

# *APLICACIÓN CIRSOC 301-EL*

## **SOLICITACIONES COMBINADAS Y TORSIÓN**

### **Capítulo H Apéndice H**

\*\*\*

07/08/2007

# Esfuerzos combinados

Comprende:

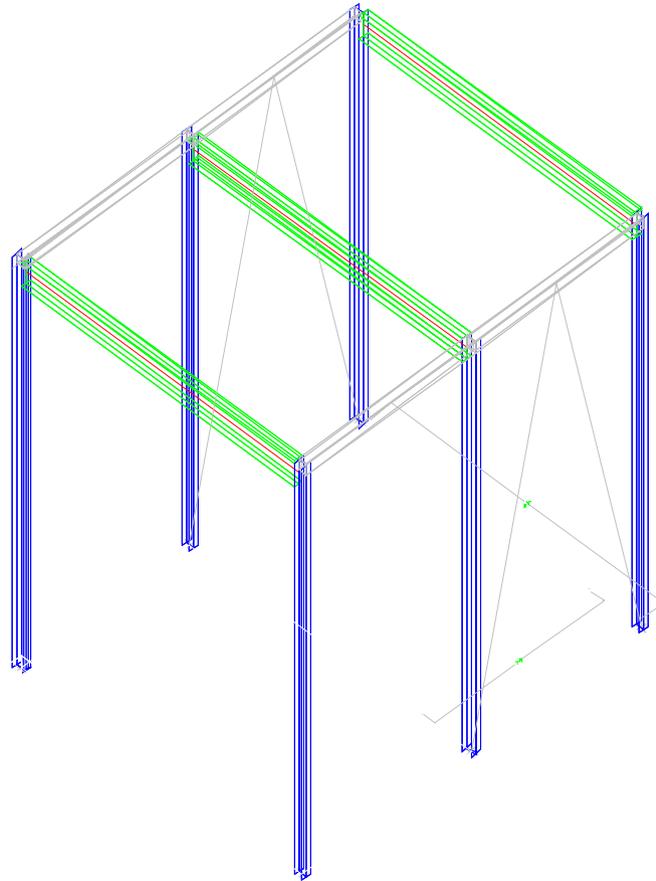
- Flexo-compresión o flexo-tracción mono o biaxial
  - ★ *Análisis de estructura en estado deformado (efecto  $P-\Delta$ )*
- Torsión
- Esfuerzo axial, flexión y torsión en secciones simétricas y asimétricas

# Esfuerzos combinados

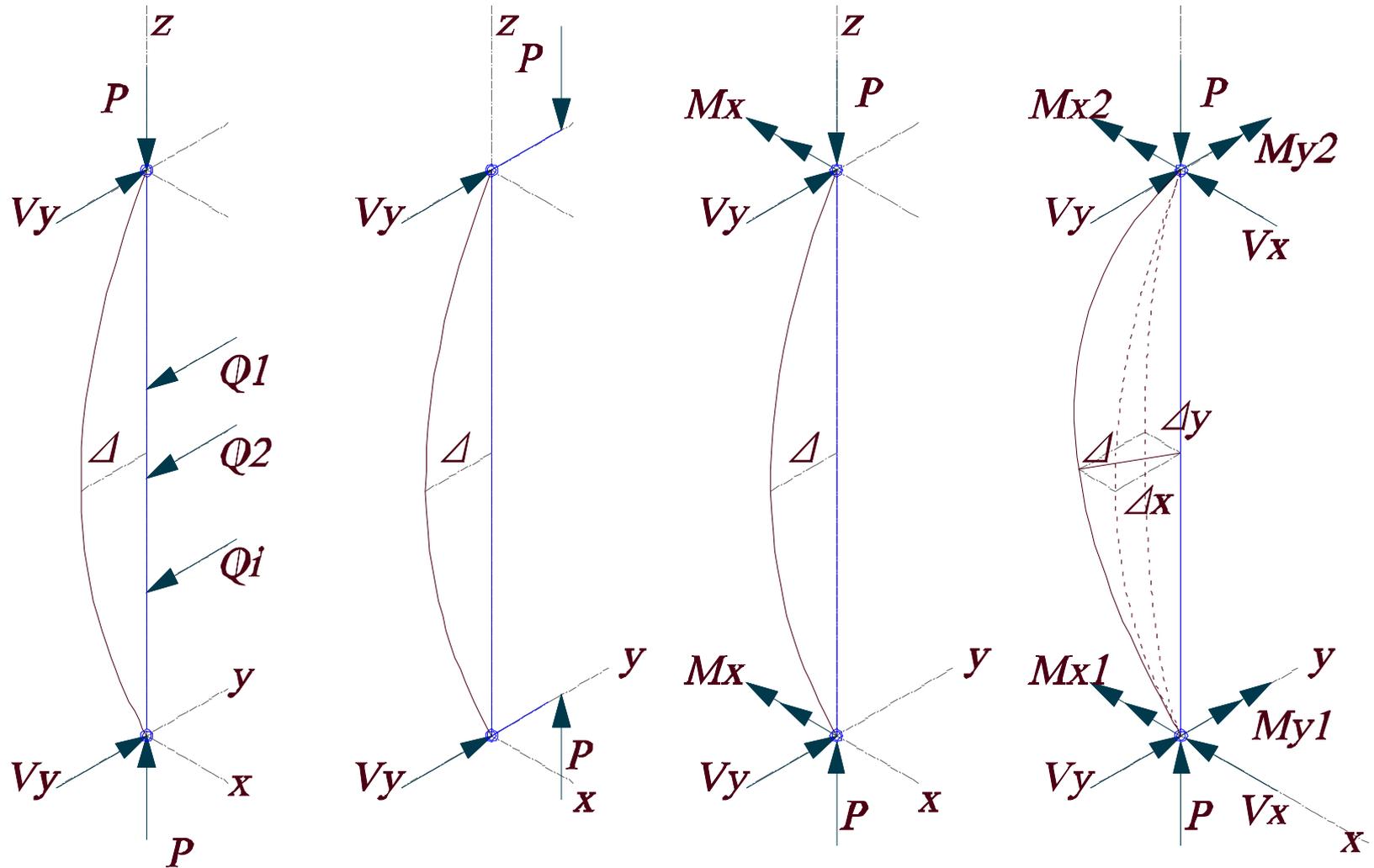
*Del Reglamento CIRSOC 301-EL se aplican:*

- Capítulo H: Barras sometidas a esfuerzos combinados y torsión
- Apéndice H: Barras sometidas a esfuerzos combinados y torsión
- Capítulo A: Requisitos generales
- Capítulo B: Requerimientos de proyecto
- Capítulo C: Análisis estructural y estabilidad
- Capítulos D, E, F y G y sus Apéndices

# Esfuerzos combinados



# Esquemas de barras solicitadas por axil y flexión



## Barras solicitadas por axil y flexión

- La capacidad de una barra sometida a esfuerzo axial y flexión simple u oblicua cumple con

(a) Para  $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[ \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,0 \quad (\text{H.1.1(a)})$$

(b) Para  $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0,2$

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left[ \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,0 \quad (\text{H.1.1(b)})$$

