

TABLAS Y PROPIEDADES DE PERFILES LAMINADOS EN FRÍO PERTENECIENTES A LA FÁBRICA NACIONAL METALCO

Marija Romanjek¹

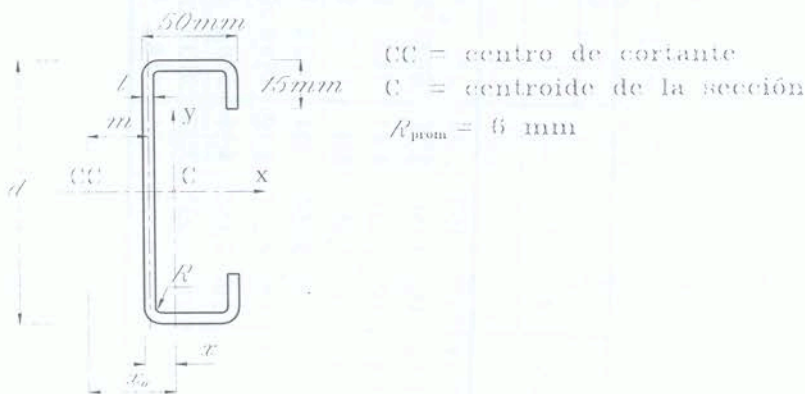
Resumen

En este artículo se presentan los resultados de un estudio hecho por la autora para la fábrica nacional Metalco, productora en el país de elementos de acero laminados en frío. Dicho estudio es parte de un programa de investigación sobre las propiedades de este tipo de elementos estructurales, el cual la autora está realizando en el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME). Se obtienen tablas con las propiedades geométricas de las secciones de los perfiles que produce Metalco, las cuales contienen las características del acero utilizado: el límite de fluencia incrementado en compresión y flexión, las capacidades nominales a flexión, la capacidad de las vigas a flexión y cortante combinados para el método de esfuerzos de trabajo y el de esfuerzos últimos, la fuerza crítica nominal para el pandeo del alma debido a fuerza concentrada, las capacidades nominales de los perfiles considerados como columnas. Las tablas y sus datos cumplen con las especificaciones de *American Iron and Steel Institute (AISI)* y son de utilidad para los diseñadores de los sistemas estructurales, debido a que actualmente no hay manuales confiables en el país para tal efecto.

Summary

In this article are presented the results of a study made by the author for the national company Metalco, which produces in the country the cold-formed steel elements. This study is part of an investigation program about the properties of this type of structural element, which the author is making in the National Laboratory of Materials and Structural Models (LANAMME). Charts with geometric properties of the sections of the profiles that Metalco produces have been made. This charts contain the characteristics of the steel used; the increased yield point in compression and flexion, the nominal capacities of the profiles in flexion, the strength of the beams for combined bending and shear for the method of Load Factors and Load Combinations, the critic nominal strength for the web crippling strength because of a concentrated load, the nominal capacities of the profiles used as columns. The charts and their data agree with the specifications of the *American Iron and Steel Institute (AISI)* and are of great utility for those who design structural systems; this is because actually there are no trusted manuals in the country for this purpose.

1. PROPIEDADES DE LAS SECCIONES



¹ Ing., Prof., Esc. Ing. Mecánica, Facultad de Ingeniería, Univ. de Costa Rica

TABLA No. 1. Propiedades geométricas de las secciones

Perfil	d cm	t cm	A cm ²	Eje x			Eje y			x cm	m cm	J cm ⁴	C _w cm ⁶	j cm	r _o cm	-x ₀ cm
				I _x cm ⁴	S _x cm ³	r _x cm	I _y cm ⁴	m _{in} S _y cm ³	r _y cm							
RT0-16	7	0,150	2,74	22,1	6,32	2,84	9,52	3,14	1,866	1,968	2,646	0,0205	137,5	5,58	5,67	4,54
RT1-16	10	0,150	3,19	50,5	10,10	3,98	10,91	3,31	1,850	1,701	2,450	0,0239	269	6,32	5,99	4,08
RT1-13	10	0,237	4,93	76,5	15,30	3,94	16,12	4,88	1,808	1,699	2,393	0,0924	391	6,28	5,88	3,97
RT1-11	10	0,317	6,48	98,3	19,67	3,90	20,25	6,13	1,769	1,698	2,340	0,2169	484	6,24	5,78	3,88
RT3-16	15	0,150	3,94	130,6	17,42	5,76	12,51	3,47	1,783	1,391	2,188	0,0295	624	8,65	6,97	3,50
RT3-13	15	0,237	6,12	199,6	26,61	5,71	18,51	5,13	1,739	1,393	2,134	0,1146	917	8,69	6,87	3,41
RT4-16	20	0,150	4,69	260,0	26,00	7,45	13,60	3,56	1,704	1,180	1,984	0,0351	1171	12,29	8,24	3,09
RT4-13	20	0,237	7,30	399,1	39,91	7,39	20,12	5,28	1,660	1,186	1,932	0,1367	1731	12,46	8,15	3,00
RT4-11	20	0,317	9,65	519,7	51,97	7,34	25,30	6,64	1,619	1,192	1,885	0,3231	2175	12,64	8,06	2,92

donde:

