PILAR MISTO ENVOLVIDO
PERFIL ELETRO-SOLDADO, CS, CVS, V

Imprimir | Perfis | Formulação

Projeto:
Responsável:
Data:

Materiais

Concreto

Classe de Concreto (f_{ck}): 25
Peso Próprio (kN/m³): 25

Obs.: Todas as grandezas medidas em MPa

Aço do Perfil

Tensão de Escoamento (f_y): 350
Módulo de Elasticidade (E_a): 200000

Aço das Barras

Tensão de Escoamento (f_{ys}): 500
Módulo de Elasticidade (E_s): 200000

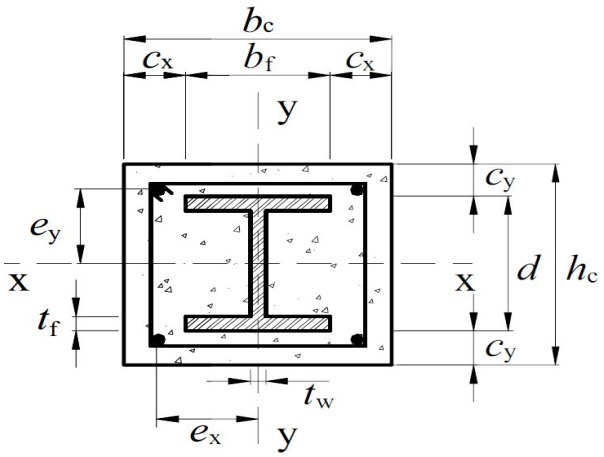
Perfil, Geometria da Seção e Armaduras

Escolha da lista (abaixo) ou monte perfil customizado (checar primeiro se perfil já é de série)

PERFIL: CS500X240

Nomenclatura: na figura, 2x2 linhas de barra

Obs.: valores em mm	Atual:	Opções:
Altura (d):	500	
Alt. Alma (h):	450.0	
Esp. Alma (t_w):	12.5	
Larg. Mesa (b_f):	500	
Esp. Mesa (t_f):	25	



SEÇÃO DE CONCRETO:

Largura (b_c):	400	mm
Altura (h_c):	400	mm
cob. de barra:	25	mm

ARMADURA LONGITUDINAL:

Núm. de linhas de barras na horizontal:	2
Núm. de linhas de barras na vertical:	2
Diâmetro das barras (mm):	
Número total de barras:	4

Propriedades do Perfil:

Pos. CG (inferior):	250.0	mm	Inércia y (I_y):	
Massa:	240.4	kg/m	Módulo Resistente (W_y):	
Área:	306.3	cm²	Raio de Giração y (r_y):	
Inércia x (I_x):	150638	cm⁴	Módulo Plástico y (Z_y):	
Módulo Resistente x (W_{xs}):	6026	cm³	Raio de Giração Torção (r_t):	
Raio de Giração x (r_x):	22.18	cm	Inércia Torção (I_t):	
Módulo Plástico (Z_x):	6570	cm³	Coef. Empenamento (C_w):	

Comprimentos de flambagem e Carregamentos

Comprimento destravado (m):	3.00	Esforço normal de cálculo (N_{sd}) (kN):	
Coef. Flambagem direção x:	1.00	Parcela permanente de N_{sd}:	
Coef. Flambagem direção y:	1.00	Momento de cálculo em x(M_{sdx}) (kN.m):	
Comp. Efetivo direção x (m):	3.00	Momento de cálculo em y(M_{sdy}) (kN.m):	
Comp. Efetivo direção y (m):	3.00		

Verificações

Contribuição do aço (≥0.2 e ≤0.9):	**0.82**	**OK**
Taxa de armadura longitudinal (%):	**0.31**	**OK**
Cobrimentos do perfil na direção x (mm):	**-50**	**Cobrimento insuficiente!**
Cobrimentos do perfil na direção y (mm):	**-50**	**Cobrimento insuficiente!**

