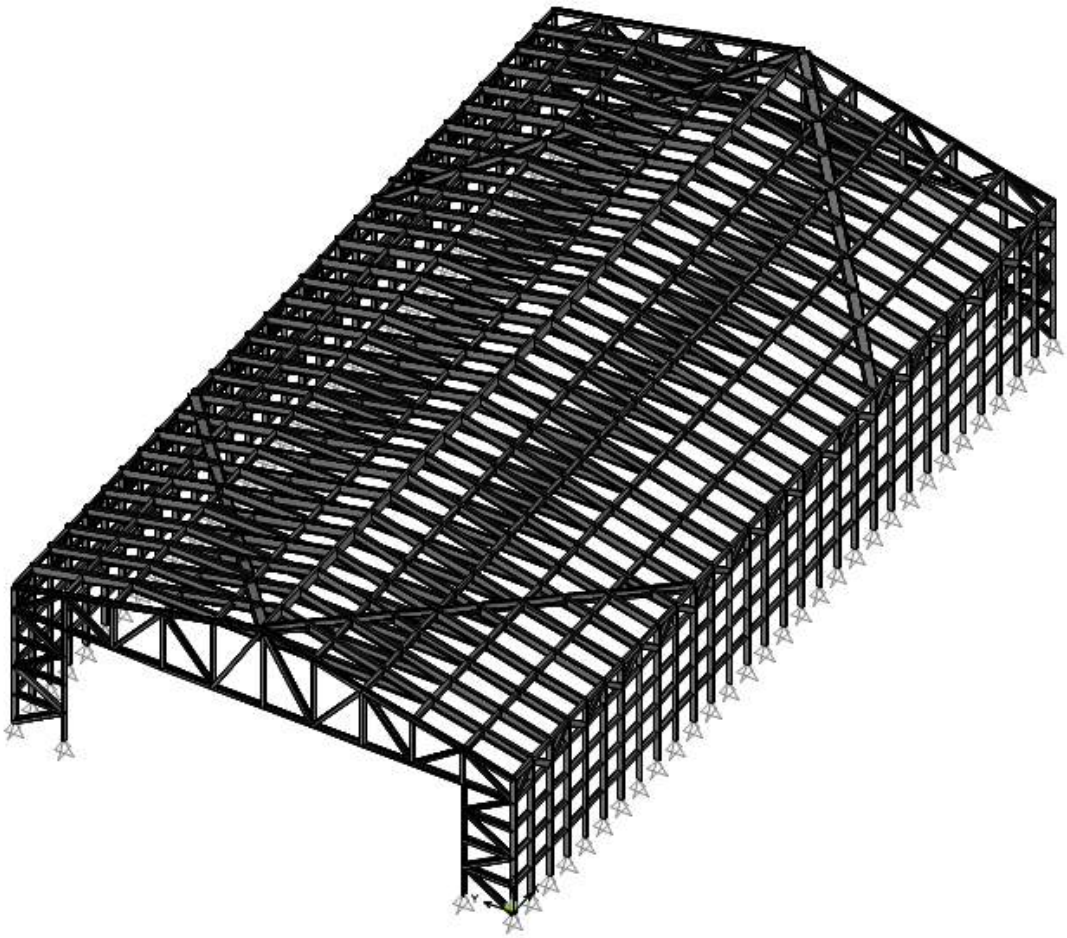
MÁSTER EN ESTRUCTURAS DE LA EDIFICACIÓN

MÓDULO 4.2: ACERO

P4.2: ESTRUCTURAS METÁLICAS EJECUTADAS CON PERFILES CONFORMADOS EN FRÍO.



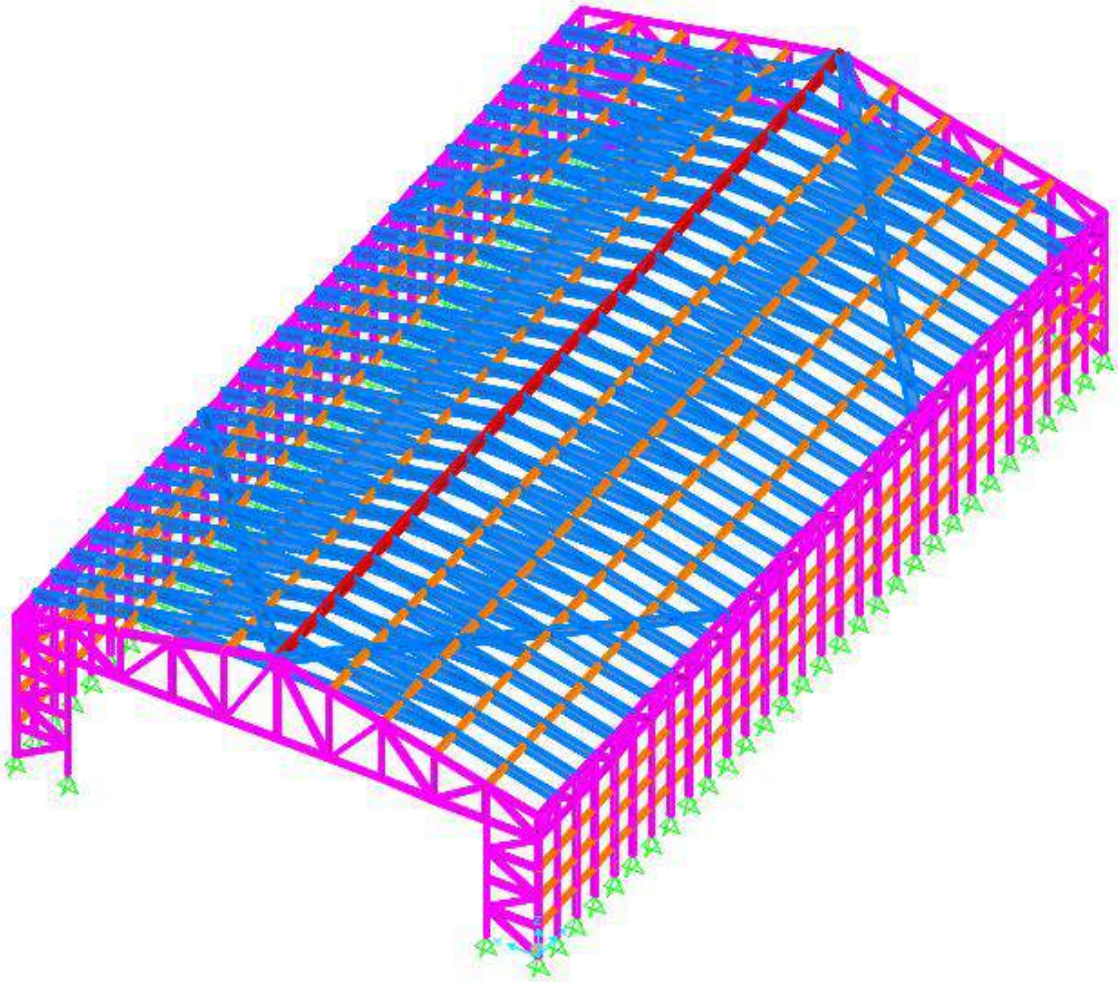
Realizamos el dimensionado de una nave realizada con perfiles conformados en frío.

Las dimensiones son las siguientes:

Longitud de la nave: 18 metros.

Ancho de la nave: 10 metros.

Altura hasta cumbrera: 4,2 metros



En el dimensionado final se han utilizado los siguientes perfiles:

1. ROSA: Perfil C-100.50

2. AZUL: Perfil C-217.70

3. ROJO: Perfil: Doble U-220.70

4. NARANJA: Perfil Omega 70.70

1. C-100.50 (ROSA)

SECTION DESIGNATION: Single

INPUT PROPERTIES:

Web Height =	100,00	mm	Steel Thickness =	1,500	mm
Top Flange =	50,00	mm	Inside Corner Radius =	3,000	mm
Bottom Flange =	50,00	mm	Yield Stress, Fy =	300	Mpa
Stiffening Lip =	20,00	mm	Fy With Cold-Work, Fya =	300	Mpa

OUTPUT PROPERTIES:

Effective Section Properties, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	50,0	mm
Moment of Inertia for Deflection (Ixx)	540790	mm^4
Section Modulus (Sxx)	10816	mm^ 3
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mnx)	3082,81	N-m

Gross Section Properties of Full Section, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	50,0	mm
Moment of Inertia (Ixx)	540790	mm^4
Cross Sectional Area (A)	341,3	mm^2
Radius of Gyration (Rx)	39,8033	mm

Section Properties, Weak Axis

Gross Neutral Axis (Xcg) From Web Face	18,6061	mm
Gross Moment of Inertia (Iyy)	129407	mm^4
Radius of Gyration (Ry)	19,4708	mm
Effective Section Modulus (Syy)	4002	mm^3
Effective Neutral Axis (Xcg) from Web Face	20,4000	mm
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mny)	1140,58	N-m

Other Section Property Data

Member Weight per Foot of Length	26,2741	N/m
Nominal Web Shear Capacity * Phi (Unpunched)	23149	N
Pno * Phi for use in Interaction Equation C5-2	75532	N

Torsional Properties

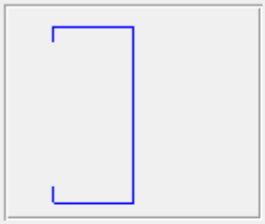
Dist. from Shear Center to Neutral Axis (Xo)	-45,6045	mm
St. Venant torsion Constant (J x 1000)	256007	mm^4
Warping Constant (Cw)	347308138	mm^6
Radii of Gyration (Ro)	63,5860	mm
Torsional Flexural Constant (Beta)	0,4856	

Nominal Web Crippling Loads * Phi (N)

	25,00mm END BRNG		88,00mm INT BRNG	
	Cond 1	Cond 3	Cond 2	Cond 4
Single Member	3774	3560	10182	12052

MÁXIMA COMPRESIÓN DE PERFIL C-100.50 (SOPORTES).

Overall Member Length (KxLx) 2.5 (m)



Maximum Factored Axial Loads, Pu (N)

Weak Axis Bracing (mm o.c.)	Max KL/r	Concentric	Loaded Thru Web
625	63	57783	28290
MID Pt	64	47214	25748
THIRD Pt	63	55083	27716

2. C-217.70 (AZUL)

INPUT PROPERTIES:

Web Height =	217,00	mm	Steel Thickness =	2,500	mm
Top Flange =	70,00	mm	Inside Corner Radius =	3,000	mm
Bottom Flange =	70,00	mm	Yield Stress, Fy =	300	Mpa
Stiffening Lip =	20,00	mm	Fy With Cold-Work, Fya =	323	Mpa

OUTPUT PROPERTIES:

Effective Section Properties, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	109,9	mm
Moment of Inertia for Deflection (Ixx)	6626389	mm^4
Section Modulus (Sxx)	59193	mm^ 3
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mnx)	18167,13	N-m

Gross Section Properties of Full Section, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	108,5	mm
Moment of Inertia (Ixx)	6626389	mm^4
Cross Sectional Area (A)	949,3	mm^2
Radius of Gyration (Rx)	83,5499	mm

Section Properties, Weak Axis

Gross Neutral Axis (Xcg) From Web Face	19,2673	mm
Gross Moment of Inertia (Iyy)	589066	mm^4
Radius of Gyration (Ry)	24,9109	mm
Effective Section Modulus (Syy)	11206	mm^3
Effective Neutral Axis (Xcg) from Web Face	22,7474	mm
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mny)	3193,89	N-m

Other Section Property Data

Member Weight per Foot of Length	73,0671	N/m
Nominal Web Shear Capacity * Phi (Unpunched)	64302	N
Pno * Phi for use in Interaction Equation C5-2	174422	N

Torsional Properties

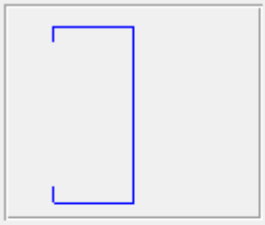
Dist. from Shear Center to Neutral Axis (Xo)	-48,6629	mm
St. Venant torsion Constant (J x 1000)	1977622	mm^4
Warping Constant (Cw)	5609303317	mm^6
Radii of Gyration (Ro)	99,8460	mm
Torsional Flexural Constant (Beta)	0,7625	

Nominal Web Crippling Loads * Phi (N)

	80,00mm END BRNG		88,00mm INT BRNG	
	Cond 1	Cond 3	Cond 2	Cond 4
Single Member	13162	10330	27312	30074

MÁXIMA COMPRESIÓN DE PERFIL C-217.70 (PARES DE CUBIERTA).

Overall Member Length (KxLx) 5.14 **(m)**



Maximum Factored Axial Loads, Pu (N)

Weak Axis Bracing (mm o.c.)	Max KL/r	Concentric	Loaded Thru Web
1003	62	142796	68115
MID Pt	103	98962	53313
THIRD Pt	69	128360	64887

3. U-220.70 (ROJO)

SECTION DESIGNATION: Single

INPUT PROPERTIES:

Web Height =	220,00	mm	Steel Thickness =	1,500	mm
Top Flange =	70,00	mm	Inside Corner Radius =	3,000	mm
Bottom Flange =	70,00	mm	Yield Stress, Fy =	300	Mpa
Stiffening Lip =	20,00	mm	Fy With Cold-Work, Fya =	300	Mpa

OUTPUT PROPERTIES:

Effective Section Properties, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	114,7	mm
Moment of Inertia for Deflection (Ixx)	4215080	mm^4
Section Modulus (Sxx)	34340	mm^ 3
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mnx)	9787,87	N-m

Gross Section Properties of Full Section, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	110,0	mm
Moment of Inertia (Ixx)	4215080	mm^4
Cross Sectional Area (A)	581,3	mm^2
Radius of Gyration (Rx)	85,1504	mm

Section Properties, Weak Axis

Gross Neutral Axis (Xcg) From Web Face	19,0929	mm
Gross Moment of Inertia (Iyy)	373695	mm^4
Radius of Gyration (Ry)	25,3538	mm
Effective Section Modulus (Syy)	6610	mm^3
Effective Neutral Axis (Xcg) from Web Face	28,2439	mm
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mny)	1884,11	N-m

Other Section Property Data

Member Weight per Foot of Length	44,7476	N/m
Nominal Web Shear Capacity * Phi (Unpunched)	14919	N
Pno * Phi for use in Interaction Equation C5-2	81481	N

Torsional Properties

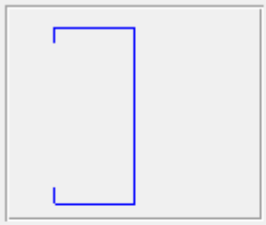
Dist. from Shear Center to Neutral Axis (Xo)	-49,3586	mm
St. Venant torsion Constant (J x 1000)	436007	mm^4
Warping Constant (Cw)	3683544566	mm^6
Radii of Gyration (Ro)	101,6350	mm
Torsional Flexural Constant (Beta)	0,7641	

Nominal Web Crippling Loads * Phi (N)

	80,00mm END BRNG		88,00mm INT BRNG	
	Cond 1	Cond 3	Cond 2	Cond 4
Single Member	4992	3084	9732	10046

MÁXIMA COMPRESIÓN DE PERFIL C-220.70 (CUMBRERA).

Overall Member Length (KxLx) 2.4 (m)



Maximum Factored Axial Loads, Pu (N)

Weak Axis Bracing (mm o.c.)	Max KL/r	Concentric	Loaded Thru Web
1200	47	73508	43855
MID Pt	47	73508	43855
THIRD Pt	32	77130	44983

El valor del axil se duplica debido a que la cumbrera está formada por doble U-220.70

4. OMEGA-70.70 (NARANJA)

SECTION DESIGNATION: Single

INPUT PROPERTIES:

Web Height =	70,00	mm	Steel Thickness =	1,500	mm
Top Flange =	70,00	mm	Inside Corner Radius =	3,000	mm
Bottom Flange =	70,00	mm	Yield Stress, Fy =	300	Mpa
Stiffening Lip =	20,00	mm	Fy With Cold-Work, Fya =	300	Mpa

OUTPUT PROPERTIES:

Effective Section Properties, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	37,1	mm
Moment of Inertia for Deflection (Ixx)	306270	mm^4
Section Modulus (Sxx)	7663	mm^ 3
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mnx)	2184,31	N-m

Gross Section Properties of Full Section, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	35,0	mm
Moment of Inertia (Ixx)	306270	mm^4
Cross Sectional Area (A)	356,3	mm^2
Radius of Gyration (Rx)	29,3169	mm

Section Properties, Weak Axis

Gross Neutral Axis (Xcg) From Web Face	30,6748	mm
Gross Moment of Inertia (Iyy)	250191	mm^4
Radius of Gyration (Ry)	26,4973	mm
Effective Section Modulus (Syy)	5790	mm^3
Effective Neutral Axis (Xcg) from Web Face	30,5955	mm
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mny)	1650,38	N-m

Other Section Property Data

Member Weight per Foot of Length	27,4287	N/m
Nominal Web Shear Capacity * Phi (Unpunched)	15645	N
Pno * Phi for use in Interaction Equation C5-2	76074	N

Torsional Properties

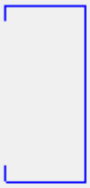
Dist. from Shear Center to Neutral Axis (Xo)	-70,4391	mm
St. Venant torsion Constant (J x 1000)	267257	mm^4
Warping Constant (Cw)	419433564	mm^6
Radii of Gyration (Ro)	80,7667	mm
Torsional Flexural Constant (Beta)	0,2394	

Nominal Web Crippling Loads * Phi (N)

	25,00mm END BRNG		88,00mm INT BRNG	
	Cond 1	Cond 3	Cond 2	Cond 4
Single Member	3900	3945	10338	12747

MÁXIMA COMPRESIÓN DE PERFIL OMEGA-70.70 (CORREAS).

Overall Member Length (KxLx) 1.2 (m)

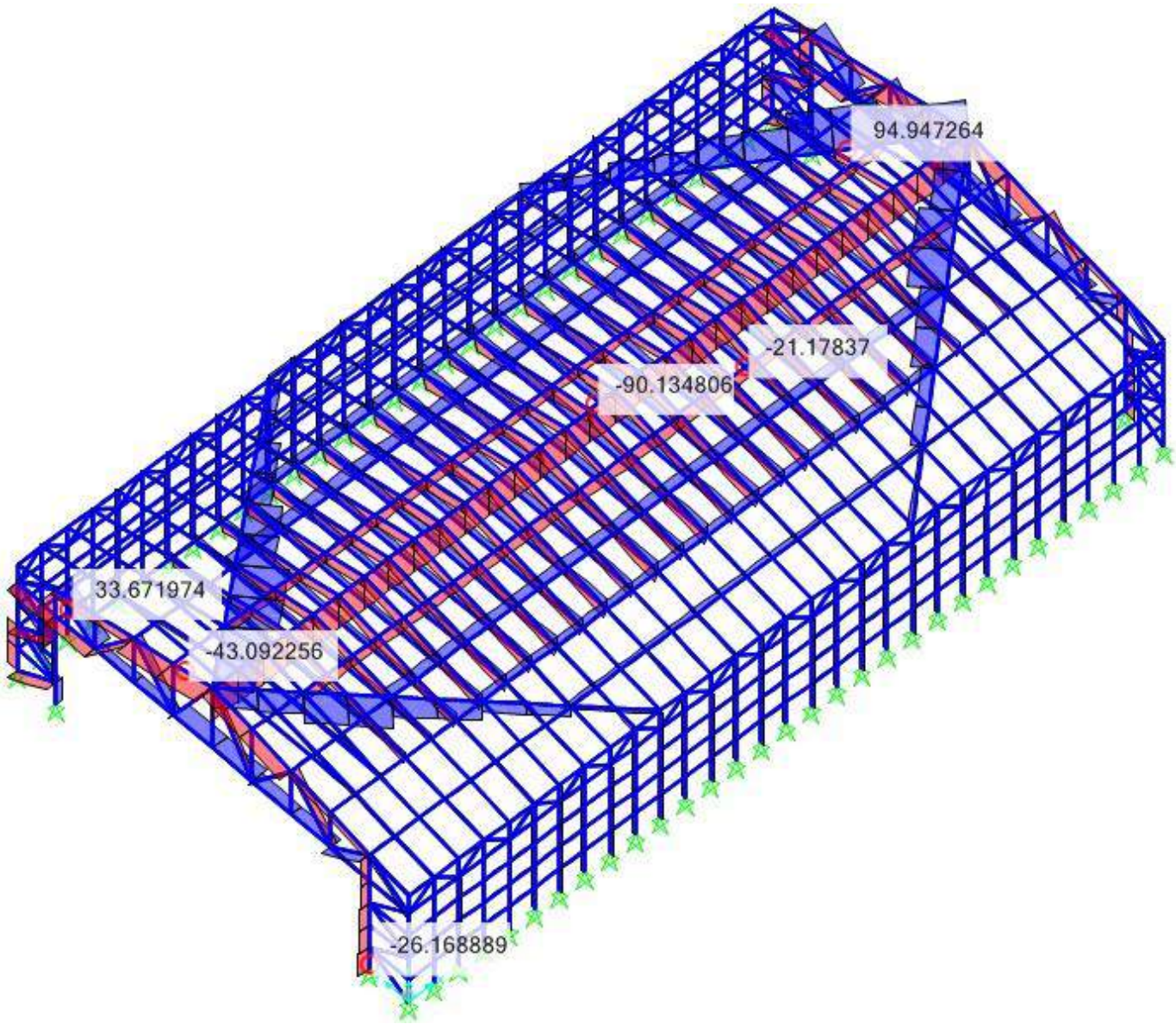


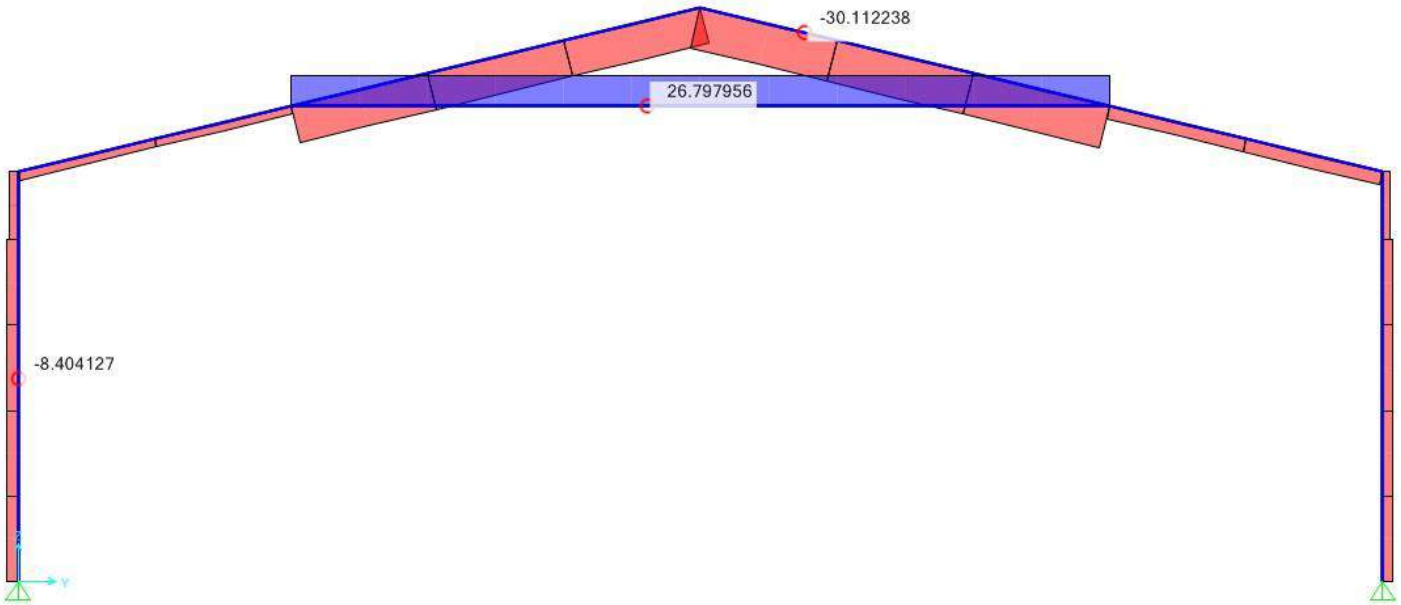
Maximum Factored Axial Loads, Pu (N)

Weak Axis Bracing (mm o.c.)	Max KL/r	Concentric	Loaded Thru Web
600	41	65651	37739
MID Pt	41	65651	37739
THIRD Pt	41	68590	38634

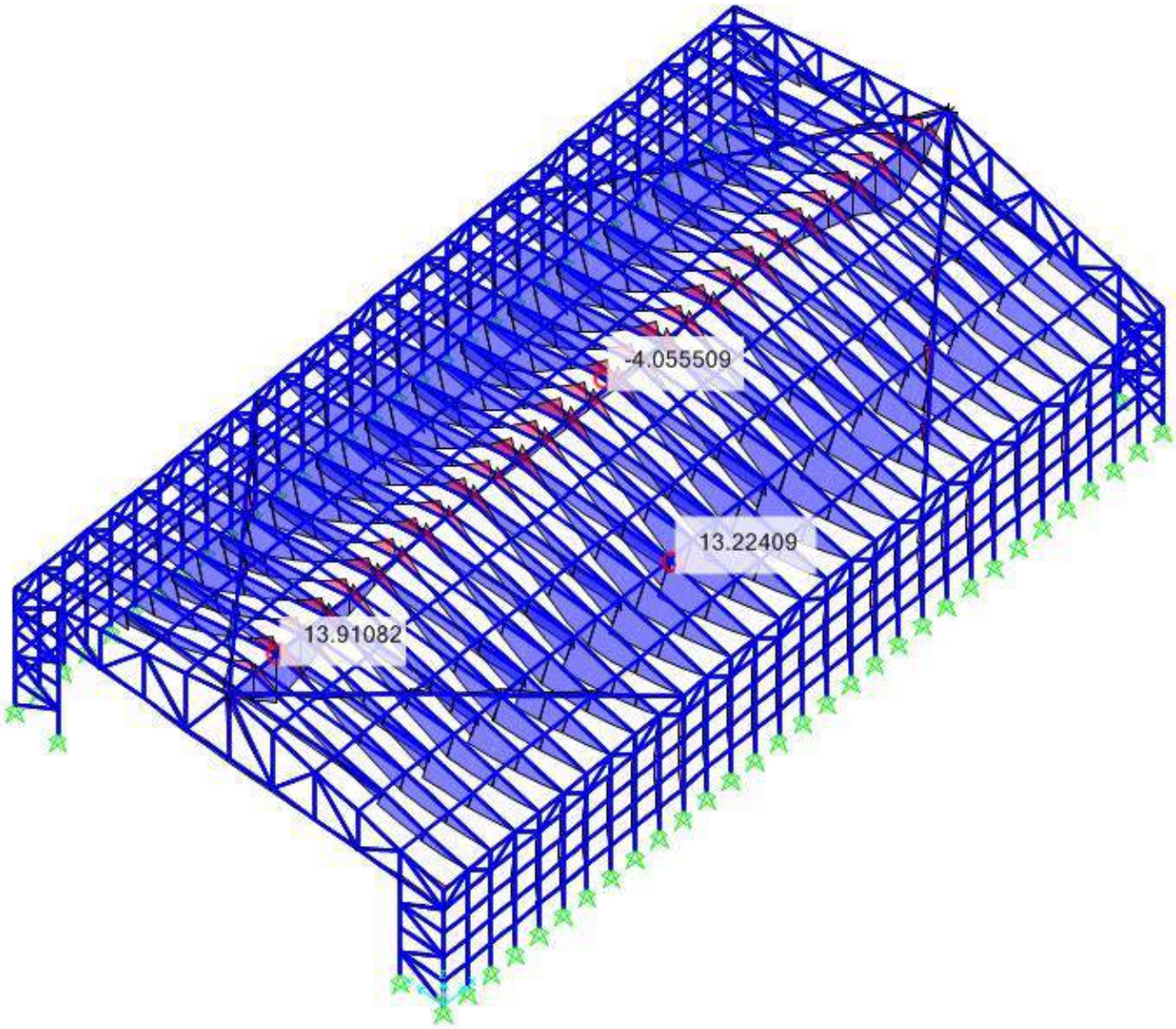
ESFUERZOS

AXILES. Nd Combinación Gd + Wd (kN):





FLECTORES. Md Combinación Gd + Wd (kN.m):



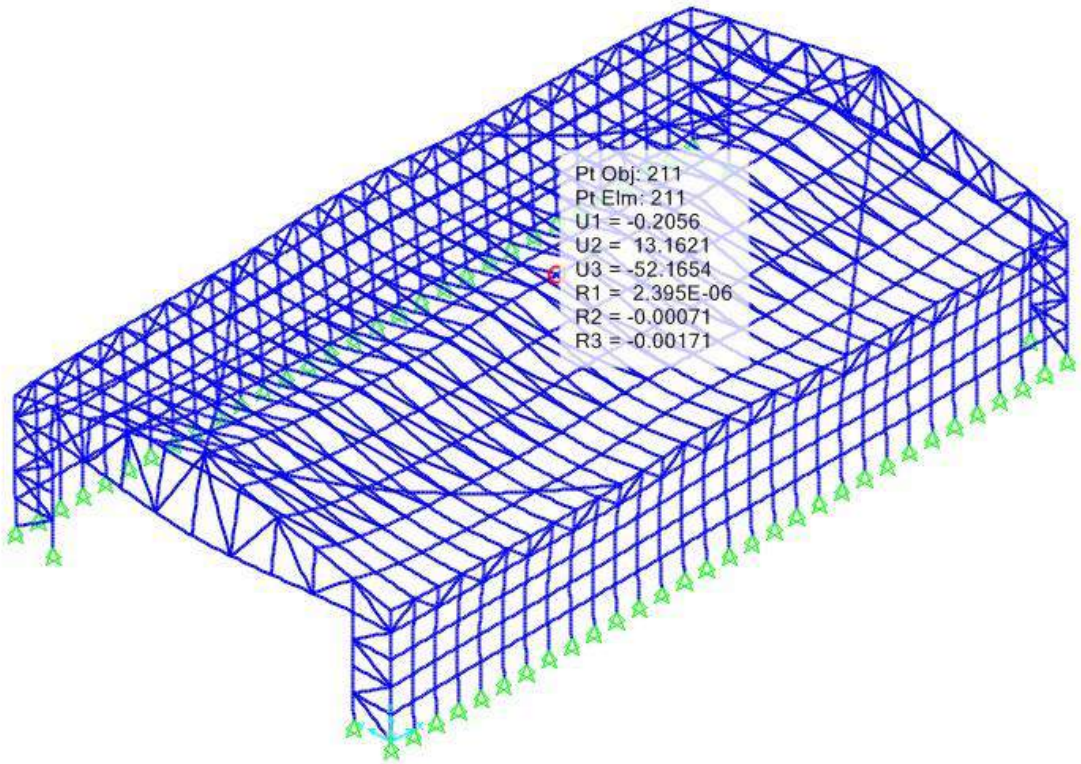
PERFIL 1: Perfil C-100.50		
h	100	mm
b	50	mm
c	20	mm
t	1,5	mm
r	3	mm
Fy	300	N/mm2
Fu	360	N/mm2
A	**341,3**	mm2
W(efectivo)	**10816**	mm3
N_{Rd} (Tracción)	102,39	kN
N_{Rd} (Compresión)	57,7	kN
M_{Rd} (Flexión)	3,24	kN.m
N_{Ed} (Tracción)	33,7	kN
N_{Ed} (Compresión)	43	kN
M_{Ed} (Flexión)	1	kN.m
Interacción M+Nt	191,20	N/mm2
Interacción M+Nc	218,44	N/mm2

PERFIL 2: Perfil C-217.70		
h	217	mm
b	70	mm
c	20	mm
t	2	mm
r	3	mm
Fy	300	N/mm2
Fu	360	N/mm2
A	**764,3**	mm2
W(efectivo)	**59193**	mm3
N_{Rd} (Tracción)	229,29	kN
N_{Rd} (Compresión)	105,96	kN
M_{Rd} (Flexión)	17,76	kN.m
N_{Ed} (Tracción)	95	kN
N_{Ed} (Compresión)	30	kN
M_{Ed} (Flexión)	13,22	kN.m
Interacción M+Nt	-	N/mm2
Interacción M+Nc	262,59	N/mm2

