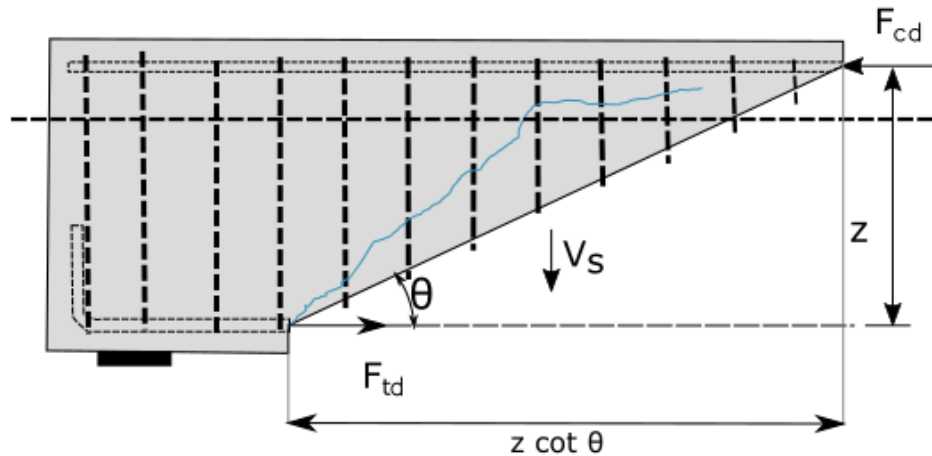
**Objetivo:** Introducir al estudiante al armado de vigas frente al estado límite último de agotamiento por esfuerzo cortante utilizando el Código Técnico de la Edificación (CTE).



# Práctico 5 - Cortante

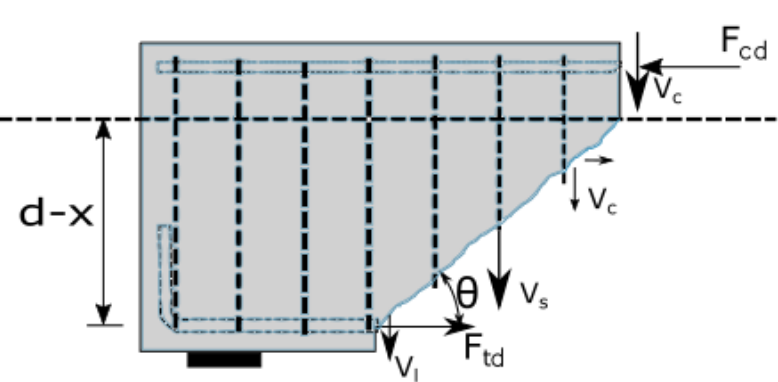
- Enfoques diferenciados para obtención de  $V_u$ :

Modelo celosía plástica de ángulo variable:



EHE-08  
Eurocódigo 2  
CodE-21

Modelo mecánico multicomponente:



EHE-08  
ACI318-19

# Práctico 5 - Cortante

- **Comprobaciones necesarias:**

$V_{Ed}, V_{Ed}', V_{Ed}''$  : Cortantes a comprobar el agotamiento a cortante

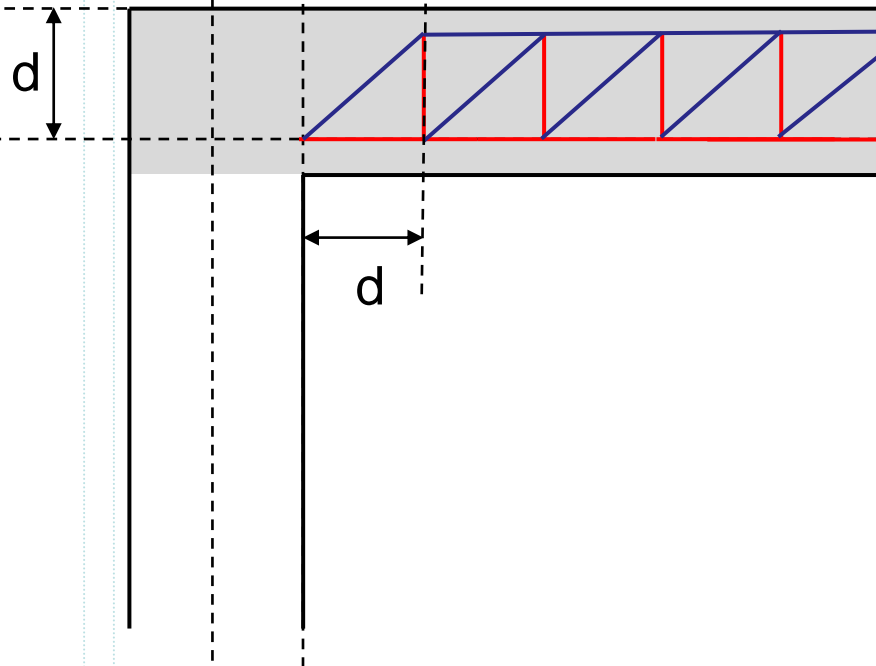
$V_{Ed}$

$$V_{Ed}' \leq V_{Rd,max}$$

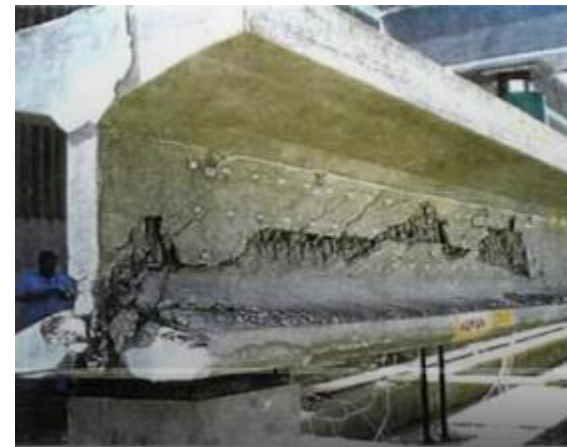
$V_{Rd,max}$ : Cortante de agotamiento por compresión oblicua

$$V_{Ed}'' \leq V_{Rd,s}$$

$V_{Rd,s}$ : Cortante de agotamiento por tracción del alma



Agotamiento por compresión oblicua

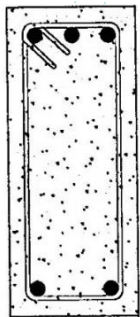


- **Procedimiento de comprobación CE 2021** (piezas CON armadura de corte)

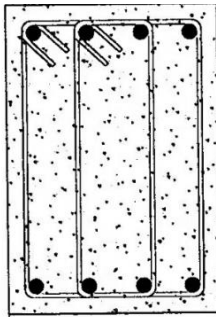
- Planteo General

- Agotamiento por compresión oblicua del alma:  $V_{Rd,max}$
- Agotamiento por tracción de piezas sin armadura a cortante:  $V_{Rd,c}$
- Agotamiento por tracción de piezas con armadura a cortante:  $V_{Rd,s}$

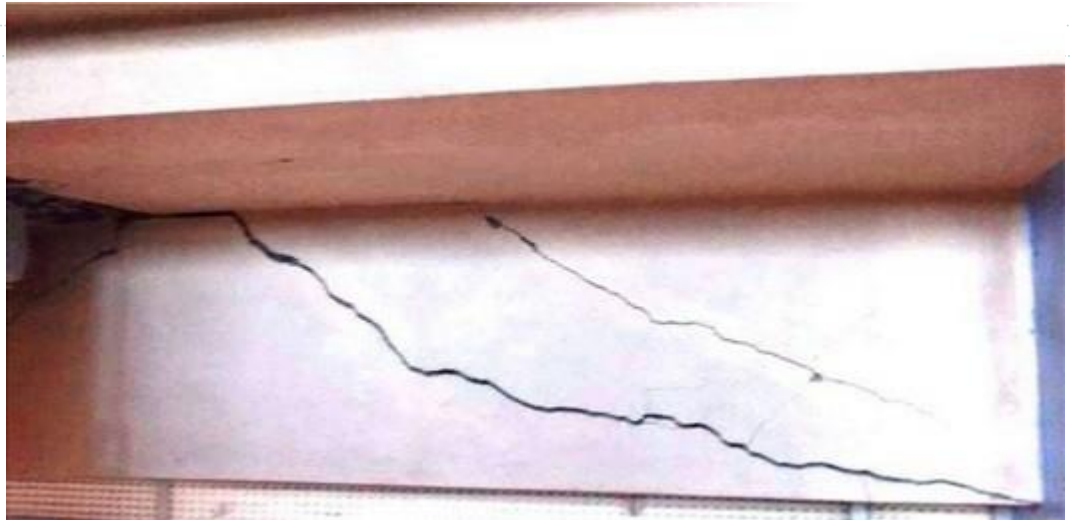
- Disposiciones, cuantías y separaciones de estribos.



