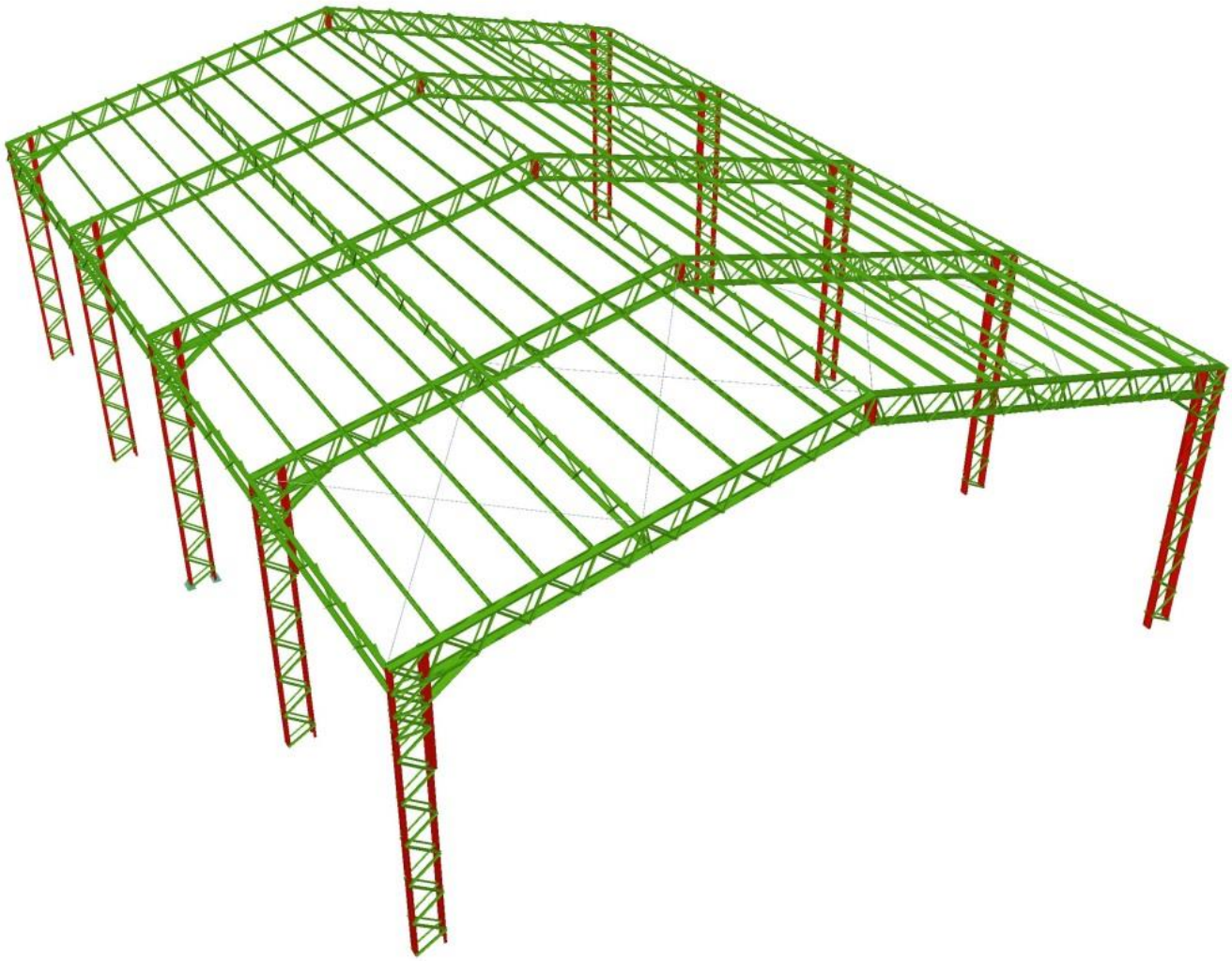


MEMORIA DE CÁLCULO

SAN JUAN DEL PARANÁ

S.U.M.

ÍNDICE

1.- DATOS DE OBRA 3

1.1.- Normas consideradas 3

1.2.- Estados límite 3

2.- SAN JUAN DEL PARANA - SUM 8

2.1.- Geometría 9

3.- COMPROBACIÓN E.L.U. 13

3.1.- PORTICO 13

3.2.- RIOSTRA 39

3.3.- CORREA 59

1.- DATOS DE OBRA

1.1.- Normas consideradas

Hormigón: CIRSOC 201-1982

Acero conformado: CTE DB SE-A

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

Categorías de uso

2. Viviendas

1. Azoteas y cubiertas inaccesibles

1.2.- Estados límite

Hormigón	CIRSOC Forma del edificio: Edificio irregular
E.L.U. de rotura. Acero conformado E.L.U. de rotura. Acero laminado	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

- **CARGAS DEL PROYECTO**

  Las acciones del proyecto son aplicadas directamente sobre la cubierta exceptuando el peso propio de cada elemento componente de la estructura. Se desprecian las acciones horizontales

  *Peso del material de cubierta = 0,015 tn/m^2

  *Sobrecarga de la cubierta = 0,060 tn/m^2

  *Acción del viento a presión = 0,070 tn/m^2 (Perpendicular a la superficie con las fuerzas direccionadas de forma que se acerquen a la misma)

  *Acción del viento a succión = 0.100 tn/m^2 (Perpendicular a la superficie con las fuerzas direccionadas de forma que se alejen de la misma)

1.2.1.- Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Con coeficientes de combinación**

- **Sin coeficientes de combinación**

- Donde:

G_k Acción permanente

Q_k Acción variable

γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

$\psi_{p,1}$ Coeficiente de combinación de la acción variable principal

$\psi_{a,i}$ Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

Hormigón: CIRSOC 201-1982

Situación 1				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.000	-	-
Sobrecarga (Q - Uso 2)	0.000	1.000	1.000	0.500
Sobrecarga (Q - Uso 1)	0.000	1.000	1.000	0.500
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	0.600

E.L.U. de rotura. Acero conformado: CTE DB SE-A

E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB SE-A

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q - Uso 2)	0.000	1.500	1.000	0.700
Sobrecarga (Q - Uso 1)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600

Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q - Uso 2)	0.000	1.500	0.000	0.000
Sobrecarga (Q - Uso 1)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

Desplazamientos

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q - Uso 2)	0.000	1.000
Sobrecarga (Q - Uso 1)	0.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000

1.2.2.- Combinaciones

- **Nombres de las hipótesis**

PP	Peso propio
CM	Cargas permanentes
Qa (2)	Sobrecarga (Uso Viviendas)
Qa (1)	Sobrecarga (Uso Azoteas y cubiertas inaccesibles)
Qc (1)	Qc (Uso Azoteas y cubiertas inaccesibles)
V (Presion)	V (Presion)
V (Succion)	V (Succion)

- **Hormigón**

Comb.	PP	CM	Qa (2)	Qa (1)	Qc (1)	V (Presion)	V (Succion)
1	0.800	0.800					
2	1.000	1.000					
3	0.800	0.800	1.000				
4	1.000	1.000	1.000				
5	0.800	0.800		1.000			
6	1.000	1.000		1.000			
7	0.800	0.800	0.500	1.000			
8	1.000	1.000	0.500	1.000			
9	0.800	0.800	1.000	0.500			
10	1.000	1.000	1.000	0.500			
11	0.800	0.800			1.000		
12	1.000	1.000			1.000		
13	0.800	0.800	0.500		1.000		
14	1.000	1.000	0.500		1.000		
15	0.800	0.800		1.000	1.000		
16	1.000	1.000		1.000	1.000		
17	0.800	0.800	0.500	1.000	1.000		
18	1.000	1.000	0.500	1.000	1.000		
19	0.800	0.800	1.000		0.500		
20	1.000	1.000	1.000		0.500		
21	0.800	0.800	1.000	0.500	0.500		
22	1.000	1.000	1.000	0.500	0.500		
23	0.800	0.800				1.000	
24	1.000	1.000				1.000	
25	0.800	0.800	0.500			1.000	
26	1.000	1.000	0.500			1.000	
27	0.800	0.800		0.500		1.000	
28	1.000	1.000		0.500		1.000	
29	0.800	0.800	0.500	0.500		1.000	
30	1.000	1.000	0.500	0.500		1.000	
31	0.800	0.800			0.500	1.000	
32	1.000	1.000			0.500	1.000	

Comb.	PP	CM	Qa (2)	Qa (1)	Qc (1)	V (Presion)	V (Succion)
33	0.800	0.800	0.500		0.500	1.000	
34	1.000	1.000	0.500		0.500	1.000	
35	0.800	0.800		0.500	0.500	1.000	
36	1.000	1.000		0.500	0.500	1.000	
37	0.800	0.800	0.500	0.500	0.500	1.000	
38	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500	1.000	
39	0.800	0.800	1.000			0.600	
40	1.000	1.000	1.000			0.600	
41	0.800	0.800		1.000		0.600	
42	1.000	1.000		1.000		0.600	
43	0.800	0.800	0.500	1.000		0.600	
44	1.000	1.000	0.500	1.000		0.600	
45	0.800	0.800	1.000	0.500		0.600	
46	1.000	1.000	1.000	0.500		0.600	
47	0.800	0.800			1.000	0.600	
48	1.000	1.000			1.000	0.600	
49	0.800	0.800	0.500		1.000	0.600	
50	1.000	1.000	0.500		1.000	0.600	
51	0.800	0.800		1.000	1.000	0.600	
52	1.000	1.000		1.000	1.000	0.600	
53	0.800	0.800	0.500	1.000	1.000	0.600	
54	1.000	1.000	0.500	1.000	1.000	0.600	
55	0.800	0.800	1.000		0.500	0.600	
56	1.000	1.000	1.000		0.500	0.600	
57	0.800	0.800	1.000	0.500	0.500	0.600	
58	1.000	1.000	1.000	0.500	0.500	0.600	
59	0.800	0.800					1.000
60	1.000	1.000					1.000
61	0.800	0.800	0.500				1.000
62	1.000	1.000	0.500				1.000
63	0.800	0.800		0.500			1.000
64	1.000	1.000		0.500			1.000
65	0.800	0.800	0.500	0.500			1.000
66	1.000	1.000	0.500	0.500			1.000
67	0.800	0.800			0.500		1.000
68	1.000	1.000			0.500		1.000
69	0.800	0.800	0.500		0.500		1.000
70	1.000	1.000	0.500		0.500		1.000
71	0.800	0.800		0.500	0.500		1.000
72	1.000	1.000		0.500	0.500		1.000
73	0.800	0.800	0.500	0.500	0.500		1.000
74	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500		1.000
75	0.800	0.800	1.000				0.600
76	1.000	1.000	1.000				0.600
77	0.800	0.800		1.000			0.600
78	1.000	1.000		1.000			0.600
79	0.800	0.800	0.500	1.000			0.600

