

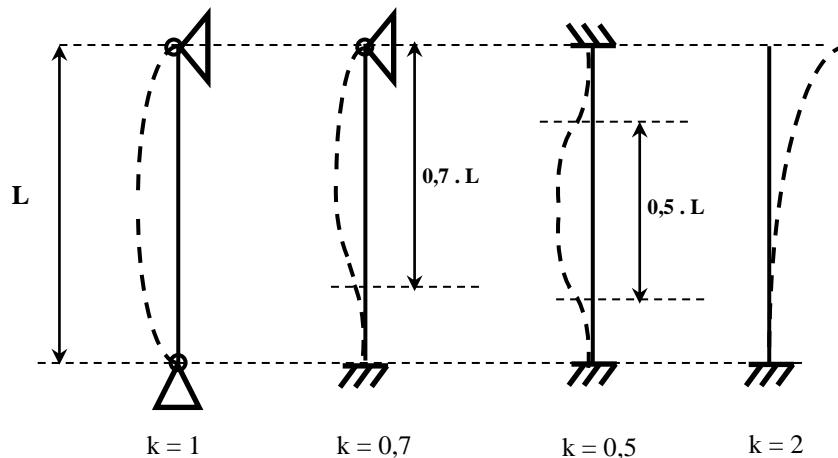
## Pandeo

Pandeo es la rotura por flexión lateral que se produce en barras esbeltas que trabajan a compresión.

Para dimensionar, debemos entrar a una tabla con el coeficiente de esbeltez:

$$\text{Esbeltez } \lambda \text{ (lambda)} = \frac{\text{longitud efectiva o de pandeo: longitud de la barra} \times k}{\text{radio de giro mínimo}}$$

La longitud efectiva o de pandeo es la longitud de la barra multiplicada por un coeficiente que depende del tipo de apoyo.



El radio de giro mínimo mide la “delgadez” de la sección y la definición es:

$$\text{Radio de giro} = \sqrt{\frac{\text{Momento de inercia}}{\text{Área de la sección}}}$$

En un perfil se encuentran en la tabla y en un rectángulo:

$$\text{Radio de giro en } x = \sqrt{\frac{b \cdot h^3/12}{b \cdot h}} = \sqrt{\frac{h^2}{12}} = \frac{h}{3,47} \quad \text{radio de giro en } y = \frac{b}{3,47}$$

Una vez que calculada la esbeltez:  $\lambda = \frac{\text{longitud efectiva o de pandeo}}{\text{radio de giro mínimo}}$

Vamos a la tabla de la pág. siguiente y obtenemos  $\phi \cdot f'_{cr}$

La barra verificará si:  $\frac{N_u \text{ (esfuerzo normal)}}{A \text{ (área de la sección)}} < \phi \cdot f'_{cr}$

O sea que para calcular el radio de giro **en acero debemos previamente conocer el número de perfil y en madera conocer la base y la altura de la sección.** Como esto es imposible, se resuelve por “prueba y error”, hasta conseguir una sección que verifique.

**Dimensionar Perfil normal una columna biarticulada  $N_u = 120 \text{ KN}$  longitud = 3,5 m**

Lo resolveremos por “prueba y error” adoptando en acero arbitrariamente  $\phi \cdot f'_{cr} = 9,75 \text{ KN/cm}^2$

(corresponde a  $\lambda = 120$ ) como primer tanteo para obtener A (área de la sección)

$$A = \frac{N_u}{\phi \cdot f'_{cr}} = \frac{120 \text{ KN}}{9,75 \text{ KN/cm}^2} = 12,3 \text{ cm}^2 \quad \text{de pág. 66} \quad \text{IPN 120} \quad r_{\min} = 1,23 \text{ cm}$$



$$\lambda \text{ (coef. de esbeltez)} = L_e \text{ (long. efectiva)} = L \cdot k = \frac{350 \text{ cm}}{1,23} = 284 > 200 \text{ (esbeltez máxima).}$$

No verifica, adopto IPN 200  $r_{\text{mín}} = 1,87 \text{ cm}$

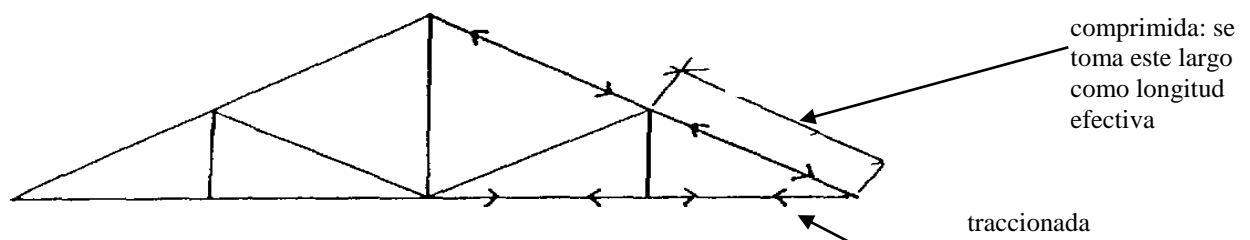
$$\lambda \text{ (coef. de esbeltez)} = L_e \text{ (long. efectiva)} = L \cdot k = \frac{350 \text{ cm}}{1,87} = 187 \quad \phi \cdot f'_{cr} = 4,21 \text{ KN/cm}^2$$

