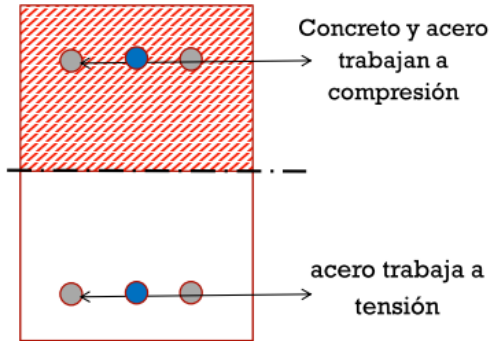


Diseño de vigas doblemente reforzadas

Si la sección de una viga se limita a causa de consideraciones arquitectónicas u otras restricciones, puede ocurrir que el concreto no sea capaz de desarrollar la fuerza necesaria de compresión para resistir el momento actuante. En este caso, se adiciona refuerzo en la zona de compresión, dando como resultado una viga que se denomina doblemente reforzada.

Sin embargo, existen situaciones en las que se utiliza el refuerzo a compresión por razones diferentes de las de resistencia. Se ha encontrado que incluir algún acero en la zona de compresión reduce las deflexiones a largo plazo del elemento.

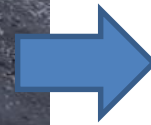
Las vigas doblemente reforzadas tienen acero a tracción (A_s) y a compresión (A_s') junto los bordes superior e inferior de la sección transversal y con ello se incrementa su ductilidad y su capacidad resistente en relación a las vigas simplemente armadas.



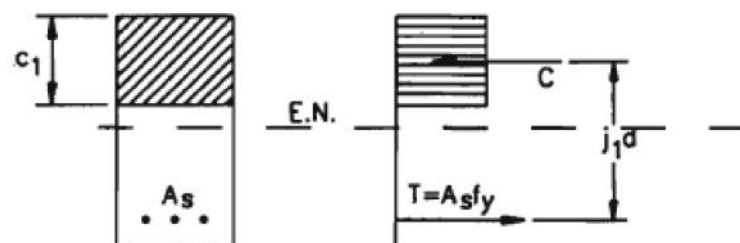
Usualmente en las vigas doblemente reforzada se diseña únicamente el acero de refuerzo, ya que sus dimensiones están dadas a priori en el diseño. Para saber si una sección transversal debe estar simple o doblemente armada se debe verificar las siguientes condiciones:

✓ $\rho_{real} > \rho_{m\acute{a}x}$  Se debe armar doble o aumentar las dimensiones de la sección

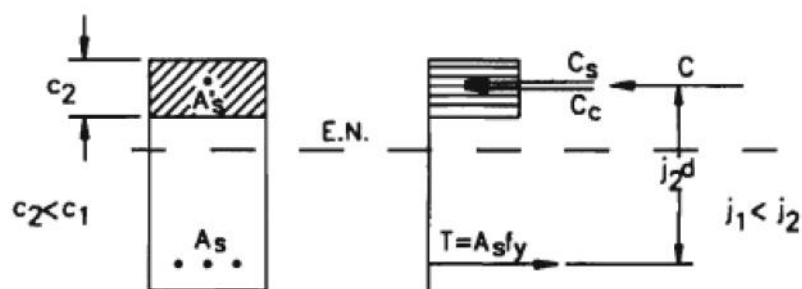
Si una viga posee acero a compresión y la cuantía geométrica de la armadura a tracción (ρ) es menor o igual a la ($\rho_{m\acute{a}x}$), se puede calcular la resistencia de la viga omitiendo el acero a compresión.



