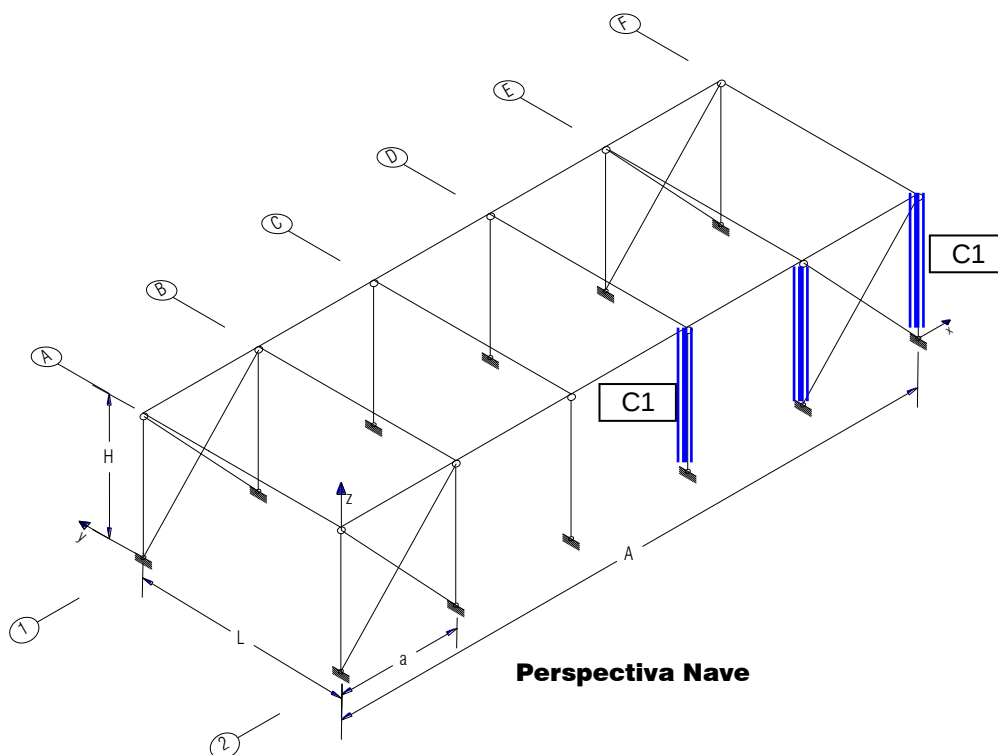


Ejercicio resuelto: Columnas armadas

Prof. Eduardo Daniel Quiroga

1. Enunciado

Se solicita dimensionar las columnas C1 y C2 utilizando sección armada con distintas alternativas. Los datos de dimensiones globales son obtenidos de los ejercicios anteriores. Se adjunta en anexo las solicitaciones y combinaciones para el dimensionado de estos elementos, pero sólo a esfuerzos axiales.



2. Desarrollo

El dimensionamiento de secciones armadas está contemplado en el **Capítulo E** y en el **Apéndice E** del reglamento CIRSCO 301. En cada uno de ellos se enuncia un método para la resolución de este tipo estructural. Para los grupos I a IV, se puede emplear el método indicado en el capítulo, mientras que en el apéndice se indica un método alternativo para el grupo IV (columnas compuestas con diagonales) y otro método para aplicar al grupo V (Columnas armadas con presillas).

Se presenta el análisis de una columna diseñada como del grupo IV según los dos métodos considerando algunas variaciones en los arriostramientos de las caras para su comparación y dimensionamiento.

En el caso de **esfuerzos combinados** (axial + flexión) sólo se contempla en el apéndice y por ello sólo podrán resolverse si la sección pertenece al grupo IV o V exclusivamente.

Para el cálculo de las esbelteces se considera el eje material (que corta a las barras componentes) y el eje libre o inmaterial (que no corta a las barras). El caso del eje material es igual al visto para columnas simples. Para el cálculo de la esbeltez según el eje libre se toma en consideración la rigidez de la conexión entre barras y el tipo de unión (abulonada, deslizamiento crítico o soldada).

El método del apéndice se basa en la determinación de la resistencia requerida en compresión para cada cordón incluyendo el efecto de segundo orden por medio del momento M_s , que será resistido por los cordones.

