

Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica
ENERO/DICIEMBRE 2001-VOLUMEN 11-N.º 1 y 2

2004



dn

FACULTAD
DE =
INGENIERIA

1941



PROPIEDADES Y CAPACIDADES DE LOS PERFILES TIPO “Z” LAMINADOS EN FRÍO Y PRODUCIDOS EN COSTA RICA

Marija Romanjek

Resumen

En este artículo se presentan los resultados de los cálculos efectuados por la autora con el propósito de facilitar los diseños de las estructuras hechas en los perfiles tipo “Z”. Los cálculos se realizaron para todas las secciones tipo “Z” que se producen actualmente en Costa Rica por las empresas METALCO y TUBOTICO, y se consideraron las características del acero utilizado. Se presentan tablas con las propiedades geométricas de las secciones de los perfiles calculadas con base en las dimensiones declaradas por los fabricantes, las capacidades de los perfiles como vigas restringidas al pandeo lateral, las capacidades de los perfiles como vigas con posibilidad de pandeo lateral, capacidades de las vigas con flexión y cortante combinados para el método de esfuerzos de trabajo (ASD) y para el método de esfuerzos últimos (LRFD), y la fuerza crítica nominal para el pandeo del alma bajo una fuerza concentrada. 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.

Abstract

This article presents the results of the calculations made by the author with the purpose of facilitating the design of structures made with the sections “Z”. The calculations were made for all the sections “Z” that are nowadays produced by METALCO and TUBOTICO, considering the characteristics of the steel used. There are also presented charts with the geometric properties of the sections of the members calculated on base with the measures declared by the producers, the capacities of the members as beams with possibilities of lateral buckling, capacities of the beams on combined bending and shear for the method of Allowable Stress Design (ASD), and for the Load and Resistance Factor Design (LRFD), and the nominal web crippling strength. The charts and their data are according to the specifications of the *American Iron and Steel Institute (AISI)* and are of utility for the designers of structural systems, considering that there are no trusting manuals in the country for that purpose.

PROPIEDADES DE LAS SECCIONES TIPO “Z”

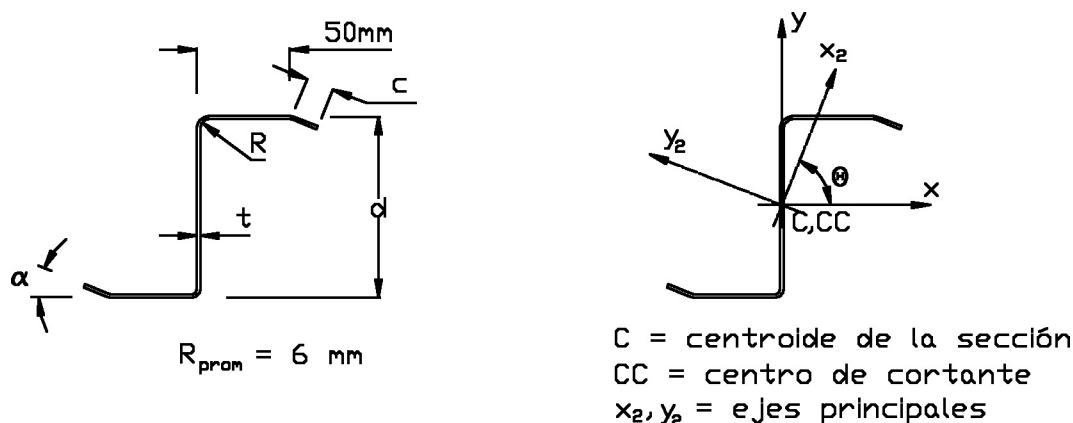


Figura #1 Forma geométrica de los perfiles tipo “Z”