Dimensiones de viga
restringidas



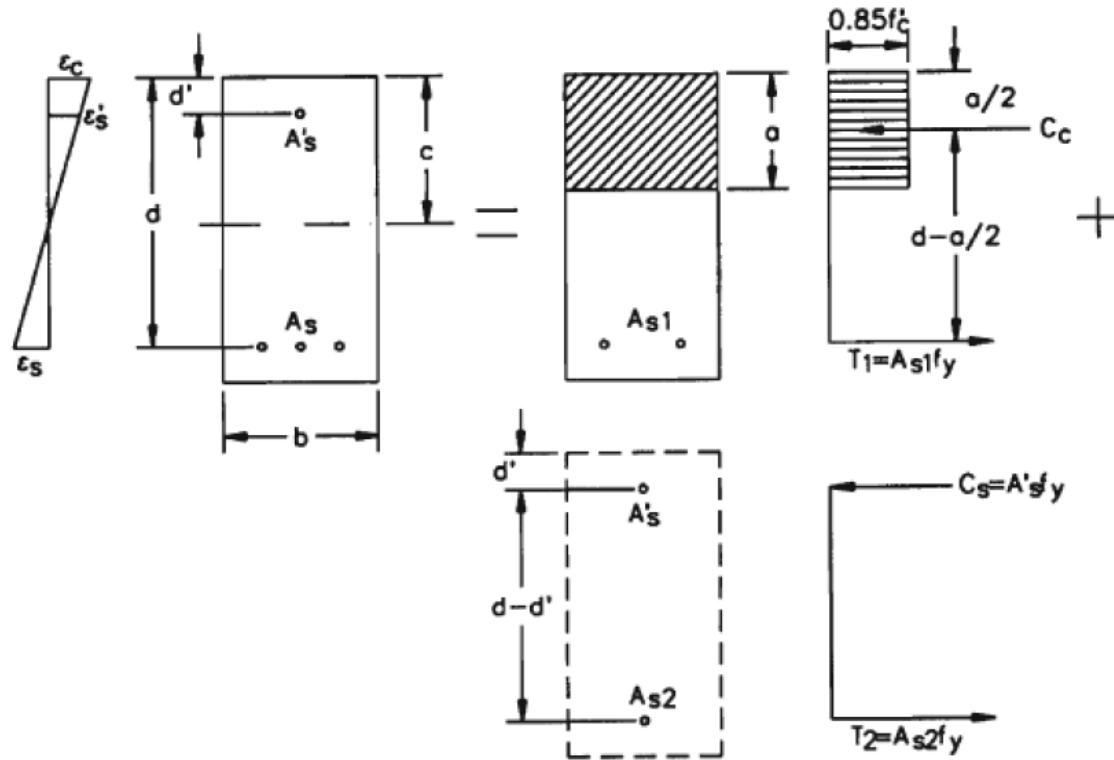
(a) Sección rectangular sin acero en compresión



(b) Sección rectangular con acero en compresión

Figura 5.11. Distribución de esfuerzos en secciones rectangulares con y sin refuerzo en compresión

Acero a tracción y a Compresión, ambos alcanzan el esfuerzo de Cedencia.



Teoría de vigas doblemente reforzadas

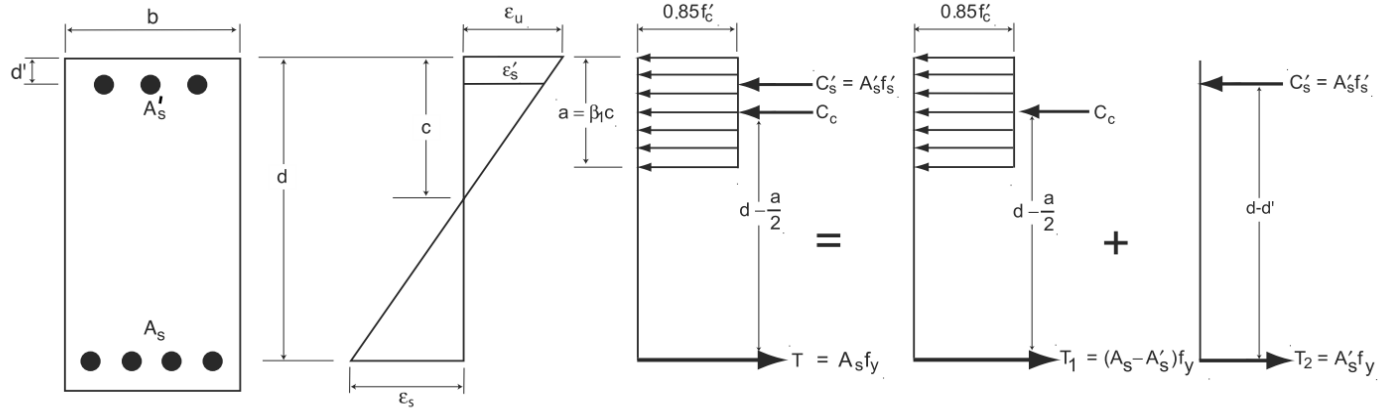


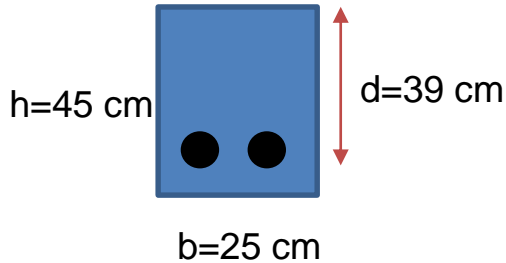
Figure 6-13 Strain and Equivalent Stress Distribution of Doubly Reinforced Rectangular Section

The nominal moment strength is:

$$M_n = (A_s - A'_s) f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) + A'_s f_y (d - d')$$