A = área de la sección

C_w = constante del alabeo de la sección

J = constante de la torsión de la sección (constante de St. Venant)

j = parámetro para determinar momento elástico crítico de la sección

r_x = radio del giro de la sección con respecto al eje x

r_y = radio del giro de la sección con respecto al eje y

r_u = radio del giro polar con respecto al centro del cortante de la sección

I_x = momento de inercia de la sección con respecto al eje x ,

I_y = momento de inercia de la sección con respecto al eje y

S_x = módulo elástico de la sección con respecto al eje x

$\min S_y$ = módulo elástico mínimo de la sección con respecto al eje y

Nota: calculado según las expresiones dadas en el manual de AISI.

2. PROPIEDADES DEL ACERO

Límite de Fluencia Mínimo del Acero Virgen: $F_y = 227$ MPa

Esfuerzo Último Mínimo del Acero Virgen: $F_u = 340$ MPa

Módulo de Elasticidad: $E = 200$ GPa

Módulo de Rigidez: $G = 77$ GPa

TABLA No. 2. Límite de Fluencia Incrementado, F_{yf} , según la Sección A7.2 de AISI, con $F_y = 227$ MPa

Perfil	COMPRESIÓN	FLEXIÓN
	[MPa]	[MPa]
RT0-16	248*	261
RT1-16	245*	261
RT1-13	254	277
RT1-11	261	291
RT3-16	242*	261
RT3-13	249*	277
RT4-16	239*	261*
RT4-13	245*	277
RT4-11	250*	291

* No se debe usar debido a que el factor de reducción, "ρ", es menor que uno. Usar $F_y = 227$ MPa

3. PROPIEDADES DE LOS PERFILES COMO VIGAS

Según la Sección C3 de AISI.

TABLA No. 3. Capacidades de los perfiles como vigas restringidas al pandeo lateral (basado en el inicio de fluencia)

Perfil	$S_e=S_x$ [cm ³]	f [MPa]	M_{nxo} [kNm]	L_u [m]	V_n [kN]	ν (ASD)	ν (LRFD)
RT0-16	6.32	261	1.651	1.28	11.24	1.5	1.0
RT1-16	10.10	261	2.64	1.22	17.37	1.5	1.0
RT1-13	15.30	277	4.24	1.19	26.88	1.5	1.0
RT1-11	19.67	291	5.72	1.17	35.26	1.5	1.0
RT3-16	17.42	261	4.55	1.18	22.42	1.67	0.9
RT3-13	26.61	277	7.38	1.14	43.02	1.5	1.0
RT4-16	26.00	227	5.90	1.24	17.63	1.67	0.9
RT4-13	39.91	277	11.07	1.10	55.97	1.67	0.9
RT4-11	51.97	291	15.10	1.07	78.43	1.5	1.0

donde:

S_x = Módulo elástico de la sección efectiva para la flexión alrededor del eje x . En todos los perfiles sección efectiva será igual a la sección total.

f = Esfuerzo máximo en la sección = F_{ya}

M_{nxo} = Momento nominal de la sección para la flexión alrededor del eje x centroidal con el esfuerzo máximo f . Debe modificarse con el Factor de Seguridad ó con el Factor de Resistencia;

- usando el Método de Esfuerzos de Trabajo (ASD) se divide con el factor de seguridad: $\Omega_b = 1.67$
- usando el Método de Esfuerzos Últimos (LRFD) se multiplica con el factor de resistencia: $\Phi_b = 0.95$

L_u = La longitud máxima de la viga para la cual no es necesario considerar el pandeo lateral o torsional.