Comb.	PP	CM	Qa (2)	Qa (1)	Qc (1)	V (Presion)	V (Succion)
80	1.000	1.000	0.500	1.000			0.600
81	0.800	0.800	1.000	0.500			0.600
82	1.000	1.000	1.000	0.500			0.600
83	0.800	0.800			1.000		0.600
84	1.000	1.000			1.000		0.600
85	0.800	0.800	0.500		1.000		0.600
86	1.000	1.000	0.500		1.000		0.600
87	0.800	0.800		1.000	1.000		0.600
88	1.000	1.000		1.000	1.000		0.600
89	0.800	0.800	0.500	1.000	1.000		0.600
90	1.000	1.000	0.500	1.000	1.000		0.600
91	0.800	0.800	1.000		0.500		0.600
92	1.000	1.000	1.000		0.500		0.600
93	0.800	0.800	1.000	0.500	0.500		0.600
94	1.000	1.000	1.000	0.500	0.500		0.600

- **E.L.U. de rotura. Acero conformado**
- **E.L.U. de rotura. Acero laminado**

Comb.	PP	CM	Qa (2)	Qa (1)	Qc (1)	V (Presion)	V (Succion)
1	0.800	0.800					
2	1.350	1.350					
3	0.800	0.800	1.500				
4	1.350	1.350	1.500				
5	0.800	0.800				1.500	
6	1.350	1.350				1.500	
7	0.800	0.800	1.050			1.500	
8	1.350	1.350	1.050			1.500	
9	0.800	0.800	1.500			0.900	
10	1.350	1.350	1.500			0.900	
11	0.800	0.800					1.500
12	1.350	1.350					1.500
13	0.800	0.800	1.050				1.500
14	1.350	1.350	1.050				1.500
15	0.800	0.800	1.500				0.900
16	1.350	1.350	1.500				0.900
17	0.800	0.800		1.500			
18	1.350	1.350		1.500			
19	0.800	0.800			1.500		
20	1.350	1.350			1.500		
21	0.800	0.800		1.500	1.500		
22	1.350	1.350		1.500	1.500		

■ **Desplazamientos**

Comb.	PP	CM	Qa (2)	Qa (1)	Qc (1)	V (Presion)	V (Succion)
1	1.000	1.000					
2	1.000	1.000	1.000				
3	1.000	1.000		1.000			
4	1.000	1.000	1.000	1.000			
5	1.000	1.000			1.000		
6	1.000	1.000	1.000		1.000		
7	1.000	1.000		1.000	1.000		
8	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
9	1.000	1.000				1.000	
10	1.000	1.000	1.000			1.000	
11	1.000	1.000		1.000		1.000	
12	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000	
13	1.000	1.000			1.000	1.000	
14	1.000	1.000	1.000		1.000	1.000	
15	1.000	1.000		1.000	1.000	1.000	
16	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
17	1.000	1.000					1.000
18	1.000	1.000	1.000				1.000
19	1.000	1.000		1.000			1.000
20	1.000	1.000	1.000	1.000			1.000
21	1.000	1.000			1.000		1.000
22	1.000	1.000	1.000		1.000		1.000
23	1.000	1.000		1.000	1.000		1.000
24	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000

2.- TINGLADO SAN JUAN DEL PARANA

2.1.- Geometría

2.1.1.- Barras

2.1.1.1.- Materiales utilizados

Materiales utilizados							
Material		E (kp/cm²)	ν	G (kp/cm²)	f_y (kp/cm²)	$\alpha_{.t}$ (m/m°C)	γ (t/m³)
Tipo	Designación						
Acero laminado	S355	2140672.8	0.300	825688.1	3618.8	0.000012	7.850
Acero conformado	S355	2140672.8	0.300	823335.7	3618.8	0.000012	7.850

Notación:
E: Módulo de elasticidad
ν: Módulo de poisson
G: Módulo de elasticidad transversal
f_y: Límite elástico
α_t: Coeficiente de dilatación
γ: Peso específico

2.1.1.2.- Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N4/N60, N61/N60, N61/N62, N63/N62, N63/N64, N65/N64, N65/N66, N67/N66, N67/N68, N69/N68, N69/N70, N71/N70, N71/N72, N73/N72, N73/N74, N75/N74, N75/N76, N77/N76, N77/N1, N7/N78, N79/N78, N79/N80, N81/N80, N81/N82, N83/N82, N83/N84, N85/N84, N85/N86, N87/N86, N87/N88, N89/N88, N89/N90, N91/N90, N91/N92, N93/N92, N93/N94, N95/N94, N95/N1, N232/N231, N233/N232, N234/N233, N235/N234, N236/N235, N237/N236, N238/N237, N239/N238, N240/N239, N241/N240, N242/N241, N245/N244, N246/N245, N247/N246, N248/N247, N249/N248, N250/N249, N251/N250, N252/N251, N253/N252, N254/N253, N42/N254, N7/N8, N5/N4, N230/N373, N378/N243, N383/N231, N244/N388, N231/N230, N230/N4, N4/N2, N244/N243, N243/N7, N7/N6, N8/N369, N378/N8, N388/N378, N383/N373, N373/N5, N5/N365, N435/N68, N584/N86, N12/N96, N97/N96, N97/N98, N99/N98, N99/N100, N101/N100, N101/N102, N103/N102, N103/N104, N105/N104, N105/N106, N107/N106, N107/N108, N109/N108, N109/N110, N111/N110, N111/N112, N113/N112, N113/N9, N15/N114, N115/N114, N115/N116, N117/N116, N117/N118, N119/N118, N119/N120, N121/N120, N121/N122, N123/N122, N123/N124, N125/N124, N125/N126, N127/N126, N127/N128, N129/N128, N129/N130, N131/N130, N131/N9, N257/N256, N258/N257, N259/N258, N260/N259, N261/N260, N262/N261, N263/N262, N264/N263, N265/N264, N266/N265, N267/N266, N270/N269, N271/N270, N272/N271, N273/N272, N274/N273, N275/N274, N276/N275, N277/N276, N278/N277, N279/N278, N46/N279, N13/N12, N15/N16, N255/N374, N379/N268, N384/N256, N269/N389, N256/N255, N255/N12, N12/N10, N269/N268, N268/N15, N15/N14, N16/N371, N379/N16, N389/N379, N384/N374, N374/N13, N13/N366, N436/N104, N585/N122, N19/N132, N398/N132, N398/N133, N134/N133, N134/N135, N136/N135, N136/N137, N138/N137, N138/N139, N140/N139, N140/N141, N401/N141, N401/N142, N402/N142, N402/N143, N403/N143, N403/N144, N404/N144, N404/N17, N22/N145, N399/N145, N399/N146, N147/N146, N147/N148, N149/N148, N149/N150, N151/N150, N151/N152, N153/N152, N153/N154, N405/N154, N405/N155, N406/N155, N406/N156, N407/N156, N407/N157, N408/N157, N408/N17, N282/N281, N283/N282, N284/N283, N285/N284, N286/N285, N287/N286, N288/N287, N289/N288, N290/N289, N291/N290, N292/N291, N295/N294, N296/N295, N297/N296, N298/N297, N299/N298, N300/N299, N301/N300, N302/N301, N303/N302, N304/N303, N50/N304, N20/N19, N22/N23, N280/N375, N380/N293, N385/N281, N294/N390, N281/N280, N280/N19, N19/N18, N294/N293, N293/N22, N22/N21, N23/N410, N380/N23, N390/N380, N385/N375, N375/N20, N20/N409, N437/N139, N586/N152, N27/N158, N159/N158, N159/N160, N161/N160, N161/N162, N163/N162, N163/N164, N165/N164, N165/N166, N167/N166, N167/N168, N169/N168, N169/N170, N171/N170, N171/N172, N173/N172, N173/N174, N175/N174, N175/N24, N30/N176, N177/N176, N177/N178, N179/N178, N179/N180, N181/N180, N181/N182, N183/N182, N183/N184, N185/N184, N185/N186, N187/N186, N187/N188, N189/N188, N189/N190, N191/N190, N191/N192, N193/N192, N193/N24, N307/N306, N308/N307, N309/N308, N310/N309, N311/N310, N312/N311, N313/N312, N314/N313, N315/N314, N316/N315, N317/N316, N320/N319, N321/N320, N322/N321, N323/N322, N324/N323, N325/N324, N326/N325, N327/N326, N328/N327, N329/N328, N54/N329, N28/N27, N30/N31, N305/N376, N381/N318, N386/N306, N319/N391, N306/N305, N305/N27, N27/N25, N319/N318, N318/N30, N30/N29, N31/N372, N381/N31, N391/N381, N386/N376, N376/N28, N28/N367, N438/N166, N587/N184, N35/N194, N195/N194, N195/N196, N197/N196, N197/N198, N199/N198, N199/N200, N201/N200, N201/N202, N203/N202, N203/N204, N205/N204, N205/N206, N207/N206, N207/N208, N209/N208, N209/N210, N211/N210, N211/N32, N38/N212, N213/N212, N213/N214, N215/N214, N215/N216, N217/N216, N217/N218, N219/N218, N219/N220, N221/N220, N221/N222, N223/N222, N223/N224, N225/N224, N225/N226, N227/N226, N227/N228, N229/N228, N229/N32, N332/N331, N333/N332, N334/N333, N335/N334, N336/N335, N337/N336, N338/N337, N339/N338, N340/N339, N341/N340, N342/N341, N345/N344, N346/N345, N347/N346, N348/N347, N349/N348, N350/N349, N351/N350, N352/N351, N353/N352, N354/N353, N58/N354, N36/N35, N38/N39, N330/N377, N382/N343, N387/N331, N344/N392, N331/N330, N330/N35, N35/N33, N344/N343, N343/N38, N38/N37, N39/N370, N382/N39, N392/N382, N387/N377, N377/N36, N36/N368, N439/N202 y N588/N220

