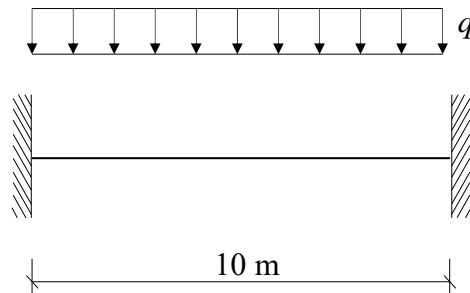


La estructura de la figura, está compuesta por una viga biempotrada de sección rectangular soportando una sobrecarga de valor $q = 15 \text{ kN/m}$. El hormigón a utilizar está tipificado como HA-30/B/20/IIa y el acero es del tipo B 500 SD. Vida útil 50 años.

Se pide realizar el dimensionamiento y armado longitudinal de la pieza.



Nota: Como las unidades de la armadura (mm^2) son suficientemente pequeñas, al expresar el resultado de los cálculos NO INDICAR DECIMALES (redondear al entero superior).

* RESISTENCIA DE CÁLCULO DE LOS MATERIALES

$$\text{Hormigón} \rightarrow f_{cd} = 30/1,5 = 20 \text{ MPa}$$

$$\text{Acero} \rightarrow f_{yd} = 500/1,15 = 434,78 \text{ MPa}$$

* DIMENSIONAMIENTO

Para: Clase exposición IIa ; vida útil 50 años ; cualquier tipo de cemento (excepto CEM I) ;

$$f_{ck} \in [25, 40] \text{ MPa} ; r_{\min} \geq 1,25TMA = 25 \text{ mm} \Rightarrow r_{\text{nom}} = r_{\min} + \Delta r = 25 + 10 = 35 \text{ mm}$$

Suponiendo la armadura de cortante compuesta por barras de diámetro $\varnothing_t = 8 \text{ mm}$, y la armadura longitudinal por barras $\varnothing_L = 20 \text{ mm}$, se puede estimar un recubrimiento mecánico:

$$d' \approx 35 + 8 + 10 = 53 \text{ mm} \Rightarrow d' = 55 \text{ mm}$$

Sugerencia: Si al obtener el armado final se emplearan barras de un \varnothing inmediatamente inferior o superior al supuesto inicialmente (diferencias en $d' < \sim 5 \text{ mm}$), no sería necesario recalcular, pero si la diferencia de \varnothing fuera mayor, sí habría que recalcular con un nuevo d'

El canto útil d ha de cumplir una dimensión mínima para poder aplicar el Anejo 7 EHE-08:

$$d'/d \leq 0,20 \Rightarrow d \geq 5d' = 5 \cdot 55 = 275 \text{ mm}$$

A la vista de la restricción para d , podemos comenzar adoptando unas dimensiones de la sección de, por ejemplo, $b = 30$ cm y $h = 60$ cm

Las acciones son: $g = 0,3 \cdot 0,6 \cdot 25 = 4,5$ kN/m

$q = 15$ kN/m

El momento flector máximo se produce en empotramientos de valor $M = qL^2/12$

$$M_d = (1,35 \cdot 4,5 + 1,5 \cdot 15) \frac{10^2}{12} = 238,13 \text{ kN m} = 238,13 \cdot 10^6 \text{ N mm}$$

* OBTENCIÓN DE LA ARMADURA EN EMPOTRAMIENTOS (ANEJO 7 EHE-08)

CONSIDERACIONES PREVIAS:

- Debe cumplirse: $d'/d \leq 0,20$ $d' = 55$ mm $\leq d/5 = 545/5 = 109$ mm
- Definición de la variable U_0 utilizada en las fórmulas:

$$U_0 = f_{cd} b d = 20 \cdot 300 \cdot 545 = 3.270.000 \text{ N}$$

Caso 1º: $M_d = 238,13 \cdot 10^6 \leq 0,375 U_0 d = 668,31 \cdot 10^6$ N mm

La capacidad mecánica es: $U_{s1} = U_0 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2M_d}{U_0 d}} \right) = 470.830$ N

