

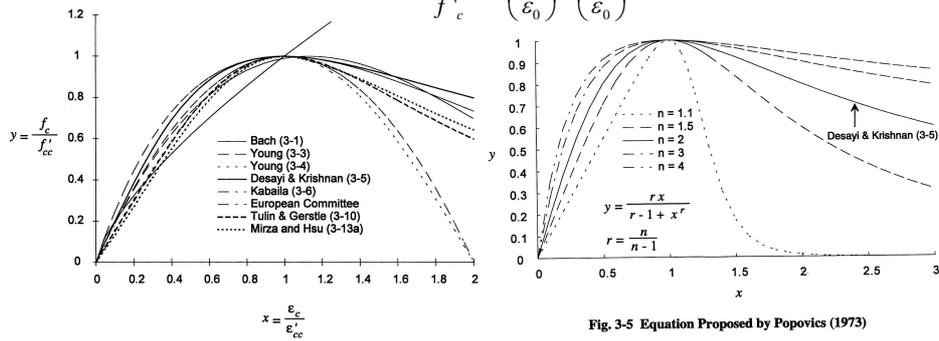
# Análisis no lineal del hormigón armado

- **No linealidad del material**

- **Hormigón en compresión (tracción no será estudiado)**

- Características: tangente inicial, rama ascendente, peak, rama descendente
    - Varios modelos, Ej. Saenz (1964): modelo parabólico adoptado por el Comité Europeo

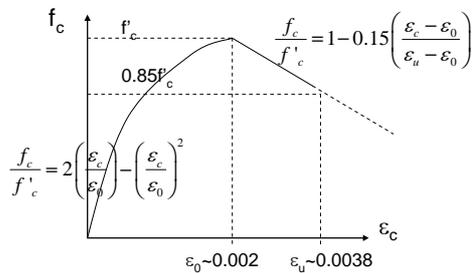
$$y = \frac{f_c}{f'_c} = 2 \left( \frac{\epsilon_c}{\epsilon_0} \right) - \left( \frac{\epsilon_c}{\epsilon_0} \right)^2 = 2x - x^2$$



# Análisis no lineal del hormigón armado

- **Hormigón en compresión – No confinado**

- Hognestad (modificado)

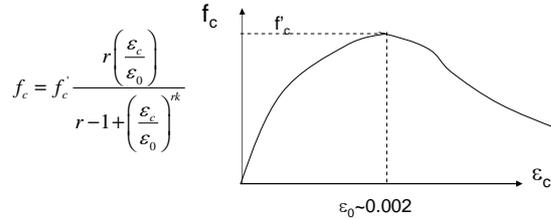


- Modelo ampliamente usado (hormigón no confinado y modelo consistente para hormigón confinado)
- Características:
- Rama parabólica ascendente
- Rama lineal descendente

# Análisis no lineal del hormigón armado

- Hormigón en compresión – No confinado**

– Thorenfeldt (Popovics, 1973 - modificado)



$$f_c = f_c' \frac{r \left( \frac{\epsilon_c}{\epsilon_0} \right)}{r - 1 + \left( \frac{\epsilon_c}{\epsilon_0} \right)^{rk}}$$

$$k = 1 \quad k = 0.67 + \frac{f_c' (MPa)}{62}$$

$$r = 0.8 + \frac{f_c' (MPa)}{17}$$

$$k = 1$$

$$r = 1.55 + \left( \frac{f_c' (MPa)}{32.4} \right)^3$$

Collins y Porasz (1989)  
Hormigón alta resistencia

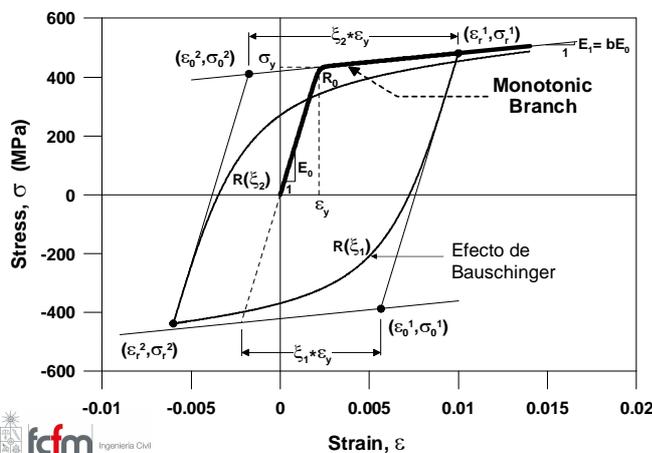
Carreira y Kuang-Han (1985)  
Hormigón normal