$$\frac{Nu}{A} < \phi \cdot f'_{cr} \quad \frac{120 \text{ KN}}{33,5 \text{ cm}^2} = 3,58 \text{ KN/cm}^2 < 4,21 \text{ KN/cm}^2 \quad \text{Verifica}$$

#### Tensión de Diseño para Barras Comprimidas de Acero en KN/cm<sup>2</sup>- (LRFD)

$\lambda$	$\phi \cdot f'_{cr}$	$\lambda$	$\phi \cdot f'_{cr}$	$\lambda$	$\phi \cdot f'_{cr}$	$\lambda$	$\phi \cdot f'_{cr}$	$\lambda$	$\phi \cdot f'_{cr}$	$\lambda$	$\phi \cdot f'_{cr}$	$\lambda$	$\phi \cdot f'_{cr}$	$\lambda$	$\phi \cdot f'_{cr}$
1	19,97	26	19,31	51	17,55	76	14,98	101	12,02	126	9,06	151	6,45	176	4,75
2	19,97	27	19,26	52	17,46	77	14,87	102	11,89	127	8,94	152	6,37	177	4,70
3	19,97	28	19,21	53	17,37	78	14,75	103	11,77	128	8,83	153	6,29	178	4,64
4	19,96	29	19,16	54	17,27	79	14,64	104	11,65	129	8,72	154	6,21	179	4,59
5	19,95	30	19,10	55	17,18	80	14,52	105	11,53	130	8,61	155	6,13	180	4,54
6	19,94	31	19,04	56	17,09	81	14,41	106	11,41	131	8,49	156	6,05	181	4,49
7	19,93	32	18,98	57	16,99	82	14,29	107	11,29	132	8,38	157	5,97	182	4,44
8	19,91	33	18,92	58	16,89	83	14,17	108	11,17	133	8,27	158	5,89	183	4,39
9	19,90	34	18,86	59	16,79	84	14,05	109	11,05	134	8,16	159	5,82	184	4,35
10	19,88	35	18,79	60	16,70	85	13,94	110	10,93	135	8,06	160	5,75	185	4,30
11	19,86	36	18,73	61	16,59	86	13,82	111	10,81	136	7,95	161	5,68	186	4,25
12	19,83	37	18,66	62	16,49	87	13,70	112	10,69	137	7,84	162	5,61	187	4,21
13	19,81	38	18,59	63	16,39	88	13,58	113	10,57	138	7,73	163	5,54	188	4,16
14	19,78	39	18,52	64	16,29	89	13,46	114	10,45	139	7,62	164	5,47	189	4,12
15	19,75	40	18,44	65	16,18	90	13,34	115	10,33	140	7,51	165	5,41	190	4,08
16	19,72	41	18,37	66	16,08	91	13,22	116	10,22	141	7,40	166	5,34	191	4,03
17	19,69	42	18,29	67	15,97	92	13,10	117	10,10	142	7,30	167	5,28	192	3,99
18	19,66	43	18,22	68	15,86	93	12,98	118	9,98	143	7,20	168	5,21	193	3,95
19	19,62	44	18,14	69	15,76	94	12,86	119	9,86	144	7,10	169	5,15	194	3,91
20	19,58	45	18,06	70	15,65	95	12,74	120	9,75	145	7,00	170	5,09	195	3,87
21	19,54	46	17,98	71	15,54	96	12,62	121	9,63	146	6,90	171	5,03	196	3,83
22	19,50	47	17,89	72	15,43	97	12,50	122	9,52	147	6,81	172	4,97	197	3,79
23	19,46	48	17,81	73	15,32	98	12,38	123	9,40	148	6,72	173	4,92	198	3,75
24	19,41	49	17,72	74	15,21	99	12,26	124	9,28	149	6,63	174	4,86	199	3,72
25	19,36	50	17,64	75	15,09	100	12,14	125	9,17	150	6,54	175	4,81	200	3,68

Importante: para dimensionar las barras de un reticulado, las comprimidas se verifican a Pandeo (como una columna), y la longitud efectiva o de pandeo es el largo de la barra.