La armadura de tracción resulta pues $A_s = U_{s1} / f_{yd} = 1083$ mm²



* DISPOSICIONES RELATIVAS A LAS ARMADURAS

Distancia entre dos barras longitudinales consecutivas (s) ha de cumplir:

$$s \leq 30 \text{ cm}$$

$$s \leq 3 \text{ veces el espesor del alma} = 3 \cdot 30 = 90 \text{ cm}$$

Armadura mínima traccionada para flexión simple o compuesta

Para sección rectangular:

$$A_s \geq 0,04 A_c \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,04 \cdot 300 \cdot 600 \cdot \frac{20}{434,78} = 331 \text{ mm}^2$$



Cuantía geométrica mínima

En vigas con acero B 500 SD es el 2,8 ‰ de la sección bruta de hormigón

$$0,0028A_c = 0,0028 \cdot 600 \cdot 300 = 504 \text{ mm}^2$$



El mayor valor de los tres es $A_s = 1083 \text{ mm}^2$

$$\text{Si disponemos } \varnothing 12 \text{ necesitamos } n \frac{\pi \cdot 12^2}{4} \geq 1083 \rightarrow n = 9,58 \Rightarrow n = 10$$

$$\text{Si disponemos } \varnothing 16 \text{ necesitamos } n \cdot \frac{\pi \cdot 16^2}{4} \geq 1083 \rightarrow n = 5,39 \Rightarrow n = 6$$

$$\text{Si disponemos } \varnothing 20 \text{ necesitamos } n \cdot \pi \geq 10,83 \rightarrow n = 3,45 \Rightarrow n = 4$$

Adoptamos **4Ø20** (1257 mm²), de tal modo que se cumpla la separación mínima:

$$s \geq \begin{cases} 2 \text{ cm} \\ \phi \text{ de la mayor (o del grupo, si hay)} = 20 \text{ mm} \\ 1,25 TMA = 1,25 \cdot 20 = 25 \text{ mm} \end{cases}$$

$$s = (300 - 55 - 55) / 3 - 20 = 43 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

La armadura mínima de compresión será el 30 % de la consignada ($0,3 \cdot 1257 = 377 \text{ mm}^2$)

*** OBTENCIÓN DE LA ARMADURA EN CENTRO LUZ (ANEJO 7 EHE-08)**

El momento flector en centro luz es $M = qL^2/24$

$$M_d = (1,35 \cdot 4,5 + 1,5 \cdot 15) \frac{10^2}{24} = 119,06 \text{ kN m} = 119,06 \cdot 10^6 \text{ N mm}$$

Definición de la variable U_0 utilizada en las fórmulas:

$$U_0 = f_{cd} b d = 20 \cdot 300 \cdot 545 = 3.270.000 \text{ N}$$

Caso 1º: $M_d = 119,06 \cdot 10^6 \leq 0,375 U_0 d = 668,31 \cdot 10^6 \text{ N mm}$

La capacidad mecánica es: $U_{s1} = U_0 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2M_d}{U_0 d}} \right) = 226.290 \text{ N}$

La armadura de tracción resulta pues $A_s = U_{s1} / f_{yd} = 520 \text{ mm}^2$



Las disposiciones relativas a las armaduras son las mismas que las obtenidas anteriormente.

Si disponemos $\varnothing 12$ necesitamos $n \frac{\pi \cdot 12^2}{4} \geq 520 \rightarrow n = 4,60 \Rightarrow n = 5$

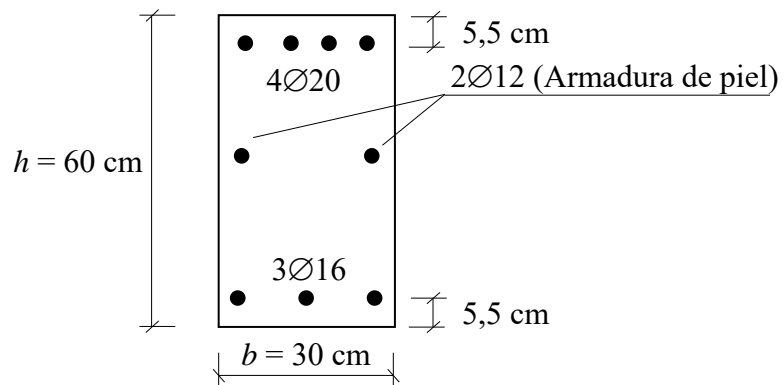
Si disponemos $\varnothing 16$ necesitamos $n \frac{\pi \cdot 16^2}{4} \geq 520 \rightarrow n = 2,59 \Rightarrow n = 3$

Adoptamos **3 $\varnothing 16$** (603 mm^2)

La armadura mínima de compresión (30 % de 3 $\varnothing 16$) es menor que la dispuesta (4 $\varnothing 20$).