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
2	N8/N440, N445/N440, N445/N441, N446/N441, N446/N442, N447/N442, N447/N443, N448/N443, N448/N444, N16/N444, N16/N449, N454/N449, N454/N450, N455/N450, N455/N451, N456/N451, N456/N452, N457/N452, N457/N453, N23/N453, N23/N458, N463/N458, N463/N459, N464/N459, N464/N460, N465/N460, N465/N461, N466/N461, N466/N462, N31/N462, N31/N467, N472/N467, N472/N468, N473/N468, N473/N469, N474/N469, N474/N470, N475/N470, N475/N471, N39/N471, N36/N476, N481/N476, N481/N477, N482/N477, N482/N478, N483/N478, N483/N479, N484/N479, N484/N480, N28/N480, N28/N485, N490/N485, N490/N486, N491/N486, N491/N487, N492/N487, N492/N488, N493/N488, N493/N489, N20/N489, N20/N494, N499/N494, N499/N495, N500/N495, N500/N496, N501/N496, N501/N497, N502/N497, N502/N498, N13/N498, N13/N503, N508/N503, N508/N504, N509/N504, N509/N505, N510/N505, N510/N506, N511/N506, N511/N507, N5/N507, N3/N512, N517/N512, N517/N513, N518/N513, N518/N514, N519/N514, N519/N515, N520/N515, N520/N516, N11/N516, N11/N521, N526/N521, N526/N522, N527/N522, N527/N523, N528/N523, N528/N524, N529/N524, N529/N525, N400/N525, N400/N530, N535/N530, N535/N531, N536/N531, N536/N532, N537/N532, N537/N533, N538/N533, N538/N534, N26/N534, N26/N539, N544/N539, N544/N540, N545/N540, N545/N541, N546/N541, N546/N542, N547/N542, N547/N543, N34/N543, N439/N548, N553/N548, N553/N549, N554/N549, N554/N550, N555/N550, N555/N551, N556/N551, N556/N552, N438/N552, N438/N557, N562/N557, N562/N558, N563/N558, N563/N559, N564/N559, N564/N560, N565/N560, N565/N561, N437/N561, N437/N566, N571/N566, N571/N567, N572/N567, N572/N568, N573/N568, N573/N569, N574/N569, N574/N570, N436/N570, N436/N575, N580/N575, N580/N576, N581/N576, N581/N577, N582/N577, N582/N578, N583/N578, N583/N579, N435/N579, N588/N589, N609/N589, N609/N590, N610/N590, N610/N591, N611/N591, N611/N592, N612/N592, N612/N593, N587/N593, N587/N594, N613/N594, N613/N595, N614/N595, N614/N596, N615/N596, N615/N597, N616/N597, N616/N598, N586/N598, N586/N599, N617/N599, N617/N600, N618/N600, N618/N601, N619/N601, N619/N602, N620/N602, N620/N603, N585/N603, N585/N604, N621/N604, N621/N605, N622/N605, N622/N606, N623/N606, N623/N607, N624/N607, N624/N608 y N584/N608
3	N10/N68, N2/N104, N68/N9, N104/N1, N122/N1, N6/N122, N14/N86 y N86/N9
4	N2/N1, N6/N1, N41 (C1)/N233, N43 (C6)/N246, N373/N61, N378/N79, N61/N3, N79/N3, N10/N9, N97/N11, N14/N9, N115/N11, N45 (C2)/N258, N47 (C7)/N271, N374/N97, N379/N115, N18/N17, N398/N400, N21/N17, N399/N400, N49 (C3)/N283, N51 (C8)/N296, N375/N398, N380/N399, N25/N24, N159/N26, N29/N24, N177/N26, N53 (C4)/N308, N55 (C9)/N321, N376/N159, N381/N177, N33/N32, N195/N34, N37/N32, N213/N34, N57 (C5)/N333, N59 (C10)/N346, N377/N195, N382/N213, N631 (C6)/N6, N632 (C7)/N14, N633 (C8)/N21, N634 (C9)/N29, N635 (C10)/N37, N40 (C1)/N2, N44 (C2)/N10, N48 (C3)/N18, N52 (C4)/N25 y N56 (C5)/N33
5	N3/N1, N246/N369, N233/N365, N4/N61, N7/N79, N271/N371, N11/N9, N258/N366, N15/N115, N12/N97, N296/N410, N400/N17, N283/N409, N22/N399, N19/N398, N321/N372, N26/N24, N308/N367, N30/N177, N27/N159, N346/N370, N34/N32, N333/N368, N38/N213 y N35/N195
6	N2/N10, N10/N18, N18/N25, N25/N33, N68/N104, N104/N139, N139/N166, N166/N202, N122/N86, N152/N122, N184/N152, N220/N184, N14/N6, N21/N14, N29/N21, N37/N29, N1/N9, N9/N17, N17/N24, N24/N32, N8/N16, N16/N23, N23/N31, N31/N39, N28/N36, N20/N28, N13/N20, N5/N13, N3/N11, N11/N400, N400/N26, N26/N34, N438/N439, N437/N438, N436/N437, N435/N436, N587/N588, N586/N587, N585/N586 y N584/N585
7	N60/N96, N96/N132, N132/N158, N158/N194, N62/N98, N98/N133, N133/N160, N160/N196, N64/N100, N100/N135, N135/N162, N162/N198, N66/N102, N102/N137, N137/N164, N164/N200, N70/N106, N106/N141, N141/N168, N168/N204, N72/N108, N108/N142, N142/N170, N170/N206, N74/N110, N110/N143, N143/N172, N172/N208, N76/N112, N112/N144, N144/N174, N174/N210, N130/N94, N157/N130, N192/N157, N228/N192, N128/N92, N156/N128, N190/N156, N226/N190, N126/N90, N155/N126, N188/N155, N224/N188, N124/N88, N154/N124, N186/N154, N222/N186, N120/N84, N150/N120, N182/N150, N218/N182, N118/N82, N148/N118, N180/N148, N216/N180, N116/N80, N146/N116, N178/N146, N214/N178, N114/N78, N145/N114, N176/N145 y N212/N176

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm^2)	Avy (cm^2)	Avz (cm^2)	Iyy (cm4)	Izz (cm4)	It (cm4)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S355	1	L 32x32x4.8, Doble en T unión genérica, (Angulo de Alas Iguales) Separación entre los perfiles: 150.0 / 150.0 mm Perfiles independientes	5.74	2.61	2.61	5.16	415.98	0.44
		2	L 32x32x4.8, (Angulo de Alas Iguales)	2.87	1.31	1.31	2.58	2.58	0.22
		3	D 10, (D)	0.79	0.71	0.71	0.05	0.05	0.10
Acero conformado	S355	4	U 150x50x5.0, (Perfil U)	11.67	3.96	6.04	358.74	24.74	0.97
		5	U 150x50x5.0, Doble en I union soldada, (Perfil U) Cordón continuo	23.34	7.92	12.08	717.48	84.26	1.95
		6	U 80x40x4.0, (Perfil U)	5.87	2.53	2.53	55.32	8.91	0.31
		7	C 80x50x20x2.5, (Perfil C)	5.09	1.98	2.40	51.16	18.59	0.11

Notación:
Ref.: Referencia
A: Área de la sección transversal
Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
It: Inercia a torsión
Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

3.- COMPROBACIONES E.L.U.

