

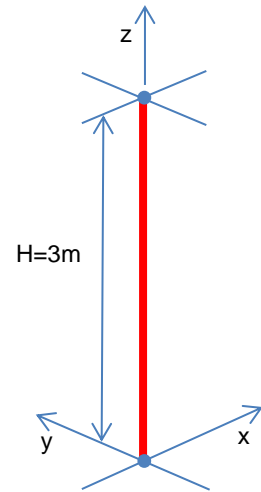


### Esfuerzos combinados. Ejercitación en acero y madera

Se propone el predimensionado y verificación de una columna sometida a esfuerzos axiales y a momentos flectores. Se pide que se resuelva para acero y para madera.

Acero			
	unidades	Designación	Valor
Tensión de Fluencia	[MPa]	F-24	240

Madera. Grupo 2. Madera semidura			
	unidades	Designación	Valor
Tensión de Flexión	[kg/cm <sup>2</sup> ]	G-2	110
Tensión de Compresión	[kg/cm <sup>2</sup> ]	G-2	100



#### A) Opción columna de Acero

$$P_D = 2.85t; \quad P_L = 2.5t; \quad M_D = 0,50tm. \quad M_L = 0,25tm.$$

$$P_u = 1,2 P_D + 1,6 P_L = 7,4t; \quad M_u = 1,2 M_D + 1,6 M_L = 1,0tm$$

#### 1) Pre-dimensionado a Compresión

$$\rightarrow P_u = 0,85 \cdot P_n = 0,85 \cdot A_g \cdot F_{cr}$$

Despejando,  $A_g = [P_u / 0,85 \cdot F_{cr}]$

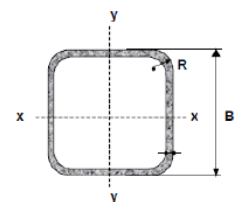
Así obtendría el área bruta necesaria ( $A_g$  nec) sólo para compresión. Pero como la sección también deberá resistir la flexión, hago una suposición de que la mitad de la sección resistirá compresión y el resto resistirá flexión. Esta hipótesis se comprobará al final del dimensionado. Por ello en una primera iteración, busco una sección (cm<sup>2</sup>) el doble de la necesaria (por eso premultiplica por 2,0) para tener en cuenta la verificación a la flexión posterior.

Para la primera iteración **se supone** una esbeltez  $\lambda = 100$ . Entrando a la tabla de dimensionado a compresión (9.3. tubos cuadrados con costura) con ese valor de esbeltez, se obtiene

$$\phi \cdot F_{cr} = 116,01 \text{ MPa} \approx 1160,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_g = 2,0 \cdot [7400\text{kg} / 1160,1] = 12,75\text{cm}^2 \rightarrow \text{tubo cuadrado } 100 \times 100 \times 6,35$$

B	t	p	A <sub>g</sub>	g	I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	S <sub>x</sub> =S <sub>y</sub>	r <sub>x</sub> =r <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	J	C
[mm]	[mm]	[m <sup>2</sup> /m]	[cm <sup>2</sup> ]	[kg/m]	[cm <sup>4</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[cm]	[cm <sup>3</sup> ]	[cm <sup>4</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]
100	6.35	0.38	22.75	17.96	324.36	64.97	3.78	78.67	512.33	110.39



#### 2) Resistencia de diseño a compresión

$$\lambda_{\text{real}} = 300\text{cm}/3,78\text{cm} = 79,36 \approx 80 \rightarrow \phi \cdot F_{cr} = 139,08 \text{ MPa} \approx 1390,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_d = 1390,8\text{kg/cm}^2 \cdot 22,75\text{cm}^2 = 31640\text{kg} = 31,64t = 3.164 \text{ kN}$$

#### 3) Resistencia de diseño a flexión

$$M_d = \phi (S_x \cdot x \cdot F_y) = 0,9 (64,87\text{cm}^2 \cdot 2400\text{kg/cm}^2) = 140119\text{kgcm} = 1,40tm$$

#### 4) Verificación a esfuerzos combinados

$$[P / \phi P_n] + [M / \phi M_n] = [7,40/31,64] + [1,00/1,40] = 0,234 + 0,714 = 0,948 < 1,0 \rightarrow \text{Verifica}$$



## B) Madera. Sección circular (rollizo)

$$P = P_D + P_L = 3,0t + 2,5t = 5,50t \approx 55kN; \quad M = M_D + M_L = 0,50tm + 0,25tm = 0,75tm \approx 7,5kNm$$

### 1) Pre-dimensionado a compresión

Para la primera iteración se supone una esbeltez  $Le/d = 36 \rightarrow C_p = 0,40$ .

