

Control 1 CI52R: Estructuras de Acero

Semestre Otoño 2006

Prof.: R. Herrera, Aux.: P. Correa

Para la estructura detallada más abajo, diseñe los elementos a-d y c-e.

Bases de diseño:

a) Acero A42-27ES.

b) Norma AISC-2005 (LRFD).

c) Usar combinaciones de carga ASCE-7.

d) Usar un perfil IN de la hoja adjunta para elemento en compresión.

e) Usar perfil TL de la hoja adjunta para elemento en tracción.

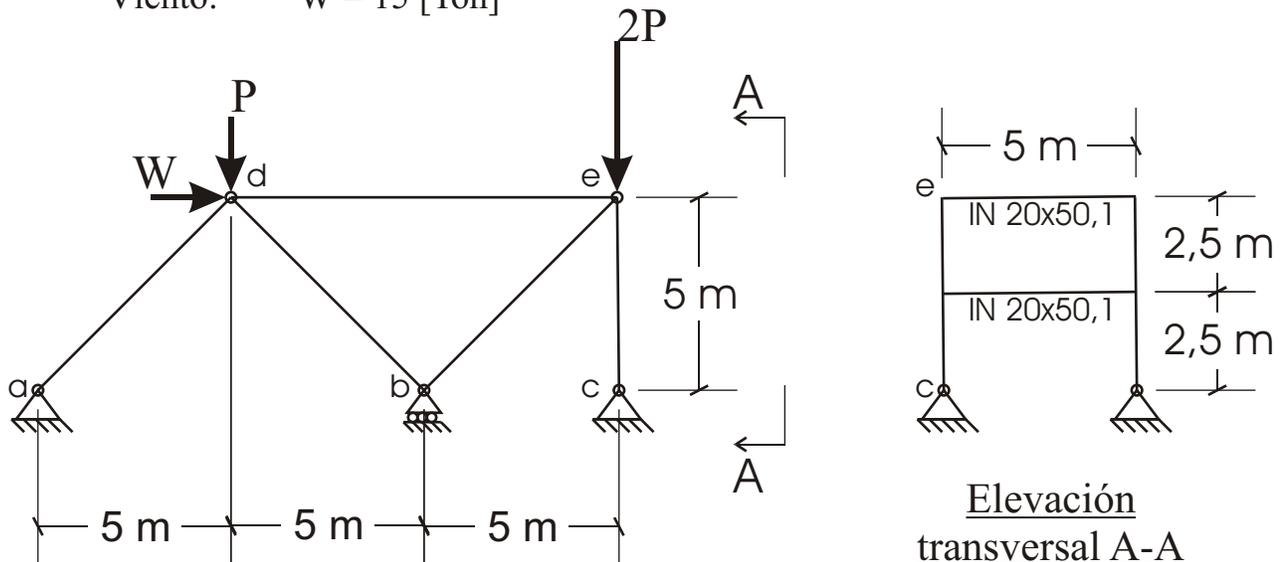
f) Indicar en el corte la orientación de los perfiles elegidos.

g) Solicitaciones:

PP: $P = 10$ [Ton]

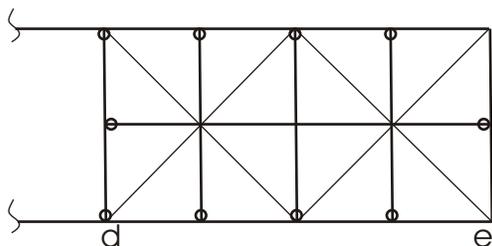
SC: $P = 20$ [Ton]

Viento: $W = 15$ [Ton]