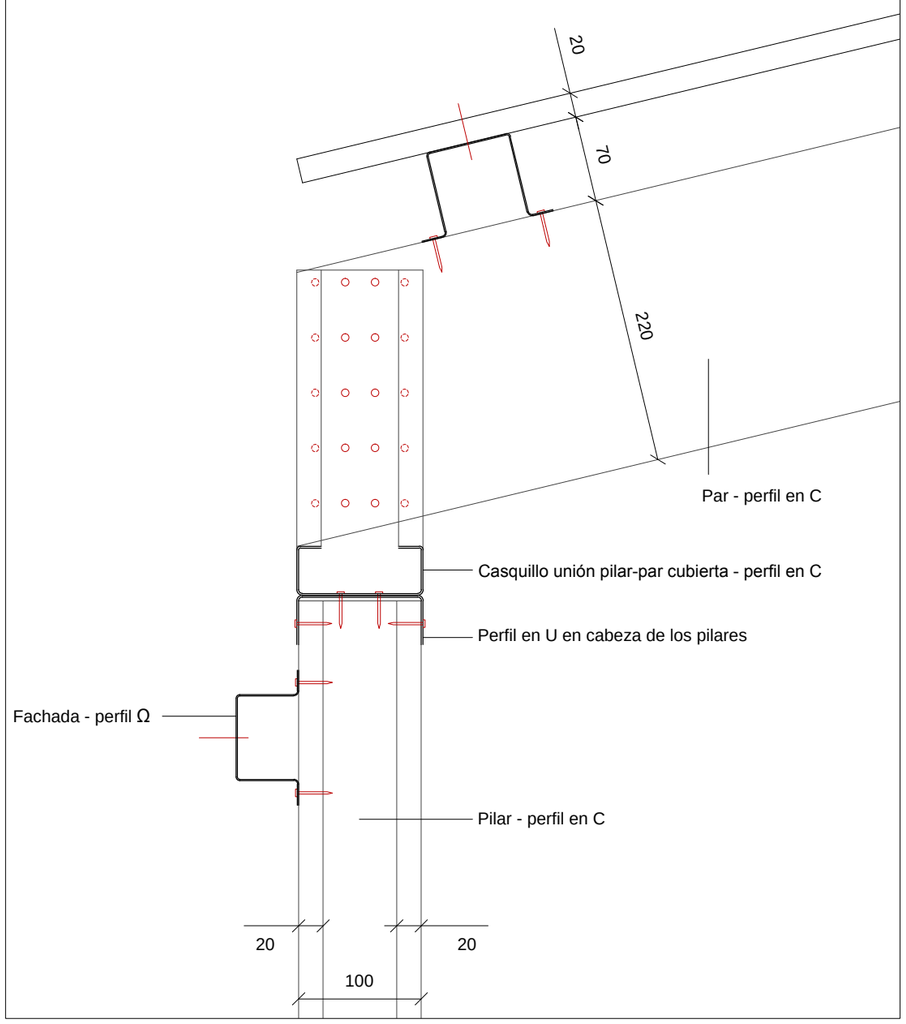
PERFIL 3: Perfil 2U-220.70		
h	220	mm
b	70	mm
c	20	mm
t	1,5	mm
r	3	mm
Fy	300	N/mm2
Fu	360	N/mm2
A	**1162**	mm2
W(efectivo)	**68680**	mm3
N_{Rd} (Tracción)	348,6	kN
N_{Rd} (Compresión)	147	kN
M_{Rd} (Flexión)	20,60	kN.m
N_{Ed} (Tracción)	0	kN
N_{Ed} (Compresión)	91	kN
M_{Ed} (Flexión)	14	kN.m
Interacción M+Nt	-	N/mm2
Interacción M+Nc	282,16	N/mm2

PERFIL 4: Perfil OMEGA-70.70		
h	70	mm
b	70	mm
c	20	mm
t	1,5	mm
r	3	mm
Fy	300	N/mm2
Fu	360	N/mm2
A	**356,3**	mm2
W(efectivo)	**7663**	mm3
N_{Rd} (Tracción)	106,89	kN
N_{Rd} (Compresión)	65,65	kN
M_{Rd} (Flexión)	2,30	kN.m
N_{Ed} (Tracción)	0	kN
N_{Ed} (Compresión)	21	kN
M_{Ed} (Flexión)	0	kN.m
Interacción M+Nt	-	N/mm2
Interacción M+Nc	58,94	N/mm2

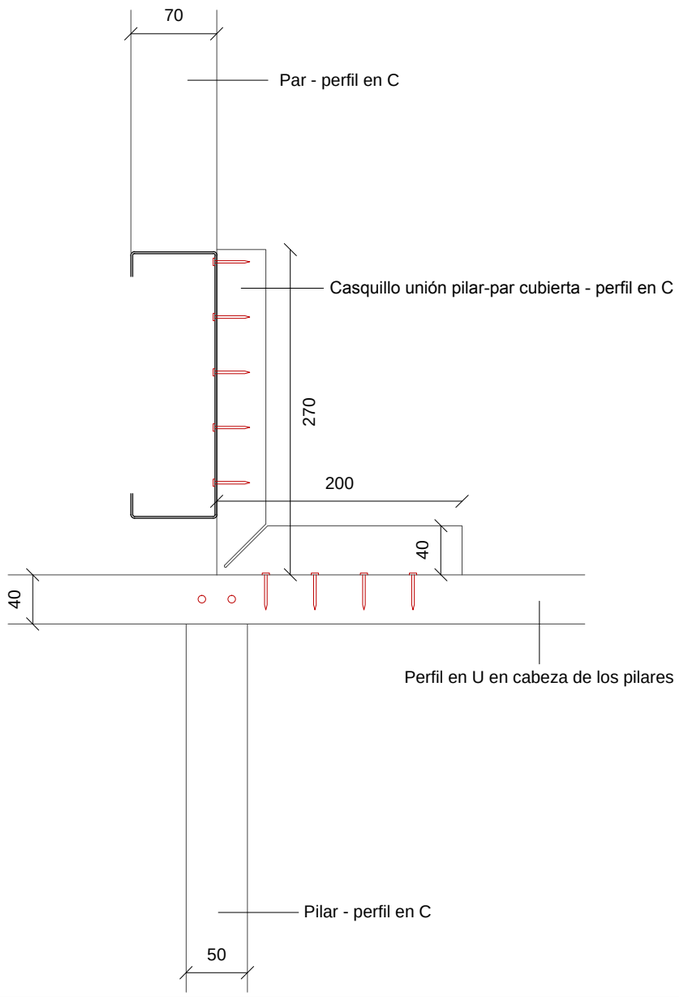
DEFORMACIONES (milímetros)



Sección unión pilar-par cubierta

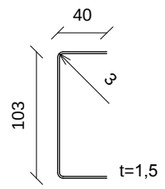


Alzado unión pilar-par cubierta

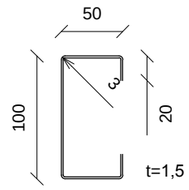


Perfiles conformados en frío

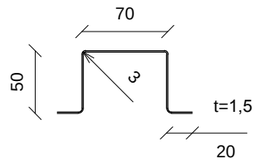
Perfil en U en cabeza de los pilares



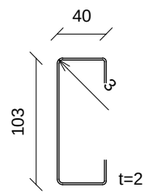
Pilar - perfil en C



Fachada - perfil Ω

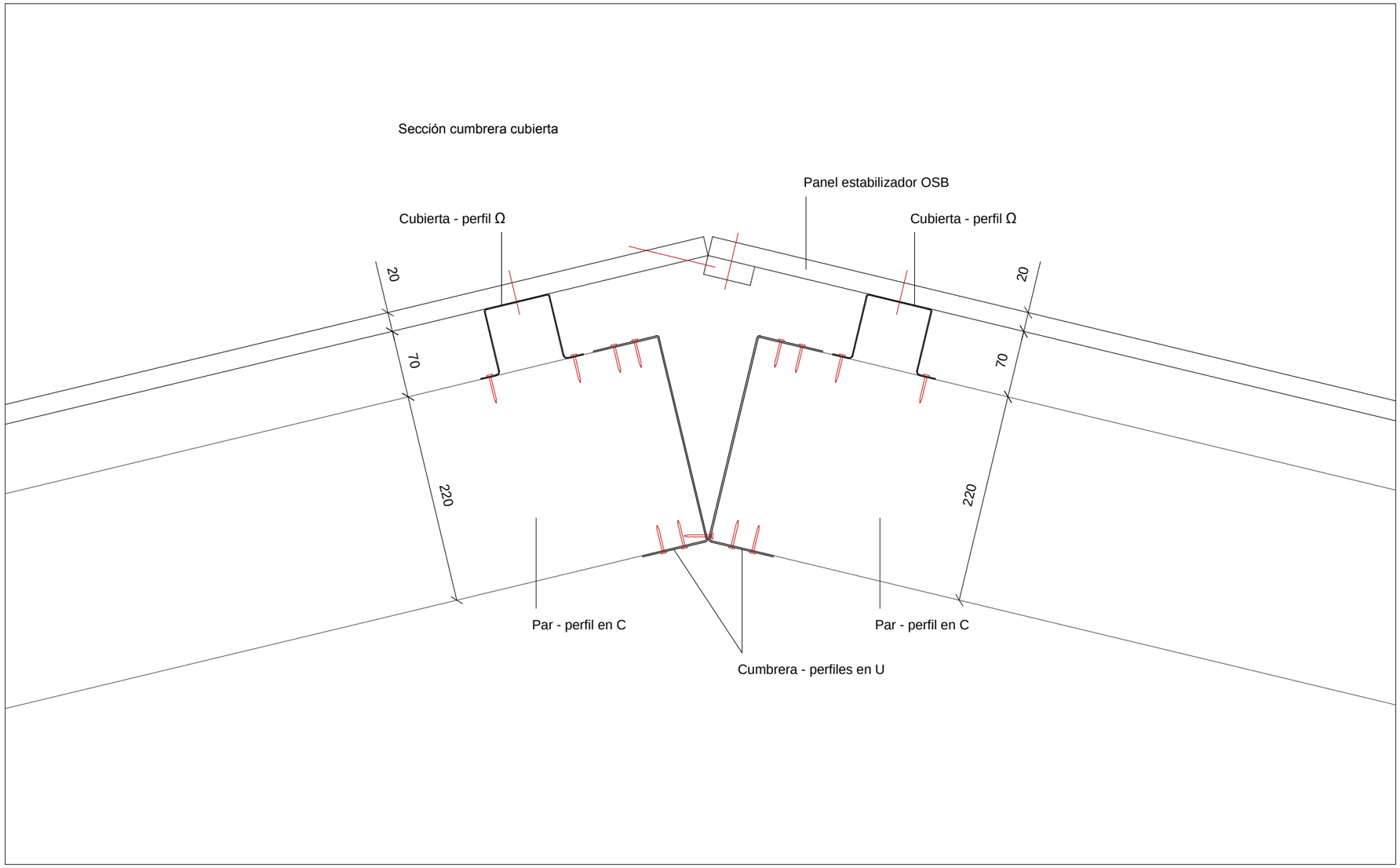


Casquillo unión pilar-par cubierta - perfil en C



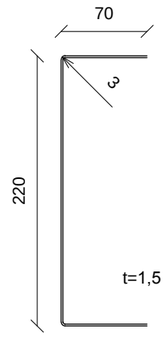
MÁSTER EN ESTRUCTURAS DE LA EDIFICACIÓN UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID	
Módulo 4.2: perfiles de pequeño espesor. Ejercicio: nave a dos aguas.	
	Escala: 1/5
DETALLE UNIÓN PILAR - PAR DE CUBIERTA	01

Sección cumbrera cubierta

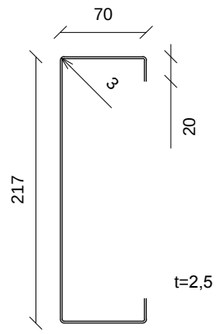


Perfiles conformados en frío

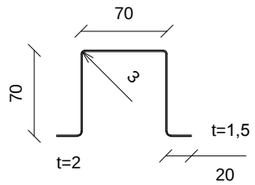
Cumbrera - perfiles en U



Par - perfil en C



Cubierta - perfil Ω

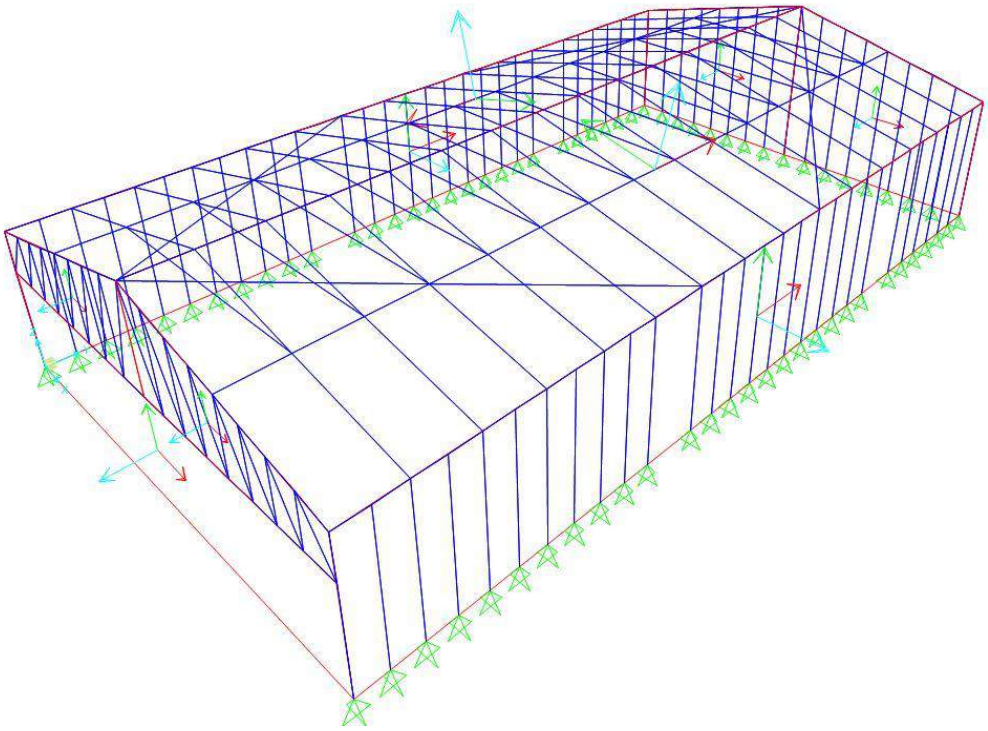


MÁSTER EN ESTRUCTURAS DE LA EDIFICACIÓN UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID	
Módulo 4.2: perfiles de pequeño espesor. Ejercicio: nave a dos aguas.	
	Escala: 1/5
DETALLE UNIÓN CUMBRERA CUBIERTA	02

PLANTEAMIENTO INICIAL 2
CARGAS CONSIDERADAS 3
DIAGRAMAS DE ESFUERZOS 3

PLANTEAMIENTO INICIAL

Se proyecta una estructura con perfiles de pequeño espesor según se recoge en la imagen adjunta:



Se plantea una serie de pórticos conformados por soportes en U de dimensiones 220x70x1,5mm y pares de cubierta de las mismas dimensiones y arriostramientos diagonales que simulan el comportamiento como diafragma rígido de la estructura de cubierta.

Consideramos articulada la unión entre los elementos de cubierta y los elementos verticales de modo que los momentos debidos a las acciones consideradas serán resistidos por pilares de mayor inercia situados en los extremos de la estructura.

CARGAS CONSIDERADAS

De forma simplificada se consideran las siguientes hipótesis de carga:

- Cargas muertas sobre cubierta: 2kN/m2
- Carga de viento (aplicado sobre una única fachada: 1kN/m2

DIAGRAMAS DE ESFUERZOS

Con la herramienta informática SAP2000 obtenemos los diagramas de momentos y axiles de la estructura:

Diagrama de axiles

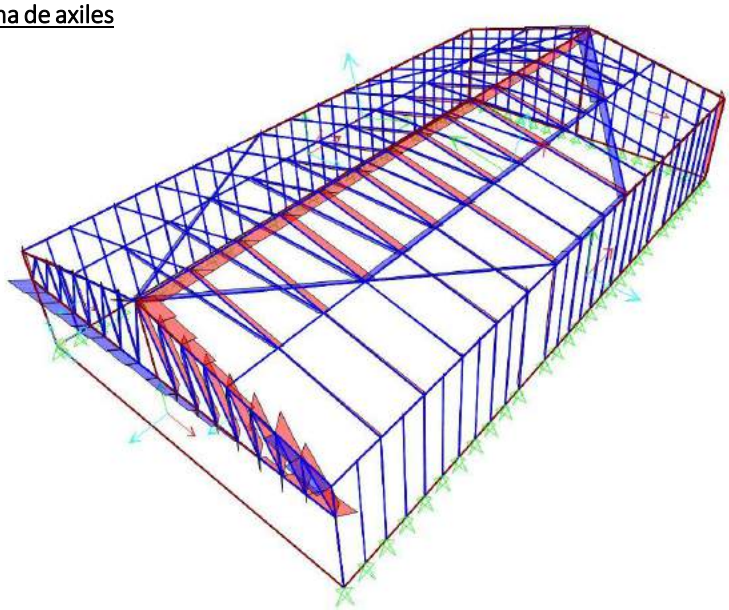
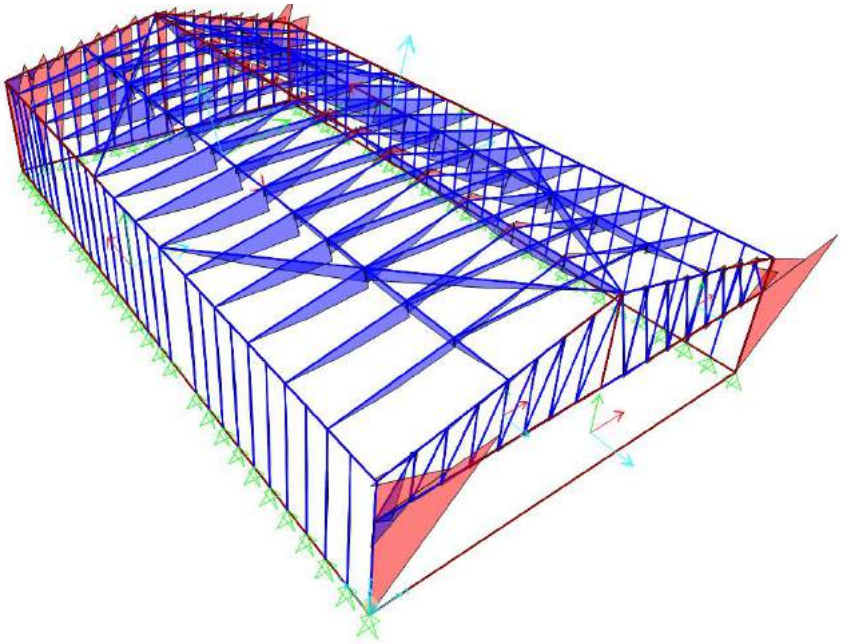


Diagrama de momentos



Cuyos esfuerzos máximos obtenidos y resistidos para cada elemento a dimensionar son:

- Soporte tipo:

  M_{Ed} = 1mkN

  N_{Ed} = 11,7kN

- Soporte en esquina:

  M_{Ed} = 65mkN

  N_{Ed} = 46kN

- Pares de cubierta:

  M_{Ed} = 9mkN

  N_{Ed} = 15kN

Se dimensiona la estructura mediante secciones en U de 220x70x1,5mm (en pares y soportes tipo) y sección cuadrada 220x100mm (en soportes en esquina). Los esfuerzos resistidos para estas secciones proyectadas son:

- Soporte tipo y pares de cubierta (U de 220x70x1,5mm):

  M_{Rd} = 5,84mkN

  N_{Rd} = 45,2kN

- Soporte en esquina (simplificadamente de sección cuadrada 220x100mm y espesores 1,5mm y 4mm respectivamente):

  M_{Rd} = 30,4mkN

  N_{Rd} = 410kN

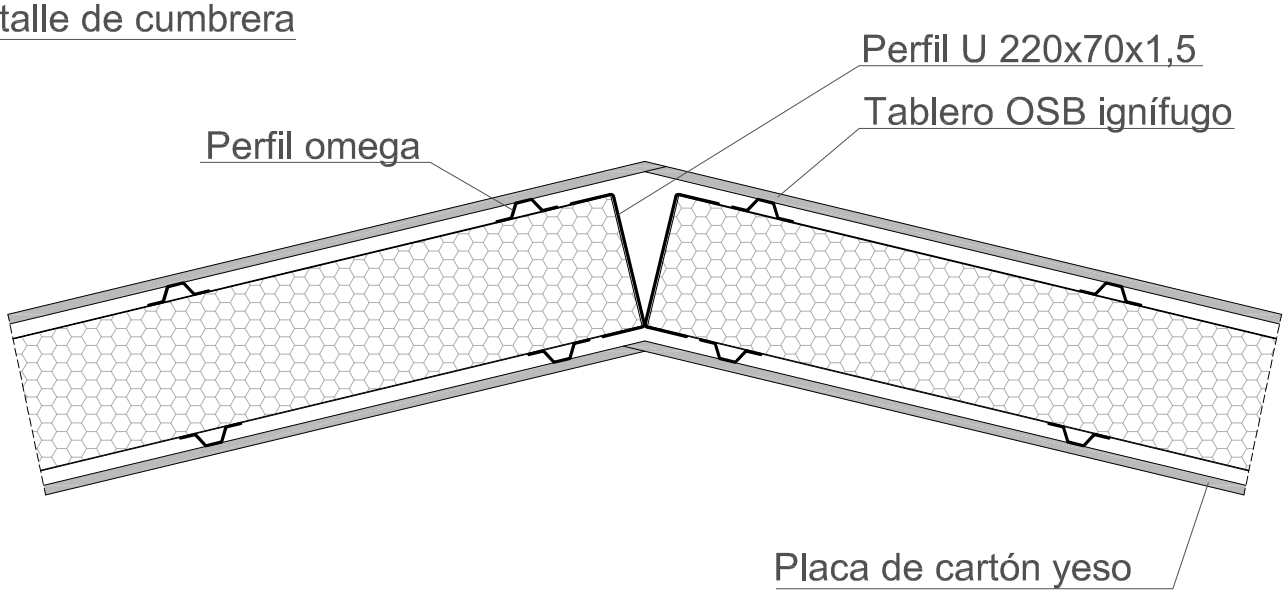
En soporte tipo se comprueba la interacción entre momento y axil obteniendo una tensión máxima resistida de:

σ = 71N/mm2 < 300n/mm2

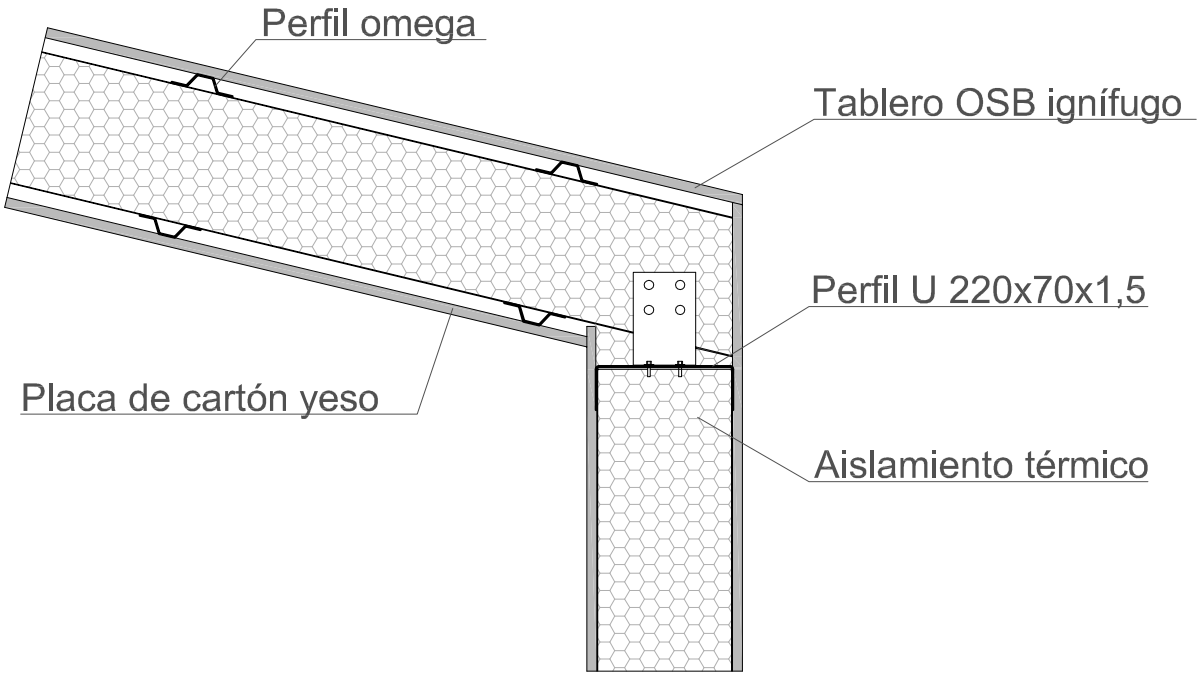
Por lo que es una sección válida

La resistencia de los otros elementos no es suficiente para soportar los esfuerzos existentes sobre ellos por lo que habría que plantear un nuevo dimensionado que asegurase la resistencia. Por falta de tiempo no ha sido posible realizar esta segunda revisión de la estructura.

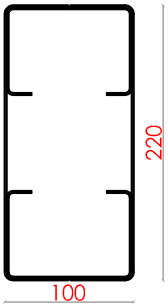
Detalle de cumbrera



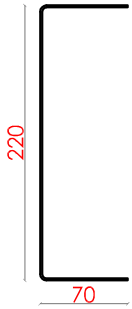
Detalle encuentro entre fachada y cubierta



Detalle sección pilar esquina



Detalle sección perfil U tipo



2001 North American Specification w/2004 Supplement LRFD
DATE: 27/04/2016

SECTION DESIGNATION: Single

INPUT PROPERTIES:

Web Height =	100.00	mm	Steel Thickness =	1.500	mm
Top Flange =	40.00	mm	Inside Corner Radius =	5.000	mm
Bottom Flange =	40.00	mm	Yield Stress, Fy =	300	Mpa
Stiffening Lip =	15.00	mm	Fy With Cold-Work, Fya =	324	Mpa

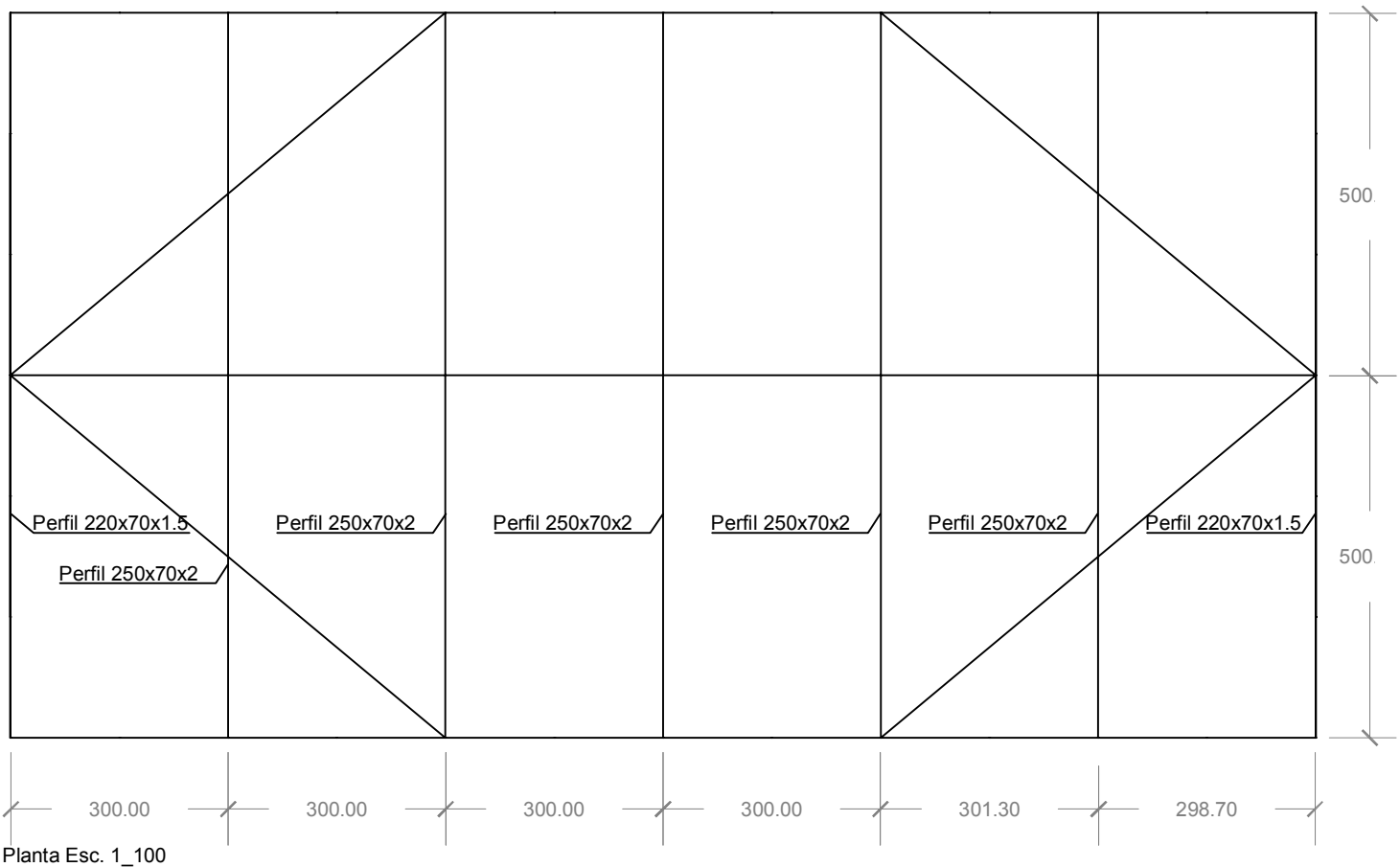
MAXIMUM FACTORED AXIAL LOADS, Pu

INPUT PARAMETERS

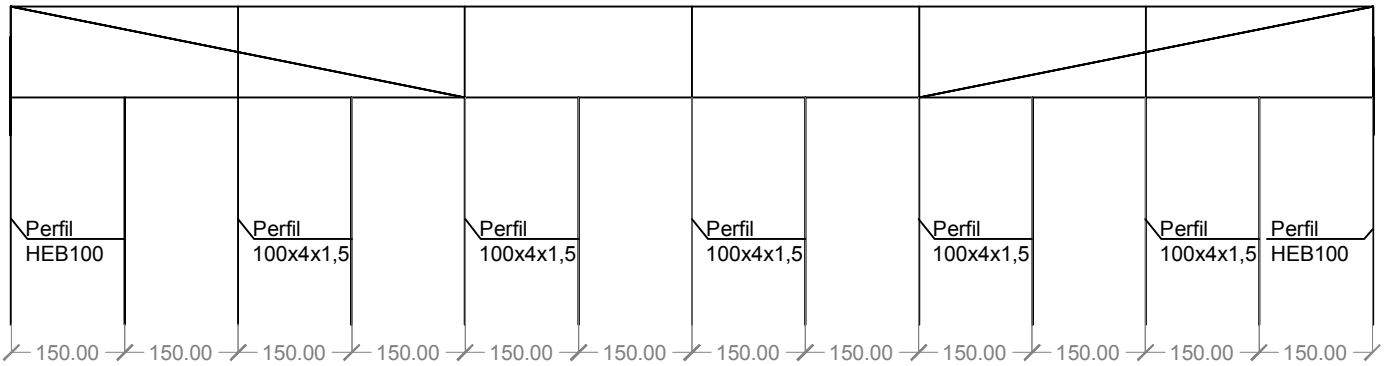
Overall Stud Length = 3 m

TOTAL FACTORED AXIAL LOADS, Pu (N)