2 ramas



4 ramas



# Práctico 5 - Cortante

## • Ejemplo:

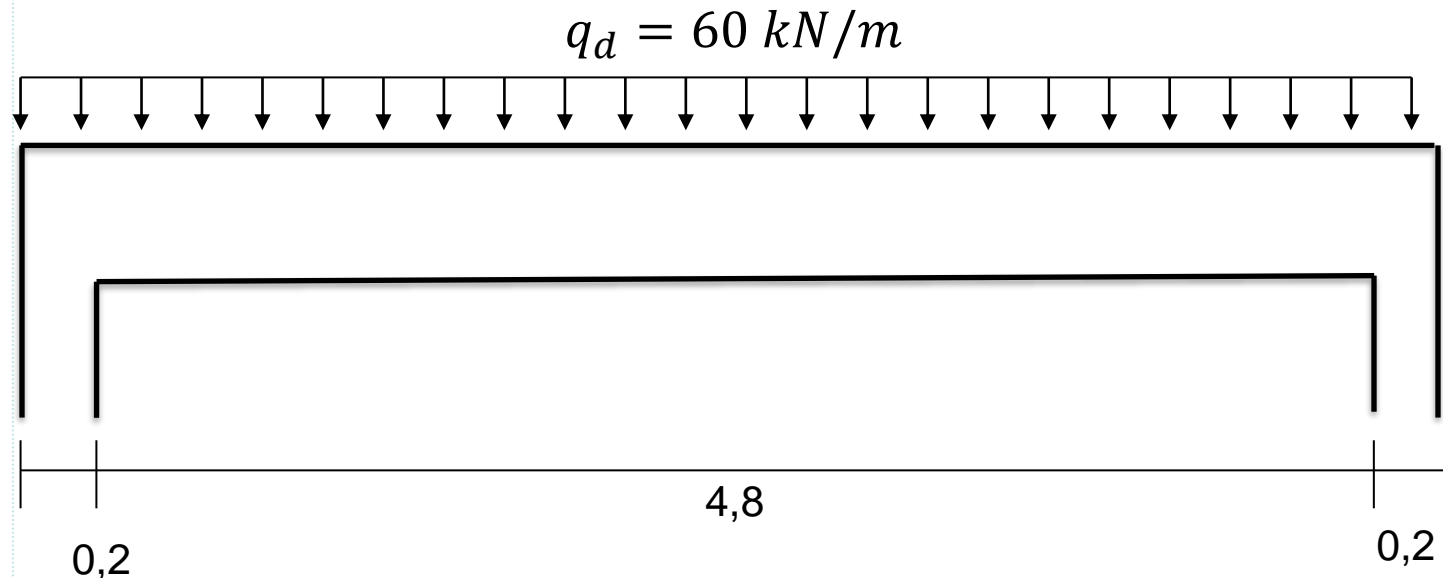
Para la viga de la figura, de sección rectangular de 0,2m x 0,5 m, con un armado longitudinal de 4  $\phi$  20 y una carga de diseño  $q_d = 60$  kN/m, defina el armado para ELU de cortante.

Datos:

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

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

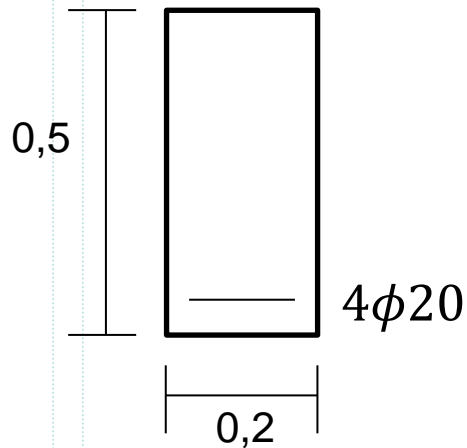
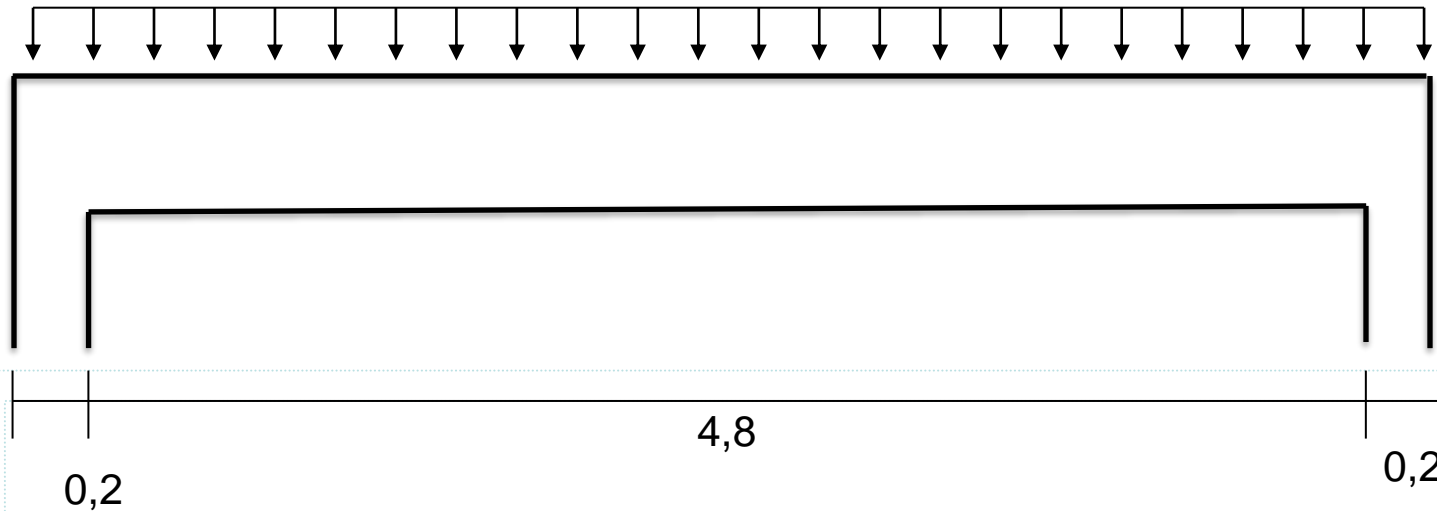
$$\text{Rec. mec} = 5 \text{ cm.}$$



# Práctico 5 - Cortante

## • Ejemplo:

$$q_d = 60 \text{ kN/m}$$



Datos:

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

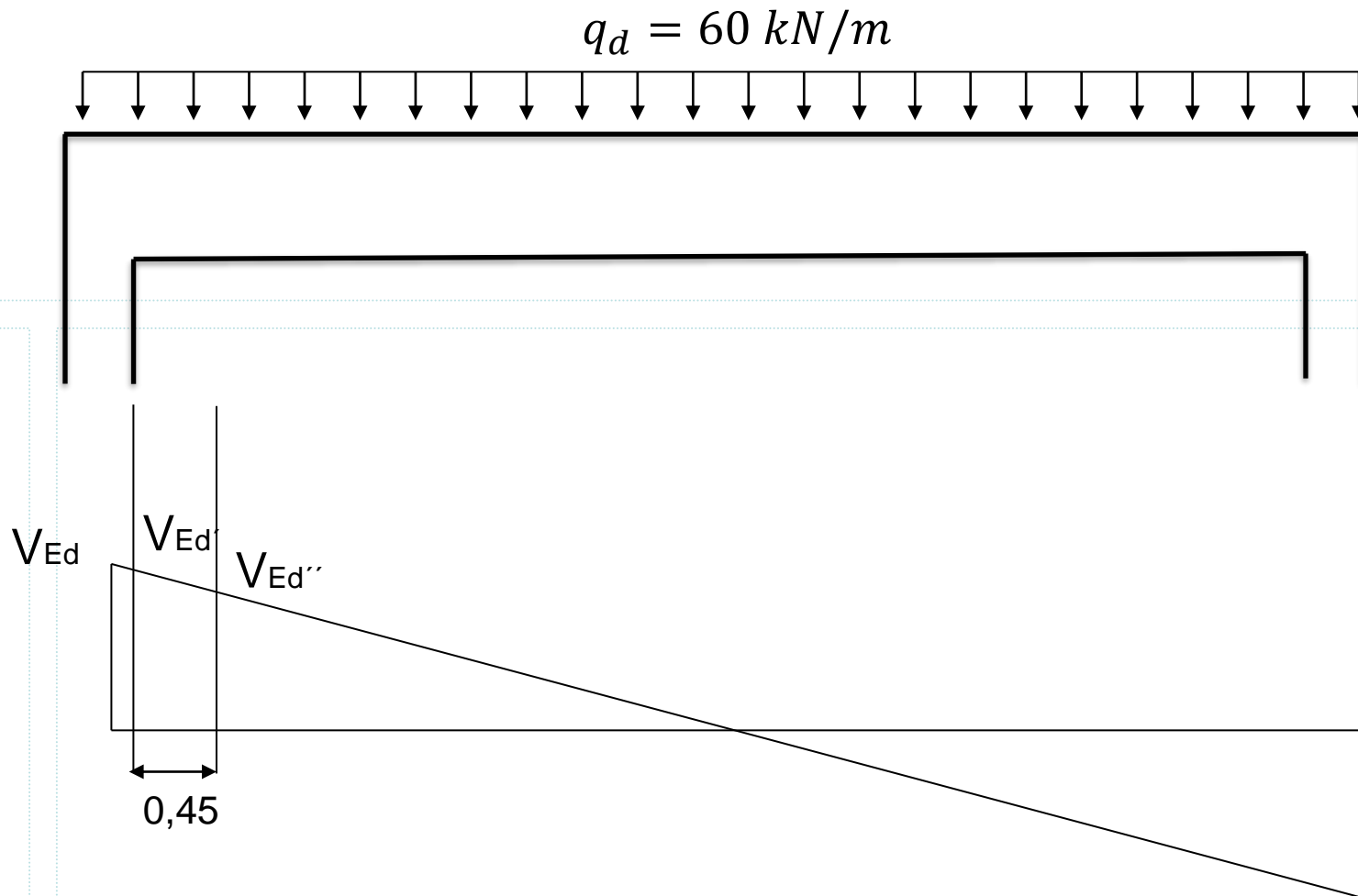
$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