Como armadura de piel: $A_{piel} \geq \frac{0,05}{100} bd = 0,0005 \cdot 300 \cdot 545 = 82 \text{ mm}^2$ (1 $\varnothing 12$, 113 mm^2)

Resulta pues:



Dimensionar el armado de la sección rectangular de un pilar con hormigón HA-25/B/20/I, acero de armaduras B 400 SD, recubrimiento mecánico 3 cm y sometida a los esfuerzos de cálculo $N_d = 200$ kN y $M_d = 306$ kN m. Vida útil 50 años.

*** RESISTENCIA DE CÁLCULO DE LOS MATERIALES**

$$\text{Hormigón} \rightarrow f_{cd} = 25/1,5 = 16,67 \text{ MPa}$$

$$\text{Acero} \rightarrow f_{yd} = 400/1,15 = 347,83 \text{ MPa}$$

*** DIMENSIONES ADOPTADAS**

Adoptaremos un ancho de la sección $b = 30$ cm y un canto $h = 50$ cm $\Rightarrow d = 47$ cm

*** OBTENCIÓN DE LA ARMADURA (ANEJO 7 EHE-08)**

CONSIDERACIONES PREVIAS:

- Debe cumplirse: $d'/d \leq 0,20$ $d' = 30 \text{ mm} \leq d/5 = 470/5 = 94 \text{ mm}$
- Definición de la variable U_0 utilizada en las fórmulas:

$$U_0 = f_{cd} b d = 16,67 \cdot 300 \cdot 470 = 2.350.470 \text{ N}$$

Caso 2º: $0 \leq N_d = 200 \text{ kN} \leq 0,5 U_0 = 1175,24 \text{ kN}$

La capacidad mecánica es: $U_{s1} = U_{s2} = \frac{M_d}{d-d'} + \frac{N_d}{2} - \frac{N_d d}{d-d'} \left(1 - \frac{N_d}{2U_0}\right) = 590.907 \text{ N}$

La armadura resulta pues $A_s = U_{s1} / f_{yd} = 1699 \text{ mm}^2$



*** DISPOSICIONES RELATIVAS A LAS ARMADURAS**

Distancia entre dos barras longitudinales consecutivas $s \leq 30$ cm

Cuantía mecánica mínima

$$\frac{M}{N} = \frac{306}{200} = 1,53 \text{ m} > \frac{h}{6} = \frac{0,50}{6} = 0,083 \text{ m} \Rightarrow \text{Flexión compuesta}$$

Para flexión simple o compuesta y sección rectangular, la armadura mínima traccionada:

$$A_s \geq 0,04A_c \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,04 \cdot 300 \cdot 500 \cdot \frac{16,67}{347,83} = 287 \text{ mm}^2$$



Para flexión compuesta, la armadura mínima comprimida:

$$A_s' \geq \frac{0,05N_d}{f_{yd}} = \frac{0,05 \cdot 200 \cdot 10^3}{347,83} = 29 \text{ mm}^2$$

Cuantía geométrica mínima

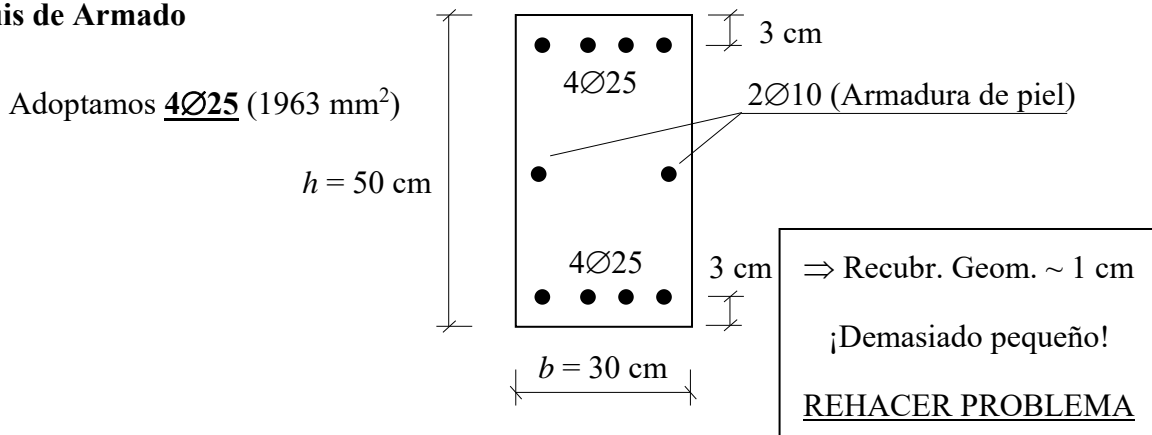
En pilares, la cuantía total es el 4,0 % de la sección bruta de hormigón