Calidad de madera (tabla S.2.1.1.1) Araucaria Grado 1.  $F_c = 7,5MPa$ ;  $F'_c = F_c \cdot C_p = 3,0MPa$

Tensión =  $f = P / A \leq F'_c$ . Despejando área necesaria

$$\rightarrow \text{Área}_{necesaria} = P / F'_c = 55000N / 3MPa (N/mm^2) = 18.333mm^2 = 183,3cm^2$$

### 2) Pre-dimensionado a flexión

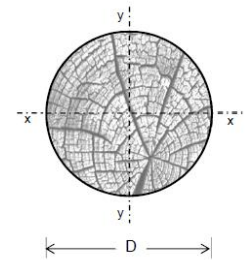
Tensión de flexión =  $f = M/S$ .  $F_b = 7,5MPa$ ;  $F'_b = F_b = 7,5MPa$

Despejando "S" necesario, se introduce la tensión admisible.

$$S_{nec} = M / F'_b = 7,5 \times 10^6 Nmm / 7,5MPa (N/mm^2) = 1000000mm^3 = 1000cm^3$$

Adopto un rollizo de 25 cm de diámetro (Ver tabla H-2)

$$A_g = 490cm^2 = 49.000mm^2; \quad S_{x-x} = 1533 cm^3 = 1.533.000mm^3$$



### 3) Verificación a esfuerzos combinados

#### 3.1. Carga admisible de compresión

Esbeltez real =  $Le/D = 300cm/25cm = 12 \rightarrow C_p = 0,94$

$$P_{adm} = A_g \cdot F'_c = 49000mm^2 \cdot (7,5MPa \cdot 0,94) = 345.450N = 345,45kN$$

#### 3.2. Momento admisible de flexión

$$M_{adm} = S_{x-x} \cdot F'_b = 1.533.000mm^3 \cdot 7,5MPa = 11.497.500Nmm = 11,497kNm = 1,149tm$$

#### 3.3. Esfuerzos combinados

$$[P/P_{adm}] + [M/M_{adm}] = [55,0/345,45] + [7,5/11,497] = 0,16 + 0,65 = 0,81 < 1,0 \rightarrow \text{Verifica}$$

## C) Madera. Sección rectangular:

Pruebo una sección de 6" x 12" (Ver tabla H-2)  $b = 123mm$ ;  $h = 252mm$

$$A_g = 309,96cm^2 = 30.996mm^2; \quad S_{x-x} = 1301,83cm^3 = 1.301.830mm^3$$

### 1) Verificación

#### 1.1. Carga admisible de compresión

Esbeltez real =  $300cm/12,3cm = 24 \rightarrow C_p = 0,77$

$$P_{adm} = A_g \cdot F'_c = 30.996mm^2 \cdot (7,5MPa \cdot 0,77) = 179.002N = 179,0kN = 17,9t$$

#### 3.2. Momento admisible de flexión

$$M_{adm} = S_{x-x} \cdot F'_b = 1.301.830mm^3 \cdot 7,5MPa = 9.763.725Nmm = 9,763kNm = 0,976tm$$

#### 3.3. Esfuerzos combinados

$$[P/P_{adm}] + [M/M_{adm}] = [55,0/179,0] + [7,5/9,763] = 0,30 + 0,76 = 1,06 \rightarrow \text{No Verifica}$$

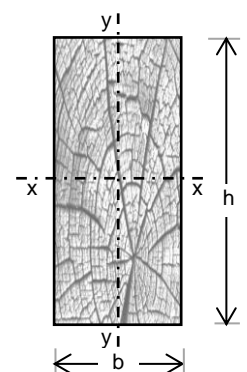


Tabla H-2. Hoja 5

Ancho [pulg.]	Nº TABLAS	nominales [pulgadas]		reales [cm]		Área [cm²]	Wx [cm³]	Ix [cm⁴]	rx [cm]	Wy [cm³]	Iy [cm⁴]	ry [cm]
		b	h	b	h							
6	10	6.0	10.0	12.3	21.0	258.30	904.05	9492.53	6.06	529.52	3256.52	3.55
6	11	6.0	11.0	12.3	23.1	284.13	1093.89	12624.55	6.67	582.47	3502.17	3.55
6	12	6.0	12.0	12.3	25.2	309.96	1301.83	16403.08	7.27	635.42	3907.82	3.55
6	13	6.0	13.0	12.3	27.3	335.79	1527.84	20855.08	7.88	688.37	4233.47	3.55
6	14	6.0	14.0	12.3	29.4	361.62	1771.94	26047.49	8.49	741.32	4559.12	3.55
6	15	6.0	15.0	12.3	31.5	387.45	2034.11	32037.27	9.09	794.27	4884.78	3.55