Rec. Geom = 5cm

Unidades en metros

# Práctico 5 - Cortante

- Definamos  $V_{Ed}$  ' y  $V_{Ed}$  ''





# Práctico 5 - Cortante

• Para la gran mayoría de los ejercicios emplearemos los siguiente parámetros con los valores que se presentan a continuación:

- $\alpha = 90^\circ \rightarrow \cotg(\alpha) = 0$  Porque los estribos los colocaremos verticales
- $\alpha_{cw} = 1$  No existe compresión.

Establecido estos parámetros, procederemos a calcular los cortantes de diseño y últimos.

# Práctico 5 - Cortante

- $V_{Rd,max}$  y  $V_{Ed}'$

Observando el diagrama de cortante, podemos calcular el cortante  $V_{d1}$  que se da en el borde interno del apoyo, que es el que debe ser capaz de soportar el hormigón (biela comprimida).

$$V_{Ed}' = \frac{q_d \cdot l}{2} = 150 \text{ kN} \quad V_{d1} = V_{d,max} - 0,1 \cdot 60 = 144 \text{ kN}$$

Ahora debemos hallar  $V_{Rd}'$ :

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} \frac{1}{\cot\theta + \tan\theta}$$

- $\alpha_{cw} = 1$  (trabajaremos en piezas no pre/post tensadas, válido en todo el curso)
- $\cot\theta = 2$  ( $\theta \cong 26^\circ$ ) (Buscando maximizar la contribución de los estribos)
- $b_w = 0,2\text{m}$
- $z = 0,9d = 0,9 * 0,45 = 0,405\text{m}$
- $f_{cd} = 25/1,5 = 16,67 \text{ Mpa}$
- $v_1 = 0,6$

# Práctico 5 - Cortante

- $V_{Rd,max}$  y  $V_{Ed}'$

Ahora debemos hallar  $V_{Rd,max}$ :

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} \frac{1}{\cot\theta + \tan\theta} = 0,22 f_{cd} b d$$

- $\alpha_{cw} = 1$  (trabajaremos en piezas no pre/post tensadas, válido en todo el curso)
- $b_w = 0,2\text{m}$
- $z = 0,9d = 0,9 * 0,45 = 0,405\text{m}$
- $f_{cd} = 25/1,5 = 16,67 \text{ Mpa}$
- $v_1 = 0,6$
- $\cot\theta = 2$  ( $\theta \cong 26^\circ$ )

