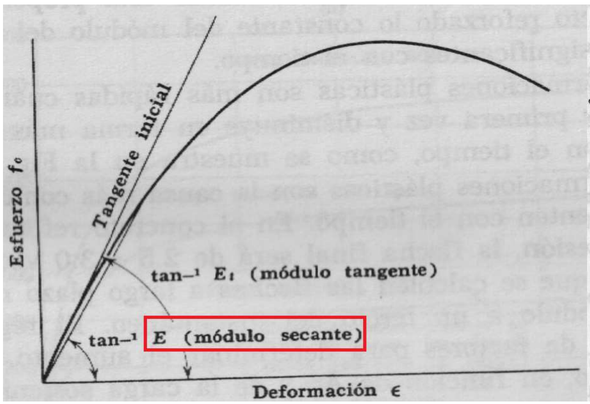
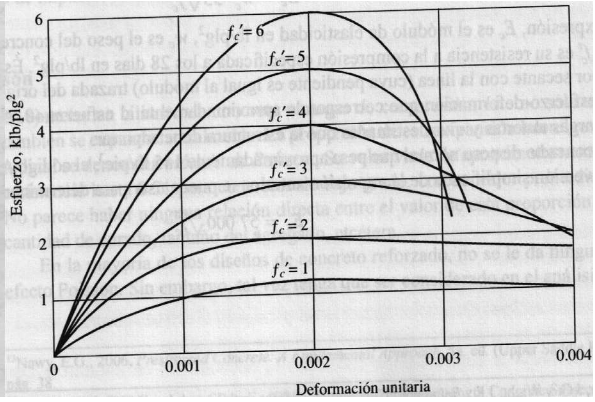
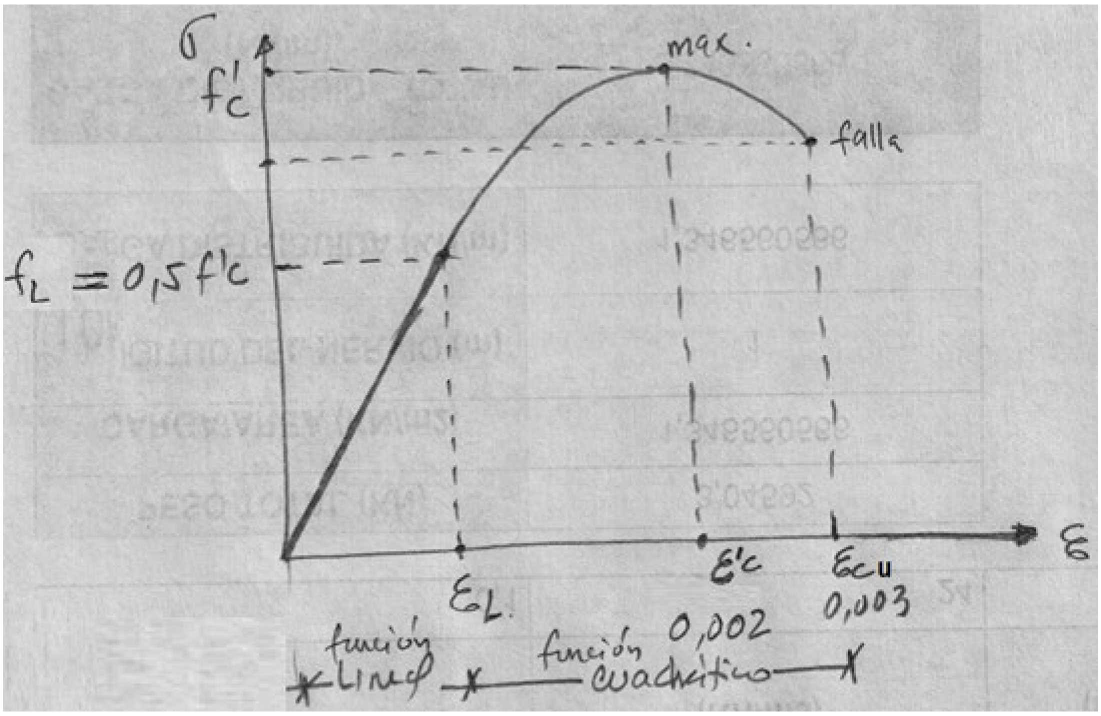