3.1.- PORTICO

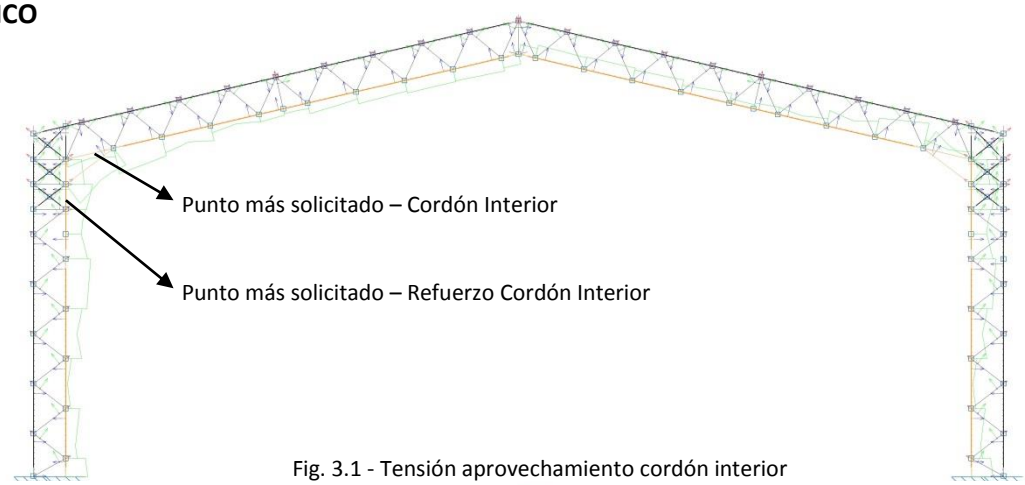


Fig. 3.1 - Tensión aprovechamiento cordón interior

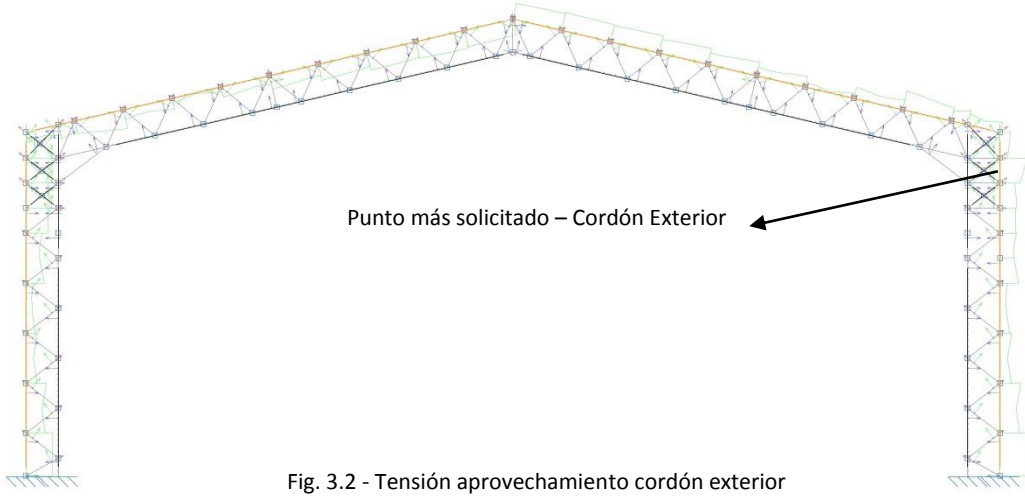


Fig. 3.2 - Tensión aprovechamiento cordón exterior

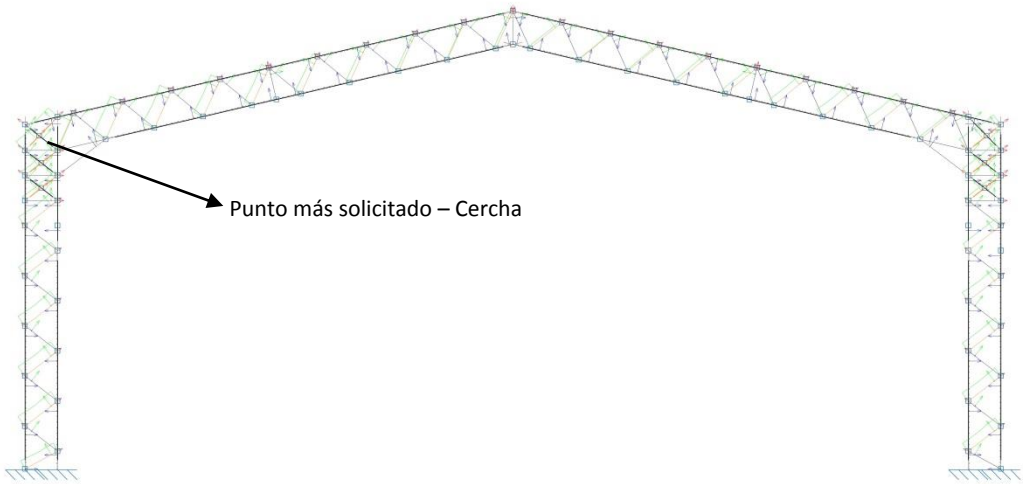
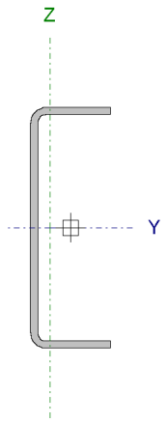


Fig. 3.3 – Tensión Aprovechamiento - Cerchas

3.1.1 Cordón Interior

Barra N398/N134

Perfil: U 150x50x5.0
Material: Acero (S355)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)	y_a (3) (mm)	z_a (3) (mm)
N398	N134	0.770	11.67	358.74	24.74	0.97	-12.80	0.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	4.55	0.00	0.0
L_K	0.770	3.500	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N398/N134	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.77 m η = 23.9	x: 0 m η = 42.7	x: 0 m η = 0.6	x: 0 m η = 20.6	x: 0 m η = 21.1	x: 0 m η = 0.6	η = 0.1	x: 0 m η = 30.0	x: 0 m η = 80.4	η < 0.1	N.P.(1)	**CUMPLE η = 80.4**

Notación:
b / t: Relación anchura / espesor
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión. Eje Y
M_z: Resistencia a flexión. Eje Z
M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial
V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión
$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión
$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

<u>Relación anchura / espesor</u> (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

h / t : ***26.0*** ✓

b / t : ***8.0*** ✓

Donde:

h: Altura del alma. **h** : *130.00* mm

b: Ancho de las alas. **b** : *40.00* mm

t: Espesor. **t** : *5.00* mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas no puede ser mayor que 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.83*** ✓

Donde:

A_q: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A_q** : *11.67* cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *3618.76* kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo mínimo. **N_{cr}** : *61.872* t

El axil crítico elástico de pandeo **N_{cr}** se calcula según los apartados a) y b):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: *88.170* t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión.

$N_{cr,FT}$: *61.872* t

Donde:

$N_{cr,v}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$N_{cr,v}$: *61.872* t

$N_{cr,T}$: Axil crítico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *358.74* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *24.74* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *0.97* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *877.29* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *2140672.78* kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *825688.07* kp/cm²

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}** : *3.500* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}** : *0.770* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}** : *0.000* m

β: Constante adimensional, obtenida mediante la siguiente expresión:

β : *0.83*

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i_o : *6.30* cm

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : *5.54* cm

i_z : *1.46* cm

y_o, z_o: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y_o : *-2.60* cm

z_o : *0.00* cm

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

Se debe satisfacer:

η : ***0.239*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N134, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: *9.630* t

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *40.222* t

Donde:

A_a: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A_a : *11.67* cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_{yb} : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.275*** ✓

η : ***0.427*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N398, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *11.078* t

La resistencia de cálculo a compresión $\mathbf{N_{c,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{N_{c,Rd}}$: *40.222* t

Donde:

$\mathbf{A_a}$: Área bruta de la sección transversal de la barra. $\mathbf{A_a}$: *11.67* cm²

$\mathbf{f_{yb}}$: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_{yb}}$: *3618.76* kp/cm²

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

Resistencia a pandeo. (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$\mathbf{N_{b,Rd}}$: *25.972* t

Donde:

$\mathbf{A_a}$: Área bruta de la sección transversal de la barra. $\mathbf{A_a}$: *11.67* cm²

$\mathbf{f_{yb}}$: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_{yb}}$: *3618.76* kp/cm²

$\gamma_{\mathbf{M1}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M1}}$: *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo. χ : *0.65*

El coeficiente de reducción por pandeo es el menor de los coeficientes de reducción calculados:

χ_z : *0.73*

χ_{FT} : *0.65*

Siendo:

ϕ_z : *0.86*

ϕ_{FT} : *0.99*

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_z : *0.49*

α_{FT} : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_z$: *0.69*

$\bar{\lambda}_{FT}$: *0.83*

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *88.170* t

$\mathbf{N_{cr,FT}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión. $\mathbf{N_{cr,FT}}$: *61.872* t

<u>Resistencia a flexión. Eje Y</u> (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

η : ***0.006*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N398, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$\mathbf{M_{v,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{v,Ed}^{+}}$: *0.007* t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N398, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$\mathbf{M_{v,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{v,Ed}^{-}}$: *0.009* t·m

La resistencia de cálculo a flexión $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *1.648* t·m

Donde:

$\mathbf{W_{el}}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. $\mathbf{W_{el}}$: *47.83* cm³

$\mathbf{f_{yb}}$: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_{yb}}$: *3618.76* kp/cm²

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a flexión. Eje Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

η : ***0.206*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N398, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{z,Ed}^{+}}$: *0.039* t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N398, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{z,Ed}^{-}}$: *0.046* t·m

La resistencia de cálculo a flexión $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dada por:

$M_{c,Rd}$: 0.226 t·m

Donde:

W_{el}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. W_{el} : 6.55 cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : 3618.76 kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a flexión biaxial (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

η : **0.211** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N398, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}^{-}$: 0.009 t·m

$M_{z,Ed}^{-}$: 0.046 t·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$M_{cy,Rd}$, $M_{cz,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{cy,Rd}$: 1.648 t·m

$M_{cz,Rd}$: 0.226 t·m

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

η : **0.006** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N398, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.052 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 9.014 t

Donde:

b_d: Ancho de las alas horizontales. b_d : 45.30 mm

t: Espesor. t : 5.00 mm

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : 3618.76 kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qc(1).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.010* t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{b,Rd}$** viene dado por:

$V_{b,Rd}$: *14.053* t

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : *140.61* mm

t: Espesor. **t** : *5.00* mm

ϕ: Ángulo que forma el alma con la horizontal. ϕ : *90.0* grados

f_{bv}: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

f_{bv} : *2098.88* kp/cm²

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$\bar{\lambda}_w$: *0.40*

Donde:

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *3618.76* kp/cm²

E: Módulo de elasticidad. **E** : *2140672.78* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a tracción y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.300*** ✓

η < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N398, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{t,Ed}}$: *9.628* t

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^{+}}$: *0.007* t·m; $\mathbf{M_{z,Ed}^{+}}$: *0.039* t·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$\mathbf{N_{t,Rd}}$: Resistencia de cálculo a tracción. $\mathbf{N_{t,Rd}}$: *40.222* t

$\mathbf{M_{cy,Rd,ten}}$, $\mathbf{M_{cz,Rd,ten}}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de tracción, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{cv,Rd,ten}}$: *1.648* t·m; $\mathbf{M_{cz,Rd,ten}}$: *0.699* t·m

$\mathbf{M_{cy,Rd,com}}$, $\mathbf{M_{cz,Rd,com}}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de compresión, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{cv,Rd,com}}$: *1.648* t·m; $\mathbf{M_{cz,Rd,com}}$: *0.226* t·m

Resistencia a compresión y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.348*** ✓

η < ***0.001*** ✓

η : ***0.804*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N398, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *11.078* t

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^{-}}$: *0.009* t·m; $\mathbf{M_{z,Ed}^{-}}$: *0.046* t·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$\mathbf{N_{c,Rd}}$: Resistencia de cálculo a compresión. $\mathbf{N_{c,Rd}}$: *40.222* t

$\mathbf{M_{cy,Rd,com}}$, $\mathbf{M_{cz,Rd,com}}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de compresión, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{cv,Rd,com}}$: *1.648* t·m; $\mathbf{M_{cz,Rd,com}}$: *0.699* t·m

$\mathbf{M_{cy,Rd,ten}}$, $\mathbf{M_{cz,Rd,ten}}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de tracción, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{cv,Rd,ten}}$: *1.648* t·m; $\mathbf{M_{cz,Rd,ten}}$: *0.226* t·m

$\mathbf{N_{b,Rd}}$: Resistencia de cálculo a compresión con pandeo. $\mathbf{N_{b,Rd}}$: *25.972* t

$\mathbf{M_{cy,Rd}}$, $\mathbf{M_{cz,Rd}}$: Resistencia de cálculo a flexión, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{cv,Rd}}$: *1.648* t·m; $\mathbf{M_{cz,Rd}}$: *0.226* t·m

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y axil, ya que los esfuerzos cortantes solicitantes de cálculo pésimo $\mathbf{V_{y,Ed}}$ y $\mathbf{V_{z,Ed}}$ son menores o iguales que el 50% de los correspondientes esfuerzos cortantes resistentes de cálculo $\mathbf{V_{y,c,Rd}}$ y $\mathbf{V_{z,w,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

0.052 ≤ 4.507

Donde:

$V_{y,Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{y,Ed}$** : *0.052* t

$V_{v,c,Rd}$: Resistencia de cálculo a cortante. **$V_{v,c,Rd}$** : *9.014* t

0.010 ≤ 7.027

Donde:

$V_{z,Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{z,Ed}$** : *0.010* t

$V_{z,w,Rd}$: Resistencia de cálculo a cortante. **$V_{z,w,Rd}$** : *14.053* t

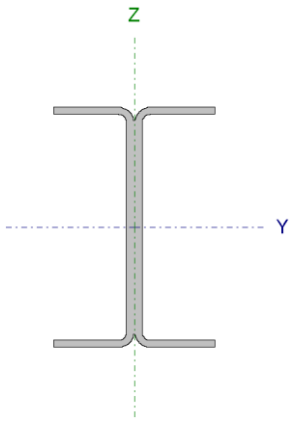
Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

3.1.2 Refuerzo Cordón Interior

Barra N281/N375

Perfil: U 150x50x5.0, Doble en I union soldada (Cordón continuo)
Material: Acero (S355)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N281	N375	0.385	23.34	717.48	84.26	1.95

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.82	11.69	0.00	0.00
L_K	0.700	4.500	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_v	M_z	M_vM_z	V_v	V_z	$N_tM_vM_z$	$N_cM_vM_z$	$NM_vM_zV_vV_z$	$M_tNM_vM_zV_vV_z$	
N281/N375	b / t ≤ (b / t)$_{Máx.}$ Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.385 m η = 23.8	x: 0.385 m η = 53.8	x: 0.385 m η = 0.1	x: 0.385 m η = 15.6	x: 0.385 m η = 15.7	η = 1.1	η < 0.1	x: 0.385 m η = 28.7	x: 0.385 m η = 83.9	η < 0.1	N.P.[1]	**CUMPLE η = 83.9**

Notación:
b / t: Relación anchura / espesor
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión. Eje Y
M_z: Resistencia a flexión. Eje Z
M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial
V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión
$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión
$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
[1] La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Relación anchura / espesor (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

h / t : ***26.0*** ✓

b / t : ***8.0*** ✓

Donde:

h: Altura del alma. **h** : *130.00* mm

b: Ancho de las alas. **b** : *40.00* mm

t: Espesor. **t** : *5.00* mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas no puede ser mayor que 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***1.06*** ✓

Donde:

A_g: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A_g** : *11.67* cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *3618.76* kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo mínimo. **N_{cr}** : *37.429* t

La tensión crítica elástica de pandeo σ_{cr} es el valor de la menor de las raíces de la siguiente ecuación cúbica:

σ_{cr} : *3207.11* kp/cm²

Donde:

$\sigma_{cr,y}$: Tensión crítica elástica de pandeo por flexión de la sección compuesta, alrededor del eje Y. **$\sigma_{cr,y}$** : *3207.11* kp/cm²

$\sigma_{cr,z}$: Tensión crítica elástica de pandeo por flexión de la sección compuesta, alrededor del eje Z.	$\sigma_{cr,z}$:	*15564.30*	kp/cm²
$\sigma_{cr,T}$: Tensión crítica elástica de pandeo por torsión de la sección compuesta.	$\sigma_{cr,T}$:	∞	
I_y: Momento de inercia de la sección compuesta, respecto al eje Y.	I_y :	*717.48*	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección compuesta, respecto al eje Z.	I_z :	*84.26*	cm4
I_t: Módulo de torsión uniforme de la sección compuesta.	I_t :	*1.95*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección compuesta.	I_w :	*0.00*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*2140672.78*	kp/cm²
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*825688.07*	kp/cm²
λ_y: Esbeltez mecánica de la sección compuesta, respecto al eje Y, calculada teniendo en cuenta el tipo de enlaces y su separación.	λ_y :	*81.16*	
λ_z: Esbeltez mecánica de la sección compuesta, respecto al eje Z, calculada teniendo en cuenta el tipo de enlaces y su separación.	λ_z :	*36.84*	
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión de la sección compuesta.	L_{kt} :	*0.000*	m
i_o: Radio de giro polar de la sección compuesta, respecto al centro de torsión.	i_o :	*5.86*	cm

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección compuesta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	*5.54*	cm
	i_z :	*1.90*	cm
y_o, z_o: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección compuesta.	y_o :	*0.00*	cm
	z_o :	*0.00*	cm

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

Se debe satisfacer:

η : ***0.238*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N375, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$:	*9.573*	t

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *40.222* t

Donde:

A_q: Área bruta de la sección transversal de la barra.	A_q :	*11.67*	cm²
f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_{yb} :	*3618.76*	kp/cm²
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} :	*1.05*	

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.271*** ✓

η : ***0.538*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N375, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *10.913* t

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *40.222* t

Donde:

A_q: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A_q** : *11.67* cm²

f_{vb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{vb}** : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo. (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *20.300* t

Donde:

A_q: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A_q** : *11.67* cm²

f_{vb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{vb}** : *3618.76* kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ : *0.50*

Siendo:

ϕ : *1.28*

α: Coeficiente de imperfección elástica. α : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}$: *1.06*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo mínimo. **N_{cr}** : *37.429* t

Resistencia a flexión. Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

η : ***0.001*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N375, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qc(1).

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{y,Ed}^{+}$: *0.002* t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N375, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{y,Ed}^{-}$: *0.001* t·m

La resistencia de cálculo a flexión **$M_{c,Rd}$** viene dada por:

$M_{c,Rd}$: *1.648* t·m

Donde:

W_{el}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. W_{el} : *47.83* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a flexión. Eje Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

η : ***0.156*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N375, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$M_{z,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{z,Ed}^{+}$: *0.031* t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N375, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$M_{z,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{z,Ed}^-$** : *0.035* t·m

La resistencia de cálculo a flexión **$M_{c,Rd}$** viene dada por:

$M_{c,Rd}$: *0.226* t·m

Donde:

W_{el}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. **W_{el}** : *6.55* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

<u>Resistencia a flexión biaxial</u> (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

η : ***0.157*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N375, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{v,Ed}^+$** : *0.002* t·m **$M_{z,Ed}^-$** : *0.035* t·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$M_{cy,Rd}$, $M_{cz,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{cv,Rd}$** : *1.648* t·m **$M_{cz,Rd}$** : *0.226* t·m

<u>Resistencia a corte Y</u> (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.011*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.100* t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *9.014* t

Donde:

b_d: Ancho de las alas horizontales. **b_d** : *45.30* mm

t: Espesor. **t** : *5.00* mm

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qc(1).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.004* t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{b,Rd}$ viene dado por:

$V_{b,Rd}$: *14.053* t

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : *140.61* mm

t: Espesor. **t** : *5.00* mm

ϕ: Ángulo que forma el alma con la horizontal. ϕ : *90.0* grados

f_{bv}: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

f_{bv} : *2098.88* kp/cm²

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$\bar{\lambda}_w$: *0.40*

Donde:

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *3618.76* kp/cm²

E: Módulo de elasticidad. **E** : *2140672.78* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a tracción y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.287*** ✓

$\eta <$ ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N375, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$:	*6.017*	t
$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^{-}$:	*0.001*	t·m
	$M_{z,Ed}^{-}$:	*0.031*	t·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo a tracción.	$N_{t,Rd}$:	*40.222*	t
$M_{cy,Rd,ten}$, $M_{cz,Rd,ten}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de tracción, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{cy,Rd,ten}$:	*1.648*	t·m
	$M_{cz,Rd,ten}$:	*0.226*	t·m
$M_{cy,Rd,com}$, $M_{cz,Rd,com}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de compresión, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{cy,Rd,com}$:	*1.648*	t·m
	$M_{cz,Rd,com}$:	*0.699*	t·m

<u>Resistencia a compresión y flexión</u> (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.323*** ✓

$\eta <$ ***0.001*** ✓

η : ***0.839*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N375, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed}$:	*10.913*	t
$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^{+}$:	*0.002*	t·m
	$M_{z,Ed}^{-}$:	*0.035*	t·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$N_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo a compresión.	$N_{c,Rd}$:	*40.222*	t
$M_{cy,Rd,com}$, $M_{cz,Rd,com}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de compresión, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{cy,Rd,com}$:	*1.648*	t·m
	$M_{cz,Rd,com}$:	*0.699*	t·m
$M_{cy,Rd,ten}$, $M_{cz,Rd,ten}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de tracción, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{cy,Rd,ten}$:	*1.648*	t·m
	$M_{cz,Rd,ten}$:	*0.226*	t·m
$N_{b,Rd}$: Resistencia de cálculo a compresión con pandeo.	$N_{b,Rd}$:	*20.300*	t
$M_{cy,Rd}$, $M_{cz,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{cy,Rd}$:	*1.648*	t·m
	$M_{cz,Rd}$:	*0.226*	t·m

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y axil, ya que los esfuerzos cortantes solicitantes de cálculo pésimo $\mathbf{V_{y,Ed}}$ y $\mathbf{V_{z,Ed}}$ son menores o iguales que el 50% de los correspondientes esfuerzos cortantes resistentes de cálculo $\mathbf{V_{v,c,Rd}}$ y $\mathbf{V_{z,w,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

0.100 ≤ 4.507

Donde:

$\mathbf{V_{v,Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{v,Ed}}$: *0.100* t

$\mathbf{V_{v,c,Rd}}$: Resistencia de cálculo a cortante. $\mathbf{V_{v,c,Rd}}$: *9.014* t

0.004 ≤ 7.027

Donde:

$\mathbf{V_{z,Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{z,Ed}}$: *0.004* t

$\mathbf{V_{z,w,Rd}}$: Resistencia de cálculo a cortante. $\mathbf{V_{z,w,Rd}}$: *14.053* t

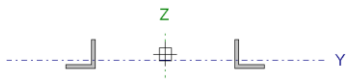
Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

3.1.3 Cerchas

Barra N19/N630

Perfil: L 32x32x4.8, Doble en T unión genérica (Separación entre los perfiles: 150.0 / 150.0 mm y Perfiles independientes)
Material: Acero (S355)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)	y_a (3) (mm)	z_a (3) (mm)
N19	N630	0.360	5.74	5.16	415.98	0.44	0.00	-6.40