2.1 Aplicación del método del Capítulo E

Las expresiones para el cálculo de la esbeltez modificada son:

a) Para **uniones intermedias ejecutadas con bulones** en uniones con ajuste sin juego:

$$\left(\frac{kL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{kL}{r}\right)_0^2 + \left(\frac{a}{r_i}\right)^2} \quad (\text{E.4.1})$$

b) Para **uniones intermedias soldadas o ejecutadas con bulones** en uniones pretensadas o de deslizamiento crítico:

$$\left(\frac{kL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{kL}{r}\right)_0^2 + 0,82 \frac{\alpha^2}{(1+\alpha^2)} \left(\frac{a}{r_{ib}}\right)^2} \quad (\text{E.4.2})$$

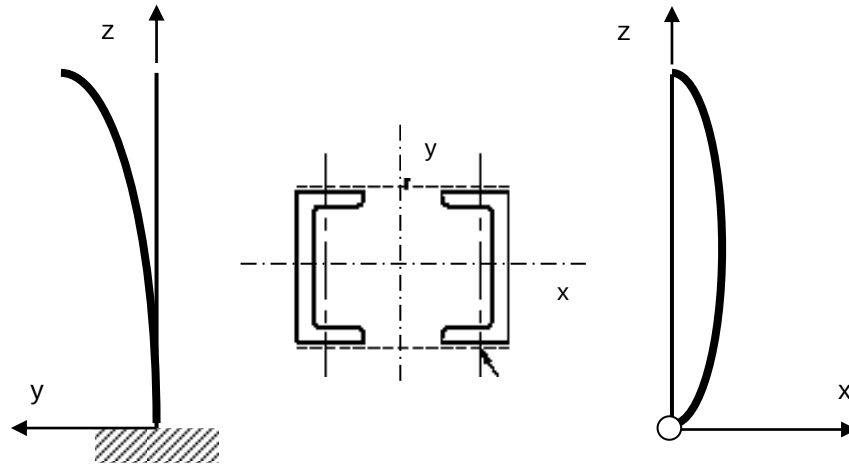
$\left(\frac{a}{r_{ib}}\right)$ la esbeltez de una barra componente relativa a su eje baricéntrico paralelo al eje de pandeo.

a la distancia entre: conectores consecutivos (**Grupo I**); ejes de forros (**Grupo II**); centros de agujeros consecutivos (**Grupo III**); nudos de la celosía (**Grupo IV**), en cm.

α la relación de separación = $\frac{h}{2r_{ib}}$



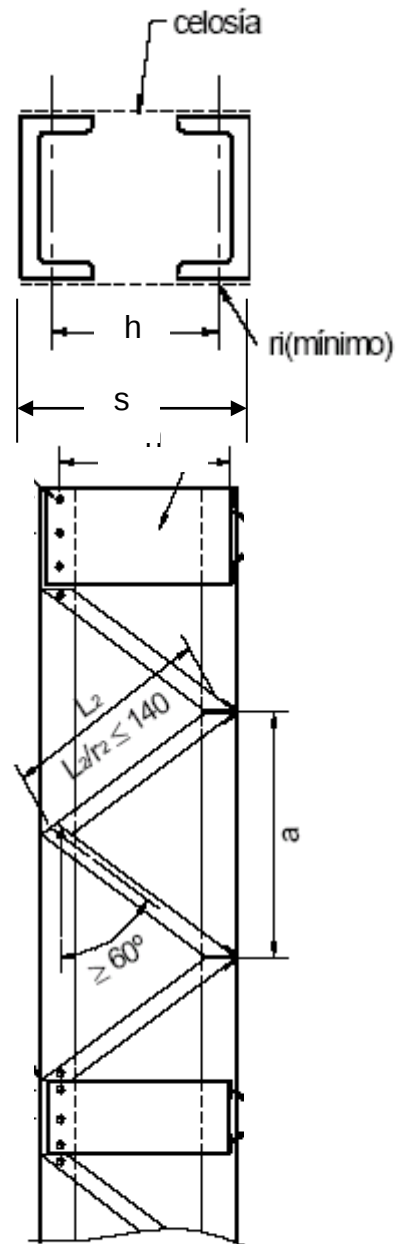
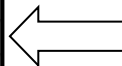
Ubicación del perfil: Eje y-y del perfil coincidente con el eje x-x global de la construcción