**Dimensionar la barra b del reticulado de la pág. 18 - Madera, sección cuadrada.**



Es una barra comprimida, con  $N_u = 4,56 \text{ KN}$  y largo = 225 cm. Lo resolveremos por “prueba y error” adoptando en madera arbitrariamente  $\phi \cdot f'_{cr} = 0,975 \text{ KN/cm}^2$  (corresponde a  $\lambda = 70$ ) como primer tanteo para obtener A (área de la sección)

verificará si:  $\frac{N_u \text{ (esfuerzo normal)}}{A \text{ (área de la sección)}} < \phi \cdot f'_{cr}$

$$\text{despejando A: } A = \frac{N_u}{\phi \cdot f'_{cr}} = \frac{4,56 \text{ KN}}{0,975 \text{ KN/cm}^2} = 4,67 \text{ cm}^2 \quad \text{lado} = \sqrt{4,67 \text{ cm}^2} = 2,16 \text{ cm}$$

Este lado se redondea a pulgadas: 1" = 2,5 cm

(1" = 2,5 cm, 2" = 5 cm, 3" = 7,5 cm, 4" = 10 cm, 5" = 12,5 cm, 6" = 15 cm, etc.)

Ahora verifico este lado de 1" = 2,5 cm  $r_{\text{mín}} = \frac{\text{lado}}{3,47} = \frac{2,5 \text{ cm}}{3,47} = 0,72 \text{ cm}$ .

$\lambda$  (coef. de esbeltez) =  $\frac{L_e \text{ (long. efectiva)}}{r_{\text{mín}} \text{ (radio de giro mín.)}} = \frac{L \cdot k}{r_{\text{mín}}} = \frac{225 \text{ cm}}{0,72 \text{ cm}} = 285 > 120$  (esbeltez máxima).

No verifica, adopto lado = 3" = 7,5 cm  $r_{\text{mín}} = \frac{\text{lado}}{3,47} = \frac{7,5 \text{ cm}}{3,47} = 2,16 \text{ cm}$ .

$\lambda$  (coef. de esbeltez) =  $\frac{L_e \text{ (long. efectiva)}}{r_{\text{mín}} \text{ (radio de giro mín.)}} = \frac{L \cdot k}{r_{\text{mín}}} = \frac{225 \text{ cm}}{2,16 \text{ cm}} = 104$   $\phi \cdot f'_{cr} = 0,544 \text{ KN/cm}^2$

$$\frac{N_u}{A} < \phi \cdot f'_{cr} \quad \frac{4,56 \text{ KN}}{7,5 \text{ cm} \cdot 7,5 \text{ cm}} = 0,081 \text{ KN/cm}^2 < 0,544 \text{ KN/cm}^2 \quad \text{Verifica}$$

Como verifica por un margen muy amplio, habría que probar con lado = 2" = 5 cm

#### Tensión de Diseño para Compresión en Madera en $\text{KN/cm}^2$ (LRFD)

$\lambda$	$\phi \cdot f'_{cr}$	$\lambda$	$\phi \cdot f'_{cr}$	$\lambda$	$\phi \cdot f'_{cr}$	$\lambda$	$\phi \cdot f'_{cr}$	$\lambda$	$\phi \cdot f'_{cr}$	$\lambda$	$\phi \cdot f'_{cr}$
1	1,819	21	1,765	41	1,566	61	1,17	81	0,78	101	0,577
2	1,819	22	1,759	42	1,55	62	1,14	82	0,764	102	0,565
3	1,818	23	1,753	43	1,534	63	1,12	83	0,749	103	0,555
4	1,817	24	1,747	44	1,517	64	1,10	84	0,734	104	0,544
5	1,816	25	1,74	45	1,499	65	1,08	85	0,72	105	0,534
6	1,815	26	1,733	46	1,481	66	1,06	86	0,706	106	0,524
7	1,813	27	1,725	47	1,463	67	1,04	87	0,692	107	0,514
8	1,812	28	1,717	48	1,444	68	1,02	88	0,679	108	0,504
9	1,81	29	1,709	49	1,424	69	0,995	89	0,666	109	0,495
10	1,808	30	1,70	50	1,404	70	0,975	90	0,653	110	0,486
11	1,805	31	1,69	51	1,383	71	0,956	91	0,71	111	0,477
12	1,802	32	1,68	52	1,362	72	0,936	92	0,695	112	0,469
13	1,799	33	1,67	53	1,341	73	0,917	93	0,68	113	0,461
14	1,796	34	1,659	54	1,32	74	0,899	94	0,666	114	0,453
15	1,793	35	1,647	55	1,298	75	0,881	95	0,652	115	0,445
16	1,789	36	1,635	56	1,276	76	0,863	96	0,638	116	0,437
17	1,785	37	1,622	57	1,254	77	0,845	97	0,625	117	0,43
18	1,78	38	1,609	58	1,232	78	0,828	98	0,613	118	0,423
19	1,776	39	1,595	59	1,21	79	0,812	99	0,60	119	0,415
20	1,771	40	1,581	60	1,188	80	0,796	100	0,588	120	0,409