Tabla #1 Propiedades geométricas de las secciones

Perfil	d cm	t cm	c cm	α °	A cm ²	Eje x			Eje y			k _y cm ⁴	k _z cm ⁴	I _{y2} cm ⁴	r _{min} cm	r _o cm	Θ °	J cm ⁴	C _w cm ⁶
						k cm ⁴	S _x cm ³	r _x cm	I _y cm ⁴	S _y cm ³	r _y cm								
RZ0-18	7	0,120	1,3	45	2,24	19,02	5,44	2,92	18,16	2,96	2,85	14,75	3,83	33,4	1,31	4,08	46,0	0,01073	129,7
RZ0-16	7	0,150	1,3	45	2,78	23,44	6,70	2,90	22,40	3,66	2,84	18,20	4,71	41,1	1,3	4,06	46,0	0,02085	158,6
RZ1-18	10	0,120	1,3	45	2,60	42,71	8,54	4,06	18,16	2,96	2,65	21,53	5,66	55,2	1,48	4,85	60,0	0,01246	286,4
RZ1-16	10	0,150	1,3	45	3,23	52,78	10,56	4,04	22,40	3,66	2,63	26,59	6,97	68,2	1,469	4,82	60,0	0,02423	351,2
Z10-16	10	0,158	1,5	50	3,47	56,6	11,32	4,04	25,3	4,30	1,51	29,1	7,94	74,0	1,512	4,31	59,3	0,0289	405
Z10-13	10	0,238	1,5	50	5,17	82,7	16,53	4,00	36,7	6,28	2,67	42,4	11,50	107,9	1,492	4,81	59,4	0,0976	579
Z10-11	10	0,317	1,5	50	6,8	106,8	21,4	3,96	47,1	8,11	2,63	54,6	14,72	139,1	1,471	4,75	59,5	0,2277	731
Z15-16	15	0,158	1,5	50	4,26	145,0	19,33	5,83	25,3	4,30	2,44	44,6	10,54	159,8	1,572	6,32	71,8	0,0355	995
Z15-13	15	0,238	1,5	50	6,36	213	28,4	5,79	36,7	6,28	2,40	65,1	15,29	235	1,551	6,27	71,9	0,1201	1431
Z15-11	15	0,317	1,5	50	8,38	277	37,0	5,75	47,1	8,11	2,37	84,2	19,62	305	1,530	6,22	72,1	0,2808	1820
Z20-16	20	0,158	1,5	50	5,05	287	28,7	7,53	25,3	4,30	2,24	60,1	12,17	300	1,551	7,86	77,8	0,0421	1882
Z20-13	20	0,238	1,5	50	7,55	423	42,3	7,49	36,7	6,28	2,21	87,9	17,67	442	1,530	7,81	77,9	0,1425	2714
Z20-11	20	0,317	1,5	50	9,97	553	55,3	7,45	47,1	8,11	2,17	113,7	22,7	577	1,509	7,76	78,0	0,3339	3462

Donde:

- A = Área de la sección.
- C_w = Constante del alabeo 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.
- I_{xy} = Producto de inercia de la sección con respecto a los ejes x y y.
- I_{x2} = Momento de inercia de la sección con respecto al eje x₂.
- I_{y2} = Momento de inercia de la sección con respecto al eje y₂.
- J = Constante de la torsión de la sección (constante de St. Venant).
- 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_{min} = Radio del giro mínimo de la sección (con respecto al eje x₂).
- r_o = Radio del giro polar de la sección con respecto al centro de cortante.
- S_x = Módulo elástico de la sección con respecto al eje x.
- S_y = Módulo elástico de la sección con respecto al eje y.
- Θ = Orientación de los ejes principales: x₂ y y₂

NOTA:

Calculado según las expresiones dadas en el manual de AISI (American Iron and Steel Institute).

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 = 203 GPa
- Módulo de Rigidez: G = 78 GPa

PROPIEDADES DE LOS PERFILES COMO VIGAS

Según la Sección C3 de AISI.