Esforços Normais (kN)		Esbeltez:		Momentos Fletores (kNm)	
$N_{Rd,pl}$	11914.0	λ_{0x}	0.202	$M_{Rd,pl,x}$	2162.9
$N_{Rd,pl,c}$	1956.3	λ_{0y}	0.332	$M_{max,Rd,pl,x}$	2197.5
$N_{Rd,pl,a}$	9744.3	Coeficientes de Flambagem:		$M_{Rd,pl,y}$	1131.4
$N_{Rd,pl,s}$	213.4	χ_x	0.983	$M_{max,Rd,pl,y}$	1132.9
$N_{R,pl}$	13703.0	χ_y	0.955	Linhas Neutras Plásticas (cm	
N_{ex}	336194.5			h_{nx}	7.07
N_{ey}	124465.2			h_{ny}	0.31

Esforço Normal Resistente:		Momentos Fletores Resistentes:			
N_{Rd} (kN)	**11377.5**	M_{Rdx} (kNm)	**2162.9**	M_{Rdy}(kNm)	**1131.4**
N_{Sd}/N_{Rd}	**35%**	M_{Sdx}/M_{Rdx}	**0%**	M_{Sdy}/M_{rdy}	**7%**

Verificação Modelo I de Cálculo: **OK**

$N_{Sd} \le N_{Rd}$ OK

$N_{Sd}/N_{Rd}+8/9*(M_{Sdx}/M_{Rdx}+M_{sdy}/M_{rdy}) \le 1$ para $N_{Sd}/N_{Rd} \ge 0,2$ 0.41 OK

$N_{Sd}/(2N_{Rd})+ (M_{Sdx}/M_{Rdx}+M_{sdy}/M_{rdy}) \le 1$ para $N_{Sd}/N_{Rd} < 0,2$ N.A.

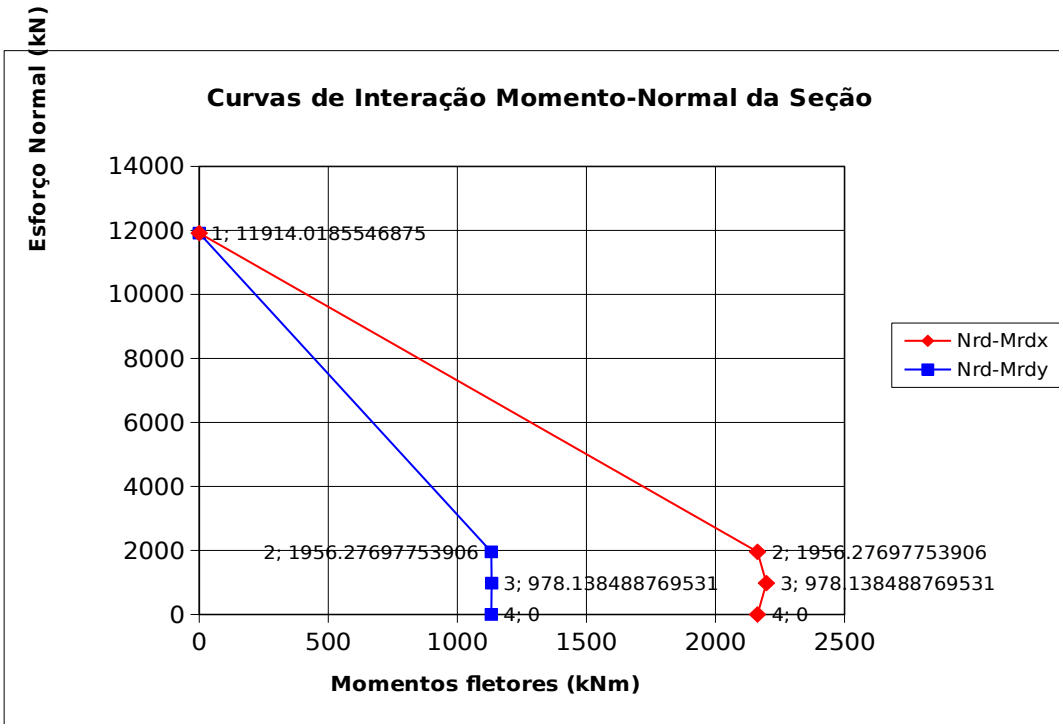
Verificação Modelo II de Cálculo: **OK**