$$0,004A_c = 0,004 \cdot 500 \cdot 300 = 600 \text{ mm}^2$$



Armadura definitiva $A_s = 1699 \text{ mm}^2$ $A_s' = 1699 \text{ mm}^2$

Croquis de Armado



$$A_{piel} \geq \frac{0,05}{100} bd = 0,0005 \cdot 300 \cdot 470 = 71 \text{ mm}^2 \quad (1\text{Ø}10, 79 \text{ mm}^2)$$

Se adopta un nuevo recubrimiento mecánico. Para la clase de exposición I, vida útil de 50 años, cualquier tipo de cemento, $f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$ y $r_{\min} \geq 1,25TMA = 25 \text{ mm}$ se tiene:

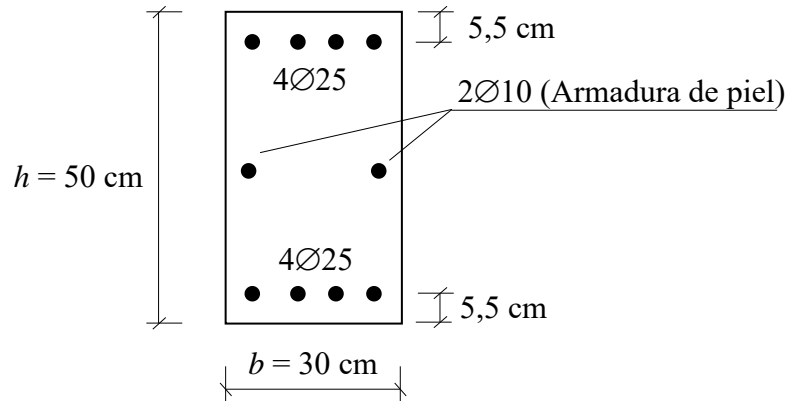
$$r_{nom} = r_{\min} + \Delta r = 25 + 10 = 35 \text{ mm}$$

Si suponemos que la armadura de cortante va a estar compuesta por barras de diámetro $\text{Ø}_t = 8 \text{ mm}$, y sabemos que la armadura longitudinal lo está por redondos $\text{Ø}_L = 25 \text{ mm}$, podemos estimar un recubrimiento mecánico $d' \approx 35 + 8 + 12,5 = 55,5 \text{ mm} \Rightarrow d' = 55 \text{ mm}$

Rehaciendo los cálculos para este nuevo recubrimiento se obtiene una armadura:

$$A_s = U_{sl} / f_{yd} = 1917 \text{ mm}^2$$

Por tanto, se puede adoptar el mismo croquis de armado anterior, pues los $4\varnothing 25$ (1963 mm^2) absorben esta nueva necesidad de armadura.



Por último, se comprueba la separación mínima entre barras:

$$s \geq \begin{cases} 2 \text{ cm} \\ \phi \text{ de la mayor (o del grupo, si hay)} = 25 \text{ mm} \\ 1,25 TMA = 1,25 \cdot 20 = 25 \text{ mm} \end{cases}$$

$$s = (300 - 55 - 55) / 3 - 25 = 38 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

Dimensionar la sección rectangular correspondiente a un pilar que se pretende construir con hormigón HA-25/B/20/I, acero de armaduras B 400 SD y recubrimiento mecánico de 5 cm. La sección se encuentra sometida a los siguientes esfuerzos de cálculo, ambos referidos al centro de la sección:

$$N_d = 1820 \text{ kN}$$

$$M_d = 91 \text{ kN m}$$

*** RESISTENCIA DE CÁLCULO DE LOS MATERIALES**

$$\text{Hormigón} \rightarrow f_{cd} = 25/1,5 = 16,67 \text{ MPa}$$

$$\text{Acero} \rightarrow f_{yd} = 400/1,15 = 347,83 \text{ MPa}$$

*** DIMENSIONES ADOPTADAS**

Adoptaremos un ancho de la sección $b = 30 \text{ cm}$ y un canto $h = 50 \text{ cm} \Rightarrow d = 45 \text{ cm}$