V_n = Fuerza Cortante Nominal (con $F_y = 227$ MPa). Debe modificarse con el factor de seguridad, Ω_v , o con el factor de resistencia, " Φ_v ", indicados en la Tabla No. 3 y según el método de diseño que se está usando

TABLA No. 4. Capacidades de los perfiles como vigas con posibilidad del pandeo lateral

$K_y L_y = K_t L_t$	RT0-16	RT1-16	RT1-13	RT1-11	RT3-16	RT3-13	RT4-16	RT4-13	RT4-11
[m]	$M_c = M_h$ [kNm]	$M_c = M_h$ [kNm]	$M_c = M_h$ [kNm]	$M_c = M_h$ [kNm]	$M_c = M_h$ [kNm]	$M_c = M_h$ [kNm]	$M_c = M_h$ [kNm]	$M_c = M_h$ [kNm]	$M_c = M_h$ [kNm]
0,5	1,650	2,64	4,24	5,72	4,55	7,37	5,90	11,06	15,12
1,0	1,650	2,64	4,24	5,72	4,55	7,37	5,90	11,06	15,12
1,5	1,585	2,50	3,99	5,37	4,25	6,80	5,60	10,06	13,58
2,0	1,410	2,18	3,50	4,77	3,64	5,80	4,87	8,42	11,32
2,5	1,204	1,794	2,95	4,12	2,89	4,62	3,95	6,42	8,66
3,0	0,976	1,361	2,36	3,46	2,09	3,43	2,91	4,63	6,37
3,5	0,764	1,042	1,867	2,83	1,577	2,65	2,18	3,53	4,96
4,0	0,621	0,834	1,541	2,38	1,241	2,14	1,697	2,81	4,03
4,5	0,521	0,689	1,310	2,06	1,010	1,790	1,369	2,32	3,38
5,0	0,448	0,585	1,139	1,812	0,844	1,532	1,133	1,960	2,91
5,5	0,393	0,506	1,008	1,621	0,720	1,337	0,959	1,692	2,55
6,0	0,349	0,445	0,905	1,467	0,625	1,185	0,825	1,486	2,27

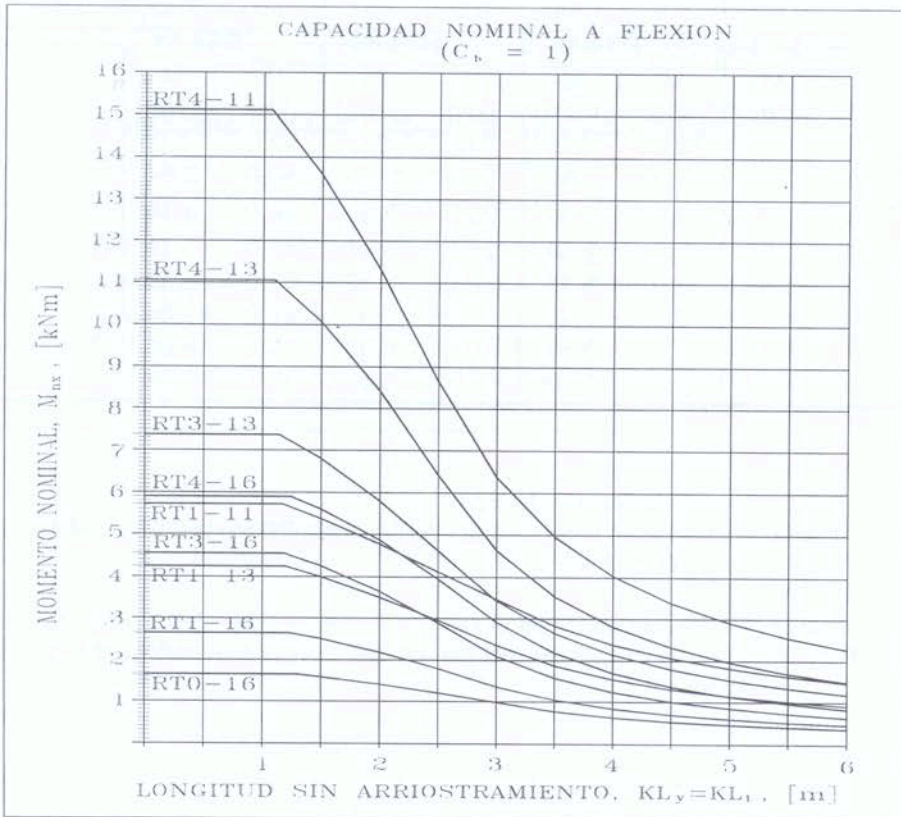


GRÁFICO No. 1. Diagramas Momento Nominal – Longitud sin Arriostramiento

donde:

$K_y L_y, K_t L_t$ = longitudes del pandeo lateral y torsional respectivamente.

M_c = Momento Crítico de la sección para la flexión alrededor del eje x centroidal.