$N_{Sd} \le N_{Rd}$ OK

$M_{Sdt,x}/(\mu_x M_{c,x})+ M_{Sdt,y}/(\mu_y M_{c,y}) \le 1$ 0.20 OK

0.14 OK (imperfeição considerada em x)

0.20 OK (imperfeição considerada em y)



/S

n

fy

350

CE25

500

CE30

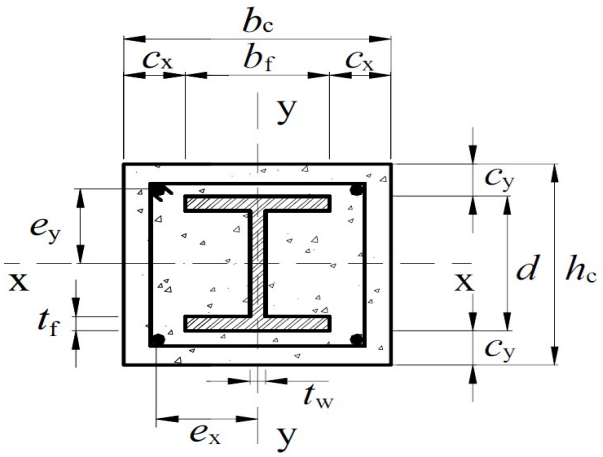
CVE2(

CVE2

CVE2

Sele

ɜs (hxv)



52091	cm⁴
2084	cm³
13.04	cm
3143	cm³
13.92	cm
551.76	cm⁴
29378255	cm⁶

VE20

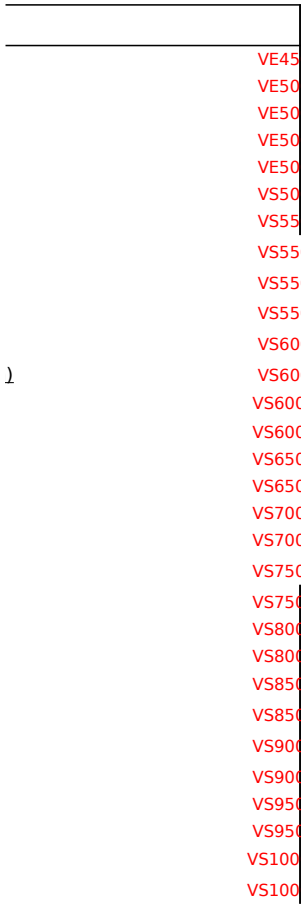
VE25

4000
1
0
80

VE35

VE40

VE40


VE45
VE50
VE50
VE50
VE50
VS50
VS55
VS55
VS55
VS55
VS60
VS60
VS600
VS600
VS650
VS650
VS700
VS700
VS750
VS750
VS800
VS800
VS850
VS850
VS900
VS900
VS950
VS950
VS100
VS100

USIMINAS

PILAR MISTO ENVO
PERFIL ELETRO-SOI

Dados | Perfis

FORMULAÇÃO: Anexo P NBR8800

Força normal resistente de cálculo da seção transversal à plastificação total:

Esbeltez relativa na direção considerada (x ou y):

$$\lambda_{0,m}=\sqrt{\frac{N_{R,pl}}{N_e}}$$

Carga crítica de flambagem elástica na direção considerada (x ou y):

$$N_e=\frac{\pi^2\,(E\,I)_e}{(KL)^2}$$

Inércia equivalente da seção (x ou y):

$$(E\,I)_e=E_a\,I_a+0{,}7\,E_{c,red}\,I_c+E_s\,I_s$$

Módulo Reduzido do concreto:

$$E_{c,red}=\frac{E_c}{1+\phi\left(\frac{N_{Sd,G}}{N_{Sd}}\right)}$$

$N_{Sd,G}/N_{Sd}$ =

φ = coefici

Força Resistente de Cálculo para Pilares Mistos sujeitos à Compress

$$N_{Rd}=\chi\,N_{Rd,pl}$$

χ = fator de redução da curva única de flambag

Resistência de Pilares Mistos submetidos a Força Axial e Momentos

Modelo de Cálculo I

$$N_{Sd}\le N_{Rd}$$

$$\text{se}\quad N_{Sd}/N_{Rd}\ge 0{,}2 \rightarrow \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}}+\frac{8}{9}\left(\frac{M_{Sdx}}{M_{Rdx}}+\frac{M_{Sdy}}{M_{Rdy}}\right)\le 1$$