*** OBTENCIÓN DE LA ARMADURA (ANEJO 7 EHE-08)**

CONSIDERACIONES PREVIAS:

- Debe cumplirse: $d'/d \leq 0,20$ $d' = 50 \text{ mm} \leq d/5 = 450/5 = 90 \text{ mm}$
- Definición de la variable U_0 utilizada en las fórmulas:

$$U_0 = f_{cd} b d = 16,67 \cdot 300 \cdot 450 = 2.250.450 \text{ N}$$

Caso 3º: $N_d = 1820 \text{ kN} > 0,5U_0 = 1125,23 \text{ kN}$

$$m_1 = (N_d - 0,5U_0)(d-d') = (1820-1125,23)(0,45-0,05) = 277,91 \text{ kN m}$$

$$m_2 = 0,5N_d(d-d') - M_d - 0,32U_0(d-2,5d') =$$

$$= 0,5 \cdot 1820(0,45-0,05) - 91 - 0,32 \cdot 2250,45(0,45-2,5 \cdot 0,05) = 364 - 91 - 234,05 =$$

$$= 38,95 \text{ kN m}$$

$$\alpha = \frac{0,480m_1 - 0,375m_2}{m_1 - m_2} = 0,4971$$

$$\alpha \leq 0,5 \left(1 - \left(\frac{d'}{d} \right)^2 \right) = 0,4938 \Rightarrow \alpha = 0,4938$$

La capacidad mecánica es:

$$U_{s1} = U_{s2} = \frac{M_d}{d-d'} + \frac{N_d}{2} - \alpha \frac{U_0 d}{d-d'} = 227.500 + 910.000 - 1.250.181 = -112.681 \text{ N}$$

$$\Rightarrow A_{s1} = A_{s2} = A'_s = U_{s1} / f_{yd} = 0$$



* DISPOSICIONES RELATIVAS A LAS ARMADURAS

Distancia entre dos barras longitudinales consecutivas $s \leq 30 \text{ cm}$

Cuantía mecánica mínima

$$\frac{M}{N} = \frac{91}{1820} = 0,05 \text{ m} < \frac{h}{6} = \frac{0,50}{6} = 0,083 \text{ m} \Rightarrow \text{Compresión compuesta}$$

La armadura mínima para compresión simple o compuesta es:

$$A_s = A'_s \in \left[\frac{N_d}{20 f_{yc,d}}, \frac{f_{cd} A_c}{2 f_{yc,d}} \right] = [262 ; 3594] \text{ mm}^2$$



siendo:

$A_s = A'_s =$ Área total de la armadura superior o inferior

$N_d =$ Axil mayorado de compresión = 1.820.000 N

$f_{yc,d} =$ Resist. de cálculo acero a compresión $f_{yc,d} = f_{yd} = 347,83 \leq 400 \text{ MPa}$

$A_c =$ Área de la sección total de hormigón = $500 \cdot 300 = 150.000 \text{ mm}^2$

$f_{cd} =$ Resistencia de cálculo del hormigón = 16,67 MPa

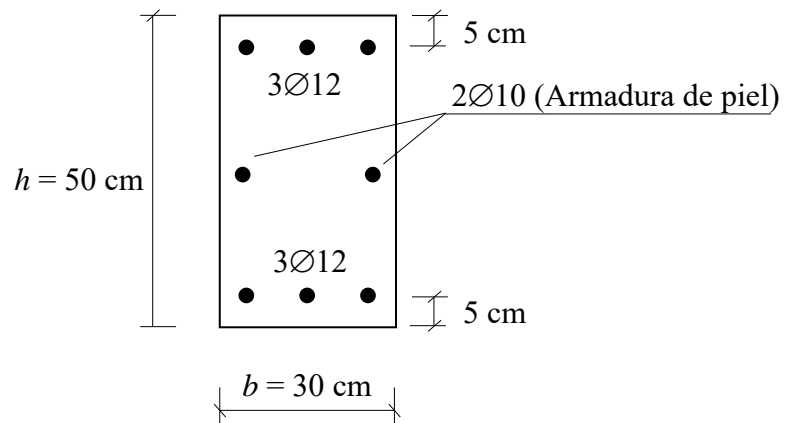
Cuantía geométrica mínima

En pilares con acero B 400 S es el 4 % de la sección bruta de hormigón

$$0,004A_c = 0,004 \cdot 500 \cdot 300 = 600 \text{ mm}^2 \Rightarrow 300 \text{ mm}^2 \text{ en cada cara}$$