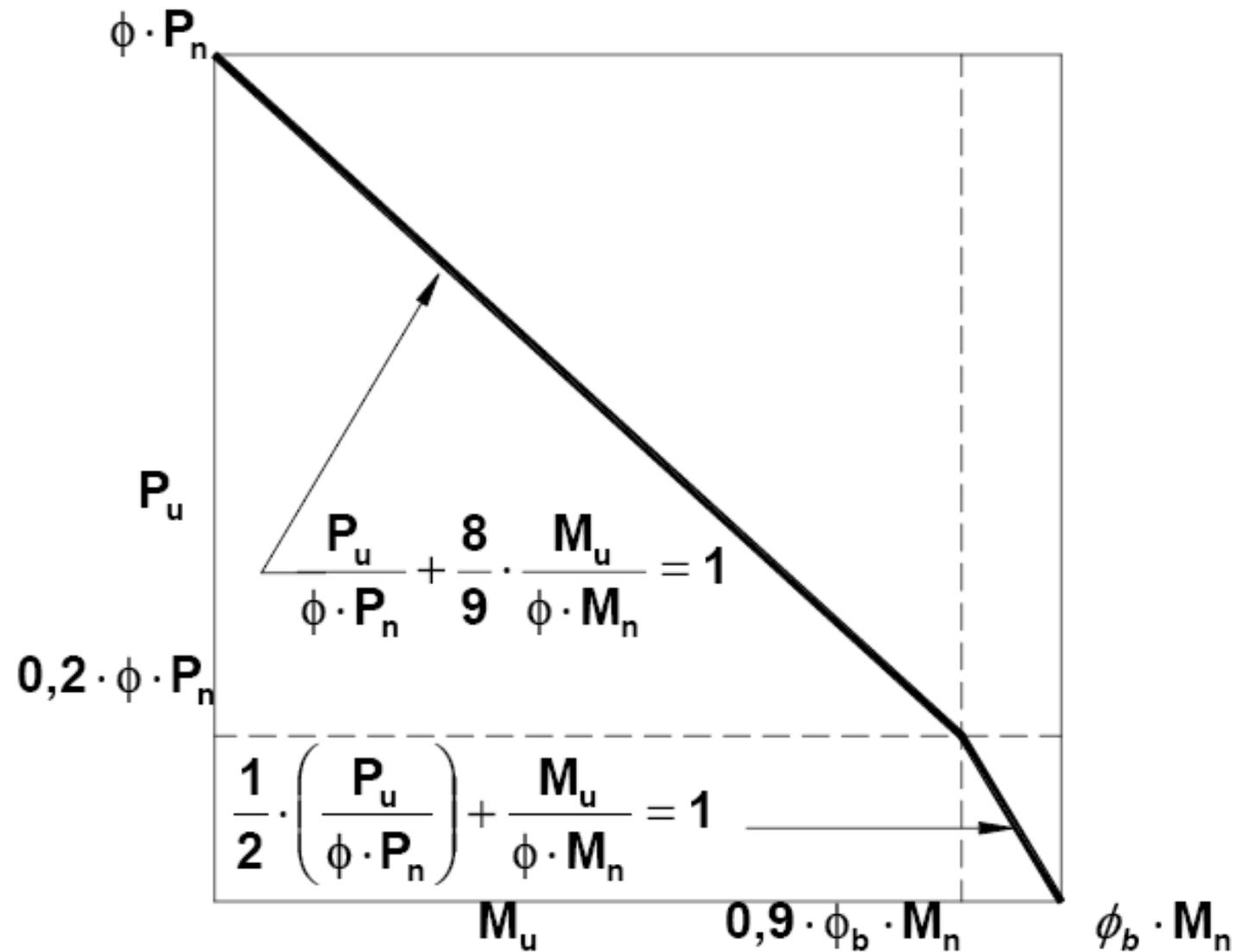
# Barras solicitadas por axil y flexión

## ■ Diagrama de interacción piezas simétricas

$$\phi = \phi_t = 0,90$$

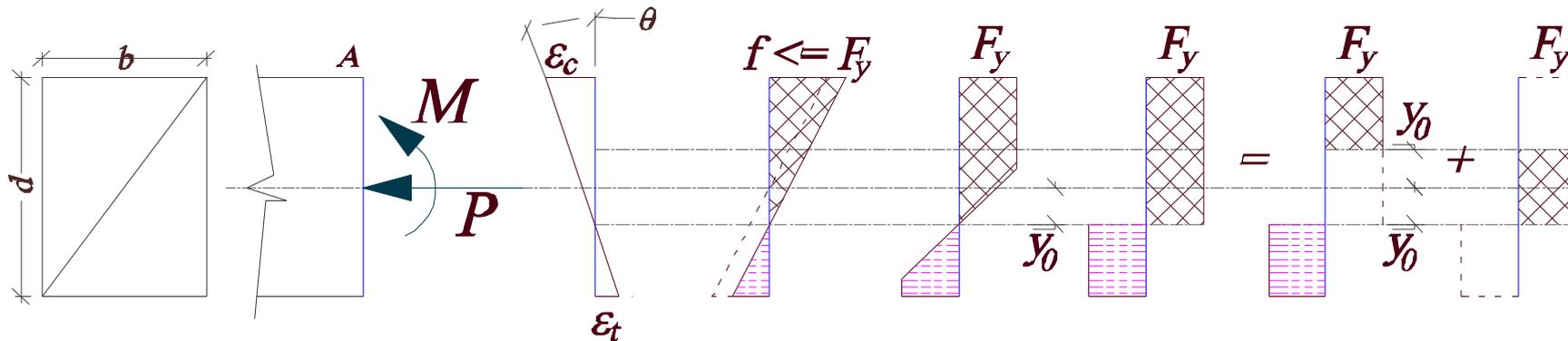
$$\phi = \phi_c = 0,85$$

$$\phi = \phi_b = 0,90$$



## Barras solicitadas por axil y flexión

- Esfuerzo axil y flexión: estado de plastificación – sección rectangular -



$$P = 2 \cdot y_0 \cdot b \cdot F_y$$

$$M_{pc} = 2 \left[ b \left( \frac{d}{2} - y_0 \right) F_y \right] \left[ y_0 + \frac{1}{2} \left( \frac{d}{2} - y_0 \right) \right]$$

$$M_{pc} = 2 \left[ b \left( \frac{d}{2} - \frac{P}{2bF_y} \right) F_y \right] \left[ \frac{P}{2bF_y} + \frac{1}{2} \left( \frac{d}{2} - \frac{P}{2bF_y} \right) \right]$$

$$M_{pc} = \frac{bd^2}{4} \cdot F_y \left[ 1 - \frac{P^2}{b^2 d^2 f_y} \right] = M_{pc} = M_p \left[ 1 - \left( \frac{P}{P_y} \right)^2 \right] \quad \frac{M_{pc}}{M_p} = \left[ 1 - \left( \frac{P}{P_y} \right)^2 \right]$$

## Barras solicitadas por axil y flexión

- Esfuerzo axil y flexión: estado de plastificación – sección I -

Se demuestra, en forma análoga, que:

para  $\frac{P}{P_y} \leq 0,15$   $\frac{M_{pc}}{M_p} = 1$

y para  $0,15 < \frac{P}{P_y} \leq 1,0$   $\frac{M_{pc}}{M_p} = 1,18 \left( 1 - \frac{P}{P_y} \right)$

# Barras solicitadas por axil y flexión

## ■ Diagrama de interacción (P-M) según análisis y según el Reglamento

(a) Para  $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[ \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,0 \quad (\text{H.1.1(a)})$$

(b) Para  $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0,2$

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left[ \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,0 \quad (\text{H.1.1(b)})$$

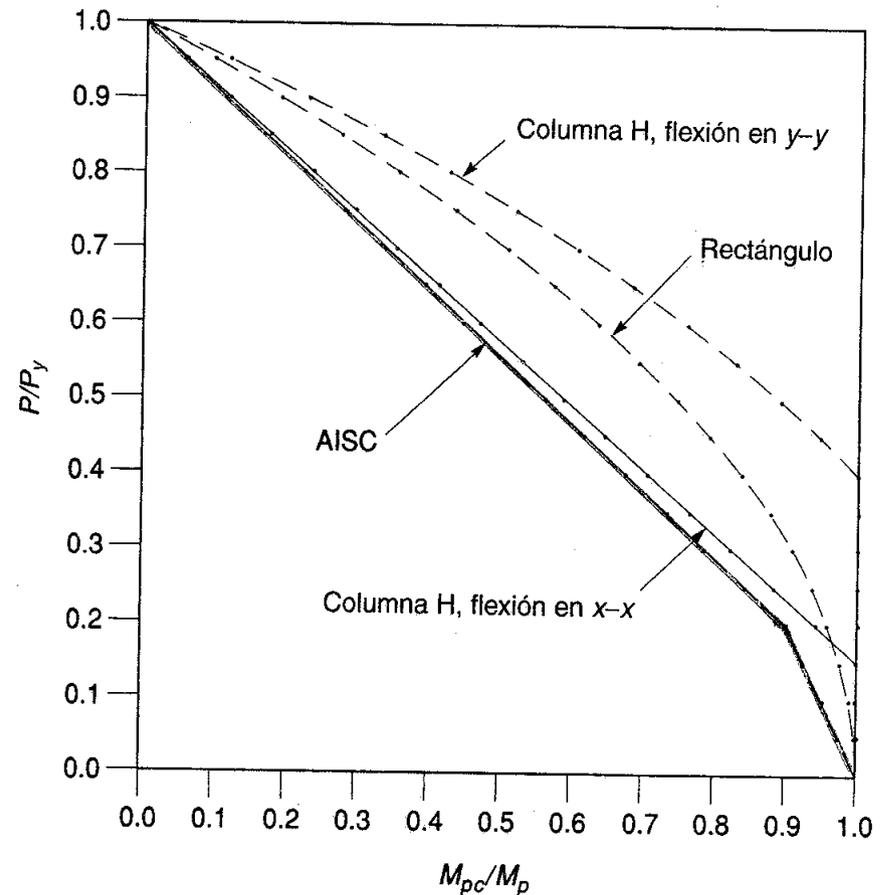


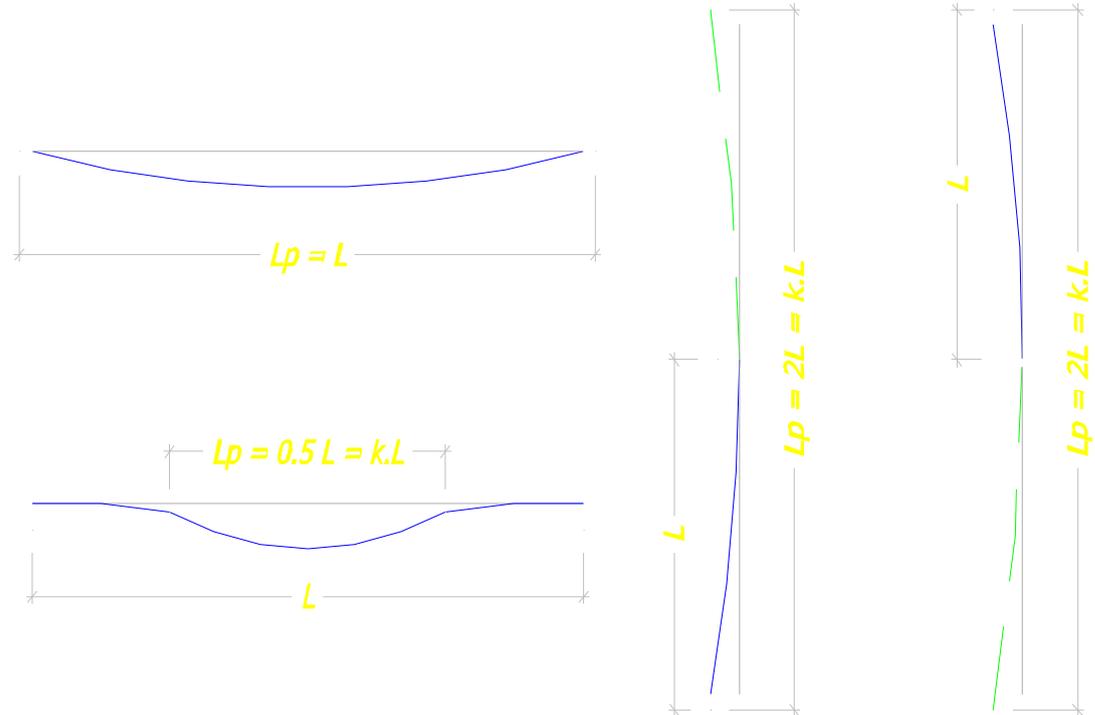
Figura 5.4 Curvas de interacción para perfiles diferentes.