## Perfil DobleT normal (alas angostas)

$I_x, I_y$  : momentos de inercia

$S_x = \frac{I_x}{y_{m\acute{a}x} = d/2}$   
 $S_y = \frac{I_y}{x_{m\acute{a}x} = b/2}$

módulos de resistencia elásticos  
(se usan para hallar los diagramas de tensiones)

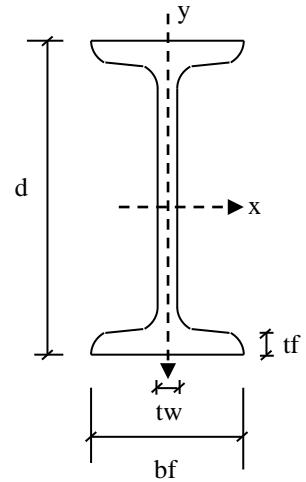
$r_x = \sqrt{I_x / A}$   
 $r_y = \sqrt{I_y / A}$

radios de giro

$Q_x$  : momento estático de la mitad de la sección

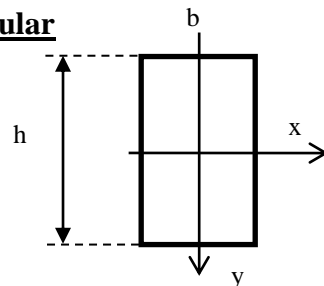
$Z_x$  ( $Z_x = 2 \times Q_x$ )  $Z_y$  : módulos de resistencia plásticos (sólo se usan para dimensionar)

Z: coeficiente de forma =  $Ag^2 / I$  mínimo



Designación	Dimensiones				Área de la Sección Ag	Peso Kg/m	Ix cm <sup>4</sup>	Sx cm <sup>3</sup>	rx cm	Zx cm <sup>3</sup>	Iy cm <sup>4</sup>	Sy cm <sup>3</sup>	ry cm	Zy cm <sup>3</sup>	Qx cm <sup>3</sup>	Z	Designación
	d cm	bf cm	tw cm	tf cm													
80	8	4,2	0,39	0,59	7,58	5,95	77,8	19,5	3,2	22,8	6,3	3,0	0,91	4,93	11,4	9,13	80
100	10	5	0,45	0,68	10,6	8,32	171	34,2	4,0	39,8	12,2	4,9	1,07	8,04	19,9	9,21	100
120	12	5,8	0,51	0,77	14,2	11,1	328	54,7	4,8	63,6	21,5	7,4	1,23	12,24	31,8	9,38	120
140	14	6,6	0,57	0,86	18,3	14,4	573	81,9	5,6	95,4	35,2	10,7	1,40	17,70	47,7	9,51	140
160	16	7,4	0,63	0,95	22,8	17,9	935	117	6,4	136	54,7	14,8	1,55	24,55	68	9,5	160
180	18	8,2	0,69	1,04	27,9	21,9	1450	161	7,2	187	81,3	19,8	1,71	33,00	93,4	9,57	180
200	20	9	0,75	1,13	33,5	26,3	2140	214	8,0	250	117	26,0	1,87	43,16	125	9,59	200
220	22	9,8	0,81	1,22	39,6	31,1	3060	278	8,8	324	162	33,1	2,02	55,21	162	9,68	220
240	24	10,6	0,87	1,31	46,1	36,2	4250	354	9,6	412	221	41,7	2,20	69,37	206	9,62	240
260	26	11,3	0,94	1,41	53,4	41,9	5740	442	10,4	514	288	51,0	2,32	85,11	257	9,90	260
280	28	11,9	1,01	1,52	61,1	48,0	7590	542	11,1	632	364	61,2	2,49	102,1	316	10,1	280
300	30	12,5	1,08	1,62	69,1	54,2	9800	653	11,9	762	451	72,2	2,56	120,6	381	10,6	300
320	32	13,1	1,15	1,73	77,8	61,1	12510	782	12,7	914	555	84,7	2,67	141,9	457	10,9	320
340	34	13,7	1,22	1,82	86,8	68,1	15700	923	13,5	1080	674	98,4	2,80	164,7	540	11,2	340
360	36	14,3	1,3	1,95	97,1	76,2	19610	1090	14,2	1276	818	114	2,90	191,9	638	11,5	360
380	38	14,9	1,37	2,05	107	84,0	24010	1260	15,0	1482	975	131	3,02	219,6	741	11,7	380
400	40	15,5	1,44	2,16	118	92,6	29210	1460	15,7	1714	1160	150	3,13	251,0	857	12,0	400
425	42,5	16,3	1,53	2,3	132	104	36970	1740	16,7	2040	1440	177	3,30	296,2	1020	12,1	425
450	45	17	1,62	2,41	147	115	45850	2040	17,7	2400	1730	204	3,43	341,4	1200	12,5	450
475	47,5	17,8	1,71	2,56	163	128	56480	2380	18,6	2800	2090	235	3,60	394,9	1400	12,7	475
500	50	18,5	1,8	2,7	180	141	68740	2750	19,6	3240	2480	268	3,72	451,4	1620	13,1	500
550	55	20	1,9	3	213	167	99180	3610	21,6	4240	3490	349	4,02	584,6	2120	13,0	550
600	60	21,5	2,1	3,24	254	199	139000	4630	23,4	5460	4670	434	4,30	736,7	2730	13,8	600