M_n = Momento Nominal de la sección para la flexión alrededor del eje x centroidal. Debe modificarse con el Factor de Seguridad ó con el Factor de Resistencia iguales como en el caso de M_{nxo} .

TABLA No. 5. Capacidades de las vigas con flexión y cortante combinados
Método de Esfuerzos de Trabajo (ASD) (C3.3.1, AISI)

RT0-16		RT1-16		RT1-13		RT1-11		RT3-16	
V	M	V	M	V	M	V	M	V	M
[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]
7,49	0,00	11,58	0,0	17,92	0,0	23,51	0,0	13,42	0,0
7,0	0,353	11,0	0,494	16,0	1,143	23,0	0,707	12,0	1,222
6,0	0,592	10,0	0,797	14,0	1,585	21,0	1,539	10,0	1,818
5,0	0,736	8,0	1,143	11,0	2,00	19,0	2,02	8,0	2,19
4,0	0,836	6,0	1,352	8,0	2,27	15,0	2,64	6,0	2,44
3,0	0,906	4,0	1,484	5,0	2,44	10,0	3,10	4,0	2,60
1,0	0,980	2,0	1,557	2,0	2,52	5,0	3,35	2,0	2,69
0,0	0,989	0,0	1,581	0,0	2,54	0,0	3,43	0,0	2,72
RT3-13		RT4-16		RT4-13		RT4-11			
V	M	V	M	V	M	V	M		
[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]		
28,68	0,0	10,56	0,0	33,5	0,0	52,3	0,0		
28,0	0,96	9,0	1,847	32,0	1,970	50,0	2,64		
26,0	1,865	8,0	2,31	29,0	3,32	46,0	4,30		
23,0	2,64	7,0	2,64	25,0	4,41	43,0	5,14		
18,0	3,44	5,0	3,11	20,0	5,32	37,0	6,39		
12,0	4,01	3,0	3,39	15,0	5,93	28,0	7,64		
5,0	4,35	1,0	3,52	10,0	6,33	15,0	8,66		
0,0	4,42	0,0	3,53	0,0	6,63	0,0	9,04		

donde:

V = Fuerza Cortante en la Sección del Perfil.

M = Momento Permisible en la Sección del Perfil para la flexión alrededor del eje x en la presencia de la fuerza cortante V .

NOTA: La Tabla No. 5 no se aplica en el caso de la combinación de flexión y fuerza concentrada (pandeo del alma) sea ésta la carga o la reacción. En este caso se debe satisfacer la siguiente ecuación de interacción (ver Sección C3.5 de AISI):

$$\text{para un alma simple y no reforzada } 1.2 \left(\frac{\Omega_w P}{P_n} \right) + \left(\frac{\Omega_b M}{M_{nxo}} \right) \leq 1.5$$

donde:

- P = fuerza concentrada en la presencia del momento.
- M = momento en la sección ó en la sección muy cercana al punto de aplicación del P .
- P_n = fuerza nominal del pandeo del alma en ausencia del momento (ver Tabla No. 7)
- M_{nxo} = momento nominal alrededor del eje x centroidal (ver Tabla No. 3)
- Ω_w = coeficiente de seguridad para el pandeo del alma = 1.85
- Ω_b = coeficiente de seguridad para el momento = 1.67

TABLA No. 6. Capacidades de las vigas con flexión y cortante combinados
Método de Esfuerzos Ultimos (LRFD) (C3.3.2,AISI)

RT0-16		RT1-16		RT1-13		RT1-11		RT3-16	
V_u	M_u	V_u	M_u	V_u	M_u	V_u	M_u	V_u	M_u
[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]
11,24	0,0	17,37	0,0	26,9	0,0	35,3	0,0	20,2	0,0
11,0	0,322	17,0	0,515	26,0	1,02	34,0	1,440	19,0	1,455
10,0	0,716	16,0	0,976	25,0	1,48	33,0	1,914	18,0	1,953
8,0	1,102	14,0	1,485	22,0	2,31	30,0	2,86	16,0	2,63
6,0	1,326	11,0	1,941	19,0	2,85	25,0	3,83	13,0	3,31
4,0	1,466	7,0	2,30	15,0	3,34	20,0	4,48	9,0	3,87
2,0	1,543	3,0	2,47	10,0	3,74	10,0	5,21	5,0	4,19
0,0	1,568	0,0	2,51	0,0	4,03	0,0	5,43	0,0	4,32
RT3-13		RT4-16		RT4-13		RT4-11			
V_u	M_u	V_u	M_u	V_u	M_u	V_u	M_u		
[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]		
43,0	0,0	15,87	0,0	50,4	0,0	78,4	0,0		
42,0	1,518	14,0	2,64	48,0	3,19	77,0	2,73		
40,0	2,58	13,0	3,21	45,0	4,73	72,0	5,69		
36,0	3,84	11,0	4,04	41,0	6,11	60,0	9,24		
30,0	5,02	9,0	4,62	35,0	7,56	45,0	11,75		
20,0	6,21	7,0	5,03	25,0	9,13	30,0	13,25		
10,0	6,82	4,0	5,42	15,0	10,04	15,0	14,08		
0,0	7,01	0,0	5,61	0,0	10,52	0,0	14,35		