# Barras solicitadas por axil y flexión

## Esfuerzo nominal de compresión $P_n$

- El esfuerzo nominal de compresión  $P_n$  se determina conforme las prescripciones del Capítulo E, considerando:

- La longitud efectiva de pandeo  $kL$  (con criterio o nomogramas)
- Las diferentes condiciones de la barra: sección variable, cargas diferentes por tramos, apoyos elásticos, ....



# Barras solicitadas por axil y flexión

## Esfuerzo nominal de compresión $P_n$

El esfuerzo nominal de compresión  $P_n$  se determina conforme las prescripciones del Capítulo E, considerando:

➤ *La longitud efectiva de pandeo  $kL$  (con criterio o nomogramas)*

Tabla C-C.2-1  
Valores de K para columnas

|  |   |      |     |     |      |     |
|--|---|------|-----|-----|------|-----|
| La forma de pandeo se indica en línea de puntos          | (a)   | (b)  | (c) | (d) | (e)  | (f) |
| Valores teóricos de K                                    | 0,5   | 0,7  | 1,0 | 1,0 | 2,0  | 2,0 |
| Valores recomendados de proyecto para condiciones reales | 0,65  | 0,80 | 1,2 | 1,0 | 2,10 | 2,0 |
| Condiciones de vínculo                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li> Rotación y Traslación impedida</li> <li> Rotación libre y Traslación impedida</li> <li> Rotación impedida y Traslación libre</li> <li> Rotación libre y Traslación libre</li> </ul> |      |     |     |      |     |

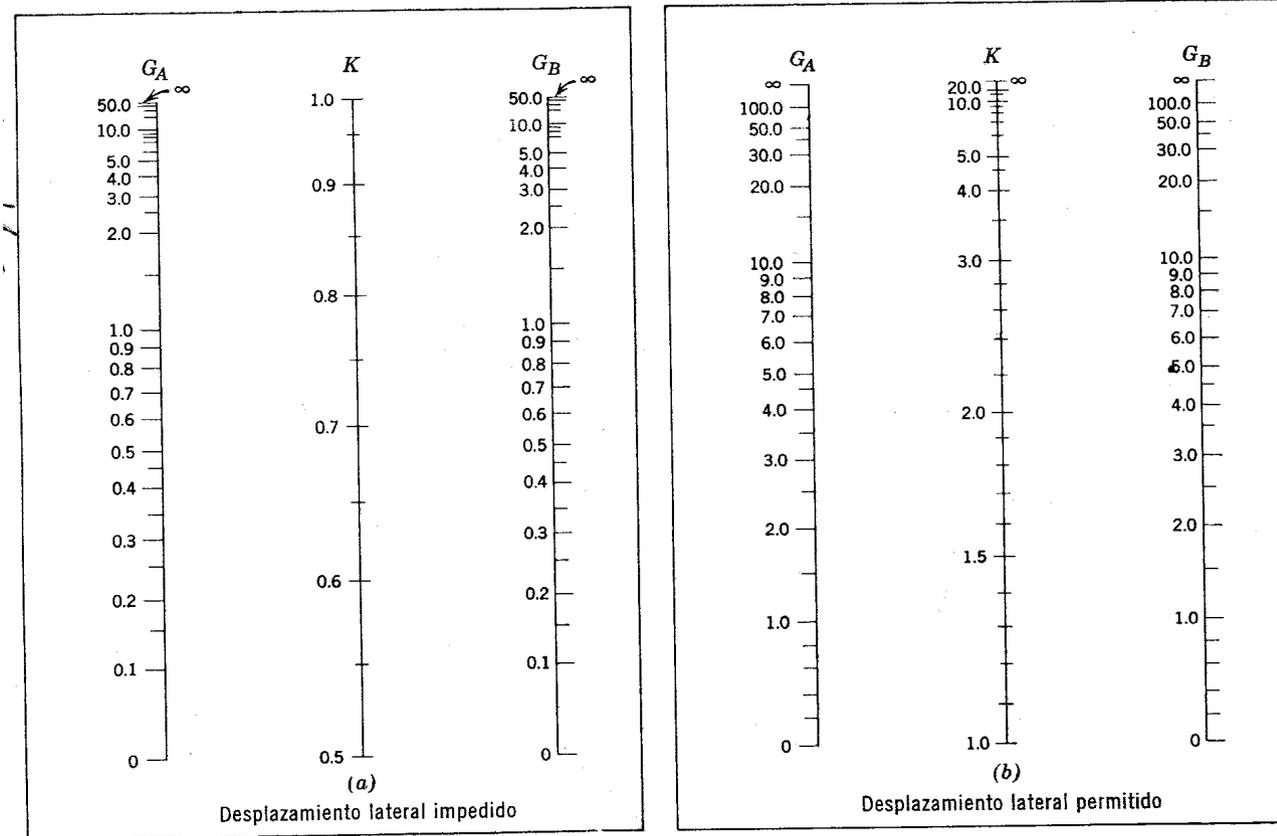


Fig. 9-23 Nomogramas para obtener la longitud efectiva de columnas en marcos continuos.

## Barras solicitadas por axil y flexión Esfuerzos nominales de flexión $M_{nx}$ $M_{ny}$

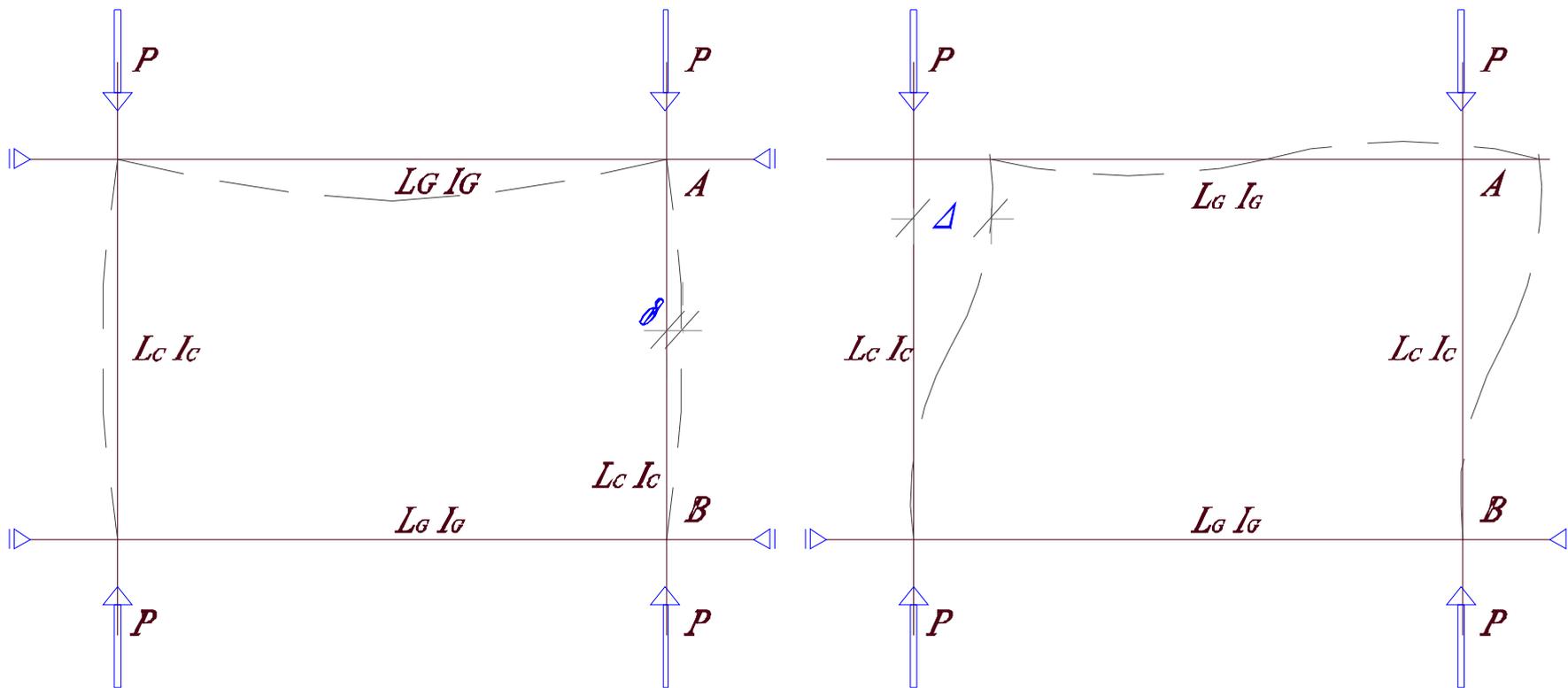
- La capacidad a flexión de la barra respecto de cada uno de sus ejes ( $M_{nx}$   $M_{ny}$ ) considerará todas las posibilidades de falla determinadas según las prescripciones del Capítulo F:

- + *Plastificación*
- + *Pandeo Lateral Torsional*
- + *Pandeo del ala comprimida*
- + *Pandeo del alma*
- + *....*