$$\text{se}\quad N_{Sd}/N_{Rd}<0{,}2 \rightarrow \frac{N_{Sd}}{2N_{Rd}}+\left(\frac{M_{Sdx}}{M_{Rdx}}+\frac{M_{Sdy}}{M_{Rdy}}\right)\le 1$$

Modelo de Cálculo II

$$N_{Sd}\le N_{Rd}$$

$$\frac{M_{Sdtx}}{\mu_x M_{Rdx}}+\frac{M_{Sdty}}{\mu_y M_{Rdy}}\le 1$$

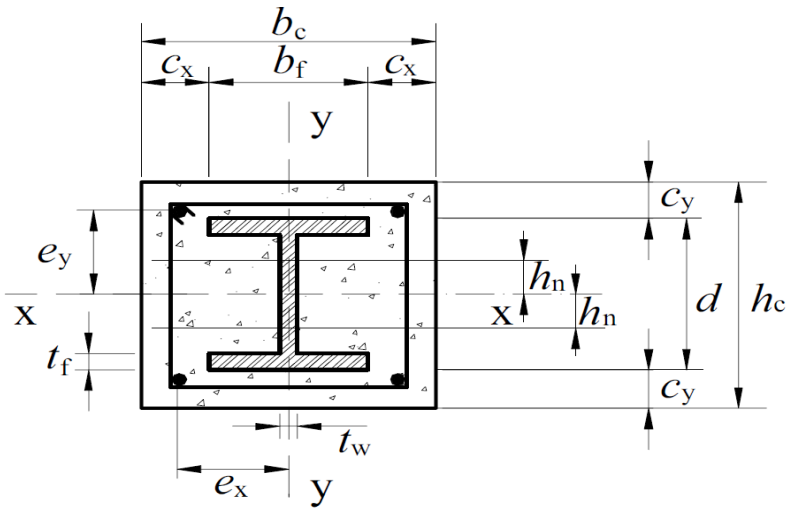
$$\mu_x = 1 - \frac{N_{Sd} - N_{Rd,pl,c}}{N_{Rd,pl} - N_{Rd,pl,c}} \quad \text{para} \quad N_{Sd} \geq N_c$$

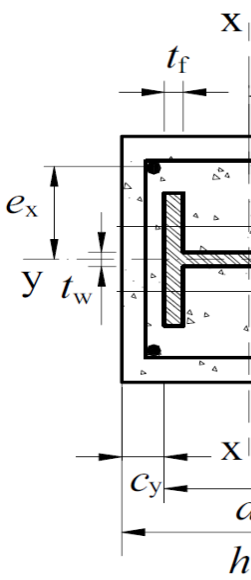
$$\mu_x = \left(1 - \frac{M_{d,x}}{M_{c,x}}\right)\left(\frac{2N_{Sd}}{N_{Rd,pl,c}} - 1\right) + \frac{M_{d,x}}{M_{c,x}} \quad \text{para} \quad \frac{N_c}{2} \leq N_{Sd} < N_c$$

$$\mu_x = 1 + \frac{2N_{Sd}}{N_{Rd,pl,c}}\left(\frac{M_{d,x}}{M_{c,x}} - 1\right)$$

Obs.: formulação análoga para μ_y

Momentos Resistentes





Momento Resistente de Plastificação (em cada direção, usar propriedades correspo

$$M_{Rd,pl} = f_{yd}(Z_a - Z_{an}) + 0{,}5 f_{cd1}(Z_c - Z_{cn}) + f_{sd}(Z_s - Z_{sn}) \qquad M_c = 0{,}9 M_{Rd,p}$$

Momento Máximo Resistente de Plastificação (em cada direção, usar propriedades corresp

$$M_{\max,Rd,pl} = f_{yd} Z_a + 0{,}5 f_{cd1} Z_c + f_{sd} Z_s \qquad M_d = 0{,}8 M_{\max,R}$$