Tabla #2 Capacidades nominales de los perfiles como vigas restringidas al pandeo lateral (basado en el inicio de fluencia)

Perfil	f	y_c	I_{xef}	$\min S_{xef}$	M_{nxo}	L_u	V_n	Ω_v	Φ_v
	MPa	cm	cm ⁴	cm ³	kNm	m	kN	(ASD)	(LRFD)
RZ0-18	227	3,46	18,68	5,27	1,197	1,204	9,09	1,50	1,00
RZ0-16	227	3,50	23,4	6,70	1,520	1,210	11,24	1,50	1,00
RZ1-18	227	4,95	42,0	8,31	1,887	1,166	14,46	1,67	0,90
RZ1-16	227	5,00	52,8	10,56	2,40	1,164	17,37	1,50	1,00
Z10-16	227	5,00	56,6	11,32	2,57	0,896	18,26	1,5	1,00
Z10-13	227	5,00	82,7	16,53	3,75	1,211	26,98	1,5	1,00
Z10-11	227	5,00	106,8	21,4	4,85	1,225	35,26	1,5	1,00
Z15-16	227	7,50	145,0	19,33	4,39	1,147	25,06	1,67	0,90
Z15-13	227	7,50	213	28,4	6,46	1,143	43,19	1,5	1,00
Z15-11	227	7,50	277	37,0	8,40	1,142	56,84	1,5	1,00
Z20-16	227	10,00	287	28,7	6,51	1,102	20,93	1,67	0,90
Z20-13	227	10,00	423	42,3	9,61	1,095	56,86	1,67	0,90
Z20-11	227	10,00	553	55,3	12,55	1,088	78,43	1,5	1,00

Donde:

f = Esfuerzo máximo en la sección (límite de fluencia).

I_{xef} = Momento de inercia de la sección efectiva con respecto al eje x .

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 o con el Factor de Resistencia:

- Usando el Método de Esfuerzos de Trabajo (ASD) se divide por el Factor de Seguridad: $\Omega_b = 1.67$
- Usando el Método de Esfuerzos Últimos (LRFD) se multiplica por el Factor de Resistencia: $\Phi_b = 0,95$

$\min S_{xef}$ = Módulo mínimo efectivo de la sección para la flexión alrededor del eje x .

L_u = La longitud máxima de la viga sometida a flexión alrededor del eje x para la cual no es necesario considerar el pandeo lateral, con $K_y = K_t = 1$.

K_y, K_t = Coeficientes de pandeo con respecto al eje y y pandeo torsional respectivamente.

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 2 y según el método de diseño que se está usando.

y_c = Posición del eje neutro, eje x .

Perfil	RZ0-18	RZ0-16	RZ1-18	RZ1-16	Z10-16	Z10-13	Z10-11	Z15-16	Z15-13	Z15-11	Z20-16	Z20-13	Z20-11
$K_y L_y = K_t L_t$	M_{nx}	M_{nx}	M_{nx}	M_{nx}	M_{nx}	M_{nx}	M_{nx}	M_{nx}	M_{nx}	M_{nx}	M_{nx}	M_{nx}	M_{nx}
m	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
0,5	1,196	1,521	1,887	2,40	2,57	3,75	4,86	4,39	6,45	8,40	6,51	9,60	12,55
1,0	1,196	1,521	1,887	2,40	2,50	3,75	4,86	4,39	6,45	8,40	6,51	9,60	12,19
1,5	1,126	1,435	1,752	2,23	2,07	3,54	4,62	4,05	5,95	7,76	5,90	8,69	10,08
2,0	0,992	1,254	1,493	1,905	1,493	3,11	4,11	3,42	5,06	6,67	4,88	7,21	7,28
2,5	0,801	1,039	1,170	1,508	0,984	2,61	3,55	2,64	3,98	5,37	3,59	5,38	4,84
3,0	0,595	0,802	0,841	1,099	0,705	2,05	2,96	1,875	2,90	4,04	2,52	3,83	3,50
3,5	0,454	0,622	0,632	0,835	0,537	1,604	2,39	1,405	2,22	3,15	1,879	2,89	2,68
4,0	0,363	0,503	0,497	0,663	0,426	1,309	1,991	1,099	1,769	2,57	1,460	2,28	2,15
4,5	0,299	0,421	0,403	0,545	0,350	1,102	1,705	0,889	1,460	2,16	1,172	1,861	1,782
5,0	0,253	0,361	0,336	0,459	0,296	0,951	1,492	0,739	1,237	1,855	0,966	1,558	1,515
5,5	0,219	0,315	0,287	0,395	0,255	0,835	1,327	0,627	1,069	1,627	0,813	1,333	1,314
6,0	0,192	0,280	0,248	0,346	0,223	0,745	1,195	0,541	0,940	1,448	0,696	1,160	1,158