# Barras solicitadas por axil y flexión

## Esfuerzos solicitantes o requeridos de flexión $M_{ux}$ $M_{uy}$

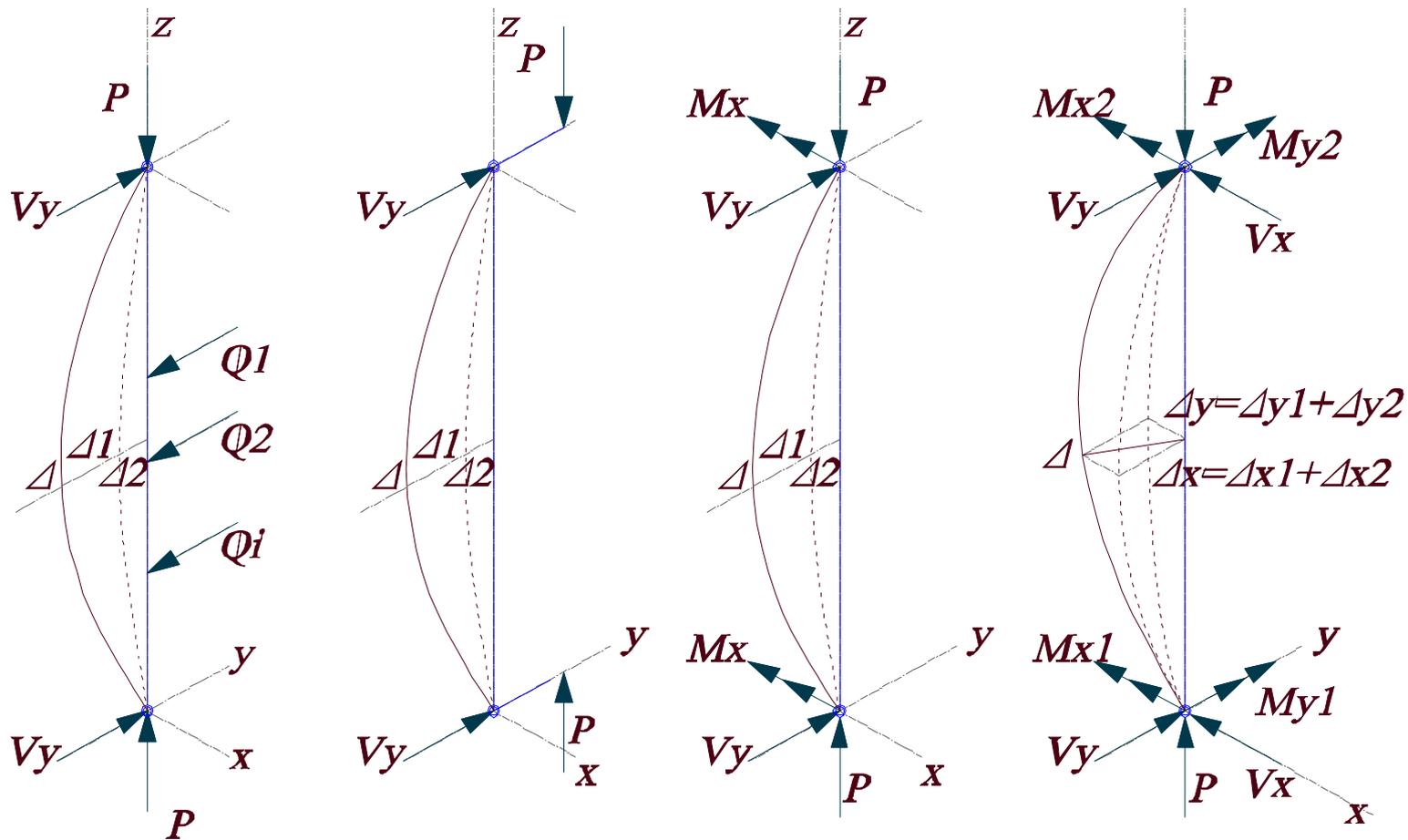
- En la valoración de los momentos requeridos actuantes en la barra respecto de cada uno de sus ejes ( $M_{ux}$   $M_{uy}$ ) se tendrá en cuenta el efecto de las deformaciones o teoría de segundo orden.



# Barras solicitadas por axil y flexión

## Esfuerzos solicitantes o requeridos de flexión $M_{ux}$ $M_{uy}$

- En la valoración de los momentos requeridos actuantes en la barra respecto de cada uno de sus ejes ( $M_{ux}$   $M_{uy}$ ) se tendrá en cuenta el efecto de las deformaciones o teoría de segundo orden.



# Barras solicitadas por axil y flexión

## Esfuerzos solicitantes o requeridos de flexión *Mux* *Muy*



....

Los procedimientos admitidos para considerar los efectos de segundo orden son: (cf. Capítulo C.1.4)

- + *Análisis estructural de segundo orden (elástico o plástico)*
- + *Método de los factores de amplificación de momentos de primer orden (aplicados a resultados de análisis elástico)*

# Barras solicitadas por axil y flexión

## Esfuerzos solicitantes o requeridos de flexión $M_{ux}$ $M_{uy}$

- Los procedimientos admitidos para considerar los efectos de segundo orden son: (cf. Capítulo C.1.4)

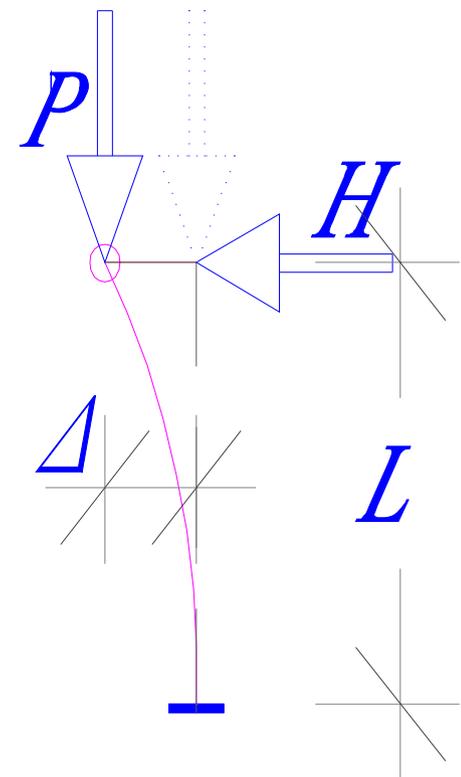
### ➤ *Análisis estructural de segundo orden (elástico o plástico)*

Efecto P -  $\Delta$

Columna empotrada HEA 200

|                  |           |                  |             |  |            |
|------------------|-----------|------------------|-------------|--|------------|
| P =              | 80000     | M <sub>p</sub> = | 103.200.000 | M <sub>2</sub> =                       | 9.268.099  |
| H =              | 12000     | M <sub>1</sub> = | 72.000.000  | D1+D2                                  | 130,76     |
| L =              | 6000      | D1 =             | 116         | M <sub>2</sub> =                       | 10.461.122 |
| Ag =             | 5380      |                  |             | D1+D2                                  | 132,68     |
| I <sub>x</sub> = | 3,69E+007 |                  |             | M <sub>2</sub> =                       | 10.614.692 |
| S <sub>x</sub> = | 3,89E+005 |                  |             | D1+D2                                  | 132,93     |
| Z <sub>x</sub> = | 4,30E+005 |                  |             | M <sub>2</sub> =                       | 10.634.460 |
| E =              | 202000    |                  |             | D1+D2                                  | 132,96     |
|                  |           |                  |             | Mu = M <sub>1</sub> + M <sub>2</sub> = | 82.634.460 |

14,77%

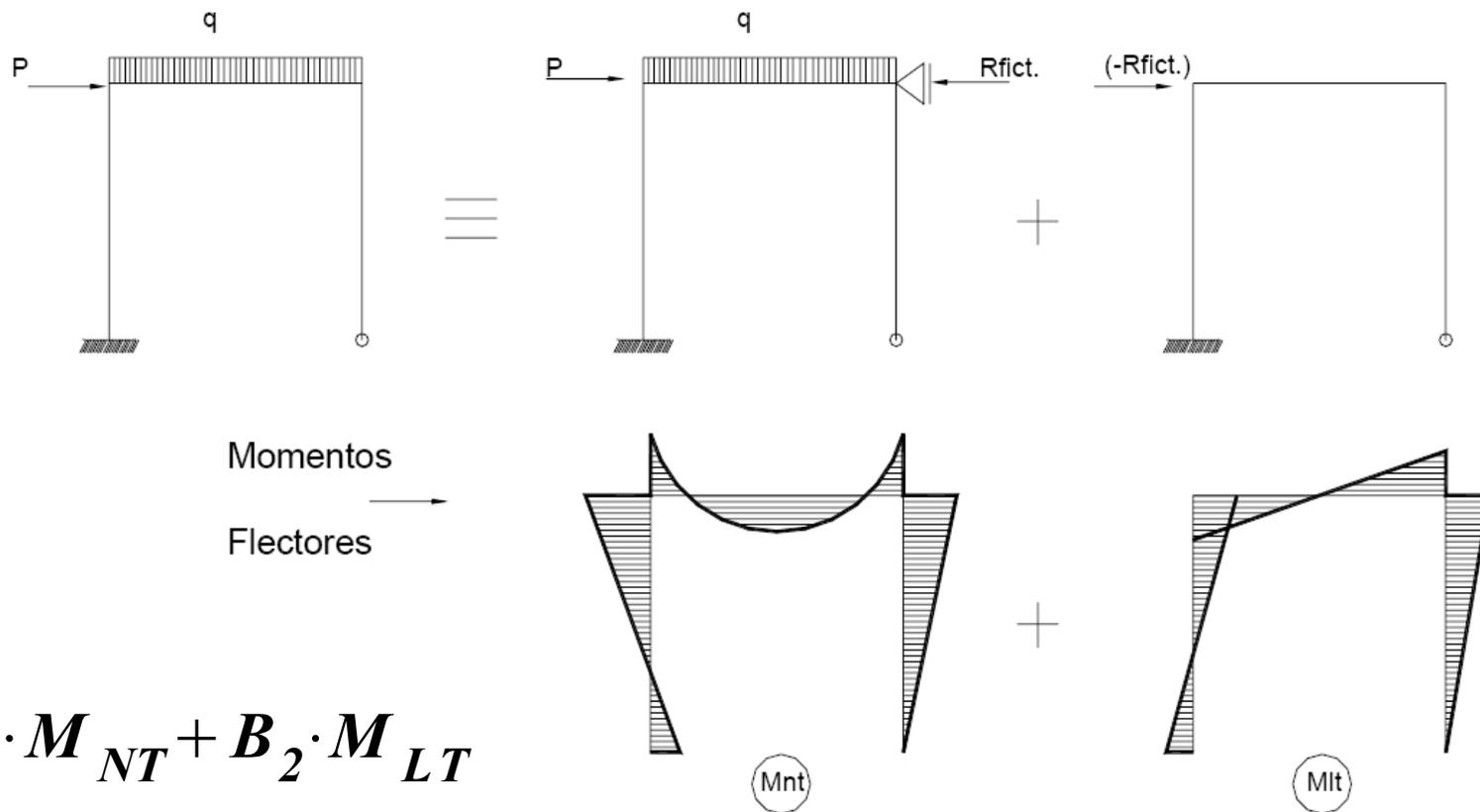


Nota: Falta agregar la consideración de flexocompresión (factor  $C_m$ )