# Análisis no lineal del hormigón armado

- Acero**

– Menegotto y Pinto (1973)



$$\sigma^* = b \epsilon^* + \frac{(1-b) \epsilon^*}{(1 + \epsilon^{*R})^R}$$

$$\epsilon^* = \frac{\epsilon - \epsilon_r}{\epsilon_0 - \epsilon_r}$$

$$\sigma^* = \frac{\sigma - \sigma_r}{\sigma_0 - \sigma_r}$$

$$R = R_0 - \frac{a_1 \xi}{a_2 + \xi}$$

Caso monótonico:

$$\sigma_r = 0, \sigma_0 = \sigma_y$$

$$\epsilon_r = 0, \epsilon_0 = \epsilon_y$$

$$R = R_0 \sim 5 \text{ a } 25$$

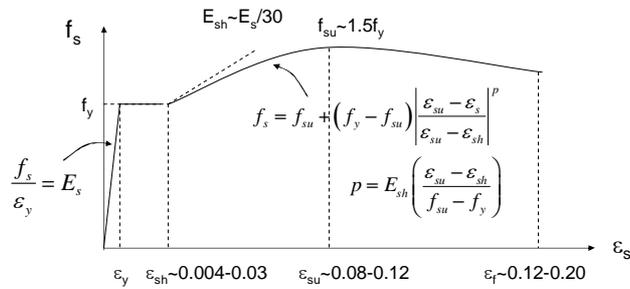
$$b \sim 0.001 - 0.02 \quad \text{Depende del rango de estudio}$$



# Análisis no lineal del hormigón armado

- Acero**

- Mander et al. (1984)



Notas:

- Las mayores deformaciones están usualmente asociadas con aceros de menores resistencias
- La figura no está a escala

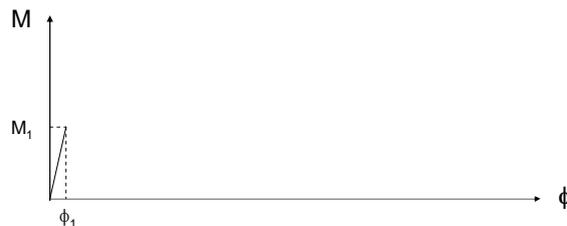
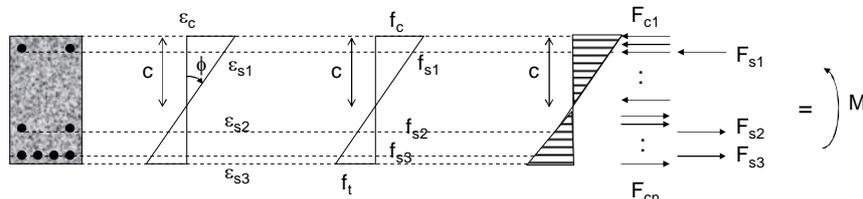


# Análisis no lineal del hormigón armado

- Modelamiento en flexión**

- Supuestos:

- Hipótesis de Bernoulli: "secciones planas permanecen planas"
- Modelos "nominales" de materiales vs. Modelos reales de materiales

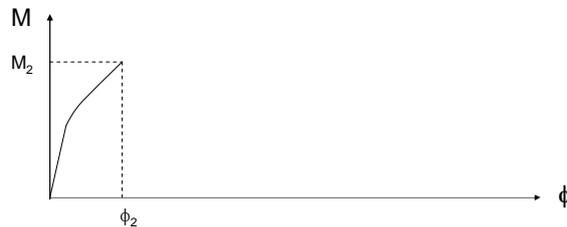
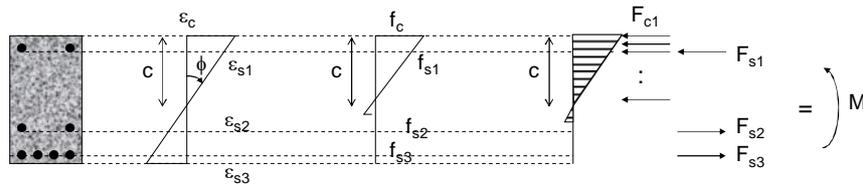