Z_a, Z_s, Z_c = módulo plástico do perfil, das armaduras e do concreto

Z_{an}, Z_{sn}, Z_{cn} = módulo plástico do perfil, das armaduras e do concreto (região de altura $2h_n$)

$f_{cd1} = \alpha f_{cd} = 0{,}85\ f_{cd}$

(a) Momentos em *x*:

$$Z_c = \frac{b_c h_c^2}{4} - Z_a - Z_s \qquad Z_{sn} = \sum_{i=1}^{n} A_{sni} |e_{yi}|$$

$$Z_c = \frac{b_c h_c^2}{4} - Z_a - Z_s \qquad Z_{sn} = \sum_{i=1}^{n} A_{sni} |e_{yi}|$$

(a.1) Linha neutra na alma do perfil:

$$h_n = \frac{A_c f_{cd1} - A_{sn}(2 f_{sd} - f_{cd1})}{2 b_c f_{cd1} + 2 t_w (2 f_{yd} - f_{cd1})}$$

(a.2) Linha neutra na mesa do perfil:

$$h_n = \frac{A_c f_{cd1} - A_{sn}(2 f_{sd} - f_{cd1}) + (b_f - t_w)(d - 2 t_f)}{2 b_c f_{cd1} + 2 b_f (2 f_{yd} - f_{cd1})}$$

$$Z_{an} = b_f h_n^2 - \frac{(b_f - t_w)(d - 2 t_f)^2}{4}$$

(a.3) Linha neutra fora do perfil:

$$h_n = \frac{A_c f_{cd1} - A_{sn}(2 f_{sd} - f_{cd1}) - A_a(2 f_{yd} - f_{cd1}}{2 b_c f_{cd1}}$$

(b) Momentos em y:

$$Z_c = \frac{h_c b_c^2}{4} - Z_a - Z_s \qquad Z_{sn} = \sum_{i=1}^{n} A_{sni} |e_{xi}|$$

(b.1) Linha neutra na alma do perfil:

$$h_n = \frac{A_c f_{cd1} - A_{sn}(2 f_{sd} - f_{cd1})}{2 h_c f_{cd1} + 2 d (2 f_{yd} - f_{cd1})}$$

(b.2) Linha neutra na mesa do perfil:

$$h_n = \frac{A_c f_{cd1} - A_{sn}(2 f_{sd} - f_{cd1}) + t_w (2 t_f - d)(2 f}{2 h_c f_{cd1} + 4 t_f (2 f_{yd} - f_{cd1})}$$

$$Z_{an} = 2 t_f h_n^2 + \frac{(d - 2 t_f) t_w^2}{4}$$

(b.3) Linha neutra fora do perfil:

$$h_n = \frac{A_c f_{cd1} - A_{sn}(2 f_{sd} - f_{cd1}) - A_a(2 f_{yd} - f_{cd1}}{2 h_c f_{cd1}}$$

LVIDO
LDADO, SÉRIES CS E CVS

$$N_{Rd,pl} = f_{yd}\, A_a + \alpha\, f_{cd}\, A_c + f_{sd}\, A_s$$

$$N_{R,pl} = A_a f_y + \alpha A_c f_{ck} + A_s f_{ys}$$

$$N_e = \frac{\pi^2 (E\, I)_e}{(KL)^2} \qquad \alpha = 0{,}85$$

fração permanente do esforço normal
ente redutor (deformação lenta)