Tabla #3 Capacidades nominales de los perfiles como vigas con posibilidad del pandeo lateral (C3.1.2, AISI)

Donde:

$K_y L_y, K_t L_t$ = Longitudes del pandeo lateral y torsional respectivamente (las distancias entre los arriostres contra los pandeos lateral y torsional respectivamente).

M_{nx} = Momento nominal de la sección para la flexión alrededor del eje x centroidal, con el coeficiente de flexión: $C_b = 1$. Debe modificarse con el factor de seguridad o con el factor de resistencia:

- Usando el Método de Esfuerzos de Trabajo (ASD) se divide por el factor de seguridad: $\Omega_b = 1,67$
- Usando el Método de Esfuerzos Últimos (LRFD) se multiplica por el factor de resistencia: $\Phi_b = 0,95$

Tabla#4 Capacidades de las vigas con flexión y cortante combinados

RZ0-18		RZ0-16		RZ1-18		RZ1-16		Z10-16		Z10-13		Z10-11	
V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M
kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm
6,06	0,0	7,49	0,0	8,66	0,0	11,58	0,0	12,17	0,0	17,99	0,0	23,5	0,0
6,0	0,101	7,0	0,325	8,0	0,432	11,0	0,449	12,0	0,259	17,5	0,519	23,0	0,600
5,5	0,301	6,0	0,546	7,0	0,665	10,0	0,725	11,0	0,659	17,0	0,734	22,0	1,023
5,0	0,405	5,0	0,678	6,0	0,815	8,0	1,039	10,0	0,878	16,0	1,026	20,0	1,526
4,0	0,538	4,0	0,770	5,0	0,923	6,0	1,229	8,0	1,160	13,0	1,552	17,0	2,01
3,0	0,622	3,0	0,835	4,0	1,002	4,0	1,349	5,0	1,403	10,0	1,866	12,0	2,50
2,0	0,676	2,0	0,878	2,0	1,099	2,0	1,416	2,0	1,518	5,0	2,16	6,0	2,81
0,0	0,716	0,0	0,911	0,0	1,130	0,0	1,437	0,0	1,539	0,0	2,25	0,0	2,90

Z15-16		Z15-13		Z15-11		Z20-16		Z20-13		Z20-11	
V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M
kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm
15,01	0,0	28,8	0,0	37,9	0,0	12,5	0,0	34,0	0,0	52,3	0,0
14,5	0,677	28,0	0,902	37,0	1,086	12,0	1,125	33,5	1,028	52,0	0,786
14,0	0,946	27,0	1,344	36,0	1,570	11,0	1,868	32,0	1,966	50,0	2,20
13,0	1,313	25,0	1,919	34,0	2,22	10,0	2,35	30,0	2,72	45,0	3,83
11,0	1,788	22,0	2,50	30,0	3,07	9,0	2,71	25,0	3,91	40,0	4,84
8,0	2,22	18,0	3,02	20,0	4,27	7,0	3,23	20,0	4,66	32,0	5,94
4,0	2,53	9,0	3,67	10,0	4,85	4,0	3,69	10,0	5,50	20,0	6,94
0,0	2,63	0,0	3,87	0,0	5,03	0,0	3,90	0,0	5,75	0,0	7,51

MÉTODO DE ESFUERZOS DE TRABAJO (ASD) (C3.3.1, AISI)

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 #4 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):

Para un alma simple y no reforzada
 [Ec. C3.5.1-1]

Donde:

P = Fuerza concentrada en presencia del momento.

M = Momento en la sección o en la sección muy cercana al punto de aplicación de P.

P_n = Fuerza nominal del pandeo del alma en ausencia del momento (ver Tabla 6).