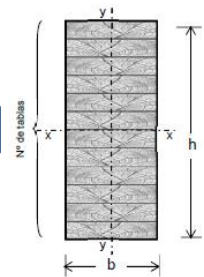


Tabla S.2.1.1-1. Valores de diseño de referencia para madera laminada encolada estructural de las especies incluidas en la norma IRAM 9660-1 (2015) (N/mm²)

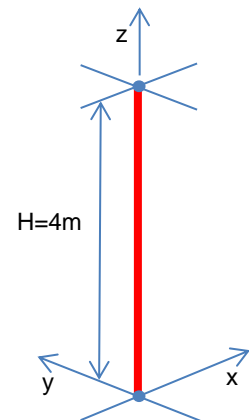
Especie	Grado de resistencia	$F_b$	$F_t$	$F_v$	$F_{c\perp}$	$F_c$	$F_{rt}$	E	$E_{0,05}$	$E_{min}$
<i>Pinus taeda</i> L. y <i>Pinus elliottii</i> Engelm. (pino taeda y pino elliottii) <sup>(1)</sup>	1	6,3	3,5	0,7	0,9	6,3	0,1	11200	7500	4700
	2	4,1	2,3	0,4	0,8	4,1	0,1	6700	4500	2800
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Kuntze (pino parana) <sup>(2)</sup>	1	7,5	4,1	0,8	1,0	7,5	0,1	13400	9000	5700
	2	6,3	3,5	0,7	0,9	6,3	0,1	11600	7800	4900
<i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden (eucalipto grandis) <sup>(3)</sup>	1	7,5	4,1	0,8	1,8	7,5	0,1	13400	9000	5700
	2	6,6	3,7	0,8	1,7	6,6	0,1	11600	7800	4900
<i>Populus deltoides</i> cv. 'Australiano 106/60' y 'Stoneville 67' (álamo) <sup>(4)</sup>	1	6,3	3,5	0,7	0,9	6,3	0,1	9400	6300	4000
	2	5,6	3,2	0,6	0,9	5,6	0,1	8500	5700	3600

(1) cultivados en las provincias de Misiones y Corrientes, (2) cultivado en la provincia de Misiones, (3) cultivado en las provincias de Entre Ríos, Corrientes y Misiones, (4) cultivados en el delta del río Paraná.

Ejercicios propuestos

**Ejercicio Nº 1:** Dimensionar una columna en acero (F-24) y madera (elegir) para la siguiente combinación de esfuerzos:

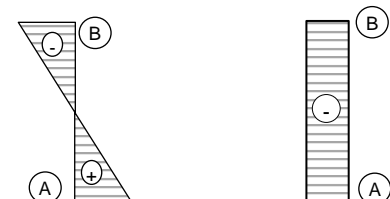
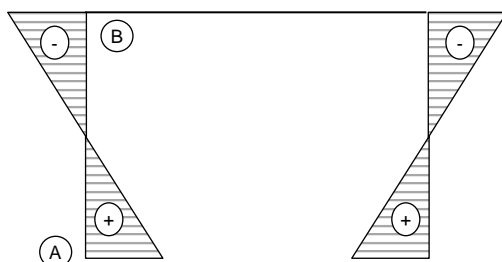
$P_D = -35\text{kN}$        $P_L = -20\text{ kN}$   
 $M_D = 5\text{kNm}$        $M_L = 3\text{kNm}$



**Ejercicio Nº 2:** Dimensionar la misma columna del ejercicio anterior en hormigón armado clase **H-25** de 300 x 300mm. Pruebe con a) armadura concentrada y b) armadura distribuida. Compare las soluciones. Podría mejorar el comportamiento modificando las dimensiones?

$P_D = -80\text{kN}$        $P_L = -60\text{ kN}$   
 $M_D = 120\text{kNm}$        $M_L = 80\text{kNm}$

**Ejercicio Nº 3:** Dimensionar la columna del pórtico de la figura con hormigón clase H-30 de 300 x 500mm con armadura distribuida.