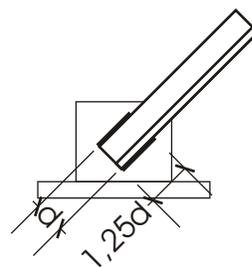


Elevación

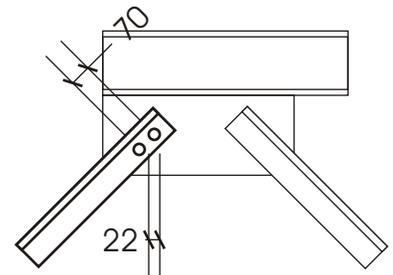
Elevación
transversal A-A



Planta



Detalle nudo a



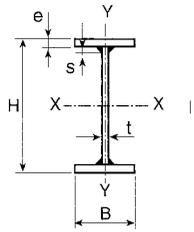
Detalle nudo d

I

VIGAS SOLDADAS SERIE IN

Propiedades para el Diseño

Designación		Dimensiones			Area	Eje X - X			Eje Y - Y			
IN	H x Peso	B	e	t	A	I	W	i	I	W	i	
	cm x kgf/m	mm	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	
IN 30 x	102	250	22	8	130	22400	1490	13,1	5730	458	6,63	
	90,7		20	6	116	20500	1370	13,3	5210	417	6,71	
	83,1		18	6	106	18800	1260	13,3	4690	375	6,66	
	75,4		16	6	96,1	17100	1140	13,3	4170	333	6,59	
	67,8 ^c		14	6	86,3	15300	1020	13,3	3650	292	6,50	
	60,1 ^c		12	6	76,6	13500	900	13,3	3130	250	6,39	
	52,4 ^c		10	6	66,8	11600	774	13,2	2600	208	6,24	
	44,8 ^c		8	6	57,0	9670	645	13,0	2080	167	6,04	
	69,0	200	18	6	87,8	15300	1020	13,2	2400	240	5,23	
			16	6	80,1	13900	925	13,2	2130	213	5,16	
			14	6	72,3	12500	831	13,1	1870	187	5,08	
			12	6	64,6	11000	734	13,1	1600	160	4,98	
			10	6	56,8	9510	634	12,9	1330	133	4,85	
			8	6	49,0	7970	531	12,7	1070	107	4,66	
			6	5	38,4	6180	412	12,7	800	80,0	4,57	
			54,8 ^c	150	18	6	69,8	11700	778	12,9	1010	135
	16	6			64,1	10700	710	12,9	900	120	3,75	
	14	6			58,3	9600	640	12,8	788	105	3,68	
	12	6			52,6	8520	568	12,7	675	90,1	3,58	
	10	6			46,8	7410	494	12,6	563	75,1	3,47	
	8	6			41,0	6260	417	12,4	451	60,1	3,31	
	6	5			32,4	4890	326	12,3	338	45,0	3,23	
	IN 25 x	72,7			200	20	6	92,6	11100	886	10,9	2670
			18	6		84,8	10200	816	11,0	2400	240	5,32
16			6	77,1		9290	743	11,0	2130	213	5,26	
14			6	69,3		8350	668	11,0	1870	187	5,19	
12			5	59,3		7280	583	11,1	1600	160	5,19	
10			5	51,5		6270	502	11,0	1330	133	5,09	
8			5	43,7		5220	418	10,9	1070	107	4,94	
6			5	35,9		4130	331	10,7	800	80,0	4,72	
52,5 ^c		150	18	6	66,8	7770	622	10,8	1010	135	3,89	
			16	6	61,1	7100	568	10,8	900	120	3,84	
			14	6	55,3	6400	512	10,8	788	105	3,77	
			12	5	47,3	5580	447	10,9	675	90,0	3,78	
			10	5	41,5	4830	386	10,8	563	75,0	3,68	
			8	5	35,7	4050	324	10,6	450	60,0	3,55	
			6	5	29,9	3240	259	10,4	338	45,0	3,36	
			5	4	24,6	2710	217	10,5	281	37,5	3,38	
27,7		100	12	5	35,3	3880	311	10,5	200	40,0	2,38	
			10	5	31,5	3390	271	10,4	167	33,4	2,30	
			8	5	27,7	2880	230	10,2	134	26,7	2,20	
			6	5	23,9	2350	188	9,91	100	20,0	2,05	
			5	4	19,6	1960	157	10,0	83,5	16,7	2,06	
			4	4	17,7	1680	135	9,76	66,8	13,4	1,94	