Por lo que:

$$V_{Rd,max} = 330,07\text{kN} > V_{Ed}'$$

# Práctico 5 - Cortante

## • $V_{Rd,s}$ y $V_{Ed}''$

Nuevamente, observando el diagrama de cortante, podemos calcular el cortante  $V_{d2}$  que se da a una distancia  $d$  del borde interno del apoyo, allí se producen las máximas tracciones que debe soportar el estribado.

$$V_{Ed}'' = V_{Ed} - (0,1 + 0,45) \cdot 60 = 117 \text{ kN}$$

Comprobaremos ahora si el "hormigón" es capaz de resistir el esfuerzo de las bielas traccionadas.

$$V_{Rd,c} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} + 0,15\sigma_{cp} \right] b_w d \quad \text{con un mínimo de}$$

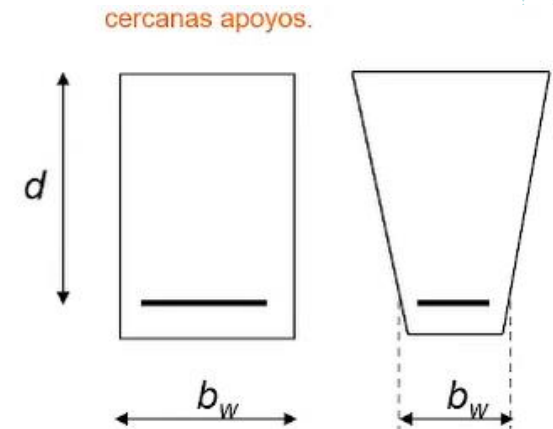
$$V_{Rd,c} = (0,035k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}) b_w d$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \quad d \text{ en mm, } f_{ck} (\leq 60 \text{ N/mm}^2)$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0,02$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2f_{cd} \quad \text{Compresión positivo}$$

0,3f<sub>cd</sub> en EHE-08



Si no existen axiles de **compresión** importantes, y no los considere trabajamos del lado de la seguridad. Si existen **tracciones** deber considerarlal. Generalmente en edificación este valor de axil es r pequeño y no se tiene en cuenta (salvo en los pilares).

$$V_{Rd,c} = \max(58,89; 33,89) = 58,89 < 117\text{kN} = V_{Ed}''$$

Dado el resultado anterior, será necesario reforzar la viga con estribos para poder soportar el esfuerzo de tracción  $V_{Ed}''$

# Práctico 5 - Cortante

- $V_{Rd,s}$  y  $V_{Ed}''$

$V_{Rd,s}$ , se calcula de la siguiente manera:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot \cot \theta$$

Antes de calcular  $V_{Ed}''$  para que cubra  $V_{d2}$  se procede a calcular el cortante resistido por el mínimo de armadura requerida. Para esto la norma define la cuantía de armadura a cortante como:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{(s \cdot b_w \cdot \sin \alpha)}$$

- $A_{sw}$  es el área de la armadura de cortante en la longitud  $s$
- $s$  es la separación entre las armaduras de cortante medidas a lo largo del eje longitudinal del elemento
- $b_w$  es el ancho del alma del elemento
- $\alpha$  es el ángulo entre la armadura de cortante y el eje longitudinal

# Práctico 5 - Cortante

- $V_{Rd,s}$  y  $V_{Ed}$

La cuantía mínima definida por la norma es de:

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

Sustituyendo por los valores del ejemplo tenemos:

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{25}}{500} = 0,0008$$

Despejando de la ecuación anterior:

$$\rho_w = 0,0008 = \frac{A_{sw}}{(s \cdot b_w \cdot \sen \alpha)} \rightarrow A_{sw} = 0,0008 \cdot 20 \cdot \sen 90 \cdot 100 = 1,6 \text{ cm}^2$$

# Práctico 5 - Cortante

- $V_{Rd,s}$  y  $V_{Ed}''$

$$\rho_w = 0,0008 = \frac{A_{sw}}{(s b_w \sen \alpha)} \rightarrow A_{sw} = 0,0008 \cdot 20 \cdot \sen 90 \cdot 100 = 1,6 \text{ cm}^2$$

Con el resultado anterior podemos calcular el cortante capaz de resistir la armadura mínima:

$$V_{Rd,s,min} = \frac{A_{sw}}{s} f_{yd} z \cot \theta = \frac{0,00016 \cdot 400}{1} \cdot 0,9 \cdot 0,45 \cdot 2 = 51,84 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,min}'' < V_{d2}$$