Esfuerzo	Extremo A	Extremo B
$M_D$	+32 kNm	-64 kNm
$M_L$	+ 16 kNm	-32 kNm
$P_D$	-90 kN	-90 kN
$P_L$	-45kN	-45kN



**9.1. ANEXO 1: Tensión Crítica. Acero tipo F-24.  
Perfiles Laminados y Tubos Circulares con Costura**

TABLA DE DISEÑO DE ELEMENTOS COMPRIMIDOS														
$\phi = 0,85$			$F_y = 240$ MPa			$E = 202000$ MPa								
$\lambda$	$\lambda_c$	$\phi \cdot F_{cr}$	$\lambda$	$\lambda_c$	$\phi \cdot F_{cr}$	$\lambda$	$\lambda_c$	$\phi \cdot F_{cr}$	$\lambda$	$\lambda_c$	$\phi \cdot F_{cr}$	$\lambda$	$\lambda_c$	$\phi \cdot F_{cr}$
1	0,01	203,99	41	0,45	187,43	81	0,89	146,58	121	1,33	97,56	161	1,77	57,33
2	0,02	203,96	42	0,46	186,65	82	0,90	145,38	122	1,34	96,37	162	1,78	56,63
3	0,03	203,91	43	0,47	185,85	83	0,91	144,17	123	1,35	95,19	163	1,79	55,94
4	0,04	203,84	44	0,48	185,04	84	0,92	142,96	124	1,36	94,01	164	1,80	55,26
5	0,05	203,74	45	0,49	184,21	85	0,93	141,75	125	1,37	92,84	165	1,81	54,59
6	0,07	203,63	46	0,50	183,37	86	0,94	140,54	126	1,38	91,67	166	1,82	53,93
7	0,08	203,50	47	0,52	182,51	87	0,95	139,32	127	1,39	90,51	167	1,83	53,29
8	0,09	203,34	48	0,53	181,64	88	0,97	138,09	128	1,40	89,35	168	1,84	52,66
9	0,10	203,17	49	0,54	180,76	89	0,98	136,87	129	1,42	88,20	169	1,85	52,04
10	0,11	202,97	50	0,55	179,86	90	0,99	135,64	130	1,43	87,06	170	1,87	51,42
11	0,12	202,76	51	0,56	178,94	91	1,00	134,41	131	1,44	85,92	171	1,88	50,83
12	0,13	202,53	52	0,57	178,02	92	1,01	133,17	132	1,45	84,79	172	1,89	50,24
13	0,14	202,27	53	0,58	177,08	93	1,02	131,94	133	1,46	83,67	173	1,90	49,66
14	0,15	202,00	54	0,59	176,13	94	1,03	130,70	134	1,47	82,55	174	1,91	49,09
15	0,16	201,70	55	0,60	175,16	95	1,04	129,46	135	1,48	81,44	175	1,92	48,53
16	0,18	201,39	56	0,61	174,18	96	1,05	128,22	136	1,49	80,33	176	1,93	47,98
17	0,19	201,05	57	0,63	173,19	97	1,06	126,98	137	1,50	79,18	177	1,94	47,44
18	0,20	200,70	58	0,64	172,19	98	1,08	125,74	138	1,51	78,04	178	1,95	46,91
19	0,21	200,32	59	0,65	171,18	99	1,09	124,50	139	1,53	76,92	179	1,96	46,38
20	0,22	199,93	60	0,66	170,16	100	1,10	123,26	140	1,54	75,83	180	1,97	45,87
21	0,23	199,52	61	0,67	169,12	101	1,11	122,01	141	1,55	74,75	181	1,99	45,36
22	0,24	199,09	62	0,68	168,08	102	1,12	120,77	142	1,56	73,70	182	2,00	44,87
23	0,25	198,63	63	0,69	167,02	103	1,13	119,53	143	1,57	72,68	183	2,01	44,38
24	0,26	198,16	64	0,70	165,96	104	1,14	118,29	144	1,58	71,67	184	2,02	43,90
25	0,27	197,68	65	0,71	164,88	105	1,15	117,05	145	1,59	70,69	185	2,03	43,42
26	0,29	197,17	66	0,72	163,80	106	1,16	115,81	146	1,60	69,72	186	2,04	42,96
27	0,30	196,64	67	0,74	162,70	107	1,17	114,58	147	1,61	68,78	187	2,05	42,50
28	0,31	196,10	68	0,75	161,60	108	1,18	113,34	148	1,62	67,85	188	2,06	42,05
29	0,32	195,54	69	0,76	160,49	109	1,20	112,11	149	1,63	66,94	189	2,07	41,61
30	0,33	194,96	70	0,77	159,37	110	1,21	110,88	150	1,65	66,05	190	2,08	41,17
31	0,34	194,36	71	0,78	158,24	111	1,22	109,65	151	1,66	65,18	191	2,10	40,74
32	0,35	193,74	72	0,79	157,11	112	1,23	108,43	152	1,67	64,33	192	2,11	40,32
33	0,36	193,11	73	0,80	155,96	113	1,24	107,21	153	1,68	63,49	193	2,12	39,90
34	0,37	192,46	74	0,81	154,81	114	1,25	105,99	154	1,69	62,67	194	2,13	39,49
35	0,38	191,79	75	0,82	153,65	115	1,26	104,77	155	1,70	61,86	195	2,14	39,08
36	0,39	191,10	76	0,83	152,49	116	1,27	103,56	156	1,71	61,07	196	2,15	38,69
37	0,41	190,40	77	0,84	151,32	117	1,28	102,35	157	1,72	60,29	197	2,16	38,29
38	0,42	189,68	78	0,86	150,14	118	1,29	101,14	158	1,73	59,53	198	2,17	37,91
39	0,43	188,95	79	0,87	148,96	119	1,31	99,94	159	1,74	58,79	199	2,18	37,53
40	0,44	188,20	80	0,88	147,77	120	1,32	98,75	160	1,76	58,05	200	2,19	37,15