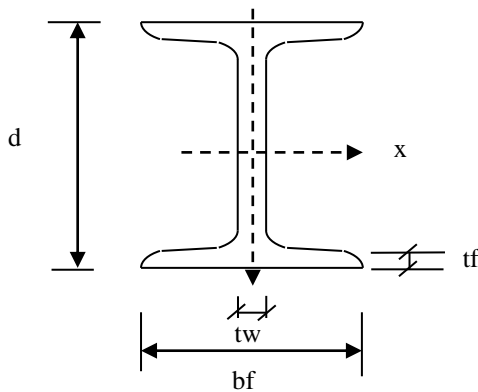
### Sección rectangular



Ag	Ix	Sx	rx	Iy	Sy	ry
b.h	$\frac{b \cdot h^3}{12}$	$\frac{b \cdot h^2}{6}$	$\frac{h}{3,47}$	$\frac{b^3 \cdot h}{12}$	$\frac{b^2 \cdot h}{6}$	$\frac{b}{3,47}$



## Perfil Doble T Grey (alas anchas)



$I_x, I_y$  : momentos de inercia

$$S_x = \frac{I_x}{y_{\max}}$$

$$y_{\max} = d/2$$

módulos de resistencia elásticos

$$S_y = \frac{I_y}{x_{\max}}$$

$$x_{\max} = b/2$$

(se usan para hallar los diagramas de tensiones)

$$r_x = \sqrt{I_x / A}$$

radios de giro

$$r_y = \sqrt{I_y / A}$$

$Q_x$  : momento estático de la mitad de la sección

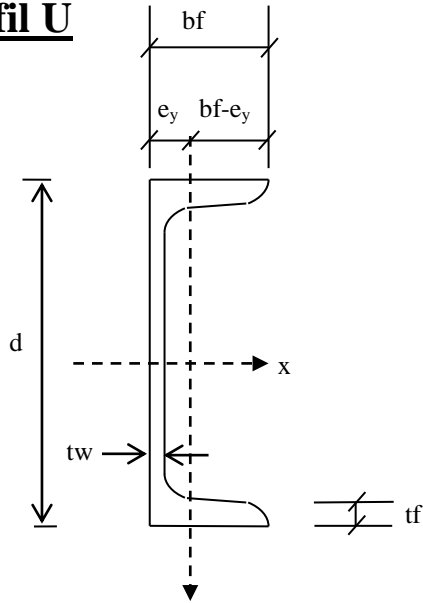
$Z_x (= 2 \times Q_x)$   $Z_y$  : módulos de resistencia plásticos (sólo se usan para dimensionar)

$Z$ : coeficiente de forma =  $A g^2 / I$  mínimo

Designación	Dimensiones				Área de la Sección Ag cm <sup>2</sup>	Peso Kg/m	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	r <sub>x</sub> cm	Q <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	Z <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	r <sub>y</sub> cm	Z
	d	bf	tw	tf										
	cm	cm	cm	cm										
100	10	10	1	5,6	26	20,4	450	90	4,16	52,1	104	167	2,53	4,05
120	12	12	1,1	7,4	34	26,7	864	144	5,04	82,6	165	318	3,06	3,64
140	14	14	1,2	9,2	43	33,8	1510	216	5,93	123	246	550	3,58	3,36
160	16	16	1,3	10,4	54,3	42,6	2490	311	6,77	177	354	889	4,05	3,32
180	18	18	1,4	12,2	65,3	51,3	3830	426	7,66	241	482	1360	4,56	3,14
200	20	20	1,5	13,4	78,1	61,3	5700	570	8,54	321	642	2000	5,06	3,05
220	22	22	1,6	15,2	91	71,4	8090	735	9,43	414	828	2840	5,59	2,92
240	24	24	1,7	16,4	106	83,2	11260	938	10,3	427	854	3920	6,08	2,87
260	26	26	1,8	17,7	118	93	14920	1148	11,2	641	1282	5130	6,59	2,71
280	28	28	1,8	19,6	131	103	19270	1376	12,1	767	1534	6590	7,09	2,60
300	30	30	1,9	20,8	149	117	25170	1678	13,0	934	1868	8560	7,58	2,59
320	32	32	2,1	22,5	161	126	30820	1926	13,8	1070	2140	9240	7,58	2,81
340	34	34	2,2	24,3	171	134	36660	2156	14,6	1200	2400	9690	7,53	3,02
360	36	36	2,3	26,1	181	142	43190	2399	15,4	1340	2680	10140	7,48	3,23
400	40	40	2,4	29,8	198	155	57680	2884	17,1	1620	3240	10820	7,39	3,62
450	45	45	2,6	34,4	218	171	79890	3551	19,1	1990	3980	11720	7,33	4,05
500	50	50	2,8	39	239	188	107200	4288	21,2	2410	4820	12620	7,27	4,53
550	55	55	2,9	43,8	254	199	136700	4971	23,2	2800	5600	13080	7,18	4,93
600	60	60	3	48,6	270	212	171000	5700	25,2	3210	6420	13530	7,08	5,39
650	65	65	3,1	53,4	286	225	210600	6480	27,1	3660	7320	13980	6,99	5,85
700	70	70	3,2	58,2	306	240	256900	7340	29,0	4160	8320	14440	6,87	6,48
800	80	80	3,3	67,4	334	262	359100	8978	32,8	5110	10220	14900	6,68	7,49
900	90	90	3,5	77	371	291	494100	10980	36,5	5290	10580	15820	6,53	8,70
1000	100	100	3,6	86,8	400	314	644700	12894	40,1	7430	14860	16280	6,38	9,83