# Práctico 5 - Cortante

- $V_{Rd,s}$  y  $V_{Ed}$

$$V_{Rd,s} = 117 = \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot \cot \theta \rightarrow A_{sw} = 3,62 \text{ cm}^2$$

Debemos definir el diámetro y la separación del estriado:

- Adoptaremos estribos  $\emptyset 6$
- Para la armadura mínima tenemos:

$$s = \frac{2 \cdot A_{\emptyset}}{A_{sw,min}} = \frac{2 \cdot 0,283}{1,6} = 0,3534 \text{ m}$$

La separación máxima admitida por la norma es:

$$s_{max} = 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 0,45 = 0,338 \text{ m}$$

Por lo que adoptaremos  $\emptyset 6/30$ .

# Práctico 5 - Cortante

- $V_{Rd,s}$  y  $V_{Ed}$

Para armar el cortante máximo tenemos:

- Estribos  $\emptyset 6$

$$s = \frac{2 \cdot A_{\emptyset}}{A_{sw,min}} = \frac{2 \cdot 0,283}{3,62} = 0,156\text{m}$$

La separación máxima admitida por la norma es:

$$s_{max} = 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 0,45 = 0,338\text{m}$$

Por lo que adoptaremos  $\emptyset 6/15$ .

En cuanto a la separación transversal tenemos

$$s_{t,max} = 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 0,45 = 0,338\text{m} < b_w \text{ Verifica!}$$

# Práctico 5 - Cortante

- $V_{d2}$  y  $V_{Ed}''$

El estribado mínimo, no cubre todo el cortante necesario pero sí una parte del mismo:

$$V_{Ed,min}'' = 51,84kN$$

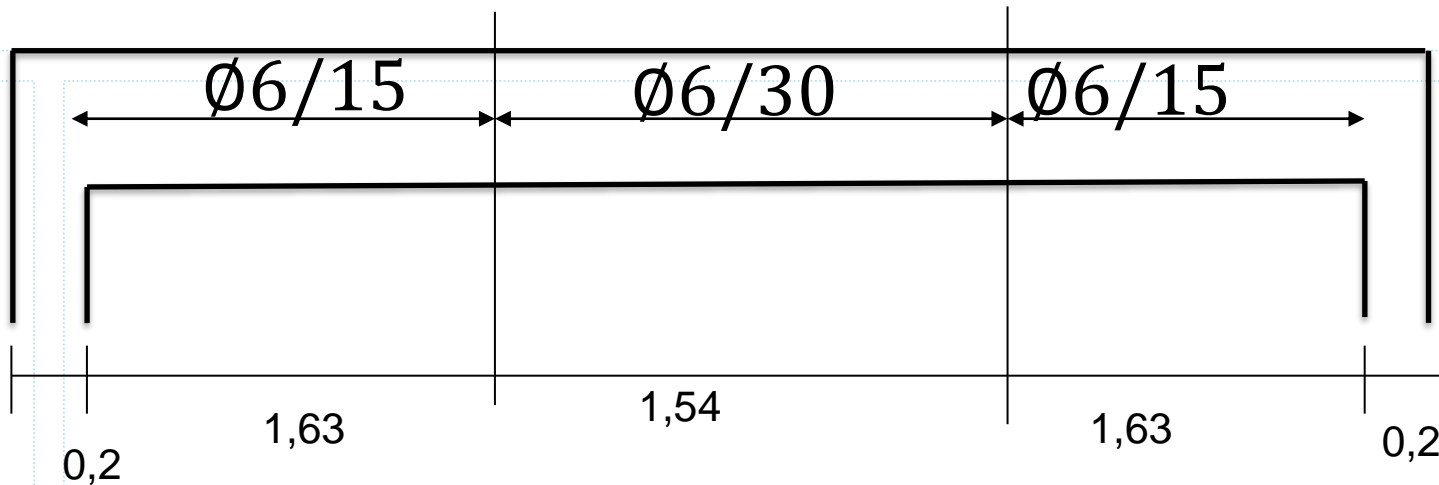
$$150 - 60x = 51,84 \rightarrow x = 1,63 m$$

(x calculada desde el apoyo)

# Práctico 5 - Cortante

- $V_{d2}$  y  $V_{u2}$

Por lo tanto, desde el apoyo hasta 1,63 m se debería colocar un estriado mayor al mínimo.



---

# This is the end