Los elementos de la sección transversal son todos compactos ( $\lambda_f$  y  $\lambda_w$ )  $<$   $\lambda_r$



## 9.2. ANEXO 2: Tensión Crítica. Acero tipo F-36

TABLA DE DISEÑO DE ELEMENTOS COMPRIMIDOS														
$\phi = 0,85$			$F_y = 360$ MPa						$E = 202000$ MPa					
$\lambda$	$\lambda_c$	$\phi \cdot F_{cr}$	$\lambda$	$\lambda_c$	$\phi \cdot F_{cr}$	$\lambda$	$\lambda_c$	$\phi \cdot F_{cr}$	$\lambda$	$\lambda_c$	$\phi \cdot F_{cr}$	$\lambda$	$\lambda_c$	$\phi \cdot F_{cr}$
1	0,01	305,98	41	0,55	269,49	81	1,09	186,37	121	1,63	101,51	161	2,16	57,33
2	0,03	305,91	42	0,56	267,81	82	1,10	184,08	122	1,64	99,85	162	2,18	56,63
3	0,04	305,79	43	0,58	266,09	83	1,12	181,80	123	1,65	98,23	163	2,19	55,94
4	0,05	305,63	44	0,59	264,35	84	1,13	179,52	124	1,67	96,66	164	2,20	55,26
5	0,07	305,42	45	0,60	262,58	85	1,14	177,24	125	1,68	95,12	165	2,22	54,59
6	0,08	305,17	46	0,62	260,78	86	1,16	174,97	126	1,69	93,61	166	2,23	53,93
7	0,09	304,87	47	0,63	258,95	87	1,17	172,70	127	1,71	92,14	167	2,24	53,29
8	0,11	304,52	48	0,65	257,10	88	1,18	170,43	128	1,72	90,71	168	2,26	52,66
9	0,12	304,13	49	0,66	255,22	89	1,20	168,16	129	1,73	89,31	169	2,27	52,04
10	0,13	303,70	50	0,67	253,32	90	1,21	165,90	130	1,75	87,94	170	2,28	51,42
11	0,15	303,21	51	0,69	251,39	91	1,22	163,65	131	1,76	86,60	171	2,30	50,83
12	0,16	302,69	52	0,70	249,44	92	1,24	161,40	132	1,77	85,29	172	2,31	50,24
13	0,17	302,12	53	0,71	247,47	93	1,25	159,16	133	1,79	84,02	173	2,32	49,66
14	0,19	301,50	54	0,73	245,48	94	1,26	156,93	134	1,80	82,77	174	2,34	49,09
15	0,20	300,84	55	0,74	243,46	95	1,28	154,70	135	1,81	81,55	175	2,35	48,53
16	0,22	300,14	56	0,75	241,43	96	1,29	152,48	136	1,83	80,35	176	2,37	47,98
17	0,23	299,39	57	0,77	239,37	97	1,30	150,27	137	1,84	79,18	177	2,38	47,44
18	0,24	298,60	58	0,78	237,30	98	1,32	148,08	138	1,85	78,04	178	2,39	46,91
19	0,26	297,76	59	0,79	235,21	99	1,33	145,89	139	1,87	76,92	179	2,41	46,38
20	0,27	296,89	60	0,81	233,11	100	1,34	143,71	140	1,88	75,83	180	2,42	45,87
21	0,28	295,97	61	0,82	230,99	101	1,36	141,54	141	1,89	74,75	181	2,43	45,36
22	0,30	295,01	62	0,83	228,85	102	1,37	139,39	142	1,91	73,70	182	2,45	44,87
23	0,31	294,01	63	0,85	226,70	103	1,38	137,25	143	1,92	72,68	183	2,46	44,38
24	0,32	292,96	64	0,86	224,53	104	1,40	135,12	144	1,94	71,67	184	2,47	43,90
25	0,34	291,88	65	0,87	222,35	105	1,41	133,00	145	1,95	70,69	185	2,49	43,42
26	0,35	290,76	66	0,89	220,16	106	1,42	130,89	146	1,96	69,72	186	2,50	42,96
27	0,36	289,60	67	0,90	217,96	107	1,44	128,80	147	1,98	68,78	187	2,51	42,50
28	0,38	288,40	68	0,91	215,75	108	1,45	126,73	148	1,99	67,85	188	2,53	42,05
29	0,39	287,16	69	0,93	213,53	109	1,46	124,67	149	2,00	66,94	189	2,54	41,61
30	0,40	285,88	70	0,94	211,29	110	1,48	122,62	150	2,02	66,05	190	2,55	41,17
31	0,42	284,56	71	0,95	209,05	111	1,49	120,59	151	2,03	65,18	191	2,57	40,74
32	0,43	283,21	72	0,97	206,81	112	1,51	118,48	152	2,04	64,33	192	2,58	40,32
33	0,44	281,82	73	0,98	204,55	113	1,52	116,39	153	2,06	63,49	193	2,59	39,90
34	0,46	280,40	74	0,99	202,29	114	1,53	114,36	154	2,07	62,67	194	2,61	39,49
35	0,47	278,94	75	1,01	200,03	115	1,55	112,38	155	2,08	61,86	195	2,62	39,08
36	0,48	277,45	76	1,02	197,76	116	1,56	110,45	156	2,10	61,07	196	2,63	38,69
37	0,50	275,92	77	1,03	195,48	117	1,57	108,57	157	2,11	60,29	197	2,65	38,29
38	0,51	274,36	78	1,05	193,21	118	1,59	106,73	158	2,12	59,53	198	2,66	37,91
39	0,52	272,77	79	1,06	190,93	119	1,60	104,95	159	2,14	58,79	199	2,67	37,53
40	0,54	271,15	80	1,08	188,65	120	1,61	103,21	160	2,15	58,05	200	2,69	37,15