são Axial

em, função de $\lambda_{0,m}$

Fletores

$$\left(\frac{M_{Sdx}}{M_{Rdx}} + \frac{M_{Sdy}}{M_{Rdy}} \right) \leq 1$$

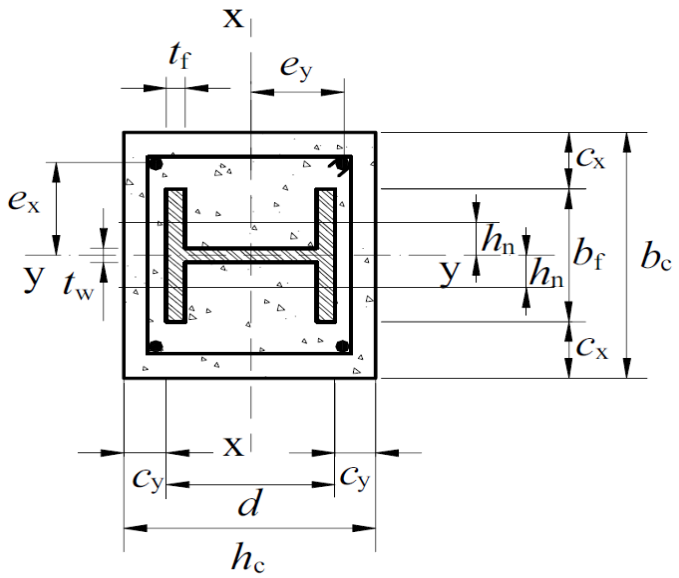
$$\left(\frac{M_{Sdx}}{M_{Rdx}} + \frac{M_{Sdy}}{M_{Rdy}} \right) \leq 1$$

$$M_{Sdtx} = M_{Sdix} + \frac{N_{Sd}\, L_x}{200\left(1 - \frac{N_{Sd}}{N_{e2,x}}\right)}$$

$$M_{Sdty} = M_{Sdiy} + \frac{N_{Sd}\, L_y}{150\left(1 - \frac{N_{Sd}}{N_{e2,y}}\right)}$$

Obs.:considerar imperfeições em 1 direção apenas

(direção mais desfavorável)



ondentes):

$$M_c = 0{,}9\, M_{Rd,pl}$$

pondentes):

$$M_d = 0{,}8\, M_{\max,Rd,pl}$$

$$Z_s = \sum_{i=1}^{n} A_{si}\, |e_i|$$

$$Z_{cn} = b_c h_n^2 - Z_{an} - Z_{sn}$$

$$Z_{cn}=b_c h_n^2-Z_{an}-Z_{sn}$$

$$Z_{an}=t_w h_n^2$$

$$\frac{f_{cd1})+(b_f-t_w)(d-2t_f)(2f_{yd}-f_{cd1})}{d1}+2b_f(2f_{yd}-f_{cd1})$$

$$\frac{f_{cd1})-A_a(2f_{yd}-f_{cd1})}{c f_{cd1}} \qquad Z_{an}=Z_a$$

$$\frac{-f_{cd1})}{d}-f_{cd1})} \qquad Z_{an}=dh_n^2$$

$$\frac{cd1})+t_w(2t_f-d)(2f_{yd}-f_{cd1})}{4t_f(2f_{yd}-f_{cd1})}$$

$$\frac{f_{cd1})-A_a(2f_{yd}-f_{cd1})}{f_{cd1}} \qquad Z_{an}=Z_a$$

USIMINAS

PILARES MI
PERFIS ELE

Série	Perfil	m (kg/m)	A (cm²)	d (mm)	t_w (mm)
CE	**CE100X11**	10.8	13.8	100	4.75
	CE150X20	20.1	25.6	150	4.75
	CE150X26	25.5	32.5	150	6.35
	CE200X22	22.0	28.0	200	4.75
	CE200X29	29.3	37.3	200	6.35
	CE200X34	34.3	43.7	200	6.35
	CE200X39	38.9	49.5	200	6.35
	CE250X43	43.1	54.9	250	6.35
	CE250X49	48.8	62.2	250	6.35
	CE250X63	63.2	80.5	250	8.00
	CE300X52	51.8	66.0	300	6.35
	CE300X62	62.4	79.5	300	8.00
	CE300X76	76.1	97.0	300	8.00
CVE	**CVE200X22**	21.9	27.9	200	4.75
	CVE200X28	28.0	35.7	200	6.35
	CVE250X31	30.7	39.1	250	4.75
	CVE250X38	37.6	47.9	250	6.35
	CVE300X47	47.5	60.5	300	8.00
CS	**CS350X89**	89.1	113.5	350	8.00
	CS400X106	106.5	135.6	400	9.5
	CS450X175	174.7	222.5	450	12.5
	CS500X240	240.4	306.3	500	12.5
	CS550X265	264.9	337.5	550	12.5
	CS600X305	304.6	388.0	600	16
CVS	**CVS300X66**	66.3	84.5	300	8
	CVS307X93	92.6	118.0	307	8
	CVS350X69	69.5	88.5	350	8
	CVS350X79	79.3	101.0	350	8
	CVS357X108	108.3	138.0	357	8
	CVS400X87	86.8	110.6	400	9.5
	CVS400X97	96.7	123.1	400	9.5
	CVS407X128	128.4	163.6	407	9.5
	CVS450X91	90.6	115.4	450	9.5
	CVS450X100	100.4	127.9	450	9.5
	CVS457X132	132.2	168.4	457	9.5
	CVS475X113	112.8	143.8	475	12.5
	CVS482X145	144.6	184.3	482	12.5
	CVS488X178	178.4	227.3	488	12.5
	CVS532X150	149.5	190.5	532	12.5
	CVS532X162	162.1	206.5	532	12.5
	CVS538X198	198.2	252.5	538	12.5
	CVS582X170	169.6	216.0	582	16
	CVS582X182	182.1	232.0	582	16