# Barras solicitadas por axil y flexión

## Esfuerzos solicitantes o requeridos de flexión $M_{ux}$ $M_{uy}$

- *Método de los factores de amplificación de momentos de primer orden (aplicados a resultados de análisis elástico)*



**Figura C-C.1-1**  
**Descomposición de momentos flectores**

# Barras solicitadas por axil y flexión

## Esfuerzos solicitantes o requeridos de flexión $M_{ux}$ $M_{uy}$

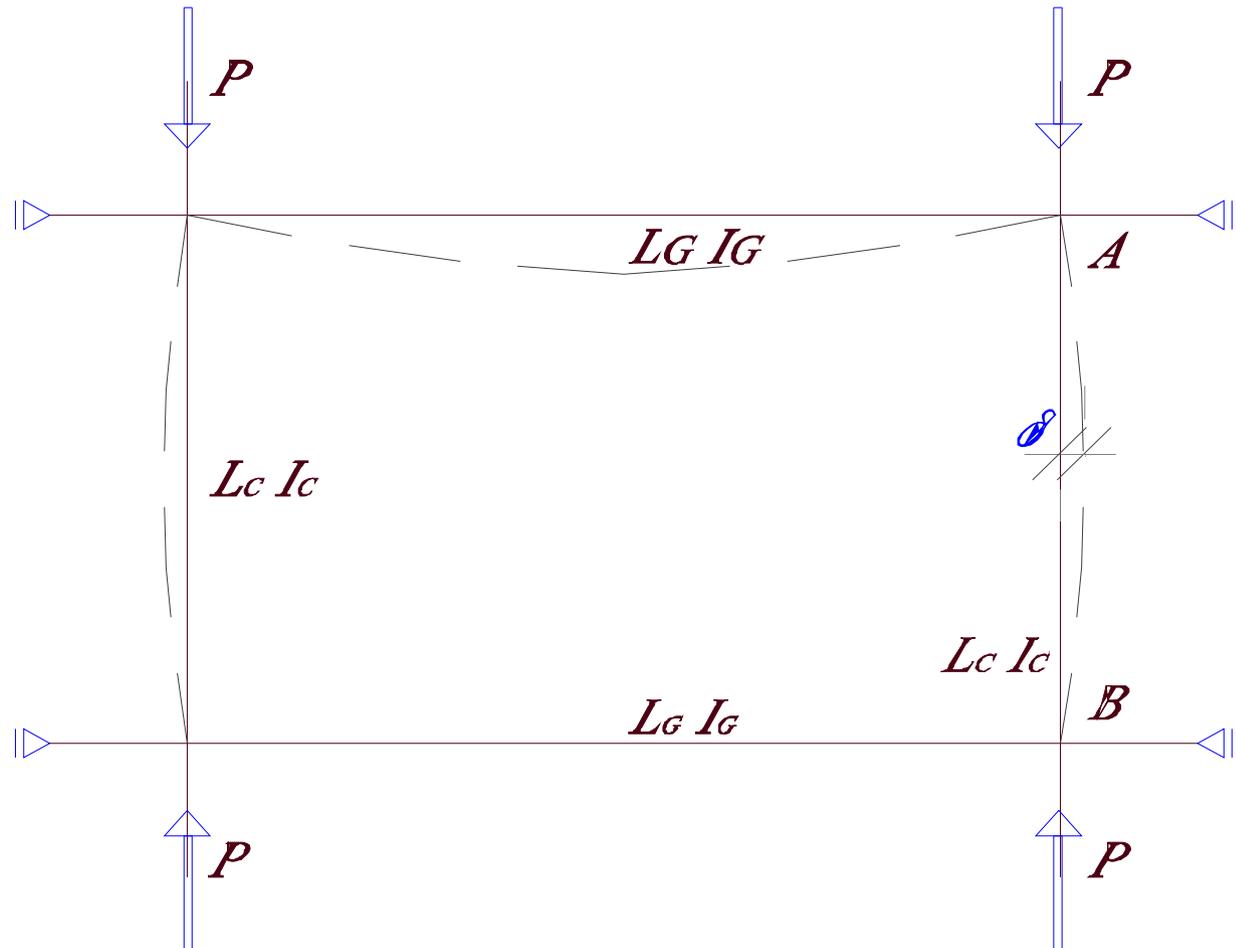


....

- + Factor  $B_1$  – afecta los momentos de primer orden del pórtico INTRASLACIONAL (nt)

$$M_{nt} = M_1 + P \cdot \delta = M_1 \left( 1 + \frac{P \cdot \delta}{M_1} \right)$$

$$M_{nt} = B_1 M_1$$



# Barras solicitadas por axil y flexión

## Esfuerzos solicitantes o requeridos de flexión $M_{ux}$ $M_{uy}$



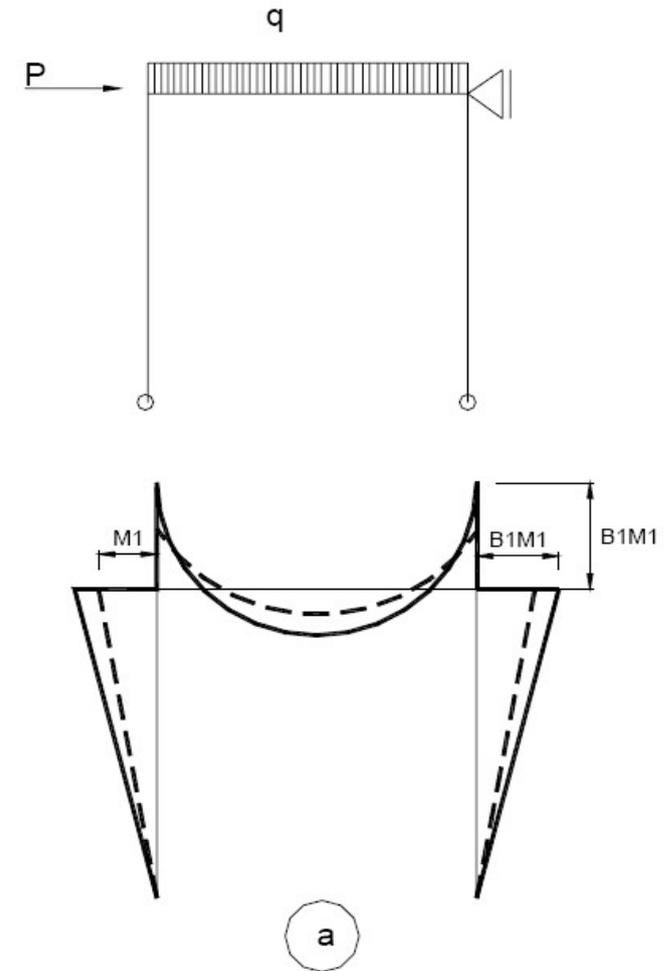
....

- *Factor  $B_1$  – afecta los momentos de primer orden del pórtico INTRASLACIONAL (nt)*

$$B_1 = \frac{C_m}{\left[ 1 - \frac{P_u}{P_{e1}} \right]} \geq 1 \quad (C.1.2)$$

$$P_{e1} = \frac{A_g F_y}{\lambda_c^2} = \frac{\pi^2 E A_g}{\left( \frac{kL}{r} \right)^2}$$

$C_m$  .....



# Barras solicitadas por axil y flexión

## Esfuerzos solicitantes o requeridos de flexión $M_{ux}$ $M_{uy}$

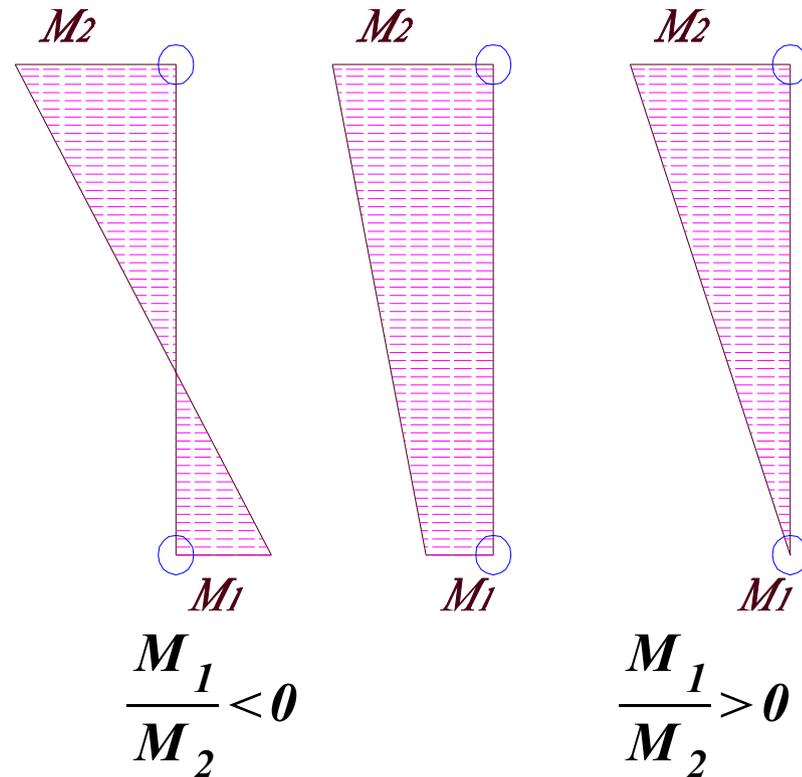


....