Ejemplo

Diseñe la siguiente viga con los datos proporcionados:



f_y	2810.00 kg/cm ²
f'_c	210.00 kg/cm ²

Mu	izquierda	Centro	Derecha
Top	1056252.00 kg-cm	0.00 kg-cm	1056252.00 kg-cm
Botom	0.00 kg-cm	2079480.00 kg-cm	0.00 kg-cm

Paso 1 refuerzo requerido:

Acero	izquierda	Centro	Derecha
Top	11.84 cm ²	0.00 cm ²	11.84 cm ²
Botom	0.00 cm ²	26.94 cm ²	0.00 cm ²

Paso 2 verificaciones Asmin y Asmax

Asmin=	4.86 cm ²
Asmax=	21.41 cm ²

Acero	izquierda	Centro	Derecha
Top	11.84 cm ²	0.00 cm ²	11.84 cm ²
Botom	0.00 cm ²	26.94 cm ²	0.00 cm ²

El refuerzo requerido supera el acero máximo por lo que es necesario colocar acero a compresión

Paso 3 Proponer un armado cercano al Asmax

Cantidad	Barra	As
5	No. 7	19.40 cm ²

Asmax=	21.41 cm ²
--------	-----------------------

Propuesta 5#7 = 19.40 cm² = As - As'

Paso 4 Calcular la capacidad a momento de la propuesta de acero

$$\phi M_n = \phi (A_s - A'_s) f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_{n_{5\#7}} = 0.90 * 19.40 * 2810 * \left[39 - \frac{19.40 * 2810}{1.7 * 210 * 25} \right] = 1,613,766.49 \text{ kg} - \text{cm}$$

Paso 5 Calcular el momento faltante

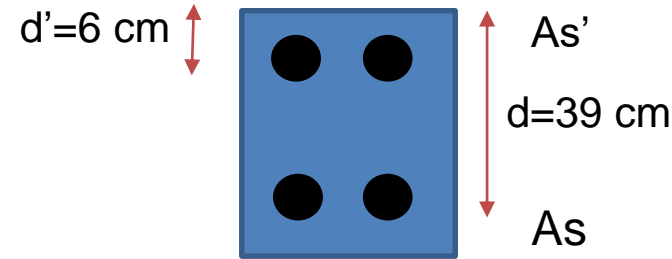
$$Mr = 2,079,480 \text{ kg} * \text{cm} - 1,613,766.49 \text{ kg} * \text{cm} = 465,713.51 \text{ kg} - \text{cm}$$

Paso 6 Calculo de área de acero a compresión A_s'

$$Mr = \phi A_s' f_y (d - d')$$

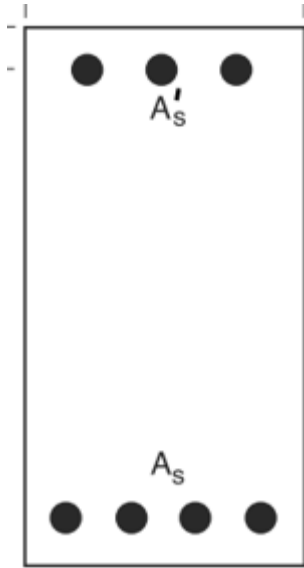
$$A_s' = \frac{Mr}{\phi F_y (d - d')}$$

$$A_s' = \frac{465,713.51 \text{ kg} * \text{cm}}{0.9 * 2,810(39 - 6)} = 5.58 \text{ cm}^2$$



Propuesta 2#6 = 5.70 cm^2

Paso 7 Armado propuesto



$$A_s' = 5.58 \text{ cm}^2$$



A_s'' = incremento de $A_s' \cdot 4/3$ para garantizar la falla dúctil, en la zona a compresión únicamente

$$A_s'' = 5.58 \cdot 4/3 = 7.44 \text{ cm}^2$$

$$\text{Propuesta} = 4\#5 = 7.92 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 5\#7 + 2\#6 = 25.10 \text{ cm}^2$$

Paso 8 verificar fluencia del acero a tensión

Calculo de a

$$a = \frac{(A_s - A_s'')F_y}{0.85 * f'_c * b} = \frac{(25.10 - 7.92) * 2810}{0.85 * 210 * 25} = 10.82 \text{ cm}$$

$$A_s'' = 4\#5 = 7.92 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 5\#7 + 2\#6 = 25.10 \text{ cm}^2$$