	CVS588X218	218.2	278.0	588	16
	CVS600X285	285.0	363.0	600	16
		m (kg/m)	**A (cm^2)**	**d (mm)**	**t_w (mm)**

STOS
TRO-SOLDADOS (CE e CVE), SÉRIES CS E CVS

h (mm)	t_f (mm)	b_f (mm)	I_x (cm^4)	W_x (cm^3)	r_x (cm)	Z_x (cm^3)	I_y (cm^4)
91	4.75	100	245	49	4.21	55	79
137	6.35	150	1086	145	6.52	159	357
134	8.00	150	1338	178	6.42	199	450
191	4.75	200	2085	208	8.62	229	634
187	6.35	200	2730	273	8.56	302	847
184	8.00	200	3280	328	8.67	361	1067
181	9.50	200	3764	376	8.72	414	1267
234	8.00	250	6537	523	10.92	571	2084
231	9.50	250	7524	602	11.00	656	2474
225	12.50	250	9581	766	10.91	843	3256
284	8.00	300	11446	763	13.17	829	3601
281	9.50	300	13509	901	13.04	986	4276
275	12.50	300	16894	1126	13.20	1229	5626
187	6.35	150	2047	205	8.56	226	357
184	8.00	150	2543	254	8.44	284	450
234	8.00	175	4608	369	10.85	404	715
231	9.50	175	5463	437	10.68	485	849
281	9.50	200	9499	633	12.53	710	1268
325	12.5	350	27217	1555	15.49	1688	8934
375	12.5	400	41727	2086	17.54	2271	13336
412	19.0	450	86749	3856	19.75	4216	28863
450	25.0	500	150638	6026	22.18	6570	52091
500	25.0	550	202656	7369	24.50	8000	69331
550	25.0	600	270308	9010	26.39	9835	90019
275	12.5	250	14310	954	13.01	1050	3256
275	16.0	300	21730	1416	13.57	1548	7201
325	12.5	250	20095	1148	15.07	1266	3257
325	12.5	300	23656	1352	15.30	1477	5626
325	16.0	350	34871	1954	15.90	2121	11435
375	12.5	300	32339	1617	17.10	1787	5628
375	12.5	350	37033	1852	17.34	2029	8935
375	16.0	400	53124	2611	18.02	2836	17069
425	12.5	300	41976	1866	19.07	2070	5628
425	12.5	350	47959	2132	19.37	2343	8935
425	16.0	400	68339	2991	20.15	3251	17070
450	12.5	350	56296	2370	19.79	2656	8940
450	16.0	400	79009	3278	20.71	3615	17074
450	19.0	450	103577	4245	21.35	4643	28864
500	16.0	400	98250	3694	22.71	4084	17075
500	16.0	450	108904	4094	22.96	4496	24308
500	19.0	500	141024	5243	23.63	5712	39591
550	16.0	400	124725	4286	24.03	4832	17085
550	16.0	450	137542	4727	24.35	5285	24319