VIGAS SOLDADAS SERIE IN

Propiedades para el Diseño



Peso kgf/m	Flexión		Soldadura	Constantes		Módulo	Plástico
	I_a cm	I_t cm	S_{min} mm	J cm ⁴	C_a cm ⁵	Z_x cm ³	Z_y cm ³
102	7,58	1,83	8	182	1110000	1660	692
90,7	7,56	1,67	6	135	1020000	1500	627
83,1	7,48	1,50	6	99,2	932000	1370	565
75,4	7,40	1,33	6	70,3	840000	1240	502
67,8 ^c	7,32	1,17	6	47,8	746000	1110	440
60,1 ^c	7,22	1,00	5	30,9	648000	978	377
52,4 ^c	7,10	0,833	5	18,8	548000		
44,8 ^c	6,96	0,667	5	10,6	444000		
69,0	5,95	1,20	6	79,8	477000	1120	362
62,9	5,88	1,07	6	56,7	430000	1020	322
56,8	5,81	0,933	6	38,6	382000	912	282
50,7	5,72	0,800	5	25,1	332000	805	242
44,6	5,62	0,667	5	15,4	280000	698	203
38,5 ^c	5,49	0,533	5	8,93	227000		
30,1 ^c	5,40	0,400	4	4,11	173000		
54,8 ^c	4,42	0,900	6	60,4	201000	866	205
50,3 ^c	4,36	0,800	6	43,0	181000	789	182
45,8 ^c	4,30	0,700	6	29,5	161000	712	160
41,3	4,22	0,600	5	19,4	140000	633	137
36,7	4,14	0,500	5	12,1	118000	553	115
32,2	4,02	0,400	5	7,22	95900	471	92,6
25,4 ^c	3,94	0,300	4	3,39	72900		
72,7	6,14	1,60	6	108	353000	986	402
66,6	6,06	1,44	6	79,4	323000	904	362
60,5	5,99	1,28	6	56,3	292000	820	322
54,4	5,91	1,12	6	38,3	260000	735	282
46,6	5,86	0,960	5	24,0	227000	635	241
40,4 ^c	5,76	0,800	5	14,3	192000	546	201
34,3 ^c	5,65	0,640	5	7,84	156000		
28,2 ^c	5,50	0,480	4	3,90	119000		
52,5 ^c	4,51	1,08	6	60,0	136000	695	204
47,9 ^c	4,45	0,960	6	42,6	123000	633	182
43,4	4,39	0,840	6	29,1	110000	570	159
37,1	4,35	0,720	5	18,3	95600	492	136
32,6	4,27	0,600	5	11,0	81000	426	114
28,0 ^c	4,17	0,480	5	6,13	65900	359	91,5
23,5 ^c	4,03	0,360	4	3,18	50200		
19,3 ^c	4,03	0,300	4	1,77	42200		
27,7	2,84	0,480	5	12,5	28300	349	61,4
24,7	2,77	0,400	5	7,67	24000	306	51,4
21,7	2,69	0,320	5	4,42	19500	262	41,5
18,8	2,58	0,240	4	2,46	14900	217	31,5
15,4 ^c	2,58	0,200	4	1,36	12500	180	26,0
13,9 ^c	2,49	0,160	4	0,951	10100		

NOTA: Se entregan las propiedades plásticas Z_x y Z_y de los perfiles que cumplen con los requisitos de plasticidad para aceros con $F_t = 2,7 \text{ tf/cm}^2$.

ANGULOS FORMADOS EN FRIO CINTAC
PERFILES TL
ALAS IGUALES
 Propiedades para el Diseño
 Sección Total