Opción 1: Sección armada con dos UPN 80 y uniones con bulones ajustados

SECCION		UPN 80
s	[cm]	16,0
e	[cm]	1,5
h	[cm]	13,1
Ag	[cm ²]	22,0
r1	[cm]	1,3
Ix	[cm ⁴]	210,0
rx	[cm]	3,1
Iy1	[cm ⁴]	
ry1	[cm]	
Iy c	[cm ⁴]	983,0
ry c	[cm]	6,7
a	[cm]	18,5
ángulo	[°]	60
kx		1,00
Ix	[cm]	600,00
λ x		191,08
ky		2,10
Iy	[cm]	600,00
λ y		188,62
(a/r _m)		13,91
λ m		189,03
λ c		2,08
F _{cr}	[Mpa]	48,88
P _n	[kN]	107,54
P _d	[kN]	91,41
P _u	[kN]	33,42
E _f		0,37
V _u	[kN]	1,83
I _d	[cm]	18,48
Sección		φ 8
Ag	[cm ²]	0,5
r mín	[cm]	0,2
λ		92,407
λ c		1,014
F _{cr}	[Mpa]	156,015
P _n	[kN]	7,801
P _d	[kN]	6,631



**Diagonal
Simple**

Expresiones utilizadas

$$\left(\frac{kL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{kL}{r}\right)_o^2 + \left(\frac{a}{r_i}\right)^2}$$

$$P_d = \phi \cdot A_g \cdot F_{cr}$$

Para $\lambda_c \leq 1,5$:

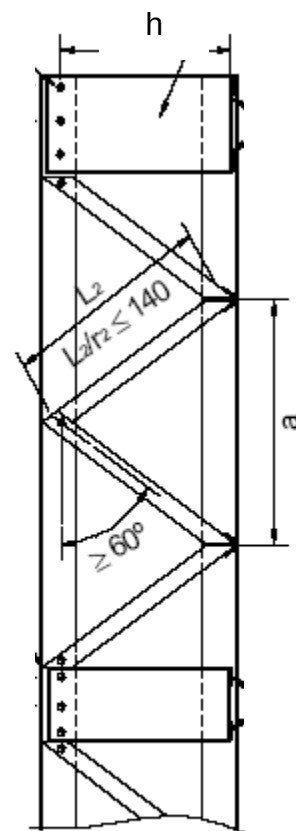
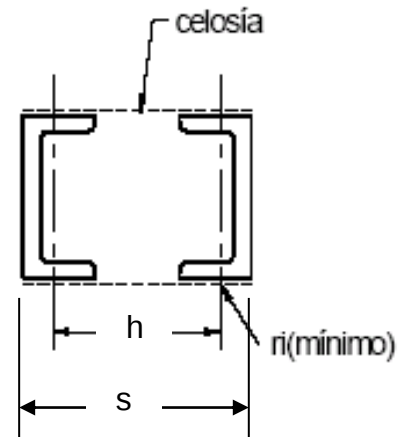
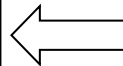
$$F_{cr} = \left(0,658^{\lambda_c^2}\right) F_y$$

Para $\lambda_c > 1,5$:

$$F_{cr} = \left[\frac{0,877}{\lambda_c^2}\right] F_y$$

Opción 2: Sección armada con dos UPN 80 y uniones soldadas

SECCION		UPN 80
s	[cm]	16,0
e	[cm]	1,5
h	[cm]	13,1
Ag	[cm ²]	22,0
r1	[cm]	1,3
lx	[cm ⁴]	210,0
rx	[cm]	3,1
ly1	[cm ⁴]	
ry1	[cm]	
ly c	[cm ⁴]	983,0
ry c	[cm]	6,7
a	[cm]	18,5
ángulo	[°]	60
kx		1,00
lx	[cm]	600,00
λ x		191,08
ky		2,10
ly	[cm]	600,00
λ y		188,62
(a/rm)		13,91
λ m		189,13
λ c		2,08
Fcr	[Mpa]	48,83
Pn	[kN]	107,42
Pd	[kN]	91,31
Pu	[kN]	33,42
Ef		0,37
Vu	[kN]	1,83
ld	[cm]	18,48
Sección		φ 8
Ag	[cm ²]	0,5
r mín	[cm]	0,2
λ		92,407
λ c		1,014
Fcr	[Mpa]	156,015
Pn	[kN]	7,801
Pd	[kN]	6,631