**Perfil U**



$I_x I_y$  momentos de inercia

$S_x S_y$  módulos resistentes elásticos

$r_x r_y$  radios de giro

$Q_x$  momento estático de la mitad de la sección

$e_y$  distancia del baricentro al eje Y

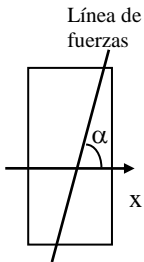
$Z_x$  módulo resistente plástico =  $2 \times Q_x$

Z: coeficiente de forma =  $A g^2 / I$  mínimo

Desig-nación	Dimensiones					Área de la Sección A cm <sup>2</sup>	Peso Kg/m	Para el eje de flexión						Qx cm <sup>3</sup>	ey cm	bf-ey cm	Z <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	Z
	d cm	bf cm	tw cm	tf cm	r1 cm			x-x			y-y							
								Ix cm <sup>4</sup>	Sx cm <sup>3</sup>	rx cm	Iy cm <sup>4</sup>	Sy cm <sup>3</sup>	ry cm					
30	3	3,3	0,5	0,7	0,35	5,44	4,27	6,39	4,26	1,08	5,33	3	0,99	-	1,31	1,99		5,55
40	4	3,5	0,5	0,7	0,35	6,21	4,87	14,1	7,05	1,5	6,68	3	1,04	-	1,35	2,15		5,77
50	5	3,8	0,5	0,7	0,35	7,12	5,59	26,4	10,6	1,92	9,12	4	1,13	-	1,37	2,43		5,56
60	6	4,2	0,55	0,75	0,4	9,03	7,09	57,5	19,2	2,52	14,1	5	1,25	-	1,42	2,78		5,78
80	8	4,5	0,6	0,8	0,4	11	8,64	106	26,5	3,1	19,4	6	1,33	15,9	1,45	3,05	31,8	6,24
100	10	5	0,6	0,85	0,45	13,5	10,6	206	41,2	3,91	29,3	8	1,47	24,5	1,55	3,45	49	6,22
120	12	5,5	0,7	0,9	0,45	17	13,3	364	60,7	4,62	43,2	11	1,59	36,3	1,6	3,9	72,6	6,69
140	14	6	0,7	1	0,5	20,4	16	605	86,4	5,45	62,7	15	1,75	51,4	1,75	4,25	103	6,61
160	16	6,5	0,7	1,05	0,55	24	18,8	925	116	6,21	85,3	18	1,89	68,8	1,84	4,66	138	6,75
180	18	7	0,8	1,1	0,55	28	22	1350	150	6,95	114	22	2,02	89,6	1,92	5,08	179	6,88
200	20	7,5	0,85	1,15	0,6	32,2	25,3	1910	191	7,7	148	27	2,14	114	2,01	5,49	228	7,01
220	22	8	0,9	1,25	0,65	37,4	29,4	2690	245	8,48	197	34	2,3	146	2,14	5,86	292	7,1
240	24	8,5	0,95	1,3	0,65	42,3	33,2	3600	300	9,27	246	40	2,42	179	2,23	6,27	358	7,21
260	26	9	1	1,4	0,7	48,3	37,9	4820	371	9,99	317	48	2,56	221	2,36	6,64	442	7,36
280	28	9,5	1	1,5	0,75	53,3	41,8	6280	449	10,9	399	57	2,74	266	2,43	7,07	532	7,12
300	30	10	1	1,6	0,8	58,8	46,2	8030	535	11,7	495	68	2,9	316	2,7	7,3	632	6,98
320	32	10	1	1,75	0,87	75,8	59,5	10870	679	12,1	597	81	2,81	413	2,6	7,4	826	9,21
350	35	10	1,4	1,6	0,8	77,3	60,7	12840	734	12,9	520	75	2,72	459	2,4	7,6	918	10,5
380	38	10,2	1,33	1,6	1,12	79,7	62,6	15730	828	14,1	613	78	2,78	507	2,35	7,85	1014	10,3
400	40	11	1,4	1,8	0,9	91,5	71,8	20350	1018	14,9	816	102	3,04	618	2,65	8,35	1236	9,9