Donde:

- V_u = fuerza cortante en la sección del perfil.
- M_u = momento permisible en la sección del perfil en la presencia de la fuerza cortante V_u .

NOTA: La Tabla No. 6 no se aplica en el caso de la combinación de flexión y fuerza concentrada (pandeo del alma) sea ésta la carga o la reacción. En este caso se debe satisfacer la siguiente ecuación de interacción (ver Sección C3.5 de AISI):

$$\text{para un alma simple y no reforzada: } 1.07 \left(\frac{P_u}{\Phi_w P_n} \right) + \left(\frac{M_u}{\Phi_b M_{nxo}} \right) \leq 1.42$$

donde:

P_u = fuerza concentrada en la presencia del momento.

M_u = momento en la sección ó en la sección muy cercana al punto de aplicación del P_u .

P_n = fuerza nominal del pandeo del alma en ausencia del momento (ver Tabla No. 7).

M_{nxo} = momento nominal alrededor del eje x centroidal (ver Tabla No. 3).

Φ_b = coeficiente de resistencia para la flexión = 0.95

Φ_w = coeficiente de resistencia para el pandeo del alma = 0.75.

4. PANDEO DEL ALMA DEBIDO A UNA FUERZA CONCENTRADA

Según la Sección C3.4 de AISI. Calculado con $F_y = 227$ MPa.

TABLA No. 7. Fuerza crítica nominal del pandeo del alma

Perfil	CASO A	CASO B	CASO C	CASO D
	P_n	P_n	P_n	P_n
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
N = 50 mm				
RT0-16	3,55	8,11	2,57	9,24
RT1-16	3,41	7,88	2,43	8,64
RT1-13	11,30	20,92	8,18	25,29
RT1-11	22,29	38,49	16,22	48,61
RT3-16	3,17	7,49	2,22	7,63
RT3-13	10,83	20,28	7,74	23,55
RT4-16	2,94	7,09	2,00	6,61
RT4-13	10,36	19,64	7,30	21,81
RT4-11	20,94	36,77	14,95	43,77
N = 100mm				
RT0-16	4,55	9,76	3,21	10,01
RT1-16	4,37	9,47	3,04	9,00
RT1-13	13,27	23,61	9,60	25,97
RT1-11	25,32	42,31	18,42	49,59
RT3-16	4,07	9,00	2,77	7,94
RT3-13	12,72	22,89	9,09	24,18
RT4-16	3,77	8,53	2,50	6,89
RT4-13	12,17	22,17	8,57	22,39
RT4-11	23,78	40,41	16,98	44,65
N = 150mm				
RT0-16	5,88	12,17	3,85	10,01
RT1-16	5,65	11,82	3,65	9,35
RT1-13	15,48	26,36	11,03	26,65
RT1-11	28,35	46,13	20,62	50,56
RT3-16	5,26	11,23	3,32	8,26
RT3-13	14,84	25,56	10,43	24,81
RT4-16	4,87	10,64	3,00	7,16
RT4-13	14,20	24,75	9,84	22,97
RT4-11	26,62	44,06	19,01	45,52
N = 200mm				
RT0-16	7,21	14,58	4,49	10,40
RT1-16	6,93	14,16	4,26	9,71
RT1-13	18,44	30,59	12,45	27,32
RT1-11	31,85	50,00	22,82	51,54
RT3-16	6,45	13,45	3,88	8,58
RT3-13	17,67	29,66	11,78	25,44
RT4-16	5,98	12,75	3,49	7,44
RT4-13	16,91	28,72	11,11	23,55
RT4-11	29,91	47,76	21,04	46,40

donde:

P_n = Fuerza Crítica Nominal del Pandeo del Alma. Debe modificarse con el Factor de Seguridad o con el Factor de Resistencia;

- usando el Método de Esfuerzos de Trabajo (ASD) se divide entre el factor de seguridad: $\Omega_w = 1.85$.
- usando el Método de Esfuerzos Últimos (LRFD) se multiplica por el factor de resistencia: $\Phi_w = 0.75$.