- + *Factor B1 – afecta los momentos de primer orden del pórtico INTRASLACIONAL (nt) ....  $C_m$*

*Cuando no hay cargas transversales en la barra*

$$C_m = 0,6 - 0,4 (M_1 / M_2) \quad (C.1.3)$$



## Barras solicitadas por axil y flexión

Esfuerzos solicitantes o requeridos de flexión  $M_{ux}$   $M_{uy}$

- + Factor  $B1$  – afecta los momentos de primer orden del pórtico INTRASLACIONAL (nt) ....  $C_m$

Cuando hay cargas transversales en la barra

- $C_m$  por análisis estructural

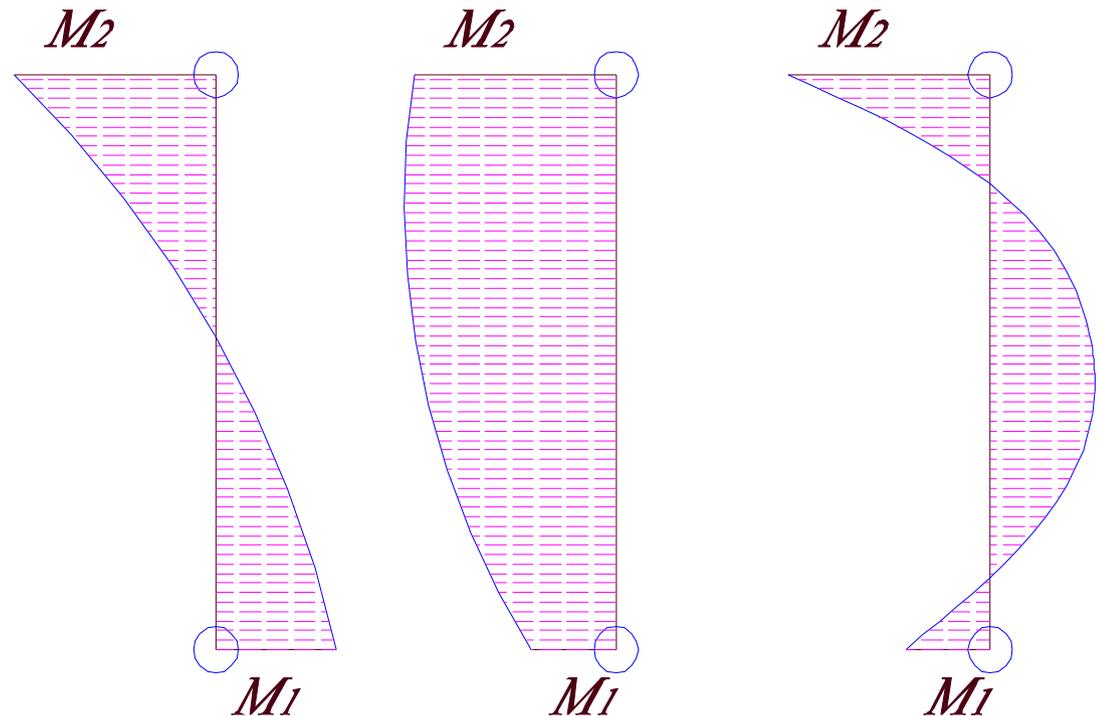
- **Sin** análisis estructural:

- Barras con extremos restringidos de girar

$$C_m = 0,85$$

- Barras con extremos libres de girar

$$C_m = 1,00$$



# Barras solicitadas por axil y flexión

## Esfuerzos solicitantes o requeridos de flexión $M_{ux}$ $M_{uy}$

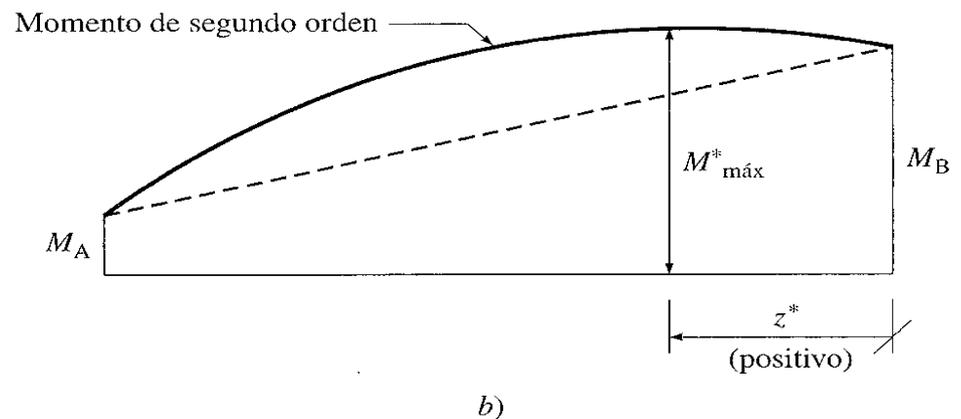
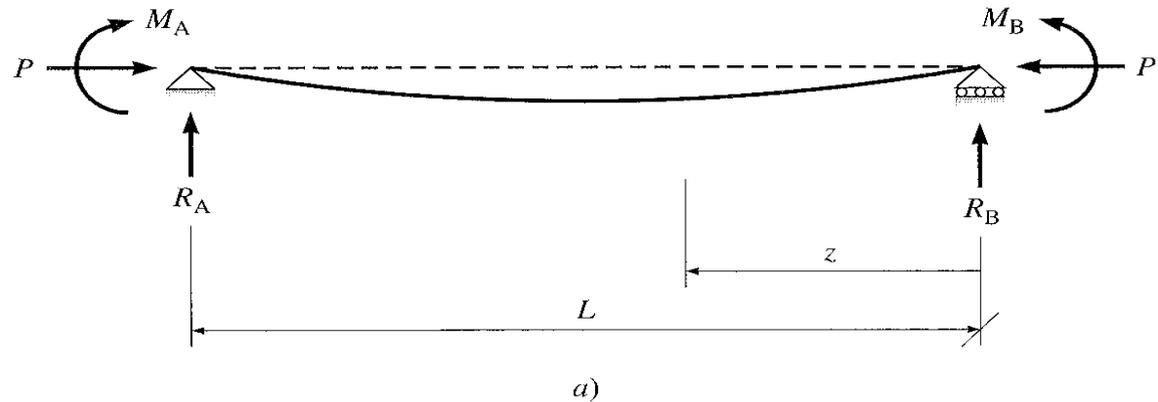
- ....  $C_m$  Cuando hay cargas transversales en la barra
- Análisis estructural, consiste en determinar el momento de segundo orden como amplificación de momento de primer orden, **SÓLO DEBIDO A LAS ACCIONES** en la barra.

$$M_{máx}^{(2)} = \left[ M_B \right] \left[ \sqrt{\frac{1 + 2 r_M \cos \phi + r_m^2}{\sin^2 \phi}} \right]$$

$$r_M = \pm \frac{\left[ M_A \right]}{\left[ M_B \right]}$$

$$\phi^2 = \frac{P L^2}{E I} = \frac{1}{\pi^2} \cdot \left( \frac{P}{P_E} \right)$$

$$M_{máx}^{(2)} = C_m \cdot \left[ M_B \right]$$



# Barras solicitadas por axil y flexión

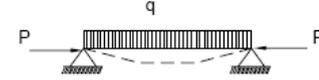
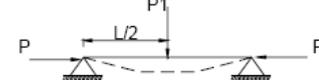
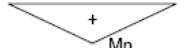
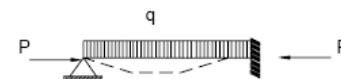
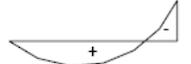
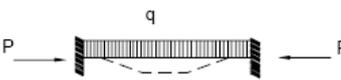
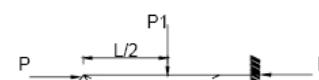
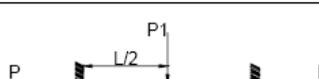
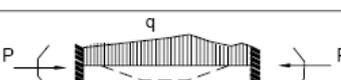
## Esfuerzos solicitantes o requeridos de flexión $M_{ux}$ $M_{uy}$

+ ....  $C_m$  - En Comentarios (C.C.1.4) se indican valores de  $C_m$  surgidos del análisis estructural

$$C_m = 1 + \Psi \cdot \frac{P_u}{P_{e1}} = 1 + \Psi \cdot \alpha$$

$$\Psi = \frac{\pi^2 E I \delta_0}{L^2 \cdot M_0} - 1$$

Tabla C-C.1-1  
Valores sugeridos de  $C_m$  para barras con extremos indesplazables