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.360	0.360	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N19/N630	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.36 m $\eta = 27.4$	x: 0.36 m $\eta = 42.4$	x: 0 m $\eta = 4.4$	x: 0.36 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.4$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 47.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE $\eta = 47.6$**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Nota: El análisis de piezas compuestas se realiza mediante la verificación de cada uno de los perfiles simples que las constituyen. Las comprobaciones de dichos perfiles se realizan para los esfuerzos calculados a partir de los que actúan sobre la pieza compuesta, según sus características mecánicas. Para las comprobaciones de estabilidad se utiliza la esbeltez mecánica ideal, obtenida en función de la esbeltez de la pieza y una esbeltez complementaria que tiene en cuenta la separación de los enlaces entre los perfiles simples.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***0.78*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *3*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *2.87* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *3618.76* kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *17.279* t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a) y b):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje V. **$N_{cr,v}$** : *17.279* t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión. **$N_{cr,FT}$** : *66.835* t

Donde:

$N_{cr,u}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje U. **$N_{cr,u}$** : *66.835* t

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

I_u: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje U.	I_u :	*4.10*	cm4
I_v: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje V.	I_v :	*1.06*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	*0.22*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w :	*0.16*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*2140673*	kp/cm²
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*825688*	kp/cm²
L_{ku}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje U.	L_{ku} :	*0.360*	m
L_{kv}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje V.	L_{kv} :	*0.360*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*0.000*	m
β: Constante adimensional obtenida mediante la siguiente expresión:	β :	*0.63*	

Donde:

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	*1.68*	cm

Siendo:

i_u , i_v: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia U y V.	i_u :	*1.20*	cm
	i_v :	*0.61*	cm
u_0 , v_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales U y V, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	u_0 :	*10.18*	mm
	v_0 :	*0.00*	mm

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.274*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N630, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$:	*2.714*	t

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *9.891* t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.	**A** :	*2.87*	cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	*3446.43*	kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.313*** ✓

η : ***0.424*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N630, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: *3.098* t

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *9.891* t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *3*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *2.87* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *3446.43* kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *7.315* t

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *2.87* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *3446.43* kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *3618.76* kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_v : *0.74*

χ_{FT} : *0.93*

Siendo:

ϕ_v : *0.90*

ϕ_{FT} : *0.61*

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_v : *0.34*

α_{FT} : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_v$: *0.78*

$\bar{\lambda}_{FT}$: *0.39*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: N_{cr} : *17.279* t

$N_{cr,v}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje V. $N_{cr,v}$: *17.279* t

$N_{cr,FT}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión. $N_{cr,FT}$: *66.835* t

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.044*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N19, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : *0.003* t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N19, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : *0.003* t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *0.074* t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,v}$: *2.14* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *3446.43* kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N630, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^{+} : *0.000* t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N630, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. — M_{Ed}^{-} : *0.000* t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *0.074* t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. — **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. — $W_{pl,z}$: *2.14* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *3446.43* kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.004*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N19, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.012* t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *3.056* t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *1.54* cm²

Siendo:

$h_{vert.}$: Longitud del ala vertical. **$h_{vert.}$** : *32.00* mm

t: Espesor de la chapa. **t** : *4.80* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *3446.43* kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.004* t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *3.056* t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *1.54* cm²

Siendo:

$h_{horz.}$: Longitud del ala horizontal. $h_{horz.}$: *32.00* mm

t: Espesor de la chapa. **t** : *4.80* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : *3446.43* kp/cm²

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_v : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

0.012 t ≤ 1.528 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.012* t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: *3.056* t

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

0.004 t ≤ 1.528 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.004* t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: *3.056* t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.389*** ✓

η : ***0.418*** ✓

η : ***0.476*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N19, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qc(1).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $N_{c,Ed}$: *2.852* t

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{y,Ed}^{-}$: *0.003* t·m; $M_{z,Ed}^{+}$: *0.000* t·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. — **Clase** : *3*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. — $N_{pl,Rd}$: *9.891* t

$M_{el,Rd,y}$, $M_{el,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. — $M_{el,Rd,y}$: *0.030* t·m; $M_{el,Rd,z}$: *0.030* t·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. — **A** : *2.87* cm²

$W_{el,y}$, $W_{el,z}$: Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — $W_{el,y}$: *0.86* cm³; $W_{el,z}$: *0.86* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — f_{yd} : *3446.43* kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — f_y : *3618.76* kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — γ_{M1} : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : *1.07*

k_z : *1.18*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. — $C_{m,y}$: *1.00*; $C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — χ_y : *0.93*; χ_z : *0.74*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

$\bar{\lambda}_y$:	*0.39*
$\bar{\lambda}_z$:	*0.78*
α_y :	*0.80*
α_z :	*1.00*

<u>Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

0.012 t ≤ 1.528 t ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *0.012* t

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *3.056* t

<u>Resistencia a torsión</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

<u>Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

<u>Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3.2.- RIOSTRA

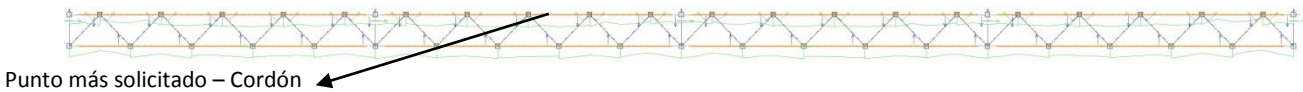


Fig. 3.4 – Diagrama tensión aprovechamiento cordones de riostra

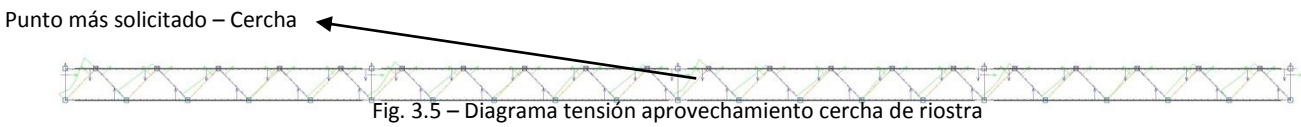
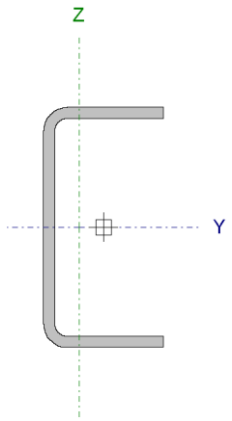


Fig. 3.5 – Diagrama tensión aprovechamiento cercha de riostra

3.2.1 Cordón

Barra N535/N536

Perfil: U 80x40x4.0
Material: Acero (S355)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)	y_a (3) (mm)	z_a (3) (mm)
N535	N536	0.994	5.87	55.32	8.91	0.31	-8.12	0.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	4.53	0.00	0.00
L_K	0.994	4.500	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modi□icación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N535/N536	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	η = 4.5	η = 18.9	x: 0 m η = 0.6	x: 0.994 m η = 9.2	x: 0.994 m η = 9.3	x: 0 m η = 0.4	η = 0.1	x: 0 m η = 12.9	x: 0.994 m η = 40.5	η < 0.1	N.P.(1)	**CUMPLE η = 40.5**

Notación:
b / t: Relación anchura / espesor
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión. Eje Y
M_z: Resistencia a flexión. Eje Z
M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial
V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión
$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión
$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

<u>Relación anchura / espesor</u> (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

h / t : ***16.0*** ✓

b / t : ***8.0*** ✓

Donde:

h: Altura del alma. **h** : *64.00* mm

b: Ancho de las alas. **b** : *32.00* mm

t: Espesor. **t** : *4.00* mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas no puede ser mayor que 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***1.92*** ✓

Donde:

A_q: Área bruta de la sección transversal de la barra.	A_q :	*5.87*	cm²
f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_{yb} :	*3618.76*	kp/cm²
N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo mínimo.	N_{cr} :	*5.771*	t

El axil crítico elástico de pandeo N_{cr} se calcula según los apartados a) y b):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: *19.047* t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión.

$N_{cr,FT}$: *5.771* t

Donde:

$N_{cr,v}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$N_{cr,v}$: *5.771* t

$N_{cr,T}$: Axil crítico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_v :	*55.32*	cm4
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	*8.91*	cm4
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	*0.31*	cm4
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w :	*83.06*	cm6
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*2140672.78*	kp/cm²
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*825688.07*	kp/cm²
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{kv} :	*4.500*	m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	*0.994*	m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	*0.000*	m

β: Constante adimensional, obtenida mediante la siguiente expresión:

β : *0.64*

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i_o : *4.13* cm

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : *3.07* cm

i_z : *1.23* cm

y_o, z_o: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y_o : *-2.47* cm

z_o : *0.00* cm

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

Se debe satisfacer:

η : ***0.045*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$: *0.903* t

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *20.228* t

Donde:

A_g: Área bruta de la sección transversal de la barra. A_g : *5.87* cm²

f_{vb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{vb} : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.040*** ✓

η : ***0.189*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *0.804* t

La resistencia de cálculo a compresión $\mathbf{N_{c,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{N_{c,Rd}}$: *20.228* t

Donde:

$\mathbf{A_q}$: Área bruta de la sección transversal de la barra. $\mathbf{A_q}$: *5.87* cm²

$\mathbf{f_{yb}}$: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_{yb}}$: *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo. (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$\mathbf{N_{b,Rd}}$: *4.261* t

Donde:

$\mathbf{A_q}$: Área bruta de la sección transversal de la barra. $\mathbf{A_q}$: *5.87* cm²

$\mathbf{f_{yb}}$: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_{yb}}$: *3618.76* kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo. χ : *0.21*

El coeficiente de reducción por pandeo es el menor de los coeficientes de reducción calculados:

χ_z : *0.51*

χ_{FT} : *0.21*

Siendo:

ϕ_z : *1.27*

ϕ_{FT} : *2.76*

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_z : *0.49*

α_{FT} : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_z$: *1.06*

$\bar{\lambda}_{FT}$: *1.92*

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *19.047* t

$\mathbf{N_{cr,FT}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión. $\mathbf{N_{cr,FT}}$: *5.771* t

Resistencia a flexión. Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

η : ***0.006*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N535, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{y,Ed}^{+}$: *0.003* t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N535, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{y,Ed}^{-}$: *0.002* t·m

La resistencia de cálculo a flexión $M_{c,Rd}$ viene dada por:

$M_{c,Rd}$: *0.477* t·m

Donde:

W_{el}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. W_{el} : *13.83* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a flexión. Eje Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

η : ***0.092*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N536, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$M_{z,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{z,Ed}^{+}$: *0.010* t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N536, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$M_{z,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{z,Ed}^{-}$: *0.009* t·m