M_{nxo} = Momento nominal alrededor del eje x centroidal (ver Tabla 2).

Ω_w = Coeficiente de seguridad para el pandeo del alma = 1,85

Ω_b = Coeficiente de seguridad para la flexión = 1,67

TABLA #5 Capacidades de las Vigas con Flexión y Cortante Combinados

RZ0-18		RZ0-16		RZ1-18		RZ1-16		Z10-16		Z10-13		Z10-11	
V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M
kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm
9,09	0,0	11,24	0,0	13,01	0,0	17,37	0,0	18,26	0,0	26,98	0,0	35,3	0,0
8,5	0,403	11,0	0,297	12,0	0,693	17,0	0,468	18,0	0,411	26,0	0,951	35,0	0,559
8,0	0,539	10,0	0,660	11,0	0,957	16,0	0,888	17,0	0,891	24,0	1,627	34,0	1,221
7,0	0,725	9,0	0,866	10,0	1,147	14,0	1,350	15,0	1,392	22,0	2,06	32,0	1,935
6,0	0,854	7,0	1,131	8,0	1,414	12,0	1,648	13,0	1,715	17,0	2,77	30,0	2,42
5,0	0,949	5,0	1,294	6,0	1,591	10,0	1,864	9,0	2,12	12,0	3,19	20,0	3,79
3,0	1,073	3,0	1,393	3,0	1,744	5,0	2,183	5,0	2,35	5,0	3,50	10,0	4,42
0,0	1,136	0,0	1,445	0,0	1,793	0,0	2,280	0,0	2,44	0,0	3,56	0,0	4,61

Z15-16		Z15-13		Z15-11		Z20-16		Z20-13		Z20-11	
V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M
kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm
22,55	0,0	43,2	0,0	56,84	0,0	18,8	0,0	51,2	0,0	78,4	0,0
22,0	0,915	43,0	0,575	56,0	1,367	18,5	1,170	51,0	0,744	76,5	2,63
21,0	1,520	42,0	1,431	55,0	2,01	18,0	1,826	50,0	1,941	74,0	3,95
19,0	2,246	41,0	1,929	53,0	2,88	17,0	2,67	48,0	3,16	70,0	5,38
16,0	2,939	39,0	2,64	50,0	3,80	16,0	3,27	45,0	4,35	65,0	6,67
12,0	3,53	35,0	3,60	45,0	4,88	14,0	4,14	40,0	5,69	58,0	8,03
10,0	3,74	30,0	4,41	38,0	5,93	10,0	5,24	30,0	7,40	50,0	9,19
5,0	4,07	20,0	5,44	28,0	6,94	5,0	5,96	20,0	8,40	35,0	10,67
0,00	4,17	0,00	6,14	0,00	7,98	0,00	6,18	0,00	9,13	0,00	11,92

MÉTODO DE ESFUERZOS ÚLTIMOS (LRFD) (C3.3.2,AISI)

Donde:

V_u = Fuerza cortante en la sección del perfil.

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

NOTA:

La Tabla 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):

Para un alma simple y no reforzada:

$$1.07 \left(\frac{P_u}{\Phi_w P_n} \right) + \left(\frac{M_u}{\Phi_b M_{nxo}} \right) \leq 1.42 \quad [\text{Ec. C3.5.2-1}]$$

Donde:

P_u = Fuerza concentrada en presencia del momento.

M_u = Momento en la sección o en la sección muy cercana al punto de aplicación de P_u .

P_n = Fuerza nominal del pandeo del alma en ausencia del momento (ver Tabla 6).

M_{nxo} = Momento nominal alrededor del eje x centroidal (ver Tabla 2).

Φ_b = Coeficiente de resistencia para la flexión = 0,95

Φ_w = Coeficiente de resistencia para el pandeo del alma = 0,75

Ejemplo de las combinaciones: flexión y cortante y flexión y fuerza concentrada

Suponiendo que la viga mostrada en la Figura 2 esté restringida contra los pandeos lateral y torsional, se debe revisar su capacidad en las siguientes combinaciones:

- a) La capacidad con flexión y cortante combinados, según las Tablas 4 ó 5, en cuyo caso la sección crítica será sobre el apoyo B. La

cortante a considerar será $V = 0.625wL$ y el momento que actúa junto con la cortante será $M = 0.125wL^2$.