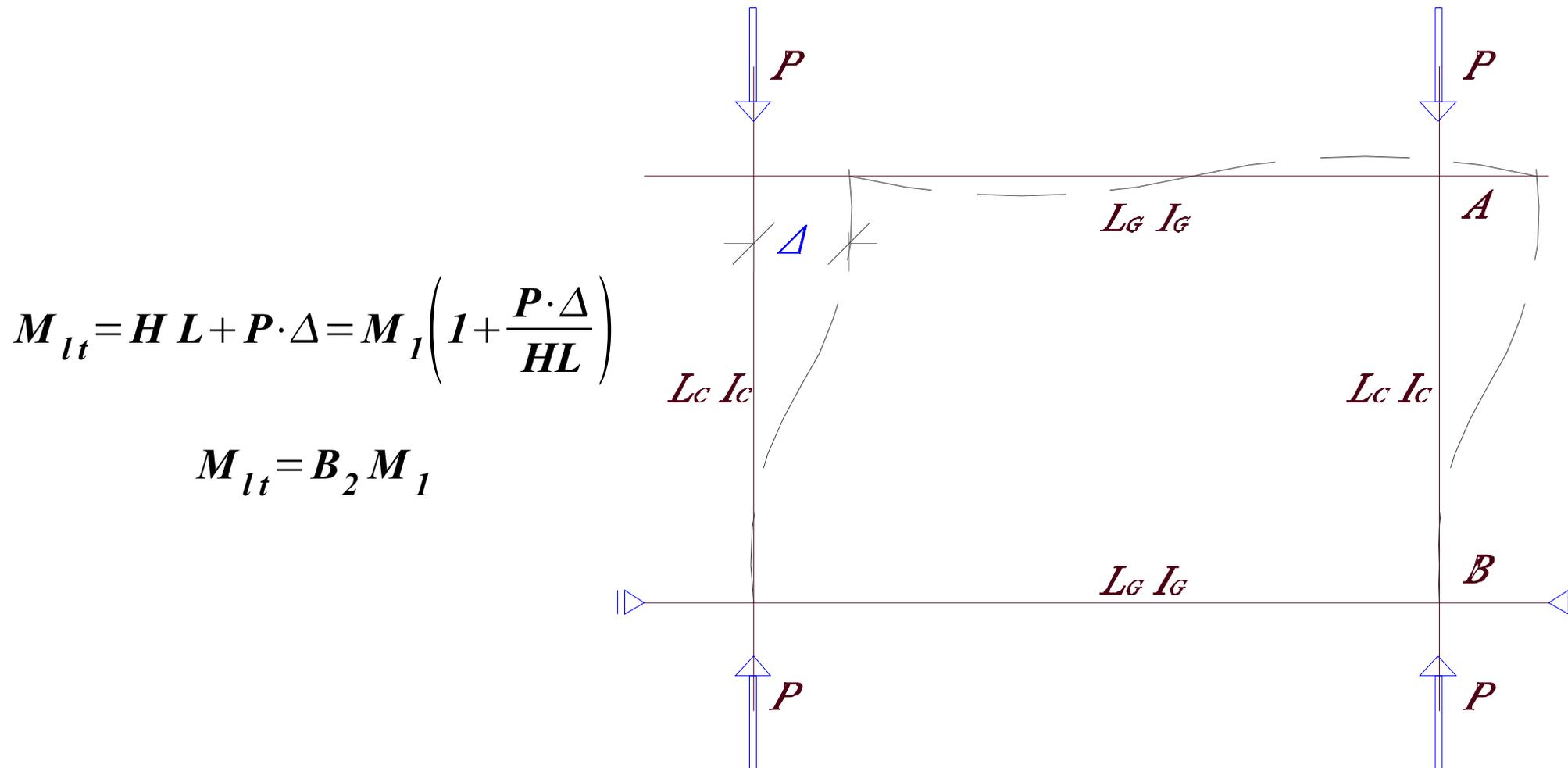
| Caso  | $C_m$ momento positivo | $C_m$ momento negativo | momento de primer orden   |
|---|------------------------|------------------------|---|
| 1                    | $1 + 0,2 \alpha$       | -                      |  $M_n$ |
| 2                    | 1                      | -                      |  $M_n$ |
| 3                    | $1 - 0,2 \alpha$       | -                      |  $M_n$ |
| 4                    | $1 - 0,3 \alpha$       | $1 - 0,4 \alpha$       |        |
| 5                    | $1 - 0,4 \alpha$       | $1 - 0,4 \alpha$       |        |
| 6                  | $1 - 0,4 \alpha$       | $1 - 0,3 \alpha$       |      |
| 7                  | $1 - 0,6 \alpha$       | $1 - 0,2 \alpha$       |      |
| 8 <br>$MA \neq MB$ | ecuación C-C.1-1       | No aplicable           |      |

$$\alpha = P_u / P_{e1}$$

# Barras solicitadas por axil y flexión

## Esfuerzos solicitantes o requeridos de flexión $M_{ux}$ $M_{uy}$

- Factor **B2** – afecta los momentos de primer orden del pórtico LATERALMENTE TRASLACIONAL ( $l_t$ )



# Barras solicitadas por axil y flexión

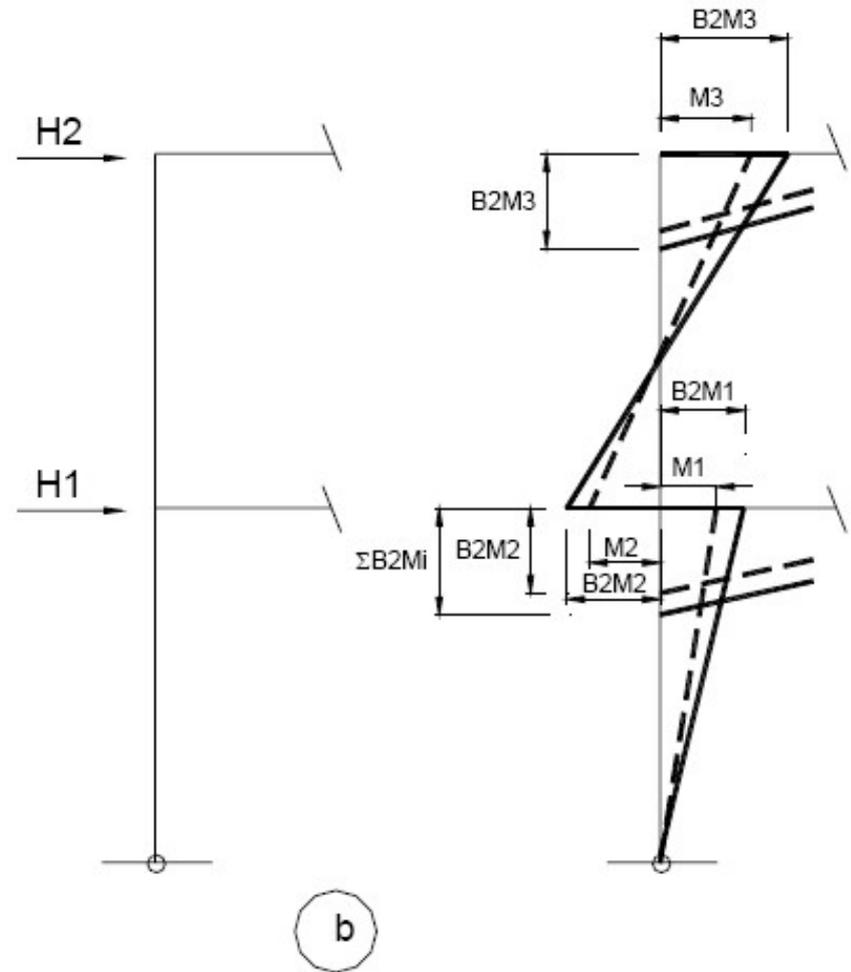
## Esfuerzos solicitantes o requeridos de flexión $M_{ux}$ $M_{uy}$

- **Factor  $B_2$**  – afecta los momentos de primer orden del pórtico **LATERALMENTE TRASLACIONAL ( $It$ )**

$$B_2 = \frac{1}{1 - \sum P_u \left( \frac{\Delta_{oh}}{\sum HL} \right)} \quad (C.1.4)$$

ó

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\sum P_{e2}}} \quad (C.1.5)$$



## Barras solicitadas por axil y flexión

Esfuerzos solicitantes o requeridos de flexión  **$M_{ux}$**   **$M_{uy}$**

➤ Factor  **$B_2$**  – afecta los momentos de primer orden del pórtico  
**LATERALMENTE TRASLACIONAL ( $I_t$ )**

$$B_2 = \frac{1}{1 - \sum P_u \left( \frac{\Delta_{oh}}{\sum HL} \right)}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\sum P_{e2}}}$$

$\sum P_u$  *Suma de todas las cargas*

$\Delta_{oh}$  *Desplazamiento del piso debido a H*

$\sum H$  *Fuerzas horizontales en columnas  
(cortante en el piso)*

$$\sum_{lat K_i} P_{e2} = \sum_{lat K_i} \left[ \frac{A_g F_y}{\lambda_c^2} \right] = \sum_{lat K_i} \left[ \frac{\pi^2 E A_g}{\left( \frac{kL_i}{r_i} \right)^2} \right]$$

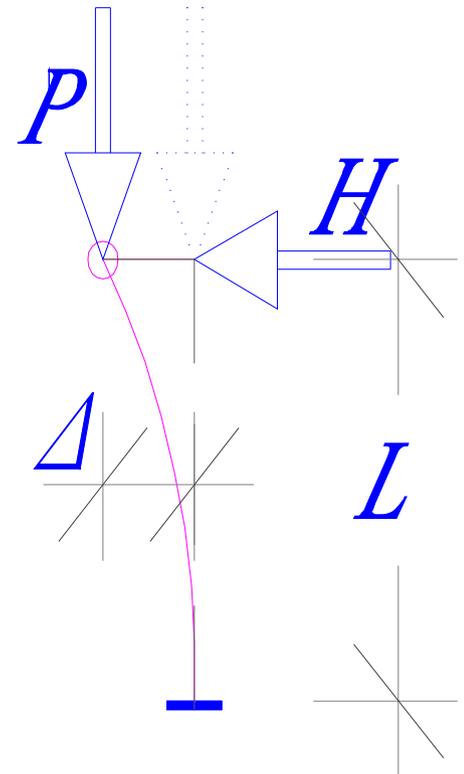
*Carga crítica de Euler, extendida a todas las columnas con rigidez lateral*

# Barras solicitadas por axil y flexión

A modo de ejemplo:  $M_u = B_1 \cdot M_{NT} + B_2 \cdot M_{LT}$

|             |                  |  |                    |
|-------------|------------------|--|--------------------|
| <b>P=</b>   | <b>80000</b>     | <b>Mp =</b>  | <b>103.200.000</b> |
| <b>H=</b>   | <b>12000</b>     | <b>M1 =</b>  | <b>72.000.000</b>  |
| <b>L=</b>   | <b>6000</b>      | <b>Doh =</b>   | <b>116</b>         |
| <b>Ag =</b> | <b>5380</b>      | <b>B1 =</b>  | <b>0</b>           |
| <b>Ix =</b> | <b>3,69E+007</b> | <b>Sum Pu =</b>  | <b>80.000</b>      |
| <b>Sx=</b>  | <b>3,89E+005</b> | <b>Sum Hu =</b>  | <b>12.000</b>      |
| <b>Zx=</b>  | <b>4,30E+005</b> | <b>B2 =</b>  | <b>1,1477</b>      |
| <b>rx =</b> | <b>8,28E+001</b> | <b>M<sub>u</sub> = B<sub>1</sub> · M<sub>nt</sub> + B<sub>2</sub> · M<sub>lt</sub> =</b> | <b>82.637.381</b>  |
| <b>E=</b>   | <b>202000</b>    |  |                    |

|           |            |
|-----------|------------|
| M2 =      | 9.268.099  |
| D1+D2     | 130,76     |
| M2 =      | 10.461.122 |
| D1+D2     | 132,68     |
| M2 =      | 10.614.692 |
| D1+D2     | 132,93     |
| M2 =      | 10.634.460 |
| D1+D2     | 132,96     |
| Mu=M1+M2= | 82.634.460 |
|           | 14,77%     |