Los elementos de la sección transversal son todos compactos ( $\lambda_f$  y  $\lambda_w$ ) <  $\lambda_r$



### 9.3. ANEXO 3: Tensión Crítica. Acero tipo F-24. Tubos Cuadrados y Rectangulares con costura

TABLA DE DISEÑO DE ELEMENTOS COMPRIMIDOS (Cuadr. Y Rect.)															
	$\phi = 0,8$			$F_y = 240$ MPa			$E = 202000$ MPa								
$\lambda$	$\lambda_c$	$\phi \cdot F_{cr}$	$\lambda$	$\lambda_c$	$\phi \cdot F_{cr}$	$\lambda$	$\lambda_c$	$\phi \cdot F_{cr}$	$\lambda$	$\lambda_c$	$\phi \cdot F_{cr}$	$\lambda$	$\lambda_c$	$\phi \cdot F_{cr}$	
1	0,01	191,99	41	0,45	176,41	81	0,89	137,95	121	1,33	91,82	161	1,77	53,96	
2	0,02	191,96	42	0,46	175,67	82	0,90	136,82	122	1,34	90,70	162	1,78	53,30	
3	0,03	191,91	43	0,47	174,92	83	0,91	135,69	123	1,35	89,59	163	1,79	52,65	
4	0,04	191,85	44	0,48	174,16	84	0,92	134,56	124	1,36	88,48	164	1,80	52,01	
5	0,05	191,76	45	0,49	173,38	85	0,93	133,41	125	1,37	87,38	165	1,81	51,38	
6	0,07	191,65	46	0,50	172,58	86	0,94	132,27	126	1,38	86,28	166	1,82	50,76	
7	0,08	191,53	47	0,52	171,78	87	0,95	131,12	127	1,39	85,18	167	1,83	50,15	
8	0,09	191,38	48	0,53	170,96	88	0,97	129,97	128	1,40	84,10	168	1,84	49,56	
9	0,10	191,22	49	0,54	170,12	89	0,98	128,82	129	1,42	83,02	169	1,85	48,97	
10	0,11	191,04	50	0,55	169,28	90	0,99	127,66	130	1,43	81,94	170	1,87	48,40	
11	0,12	190,83	51	0,56	168,42	91	1,00	126,50	131	1,44	80,87	171	1,88	47,84	
12	0,13	190,61	52	0,57	167,55	92	1,01	125,34	132	1,45	79,80	172	1,89	47,28	
13	0,14	190,37	53	0,58	166,66	93	1,02	124,18	133	1,46	78,75	173	1,90	46,74	
14	0,15	190,11	54	0,59	165,76	94	1,03	123,01	134	1,47	77,69	174	1,91	46,20	
15	0,16	189,84	55	0,60	164,86	95	1,04	121,85	135	1,48	76,65	175	1,92	45,67	
16	0,18	189,54	56	0,61	163,94	96	1,05	120,68	136	1,49	75,61	176	1,93	45,16	
17	0,19	189,22	57	0,63	163,01	97	1,06	119,51	137	1,50	74,52	177	1,94	44,65	