- b) La capacidad con flexión y fuerza concentrada, según las ecuaciones C3.5.1-1 o C3.5.2-1 de AISI, en cuyo caso la sección crítica también será la que se encuentra sobre el apoyo B. La fuerza concentrada será $P = R_B = 1.25wL$ y el momento que actúa junto con la fuerza concentrada será $M = 0.125wL^2$.

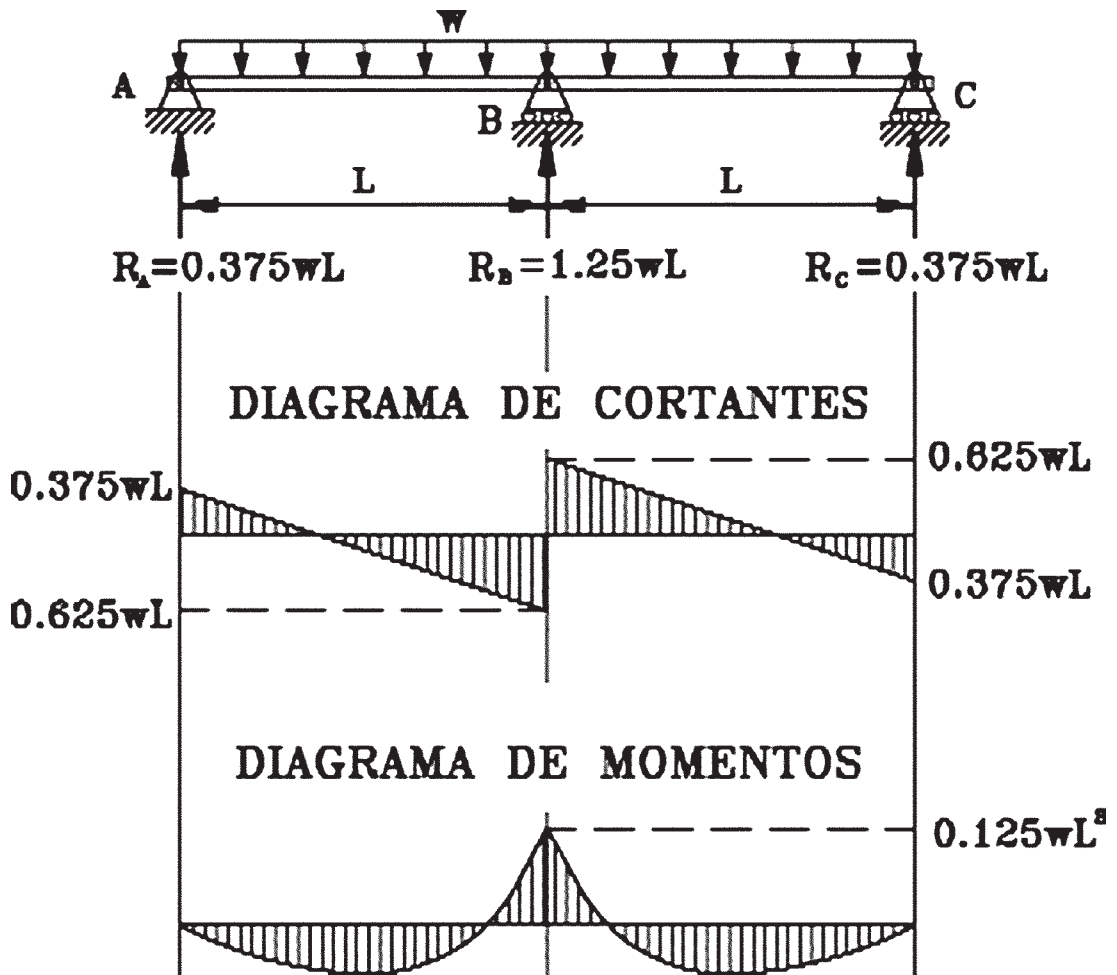


FIGURA #2

PANDEO DEL ALMA DEBIDO A UNA FUERZA CONCENTRADA

Según la Sección C3.4 de AISI.