Adoptamos **3Ø12** (339 mm^2)



$$A_{piel} \geq \frac{0,05}{100} bd = 0,0005 \cdot 300 \cdot 450 = 68 \text{ mm}^2 \quad (1\text{Ø}10, 79 \text{ mm}^2)$$

Cumpliendo la separación mínima entre barras:

$$s \geq \begin{cases} 2 \text{ cm} \\ \phi \text{ de la mayor (o del grupo, si hay)} = 12 \text{ mm} \\ 1,25 TMA = 1,25 \cdot 20 = 25 \text{ mm} \end{cases}$$

$$s = (300 - 50 - 50) / 2 - 12 = 88 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

Dada la sección de la figura, comprobar si resiste los siguientes esfuerzos aplicados en el centro de la sección:

1) $M_d = 150 \text{ kN m}$

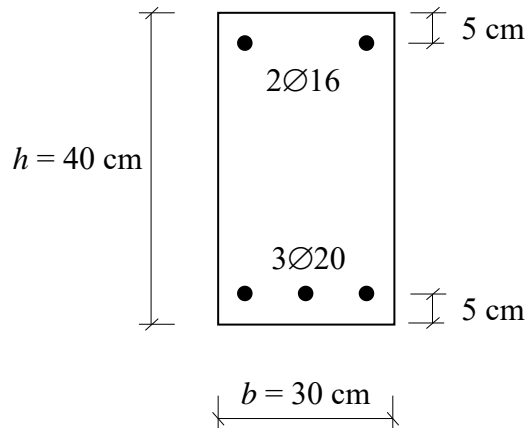
$N_d = 0$

2) $M_d = 100 \text{ kN m}$

$N_d = 500 \text{ kN}$

3) $M_d = 0$

$N_d = -400 \text{ kN}$



Hormigón HA-25. Acero B 500 S.

* DATOS PREVIOS

Hormigón $\rightarrow f_{cd} = 25/1,5 = 16,67 \text{ MPa}$

Acero $\rightarrow f_{yd} = 500/1,15 = 434,78 \text{ MPa}$

$b = 300 \text{ mm}$ $h = 400 \text{ mm}$ $d = 350 \text{ mm}$ $d' = 50 \text{ mm}$

$3\text{Ø}20 \rightarrow A_s = 3\pi \text{ cm}^2 = 300\pi \text{ mm}^2 \rightarrow U_{s1} = A_s f_{yd} = 409.771 \text{ N}$

$2\text{Ø}16 \rightarrow A'_s = 402 \text{ mm}^2 \rightarrow U_{s2} = A'_s f_{yd} = 174.782 \text{ N}$

1) COMPROBACIÓN (ANEJO 7 EHE-08) $M_d = 150 \text{ kN m}$ $N_d = 0$

CONSIDERACIONES PREVIAS:

- Debe cumplirse: $d'/d \leq 0,20$ $d' = 50 \text{ mm} \leq d/5 = 350/5 = 70 \text{ mm}$

- Definición de las variables U_0 y U_v utilizadas en las fórmulas:

$$U_0 = f_{cd} b d = 16,67 \cdot 300 \cdot 350 = 1.750.350 \text{ N}$$

$$U_v = 2U_0 \frac{d'}{d} = 2 \cdot 1.750.350 \cdot \frac{50}{350} = 500.100 \text{ N}$$

Caso 1º: $U_{s1} - U_{s2} = 409,771 - 174,782 = 234,989 \text{ kN} < U_v = 500,10 \text{ kN}$

$$M_u = 0,24U_v d' \frac{(U_v - U_{s1} + U_{s2})(1,5U_{s1} + U_{s2})}{(0,6U_v + U_{s2})^2} + U_{s1}(d - d')$$