# Barras solicitadas por axil y flexión

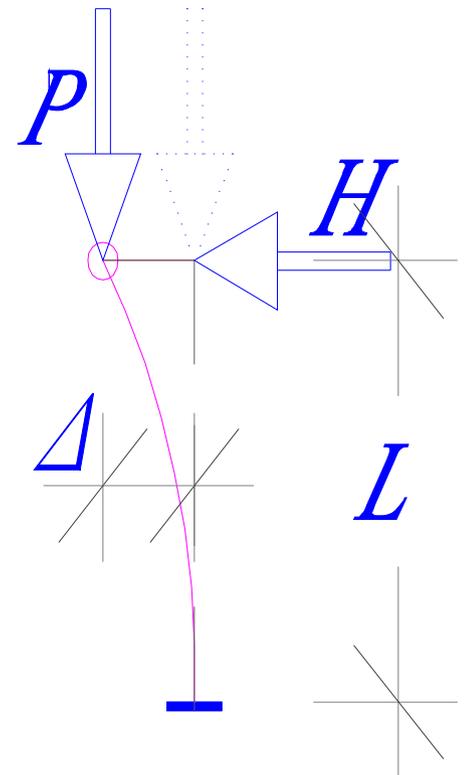
..... ejemplo:

(a) Para  $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2$   $\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[ \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,0$

(b) Para  $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0,2$   $\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left[ \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,0$

|                        |                   |  |                    |
|------------------------|-------------------|--|--------------------|
| <b>P<sub>u</sub></b> = | <b>80000</b>      | <b>M<sub>p</sub></b> =                         | <b>103.200.000</b> |
| <b>H<sub>u</sub></b> = | <b>12000</b>      | <b>M<sub>1</sub></b> =                         | <b>72.000.000</b>  |
| <b>L</b> =             | <b>6000</b>       |  |                    |
| <b>Ag</b> =            | <b>5380</b>       | <b>k.L / r = 2,1x6000/82,8=</b>                | <b>152</b>         |
| <b>I<sub>x</sub></b> = | <b>3,69E+007</b>  |  |                    |
| <b>S<sub>x</sub></b> = | <b>3,89E+005</b>  | $\phi P_n =$                                   | <b>346.100</b>     |
| <b>Z<sub>x</sub></b> = | <b>4,30E+005</b>  |  |                    |
| <b>r<sub>x</sub></b> = | <b>8,28E+001</b>  | <b>P<sub>u</sub> / <math>\phi P_n</math> =</b> | <b>0,231</b>       |
| <b>E</b> =             | <b>202000</b>     |  |                    |
| <b>M<sub>u</sub></b> = | <b>82.637.381</b> | <b>(a) =</b>                                   | <b>1,022</b>       |

$$\left[ \frac{80.000}{346.100} \right] + \frac{8}{9} \cdot \left[ \frac{82,637}{103,2} \right] = 1,022$$



# Barras ASIMÉTRICAS y solicitadas por TORSIÓN, AXIL, FLEXIÓN y CORTANTE

## H.2. BARRAS DE SECCIÓN ASIMÉTRICA Y BARRAS SOMETIDAS A TORSIÓN Y TORSIÓN COMBINADA CON FLEXIÓN, CORTE Y/O FUERZA AXIL

■ Se verifica en términos de TENSIONES, de modo que :

(a) Para el *estado límite de plastificación* bajo *tensiones normales*:

$$\begin{aligned} f_{un} &\leq \phi F_y \\ \phi &= 0,90 \end{aligned} \tag{H.2.1}$$

(b) Para el estado límite de plastificación bajo tensiones de corte:

$$\begin{aligned} f_{uv} &\leq 0,6 \phi F_y \\ \phi &= 0,90 \end{aligned} \tag{H.2.2}$$

(c) Para el estado límite de pandeo:

$$\begin{aligned} f_{un} \text{ ó } f_{uv} &\leq \phi_c F_{cr} \text{ el que resulte aplicable} \\ \phi_c &= 0,85 \end{aligned} \tag{H.2.3}$$

Se permiten algunas plastificaciones locales restringidas, adyacentes a áreas que permanezcan elásticas.

# Barras ASIMÉTRICAS y solicitadas por TORSIÓN, AXIL, FLEXIÓN y CORTANTE

... H.2

■ Los valores de  $f_{un}$  y  $f_{uv}$  se determinan para acciones mayoradas en análisis elástico global y seccional

➤ Para el estado límite de esfuerzos normales

$$f_{un} = \frac{P_u}{A} \pm \frac{M_{ux}}{S_x} \pm \frac{M_{uy}}{S_y} \pm f_{nT} \leq \phi \cdot F_y$$

➤ Para el estado límite de esfuerzos cortantes

$$f_{uv} = \frac{V_{ux}}{A_{wx}} \pm \frac{V_{uy}}{A_{wy}} \pm f_{vST} \pm f_{vWT} \leq \phi \cdot 0,6 \cdot F_y$$

➤ Para el estado límite de pandeo

$$f_{un} \leq \phi_c \cdot F_{cr} \qquad f_{uv} \leq \phi_c \cdot F_{vcr}$$

## Barras de sección simétrica. Barras sometidas a esfuerzos combinados Flexión y Fuerza Axil

- El Apéndice A-H del Reglamento establece expresiones alternativas para la verificación de secciones que cumplen  **$bf \leq d$**

Se deben satisfacer *ambas expresiones*:

$$\left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M'_{px}} \right)^\zeta + \left( \frac{M_{uy}}{\phi_b M'_{py}} \right)^\zeta \leq 1,0 \quad (\text{A-H.3.1})$$

$$\left( \frac{C_{mx} M_{ux}}{\phi_b M'_{nx}} \right)^\eta + \left( \frac{C_{my} M_{uy}}{\phi_b M'_{ny}} \right)^\eta \leq 1,0 \quad (\text{A-H.3.2})$$

# Barras de sección simétrica. Barras sometidas a esfuerzos combinados Flexión y Fuerza Axil A-H.3

## ■ Secciones I, H

Cuando  $b_f/d < 0,5$

$$\zeta = 1,0$$

Cuando  $0,5 \leq b_f/d \leq 1,0$

$$M'_{px} = 1,2 M_{px} \left[ 1 - (P_u/P_y) \right] \leq M_{px}$$

$$M'_{py} = 1,2 M_{py} \left[ 1 - (P_u/P_y)^2 \right] \leq M_{py}$$

$$\zeta = 1,6 - \frac{P_u/P_y}{2 \left[ \ln \left( \frac{P_u}{P_y} \right) \right]}$$

Cuando  $b_f/d < 0,3$

$$M'_{nx} = M_{nx} \left( 1 - \frac{P_u}{\phi_c P_n} \right) \left( 1 - \frac{P_u}{P_{ex}} \right)$$

$$\eta = 1,0$$

$$M'_{ny} = M_{ny} \left( 1 - \frac{P_u}{\phi_c P_n} \right) \left( 1 - \frac{P_u}{P_{ey}} \right)$$

Cuando  $0,3 \leq b_f/d \leq 1,0$

$$\eta = 0,4 + \frac{P_u}{P_y} + \frac{b_f}{d} \geq 1$$

# Barras de sección simétrica. Barras sometidas a esfuerzos combinados Flexión y Fuerza Axil A-H.3

## ■ Secciones CAJÓN

$$M'_{px} = 1,2 M_{px} [1 - (P_u/P_y)] \leq M_{px}$$

$$M'_{py} = 1,2 M_{py} [1 - (P_u/P_y)] \leq M_{py}$$

$$M'_{nx} = M_{nx} \left( 1 - \frac{P_u}{\phi_c P_n} \right) \left( 1 - \frac{P_u}{P_{ex}} \frac{1,25}{(B/H)^{1/3}} \right)$$

$$M'_{ny} = M_{ny} \left( 1 - \frac{P_u}{\phi_c P_n} \right) \left( 1 - \frac{P_u}{P_{ey}} \frac{1,25}{(B/H)^{1/2}} \right)$$

$$\zeta = 1,7 - \frac{P_u/P_y}{\ln\left(\frac{P_u}{P_y}\right)}$$

$$\eta = 1,7 - \frac{P_u/P_y}{\ln\left(\frac{P_u}{P_y}\right)} - a \lambda_x \left(\frac{P_u}{P_y}\right)^b > 1,1$$

Para  $P_u/P_y \leq 0,4$  :  $a = 0,06$  ;  $b = 1,0$  ;

Para  $P_u/P_y > 0,4$  :  $a = 0,15$  ;  $b = 2,0$  ;

## Barras con sección de ángulo simple

- El apartado H.4 del Reglamento prescribe verificar la capacidad en referencia a los ejes principales (v, w) de la sección  
En caso que el angular esté sujeto y obligado a flexar respecto de otro eje, se verifica la capacidad respecto de esos mismos ejes.

Para  $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2$   $\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[ \frac{M_{uw}}{\phi_b M_{nw}} + \frac{M_{uz}}{\phi_b M_{nz}} \right] \leq 1,0$  (H.4.1(a))

Para  $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0,2$   $\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left[ \frac{M_{uw}}{\phi M_{nw}} + \frac{M_{uz}}{\phi_b M_{nz}} \right] \leq 1,0$  (H.4.1(b))

*..... Nos merecemos un recreo ....*

*Muchas Gracias*