# Análisis no lineal del hormigón armado

## • Modelamiento en flexión

– Supuestos:

- Hipótesis de Bernoulli: “secciones planas permanecen planas”
- Modelos “nominales” de materiales vs. Modelos reales de materiales

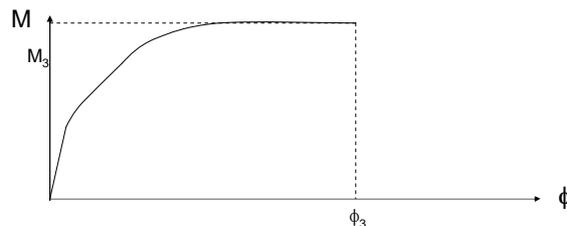
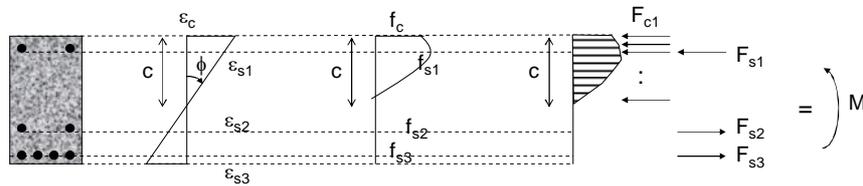


# Análisis no lineal del hormigón armado

## • Modelamiento en flexión

– Supuestos:

- Hipótesis de Bernoulli: “secciones planas permanecen planas”
- Modelos “nominales” de materiales vs. Modelos reales de materiales



# Análisis no lineal del hormigón armado

## • Modelamiento en flexión

– Metodología:

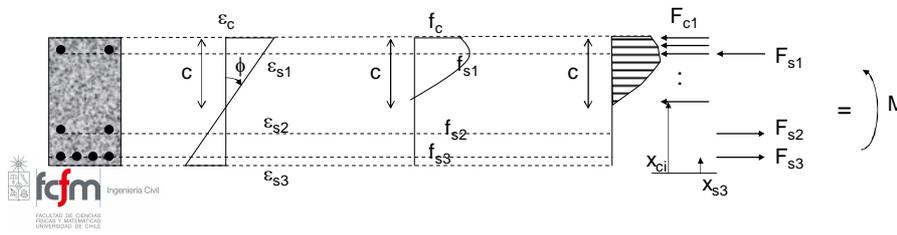
- Seleccionar valor de  $\phi$
- Establecer valor tentativo para  $\epsilon_c$  (o  $\epsilon_s$ )
- Determinar  $f_c$  y  $f_s$  (tensiones en hormigón y acero)
- Determinar  $F_c$  y  $F_s$  (fuerzas asociadas al hormigón y acero). Usar área tributaria para hormigón

- Determinar la resultante de las fuerzas y verificar que:

$$P = \sum_i F_{ci} + F_{si} = 0 \quad \text{—sino}$$

- Determinar la resultante de momento:

$$M = \sum_i F_{ci} x_{ci} + F_{si} x_{si}$$

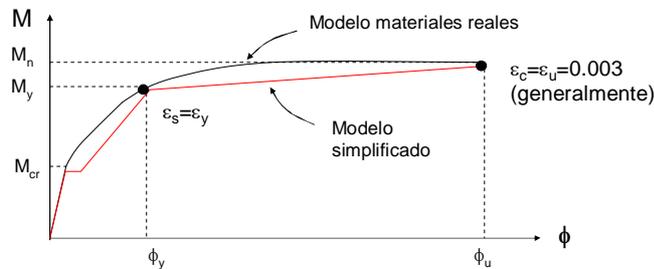


# Análisis no lineal del hormigón armado

## • Ductilidad en flexión

- Modelos “nominales” de materiales (simplificado) vs. Modelos reales de materiales
- Ductilidad ( $\mu$ ) = capacidad de deformación (rotación, o curvatura) de un elemento