550	19.0	500	176027	5987	25.16	6616	39602
550	25	550	249631	8321	26.22	9116	69342
h (mm)	**t_f (mm)**	**b_f (mm)**	**I_x (cm^4)**	**W_x (cm^3)**	**r_x (cm)**	**Z_x (cm^3)**	**I_y (cm^4)**

W_y (cm³)	r_y (cm)	Z_y (cm³)	r_T (cm)	I_T (cm⁴)	C_w (cm⁶)	Alma
16	2.40	24	2.69	1	1796	19
48	3.74	72	4.10	3	18427	29
60	3.72	91	4.10	6	22685	21
63	4.75	96	5.36	2	60361	40
85	4.77	129	5.37	5	79376	29
107	4.94	162	5.45	8	98304	29
127	5.06	192	5.50	13	114919	29
167	6.16	252	6.81	11	305021	37
198	6.31	299	6.87	16	357736	36
260	6.36	394	6.89	37	459035	28
240	7.38	363	8.16	13	767376	45
285	7.33	432	8.14	22	901921	35
375	7.62	567	8.27	44	1162354	34
48	3.58	72	4.03	3	33487	39
60	3.55	92	4.02	7	41472	29
82	4.27	124	4.75	7	104622	49
97	4.21	148	4.72	12	122703	36
127	4.58	194	5.28	16	267236	35
510	8.87	771	9.64	51	2543610	41
667	9.92	1008	10.92	63	5005208	39
1283	11.39	1940	12.39	234	13400915	33
2084	13.04	3143	13.92	552	29378255	36
2521	14.33	3801	15.31	607	47767822	40
3001	15.23	4535	16.53	704	74390625	34
261	6.21	395	6.83	37	672658	34
480	7.81	724	8.35	87	1524258	34
261	6.07	396	6.76	38	926971	41
375	7.46	568	8.20	45	1601807	41
653	9.10	985	9.73	101	3323699	41
375	7.13	571	8.05	50	2111572	39
511	8.52	774	9.48	57	3353099	39
853	10.21	1288	11.05	120	6522923	39
375	6.98	572	7.98	52	2691650	45
511	8.36	775	9.41	58	4274241	45
853	10.07	1290	10.98	122	8297856	45
511	7.89	783	9.17	76	4776683	36
854	9.63	1298	10.79	140	9265323	36
1283	11.27	1941	12.33	236	15868124	36
854	9.47	1300	10.71	143	11360256	40
1080	10.85	1640	12.14	156	16175052	40
1584	12.52	2395	13.70	262	26655516	40
854	8.89	1315	10.42	187	13668523	34
1081	10.24	1655	11.84	200	19461627	34

1584	11.94	2410	13.44	306	32038849	34
2522	13.82	3816	15.09	651	57299723	34
W_y (cm^3)	**r_y (cm)**	**Z_y (cm^3)**	**r_T (cm)**	**I_T (cm^4)**	**C_w (cm^6)**	**Alma**

Mesas	u	u/A
10.5	0.59	428
11.8	0.89	348
9.4	0.89	273
21.1	1.19	424
15.7	1.19	318
12.5	1.19	272
10.5	1.19	240
15.6	1.49	271
13.2	1.49	239
10.0	1.48	184
18.8	1.79	271
15.8	1.78	224
12.0	1.78	184
11.8	0.99	354
9.4	0.99	277
10.9	1.19	304
9.2	1.19	248
10.5	1.38	229
14.0	2.08	184
16.0	2.38	176
11.8	2.68	120
10.0	2.98	97
11.0	3.28	97
12.0	3.57	92
10.0	1.58	187
9.4	1.80	152
10.0	1.68	190
12.0	1.88	187
10.9	2.10	152
12.0	1.98	179
14.0	2.18	177
12.5	2.40	146
12.0	2.08	180
14.0	2.28	178
12.5	2.50	148
14.0	2.33	162
12.5	2.54	138
11.8	2.75	121
12.5	2.64	139
14.1	2.84	137
13.2	3.05	121
12.5	2.73	126
14.1	2.93	126

13.2	3.14	113
11.0	3.37	93
Mesas	**u**	**u/A**