Designación TL H x Peso cm x kgf/m	Dimensiones		TL											
	B mm	e mm	Area cm ²	Eje X - X					Eje Y - Y					
									d=0	d=2	d=4	d=6	d=8	d=10
			A cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm	x cm	i	i	i	i	i	i	
TL 2 x 1,15 1,65	40	2 3	1,47 2,10	0,557 0,758	0,396 0,558	0,616 0,600	0,593 0,642	0,855 0,879	0,928 0,954	1,00 1,03	1,09 1,12	1,17 1,20	1,25 1,29	
TL 2,5' x 1,47 2,12	50	2 3	1,87 2,70	1,13 1,57	0,634 0,906	0,778 0,762	0,718 0,766	1,06 1,08	1,13 1,15	1,20 1,23	1,28 1,31	1,36 1,39	1,45 1,48	
TL 3 x 1,78 2,59 3,35	60	2 3 4	2,27 3,30 4,27	2,00 3,30 3,53	0,927 1,34 1,71	0,939 0,924 0,908	0,843 0,890 0,939	1,26 1,28 1,31	1,33 1,35 1,38	1,40 1,43 1,46	1,48 1,51 1,54	1,56 1,59 1,62	1,64 1,67 1,70	
TL 4 x 2,41 3,54 4,61 5,63 6,61	80	2 3 4 5 6	3,07 4,50 5,87 7,18 8,42	4,89 7,01 8,92 10,6 12,1	1,68 2,45 3,17 3,84 4,47	1,26 1,25 1,23 1,22 1,20	1,09 1,14 1,19 1,24 1,28	1,67 1,69 1,71 1,73 1,76	1,74 1,76 1,78 1,81 1,83	1,81 1,83 1,86 1,88 1,91	1,88 1,90 1,93 1,96 1,99	1,95 1,98 2,01 2,04 2,07	2,03 2,06 2,09 2,12 2,15	
TL 5 x 3,04 4,48 5,87 7,20 8,49	100	2 3 4 5 6	3,87 5,70 7,47 9,18 10,8	9,72 14,1 18,1 21,8 25,1	2,66 3,89 5,07 6,19 7,25	1,59 1,57 1,56 1,54 1,52	1,34 1,39 1,44 1,48 1,53	2,08 2,10 2,12 2,14 2,16	2,14 2,16 2,19 2,21 2,23	2,21 2,23 2,26 2,28 2,31	2,28 2,31 2,33 2,36 2,38	2,36 2,38 2,41 2,43 2,46	2,43 2,46 2,48 2,51 2,54	
TL 6 x 5,42 7,12 8,77 10,4	120	3 4 5 6	6,90 9,07 11,2 13,2	24,7 32,0 38,8 45,1	5,67 7,42 9,09 10,7	1,89 1,88 1,86 1,85	1,64 1,69 1,73 1,78	2,50 2,52 2,54 2,57	2,57 2,59 2,61 2,64	2,64 2,66 2,68 2,71	2,71 2,73 2,76 2,78	2,78 2,81 2,83 2,86	2,86 2,88 2,91 2,94	
TL 6,5 x 5,89 7,75 9,56 11,3	130	3 4 5 6	7,50 9,87 12,2 14,4	31,7 41,1 49,9 58,2	6,69 8,76 10,8 12,7	2,05 2,04 2,02 2,01	1,76 1,81 1,86 1,90	2,71 2,73 2,75 2,77	2,77 2,79 2,82 2,84	2,84 2,86 2,89 2,91	2,91 2,93 2,96 2,98	2,98 3,01 3,03 3,06	3,06 3,08 3,11 3,13	
TL 8 x 7,30 9,63 11,9 14,1	160	3 4 5 6	9,30 12,3 15,2 18,0	60,0 78,2 95,6 112	10,2 13,4 16,6 19,6	2,54 2,52 2,51 2,49	2,14 2,18 2,23 2,28	3,32 3,34 3,36 3,38	3,38 3,40 3,43 3,45	3,45 3,47 3,49 3,52	3,52 3,54 3,56 3,59	3,59 3,61 3,64 3,66	3,66 3,68 3,71 3,73	
TL 10 x 12,1 15,1 17,9 23,5	200	4 5 6 8	15,5 19,2 22,8 29,9	155 191 225 289	21,3 26,3 31,2 40,6	3,17 3,16 3,14 3,11	2,68 2,73 2,78 2,87	4,15 4,17 4,19 4,23	4,22 4,24 4,26 4,30	4,29 4,31 4,33 4,37	4,35 4,37 4,40 4,44	4,42 4,44 4,47 4,51	4,49 4,52 4,54 4,59	
TL 12,5 x 19,0 22,6 29,7 36,7	250	5 6 8 10	24,2 28,8 37,9 46,7	380 449 582 706	41,5 49,4 64,6 79,3	3,96 3,95 3,92 3,89	3,35 3,40 3,50 3,59	5,19 5,21 5,25 5,29	5,26 5,28 5,32 5,36	5,32 5,34 5,39 5,43	5,39 5,41 5,45 5,50	5,46 5,48 5,52 5,57	5,53 5,55 5,60 5,64	
TL 15 x 27,3 36,0 44,5 52,8	300	6 8 10 12	34,8 45,9 56,7 67,3	787 1020 1250 1460	71,7 94,2 116 137	4,76 4,73 4,70 4,67	4,03 4,12 4,21 4,31	6,23 6,27 6,31 6,35	6,30 6,34 6,38 6,42	6,36 6,40 6,44 6,49	6,43 6,47 6,51 6,56	6,50 6,54 6,58 6,63	6,56 6,61 6,65 6,70	
TL 20 x 48,6 60,2 71,6 82,9 93,9	400	8 10 12 14 16	61,9 70,7 91,3 106 120	2490 3060 3600 4120 4630	170 210 249 287 325	6,34 6,31 6,28 6,25 6,22	5,37 5,46 5,55 5,65 5,74	8,31 8,35 8,38 8,43 8,47	8,37 8,41 8,45 8,49 8,54	8,44 8,48 8,52 8,56 8,60	8,50 8,54 8,59 8,63 8,67	8,57 8,61 8,66 8,70 8,74	8,64 8,68 8,72 8,77 8,81	

NOTA: La separación entre los perfiles individuales, d, en milímetros.