18	0,20	188,89	58	0,64	162,07	98	1,08	118,34	138	1,51	73,45	178	1,95	44,15	
19	0,21	188,54	59	0,65	161,11	99	1,09	117,17	139	1,53	72,40	179	1,96	43,66	
20	0,22	188,17	60	0,66	160,15	100	1,10	116,01	140	1,54	71,36	180	1,97	43,17	
21	0,23	187,78	61	0,67	159,18	101	1,11	114,84	141	1,55	70,36	181	1,99	42,70	
22	0,24	187,37	62	0,68	158,19	102	1,12	113,67	142	1,56	69,37	182	2,00	42,23	
23	0,25	186,95	63	0,69	157,20	103	1,13	112,50	143	1,57	68,40	183	2,01	41,77	
24	0,26	186,51	64	0,70	156,20	104	1,14	111,33	144	1,58	67,46	184	2,02	41,31	
25	0,27	186,05	65	0,71	155,18	105	1,15	110,17	145	1,59	66,53	185	2,03	40,87	
26	0,29	185,57	66	0,72	154,16	106	1,16	109,00	146	1,60	65,62	186	2,04	40,43	
27	0,30	185,08	67	0,74	153,13	107	1,17	107,84	147	1,61	64,73	187	2,05	40,00	
28	0,31	184,56	68	0,75	152,10	108	1,18	106,68	148	1,62	63,86	188	2,06	39,58	
29	0,32	184,03	69	0,76	151,05	109	1,20	105,52	149	1,63	63,00	189	2,07	39,16	
30	0,33	183,49	70	0,77	150,00	110	1,21	104,36	150	1,65	62,17	190	2,08	38,75	
31	0,34	182,92	71	0,78	148,93	111	1,22	103,20	151	1,66	61,35	191	2,10	38,34	
32	0,35	182,34	72	0,79	147,86	112	1,23	102,05	152	1,67	60,54	192	2,11	37,94	
33	0,36	181,75	73	0,80	146,79	113	1,24	100,90	153	1,68	59,75	193	2,12	37,55	
34	0,37	181,14	74	0,81	145,70	114	1,25	99,75	154	1,69	58,98	194	2,13	37,17	
35	0,38	180,51	75	0,82	144,62	115	1,26	98,61	155	1,70	58,22	195	2,14	36,79	
36	0,39	179,86	76	0,83	143,52	116	1,27	97,47	156	1,71	57,48	196	2,15	36,41	
37	0,41	179,20	77	0,84	142,42	117	1,28	96,33	157	1,72	56,75	197	2,16	36,04	
38	0,42	178,53	78	0,86	141,31	118	1,29	95,19	158	1,73	56,03	198	2,17	35,68	
39	0,43	177,84	79	0,87	140,20	119	1,31	94,06	159	1,74	55,33	199	2,18	35,32	
40	0,44	177,13	80	0,88	139,08	120	1,32	92,94	160	1,76	54,64	200	2,19	34,97	

Los elementos de la sección transversal son todos compactos ( $\lambda_f$  y  $\lambda_w$ ) <  $\lambda_r$