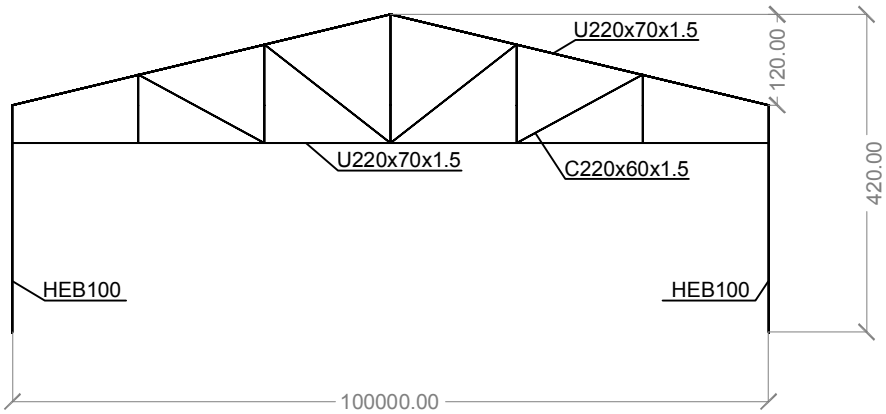
WEAK AXIS BRACING	MAXIMUM KL/r	CONCENTRIC LOADING	LOADED THROUGH WEB
NONE	201	10751	7770
MID Pt	101	30211	17435
THIRD Pt	77	39415	21530



Planta Esc. 1_100



Alzado Esc. 1_100



Sección Esc. 1_100

www.clarkwestern.com

2001 North American Specification w/2004 Supplement LRFD
DATE: 27/04/2016

SECTION DESIGNATION: Single

INPUT PROPERTIES:

Web Height =	250.00	mm	Steel Thickness =	2.000	mm
Top Flange =	70.00	mm	Inside Corner Radius =	5.000	mm
Bottom Flange =	70.00	mm	Yield Stress, Fy =	300	Mpa
Stiffening Lip =	30.00	mm	Fy With Cold-Work, Fya =	300	Mpa

OUTPUT PROPERTIES:

Effective Section Properties, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	125.4	mm
Moment of Inertia for Deflection (Ixx)	7801433	mm^4
Section Modulus (Sxx)	61876	mm^ 3
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mnx)	17636.51	N-m

Gross Section Properties of Full Section, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	125.0	mm
Moment of Inertia (Ixx)	7801433	mm^4
Cross Sectional Area (A)	863.4	mm^2
Radius of Gyration (Rx)	95.0565	mm

Section Properties, Weak Axis

Gross Neutral Axis (Xcg) From Web Face	20.0359	mm
Gross Moment of Inertia (Iyy)	593537	mm^4
Radius of Gyration (Ry)	26.2191	mm
Effective Section Modulus (Syy)	10999	mm^3
Effective Neutral Axis (Xcg) from Web Face	28.0976	mm
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mny)	3135.12	N-m

Other Section Property Data

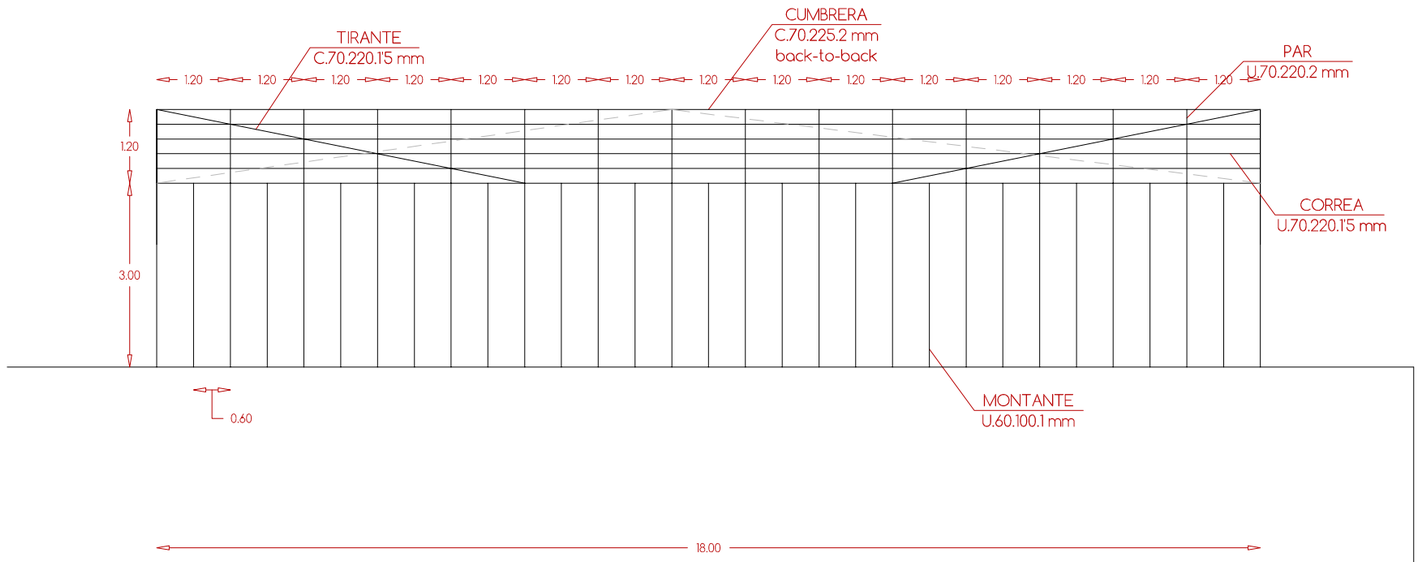
Member Weight per Foot of Length	66.4582	N/m
Nominal Web Shear Capacity * Phi (Unpunched)	31618	N
Pno * Phi for use in Interaction Equation C5-2	143595	N

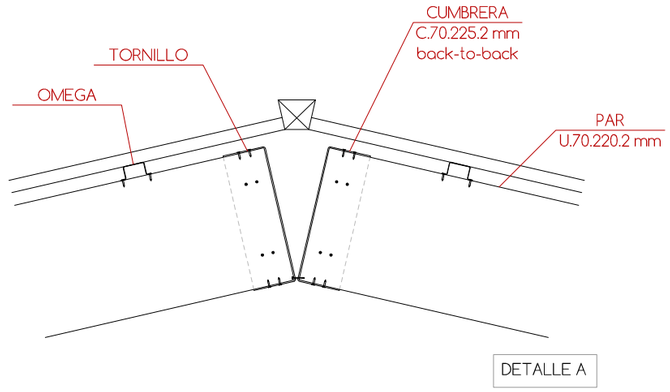
Torsional Properties

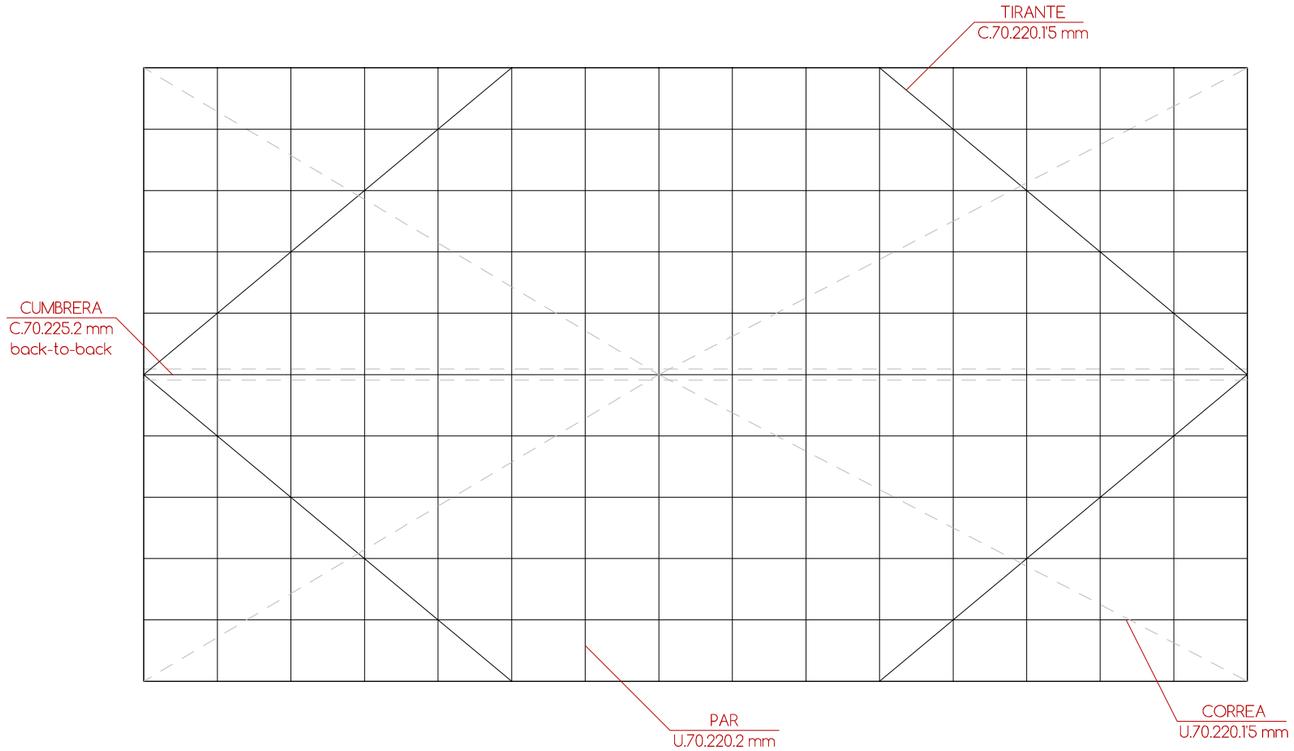
Dist. from Shear Center to Neutral Axis (Xo)	-52.5261	mm
St. Venant torsion Constant (J x 1000)	1151197	mm^4
Warping Constant (Cw)	8223839489	mm^6
Radii of Gyration (Ro)	111.7236	mm
Torsional Flexural Constant (Beta)	0.7790	

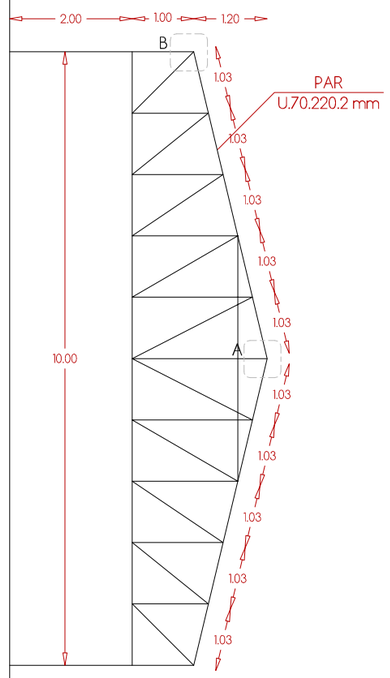
Nominal Web Crippling Loads * Phi (N)

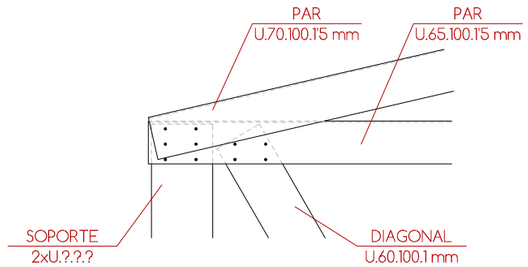
	80.00mm END BRNG		80.00mm INT BRNG	
	Cond 1	Cond 3	Cond 2	Cond 4
Single Member	7990	5625	15014	17153











	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [m·kN]	W_{El} [cm^3]	N_{Rd} [kN]	M_{Rd} [m·kN]
CUMBRERA (btb)	153	13,6	64,8	148.2	20.7
SOPORTE	13	0.02	11.5	31	3.5
PAR	66	10	32	-	
CORREA (btb)		22	68.7	-	21
TIRANTE	100	A=5.3cm^2	-	162	-

M4.2

M4.2

ESTRUCTURAS DE PERFILES DE ACERO DE PEQUEÑO ESPESOR

Máster Estructuras en la Edificación UPM

MODELO:

Acciones a considerar

Cargas permanentes: 1 kN / m^2

Cargas variables:

Sobrecargas de uso: 1 kN /m^2

Viento: 1 kN /m^2

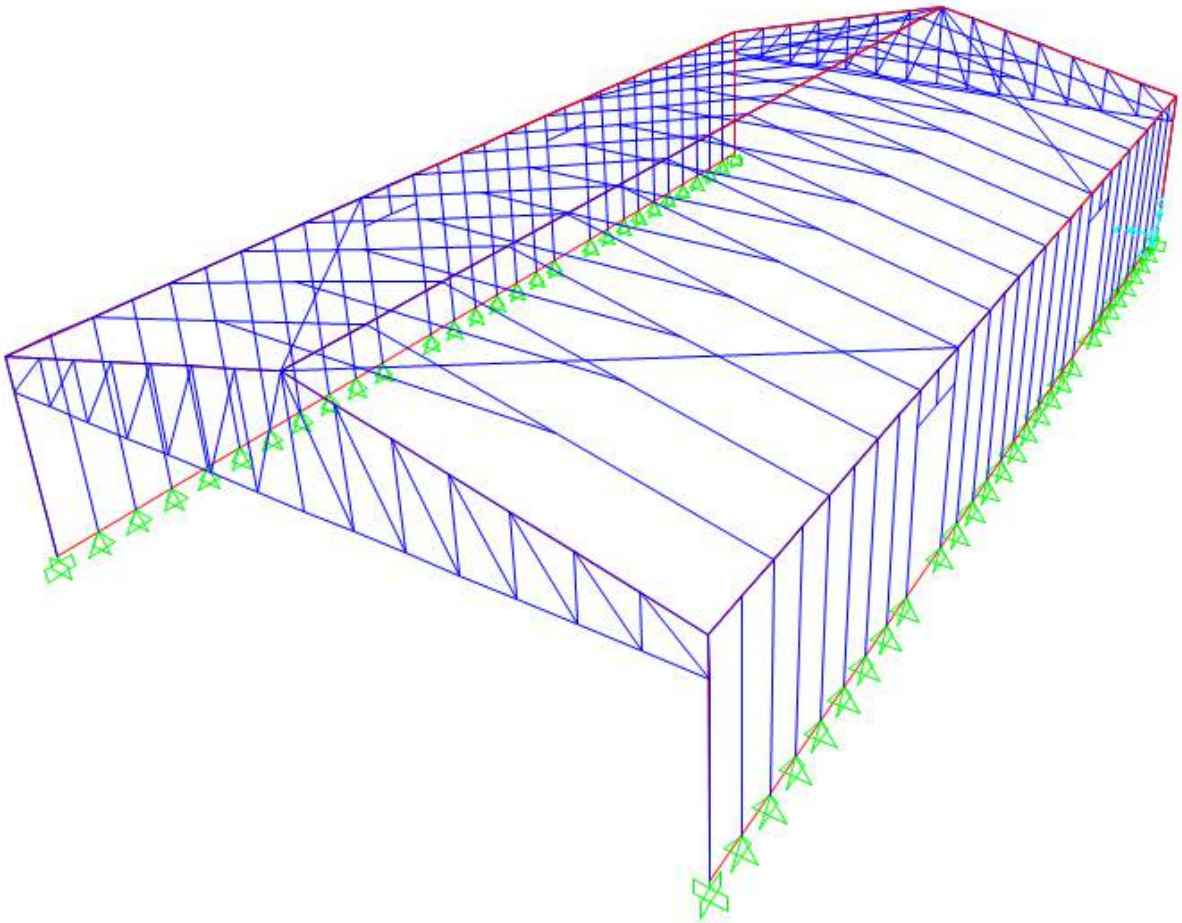
Coeficientes de mayoración

Cargas permanentes: 1.35

Cargas variables: 1.5

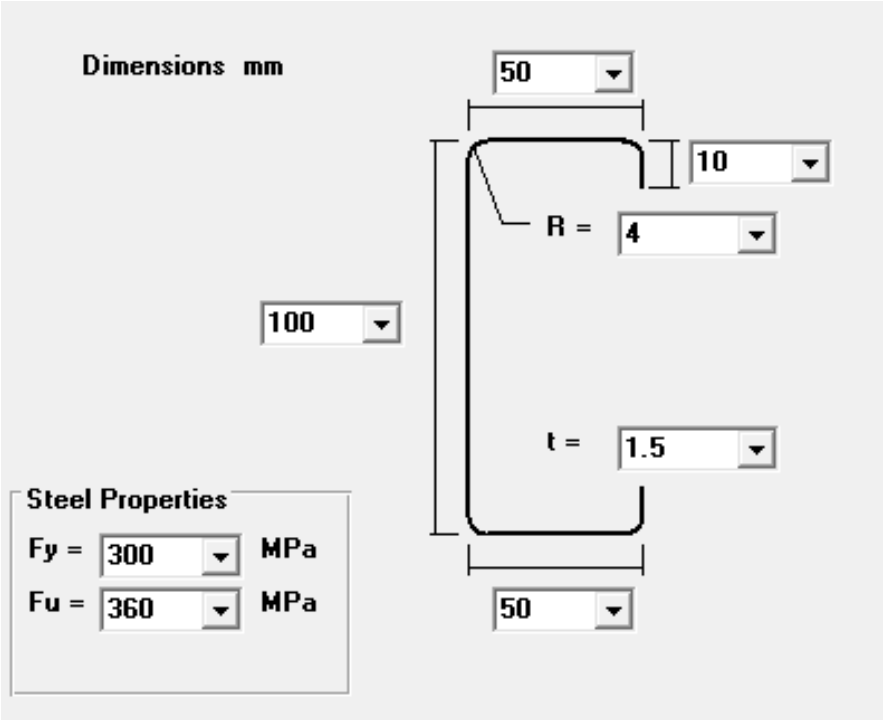
Coeficientes de minoración

Acero galvanizado: 1.25



COMPROBACIÓN CAPACIDAD RESISTENTE DEL SOPORTE

SECCIÓN SOPORTE



SECTION DESIGNATION: Single

INPUT PROPERTIES:

Web Height =	100,00	mm	Steel Thickness =	1,500	mm
Top Flange =	50,00	mm	Inside Corner Radius =	5,000	mm
Bottom Flange =	50,00	mm	Yield Stress, Fy =	300	Mpa
Stiffening Lip =	10,00	mm	Fy With Cold-Work, Fya =	300	Mpa
Punchout Width =	38,00	mm	Punchout Length =	101,00	mm

OUTPUT PROPERTIES:

Effective Section Properties, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	52,5	mm
Moment of Inertia for Deflection (Ixx)	483623	mm^4
Section Modulus (Sxx)	8727	mm^ 3
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mnx)	2487,58	N-m

Gross Section Properties of Full Section, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	50,0	mm
Moment of Inertia (Ixx)	490405	mm^4
Cross Sectional Area (A)	306,2	mm^2
Radius of Gyration (Rx)	40,0203	mm

Section Properties, Weak Axis

Gross Neutral Axis (Xcg) From Web Face	15,4962	mm
Gross Moment of Inertia (Iyy)	94543	mm^4
Radius of Gyration (Ry)	17,5718	mm
Effective Section Modulus (Syy)	2514	mm^3
Effective Neutral Axis (Xcg) from Web Face	19,3787	mm
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mny)	716,70	N-m

Other Section Property Data

Net Area at Punchouts	249,2	mm^2
Member Weight per Foot of Length	23,5685	N/m
Nominal Web Shear Capacity * Phi (Unpunched)	22314	N
Nominal Web Shear Capacity * Phi (Punched)	6749	N
Pno * Phi for use in Interaction Equation C5-2	54340	N

Torsional Properties

Dist. from Shear Center to Neutral Axis (Xo)	-38,7761	mm
St. Venant torsion Constant (J x 1000)	229644	mm^4
Warping Constant (Cw)	196780650	mm^6
Radii of Gyration (Ro)	58,4293	mm
Torsional Flexural Constant (Beta)	0,5596	

Nominal Web Crippling Loads * Phi (N)

	25,00mm END BRNG		88,00mm INT BRNG	
	Cond 1	Cond 3	Cond 2	Cond 4
Single Member	3517	3473	8770	11555
Reduction, Rc	0,868 + 0.083x/h <= 1.0		0,879 + 0.053x/h <= 1.0	

Note: Rc applies only, Cond. 1 and 2.

Esfuerzos de cálculo del soporte:

Nd = 14,45 kN

Capacidad resistente de la sección:

SECTION DESIGNATION: Single

INPUT PROPERTIES:

Web Height =	100,00	mm	Steel Thickness =	1,500	mm
Top Flange =	50,00	mm	Inside Corner Radius =	4,000	mm
Bottom Flange =	50,00	mm	Yield Stress, Fy =	300	Mpa
Stiffening Lip =	10,00	mm	Fy With Cold-Work, Fya =	300	Mpa
Punchout Width =	38,00	mm	Punchout Length =	101,00	mm

MAXIMUM FACTORED AXIAL LOADS, Pu

INPUT PARAMETERS

Overall Stud Length = 3 m

TOTAL FACTORED AXIAL LOADS, Pu (N)

WEAK AXIS BRACING	MAXIMUM KL/r	CONCENTRIC LOADING	LOADED THROUGH WEB
1000 mm	75	34508	18543
MID Pt	85	26739	15563
THIRD Pt	75	34508	18543

Momento resistente:

$Mu = W \cdot fy / Y_{M2} = 8727\ mm^3 \cdot 300\ MPa / 1.25 = 2094480\ Nmm =$

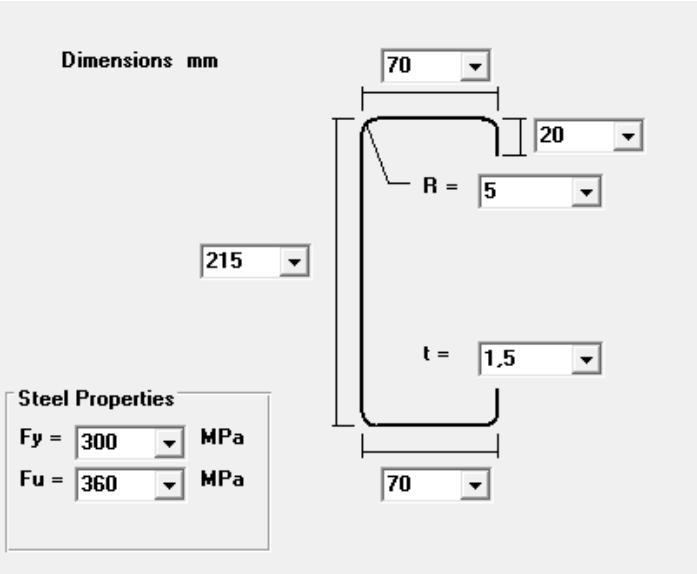
2.09 kNm

Comprobación resistente:

Nu = 34.5kN >> Nd = 14.45 kN VÁLIDO

COMPROBACIÓN CAPACIDAD RESISTENTE DEL PAR DE CUBIERTA

SECCIÓN PAR DE CUBIERTA



SECTION DESIGNATION: Single

INPUT PROPERTIES:

Web Height =	200,00	mm	Steel Thickness =	1,500	mm
Top Flange =	70,00	mm	Inside Corner Radius =	5,000	mm
Bottom Flange =	70,00	mm	Yield Stress, Fy =	300	Mpa
Stiffening Lip =	20,00	mm	Fy With Cold-Work, Fya =	300	Mpa
Punchout Width =	38,00	mm	Punchout Length =	101,00	mm

OUTPUT PROPERTIES:

Effective Section Properties, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	104,5	mm
Moment of Inertia for Deflection (Ixx)	3318856	mm^4
Section Modulus (Sxx)	29550	mm^ 3
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mnx)	8422,48	N-m

Gross Section Properties of Full Section, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	100,0	mm
Moment of Inertia (Ixx)	3318856	mm^4
Cross Sectional Area (A)	546,2	mm^2
Radius of Gyration (Rx)	77,9509	mm

Section Properties, Weak Axis

Gross Neutral Axis (Xcg) From Web Face	19,9504	mm
Gross Moment of Inertia (Iyy)	355202	mm^4
Radius of Gyration (Ry)	25,5015	mm
Effective Section Modulus (Syy)	6067	mm^3
Effective Neutral Axis (Xcg) from Web Face	31,5988	mm
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mny)	1729,37	N-m

Other Section Property Data

Net Area at Punchouts	489,2	mm^2
Member Weight per Foot of Length	42,0420	N/m
Nominal Web Shear Capacity * Phi (Unpunched)	16834	N
Nominal Web Shear Capacity * Phi (Punched)	15483	N
Pno * Phi for use in Interaction Equation C5-2	72025	N

Torsional Properties

Dist. from Shear Center to Neutral Axis (Xo)	-51,6847	mm
St. Venant torsion Constant (J x 1000)	409644	mm^4
Warping Constant (Cw)	2975455478	mm^6
Radii of Gyration (Ro)	96,9432	mm
Torsional Flexural Constant (Beta)	0,7158	

Nominal Web Crippling Loads * Phi (N)

	25,00mm END BRNG		88,00mm INT BRNG	
	Cond 1	Cond 3	Cond 2	Cond 4
Single Member	3223	2540	8433	9891
Reduction, Rc	0,944 + 0.083x/h <= 1.0		0,890 + 0.053x/h <= 1.0	

Note: Rc applies only, Cond. 1 and 2.

Esfuerzos de cálculo del soporte:

Nd = 12.5 Kn

Md = 6.9 kNm

Comprobación resistente:

Nu = 24.78 kN >> Nd = 12.5 kN VÁLIDO

Mu = 7.1 kNm > Nd = 6.9 kNm VÁLIDO

Capacidad resistente de la sección:

SECTION DESIGNATION: Single

INPUT PROPERTIES:

Web Height =	215,00	mm	Steel Thickness =	1,500	mm
Top Flange =	70,00	mm	Inside Corner Radius =	5,000	mm
Bottom Flange =	70,00	mm	Yield Stress, Fy =	300	Mpa
Stiffening Lip =	20,00	mm	Fy With Cold-Work, Fya =	300	Mpa
Punchout Width =	38,00	mm	Punchout Length =	101,00	mm

MAXIMUM FACTORED AXIAL LOADS, Pu

INPUT PARAMETERS

Overall Stud Length = 2 m

TOTAL FACTORED AXIAL LOADS, Pu (N)

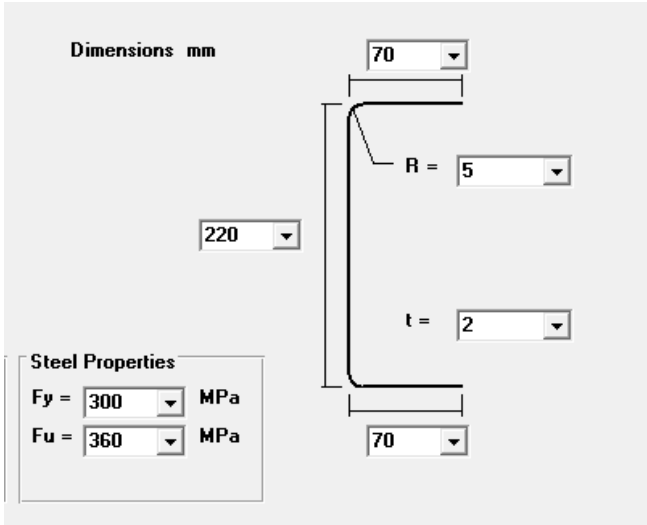
WEAK AXIS BRACING	MAXIMUM KL/r	CONCENTRIC LOADING	LOADED THROUGH WEB
2570 mm	102	46823	24778
MID Pt	40	66735	36924
THIRD Pt	26	69171	37612

Momento resistente:

$Mu = W \cdot fy / Y_{M2} = 29550\ mm^3 \cdot 300\ MPa / 1.25 = 7.1\ kNm$

COMPROBACIÓN CAPACIDAD RESISTENTE CUMBRERA

SECCIÓN PAR DE CUMBRERA



SECTION DESIGNATION: (2) Back-to-Back

INPUT PROPERTIES:

Web Height =	220,00	mm	Steel Thickness =	2,000	mm
Top Flange =	70,00	mm	Inside Corner Radius =	5,000	mm
Bottom Flange =	70,00	mm	Yield Stress, Fy =	300	Mpa
Punchout Width =	38,00	mm	Punchout Length =	101,00	mm
			Fy With Cold-Work, Fya =	300	Mpa

OUTPUT PROPERTIES:

Effective Section Properties, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	121,8	mm
Moment of Inertia for Deflection (Ixx)	8430305	mm^4
Section Modulus (Sxx)	65367	mm^ 3
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mnx)	17650,88	N-m

Gross Section Properties of Full Section, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	110,0	mm
Moment of Inertia (Ixx)	9762328	mm^4
Cross Sectional Area (A)	1403,4	mm^2
Radius of Gyration (Rx)	83,4039	mm

Section Properties, Weak Axis

Gross Moment of Inertia (Iyy)	915337	mm^4
Radius of Gyration (Ry)	25,5388	mm

Other Section Property Data

Net Area at Punchouts	1251,4	mm^2
Member Weight per Foot of Length	108,0236	N/m
Nominal Web Shear Capacity * Phi (Unpunched)	72444	N
Nominal Web Shear Capacity * Phi (Punched)	56346	N
Pno * Phi for use in Interaction Equation C5-2	69260	N

Lateral Buckling Properties for Flexure

Moment of Inertia of Compression Portion (Iyc)	457669	mm^4

Nominal Web Crippling Loads * Phi (N) Total for (2) Members

	25,00mm END BRNG		88,00mm INT BRNG	
	Cond 1	Cond 3	Cond 2	Cond 4
(2) Back-to-Back	27605		42544	
Punchout Reduction	0,963		0,976	

Esfuerzos de cálculo del soporte:

Nd = 122.7 kN

Comprobación resistente:

Nu = 126.17 kN > Nd = 122.7 kN **VÁLIDO**

Capacidad resistente de la sección:

SECTION DESIGNATION: (2) Back-to-Back

INPUT PROPERTIES:

Web Height =	220,00	mm	Steel Thickness =	2,000	mm
Top Flange =	70,00	mm	Inside Corner Radius =	5,000	mm
Bottom Flange =	70,00	mm	Yield Stress, Fy =	300	Mpa
Punchout Width =	38,00	mm	Punchout Length =	101,00	mm
			Fy With Cold-Work, Fya =	300	Mpa

MAXIMUM FACTORED AXIAL LOADS, Pu

INPUT PARAMETERS

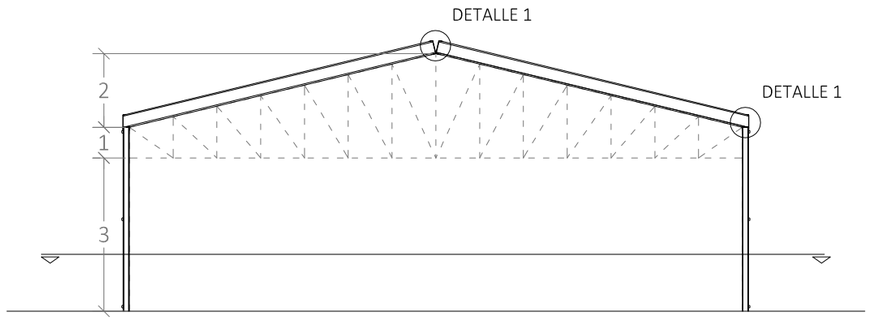
Overall Stud Length = 2 m

Member Configuration: (2) BACK-TO-BACK MEMBERS

TOTAL FACTORED AXIAL LOADS, Pu (N)

WEAK AXIS BRACING	MAXIMUM KL/r	CONCENTRIC LOADING
1200 mm	49	126171
MID Pt	42	129501
THIRD Pt	30	

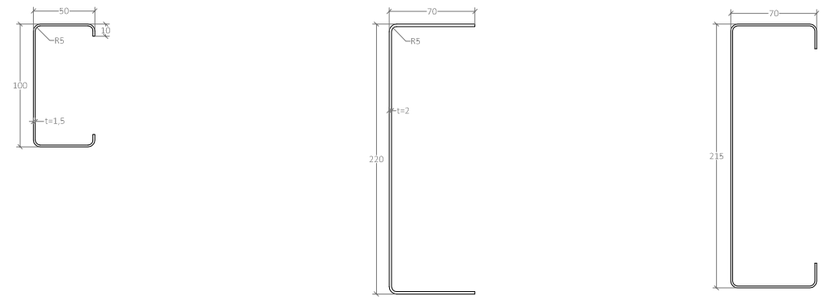
Note: For (2) Back-to-Back Members, Individual Members Must be Adequately Interconnected