CI52R – Estructuras de Acero

Semestre Otoño 2006

Profesor: Ricardo Herrera M.

Auxiliar: Phillipa Correa M.

Control 1 (Pauta)

Pregunta 1

1. Análisis Estructural

1.1. Cargas Horizontales

$$\text{Ton} := 1000 \cdot \text{kgf}$$

$$W := 15 \cdot \text{Ton}$$

Como la barra CE no tiene cargas horizontales en el vano, solo transmite carga axial, por lo tanto la reacción horizontal en C es 0.

$$H_C := 0 \cdot \text{Ton}$$

Como la reacción horizontal en C es 0, la reacción horizontal en A es W.

$$H_A := W \qquad H_A = 15 \text{ Ton} \qquad \text{Hacia la izquierda}$$

Hacemos sumatoria de fuerzas horizontales en el nudo A.

$$N_{AD} := \frac{W}{\sin(45 \cdot \text{deg})} \qquad N_{AD} = 21.213 \text{ Ton} \qquad \text{Tracción}$$

Hacemos sumatoria de fuerzas verticales en el nudo A.

$$V_A := \frac{W \cdot \sin(45 \cdot \text{deg})}{\sin(45 \cdot \text{deg})} \qquad V_A = 15 \text{ Ton} \qquad \text{Hacia abajo}$$

Hacemos sumatoria de momento en el nudo B.

$$V_C := \frac{V_A \cdot 10 \cdot \text{m} - W \cdot 5 \cdot \text{m}}{5 \cdot \text{m}} \qquad V_C = 15 \text{ Ton} \qquad \text{Hacia abajo}$$

Hacemos sumatoria de fuerzas verticales en el nudo C.

$$N_{CE} := V_C \qquad N_{CE} = 15 \text{ Ton} \qquad \text{Tracción}$$

En resumen:

$$N_{AD.viento} := N_{AD} \qquad N_{AD.viento} = 21.213 \text{ Ton}$$

$$N_{CE.viento} := N_{CE} \qquad N_{CE.viento} = 15 \text{ Ton}$$

1.2. Cargas Verticales

$$P := 10 \cdot \text{Ton}$$

Como la barra CE no tiene cargas horizontales en el vano, solo transmite carga axial, por lo tanto la reacción horizontal en C es 0.

$$H_C := 0 \cdot \text{Ton}$$

Como la reacción horizontal en C es 0, la reacción horizontal en A es 0.

$$H_A := 0 \cdot \text{Ton}$$

Hacemos sumatoria de fuerzas horizontales en el nudo A.

$$N_{AD} := \frac{H_A}{\sin(45 \cdot \text{deg})} \quad N_{AD} = 0 \text{ Ton}$$

Hacemos sumatoria de fuerzas verticales en el nudo A.

$$V_A := \frac{N_{AD} \cdot \sin(45 \cdot \text{deg})}{\sin(45 \cdot \text{deg})} \quad V_A = 0 \text{ Ton}$$

Hacemos sumatoria de momento en el nudo B.

$$V_C := \frac{2 \cdot P \cdot 5 \cdot \text{m} + V_A \cdot 10 \cdot \text{m} - P \cdot 5 \cdot \text{m}}{5 \cdot \text{m}} \quad V_C = 10 \text{ Ton} \quad \text{Hacia arriba}$$

Hacemos sumatoria de fuerzas verticales en el nudo C.