**Diagonal
Simple**

Para $\lambda_c \leq 1,5$:
 $F_{cr} = \left(0,658^{\lambda_c^2} \right) F_y$

Para $\lambda_c > 1,5$:
 $F_{cr} = \left[\frac{0,877}{\lambda_c^2} \right] F_y$

Expresiones utilizadas

$$\left(\frac{k L}{r} \right)_m = \sqrt{\left(\frac{k L}{r} \right)_0^2 + 0,82 \frac{\alpha^2}{(1 + \alpha^2)} \left(\frac{a}{r_{ib}} \right)^2}$$

$$P_d = \phi \cdot A_g \cdot F_{cr}$$

2.2 Aplicación del método del Apéndice E

Opción 1: Sección armada con dos UPN 80. $s=16\text{cm}$, ángulo celosía 60°

SECCIÓN	UPN 80
s	[cm] 16
e	[cm] 1.45
h	[cm] 13.1
Ag	[cm ²] 22
r1	[cm] 1.33
Ix	[cm ⁴] 210
rx	[cm] 3.14
Iy1	[cm ⁴] -
ry1	[cm] -
Iy c	[cm ⁴] 983
ry c	[cm] 6.68
a	[cm] 18.5
α	[°] 60
no	2
n	2
n1	1
Ad	0.5
ld	[cm] 18.48
L	600
k	2.1
eo	2.52
λ_1	29.38
kx	1.00
lx	[cm] 600
λ_x	191.08
ky	2.1
ly	[cm] 600
λ_y	188.62
λ_m	190.90
Pcm	120.36
Pu	[kN] 33.42
Ms	[kNcm] 116.59
Pu1	[kN] 25.61
L1	18.50
ri	1.33
λ_c	0.15
Fcr	[Mpa] 237.67
Pn	[kN] 261.44
Pd	[kN] 235.29
Ef	0.11
Ve	[kN] 0.36
β	0.011
Pu	0.36
Sección	$\phi 8$
Ag	0.5
r mín	0.2
Ld	18.48
λ	92.41
λ_c	1.01
Fcr	[Mpa] 156.02
Pn	[kN] 7.80
Pd	[kN] 6.63
Ef	0.05

Expresiones utilizadas

$$P_{u1} = \frac{P_u}{n} + \frac{M_s}{n_1 h} (10^2)$$

$$M_s = \frac{P_u e_o}{1 - \frac{P_u}{P_{cm}}} (10^{-2}), \text{ en kNm}$$

$$e_o = \frac{k L}{500} \text{ (deformación inicial), en cm.}$$

$$P_{cm} = \frac{\pi^2 E A_g}{\left(\frac{k L}{r}\right)_m^2} (10^{-1}), \text{ en kN}$$

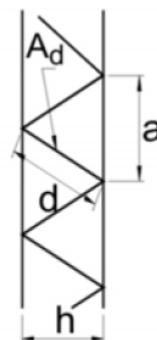
$$\lambda_m = \left(\frac{k L}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{k L}{r}\right)_o^2 + \lambda_1^2}$$

$$\lambda_o = \left(\frac{k L}{r}\right)_o$$

λ_o la esbeltez de la columna armada actuando como una unidad.

$$\lambda_{c1} = \left(\frac{L_1}{r_i}\right) \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad \text{para pandeo flexional}$$

$$P_{d1} = \phi_c F_{cr} A_{g1} (10^{-1})$$



$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{2 A_g d^3}{n_o A_d a h^2}}$$



Opción 2: Sección armada con dos UPN 80. s=16cm, ángulo celosía 45°

SECCION		UPN 80
s	[cm]	16.0
e	[cm]	1.5
h	[cm]	13.1
Ag	[cm²]	22.0
r1	[cm]	1.3
Ix	[cm⁴]	210.0
rx	[cm]	3.1
Iy1	[cm⁴]	
ry1	[cm]	
Iy c	[cm⁴]	983.0
ry c	[cm]	6.7
a	[cm]	32
α	[°]	45
no		2
n		2
n1		1
Ad		0.5
ld	[cm]	22.63
L		600
k		2.1
eo		2.52
λ 1		30.27
kx		1.00
Ix	[cm]	600.00
λ x		191.08
ky		2.10
Iy	[cm]	600.00
λ y		188.62
λ m		191.04
Pcm		120.18
Pu	[kN]	33.42
Ms	[kNcm]	116.66
Pu1	[kN]	25.62
L1		32.00
ri		1.3
λ c		0.264
Fcr	[Mpa]	233.10
Pn	[kN]	256.41
Pd	[kN]	230.77
Ef		0.11
Ve	[kN]	0.36
β		0.0109
Pu		0.257
Sección		φ 8
Ag		0.5
r mín		0.2
Ld		22.63
λ		113.137
λ c		1.242
Fcr	[Mpa]	125.844
Pn	[kN]	6.292
Pd	[kN]	5.348
Ef		0.05