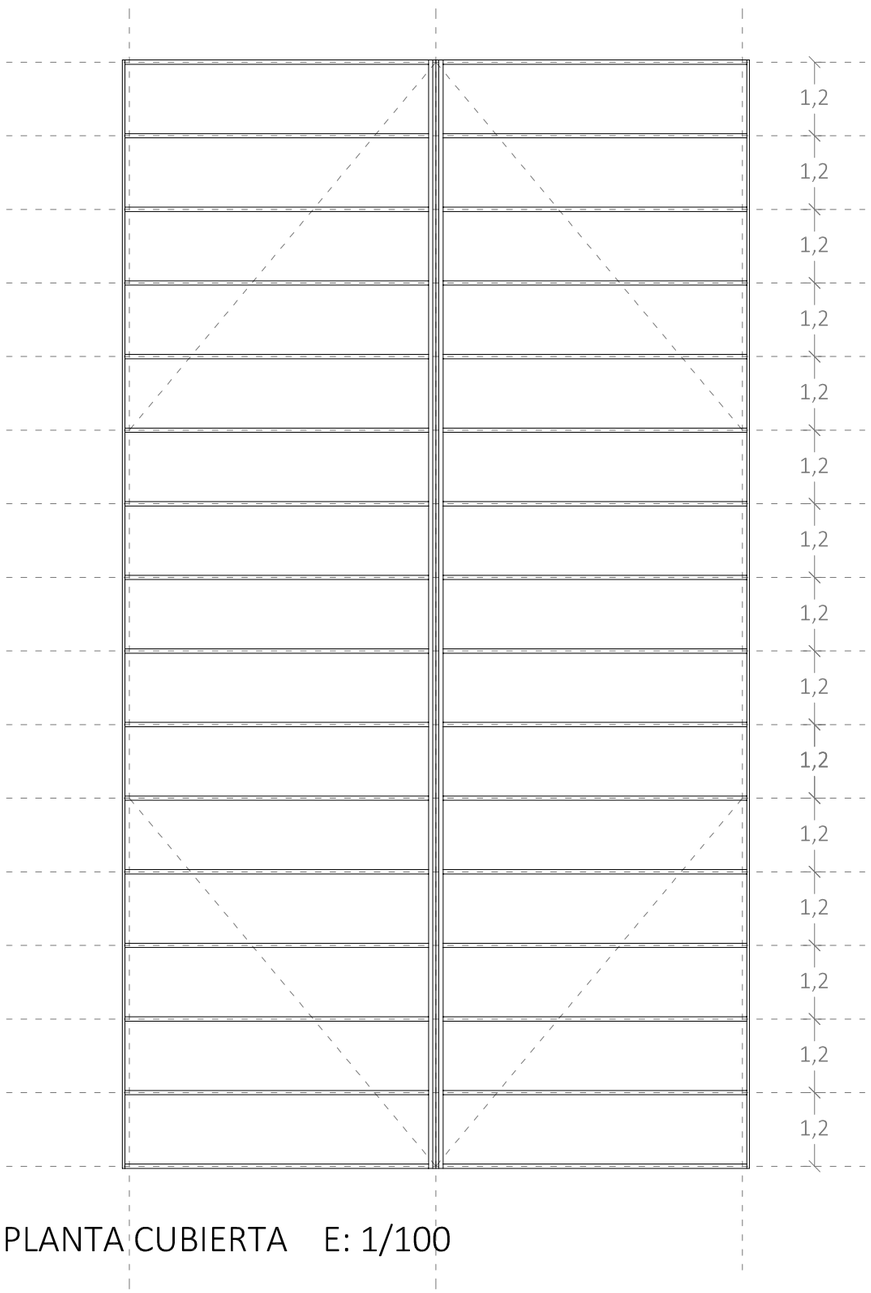


FACHADA E: 1/100

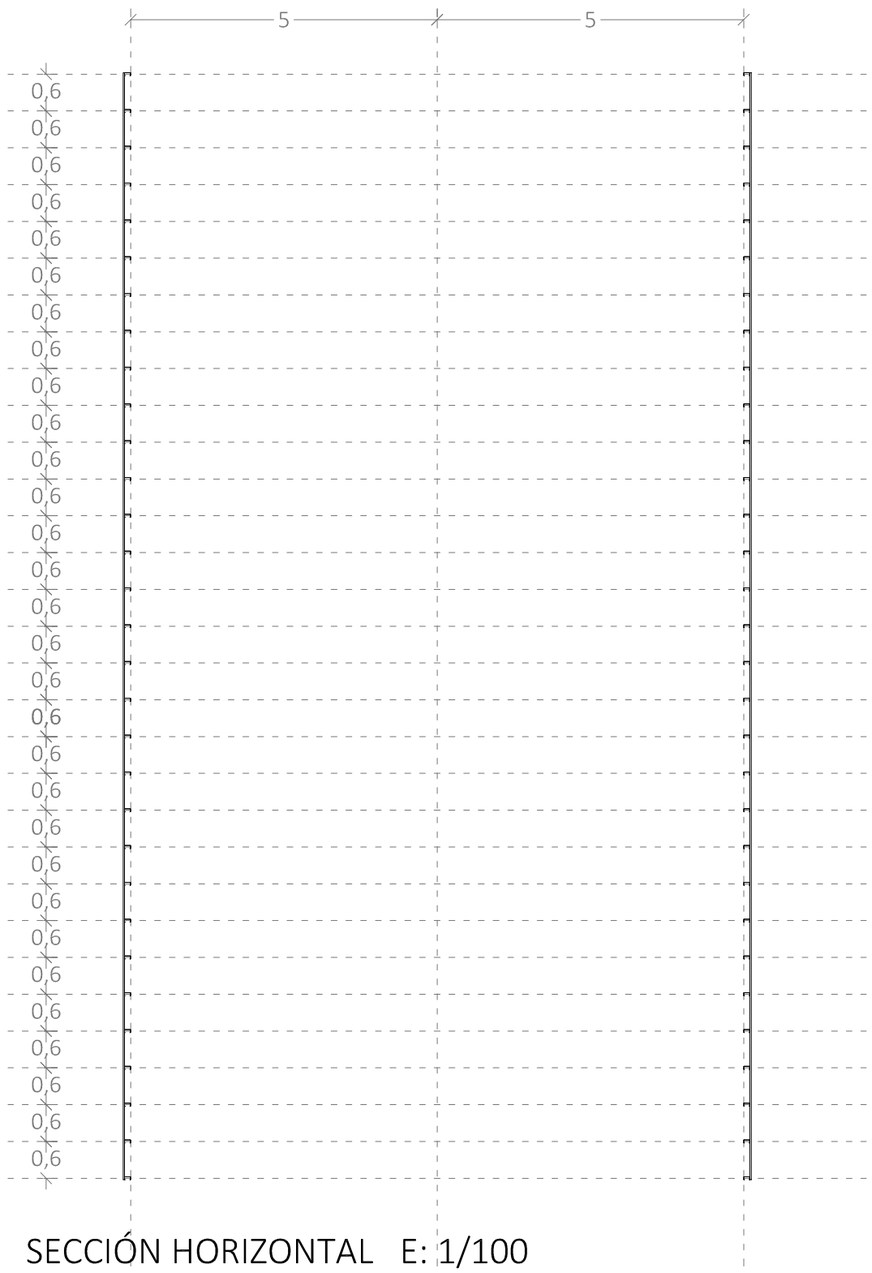
PERFILES

MONTANTE | PERFIL PARA CUMBRERA | PAR





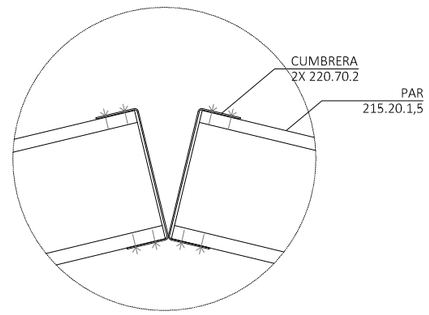
PLANTA CUBIERTA E: 1/100



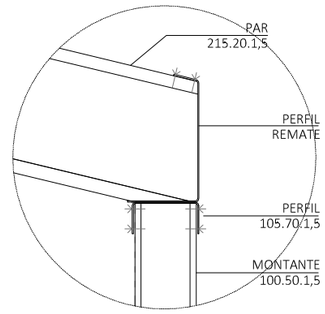
SECCIÓN HORIZONTAL E: 1/100

DETALLES E:1/10

DETALLE 1 / CUMBRERA



DETALLE 2 / ENCUENTRO PAR-SOPORTE



P4.2. PERFILES DE PEQUEÑO ESPESOR

Alumnas: Alba Rodríguez, Cristina Siguero, Elixabete Lizarza

E.T.S.A. U.P.M - MÁSTER DE ESTRUCTURAS curso 2015-16

PRÁCTICA M-4.2

Práctica M4.2

Estructuras de Perfiles de Acero de Pequeño Espesor

MEMORIA

COLD FORMED STEEL FRAMING

	COLD FORMED STEEL FRAMING	4
1.	NORMATIVA OBSERVADA	4
2.	DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	4
3.	MATERIALES	5
4.	ACCIONES	5
5.	ESQUEMA ESTRUCTURAL	6
6.	ANÁLISIS DEL MODELO	9
7.	COMPROBACIÓN DE PERFILES	11
8.	PLANO	14
9.	RESISTENCIA AL FUEGO	16
10.	UNIONES	16
11.	DETALLE ENCUENTRO PAR | CUMBRERA	19
12.	DETALLE ENCUENTRO PAR | PERFIL HORIZONTAL | MONTANTE	20

COLD FORMED STEEL FRAMING

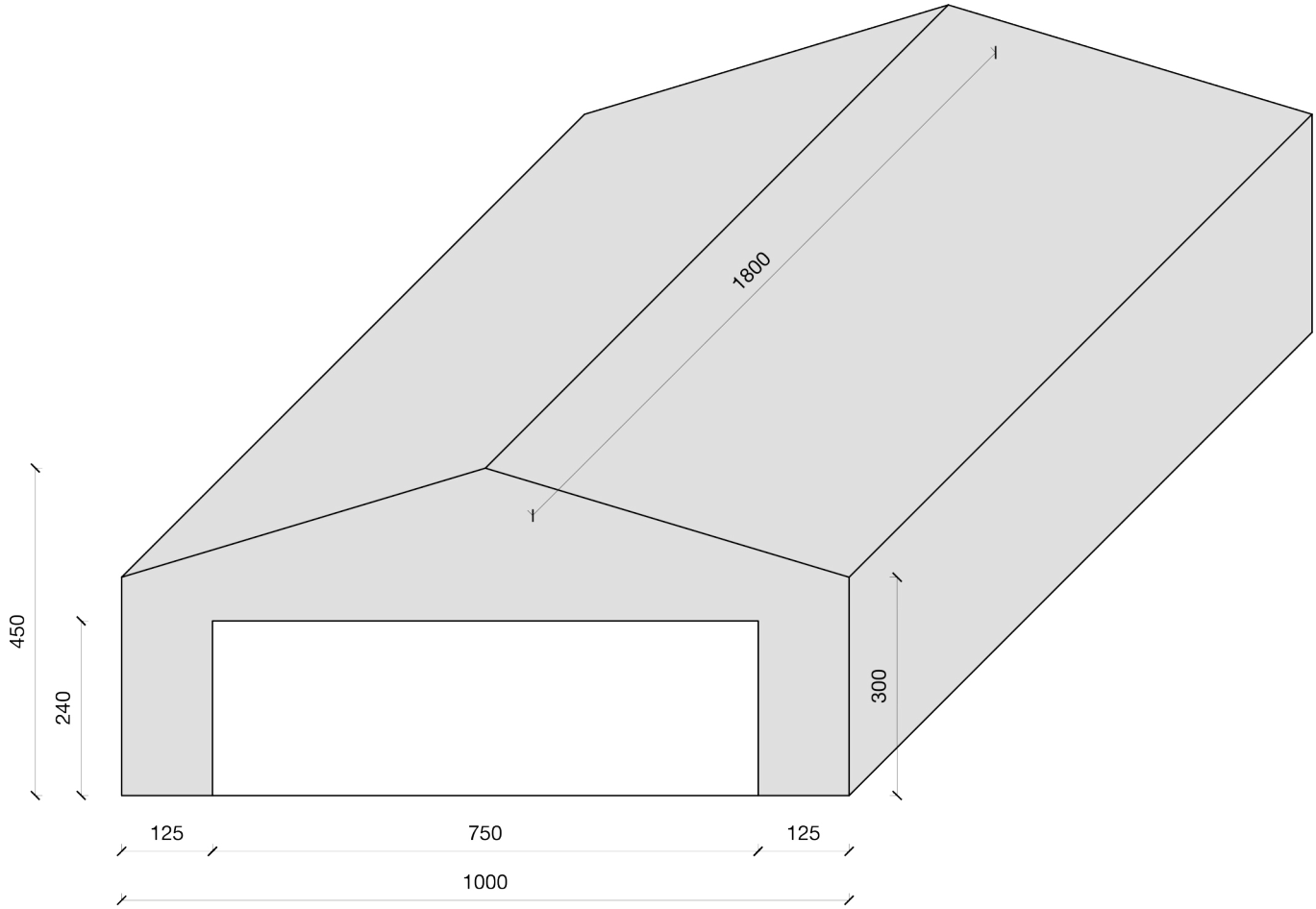
1. NORMATIVA OBSERVADA

La normativa de referencia es la siguiente:

- **CTE DB-SE** "Seguridad Estructural"
- **CTE DB SE-AE** "Seguridad Estructural. Acciones en la edificación"
- **Eurocódigo 1** "Acciones en estructuras"
- **Eurocódigo 3** "Proyecto de estructuras de acero". **EC3 Parte 1.3** "Reglas adicionales para perfiles y chapas de paredes delgadas conformadas en frío".

2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

Se trata de un edificio a nave de una planta destinado a la práctica de actividades deportivas y de meditación. Las aberturas están localizadas en los lados cortos, quedando la imagen del edificio como la de un túnel en el cual la vista se dirige de forma natural hacia las aberturas, descubriendo tras ellas los arboles y la naturaleza del lugar donde está localizado el edificio.
Se supone que el edificio se encuentra en Málaga.



3. MATERIALES

ACERO

f_{yk} Resistencia característica = 300 MPa
f_u Tensión de rotura = 360 MPa

4. ACCIONES

Para la cubierta, en su conjunto, se tomará una carga permanente de 1,0 kN/m².
Como carga variable, para la categoría "G - Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento", se consideran 0,5 kN/m².
El viento se calcula según el anejo D de **CTE DB SE-AE**; sin embargo, al tener una altura muy reducida, se adoptan valores constantes y iguales a 0,45 kN/m² en presión y 0,30 kN/m² en succión.
La nieve, al ser poco influyente, se despreciará en el cálculo.

G1 PESO PROPIO

ELEM.ESTRUCTURALES Y CONSTRUCTIVOS

TOTAL POR ELEMENTO

kN/m²	CUBIERTA	1,0 kN/m²

VARIABLES

Q1 USO

G1 - Cubiertas accesibles únicamente para conservación con inclinación inferior a 20°

ZONA	kN/m²	kN
G1	0,5	1

Q2 VIENTO

q_b	0,42 kN/m²	Málaga, zona A
Grado de espereza del entorno	IV	Zona urbana en general, industrial o forestal

c_e coeficiente de exposición
c_p coeficiente eólico

VALORES PROMEDIOS

VIENTO PERPERDICULAR FACHADA CORTA

Presión	0,45 kN/m²
Succión	-0,30 kN/m²

Q3 NIEVE

$q_n = \mu * s_k$ 0,2 kN/m²

μ	1 -	Cubierta plana
s_k	0,2 kN/m²	Málaga (Altitud 0 m)

Q4 AC. TÉRMICAS NO PROCEDE

5. ESQUEMA ESTRUCTURAL

Se empieza con un tanteo de posible esquema estructural.

Se tienen en cuenta las siguientes condiciones:

- Los montantes de las paredes se disponen cada 60 cm, pensando al sistema constructivo que se utilizará (los paneles OSB, así como la contrapared interna, por ejemplo tipo "kNauf", necesitan estar fijados a distancia de 60 cm).
- En la cubierta se disponen los pares cada 120 cm, porque se supone que para realizar la cubierta ligera este intereje es suficiente.
- Las aberturas están unicamente en los lados cortos.
- El sistema necesita de elementos de arriostramiento.

El esquema pensado se analiza con el programa SAP2000:

- La estructura se modela con elementos tipo "frame";
- Las coacciones en tierra de los montante son apoyos;
- Las cargas se distribuyen mediante un elemento tipo "shell" sin propiedades mecánicas.

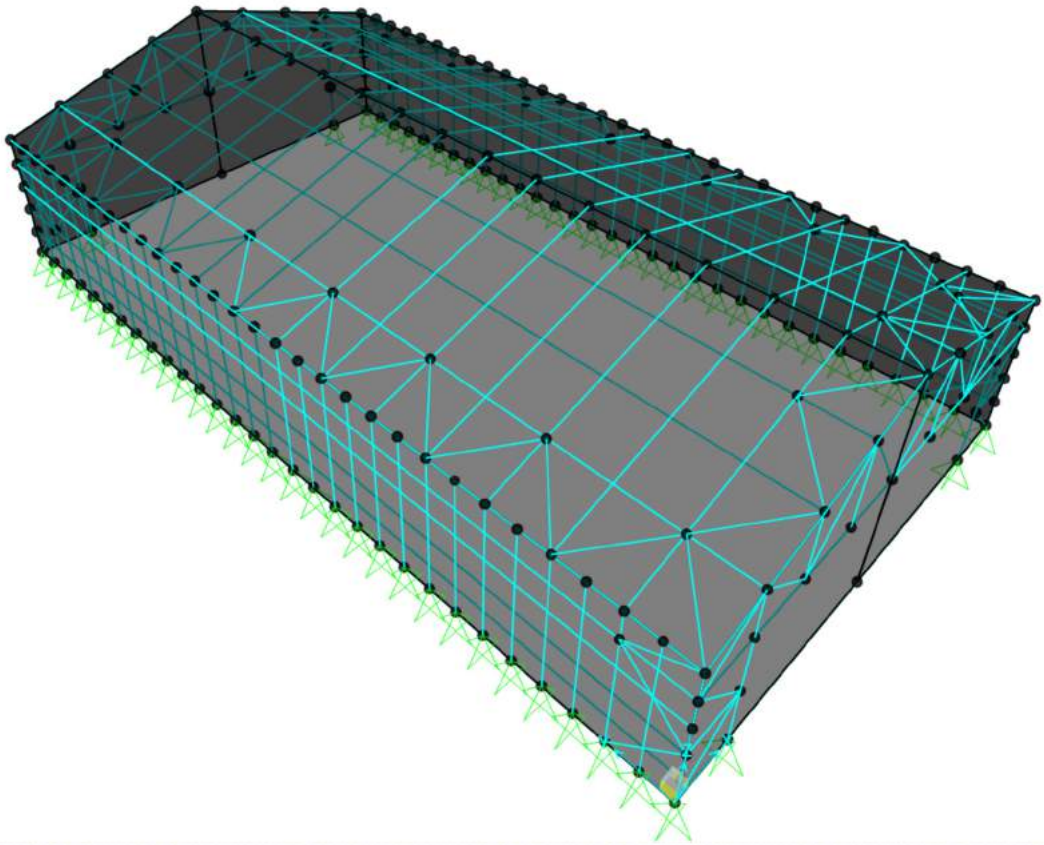
Las combinaciones consideradas en ELU son:

- Carga Permanente + Sobrecarga de uso;
- Carga Permanente + Viento en una dirección;
- Carga Permanente + Viento en la otra dirección.

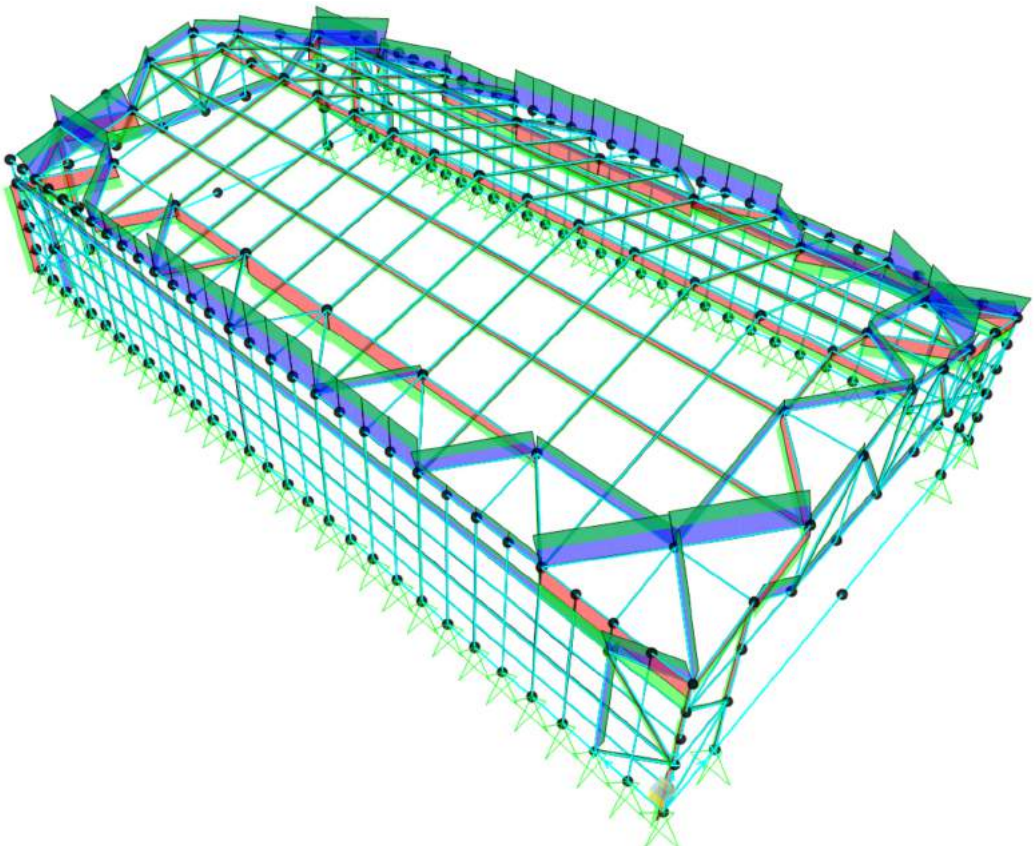
Los cálculos se realizan con la envolvente.

En ELS se crea la envolvente de las mismas combinaciones considerando iguales a 1 los coeficientes parciales.

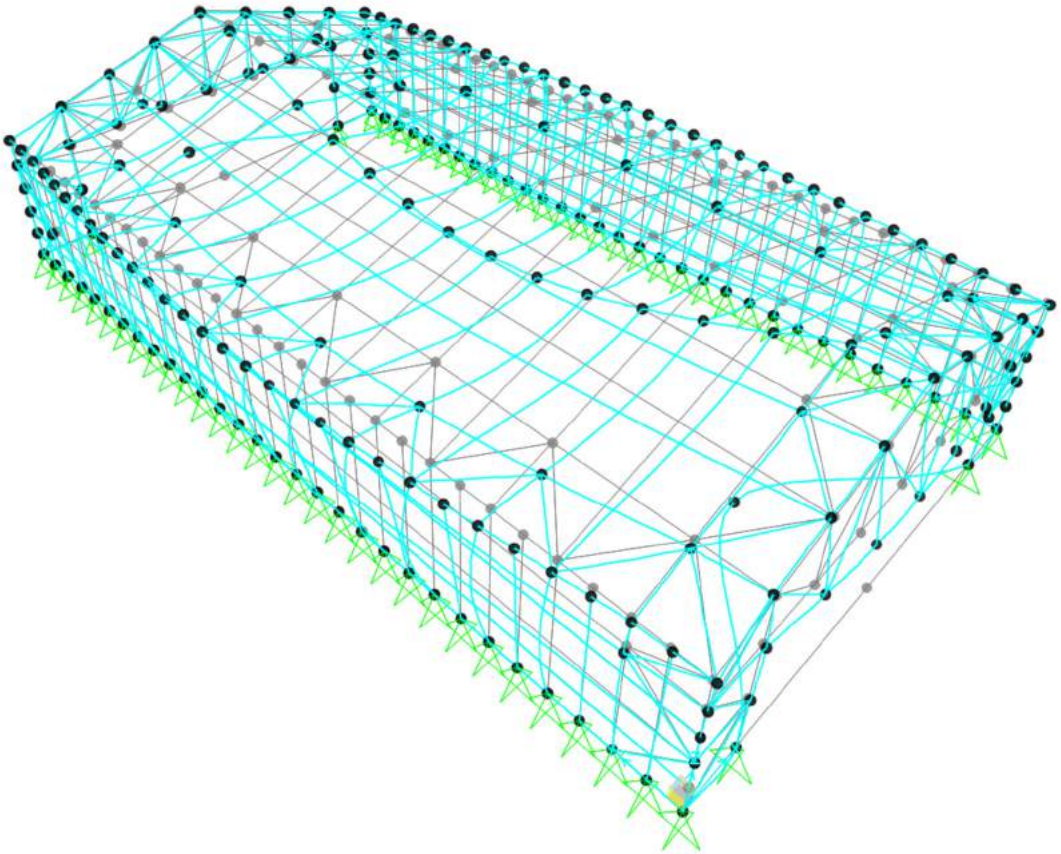
Se muestra el primer modelo realizado.



ESFUERZOS AXILES



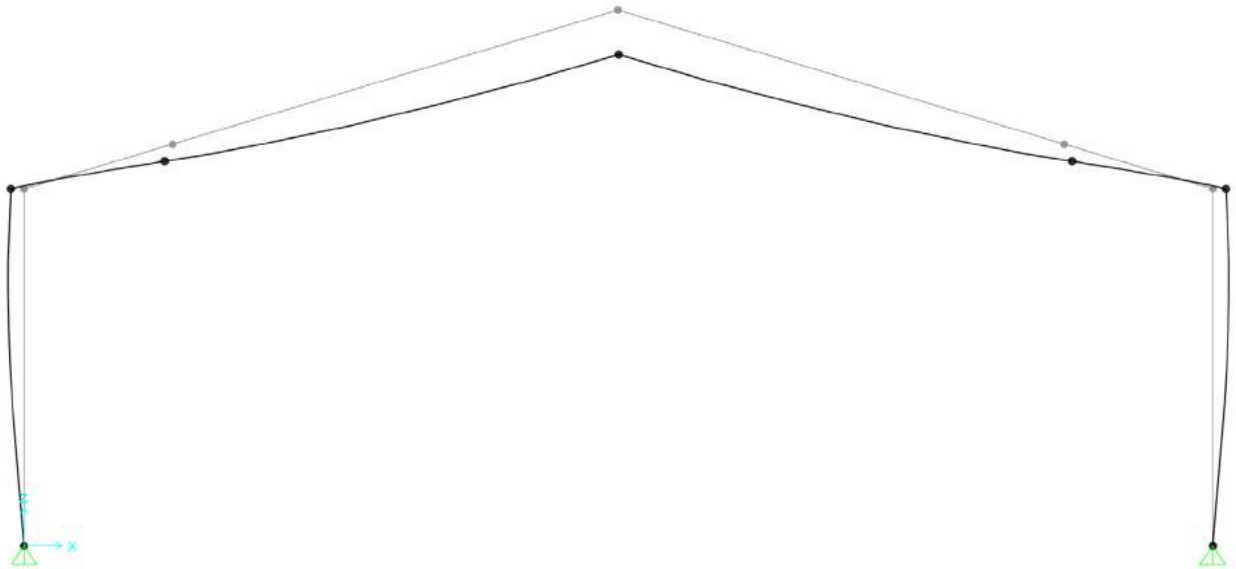
DEFORMADA



El modelo NO FUNCIONA por una excesiva deformación de los faldones y de la cumbrera.

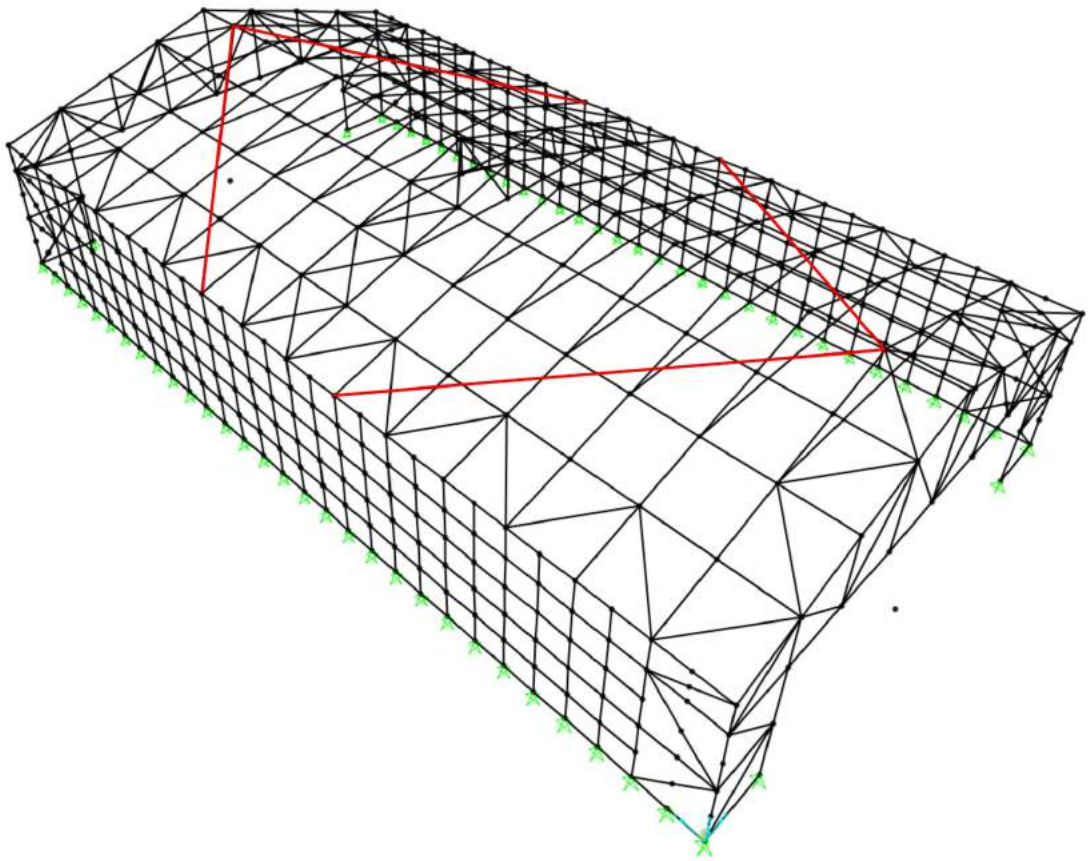
Se sigue haciendo unos tanteos cambiando el modelo, añadiendo diagonales dispuestas según diferentes configuraciones, para intentar rigidizar los faldones y conseguir deformaciones aceptables.

Ninguna configuración da resultados satisfactorio por ser el desplazamiento de la cabeza de los montantes excesivo y, consecuentemente, excesiva la deformación de la cumbrera.



Finalmente, se llega a la conclusión que la solución es la de introducir unos tirantes en los faldones que permitan rigidizar el conjunto y obtener deformaciones aceptables.
En este caso no hace falta aumentar las diagonales del modelo inicial.