$$N_{CE} := V_C \quad N_{CE} = 10 \text{ Ton} \quad \text{Compresión}$$

En resumen:

$$N_{AD,pp} := N_{AD} \quad N_{AD,pp} = 0 \text{ Ton}$$

$$N_{CE,pp} := N_{CE} \quad N_{CE,pp} = 10 \text{ Ton}$$

$$N_{AD,sc} := 2 \cdot N_{AD} \quad N_{AD,sc} = 0 \text{ Ton}$$

$$N_{CE,sc} := 2 \cdot N_{CE} \quad N_{CE,sc} = 20 \text{ Ton}$$

2. Elemento AD

2.1. Combinaciones de carga

Como las cargas verticales no le aportan carga al elemento, claramente controla la combinación 4

$$C4: 1.2 \cdot PP + 1.3 \cdot W + 0.5 \cdot SC$$

$$AD_u := 1.3 \cdot N_{AD.viento}$$

$$AD_u = 27.577 \text{ Ton}$$

Tracción

2.2. Propiedades

Acero A42-27ES

$$f_y := 2.7 \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

$$E := 2100 \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

$$f_u := 4.2 \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

2.3. Mínimos

$$A_{\min} := \frac{AD_u}{0.9 f_y}$$

$$A_{\min} = 11.349 \text{ cm}^2$$

$$r_{\min x} := \frac{500 \cdot \sqrt{2} \cdot \text{cm}}{300}$$

$$r_{\min x} = 2.357 \text{ cm}$$

(Plano fuerte)

$$r_{\min y} := \frac{500 \cdot \sqrt{2} \cdot \text{cm}}{300}$$

$$r_{\min y} = 2.357 \text{ cm}$$

(Plano débil)

$$h_{\min} := \frac{500 \cdot \text{cm}}{90}$$

$$h_{\min} = 5.556 \text{ cm}$$

De acuerdo a los mínimos usamos el perfil TL8x11,9 con d=4mm

Propiedades del perfil

$$H := 8 \cdot \text{cm} \quad B := 16 \cdot \text{cm} \quad e := 5 \cdot \text{mm}$$

$$A_g := 15.2 \cdot \text{cm}^2 \quad r_x := 2.51 \cdot \text{cm} \quad r_y := 3.49 \cdot \text{cm} \quad k := 1 \quad (\text{Ambos planos})$$

Estado límite 1 Fluencia

$$\phi_t := 0.9 \quad P_{n1} := A_g \cdot f_y \quad \phi_t \cdot P_{n1} = 36.936 \text{ Ton}$$

Estado límite 2

Existen 2 tipos de conexiones: apernada y la otra soldada longitudinalmente.

Para la unión apernada:

Se considera que el perno posee diametro 22 mm, entonces el diametro D de la perforación es:

$$D := 22 \cdot \text{mm} + \frac{2}{16} \cdot \text{in} \quad D = 25.175 \text{ mm}$$

$$B_g := \frac{A_g}{2 \cdot e} \quad B_g = 15.2 \text{ cm} \quad \text{Largo de cada ángulo que componen el perfil TL}$$

$$B_n := B_g - D \quad B_n = 12.682 \text{ cm} \quad \text{Ancho efectivo}$$

$$A_n := 2 \cdot B_n \cdot e \quad A_n = 12.683 \text{ cm}^2 \quad \text{Área neta}$$

$$l := 70 \cdot \text{mm} \quad \text{Distancia entre el primer y el último conector}$$

$$x := 2.23 \text{ cm} \quad \text{Distancia entre el plano de conexión y el CG del perfil}$$

$$U := 1 - \frac{x}{l} \quad U = 0.681$$

$$A_{e1} := A_n \cdot U \quad A_{e1} = 8.642 \text{ cm}^2 \quad \text{Área efectiva}$$

Para la unión soldada:

Según el enunciado el largo de la soldadura del perfil es 1.25 veces la altura del perfil, por lo tanto:

$$U := 0.75$$

$$A_{e2} := A_g \cdot U \quad A_{e2} = 11.4 \text{ cm}^2$$

Este último caso es más favorable que el primero por lo tanto nos quedamos con el resultado de la conexión apornada.

$$P_{n2} := A_{e1} \cdot f_u \quad 0.75 P_{n2} = 27.223 \text{ Ton}$$

Luego el estado límite 2 es más desfavorable.

$$FU := \frac{AD_u}{0.75 \cdot P_{n2}} \quad FU = 1.013 \quad \text{OK} < 1.05$$

3. Elemento CE

3.1. Combinaciones de carga

Se deben chequear solo las combinaciones 2, 4 y 6

Combo 2: 1.2·D + 1.6·SC

$$CE_2 := 1.2 \cdot (-N_{CE,pp}) + 1.6 \cdot (-N_{CE.sc}) \quad CE_2 = -44 \text{ Ton} \quad \text{Compresión}$$