Expresiones utilizadas

$$P_{u1} = \frac{P_u}{n} + \frac{M_s}{n_1 h} (10^2)$$

$$M_s = \frac{P_u e_o}{1 - \frac{P_u}{P_{cm}}} (10^{-2}), \text{ en kNm}$$

$$e_o = \frac{k L}{500} \text{ (deformación inicial), en cm.}$$

$$P_{cm} = \frac{\pi^2 E A_g}{\left(\frac{k L}{r}\right)_m^2} (10^{-1}), \text{ en kN}$$

$$\lambda_m = \left(\frac{k L}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{k L}{r}\right)_o^2 + \lambda_1^2}$$

$$\lambda_o = \left(\frac{k L}{r}\right)_o$$

λ_o la esbeltez de la columna armada actuando como una unidad.

$$\lambda_{c1} = \left(\frac{L_1}{r_i}\right) \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad \text{para pandeo flexional}$$

$$P_{d1} = \phi_c F_{cr} A_{g1} (10^{-1})$$

$$P_d = n \cdot P_{d1}$$

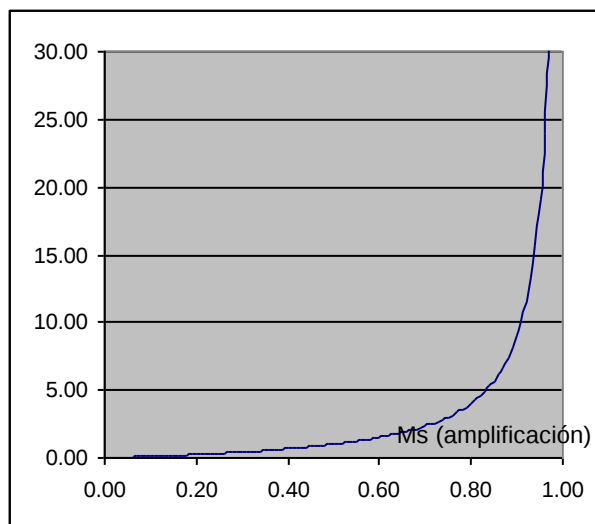


Opción 3: Sección armada con dos UPN 80. $s=12\text{cm}$, ángulo celosía 45°

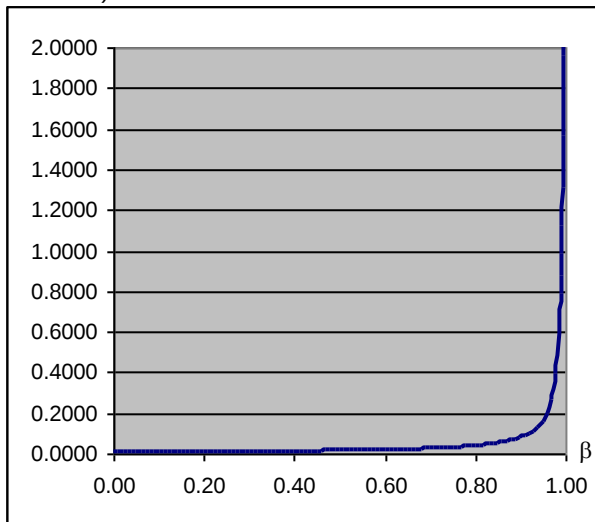
SECCION		UPN 80
s	[cm]	12.0
e	[cm]	1.5
h	[cm]	9.1
Ag	[cm ²]	22.0
r1	[cm]	1.3
Ix	[cm ⁴]	210.0
rx	[cm]	3.1
Iy1	[cm ⁴]	
ry1	[cm]	
Iy c	[cm ⁴]	983.0
ry c	[cm]	6.7
a	[cm]	24
α	[°]	45
no		2
n		2
n1		1
Ad		0.5
ld	[cm]	16.97
L		600
k		2.1
eo		2.52
λ 1		32.68
kx		1.00
Ix	[cm]	600.00
λ x		191.08
ky		2.10
Iy	[cm]	600.00
λ y		188.62
λ m		191.43
Pcm		119.69
Pu	[kN]	33.42
Ms	[kNcm]	116.85
Pu1	[kN]	29.55
L1		24.00
ri		1.3
λ c		0.198
Fcr	[Mpa]	236.09
Pn	[kN]	259.70
Pd	[kN]	233.73
Ef		0.13
Ve	[kN]	0.36
β		0.0109
Pu		0.258
Sección		ϕ 8
Ag		0.5
r mín		0.2
Ld		16.97
λ		84.853
λ c		0.931
Fcr	[Mpa]	166.916
Pn	[kN]	8.346
Pd	[kN]	7.094
Ef		0.04