La resistencia de cálculo a flexión $M_{c,Rd}$ viene dada por:

$M_{c,Rd}$: *0.109* t·m

Donde:

$\mathbf{W_{el}}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. $\mathbf{W_{el}}$: *3.17* cm³

$\mathbf{f_{yb}}$: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_{yb}}$: *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a flexión biaxial (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

η : ***0.093*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N536, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^-}$: *0.001* t·m

$\mathbf{M_{z,Ed}^+}$: *0.010* t·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$\mathbf{M_{cy,Rd}}$, $\mathbf{M_{cz,Rd}}$: Resistencia de cálculo a flexión, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{cy,Rd}}$: *0.477* t·m

$\mathbf{M_{cz,Rd}}$: *0.109* t·m

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.004*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N535, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.022* t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *5.769* t

Donde:

$\mathbf{b_d}$: Ancho de las alas horizontales. $\mathbf{b_d}$: *36.24* mm

t: Espesor. **t** : *4.00* mm

$\mathbf{f_{yb}}$: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_{yb}}$: *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

η : **0.001** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : 0.004 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{b,Rd}$** viene dado por:

$V_{b,Rd}$: 5.796 t

Donde:

h_w: Altura del alma. **h_w** : 72.49 mm

t: Espesor. **t** : 4.00 mm

ϕ: Ángulo que forma el alma con la horizontal. ϕ : 90.0 grados

f_{bv}: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

f_{bv} : 2098.88 kp/cm²

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$\bar{\lambda}_w$: 0.26

Donde:

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : 3618.76 kp/cm²

E: Módulo de elasticidad. **E** : 2140672.78 kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a tracción y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

Se debe satisfacer:

η : **0.129** ✓

η < **0.001** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N535, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : 0.903 t

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y **$M_{y,Ed}^{+}$** : 0.003 t·m

y Z, respectivamente. $M_{z,Ed}^{-}$: 0.009 t·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo a tracción. $N_{t,Rd}$: 20.228 t

$M_{cy,Rd,ten}$, $M_{cz,Rd,ten}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de tracción, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{cy,Rd,ten}$: 0.477 t·m; $M_{cz,Rd,ten}$: 0.109 t·m

$M_{cy,Rd,com}$, $M_{cz,Rd,com}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de compresión, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{cy,Rd,com}$: 0.477 t·m; $M_{cz,Rd,com}$: 0.258 t·m

Resistencia a compresión y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : **0.076** ✓

η : **0.045** ✓

η : **0.405** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N536, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 0.804 t

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}^{+}$: 0.000 t·m; $M_{z,Ed}^{-}$: 0.009 t·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$N_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo a compresión. $N_{c,Rd}$: 20.228 t

$M_{cy,Rd,com}$, $M_{cz,Rd,com}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de compresión, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{cy,Rd,com}$: 0.477 t·m; $M_{cz,Rd,com}$: 0.258 t·m

$M_{cy,Rd,ten}$, $M_{cz,Rd,ten}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de tracción, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{cy,Rd,ten}$: 0.477 t·m; $M_{cz,Rd,ten}$: 0.109 t·m

$N_{b,Rd}$: Resistencia de cálculo a compresión con pandeo. $N_{b,Rd}$: 4.261 t

$M_{cy,Rd}$, $M_{cz,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{cy,Rd}$: 0.477 t·m; $M_{cz,Rd}$: 0.109 t·m

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y axil, ya que los esfuerzos cortantes solicitantes de cálculo pésimo $V_{y,Ed}$ y $V_{z,Ed}$ son menores o iguales que el 50% de los correspondientes esfuerzos cortantes resistentes de cálculo $V_{y,c,Rd}$ y $V_{z,w,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

0.022 ≤ 2.885

Donde:

$V_{y,Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{y,Ed}$** : *0.022* t

$V_{y,c,Rd}$: Resistencia de cálculo a cortante. **$V_{y,c,Rd}$** : *5.769* t

0.004 ≤ 2.898

Donde:

$V_{z,Ed}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{z,Ed}$** : *0.004* t

$V_{z,w,Rd}$: Resistencia de cálculo a cortante. **$V_{z,w,Rd}$** : *5.796* t

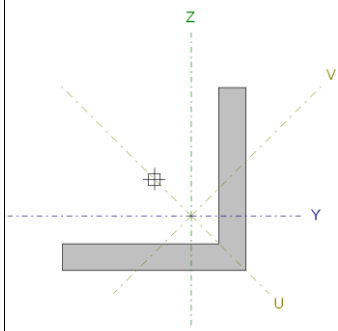
Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

3.2.2 Cercha

Barra N400/N525

Perfil: L 32x32x4.8
Material: Acero (S355)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_{vz}(4) (cm4)	I_t(2) (cm4)	y_a(3) (mm)	z_a(3) (mm)	α(5) (grados)
N400	N525	0.715	2.87	2.58	2.58	1.52	0.22	6.40	-6.40	-45.0

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad
(4) Producto de inercia
(5) Es el ángulo que forma el e□e principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.715	0.715	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N400/N525	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.715 m η = 2.9	x: 0 m η = 10.4	x: 0.715 m η = 7.3	x: 0.715 m η = 26.2	x: 0 m η = 0.4	η = 1.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.715 m η = 44.8	η < 0.1	η = 2.3	x: 0.715 m η = 0.1	η = 0.4	**CUMPLE η = 44.8**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$: ***1.54*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *3*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *2.87* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *3618.76* kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *4.387* t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a) y b):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje V. **$N_{cr,v}$** : *4.387* t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión. **$N_{cr,FT}$** : *16.968* t

Donde:

$N_{cr,u}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje U. **$N_{cr,u}$** : *16.968* t

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

I_u: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje U. **I_u** : *4.10* cm4

I_v: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje V. **I_v** : *1.06* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *0.22* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *0.16* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *2140673* kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *825688* kp/cm²

L_{ku}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje U. **L_{ku}** : *0.715* m

L_{kv}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje V. **L_{kv}** : *0.715* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}** : *0.000* m

β: Constante adimensional obtenida mediante la siguiente expresión: β : *0.63*

Donde:

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. i_0 : *1.68* cm

Siendo:

i_u , i_v: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia U y V. i_u : *1.20* cm i_v : *0.61* cm

u_0 , v_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales U y V, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. u_0 : *10.18* mm v_0 : *0.00* mm

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.029*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N525, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$: *0.289* t

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: *9.891* t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *2.87* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *3446.43* kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.034*** ✓

η : ***0.104*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N400, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *0.337* t

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$N_{c,Rd}$: *9.891* t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *3*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *2.87* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *3446.43* kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: *3.248* t

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *2.87* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *3446.43* kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *3618.76* kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_v : *0.33*

χ_{FT} : *0.74*

Siendo:

ϕ_v : *1.91*

ϕ_{FT} : *0.91*

α: Coeficiente de imperfección elástica. **α_v** : *0.34*

α_{FT} : *0.34*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_v$: *1.54*

$\bar{\lambda}_{FT}$: *0.78*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: N_{cr} : *4.387* t

$N_{cr,v}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje V. $N_{cr,v}$: *4.387* t

$N_{cr,FT}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión. $N_{cr,FT}$: *16.968* t

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.073*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N525, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{+} : *0.005* t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N525, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^{-} : *0.005* t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: *0.074* t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,v}$: *2.14* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : *3446.43* kp/cm²

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_v : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : ***0.262*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N525, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{+}}$: *0.019* t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N525, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^{-}}$: *0.016* t·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *0.074* t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *2.14* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *3446.43* kp/cm²

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.004*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N400, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.012* t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *3.056* t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *1.54* cm²

Siendo:

$h_{vert.}$: Longitud del ala vertical. $h_{vert.}$: *32.00* mm

t: Espesor de la chapa. **t** : *4.80* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : *3446.43* kp/cm²

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_v : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : ***0.013*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.039* t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: *3.056* t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *1.54* cm²

Siendo:

$h_{horz.}$: Longitud del ala horizontal. $h_{horz.}$: *32.00* mm

t: Espesor de la chapa. **t** : *4.80* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : *3446.43* kp/cm²

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_v : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

0.012 t ≤ 1.528 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.012* t

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *3.056* t

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

0.039 t ≤ 1.528 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.039* t

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *3.056* t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.369*** ✓

η : ***0.301*** ✓

η : ***0.448*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N525, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$\mathbf{N_{c,Ed}}$:	*0.336*	t
$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$\mathbf{M_{y,Ed}}^+$:	*0.005*	t·m
	$\mathbf{M_{z,Ed}}^+$:	*0.019*	t·m
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	**Clase** :	*1*	
$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$\mathbf{N_{pl,Rd}}$:	*9.891*	t
$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$:	*0.074*	t·m
	$\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$:	*0.074*	t·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	**A** :	*2.87*	cm²
$\mathbf{W_{pl,y}}$, $\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\mathbf{W_{pl,y}}$:	*2.14*	cm³
	$\mathbf{W_{pl,z}}$:	*2.14*	cm³
$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero.	$\mathbf{f_{yd}}$:	*3446.43*	kp/cm²

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$\mathbf{f_y}$:	*3618.76*	kp/cm²
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} :	*1.05*	

$\mathbf{k_y}$, $\mathbf{k_z}$: Coeficientes de interacción.