Curva Esfuerzo – Deformación Unitaria del concreto con aproximación cuadrática en la zona plástica:

Se usará módulo de elasticidad con el criterio de la secante, también se usará el límite de falla en deformación unitaria de 0.003



#1: [CaseMode ≔ Sensitive, InputMode ≔ Word]

#2: [E ≔, εL ≔, fL ≔, εpc ≔, fpc ≔, εcu ≔, ε ≔, σc(ε) ≔]

Se usará:
-E=4700√f'c (NSR-10 C.8.5.1), esfuerzos en MPa.
-Que el esfuerzo en la zona de comportamiento lineal es 0.5*f'c.
-Que el concreto alcanza su máximo esfuerzo en una deformación de 0.002.

#3: [E ≔ 4700·√fpc, fL ≔ 0.5·fpc, εpc ≔ 0.002, εcu ≔ 0.003]

Ley de Hooke: σ=E*ε:

#4: fL = E·εL

#5: $$\varepsilon L :\approx \frac{\sqrt{fpc}}{9400}$$

En que coordenada y se presenta la deformación unitaria lineal máxima εL:

#6: $$\frac{yL}{\varepsilon L} = \frac{c}{\varepsilon cu}$$

#7: $$yL = 0.1625026842 \cdot c$$

Función cuadrática del esfuerzo:

#8: $$\sigma c(\varepsilon) = a \cdot \varepsilon^2 + b \cdot \varepsilon + c$$

Puntos conocidos de la curva:
-Esfuerzo en límite de comportamiento lineal
-Esfuerzo máximo
-La pendiente de la cuerva de esfuerzo es cero en el punto de máximo esfuerzo (e'c,f'c)

-Por criterio de continuidad, la pendiente de la curva cuadrática de esfuerzo es igual a la tangente de la zona lineal, es decir al módulo E

módulo E en el rango plástico:

#9: $modE(\varepsilon) :=$

#10: $$modE(\varepsilon) = \frac{d}{d\varepsilon}(a \cdot \varepsilon^2 + b \cdot \varepsilon + c)$$

#11: $$modE(\varepsilon) = 2 \cdot a \cdot \varepsilon + b$$

#12: $$\begin{bmatrix} \sigma c(\varepsilon L) = a \cdot \varepsilon L^2 + b \cdot \varepsilon L + c \\ \sigma c(\varepsilon pc) = a \cdot \varepsilon pc^2 + b \cdot \varepsilon pc + c \\ modE(\varepsilon pc) = 0 \end{bmatrix}$$

#13: $$\begin{bmatrix} fL = a \cdot \varepsilon L^2 + b \cdot \varepsilon L + c \\ fpc = a \cdot \varepsilon pc^2 + b \cdot \varepsilon pc + c \\ 2 \cdot a \cdot \varepsilon pc + b = 0 \end{bmatrix}$$

#14: $$\left[a = - \frac{1104500000 \cdot fpc}{25 \cdot fpc - 940 \cdot \sqrt{fpc} + 8836} \wedge b = \frac{4418000 \cdot fpc}{25 \cdot fpc - 940 \cdot \sqrt{fpc} + 8836} \wedge c = \right.$$

$$\left.\frac{fpc\cdot(25\cdot fpc - 940\cdot\sqrt{fpc} + 4418)}{25\cdot fpc - 940\cdot\sqrt{fpc} + 8836}\right]$$

Sustituyendo en la ecuación cuadrática del esfuerzo:

#15: $\sigma c(\varepsilon) = a\cdot\varepsilon^2 + b\cdot\varepsilon + c$

#16: $\sigma c(\varepsilon) = \left(-\frac{1104500000\cdot fpc}{25\cdot fpc - 940\cdot\sqrt{fpc} + 8836}\right)\cdot\varepsilon^2 + \frac{4418000\cdot fpc}{25\cdot fpc - 940\cdot\sqrt{fpc} + 8836}\cdot\varepsilon + \frac{fpc\cdot(25\cdot fpc - 940\cdot\sqrt{fpc} + 4418)}{25\cdot fpc - 940\cdot\sqrt{fpc} + 8836}$

Si f'c=21 MPa:

#17: $fpc := 21$

#18: $\sigma c(\varepsilon) = \left(-\frac{1104500000\cdot 21}{25\cdot 21 - 940\cdot\sqrt{21} + 8836}\right)\cdot\varepsilon^2 + \frac{4418000\cdot 21}{25\cdot 21 - 940\cdot\sqrt{21} + 8836}\cdot\varepsilon + \frac{21\cdot(25\cdot 21 - 940\cdot\sqrt{21} + 4418)}{25\cdot 21 - 940\cdot\sqrt{21} + 8836}$

#19: $\sigma c(\varepsilon) := -4.589899293\cdot 10^6\cdot\varepsilon^2 + 1.835959717\cdot 10^4\cdot\varepsilon + 2.640402824$

#20: $\varepsilon L := \frac{\sqrt{21}}{9400}$

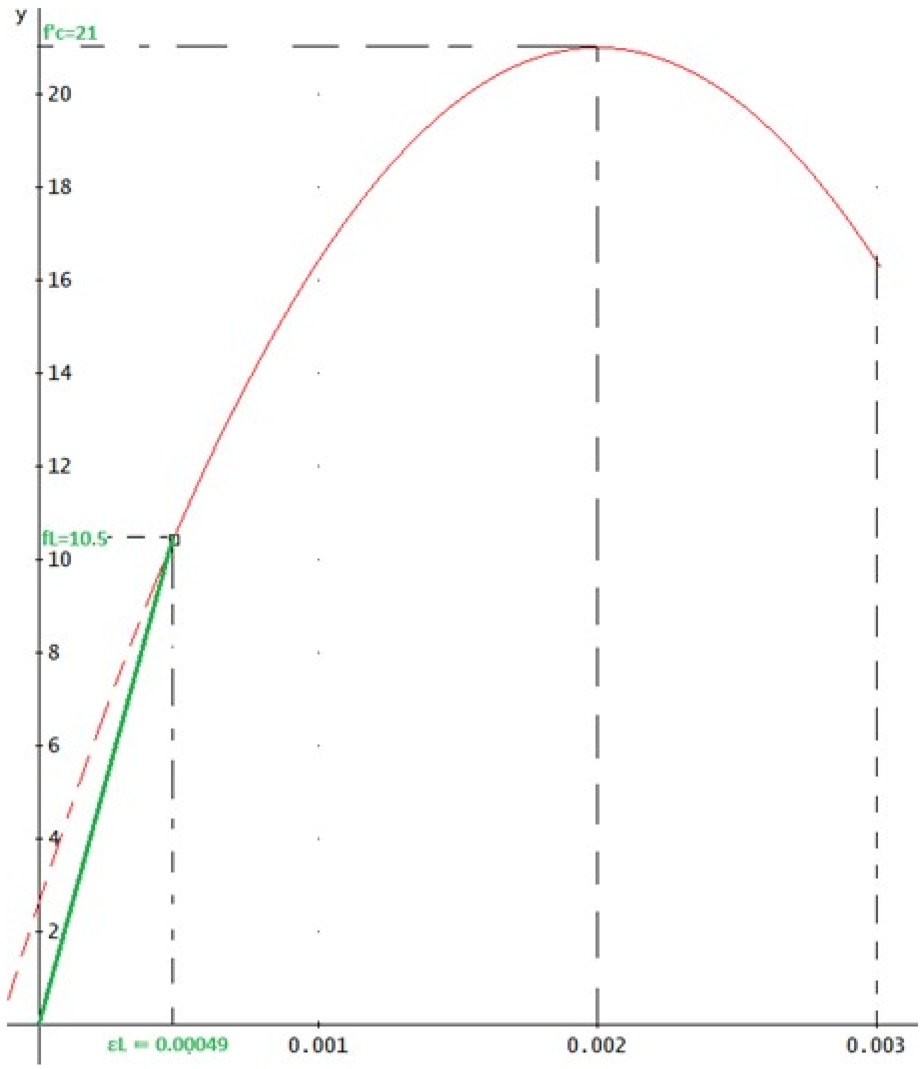
#21: $\varepsilon L := 0.0004875080526$

Esfuerzo en el punto de rotura εcu:

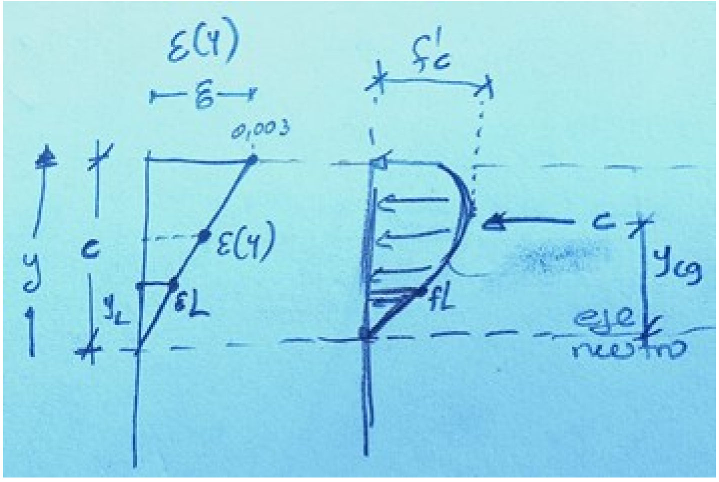
#22: $\sigma c(\varepsilon cu) = -4.589899293\cdot 10^6\cdot\varepsilon cu^2 + 1.835959717\cdot 10^4\cdot\varepsilon cu + 2.640402824$

#23: $\sigma c(\varepsilon cu) = 16.41010069$

#24: $\sigma c(\varepsilon cu) = 0.7814333661\cdot fpc$



Esfuerzo en función de la coordenada y:



#25: $$\frac{\varepsilon cu}{c} = \frac{\varepsilon}{y}$$

#26: $$\varepsilon = \frac{\varepsilon cu}{c} \cdot y$$

#27: $$\varepsilon = \frac{3 \cdot y}{1000 \cdot c}$$

#28: $$y = \frac{c}{\varepsilon cu} \cdot \varepsilon$$

#29: $$y = \frac{1000 \cdot c \cdot \varepsilon}{3}$$

coordenada y para el límite elástico εL:

#30: $$y = \frac{1000 \cdot c \cdot \varepsilon L}{3}$$

#31: $$y = 0.1625026842 \cdot c$$

Reemplazo ε por ε(y)

#32: $$\sigma c(\varepsilon) = - 4.589899293 \cdot 10^{6} \cdot \varepsilon^{2} + 1.835959717 \cdot 10^{4} \cdot \varepsilon + 2.640402824$$

#33: $$\sigma c(y) = - 4.589899293 \cdot 10^{6} \cdot \left(\frac{3 \cdot y}{1000 \cdot c}\right)^{2} + 1.835959717 \cdot 10^{4} \cdot \frac{3 \cdot y}{1000 \cdot c} + 2.640402824$$

#34: $$\sigma c(y) = - \frac{41.30909363 \cdot y^{2}}{c^{2}} + \frac{55.0787915 \cdot y}{c} + 2.640402822$$

Área total de esfuerzo: al multiplica por el ancho (b) sería la fuerza de compresión
En función de y:

#35: $$Fc = \frac{fL \cdot yL}{2} + \int_{yL}^{c} \sigma c(y)\ dy$$

#36: $$Fc = 16.16601996 \cdot c$$

Centroide de esfuerzos:

en función de la coordenada del eje y, desde 0 hasta c:

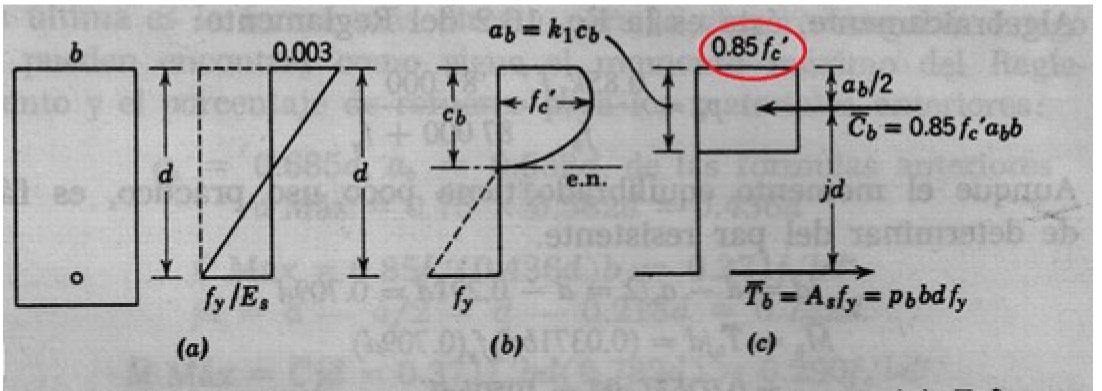
#37: ycg :=

#38: $$ycg \cdot Fc = \frac{fL \cdot yL}{2} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot \varepsilon L\right) + \int_{yL}^{c} \sigma c(y) \cdot y\ dy$$

#39: $$ycg = \frac{\frac{fL \cdot yL}{2} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot \varepsilon L\right) + \int_{yL}^{c} \sigma c(y) \cdot y \, dy}{Fc}$$

#40: $$ycg = 0.5719452792 \cdot c + 1.715170372 \cdot 10^{-5}$$

Se debe comparar con el recomendado de (**β1=0.85**)**c** del bloque de Whitney:



Viga equilibrada. (a) Deformaciones. (b) Esfuerzos. (c) Esfuerzos y fuerzas equivalentes

Usando f'c de 21MPa y el rectángulo de Whitney, β1=0.85, a=β1*c

#41: $$ycg = c - \frac{a}{2}$$

#42: $$ycg = c - \frac{\beta 1 \cdot c}{2}$$

#43: $$ycg = c - \frac{0.85 \cdot c}{2}$$

#44: $$ycg = 0.575 \cdot c$$

Para el valor de a, se usa ycg del cálculo inicial, no de Whitney:

#45: $$a = 2 \cdot (c - ycg)$$

#46: $$a = 2 \cdot (c - (0.5719452792 \cdot c + 1.715170372 \cdot 10^{-5}))$$

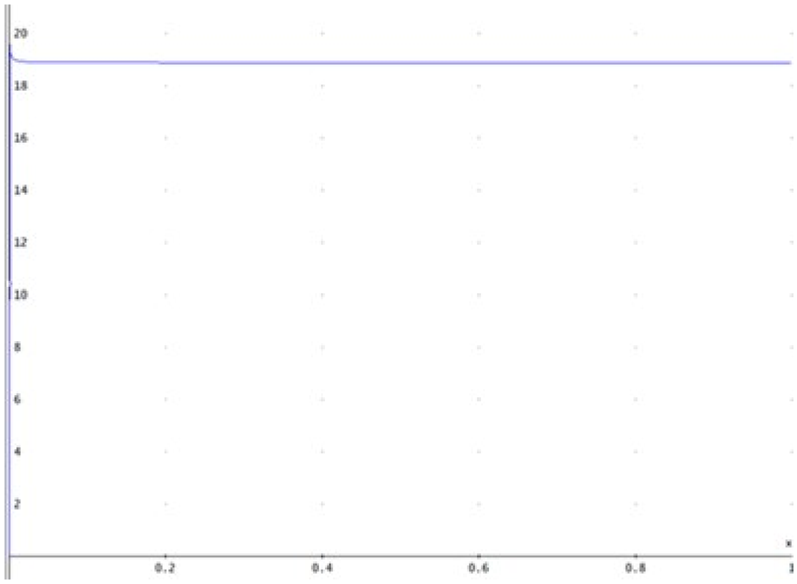
#47: $$a = 0.8561094411 \cdot c - 3.43034074 \cdot 10^{-5}$$

Valor del esfuerzo promedio del rectángulo de esfuerzos:

#48: $$\sigma prom = \frac{Fc}{a}$$

#49: $$\sigma prom = \frac{16.16601996\cdot c}{0.8561094411\cdot c - 3.43034074\cdot 10^{-5}}$$

#50: $$\sigma prom = \frac{2.477957165\cdot 10^{10}}{3.275005215\cdot 10^{13}\cdot c - 1.312260241\cdot 10^{9}} + 18.88312308$$



comparar el σprom con el esfuerzo promedio de Whitney(0.85f'c=17.85):

#51: $$\frac{18.88312308}{17.85} = 1.057878043$$