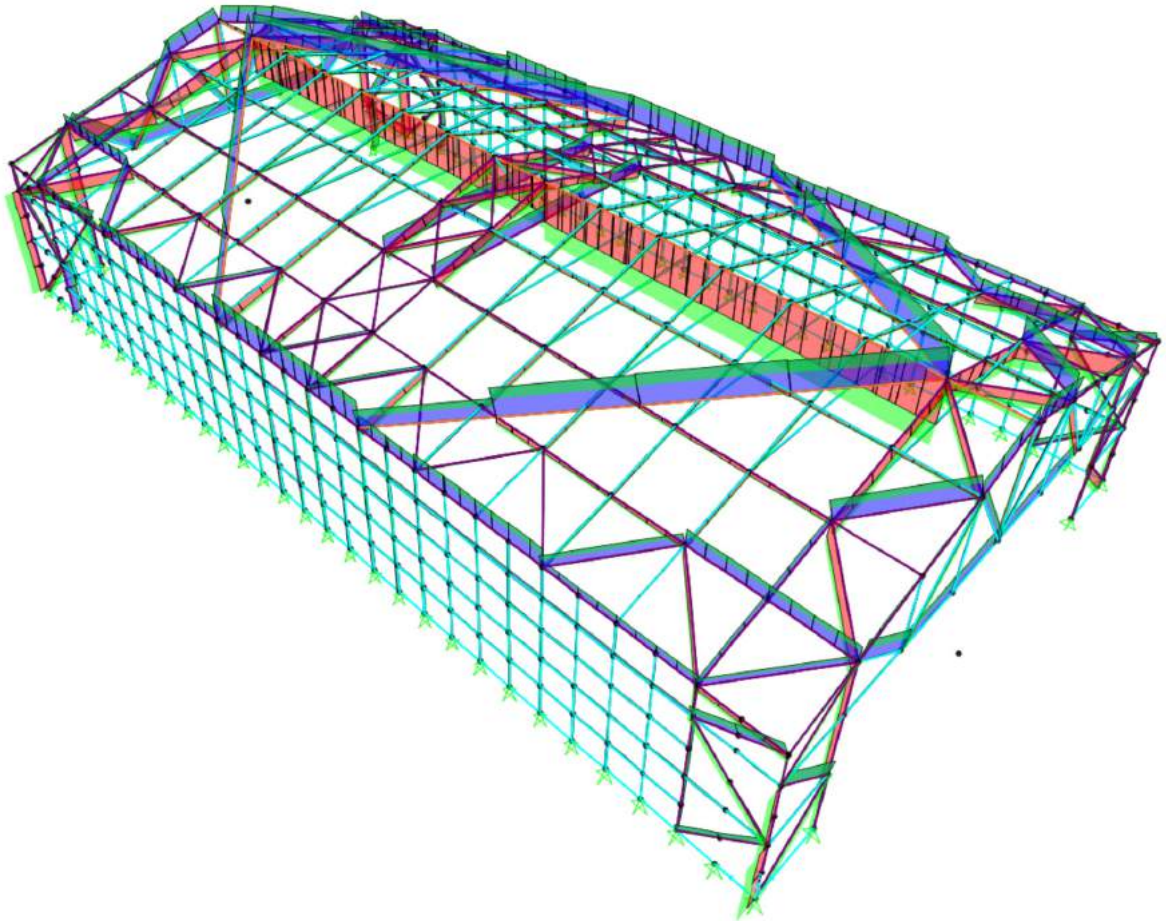
Se llega a la siguiente configuración:



Los tirantes dibujados en rojo son los imprescindibles para conseguir deformaciones aceptables.

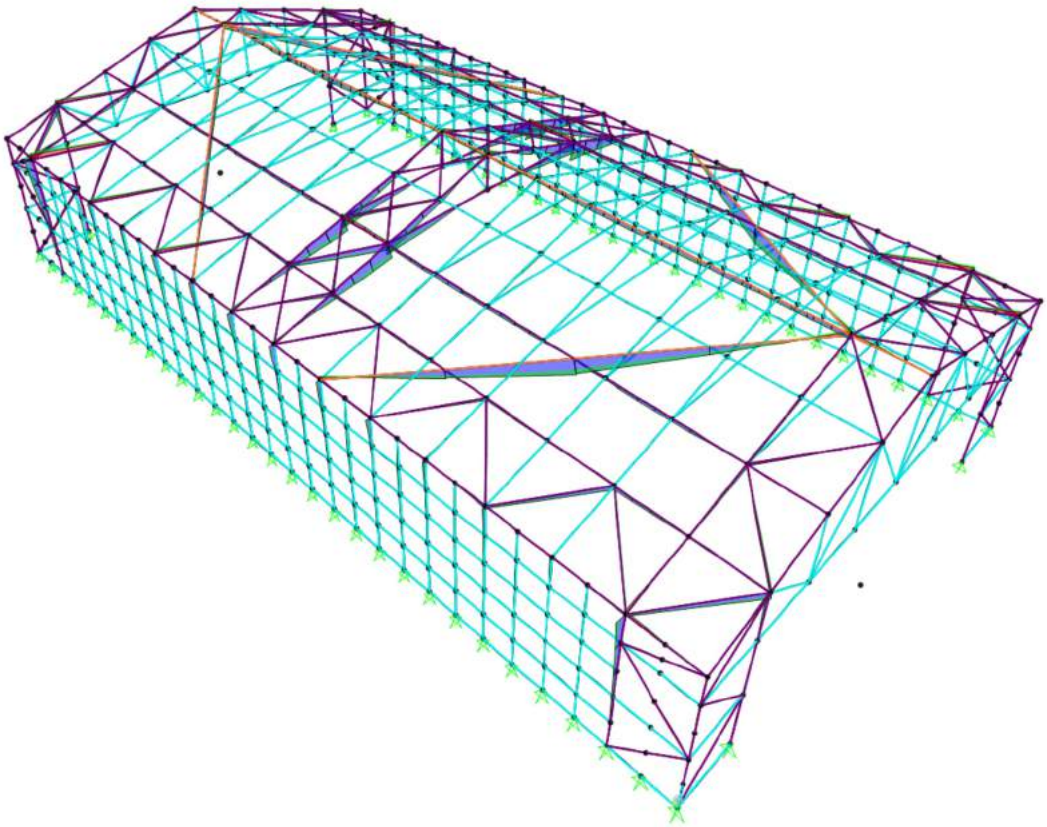
6. ANÁLISIS DEL MODELO

ESFUERZOS AXILES



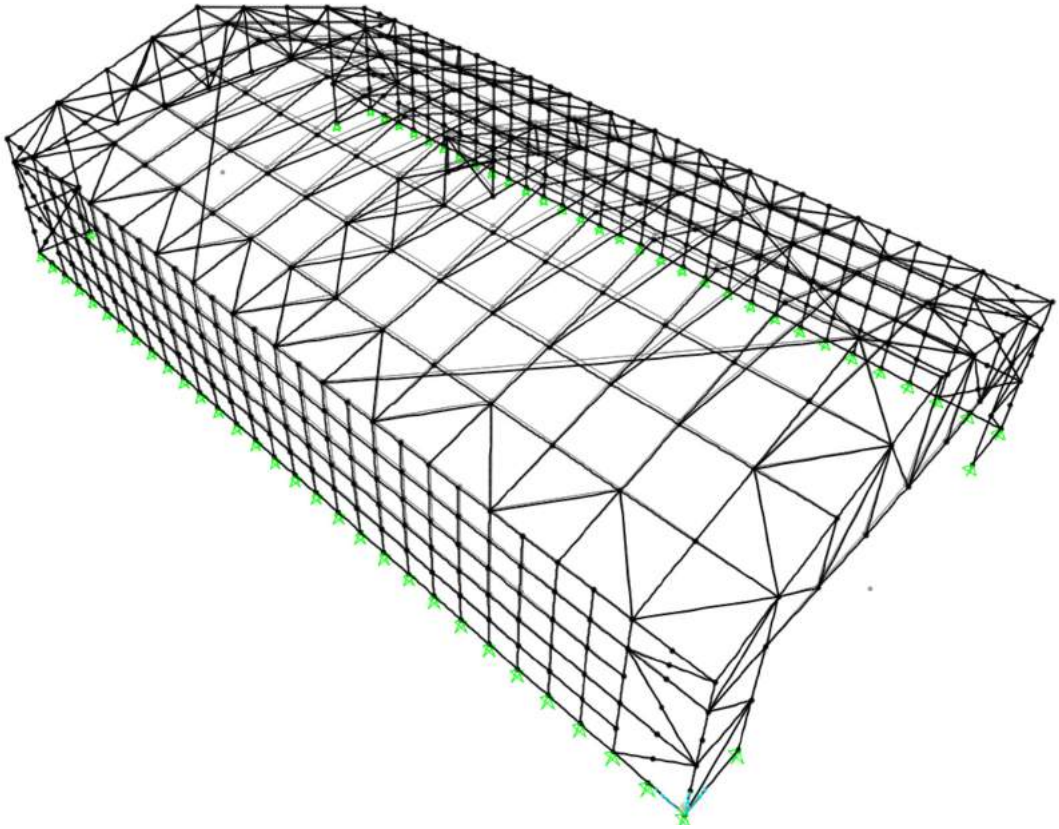
El perfil más cargado resulta ser el de la cumbrera, que está sometido a esfuerzo de compresión.
Además de la cumbrera los perfiles que más trabajan son los tirantes y las celosías dispuesta a lo largo del perímetro, mientras que los perfiles de las paredes resultan redundantes pero necesarios para el sistema constructivo (desde el punto de vista estrictamente estructural se podrían reducir en numero).

MOMENTO



Valen las mismas consideraciones hecha para el esfuerzo axil. Para los valores véanse las comprobaciones de los perfiles.

DEFORMACIONES



La deformación en la mitad de la cumbrera es de 2,9 cm, que sobre una luz de 18 m corresponden a una flecha de L/620.

7. COMPROBACIÓN DE PERFILES

Se comprueba la interacción axil con pandeo y momento de los perfiles con las solicitaciones mayoradas extraídas de SAP 2000 de la combinación de envolventes.
Las resistencias a axil, minoradas por efecto de pandeo en caso de los perfiles sometidos a compresión se extraerán del programa de cálculo AISIWIN, introduciéndole sus respectivas geometrías y condiciones de contorno. Se intenta en todo caso conseguir un índice de aprovechamiento cercano a 1 en la sección más desfavorable puesto que esto significa que el perfil está optimizado y que la estructura sigue siendo segura, siendo muy redundando (muchos de los perfiles se ponen porque lo pide el sistema constructivo, pero casi no trabajan).
A pesar de ello se podría optimizar más el modelo en su conjunto pero al ser limitado el tiempo en una práctica académica se decide proceder con el modelo descrito anteriormente.

En el modelo se han considerado estos tipos de perfiles:

- CUMBRERA Y TIRANTES PRINCIPALES: doble perfil U;
- PARES: perfil C;
- Elementos horizontales en cabeza de los montantes: perfil en U;
- MONTANTES: perfil en C;
- Elementos horizontales: perfil en omega.

Comprobación del índice de aprovechamiento según la fórmula: $N_{Ed}/N_{Rd} + M_{Ed}/M_{Rd} \leq 1$

DATO	fyd	300 N/mm2

						Perfil 2x [220x70x2]	2xU	
			Wel,Rd (mm3)	65368				
Compresión						Índice de aprov.	0.82 ≤ 1	Perfil válido
	NEd (kN)	98	MEd (kNm)	3.17		Cumbrera		
	NRd(kN)	148	MRd (kNm)	19.61				
Tracción						Índice de aprov.	0.52 ≤ 1	Perfil válido
	NEd (kN)	48	MEd (kNm)	7.9		Tirante		
	NRd(kN)	421	MRd (kNm)	19.61				
						Perfil [220x70x2]	U	
			Wel,Rd (mm3)	32684				
Compresión						Índice de aprov.	0.88 ≤ 1	Perfil válido
	NEd (kN)	42	MEd (kNm)	3.1		Perfil diagonal		
	NRd(kN)	74	MRd (kNm)	9.8				
	Longitud de pandeo eje débil 1,20 m							
						Perfil [220x70x1.5]Lips 20 mm	C	
			Wel,Rd (mm3)	33729				
Compresión						Índice de aprov.	0.91 ≤ 1	Perfil válido
	NEd (kN)	2	MEd (kNm)	8.9		Par más desfavorable		
	NRd(kN)	72	MRd (kNm)	10.1				
	Longitud de pandeo eje débil 1,30 m							
Compresión						Índice de aprov.	0.54 ≤ 1	Perfil válido
	NEd (kN)	7.5	MEd (kNm)	4.5		Montante de mayor entidad		
	NRd(kN)	76	MRd (kNm)	10.1				
	Longitud de pandeo eje fuerte 3 m							
	Longitud de pandeo eje débil 0,60 m							
						Perfil [100x50x1.5]Lips 20 mm	C	
			Wel,Rd (mm3)	10548				
Compresión						Índice de aprov.	0.91 ≤ 1	Perfil válido
	NEd (kN)	4.7	MEd (kNm)	2.6		Montante de menor entidad		
	NRd(kN)	52	MRd (kNm)	3.2				
	Longitud de pandeo eje fuerte 3 m							
	Longitud de pandeo eje débil 0,60 m							

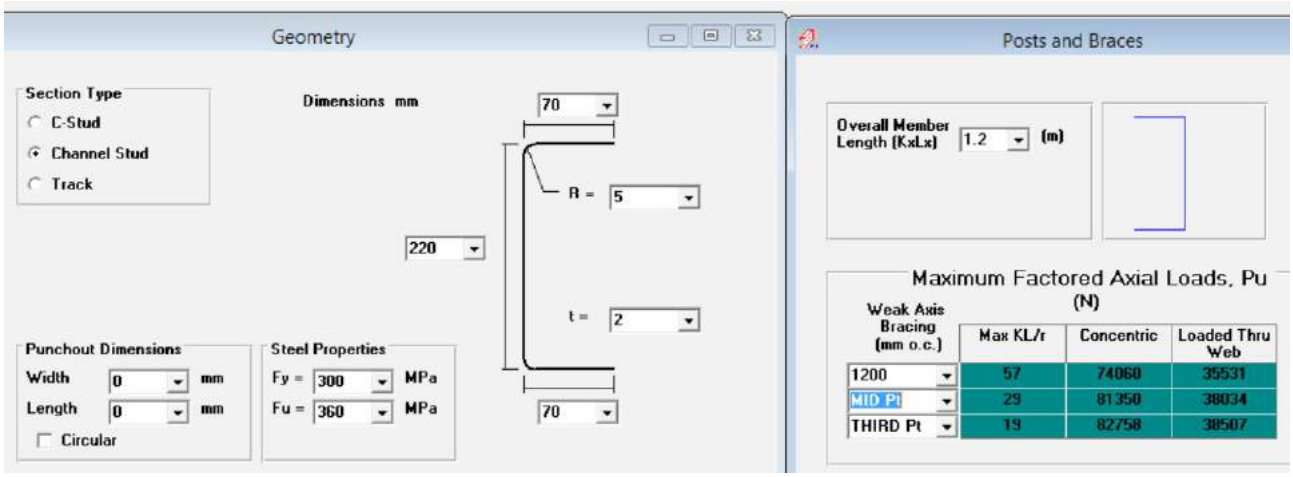
A continuación se detalla el cálculo de las resistencias con el apoyo del programa informático ya mencionado.

- NORMATIVA: 2001 (LRFD)W/2004 Supplement. Load and Resistance Factor Design,
- Cold Work Forming > Include Cold-Work per AISI
- Datos de resistencia del acero de los perfiles:

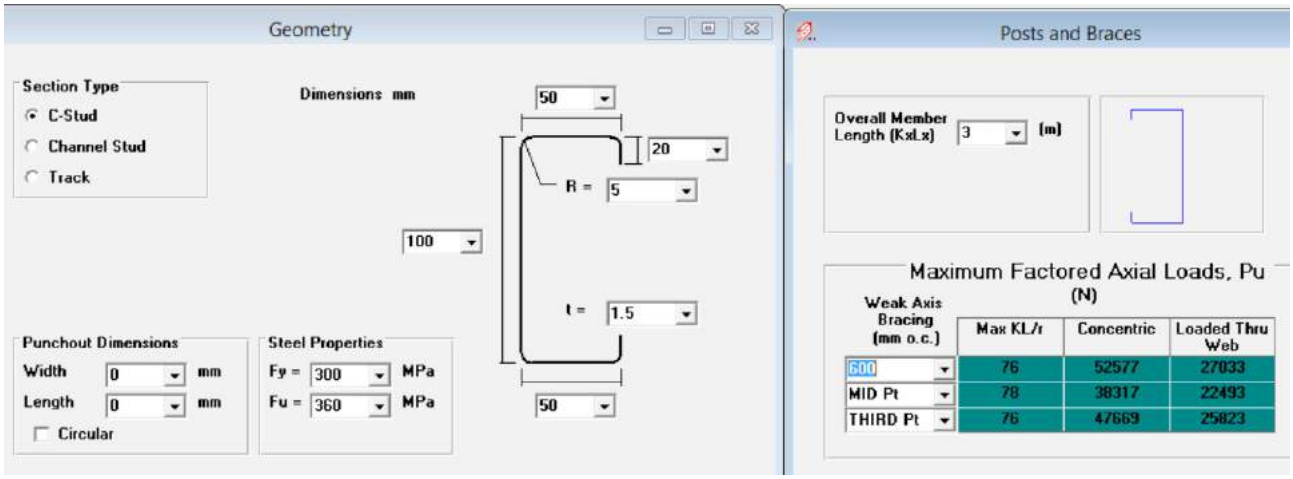
fy= 300 MPa
fu = 360 MPa

Se obtienen los valores de resistencia a compresión y módulo elástico de cada perfil.

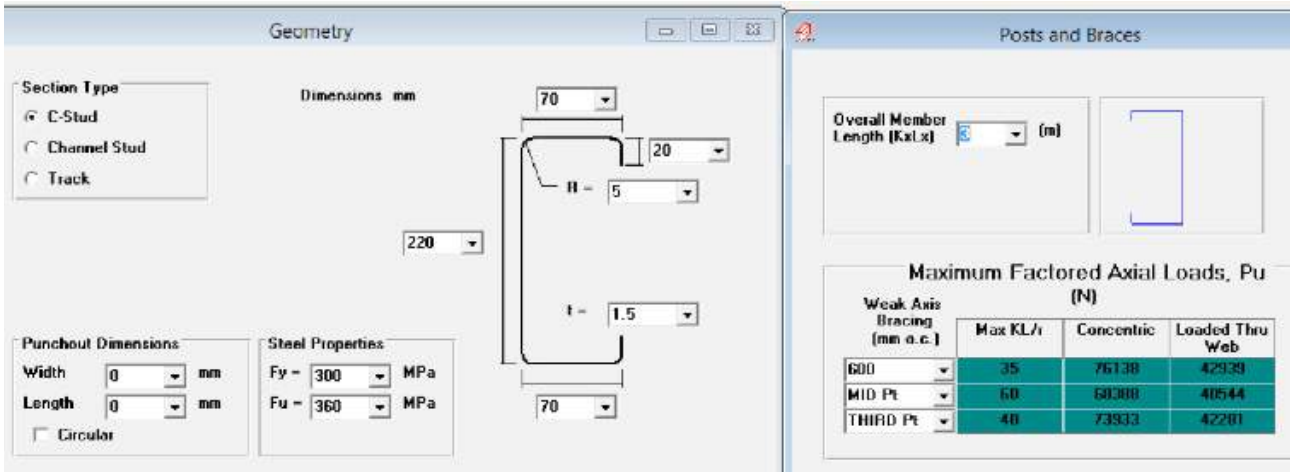
PERFIL EN U SIMPLE, LONGITUD DE PANDEO EN EL EJE FUERTE DESPRECIABLE, por ser de cubierta.



PERFIL EN C SIMPLE, LONGITUD DE PANDEO EN EL EJE FUERTE 3 metros (600 mm eje débil), MONTANTE DE MENOR ENTIDAD.

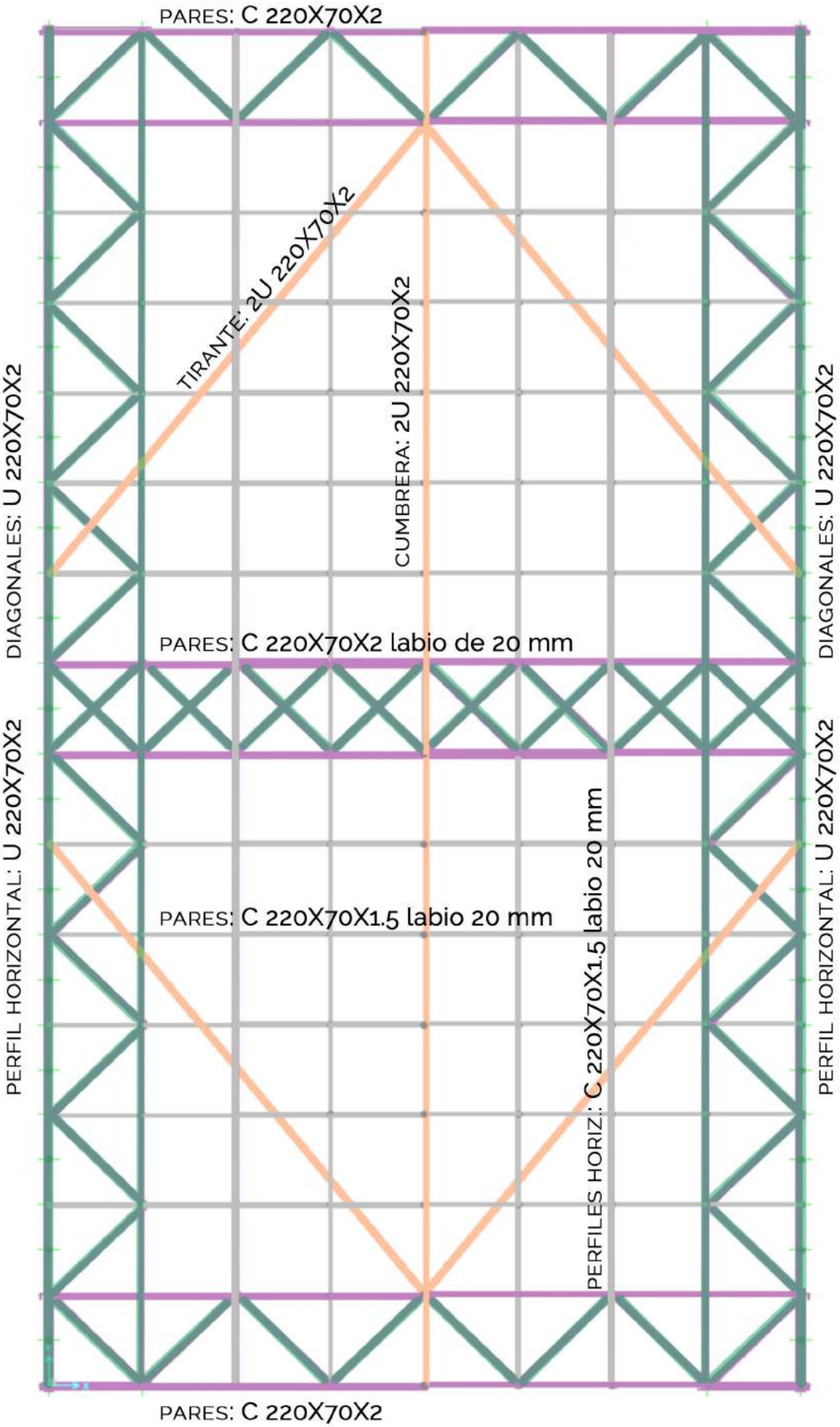


PERFIL EN C SIMPLE, LONGITUD DE PANDEO EN EL EJE FUERTE 3 metros (600 mm eje débil). MONTANTE DE MAYOR ENTIDAD.



NOTA: para el perfil en doble U se han multiplicado por 2 los valores de la resistencia del perfil simple (simplificación del lado de la seguridad).

8. PLANO


PARES: C 220X70X2
DIAGONALES: U 220X70X2
PERFIL HORIZONTAL: U 220X70X2
TIRANTE: 2U 220X70X2
CUMBRERA: 2U 220X70X2
PARES: C 220X70X2 labio de 20 mm
PARES: C 220X70X1.5 labio 20 mm
PERFILES HORIZ.: C 220X70X1.5 labio 20 mm
DIAGONALES: U 220X70X2
PERFIL HORIZONTAL: U 220X70X2
PARES: C 220X70X2

Los perfiles usados son de dos espesores diferentes, 1,5 o 2 mm, según los esfuerzos a resistir.
En un caso real sería mejor volver a evaluar los perfiles adoptados para que solo sean de un espesor, ya que a la hora de la obra es bastante difícil distinguir un entre los dos tipos empleados y podría haber errores.

En las paredes:

- Los montantes son perfiles en C de dimensiones 220x70x1,5 con labios de 20 mm.
- Los travesaños son perfiles en omegas. Sus función es la de disminuir la longitud de pandeo de los montantes.

Es posible darse cuenta que, a la hora de proyectar estructuras con perfiles de pequeño espesor, hay que tener bien presente todo el sistema constructivo y también aquellos requerimientos y necesidades que salen del ámbito estrictamente estructural.

Otra observación es que no se pueden emplear muchos perfiles diferentes porque por un lado, es mejor utilizar perfiles con igual espesor en toda la construcción, y por el otro hay que poder "encajar" las piezas que tienen que unirse.
Probablemente, si se volviera a resolver el mismo ejercicio, a la luz de los conocimientos aprendido, se evaluaría mejor y desde el comienzo cuales dimensiones y espesor de perfiles encajarían en todo el edificio,

9. RESISTENCIA AL FUEGO

Según la tabla 3.1 de la Sección 6 del SI "Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales", que se refiere a los elementos de la estructura principal del edificio (forjados, vigas y soportes), con una altura de evacuación inferior de 15 m, y para un destino de uso publico de este tipo, se exige un tiempo mínimo de R 60.

Al ser la estructura compuesta por perfiles de acero de pequeño espesor, la resistencia al fuego requerida se consigue a través del revestimiento. Todos los perfiles irán protegidos, y los elementos estructurales tendrán que quedarse a una temperatura inferior de los 350 ˚C.

Se procurará disponer falsos techos y contra-paredes en los cuales se usarán productos resistentes al fuego como las placas de yeso tipo "Knauf FireBoard", que garantizan un sistema de protección pasiva frente al fuego de grandes prestaciones.
Si hubiese necesidad, por el estar las omegas a riesgo de exposición al fuego, la función de disminuir la longitud de pandeo se deberá asignar a otros elementos, bien sean omegas más alejadas del revestimiento, o listones de madera ignifugados.
También sería posible usar paneles OSB no inflamables.

10. UNIONES

Las uniones se calculan para que trabajen unicamente a cortante; los tornillos empleados son autorrascantes. Utilizando las indicaciones del EC3 Parte 1-3:

Tornillos sometidos a cortante:			
Resistencia a aplastamiento:	$F_{b,Rd} = \alpha f_u\, d\, t / \gamma_{M2}$		
En donde α viene dada por lo siguiente:			
– si $t = t_1$:	$\alpha = 3{,}2\sqrt{t/d}$	siendo	$\alpha \leq 2{,}1$
– si $t_1 \geq 2{,}5\,t$ y $t < 1{,}0$ mm:	$\alpha = 3{,}2\sqrt{t/d}$	siendo	$\alpha \leq 2{,}1$
– si $t_1 \geq 2{,}5\,t$ y $t \geq 1{,}0$ mm:	$\alpha = 2{,}1$		
– si $t < t_1 < 2{,}5\,t$:	se obtiene α por interpolación lineal.		
Resistencia de la sección neta:	$F_{n,Rd} = A_{net} f_u / \gamma_{M2}$		
Resistencia a cortante:	$F_{v,Rd}$ a determinar mediante ensayos [*2)]		
	$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} / \gamma_{M2}$		
Condiciones: [4)]	$F_{v,Rd} \geq 1{,}2\,F_{b,Rd}$	o	$\Sigma F_{v,Rd} \geq 1{,}2\,F_{n,Rd}$

Donde:
- t es el espesor de la parte o chapa conectada más delgada;
- t_1 es el espesor de la parte o chapa conectada más gruesa;
- d es el diámetro nominal del elemento de fijación.

Rango de validez: [3)]			
En general:	$e_1 \geq 3\,d$	$p_1 \geq 3\,d$	$3{,}0$ mm $\leq d \leq 8{,}0$ mm
	$e_2 \geq 1{,}5\,d$	$p_2 \geq 3\,d$	
Para tracción:	$0{,}5$ mm $\leq t \leq 1{,}5$ mm	y	$t_1 \geq 0{,}9$ mm
$f_u \leq 550$ N/mm^2			

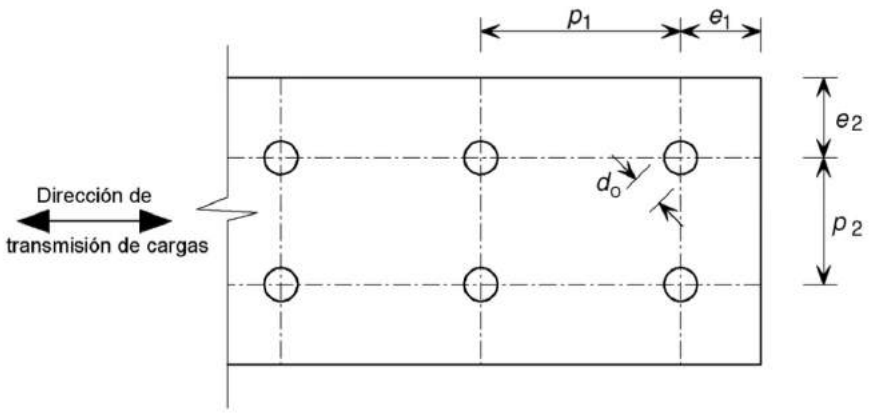


Figura 8.1 – Distancia al extremo, distancia al borde lateral y separación para elementos de fijación y soldaduras por puntos

Usando tornillos M6:

- e1 ≥ 18 mm
- e2 ≥ 9 mm
- p1 ≥ 18 mm
- p2 ≥ 18 mm

TORNILLOS M6

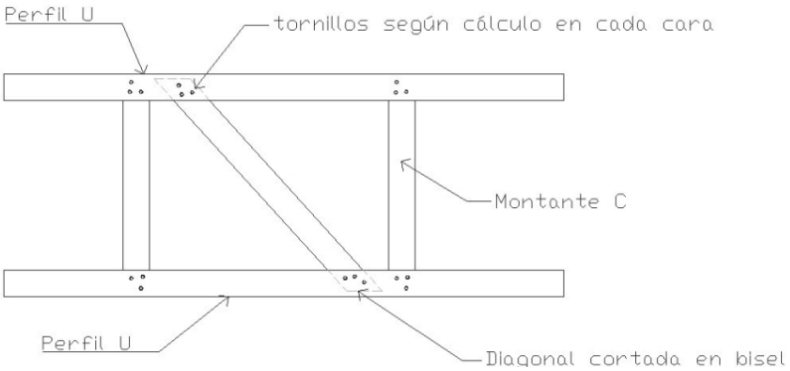
CUMBRERA (U espesor 2 mm) -PAR (C espesor 2mm)		
t, espesor	2	mm
d, diametro tornillo	6	mm
α	1,60	< 2,1
γ_{M2}	1,25	
F_u	360	MPa
$\mathbf{F}_{b,Rd} = \alpha F_u d t/\gamma_{M2}$	**4**	kN
Axil	18	kN
n° tornillos	**5**	

MONTANTE (C esp. 1,5 mm) -EL. HORIZ (U espesor 2mm)		
t, espesor	1,5	mm
t1, espesor	2	mm
d, diametro tornillo	6	mm
α	2,21	< 2,1
γ_{M2}	1,25	
F_u	360	MPa
$\mathbf{F}_{b,Rd} = \alpha F_u d t/\gamma_{M2}$	**6**	kN
Axil	8	kN
n° tornillos	**2**	

PAR (C espesor 1,5 mm) -EL. HORIZ (U espesor 2mm)		
t, espesor	1,5	mm
t1, espesor	2	mm
d, diametro tornillo	6	mm
α	2,21	< 2,1
γ_{M2}	1,25	
F_u	360	MPa
$\mathbf{F}_{b,Rd} = \alpha F_u d t/\gamma_{M2}$	**6**	kN
Axil	15	kN
n° tornillos	**3**	

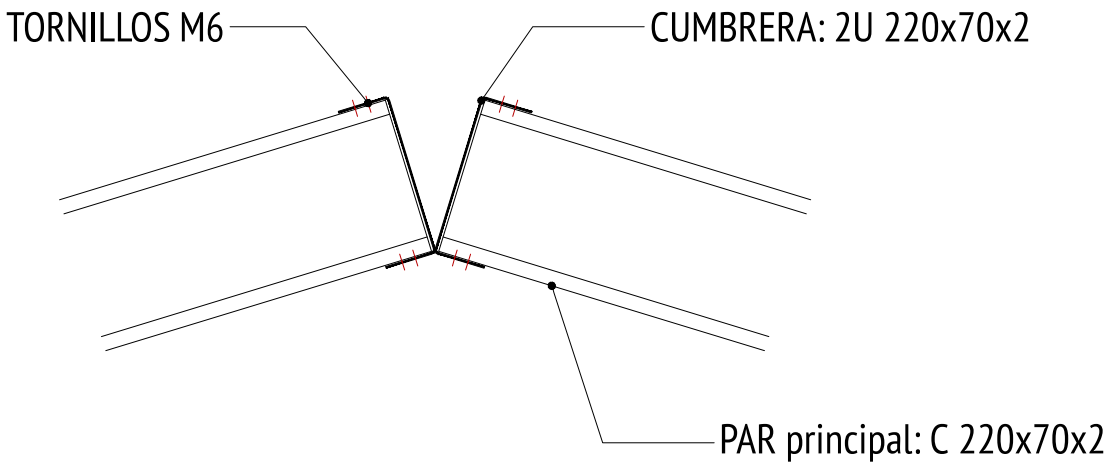
PAR (C espesor 2 mm) -EL. HORIZ (U espesor 2mm)		
t, espesor	2	mm
d, diametro tornillo	6	mm
α	1,60	< 2,1
γ_{M2}	1,25	
F_u	360	MPa
$\mathbf{F}_{b,Rd} = \alpha F_u d t/\gamma_{M2}$	**4**	kN
Axil	15	kN
n° tornillos	**4**	

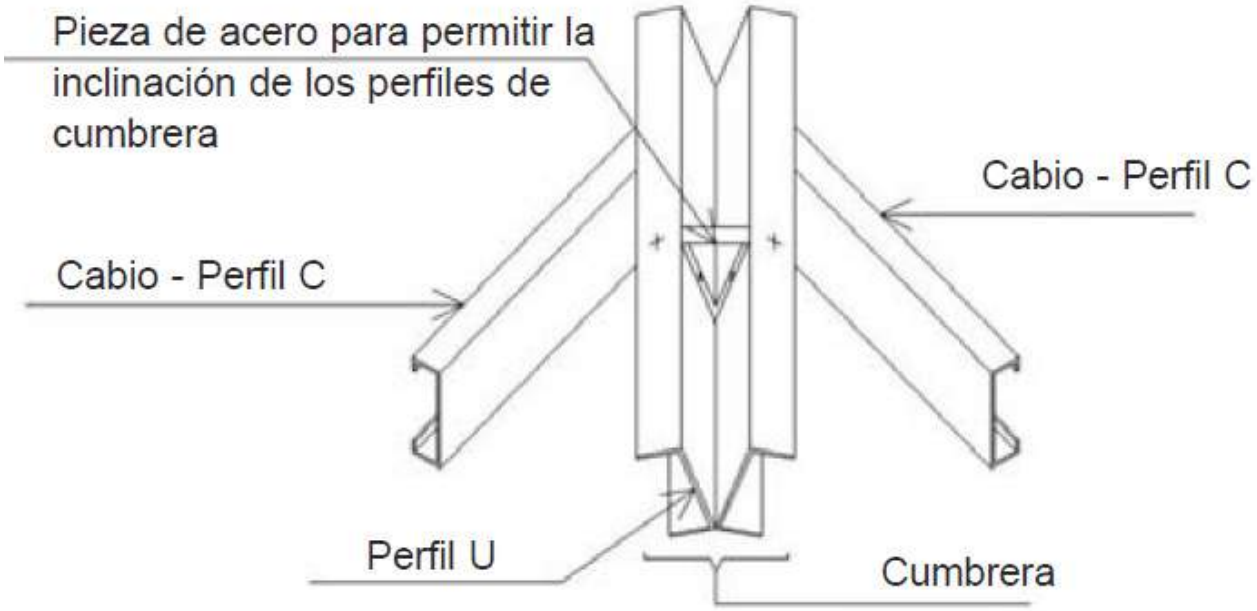
Como se deduce de los cálculos realizados se puede decir que, en las mayorías de los casos, utilizando 4 o 6 tornillos, 2 o 3 por cara, se puede resolver la unión entre piezas.
Por ejemplo se puede adoptar esta disposición de tornillos en las uniones.