$\mathbf{k_y}$: *1.03*

$\mathbf{k_z}$: *1.14*

$\mathbf{C_{m,y}}$, $\mathbf{C_{m,z}}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$\mathbf{C_{m,y}}$:	*1.00*	
	$\mathbf{C_{m,z}}$:	*1.00*	
χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y :	*0.74*	
	χ_z :	*0.33*	
$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$:	*0.78*	
	$\bar{\lambda}_z$:	*1.54*	
α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y :	*0.60*	
	α_z :	*0.60*	

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

0.039 t ≤ 1.528 t ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,v}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,v}}$: *0.039* t

$\mathbf{V_{c,Rd,y}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,y}}$: *3.056* t

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : ***0.023*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.000* t·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *0.009* t·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *0.45* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *3446.43* kp/cm²

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N525, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa(2)+0.9·V(Succion).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.004* t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *0.000* t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *3.039* t

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *3.056* t

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *27.89* kp/cm²

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *0.45* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *3446.43* kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : ***0.004*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa(2)+0.9·V(Succion).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.013* t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *0.000* t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: *3.039* t

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *3.056* t

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *27.89* kp/cm²

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *0.45* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *3446.43* kp/cm²

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

3.3.- CORREAS

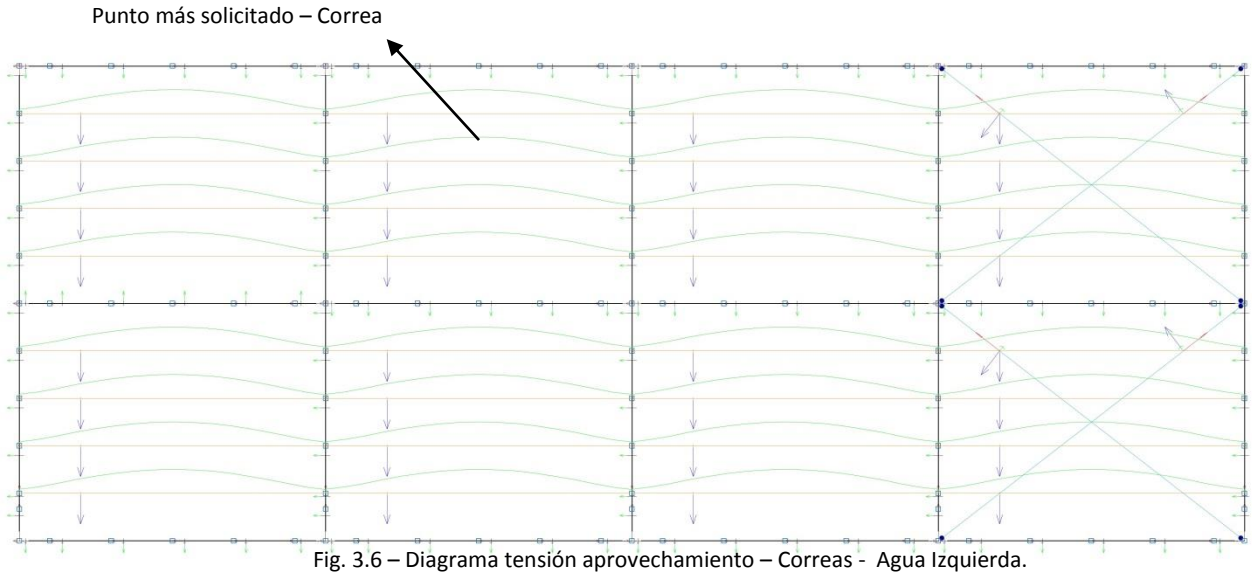
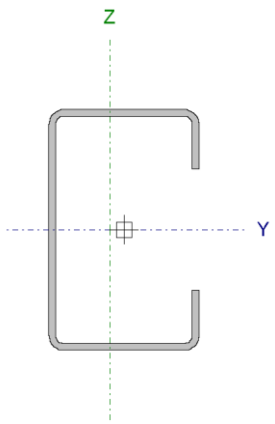


Fig. 3.6 – Diagrama tensión aprovechamiento – Correas - Agua Izquierda.

Barra N143/N172

Perfil: C 80x50x20x2.5
Material: Acero (S355)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)	y_a (3) (mm)	z_a (3) (mm)
N143	N172	4.970	5.09	51.16	18.59	0.11	-4.67	0.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme
(3) Coordenadas del centro de gravedad

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	0.00	0.00	0.00
L_K	0.000	0.000	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
N143/N172	$b / t \leq (b / t)_{Máx.}$ Cumple	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	η = 0.1	η = 0.1	x: 2.485 m η = 72.4	x: 2.485 m η = 16.2	x: 2.485 m η = 77.8	x: 4.97 m η = 1.1	x: 0 m η = 6.8	x: 2.485 m η = 77.9	x: 2.485 m η = 74.5	η < 0.1	N.P.(1)	**CUMPLE η = 77.9**

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	

Notación:
b / t: Relación anchura / espesor
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_y: Resistencia a flexión. Eje Y
M_z: Resistencia a flexión. Eje Z
M_yM_z: Resistencia a flexión biaxial
V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión
$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión
$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Relación anchura / espesor (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

h / t : ***28.0*** ✓

b / t : ***16.0*** ✓

c / t : ***6.0*** ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

c / b : *0.375*

Donde:

h: Altura del alma. **h** : *70.00* mm

b: Ancho de las alas. **b** : *40.00* mm

c: Altura de los rigidizadores. **c** : *15.00* mm

t: Espesor. **t** : *2.50* mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas no puede ser mayor que 2.0.

$\bar{\lambda}$ < ***0.01*** ✓

Donde:

A_q: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A_q** : *5.09* cm²

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *3618.76* kp/cm²

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas. $\mathbf{N_{cr}}$: ∞

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

Se debe satisfacer:

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{t,Ed}}$: *0.019* t

La resistencia de cálculo a tracción $\mathbf{N_{t,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{N_{t,Rd}}$: *17.526* t

Donde:

$\mathbf{A_g}$: Área bruta de la sección transversal de la barra. $\mathbf{A_g}$: *5.09* cm²

$\mathbf{f_{yb}}$: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_{yb}}$: *3618.76* kp/cm²

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *0.018* t

La resistencia de cálculo a compresión $\mathbf{N_{c,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{N_{c,Rd}}$: *17.526* t

Donde:

$\mathbf{A_g}$: Área bruta de la sección transversal de la barra. $\mathbf{A_g}$: *5.09* cm²

$\mathbf{f_{yb}}$: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_{yb}}$: *3618.76* kp/cm²

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

Resistencia a pandeo. (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo son nulas.

Resistencia a flexión. Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

η : ***0.724*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.485 m del nudo N143, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·V(Presion).

$\mathbf{M_{y,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{y,Ed}^{+}}$: *0.313* t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.485 m del nudo N143, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$\mathbf{M_{y,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{y,Ed}^{-}}$: *0.319* t·m

La resistencia de cálculo a flexión $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dada por:

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *0.441* t·m

Donde:

$\mathbf{W_{el}}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. $\mathbf{W_{el}}$: *12.79* cm³

$\mathbf{f_{yb}}$: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_{yb}}$: *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a flexión. Eje Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

η : ***0.162*** ✓

Para flexión positiva:

$\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{z,Ed}^{+}}$: *0.000* t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.485 m del nudo N143, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qc(1).

$M_{z,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{z,Ed}^-$: *0.035* t·m

La resistencia de cálculo a flexión **$M_{c,Rd}$** viene dada por:

$M_{c,Rd}$: *0.216* t·m

Donde:

W_{el}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. W_{el} : *6.27* cm³

f_{vb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{vb} : *3618.76* kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a flexión biaxial (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

η : ***0.778*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.485 m del nudo N143, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qc(1).

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{v,Ed}^+$: *0.272* t·m; $M_{z,Ed}^-$: *0.035* t·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$M_{cy,Rd}$, $M_{cz,Rd}$: Resistencia de cálculo a flexión, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{cv,Rd}$: *0.441* t·m; $M_{cz,Rd}$: *0.216* t·m

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.011*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N172, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qc(1).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.051* t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 4.507 t

Donde:

b_d: Ancho de las alas horizontales. b_d : 45.30 mm

t: Espesor. t : 2.50 mm

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : 3618.76 kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

η : **0.068** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N143, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.257 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{b,Rd}$ viene dado por:

$V_{b,Rd}$: 3.763 t

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : 75.30 mm

t: Espesor. t : 2.50 mm

ϕ: Ángulo que forma el alma con la horizontal. ϕ : 90.0 grados

f_{bv}: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

f_{bv} : 2098.88 kp/cm²

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$\bar{\lambda}_w$: 0.43

Donde:

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : 3618.76 kp/cm²

E: Módulo de elasticidad. E : 2140672.78 kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a tracción y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.779*** ✓

η : ***0.726*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.485 m del nudo N143, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qc(1).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. — **$N_{t,Ed}$** : *0.015* t

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{y,Ed}^{+}$** : *0.272* t·m; **$M_{z,Ed}^{-}$** : *0.035* t·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$N_{t,Rd}$: Resistencia de cálculo a tracción. — **$N_{t,Rd}$** : *17.526* t

$M_{cy,Rd,ten}$, $M_{cz,Rd,ten}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de tracción, según los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{cy,Rd,ten}$** : *0.441* t·m; **$M_{cz,Rd,ten}$** : *0.216* t·m

$M_{cy,Rd,com}$, $M_{cz,Rd,com}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de compresión, según los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{cy,Rd,com}$** : *0.441* t·m; **$M_{cz,Rd,com}$** : *0.315* t·m

<u>Resistencia a compresión y flexión</u> (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : ***0.741*** ✓

η : ***0.745*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.485 m del nudo N143, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — **$N_{c,Ed}$** : *0.018* t

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimo, según los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{y,Ed}^{-}$** : *0.319* t·m; **$M_{z,Ed}^{-}$** : *0.005* t·m

Las resistencias de cálculo vienen dadas por:

$N_{c,Rd}$: Resistencia de cálculo a compresión. — **$N_{c,Rd}$** : *17.526* t

$M_{cy,Rd,com}$, $M_{cz,Rd,com}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de compresión, según los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{cy,Rd,com}$** : *0.441* t·m; **$M_{cz,Rd,com}$** : *0.315* t·m

$M_{cy,Rd,ten}$, $M_{cz,Rd,ten}$: Resistencia de cálculo a flexión para la máxima tensión de tracción, según los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{cy,Rd,ten}$** : *0.441* t·m; **$M_{cz,Rd,ten}$** : *0.216* t·m

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y axil, ya que los esfuerzos cortantes solicitantes de cálculo pésimo $\mathbf{V_{y,Ed}}$ y $\mathbf{V_{z,Ed}}$ son menores o iguales que el 50% de los correspondientes esfuerzos cortantes resistentes de cálculo $\mathbf{V_{v,c,Rd}}$ y $\mathbf{V_{z,w,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM+1.5·V(Succion).

0.007 ≤ 2.254

Donde:

$\mathbf{V_{v,Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{v,Ed}}$: *0.007* t

$\mathbf{V_{v,c,Rd}}$: Resistencia de cálculo a cortante. $\mathbf{V_{v,c,Rd}}$: *4.507* t

0.257 ≤ 1.882

Donde:

$\mathbf{V_{z,Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{z,Ed}}$: *0.257* t

$\mathbf{V_{z,w,Rd}}$: Resistencia de cálculo a cortante. $\mathbf{V_{z,w,Rd}}$: *3.763* t

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.