Sustituyendo, resulta un momento último $M_u = 128,50 < M_d = 150 \text{ kN m} \Rightarrow \text{NO RESISTE}$

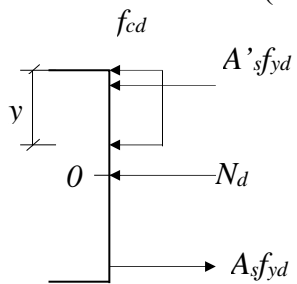
2) COMPROBACIÓN $M_d = 100 \text{ kN m}$ $N_d = 500 \text{ kN}$

En este caso, no podemos realizar la comprobación para flexión compuesta utilizando el Anejo 7 de la EHE-08, ya que no disponemos de armadura simétrica en la sección.

i) Determinar x de la ecuación $\Sigma F = 0$

Hipótesis: Ambas armaduras trabajan a f_{yd}

(cierto para $0,1667d < x < x_{lim}$ en los Dominios 2 y 3)



$$N_d = f_{cd} b 0,8x + A'_s f_{yd} - A_s f_{yd} \Rightarrow x = 183,70 \text{ mm}$$

$$x_{lim} = \frac{d}{1 + \frac{f_{yd}}{700}} = 216 \text{ mm} \quad 0,1667d = 58,3 \text{ mm}$$

Resulta cierta la hipótesis de partida: $0,1667d < x < x_{lim}$

El momento último de la sección referido al centro O es:

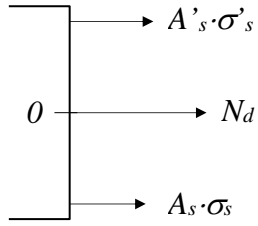
$$M_u = f_{cd} y b \left(\frac{h}{2} - \frac{y}{2} \right) + A'_s f_{yd} \left(\frac{h}{2} - d' \right) + A_s f_{yd} \left(\frac{h}{2} - d' \right)$$

$$M_u = f_{cd} y b \left(\frac{h}{2} - \frac{y}{2} \right) + (A'_s + A_s) f_{yd} \left(\frac{h}{2} - d' \right) = 187,04 \text{ kN m}$$

$$M_u > M_d \quad \Rightarrow \quad \text{LA SECCIÓN RESISTE}$$

3) COMPROBACIÓN $M_d = 0$ $N_d = -400 \text{ kN}$

Suponemos el hormigón totalmente fisurado.



Obtengamos σ_s y σ'_s aplicando equilibrio.

$$\Sigma F = 0 \quad \Rightarrow \quad N_d = A'_s \sigma'_s + A_s \sigma_s \quad (1)$$

$$\Sigma M_0 = 0 \quad \Rightarrow \quad 0 = A'_s \sigma'_s (h/2 - d') - A_s \sigma_s (h/2 - d')$$

$$\Rightarrow \quad A'_s \sigma'_s = A_s \sigma_s \quad (2)$$

Sustituyendo (2) en (1):

$$N_d = 2A_s \sigma_s \quad \Rightarrow \quad \sigma_s = N_d / 2A_s = 400.000 / (2 \cdot 3\pi \cdot 100) = 212,21 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_s = (A_s / A'_s) \sigma_s = (3\pi / 4,02) \sigma_s = 2,34 \sigma_s = 496,56 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_s = 496,56 \text{ MPa} > f_{yd} = 434,78 \text{ MPa} \quad \Rightarrow \quad \text{ROTURA DEL ACERO}$$

EJERCICIOS PROPUESTOS

DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN-COMPRESIÓN

Ejercicio 1

La sección de una viga de hormigón armado está solicitada por un momento de cálculo de 640 kN m. Las dimensiones de la sección son 35 cm de ancho por 60 cm de canto.

El hormigón es HA-30/B/20/I y el acero de la armadura es B 400 SD. Recubrimiento mecánico (d') 5 cm.

Se pide determinar las armaduras y su colocación, sabiendo que se dispone sólo de barras de diámetros 10, 16 y 25 mm.