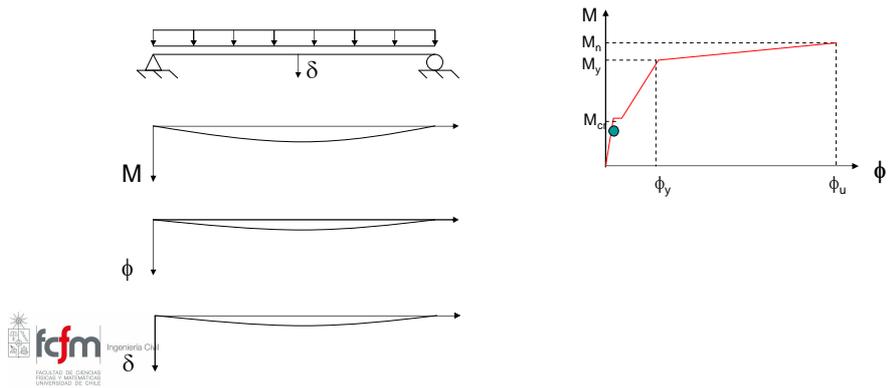
$$\mu = \frac{\phi_u}{\phi_y}$$



# Análisis no lineal del hormigón armado

- **Ductilidad en flexión**

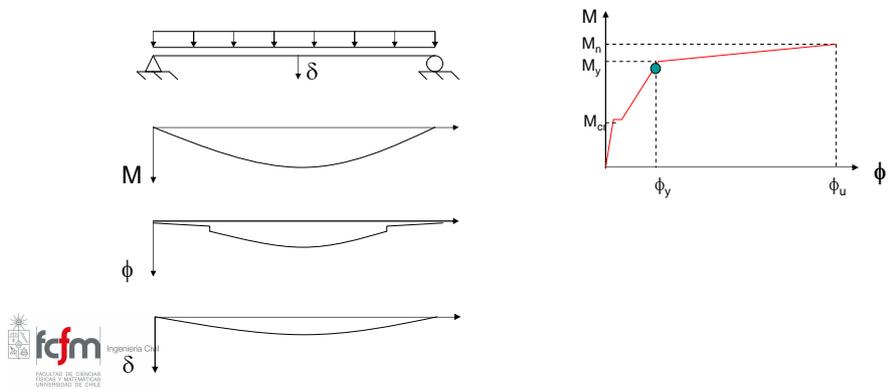
- Rótulas plásticas: concentración de deformaciones plásticas que generan grandes deformaciones (relativas a las elásticas)
- Importancia de la ductilidad para resistir la demanda de deformaciones



# Análisis no lineal del hormigón armado

- **Ductilidad en flexión**

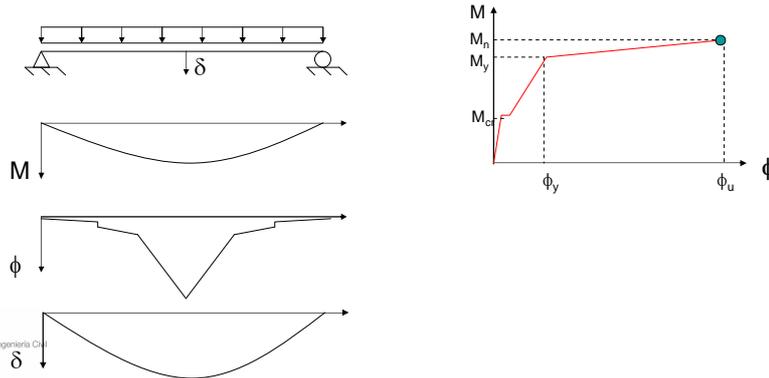
- Rótulas plásticas: concentración de deformaciones plásticas que generan grandes deformaciones (relativas a las elásticas)
- Importancia de la ductilidad para resistir la demanda de deformaciones



# Análisis no lineal del hormigón armado

## • Ductilidad en flexión

- Rótulas plásticas: concentración de deformaciones plásticas que generan grandes deformaciones (relativas a las elásticas)
- Importancia de la ductilidad para resistir la demanda de deformaciones



# Análisis no lineal del hormigón armado

## • Ductilidad en flexión