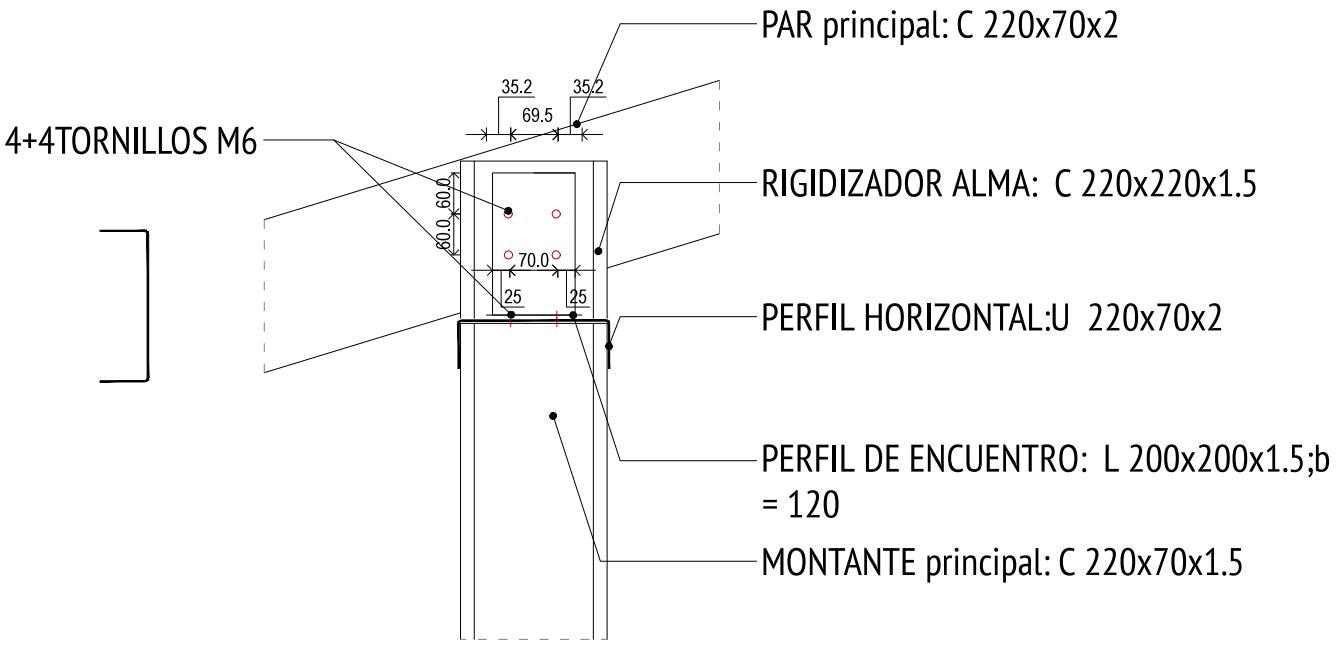
En el caso de utilizar chapas o trozos de perfiles (para realizar empalmes o encuentros con perfiles inclinados) podría ser necesario disponer más.

11. DETALLE ENCUENTRO PAR | CUMBRERA





12.DETALLE ENCUENTRO PAR | PERFIL HORIZONTAL | MONTANTE



MÁSTER EN ESTRUCTURAS DE LA EDIFICACIÓN

M4_2

ESTRUCTURAS DE ACERO DE PEQUEÑO ESPESOR

JUSTIFICACIÓN SOLUCIONES Y UNIONES DE PEQUEÑO ESPESOR

ENTREGA 28/04/2016

ÍNDICE

1. ESTRUCTURA DE ACERO DE PEQUEÑO ESPESOR

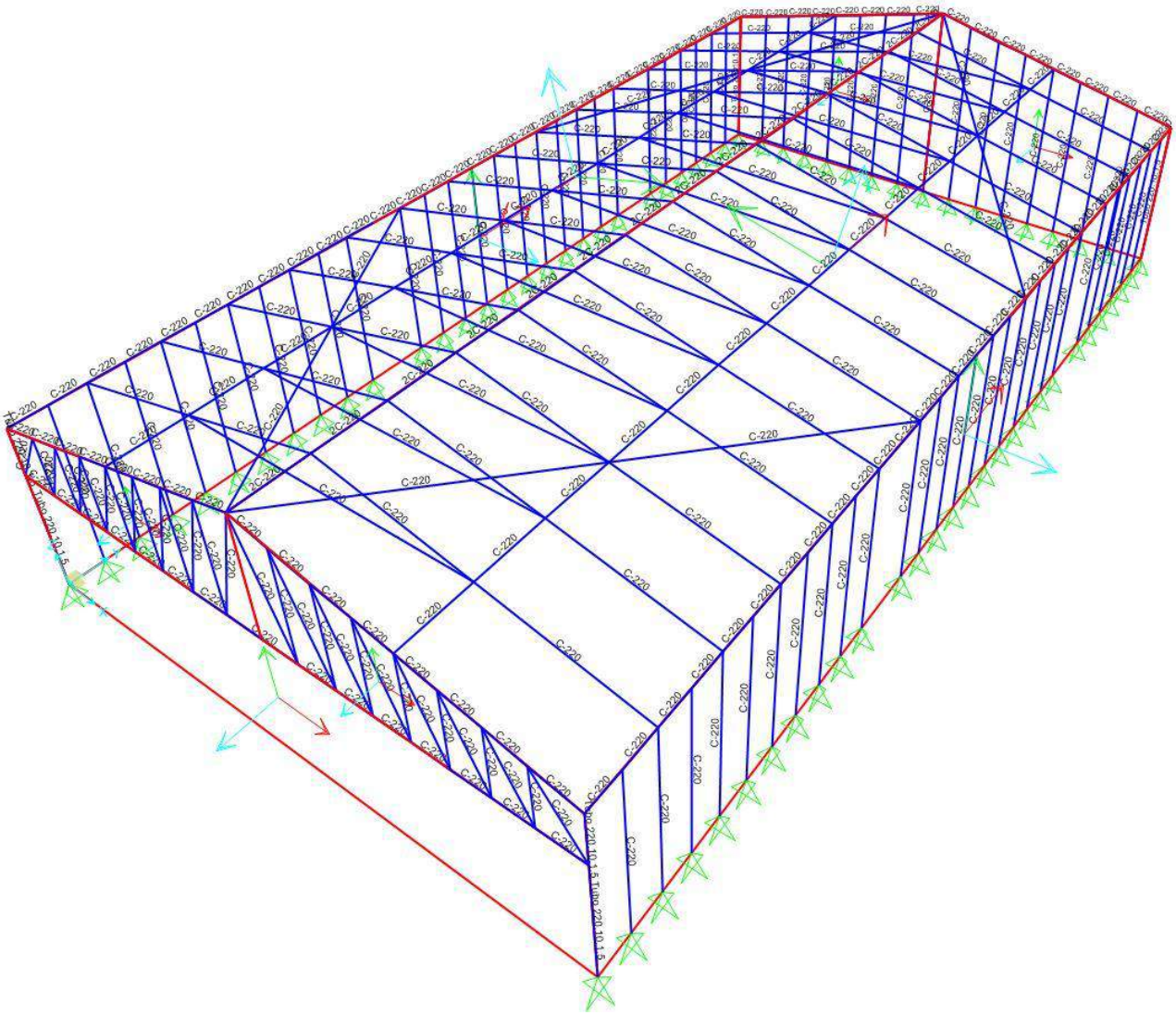
1.1. Materiales
1.2. Cargas consideradas
1.3. Perfiles obtenidos

ANEJO DETALLES CONSTRUCTIVOS

Correa con viga de cumbrera
Correa con soporte

1. ESTRUCTURA DE ACERO DE PEQUEÑO ESPESOR

Se trata de una nave de almacenamiento de 18 metros de largo por 10 metros de ancho, con una altura total de 4,20 metros. La cubierta es ligera y a dos aguas y se compone de pares de cubierta atirantados en la zona central, en uno de los extremos se dispone una cercha para salvaguardar la luz de 10 metros de ancho. Los pórticos compuestos por dos soportes y par de hilera distan 1,20 metros entre sí, tal y como se demuestra en la figura siguiente:



1.1. Materiales

Acero estructural conformado en frío.
F_y = 300 N/mm2
F_u = 360 N/mm2
γ_s = 1,25 (uniones)

Hormigón cimentación
HA-25/B/20/IIa
f_{ck} = 25 N/mm2
γ_c = 1,50

Además de estos materiales estructurales, se usa tornillería, paneles OSB (Virutas de madera orientada) y lana mineral para aislamiento termoacústico.

1.2. Cargas consideradas

Permanente en cubierta:	2,00 kN/m2
Viento:	1,00 kN/m2

1.3. Perfiles obtenidos

Diagrama de momentos de la estructura general

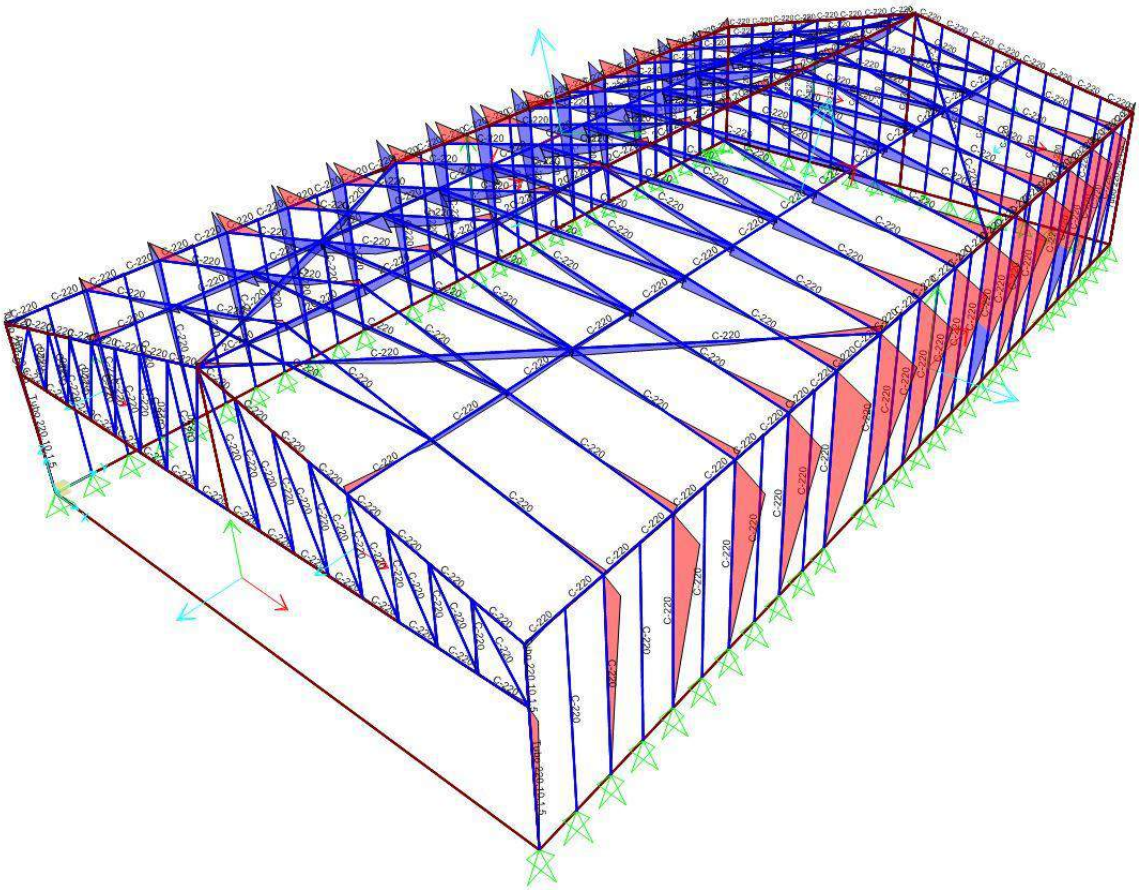


Diagrama de cortante de la estructura general

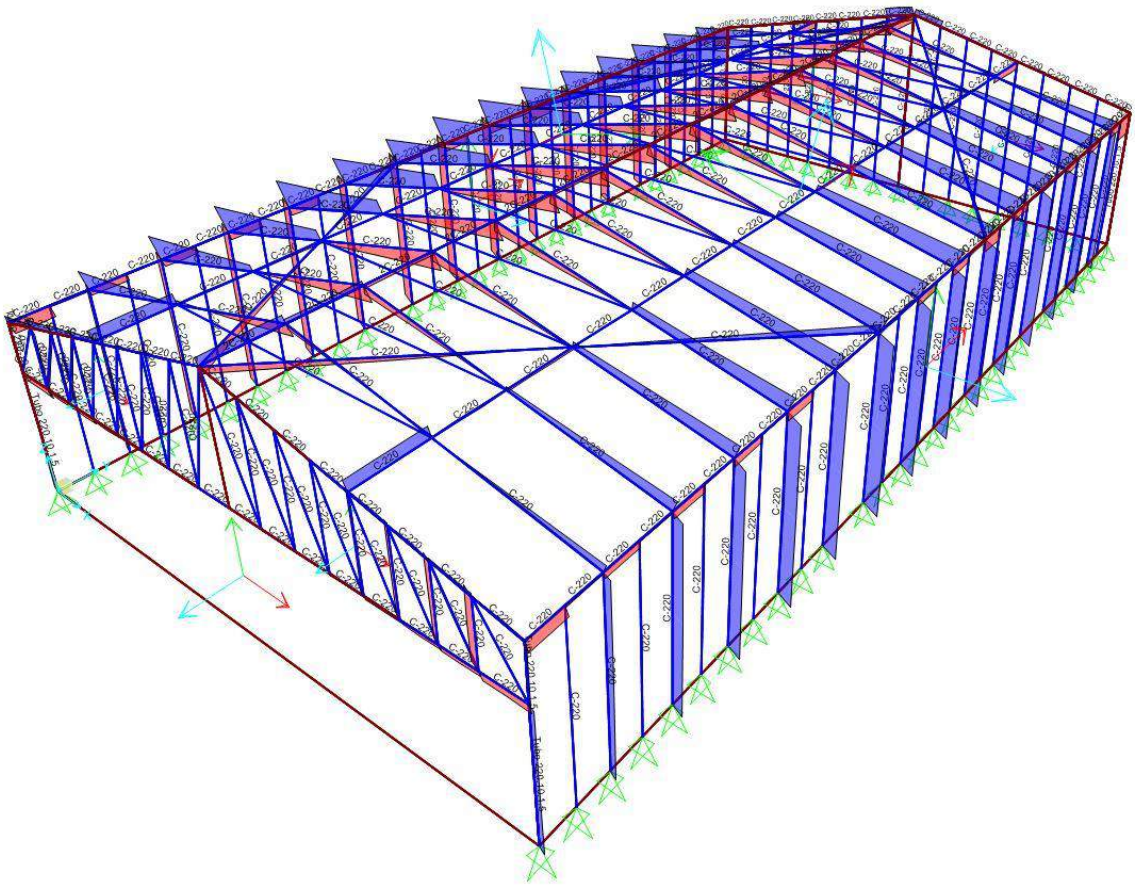
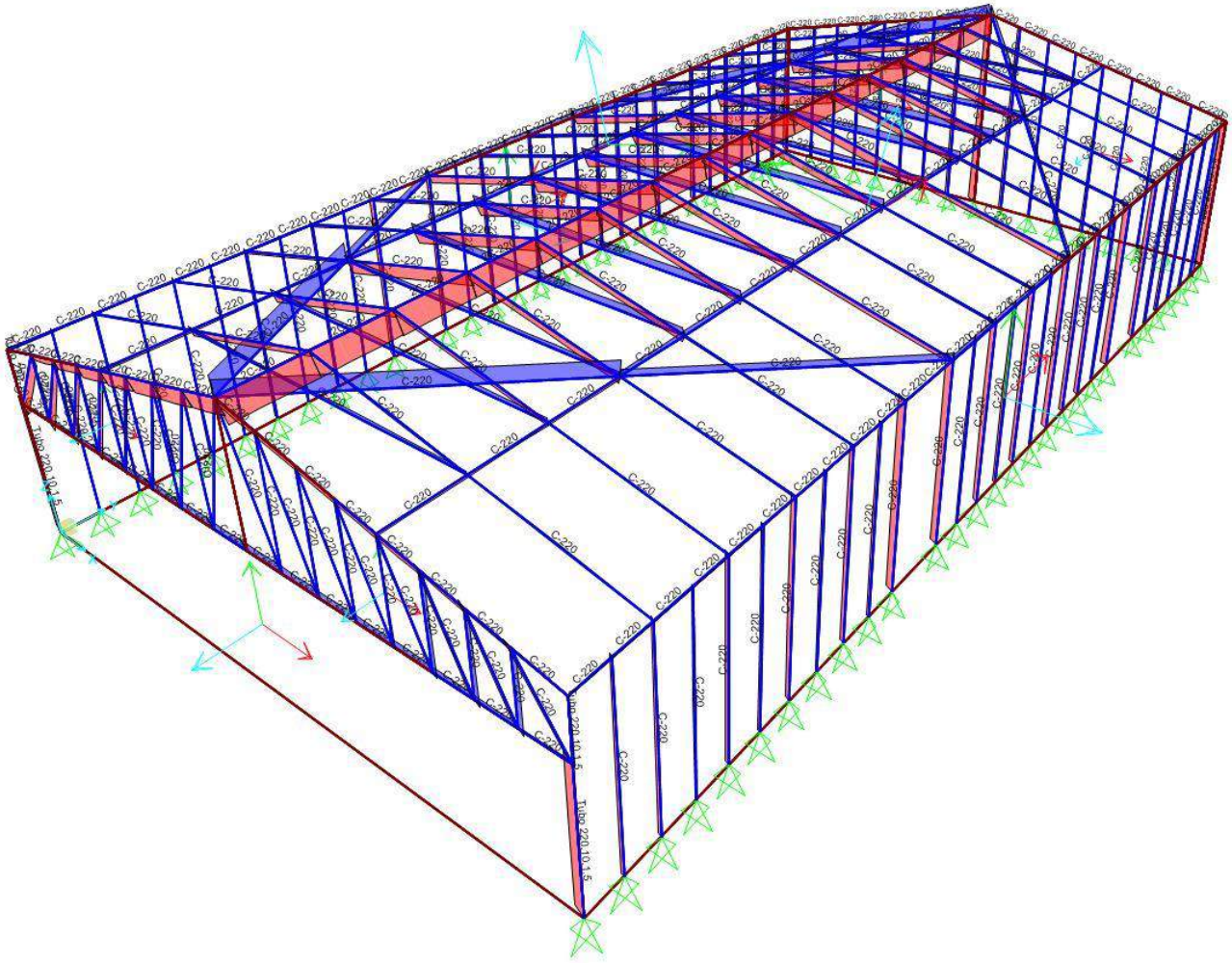


Diagrama de axiles de la estructura general



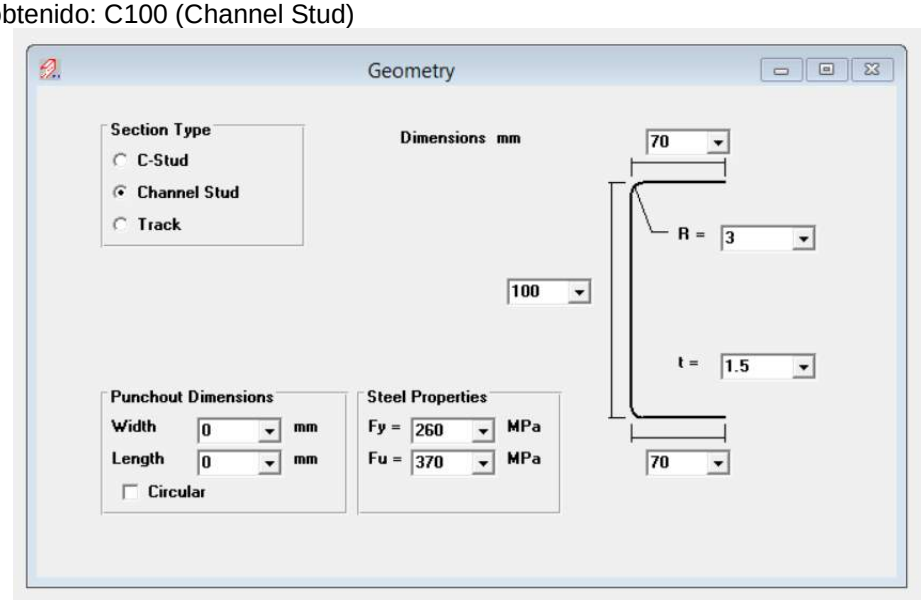
Los valores máximos obtenidos para cada uno de los elementos que se han estudiado han sido los siguientes:
El material para todos los perfiles conformados en frío será acero S 260 NC

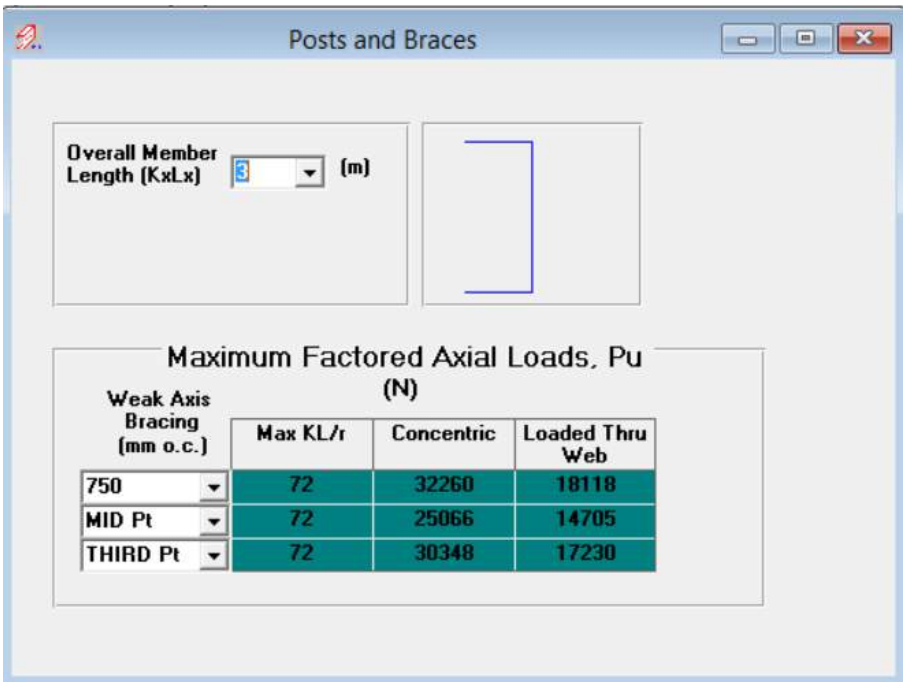
<u>Soporte</u>

Las cabezas de los soportes se considerarán articuladas y no tendrán momento debido a la disposición constructiva, mientras que en los pilares de esquina se considerarán momentos en ambos extremos.

- Axil máximo: 11,3 kN

Perfil obtenido: C100 (Channel Stud)





Los pilares llevarán arriostramientos cada 75 cm, por lo que su capacidad resistente es de 32 kN, siendo superior a la solicitación de 11,3 kN

www.clarkwestern.com

2001 North American Specification w/2004 Supplement LRFD
DATE: 27/04/2016

SECTION DESIGNATION: 600S200-33 Single

INPUT PROPERTIES:

Web Height =	100,00	mm	Steel Thickness =	1,500	mm
Top Flange =	70,00	mm	Inside Corner Radius =	3,000	mm
Bottom Flange =	70,00	mm	Yield Stress, Fy =	260	Mpa
			Fy With Cold-Work, Fya =	260	Mpa

OUTPUT PROPERTIES:

Effective Section Properties, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	60,7	mm
Moment of Inertia for Deflection (Ixx)	467509	mm^4
Section Modulus (Sxx)	7037	mm^ 3
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mnx)	1646,88	N-m

Gross Section Properties of Full Section, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	50,0	mm
Moment of Inertia (Ixx)	611346	mm^4
Cross Sectional Area (A)	350,7	mm^2
Radius of Gyration (Rx)	41,7535	mm

Section Properties, Weak Axis

Gross Neutral Axis (Xcg) From Web Face	21,2715	mm
Gross Moment of Inertia (Iyy)	184394	mm^4
Radius of Gyration (Ry)	22,9310	mm
Effective Section Modulus (Syy)	1407	mm^3
Effective Neutral Axis (Xcg) from Web Face	10,1400	mm
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mny)	329,34	N-m

Other Section Property Data

Member Weight per Foot of Length	26,9922	N/m
Nominal Web Shear Capacity * Phi (Unpunched)	20228	N
Pno * Phi for use in Interaction Equation C5-2	41060	N

Torsional Properties

Dist. from Shear Center to Neutral Axis (Xo)	-49,0617	mm
St. Venant torsion Constant (J x 1000)	263004	mm^4
Warping Constant (Cw)	316403465	mm^6
Radii of Gyration (Ro)	68,3830	mm
Torsional Flexural Constant (Beta)	0,4853	

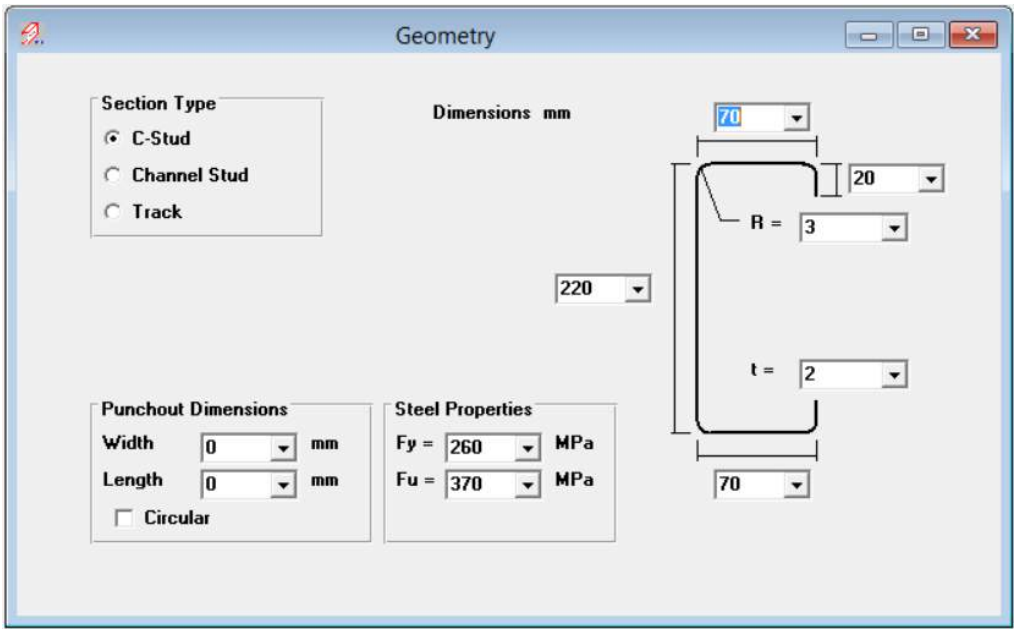
Nominal Web Crippling Loads * Phi (N)

	25,00mm END BRNG		88,00mm INT BRNG	
	Cond 1	Cond 3	Cond 2	Cond 4
Single Member	2283	1715	5762	4094

Correa

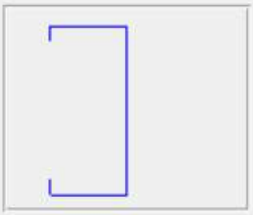
- Momento máximo: 10,15 kN·m
- Axil máximo: 40 kN

Perfil obtenido: C220 (C Stud)



Posts and Braces

Overall Member Length (KxLx) 5.14 (m)



Maximum Factored Axial Loads, Pu (N)

Weak Axis Bracing (mm o.c.)	Max KL/r	Concentric	Loaded Thru Web
1000	61	98291	45860
MID Pt	102	70758	37596
THIRD Pt	68	89464	44231

www.clarkwestern.com

2001 North American Specification w/2004 Supplement LRFD
DATE: 27/04/2016

SECTION DESIGNATION: 600S200-33 Single

INPUT PROPERTIES:

Web Height =	220,00	mm	Steel Thickness =	2,000	mm
Top Flange =	70,00	mm	Inside Corner Radius =	3,000	mm
Bottom Flange =	70,00	mm	Yield Stress, Fy =	260	Mpa
Stiffening Lip =	20,00	mm	Fy With Cold-Work, Fya =	260	Mpa

OUTPUT PROPERTIES:

Effective Section Properties, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	111,2	mm
Moment of Inertia for Deflection (Ixx)	5547840	mm^4
Section Modulus (Sxx)	49094	mm^ 3
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mnx)	12127,45	N-m

Gross Section Properties of Full Section, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	110,0	mm
Moment of Inertia (Ixx)	5547840	mm^4
Cross Sectional Area (A)	770,3	mm^2
Radius of Gyration (Rx)	84,8676	mm

Section Properties, Weak Axis

Gross Neutral Axis (Xcg) From Web Face	19,1094	mm
Gross Moment of Inertia (Iyy)	485629	mm^4
Radius of Gyration (Ry)	25,1091	mm
Effective Section Modulus (Syy)	9036	mm^3
Effective Neutral Axis (Xcg) from Web Face	24,3451	mm
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mny)	2232,00	N-m