Ejercicio 2

Dimensionar el armado de una sección rectangular en los siguientes casos:

| CASO | M_d (kN m) | N_d (kN) |
|------------------|--------------|------------|
| 1 (viga) | 75 | -780 |
| 2 (viga) | 175 | 0 |
| 3 (viga) | 480 | 0 |
| 4 (pilar) | 225 | 1370 |
| 5 (pilar) | 150 | 4000 |

Datos:

Ancho de la sección (b) 30 cm

Canto de la sección (h) 50 cm

Recubrimiento mecánico (d') 5 cm

Hormigón HA-30/B/20/I

Acero B 400 SD

Nota: En el caso de tener que agrupar barras en cualquiera de los problemas, se redefinirá el recubrimiento mecánico y se volverá a dimensionar el armado, e incluso se redefinirá el ancho de la sección en caso de no cumplir la separación mínima entre grupos de barras.

| SECCIÓN DE ARMADURAS LONGITUDINALES (mm²) | | | | | | | | |
|---|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| n°/Diám. | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 32 |
| 1 | 28 | 50 | 79 | 113 | 201 | 314 | 491 | 804 |
| 2 | 57 | 101 | 157 | 226 | 402 | 628 | 982 | 1608 |
| 3 | 85 | 151 | 236 | 339 | 603 | 942 | 1473 | 2413 |
| 4 | 113 | 201 | 314 | 452 | 804 | 1257 | 1963 | 3217 |
| 5 | 141 | 251 | 393 | 565 | 1005 | 1571 | 2454 | 4021 |
| 6 | 170 | 302 | 471 | 679 | 1206 | 1885 | 2945 | 4825 |
| 7 | 198 | 352 | 550 | 792 | 1407 | 2199 | 3436 | 5630 |
| 8 | 226 | 402 | 628 | 905 | 1608 | 2513 | 3927 | 6434 |
| 9 | 254 | 452 | 707 | 1018 | 1810 | 2827 | 4418 | 7238 |
| 10 | 283 | 503 | 785 | 1131 | 2011 | 3142 | 4909 | 8042 |
| 11 | 311 | 553 | 864 | 1244 | 2212 | 3456 | 5400 | 8847 |
| 12 | 339 | 603 | 942 | 1357 | 2413 | 3770 | 5890 | 9651 |
| 13 | 368 | 653 | 1021 | 1470 | 2614 | 4084 | 6381 | 10455 |
| 14 | 396 | 704 | 1100 | 1583 | 2815 | 4398 | 6872 | 11259 |
| 15 | 424 | 754 | 1178 | 1696 | 3016 | 4712 | 7363 | 12064 |
| 16 | 452 | 804 | 1257 | 1810 | 3217 | 5027 | 7854 | 12868 |
| 17 | 481 | 855 | 1335 | 1923 | 3418 | 5341 | 8345 | 13672 |
| 18 | 509 | 905 | 1414 | 2036 | 3619 | 5655 | 8836 | 14476 |
| 19 | 537 | 955 | 1492 | 2149 | 3820 | 5969 | 9327 | 15281 |
| 20 | 565 | 1005 | 1571 | 2262 | 4021 | 6283 | 9817 | 16085 |

| SECCIÓN DE ARMADURA A CORTANTE (mm²/ml) | | | | | SECC. ARMADURA CORTANTE - CERCO DOBLE (mm²/ml) | | | |
|---|----------|----------|-----------|-----------|--|----------|-----------|-----------|
| Sep/Diám. | 6 | 8 | 10 | 12 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| 10 | 565 | 1005 | 1571 | 2262 | 1131 | 2011 | 3142 | 4524 |
| 15 | 377 | 670 | 1047 | 1508 | 754 | 1340 | 2094 | 3016 |
| 20 | 283 | 503 | 785 | 1131 | 565 | 1005 | 1571 | 2262 |
| 25 | 226 | 402 | 628 | 905 | 452 | 804 | 1257 | 1810 |
| 30 | 188 | 335 | 524 | 754 | 377 | 670 | 1047 | 1508 |
| 35 | 162 | 287 | 449 | 646 | 323 | 574 | 898 | 1293 |
| 40 | 141 | 251 | 393 | 565 | 283 | 503 | 785 | 1131 |
| 45 | 126 | 223 | 349 | 503 | 251 | 447 | 698 | 1005 |
| 50 | 113 | 201 | 314 | 452 | 226 | 402 | 628 | 905 |
| 55 | 103 | 183 | 286 | 411 | 206 | 366 | 571 | 823 |
| 60 | 94 | 168 | 262 | 377 | 188 | 335 | 524 | 754 |