N = Ancho del Apoyo (aplastamiento).

CASO A: Para las reacciones o cargas concentradas en los extremos de una viga o voladizo cuando la distancia entre el borde del apoyo de la fuerza y el borde de la viga es menor de $1.5h$ y cuando la separación entre los bordes de los apoyos de las cargas o reacciones adyacentes y opuestas, actuando éstas sea en el ala superior o inferior, es mayor de $1.5h$.

CASO B: Para las reacciones o cargas concentradas cuando la distancia entre el borde del apoyo y el borde de la viga es igual o mayor de $1.5h$ y cuando la separación entre los bordes de los apoyos de las cargas o reacciones adyacentes y opuestas, actuando éstas sea en el ala superior o inferior, es mayor de $1.5h$.

CASO C: Para las reacciones o cargas concentradas en los extremos de una viga o voladizo cuando la distancia entre el borde del apoyo de la fuerza y el borde de la viga es menor de $1.5h$ y cuando la separación entre los bordes de los apoyos de las cargas o reacciones adyacentes y opuestas, actuando éstas simultáneamente en el ala superior e inferior, es igual o menor de $1.5h$.

CASO D: Para las reacciones o cargas concentradas cuando la distancia entre el borde del apoyo y el borde de la viga es igual o mayor de $1.5h$ y cuando la separación entre los bordes de los apoyos de las cargas o reacciones adyacentes y opuestas, actuando éstas simultáneamente en el ala superior e inferior, es igual o menor de $1.5h$.

Donde h es la altura del alma: $h = d - 2R - 2t$

5. CAPACIDADES DE LOS PERFILES COMO COLUMNAS

Según la Sección C4 de AISI, la fuerza axial nominal, " P_n ", en un elemento comprimido céntricamente será:

$$P_n = A_e F_n$$

donde:

A_e = área efectiva de la sección de un elemento céntricamente comprimido con los esfuerzos F_n y que depende de estos mismos.

Usando el Método de Esfuerzos de Trabajo, (ASD), la fuerza axial nominal, " P_n ", debe dividirse con el Factor de Seguridad $\Omega_c = 1.80$ y usando el Método de Esfuerzos Últimos (LRFD) debe multiplicarse con el Factor de resistencia $\Phi_c = 0.85$.

6. COLUMNAS RESTRINGIDAS AL PANDEO

En las columnas restringidas al pandeo, P_n depende únicamente del área efectiva de la sección del perfil y ésta a su vez de los esfuerzos f . Gráfico No. 2 muestra la variación del área efectiva, A_e , en función de los esfuerzos f .

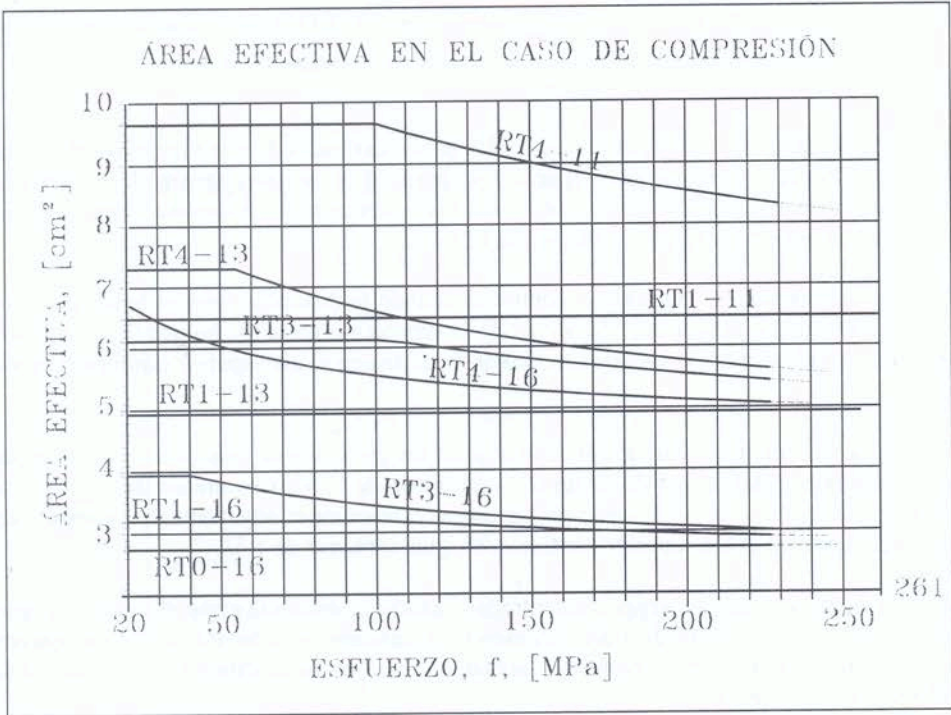


GRÁFICO No. 2. Diagramas Área Efectiva - Esfuerzos

NOTA: Para los esfuerzos < 20 MPa, el área efectiva será igual al área total de la sección.