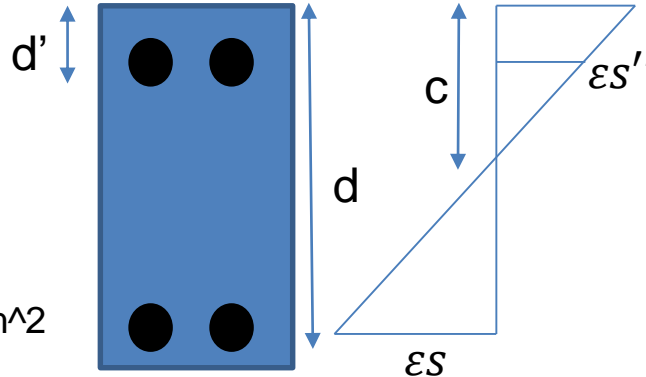
$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{10.82}{0.85} = 12.73 \text{ cm}$$

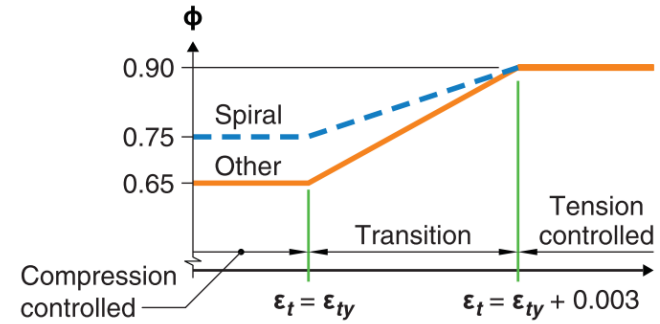
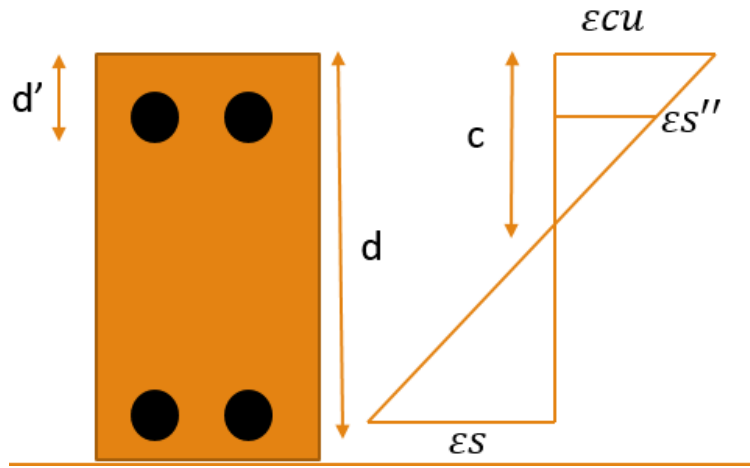
$$\frac{\epsilon c u}{c} = \frac{\epsilon s''}{c - d'}$$

$$\frac{c - d'}{c} = \frac{\epsilon s''}{\epsilon c u}$$

$$\frac{d'}{c} < 1 - \frac{\epsilon t y}{\epsilon c u}$$

Para
garantizar
que el
concreto
no falle





$$\epsilon_{ty} = \frac{2810}{2039381.15} = 0.00138$$

$$\frac{\epsilon_{cu}}{c} = \frac{\epsilon_{s''}}{c - d'}$$

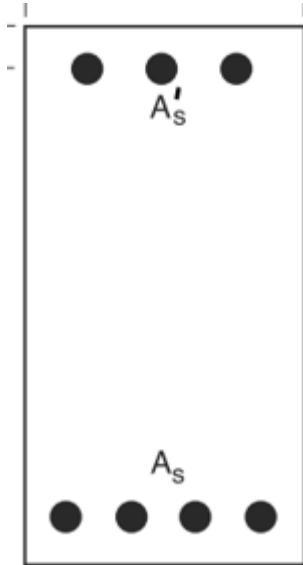
$$\frac{\epsilon_{cu}}{c} = \frac{\epsilon_s}{d - c}$$

$$\epsilon_{s''} = \frac{0.003 * (12.73 - 6)}{12.73} = 0.001586 > \epsilon_{ty}, \text{Ok fluye!!!}$$

$$\epsilon_s = \frac{0.003(39 - 12.73)}{12.73} = 0.0062 > \epsilon_{ty} + 0.003, \text{Ok fluye!!!}$$

$$\frac{6 \text{ cm}}{12.73 \text{ cm}} < 1 - \frac{2,810/2,039,381.15}{0.003}$$

0.4713 < 0.54 *Ok cumple!!!*



$$A_s'' = 4\#5 = 7.92 \text{ cm}^2$$

ARMADO FINAL AL CENTRO

$$A_s = 4\#7 + 2\#6 = 21.22 \text{ cm}^2$$



$$A_s'' = 4\#5 = 7.92 \text{ cm}^2 + 2\#5 = 3.96 \text{ cm}^2 \text{ (bastones)} = 11.88 \text{ cm}^2$$

ARMADO FINAL EXTREMOS DE LA VIGA

$$A_s = 4\#7 + 2\#6 = 21.22 \text{ cm}^2$$