Tabla #6 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				
RZ0-18	1,704	4,91	1,225	5,30
RZ0-16	3,51	8,02	2,54	9,14
RZ1-18	1,618	4,73	1,145	4,85
RZ1-16	3,37	7,79	2,41	8,54
Z10-16	3,92	8,72	2,81	9,69
Z10-13	11,30	20,86	8,18	25,2
Z10-11	21,92	37,81	15,94	47,7
Z15-16	3,67	8,31	2,571	8,63
Z15-13	10,83	20,23	7,74	23,5
Z15-11	21,25	36,96	15,31	45,3
Z20-16	3,42	7,90	2,333	7,56
Z20-13	10,37	19,59	7,30	21,78
Z20-11	20,58	36,10	14,69	42,95
N=100mm				
RZ0-18	2,36	6,34	1,585	5,58
RZ0-16	4,51	9,64	3,17	9,52
RZ1-18	2,24	6,11	1,481	5,10
RZ1-16	4,33	9,37	3,01	8,89
Z10-16	4,95	10,33	3,48	10,08
Z10-13	13,26	23,53	9,60	25,91
Z10-11	24,90	41,56	18,11	48,68
Z15-16	4,63	9,84	3,19	8,97
Z15-13	12,72	22,82	9,08	24,13
Z15-11	24,14	40,63	17,40	46,25
Z20-16	4,31	9,36	2,89	7,86
Z20-13	12,17	22,10	8,57	22,36
Z20-11	23,38	39,69	16,69	43,81

Tabla #6 continuación

Perfil	CASO A	CASO B	CASO C	CASO D
	P _n	P _n	P _n	P _n
	kN	kN	kN	kN
N=150mm				
RZ0-18	3,11	8,08	1,95	5,85
RZ0-16	5,82	12,03	3,81	9,90
RZ1-18	2,95	7,78	1,82	5,35
RZ1-16	5,59	11,68	3,61	9,25
Z10-16	6,36	12,81	4,16	10,46
Z10-13	15,46	26,25	11,02	26,58
Z10-11	27,89	45,32	20,28	49,64
Z15-16	5,95	12,21	3,81	9,31
Z15-13	14,82	25,45	10,43	24,76
Z15-11	27,04	44,30	19,49	47,16
Z20-16	5,54	11,61	3,45	8,16
Z20-13	14,18	24,65	9,84	22,94
Z20-11	26,19	43,28	18,69	44,68
N=200mm				
RZ0-18	3,86*	9,82*	2,31*	6,12*
RZ0-16	7,14*	14,41*	4,44*	10,28*
RZ1-18	3,67	9,46	2,15	5,60
RZ1-16	6,86	14,00	4,22	9,60
Z10-16	7,78	15,30	4,83	10,84
Z10-13	18,40	30,45	12,44	27,26
Z10-11	31,35	49,16	22,45	50,60
Z15-16	7,27	14,58	4,42	9,65
Z15-13	17,64	29,52	11,77	25,38
Z15-11	30,40	48,06	21,57	48,07
Z20-16	6,77	13,86	4,02	8,45
Z20-13	16,88	28,60	11,11	23,51
Z20-11	29,44	46,95	20,69	45,54
*no cumple con el requisito N/h<3,5				

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 a $1,5h$ (ecuación C3.4-1 de AISI).

CASO B: Para las reacciones o cargas concentradas cuando la distancia entre el borde del apoyo de la fuerza y el borde de la viga es igual o mayor a $1,5h$, 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 a $1,5h$ (ecuación C3.4-4 de AISI).

CASO C: Para las reacciones o cargas concentradas cuando la distancia entre el borde del apoyo de la fuerza y el borde de la viga es menor a $1,5h$, 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 $1,5h$ (ecuación C3.4-6 de AISI).