7. COLUMNAS CON POSIBILIDAD DEL PANDEO

En las columnas con posibilidad del pandeo, P_n depende del área efectiva y de las longitudes del pandeo, KL . Tabla No. 8 muestra los valores de P_n para diferentes longitudes del pandeo con respecto al eje x , $K_x L_x$, y a la vez con diferentes longitudes del pandeo con respecto al eje y , $K_y L_y$, y diferentes longitudes del pandeo torsional, $K_t L_t$, considerándolos como una fracción de $K_x L_x$.

TABLA No. 8. Fuerza axial nominal concentrada, “ P_n ”, en kN

PERFI	$K_x L_x$	APUNTALADO ($y L_y = K_y L_y$)				
	[m]	=0	$=K_x L_x/4$	$=K_x L_x/3$	$=K_x L_x/2$	$=K_x L_x$
RT0-16	1,0	58,4	57,6	56,9	54,7	44,6
	1,5	54,0	52,3	50,9	46,7	30,7
	2,0	48,4	45,7	43,5	37,6	19,6
	2,5	42,0	38,5	35,8	28,7	13,7
	3,0	35,3	31,2	28,1	20,9	10,4
	3,5	28,8	24,4	21,2	15,7	8,4
	4,0	22,7	18,7	16,4	12,3	7,7
	4,5	17,9	14,8	13,1	10,0	$\max KL =$
	5,0	14,5	12,0	10,6	8,3	3,73m
	5,5	12,0	10,0	8,9	7,0	
	6,0	10,1	8,4	7,5	6,1	
RT1-16	1,0	64,2	63,8	63,4	62,1	54,7
	1,5	62,1	61,3	60,4	57,6	44,0
	2,0	59,3	57,8	56,4	52,0	33,1
	2,5	55,8	53,7	51,7	45,6	23,1
	3,0	51,9	49,1	46,5	39,0	17,2
	3,5	47,6	44,1	41,0	32,6	13,6
	4,0	43,0	39,0	35,5	26,0	12,6
	4,5	38,4	33,9	29,9	21,0	para
	5,0	33,7	28,6	24,5	17,3	$\max KL =$
	5,5	28,9	23,7	20,4	14,7	3,70
	6,0	24,3	19,9	17,3	12,6	
RT1-13	1,0	121,0	120,0	119,0	115,8	99,3
	1,5	115,8	113,7	111,7	105,4	77,7
	2,0	109,0	105,6	102,4	92,8	58,8
	2,5	100,8	96,0	91,6	79,5	44,1
	3,0	91,6	85,5	80,2	66,5	31,0
	3,5	81,9	74,6	68,8	54,6	22,8
	4,0	71,9	63,8	57,8	44,1	21,3
	4,5	62,0	53,6	47,5	36,2	para
	5,0	52,6	44,1	39,0	30,5	$\max KL =$
	5,5	43,8	36,6	32,7	26,2	3,62m
	6,0	36,8	30,9	27,8	22,8	