Combo 4: 1.2·D + 1.3·W + 0.5·SC

$$CE_4 := 1.2 \cdot (-N_{CE,pp}) + 1.3 \cdot (N_{CE.viento}) + 0.5 \cdot (-N_{CE.sc})$$
$$CE_4 = -2.5 \text{ Ton} \quad \text{Compresión}$$

Combo 6: 0.9·D + 1.3·W

$$CE_6 := 0.9 \cdot (-N_{CE,pp}) + 1.3 \cdot (N_{CE.viento})$$
$$CE_6 = 10.5 \text{ Ton} \quad \text{Tracción}$$

$$CE_{u.c} := -\min(CE_2, CE_4) \quad CE_{u.c} = 44 \text{ Ton}$$

$$CE_{u.t} := CE_6 \quad CE_{u.t} = 10.5 \text{ Ton}$$

Diseño Barra CE

Mínimos

$$A_{\min} := \frac{CE_{u.c}}{0.85f_y} \quad A_{\min} = 19.172 \text{ cm}^2$$

$$h_{\min} := \frac{500 \cdot \text{cm}}{90} \quad h_{\min} = 5.556 \text{ cm}$$

Primero suponemos que domina el plano X por lo tanto colocamos el eje fuerte del perfil en ese plano.

$$k_x := 1$$

De acuerdo al mínimo del área usamos el perfil: IN25x32.6

Propiedades del perfil

$$H := 25 \cdot \text{cm} \quad B := 15 \cdot \text{cm} \quad e := 10 \cdot \text{mm} \quad t := 5 \cdot \text{mm}$$

$$A_g := 41.5 \cdot \text{cm}^2 \quad r_x := 10.8 \cdot \text{cm} \quad r_y := 3.68 \cdot \text{cm}$$

$$I_x := 4830 \cdot \text{cm}^4 \quad I_y := 563 \cdot \text{cm}^4$$

Sabemos el momento de inercia de la viga y que está orientado en el eje fuerte.

$$I_{\text{viga}} := 4710 \cdot \text{cm}^4$$

$$G_c := 10$$

$$G_f := \frac{2 \cdot \frac{I_y}{250 \cdot \text{cm}}}{\frac{I_{\text{viga}}}{500 \cdot \text{cm}}} \quad G_f = 0.478$$

No arriostrado

$$k_{cf} := 1.8$$

$$G_e := \frac{\frac{I_y}{250 \cdot \text{cm}}}{\frac{I_{\text{viga}}}{500 \cdot \text{cm}}} \quad G_e = 0.239$$

No Arriostrado

$$k_{fe} := 1.13$$

$$k_y := \max(k_{cf}, k_{fe}) \quad k_y = 1.8$$

$$L_{px} := k_x \cdot 500 \cdot \text{cm} \quad L_{px} = 500 \text{ cm}$$

$$L_{py} := k_y \cdot 250 \cdot \text{cm} \quad L_{py} = 450 \text{ cm}$$

$$\lambda_x := \frac{L_{px}}{r_x} \quad \lambda_x = 46.296 \quad \lambda_x < 200 \quad \text{OK!}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{py}}{r_y} \quad \lambda_y = 122.283 \quad \lambda_y < 200 \quad \text{OK!}$$

Estado límite 1

$$\lambda := \max(\lambda_x, \lambda_y) \quad \lambda = 122.283$$

$$\phi_c := 0.9$$

$$F_e := \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2} \quad F_e = 1.386 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

$$F_{cr} := \begin{cases} 0.658 \cdot \frac{f_y}{F_e} \cdot f_y & \text{if } \lambda \leq 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ 0.877 \cdot F_e & \text{if } \lambda > 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \end{cases} \quad F_{cr} = 1.195 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$$

$$P_n := F_{cr} \cdot A_g \quad P_n = 49.582 \text{ Ton}$$

$$\phi_c \cdot P_n = 44.624 \text{ Ton}$$

$$FU := \frac{CE_{u,c}}{\phi_c \cdot P_n} \quad FU = 0.986 \quad OK < 1.05$$

Verificación tracción

Estado límite 1 Fluencia

$$\phi_c := 0.85 \quad P_{n1} := A_g \cdot f_y \quad \phi_c \cdot P_{n1} = 95.242 \text{ Ton}$$

$$FU_t := \frac{CE_{u,t}}{\phi_t \cdot P_{n1}} \quad FU_t = 0.104 \quad \text{Cumple con tracción}$$