CASO D: Para las reacciones o cargas concentradas cuando la distancia entre el borde del apoyo de la fuerza 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 $1,5h$ (ecuación C3.4-8 de AISI).

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

En la Figura 3 se muestran gráficamente las condiciones de los cuatro casos

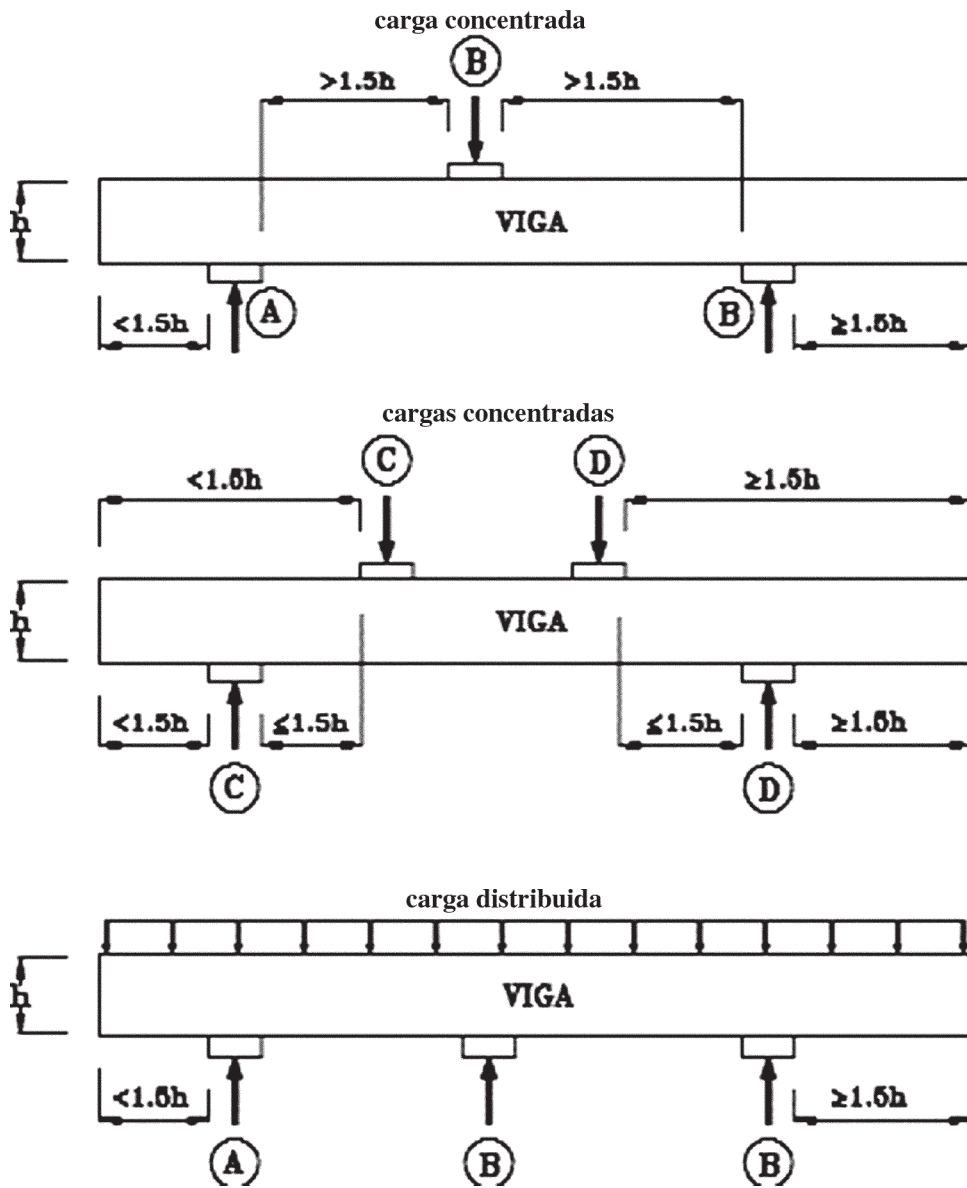


FIGURA #3 Esquema de las diferentes condiciones de las cargas concentradas