## 9.4. ANEXO 4 : Coeficientes de Pandeo ( $\omega$ ) para Maderas

$\lambda$	Madera Dura	Madera Blanda
20	1.17	1.08
25	1.22	1.11
30	1.28	1.15
35	1.35	1.20
40	1.42	1.26
45	1.50	1.33
50	1.59	1.42
55	1.69	1.52
60	1.81	1.62
65	1.94	1.74
70	2.09	1.88
75	2.26	2.03
80	2.47	2.20
85	2.73	2.38
90	3.04	2.58
95	3.43	2.78
100	3.93	3.00
105	4.39	3.31
110	4.87	3.63
115	5.39	3.97
120	5.93	4.32
125	6.51	4.68
130	7.13	5.07
135	7.77	5.47
140	8.45	5.93
145	9.16	6.31
150	9.91	6.75



COMPRESIÓN ACERO

**Determinar Materiales**  
Tensiones Fluencia  
 $F_y = ?$  [kg/cm<sup>2</sup>]

**Determinar Cargas**  
 $P_u = ?$  [kg]

**Altura total del elemento**  
 $H = ?$  [m]

**Determinar Longitud de pandeo**  
 $L_p = k \cdot H$

Coeficiente "k" para determinar (Lp)			
articulada articulada	articulada empotrada	empotrada empotrada	empotrada libre
1.00	0.80	0.65	2.10

**Determinar Sección**  
 $A_o = P_u / F_{cr}(0)$  [cm<sup>2</sup>] (área mínima)  
 $A_m = P_u / F_{cr}(200)$  [cm<sup>2</sup>] (área máxima)

**Seleccionar Sección**  
 $A =$  Valor de la sección entre  $A_o$  y  $A_m$

**Parámetros geométricos**  
Buscar en tabla de perfiles sección mayor a  $A_1$ .  
 $A_g = ?$  [cm<sup>2</sup>] Área bruta  
 $r_{\min} = ?$  [cm] Radio de giro mínimo  
 $g = ?$  [kg/m] Peso por metro

**Determinar esbeltez mecánica**  
 $\lambda = L_p / r_{\min}$

**Determinar Tensión Crítica**  
De tabla para el valor de  $\lambda$   
 $\phi \cdot F_{cr}$

**Determinar Carga de Diseño**  
 $P_d = (\phi \cdot F_{cr}) \cdot A_g$  [kg]

$P_u < P_d?$

**Corregir Sección**  
Disminuir Sección

**Corregir Sección**  
Aumentar Sección

**Eficiencia estructural**  
 $E_f = P_u / P_d$

$E_f > 0.85?$

Peso total =  $H \cdot g$  [kg]  
Detalles constructivos

Fin





COMPRESIÓN MADERA

**Determinar Materiales**  
Tensiones admisibles  
 $\sigma_{adm} = ?$  [kg/cm<sup>2</sup>]

**Determinar Cargas**  
 $P = ?$  [kg]

**Altura total del elemento**  
 $H = ?$  [m]

**Determinar Longitud de pandeo**  
 $L_p = k \cdot H$

Coeficiente "k" para determinar (Lp)			
articulada articulada	articulada empotrada	empotrada empotrada	empotrada libre
1.00	0.80	0.65	2.10

**Determinar Sección**  
 $A_o = P / \sigma_{adm}$  [cm<sup>2</sup>] (área mínima)  
 $A_m = \omega \cdot P / \sigma_{adm}$  [cm<sup>2</sup>] (área máxima)

**Seleccionar Sección**  
 $A =$  Valor de la sección entre  $A_o$  y  $A_m$

**Parámetros geométricos**  
Buscar en tabla sección mayor a  $A_1$ .  
 $A = ?$  [cm<sup>2</sup>] Área  
 $r_{\min} = ?$  [cm] Radio de giro mínimo  
 $g = ?$  [kg/m] Peso por metro

**Determinar esbeltez mecánica**  
 $\lambda = L_p / r_{\min}$

**Determinar coeficiente de pandeo**  
De tabla para  $\lambda \Rightarrow \omega$

**Carga Admisible**  
 $P_{adm} = \sigma_{adm} \cdot A / \omega$

$P < P_{adm}?$   
No

**Eficiencia estructural**  
 $E_f = P / P_{adm}$

$E_f > 0.85?$   
Si

Peso total =  $H \cdot g$  [kg]  
Detalles constructivos

Fin

**Corregir Sección**  
Disminuir Sección

**Corregir Sección**  
Aumentar Sección