Diagrama	Solicitación	Proceso de Cálculo (en madera, válido sólo para un rectángulo)	
M	Flexión Simple Normal	Acero: $Z_x$ (módulo de resistencia plástico) = $\frac{M_u}{\phi_b \cdot f_b}$ con $Z_x$ voy a tablas y elijo el perfil	$\phi_b \cdot f_b = 0,9 \cdot 23,50 \text{ KN/cm}^2 = 21,15 \text{ KN/cm}^2$
		Madera: $S_x$ (módulo de resistencia elástico) = $\frac{M_u}{\phi_b \cdot f_b}$	$\phi_b \cdot f_b = 0,85 \cdot 1,65 \text{ KN/cm}^2 = 1,4 \text{ KN/cm}^2$ si $h = 2b \rightarrow b = \sqrt[3]{(3/2) S_x}$ $h = 3b \rightarrow b = \sqrt[3]{(2/3) S_x}$
M V	Flexión Plana	<b>Acero y Madera :</b> 1) Dimensionar a Flexión Simple Normal (ídem anterior) 2) Verificar al corte acero : $\tau = \frac{V_u \text{ (KN)}}{t_w \cdot d} < \phi_v \cdot f_v = 0,9 \cdot 14,10 \text{ KN/cm}^2$ madera: $\tau = \frac{3 V_u \text{ (KN)}}{2 b \cdot h} < \phi_v \cdot f_v = 0,75 \cdot 0,35 \text{ KN/cm}^2$	
N + (tracción)	Solicitación Axil	<b>ACERO y MADERA :</b> A (sección) = $\frac{N_u}{\phi_t \cdot f_t}$ madera: 0,8 acero: 0,9	madera: 0,80 KN/cm <sup>2</sup> acero: 23,50 KN/cm <sup>2</sup>
N - (compresión)	Sol. Axil con verificación a Pandeo	<b>ACERO y MADERA</b> 1) acero: adopto $\phi \cdot f' \cdot c_r = 9,75 \text{ KN/cm}^2$ ; A (área) = $N_u / \phi \cdot f' \cdot c_r \rightarrow$ tabla: perfil madera: adopto $\phi \cdot f' \cdot c_r = 0,975 \text{ KN/cm}^2$ ; A (área) = $N_u / \phi \cdot f' \cdot c_r$ lado = $\sqrt[3]{A}$ 2) Verificación: $\lambda$ (esbeltez) = $\frac{L_e \text{ (ver pág. siguiente)}}{r \text{ (radio de giro mín)}}$ $\rightarrow$ de pág. 65 : $\phi \cdot f' \cdot c_r$ Verifica si: $\frac{N_u}{(\phi \cdot f' \cdot c_r) \cdot A \text{ (área)}} < 1$ acero: tablas madera = $\frac{\text{lado}}{3,47}$	
Flexión Compuesta	M N +	1) Dimensionar a Flexión Simple Normal (ídem anterior) 2) Verificar a Flexión Compuesta Normal $\frac{N_u}{(\phi_t \cdot f_t) \cdot A} + \frac{M_u}{(\phi_b \cdot f_b) \cdot (Z_x \text{ ó } S_x)} \leq 1$ Área: madera = $b \cdot h$ acero: de tablas madera: $S_x = \frac{b \cdot h^2}{6}$	ídem flexión simple ídem flexión simple acero: $Z_x$ de tablas
	M N -	Flexo Compresión	<b>ACERO y MADERA</b> Ver pág. siguiente.
M, N, V	Flexión General	<b>ACERO y MADERA</b> También se llama Flexión Compuesta más Corte y el dimensionado es, igual al de Flexión Compuesta, más Verificación al Corte	
M (el V no se considera)	Flexión Simple Oblicua	<b>ACERO</b> Perfil normal : adopto $Z_x/Z_y \cong 5,8$ ; perfil U : $\cong 4,4$ 1) Dimensionar : $Z_x = \frac{M_u}{\phi_b \cdot f_b} \cdot (\text{sen } \alpha + \text{cos } \alpha \cdot Z_x/Z_y) \rightarrow$ tabla $\rightarrow N^\circ$ de perfil 2) Verificación (porque $Z_x/Z_y$ fue adoptado). $\sigma_{\text{máx}} = M_u \cdot (\text{sen } \alpha / Z_x + \text{cos } \alpha / Z_y) \leq \phi_b \cdot f_b = 21,15 \text{ KN/cm}^2$	
		<b>MADERA</b> Para $h = 2b \rightarrow S_x/S_y = 2$ ; para $h = 3b \rightarrow = 3$ 1) Dimensionar : $S_x = \frac{M_u}{\phi_b \cdot f_b} \cdot (\text{sen } \alpha + \text{cos } \alpha \cdot S_x/S_y)$ si $h = 2b \rightarrow b = \sqrt[3]{(3/2) S_x}$ si $h = 3b \rightarrow b = \sqrt[3]{(2/3) S_x}$ 2) Verificación : no es necesaria, porque $S_x/S_y$ es exacto.	