Continuación de la tabla No. 8. Fuerza axial nominal concentrada, " P_n ", en kN

PERFIL	$K_x L_x$	APUNTALADO ($K_y = K_L$)				
	[m]	=0	= $K_x L_x/4$	= $K_x L_x/3$	= $K_x L_x/2$	= $K_x L_x$
RT1-11	1,0	163,1	161,7	160,4	156,0	134,6
	1,5	155,8	152,9	150,2	141,8	108,8
	2,0	146,2	141,5	137,3	125,3	83,3
	2,5	134,7	128,2	122,7	108,3	56,1
	3,0	121,9	113,7	107,3	92,0	39,0
	3,5	108,3	98,9	92,0	77,1	28,6
	4,0	94,5	84,3	77,5	63,8	28,0
	4,5	81,0	70,5	64,0	53,0	para
	5,0	68,1	57,9	52,8	44,9	$\max KL =$
	5,5	56,4	48,2	44,4	38,7	3,54m
RT3-16	1,0	67,5	67,3	67,0	65,9	60,1
	1,5	66,5	66,0	65,4	63,1	51,3
	2,0	65,0	64,2	63,2	59,4	41,0
	2,5	63,3	62,0	60,5	55,1	30,8
	3,0	61,2	59,5	57,3	50,3	22,7
	3,5	58,8	56,6	53,9	45,2	17,4
	4,0	56,2	53,5	50,2	40,2	16,9
	4,5	53,3	50,1	46,3	35,3	para
	5,0	50,3	46,7	42,4	30,6	$\max KL =$
	5,5	47,2	43,1	38,5	26,3	3,57m
RT3-13	1,0	121,7	121,4	120,9	119,0	107,9
	1,5	119,9	119,0	117,9	113,9	91,2
	2,0	117,3	115,8	113,9	107,4	72,0
	2,5	114,1	111,9	109,2	99,8	51,3
	3,0	110,3	107,3	103,5	91,2	35,6
	3,5	105,9	102,1	97,4	81,8	26,5
	4,0	101,1	96,4	91,0	72,0	para
	4,5	95,9	90,4	84,1	62,1	$\max KL =$
	5,0	90,4	84,1	77,2	51,3	3,48m
	5,5	84,7	77,7	70,5	42,4	
6,0	78,8	71,2	63,8	35,6		

Continuación de la tabla No. 8. Fuerza axial nominal concentrada, " P_n ", en kN

PERFIL	$K_x L_x$	APUNTALADO ($y L_y = K_t L_t$)				
	[m]	=0	= $K_x L_x/4$	= $K_x L_x/3$	= $K_x L_x/2$	= $K_x L_x$
RT4-16	1,0	68,9	68,7	68,4	67,0	60,5
	1,5	68,3	67,9	67,0	64,2	51,0
	2,0	67,4	66,8	65,2	60,5	40,2
	2,5	66,3	65,3	63,1	56,0	29,7
	3,0	65,0	63,6	60,5	51,0	22,1
	3,5	63,5	61,7	57,5	45,6	18,0
	4,0	61,8	59,5	54,4	40,2	para
	4,5	60,0	57,2	51,0	34,8	$\max KL =$
	5,0	58,0	54,7	47,4	29,7	3,41m
	5,5	55,8	52,0	43,9	25,4	
	6,0	53,6	49,3	40,2	22,1	
RT4-13	1,0	126,6	126,3	125,5	123,1	110,7
	1,5	125,4	124,8	123,1	117,7	92,8
	2,0	123,9	122,7	119,7	110,7	72,5
	2,5	121,9	120,1	115,7	102,3	52,7
	3,0	119,6	117,1	110,7	92,8	38,7
	3,5	116,8	113,6	105,1	82,8	31,6
	4,0	113,8	109,7	99,3	72,5	para
	4,5	110,4	105,5	92,8	62,4	$\max KL =$
	5,0	106,7	101,0	86,0	52,7	3,32m
	5,5	102,8	96,3	79,5	45,0	
	6,0	98,7	91,4	72,5	38,7	
RT4-11	1,0	187,8	187,3	186,1	182,3	163,0
	1,5	186,1	185,1	182,3	174,0	135,2
	2,0	183,8	182,0	177,0	163,0	103,6
	2,5	180,8	178,2	170,8	149,9	70,1
	3,0	177,3	173,6	163,0	135,2	48,7
	3,5	173,1	168,4	154,3	119,6	41,7
	4,0	168,5	162,6	145,4	103,6	para
	4,5	163,4	156,4	135,2	86,5	$\max KL =$
	5,0	157,9	149,7	124,7	70,1	3,24m
	5,5	152,0	142,7	114,5	57,9	
	6,0	145,7	135,2	103,6	48,7	

donde:

$K_x L_x$ = longitud del pandeo alrededor del eje x .

$K_y L_y$ = longitud del pandeo alrededor del eje y .

$K_t L_t$ = longitud del pandeo torsional.

Las fuerzas axiales nominales, indicadas en la Tabla No. 8, se deben modificar con el Factor de Seguridad o con el Factor de Resistencia:

- usando el Método de Esfuerzos de Trabajo (ASD) se divide entre el factor de seguridad: $\Omega_c = 1.80$.
- usando el Método de Esfuerzos Últimos (LRFD) se multiplica por el factor de resistencia: $\Phi_c = 0.85$.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Cold Formed Steel Design Manual, edit. American Iron and Steel Institute (AISI), USA, 1996.
- [2]. Capacidad Estructural de los Perfiles de Acero Laminado en Frío Costarricenses". Tesis de Maestría, Programa de Posgrado en Ingeniería Estructural, Esc. Ing. Civil y Lanamme, UCR.