Expresiones utilizadas

Pu/Pcm)



Pu/Pcm)





Opción 4: Sección armada con 4 angulares

SECCION		4 ang 1" x 1/8"
s	[cm]	20.0
e	[cm]	0.3
h	[cm]	19.4
Ag	[cm ²]	6.0
r1	[cm]	0.5
Ix	[cm ⁴]	0.9
rx	[cm]	0.8
Iy1	[cm ⁴]	136.0
ry1	[cm]	4.7
Iy c	[cm ⁴]	570.0
ry c	[cm]	9.7
a	[cm]	40
α	[°]	45
no		2
n		4
n1		2
Ad		0.5
ld	[cm]	28.28
L		600
k		2.1
eo		2.52
λ 1		13.41
kx		1.00
Ix	[cm]	600.00
λ x		126.58
ky		2.10
Iy	[cm]	600.00
λ y		129.76
λ m		130.45
Pcm		70.76
Pu	[kN]	33.42
Ms	[kNcm]	159.60
Pu1	[kN]	12.48
L1		40
ri		0.5
λ c		0.878
Fcr	[Mpa]	173.85
Pn	[kN]	26.25
Pd	[kN]	23.63
Ef		0.53
Veu	[kN]	0.50
β		0.0149
Pu		0.352
Sección		φ 8
Ag		0.5
r mín		0.2
Ld		28.28
λ		141.421
λ c		1.552
Fcr	[Mpa]	87.333
Pn	[kN]	4.367
Pd	[kN]	3.712
Ef		0.09

Expresiones utilizadas

$$P_{u1} = \frac{P_u}{n} + \frac{M_s}{n_1 h} (10^2)$$

$$M_s = \frac{P_u e_o}{1 - \frac{P_u}{P_{cm}}} (10^{-2}), e$$

$$e_o = \frac{k L}{500} \text{ (deformaci3n)}$$

$$P_{cm} = \frac{\pi^2 E A_g}{\left(\frac{k L}{r}\right)_m^2} (10^{-1}), \text{ en kN}$$

$$\lambda_m = \left(\frac{k L}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{k L}{r}\right)_o^2 + \lambda_1^2}$$

$$\lambda_o = \left(\frac{k L}{r}\right)_o$$

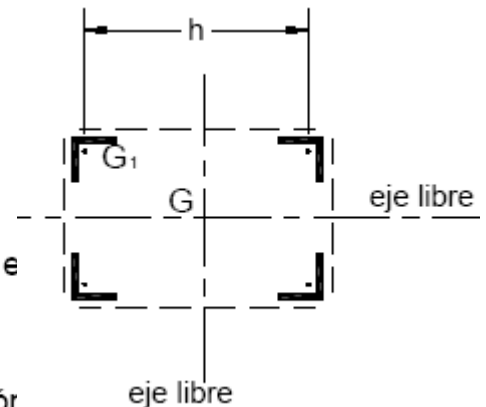
λ_o la esbeltez de la columna armada actuando como una unidad.

$$\lambda_{c1} = \left(\frac{L_1}{r_i}\right) \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad \text{para pandeo flexional}$$

$$P_{d1} = \phi_c F_{cr} A_{g1} (10^{-1})$$

$$V_{eu} = \beta P_u$$

$$\beta = \frac{\pi}{400} \left[\frac{1}{1 - \frac{P_u}{P_{cm}}} \right]$$



Mayo. 2020 - 10 de 11

[illegible][illegible]