**Flexo-compresión (M y N-)**

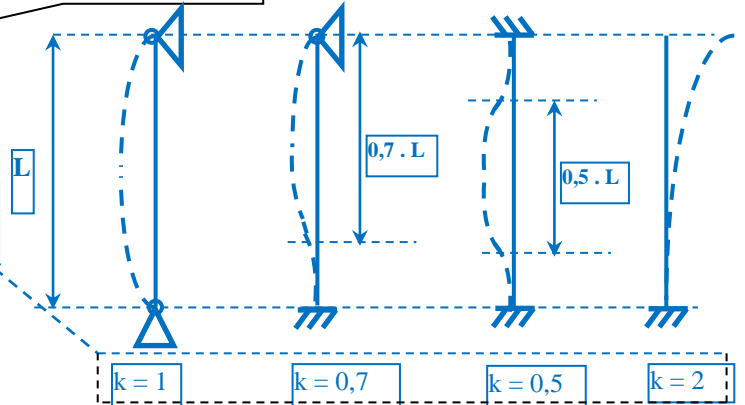
- 1) se dimensiona a flexión simple: ídem primer caso de la página anterior
- 2) se verifica a flexo-compresión

madera:  $E = 900 \text{ KN/cm}^2$   
 acero:  $E = 20.000 \text{ KN/cm}^2$

$I_x$ : momento de inercia  
 madera:  $I_x = b \cdot h^3 / 12$   
 acero:  $I_x$  de tablas de perfiles

$P_c$  (carga crítica) =  $\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{L_e^2}$

$L_e$  (long. efectiva) = longitud de la barra (cm)  $\cdot k$



Cálculo de  $\delta$  (delta, factor de amplificación):

$\delta = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{P_c}}$

Si  $\delta$  (delta; factor de amplificación), dio menor a 1, tomar  $\delta = 1$

$C_m = 0,6 + 0,4 \cdot \frac{M_1}{M_2}$  (el menor mom. flexor) /  $M_2$  (el mayor mom. flexor)  
 ( $M_1$  y  $M_2$  deben reemplazarse con sus signos)

Ejemplos de cálculo de  $C_m$ :

M máx en el medio	Momentos iguales de signo contrario	Momento cero en un extremo
$C_m = 1$	$C_m = 0,7$	$C_m = 0,6$

**Acero:**  $\frac{N_u}{(\phi \cdot f'_{cr}) \cdot A} \rightarrow \delta \cdot \frac{M_u}{Z_x(\phi_b \cdot f_b)} \leq 1$  (si da mayor, no verifica y se adopta un perfil mayor)

$(\phi \cdot f'_{cr})$  de pág. 65 entrando con  $\lambda_x$   
 $\lambda_x = \frac{L_e \text{ (longitud efectiva)} = k \cdot L}{r_x \text{ (radio de giro máx: tabla de perfiles)}}$

de tablas de perfiles  $\phi_b \cdot f_b = 21,15 \text{ KN/cm}^2$   
 de tablas de perfiles

**Madera:**  $\frac{N_u}{(\phi \cdot f'_{cr}) \cdot A} \rightarrow \delta \cdot \frac{M_u}{(\phi_b \cdot f_b) \cdot S_x} \leq 1$  (si da mayor, no verifica y se adopta una sección mayor)

$(\phi \cdot f'_{cr})$  de pág. 65 entrando con  $\lambda_x$   
 $\lambda_x = \frac{L_e \text{ (longitud efectiva)} = k \cdot L}{r_x \text{ (radio de giro máximo)} = h/3,47}$

$(\phi_b \cdot f_b) \cdot S_x$   $\frac{b \cdot h^2}{6}$   
 $\phi_b \cdot f_b = 1,4 \text{ KN/cm}^2$

$(\phi \cdot f'_{cr})$  de pág. 65 con  $\lambda_y$   
 $\lambda_y = \frac{L_e \text{ (longitud efectiva)} = k \cdot L}{r_y \text{ (radio de giro mínimo)}}$   $\rightarrow$  madera:  $b / 3,47$   
 acero: de tablas

3) Verificación a pandeo

Debe ser:  $\frac{N_u}{A \cdot (\phi \cdot f'_{cr})} \leq 1$

(si da mayor, no verifica y se adopta una sección mayor)

4) Verificación al corte: con las mismas fórmulas del 2do. paso de Flexión Plana.