Other Section Property Data

Member Weight per Foot of Length	59,2895	N/m
Nominal Web Shear Capacity * Phi (Unpunched)	35532	N
Pno * Phi for use in Interaction Equation C5-2	114718	N

Torsional Properties

Dist. from Shear Center to Neutral Axis (Xo)	-48,8699	mm
St. Venant torsion Constant (J x 1000)	1027020	mm^4
Warping Constant (Cw)	4766374959	mm^6
Radii of Gyration (Ro)	101,1002	mm
Torsional Flexural Constant (Beta)	0,7663	

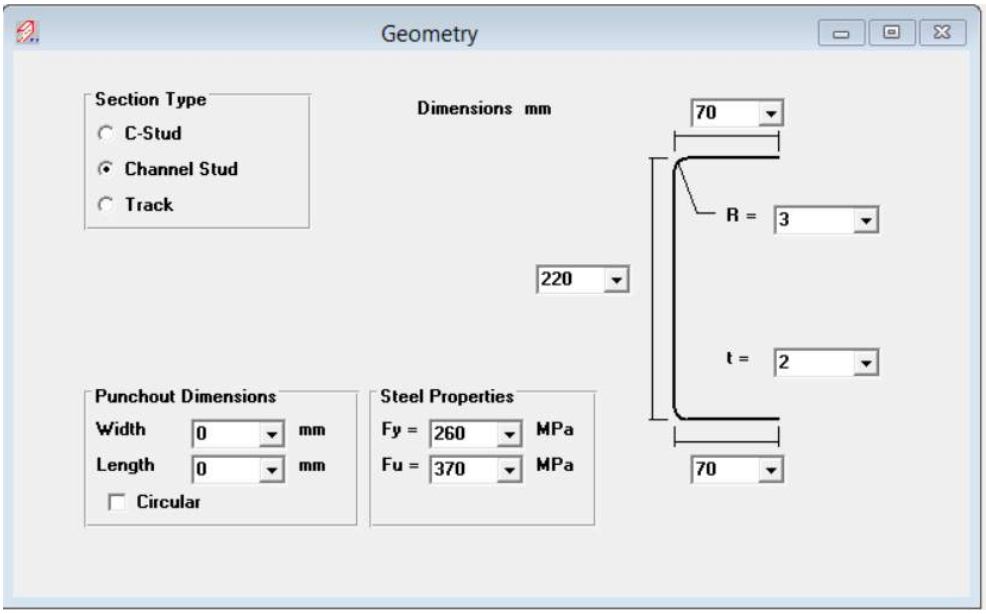
Nominal Web Crippling Loads * Phi (N)

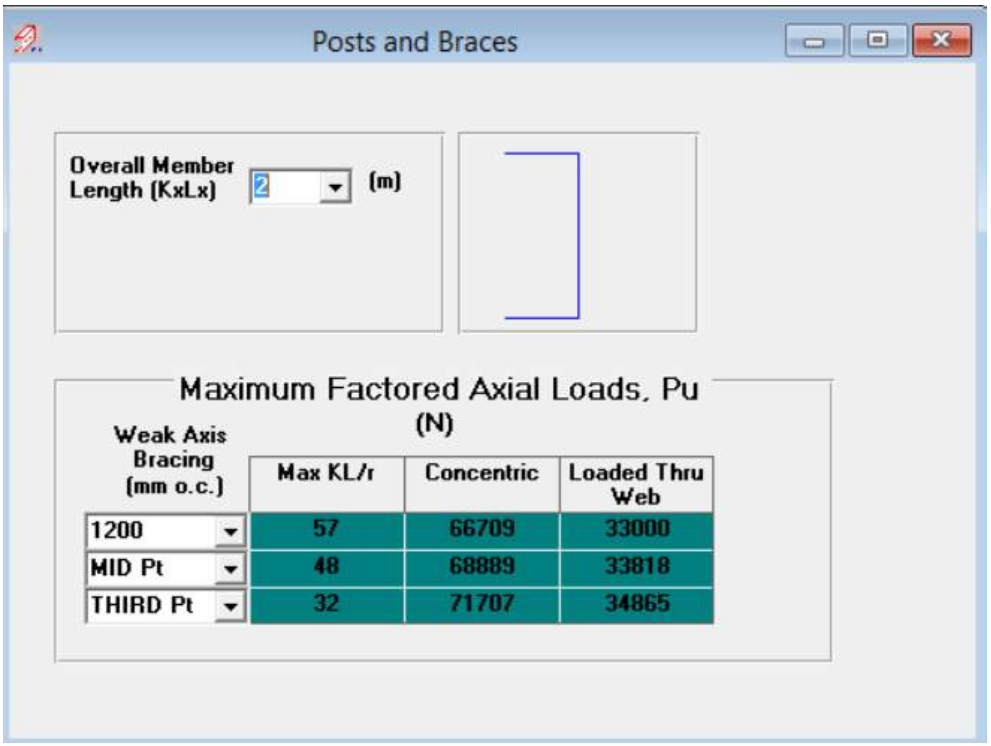
	25,00mm END BRNG		88,00mm INT BRNG	
	Cond 1	Cond 3	Cond 2	Cond 4
Single Member	5211	4328	15129	16203

Viga cumbrera

- Axil máximo: 89 kN se divide entre los dos perfiles de la cumbrera, cada uno estará solicitado por 44,5 kN

  Perfil obtenido: C 220 (Channel Stud)





www.clarkwestern.com

2001 North American Specification w/2004 Supplement LRFD
DATE: 27/04/2016

SECTION DESIGNATION: 600S200-33 Single

INPUT PROPERTIES:

Web Height =	220,00	mm	Steel Thickness =	2,000	mm
Top Flange =	70,00	mm	Inside Corner Radius =	3,000	mm
Bottom Flange =	70,00	mm	Yield Stress, Fy =	260	Mpa
			Fy With Cold-Work, Fya =	260	Mpa

OUTPUT PROPERTIES:

Effective Section Properties, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	121,7	mm
Moment of Inertia for Deflection (Ixx)	4272003	mm^4
Section Modulus (Sxx)	33041	mm^ 3
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mnx)	7732,33	N-m

Gross Section Properties of Full Section, Strong Axis

Neutral Axis from Top Fiber (Ycg)	110,0	mm
Moment of Inertia (Ixx)	4923259	mm^4
Cross Sectional Area (A)	705,1	mm^2
Radius of Gyration (Rx)	83,5586	mm

Section Properties, Weak Axis

Gross Neutral Axis (Xcg) From Web Face	14,5102	mm
Gross Moment of Inertia (Iyy)	309275	mm^4
Radius of Gyration (Ry)	20,9429	mm
Effective Section Modulus (Syy)	2421	mm^3
Effective Neutral Axis (Xcg) from Web Face	7,5522	mm
Nominal Flexural Strength * Phi (Phi*Mny)	566,48	N-m

Other Section Property Data

Member Weight per Foot of Length	54,2761	N/m
Nominal Web Shear Capacity * Phi (Unpunched)	35532	N
Pno * Phi for use in Interaction Equation C5-2	74504	N

Torsional Properties

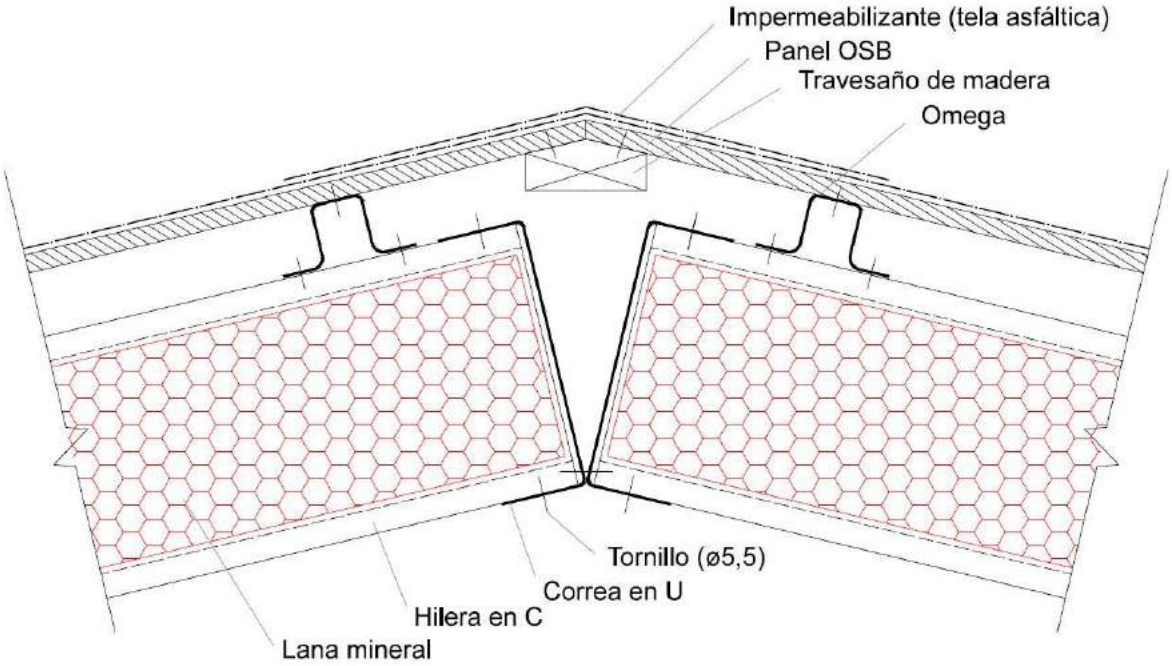
Dist. from Shear Center to Neutral Axis (Xo)	-36,4891	mm
St. Venant torsion Constant (J x 1000)	940177	mm^4
Warping Constant (Cw)	2638609940	mm^6
Radii of Gyration (Ro)	93,5526	mm
Torsional Flexural Constant (Beta)	0,8479	

Nominal Web Crippling Loads * Phi (N)

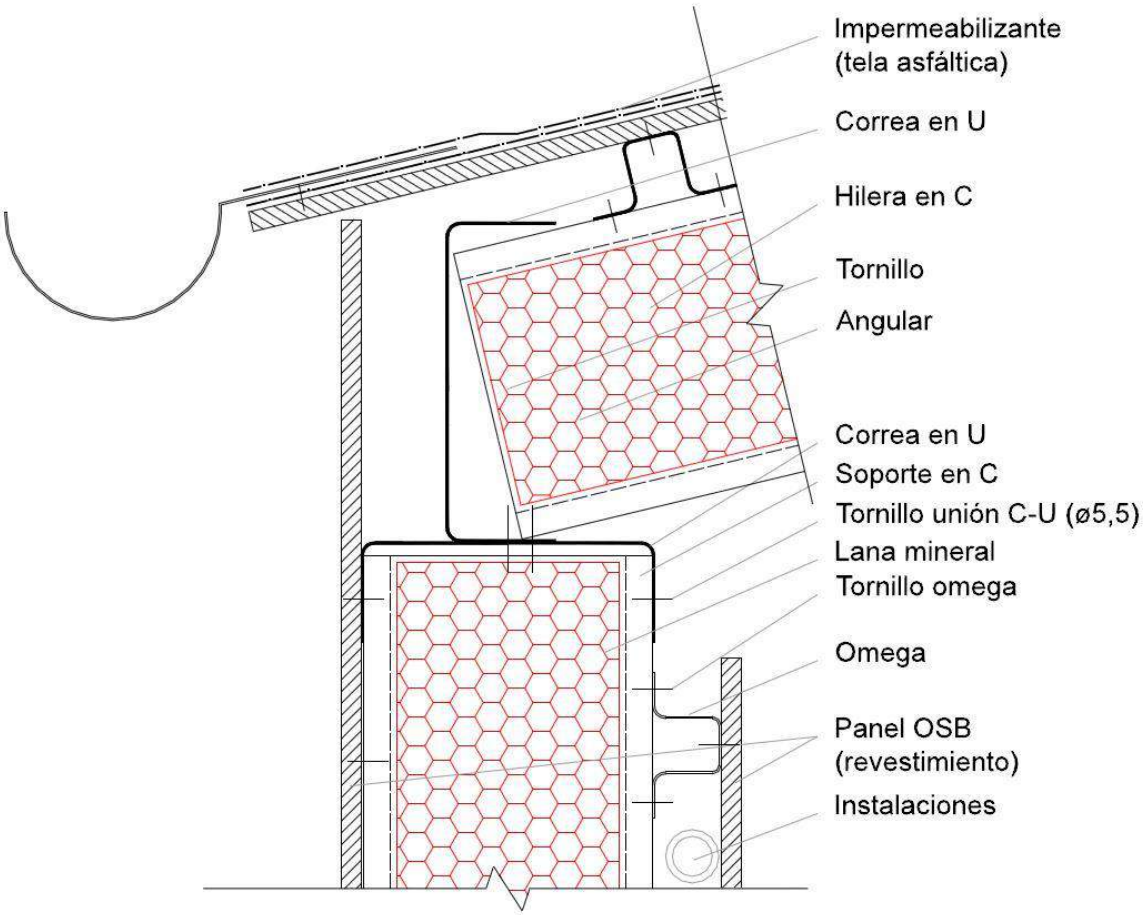
	25,00mm END BRNG		88,00mm INT BRNG	
	Cond 1	Cond 3	Cond 2	Cond 4
Single Member	3899	2796	10432	7200

ANEJO DETALLES CONSTRUCTIVOS

Unión correa con viga de cumbrera
Se detalla la solución de encuentro de las correas de par de hilera con la cumbrera del edificio.

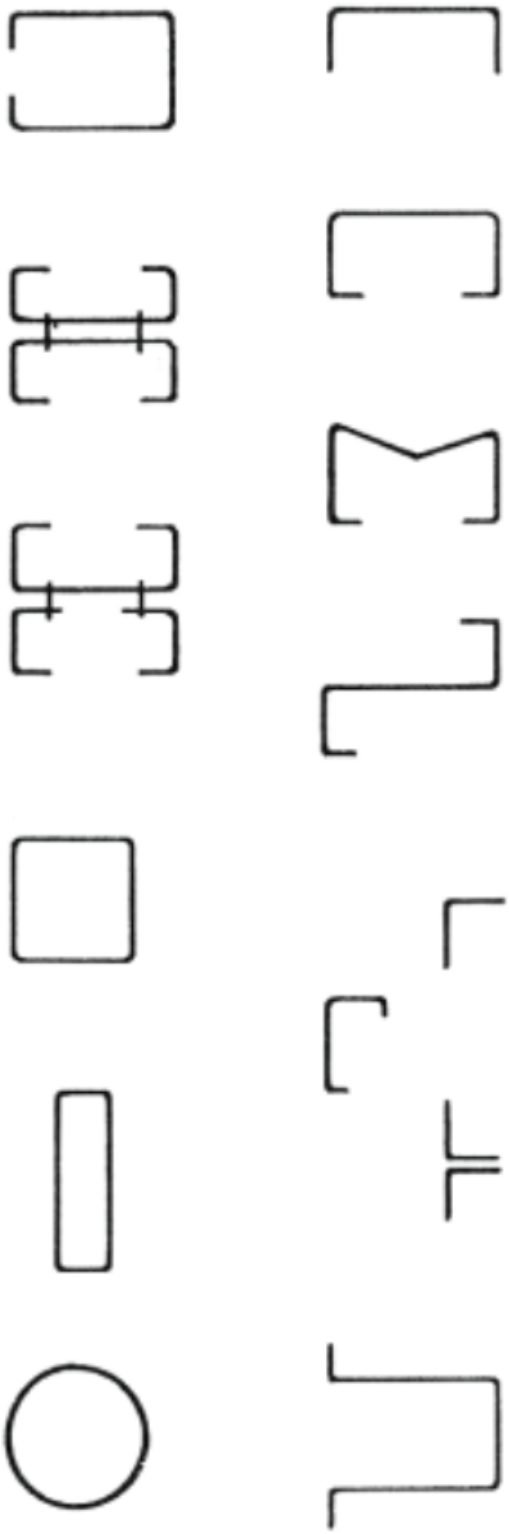


1.4. Unión correa con soporte
Se detalla la solución de encuentro de las correas de par de hilera con los soportes del edificio.



M4_2. Estructuras de perfiles de acero de pequeño espesor

PRÁCTICA DE CURSO

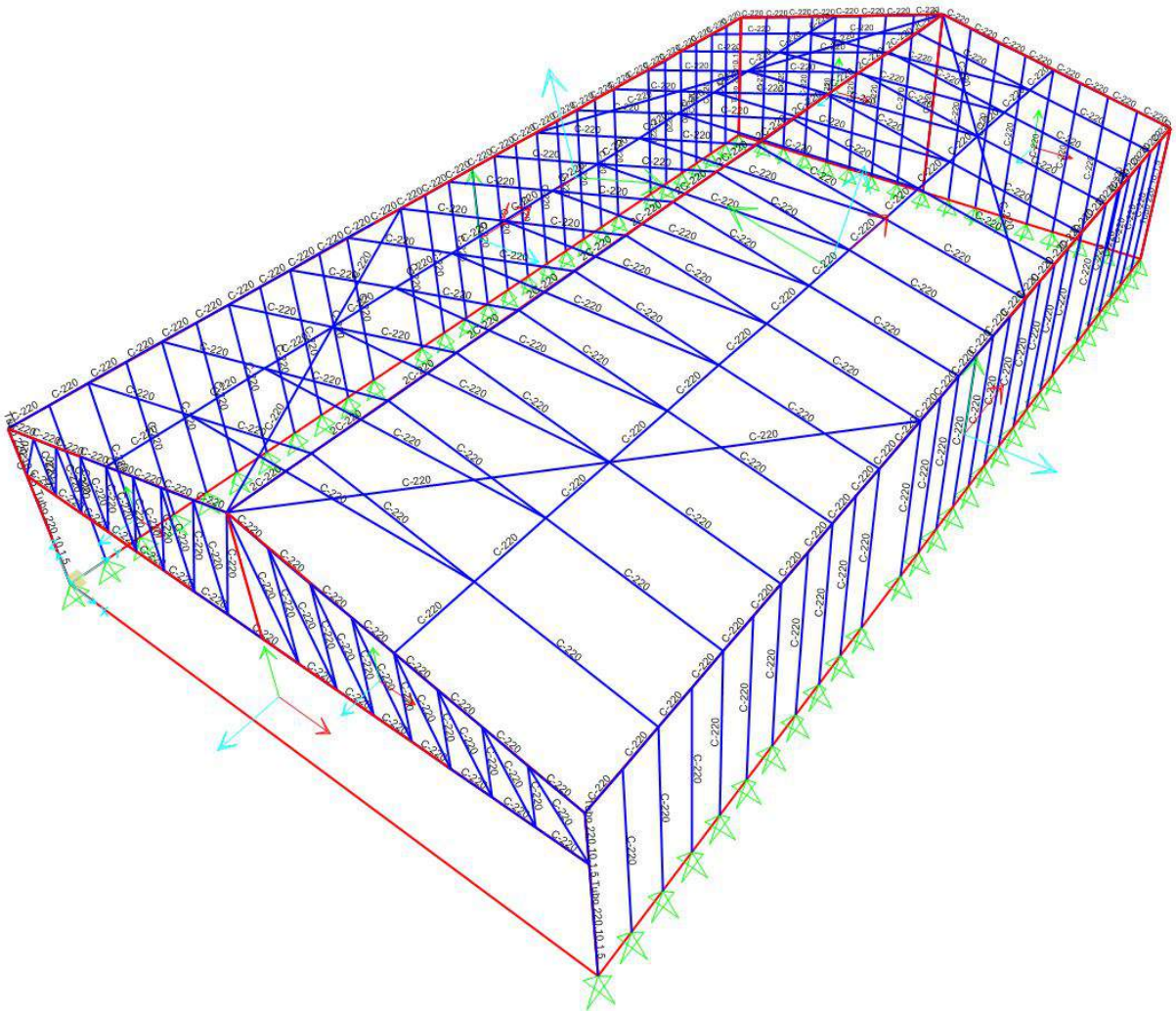


ÍNDICE

	Pág.
1. ESTRUCTURA.	3
1.1. Materiales.	3
1.2. Cargas consideradas.	3
1.3. Perfiles obtenidos.	4
Anejo I. Detalles constructivos.	8

1. ESTUCTURA.

Nos encontramos ante una nave de almacenamiento, cuyas dimensiones son: 18m de largo, 10m de ancho y altura libre de 4,20m. La cubierta ligera, a dos aguas, está atirantada a media altura de las hileras. En una de las fachadas cortas se dispone de una cercha para salvaguardar la luz de 10m para el acceso al edificio. Cada pórtico compuesto por soportes y par de hileras, se equidistan cada 1,20m, tal y como se muestra en la figura siguiente:



1.1. Materiales.

Acero estructural conformado en frío	Hormigón cimentación
fy = 260 N/mm2	HA-25/B/20/IIa
fu = 370 N/mm2	fck = 25N/mm2
γs = 1,05	γc = 1,50
γs = 1,25 (uniones)	

Además de estos materiales estructurales, se han usado: tornillería, paneles OSB (revestimiento interior y esterior), lana mineral (aislamiento termoacústico).

1.2. Cargas consideradas.

Permanente en cubierta:	2,00 kN/m2
Viento:	1,00 kN/m2

1.3. Perfiles obtenidos.

Diagrama de momentos de la estructura general:

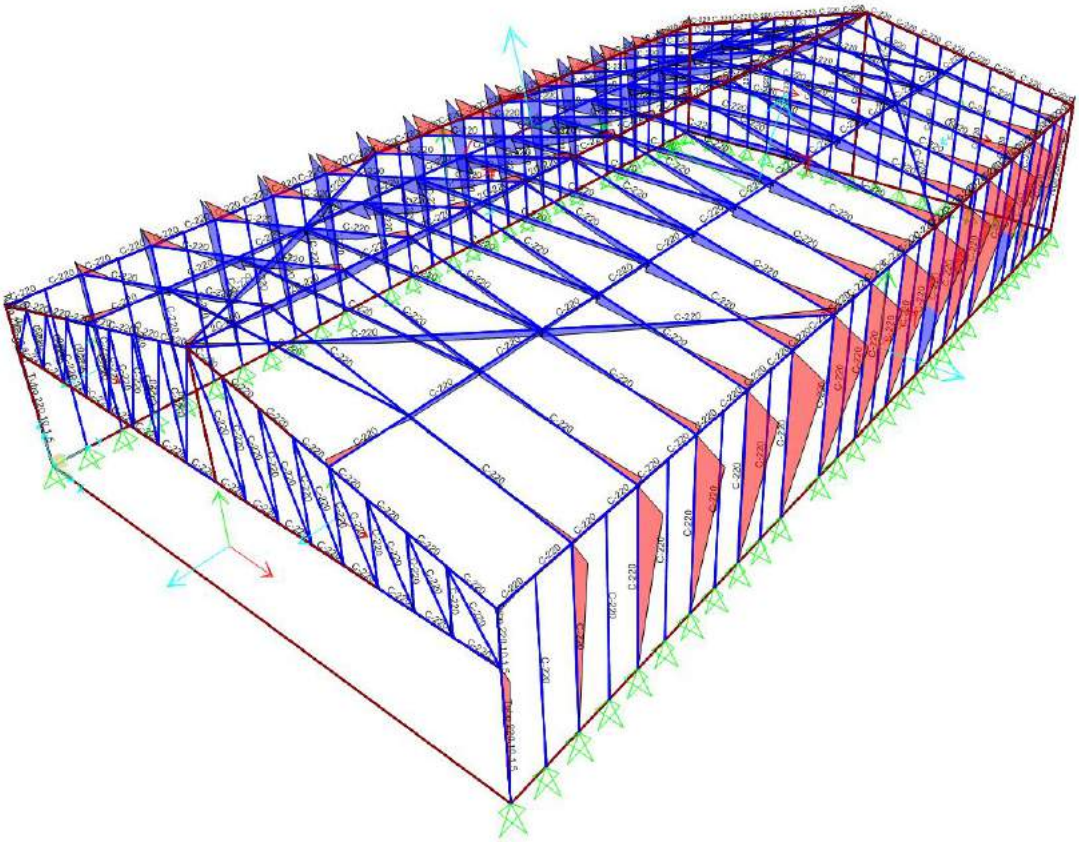


Diagrama de cortantes de la estructura general:

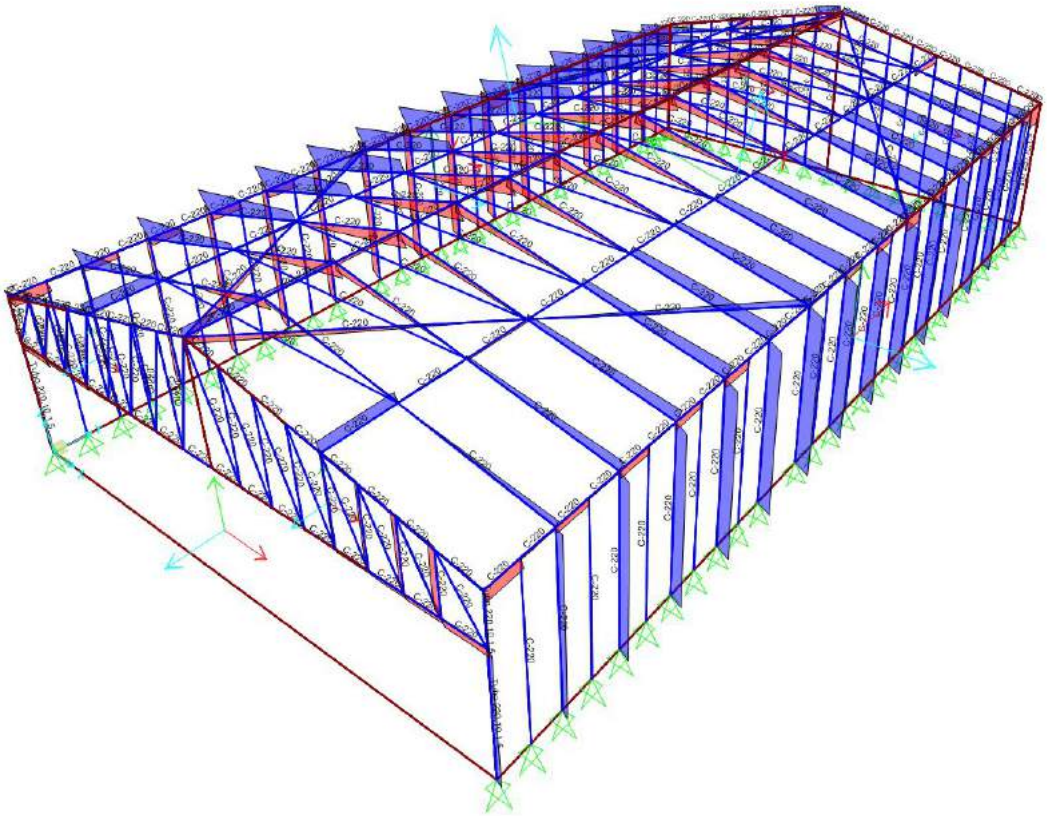
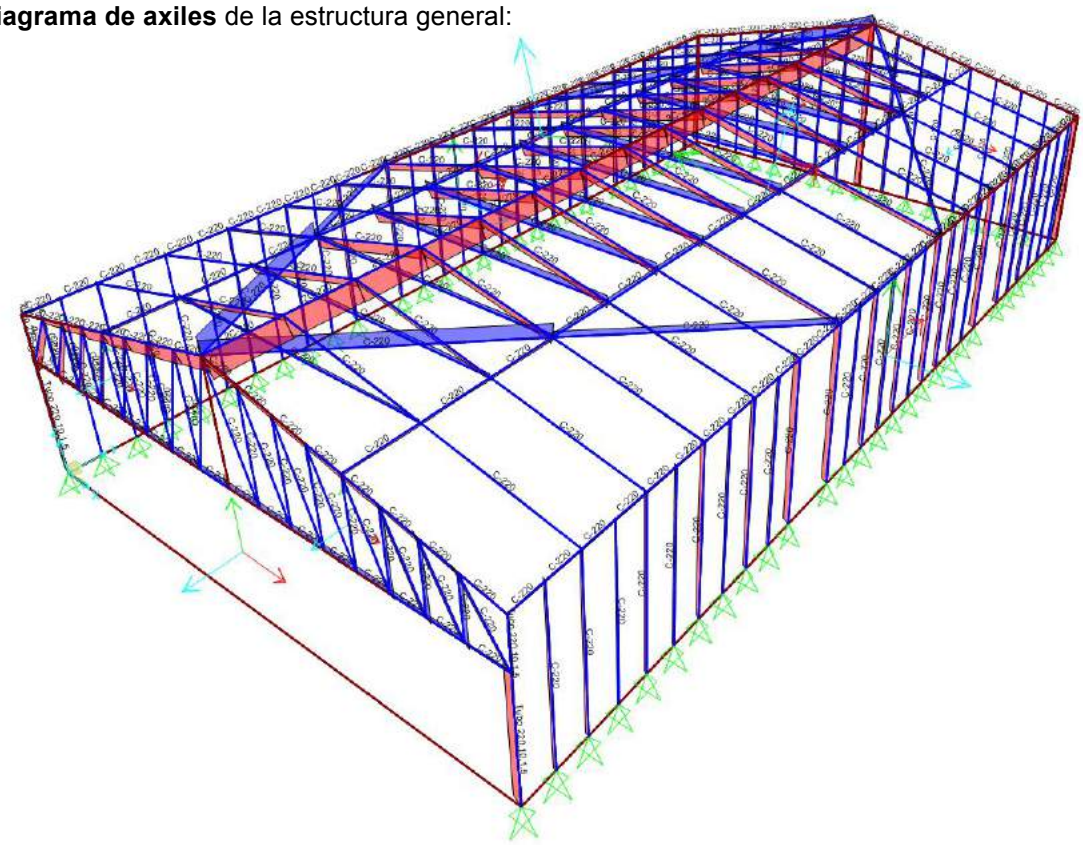


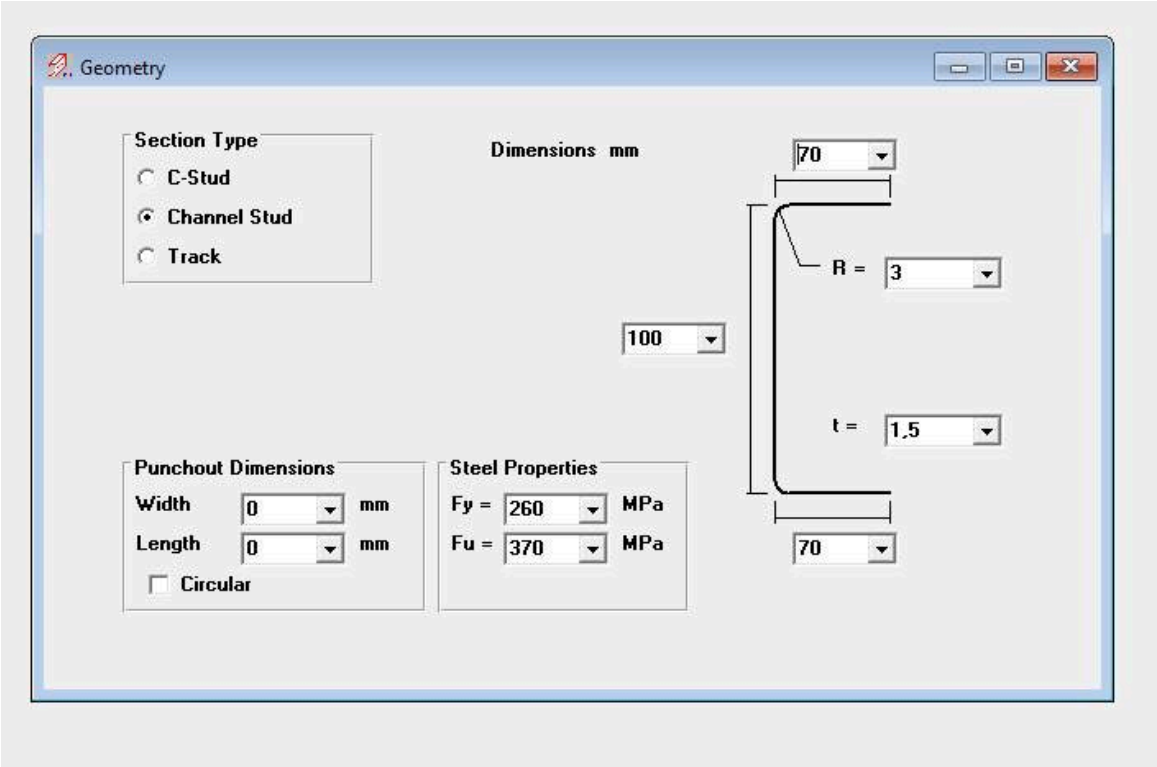
Diagrama de axiles de la estructura general:



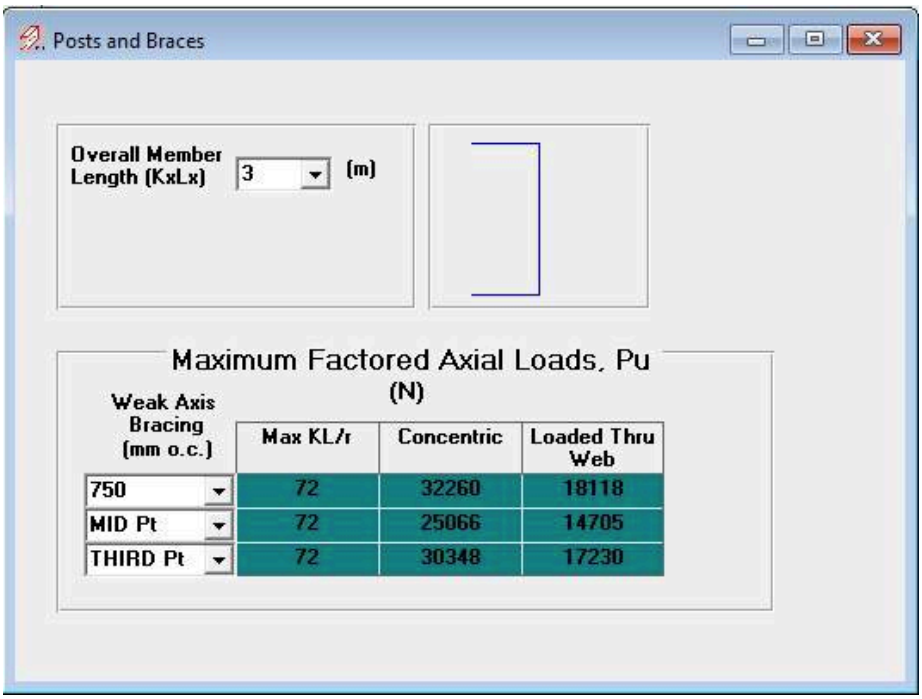
Los valores máximos obtenidos para cada uno de los elementos estudiados (soporte, correa y cumbrera) son los siguientes:

SOPORTE

Se supone articulado en los extremos superiores, por lo que el soporte únicamente trabajará a axil.
El axil de dimensionado es de 11,3 kN. Se adopta un perfil con las siguientes dimensiones (Perfil en U):

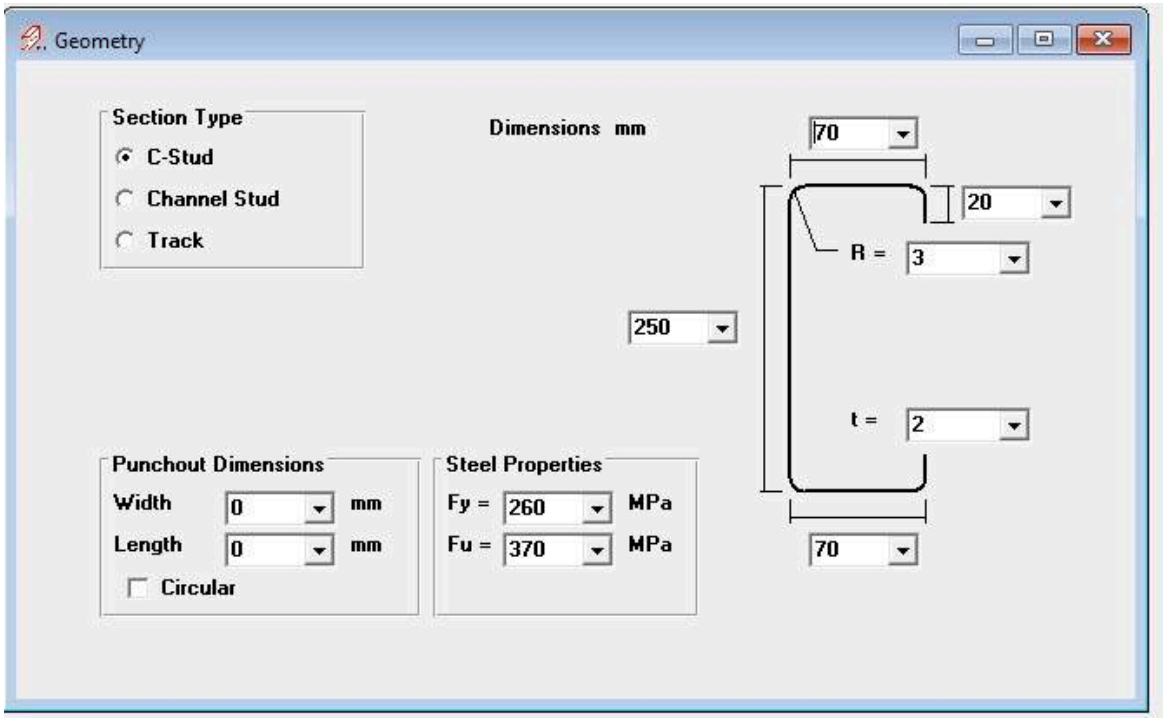


La carga máxima que admite el perfil con estas dimensiones por pandeo es de 32 kN, suponiendo un arriostramiento cada 75 cm.



CORREA

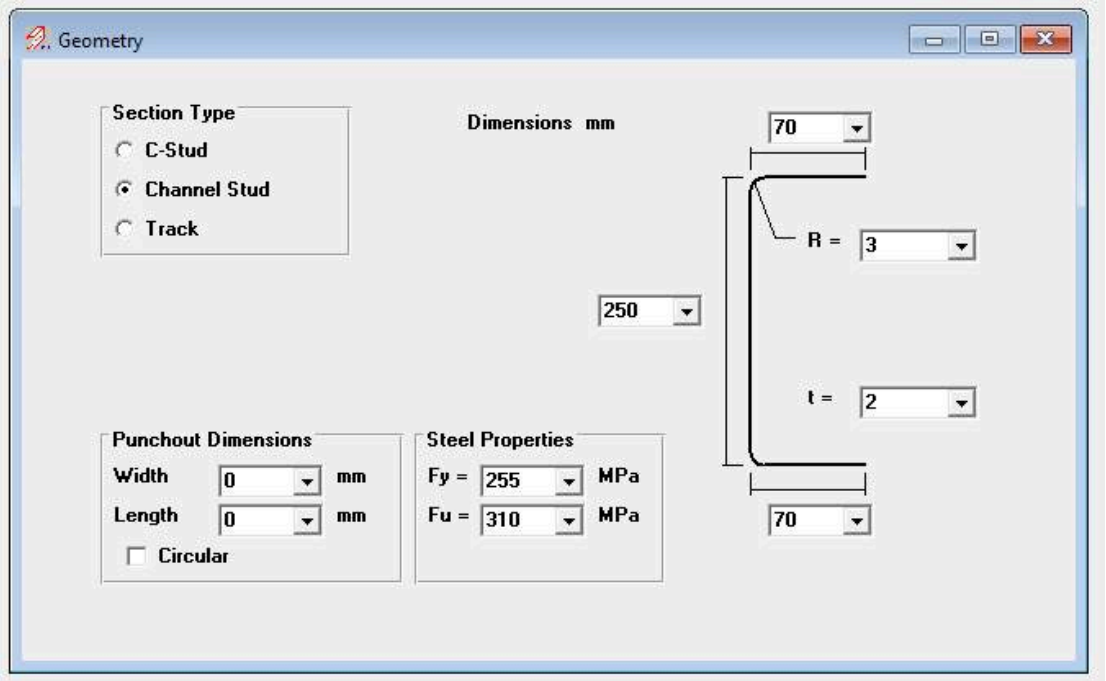
La correa trabaja a flexocompresión. Las solicitaciones de cálculo de la correa son de 10,15 kNm de momento y 40 kN de compresión. La luz de las correas es de 5,15 metros. Se adoptan las siguientes dimensiones de correa (Perfil C):



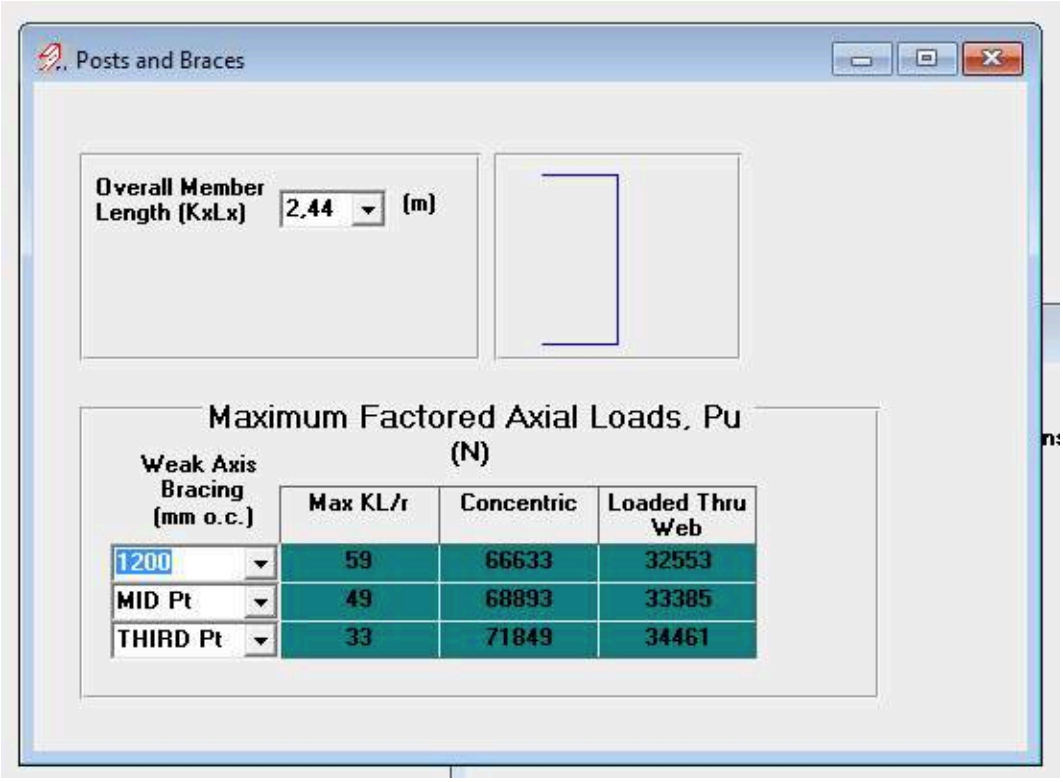
El área del perfil es de 830,3 mm2 y el módulo resistente es de 58517 mm3.
Con estas solicitaciones, la tensión del perfil no supera los 260 N/mm2 del límite elástico, por lo que es válido.

CUMBRERA

Compuesta por dos perfiles en C. Trabajan a compresión, con un esfuerzo de 89 kN. Se adopta el siguiente perfil:



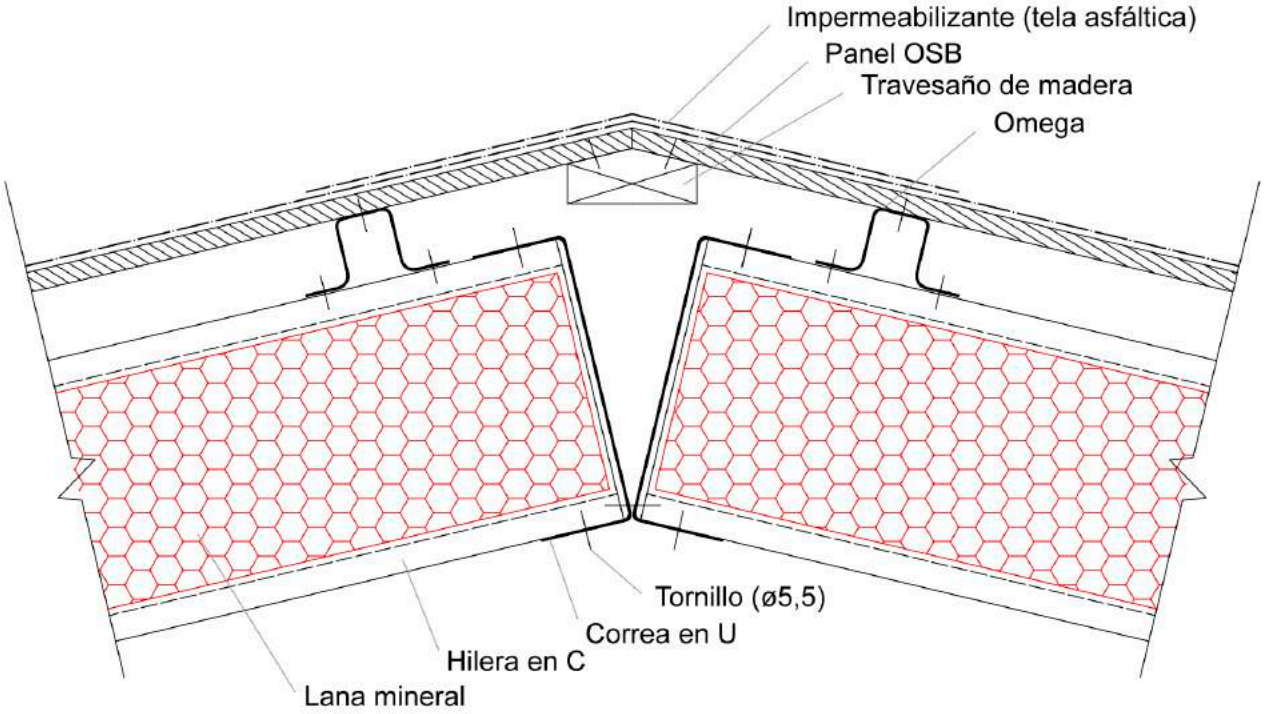
A compresión, soporta una carga de: (cada uno de los perfiles en C)



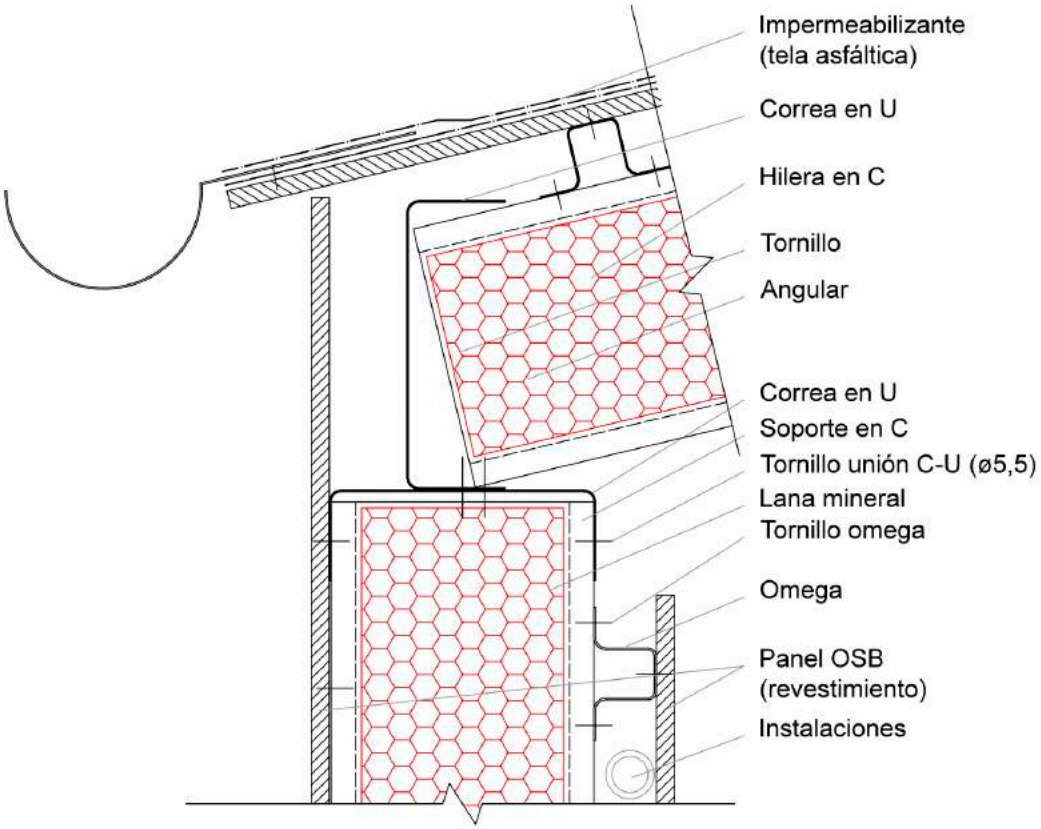
Weak Axis Bracing (mm o.c.)	Max KL/r	Concentric	Loaded Thru Web
1200	59	66633	32553
MID Pt	49	68893	33385
THIRD Pt	33	71849	34461

Anejo I. Detalles constructivos.

Detalle cumbrera



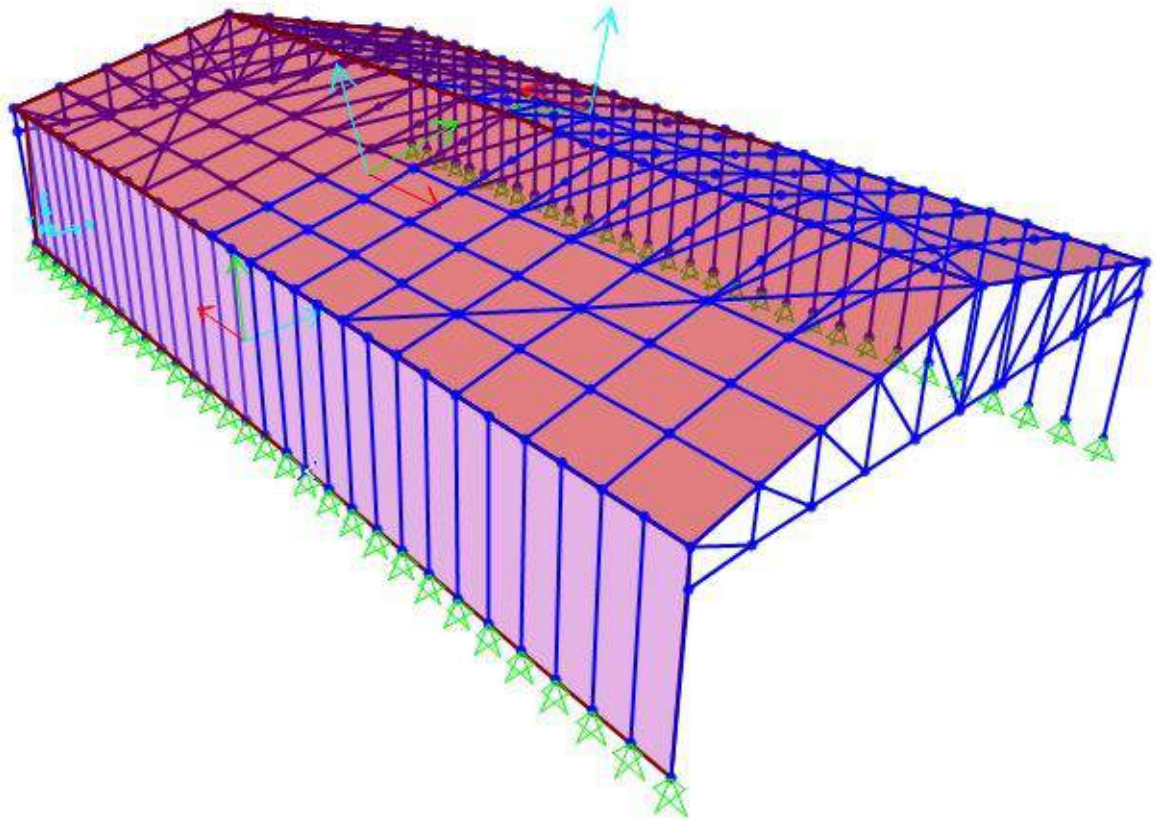
Detalle correa



Estructura de Perfiles de Pequeño Espesor / PREDIMENSIONAMIENTO

Descripción estructura

Nave porticada con pórticos principales completos cada 1,20 metros, y pilares cada 60 cm



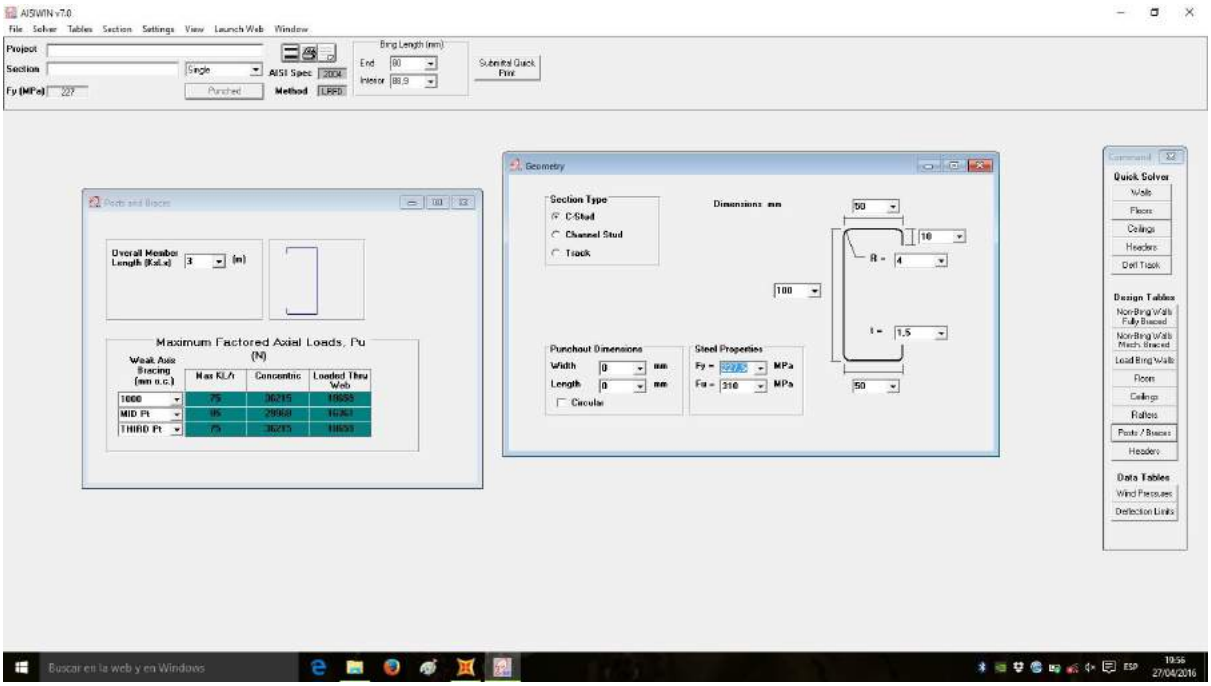
Cargas consideradas

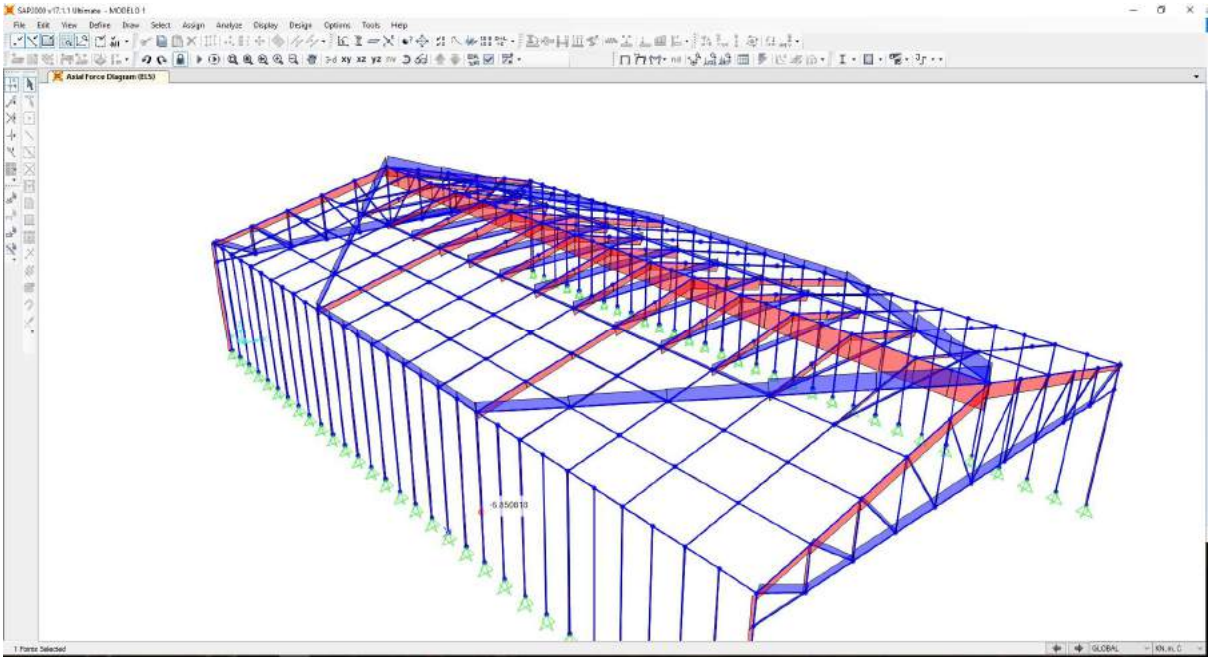
Cargas Permanentes: 1 kN/m2
Carga de Uso G1: 0,4 kN/m2 (mantenimiento en cubiertas ligeras sobre correas, sin forjado)
Cargas de viento: 0,5 kN/m2 en fachada lateral / despreciables en cubierta (15º)

Pilares de perímetro

Se colocan en el perímetro perfiles de 4 metros de longitud/altura distanciados 60 cm entre sí, pero sólo 1 de cada 2 formando parte de un pórtico (cada 1,2 metros entre sí).

Para estos elementos se selecciona una sección C100; de 10 cm de longitud cuya resistencia calculada con el programa AISIWIN es de 36 kN siendo arriostradas las barras cada metro, el mayor esfuerzo al que se someterán estas barras calculado en el programa de elementos finitos SAP responde al valor de 7 kN; por lo tanto está sección responde favorablemente a las condiciones a las que va a estar condicionada.

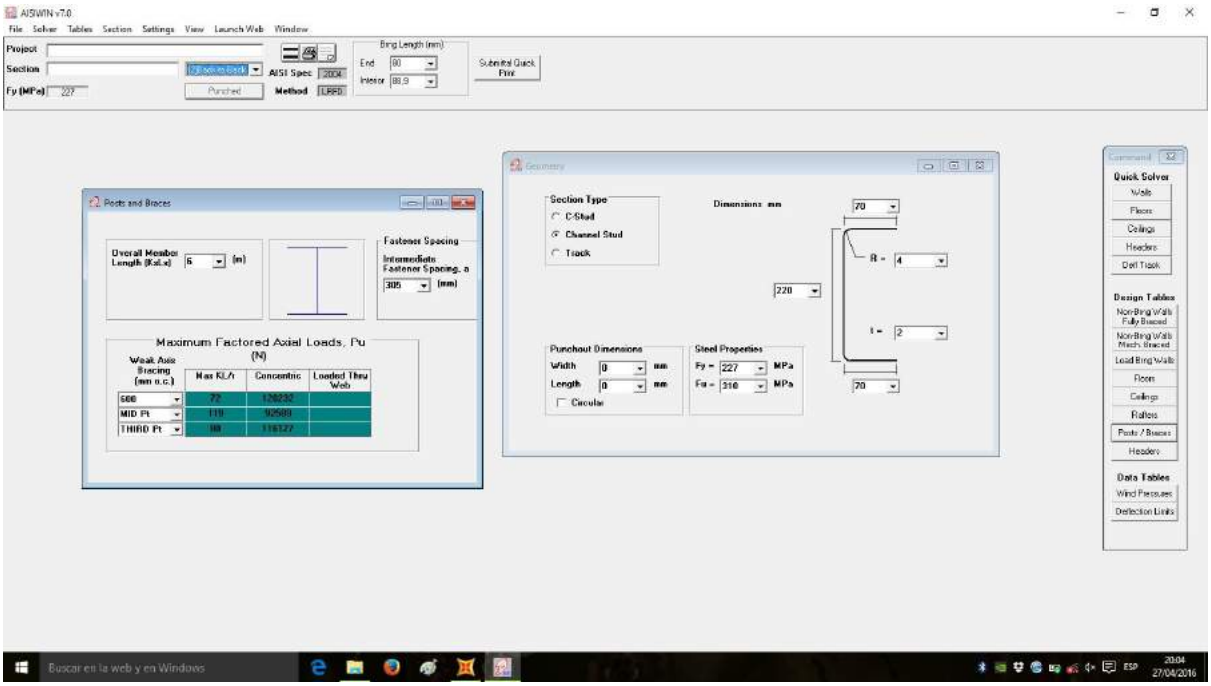


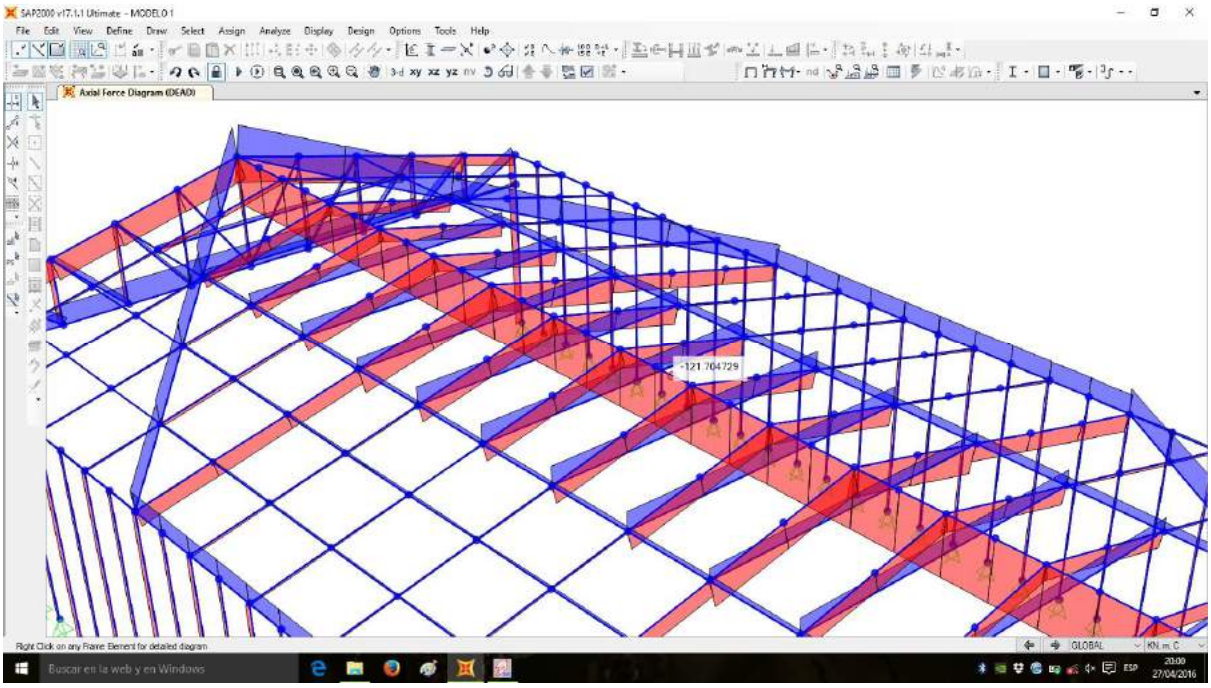


Cumbrera

Se conforma una sección back to back compuesta por 2 U220 con una longitud de 6 m, arriostradas cada 1200 mm por las correas dando una capacidad de resistencia a compresión de 59,8 kN calculada como single y de 120,23 kN calculada como back yo back.

La cumbrera debe soportar una carga de 121 kN obtenidos con el programa de cálculo. El resultado se da por válido por lo comentado en clase respecto al extra de rigidización que aportan los rastreles, tablero OSB, etc. La capacidad resistente máxima obtenida en el programa es de 14 kNm ante una solicitación de 10 kN.

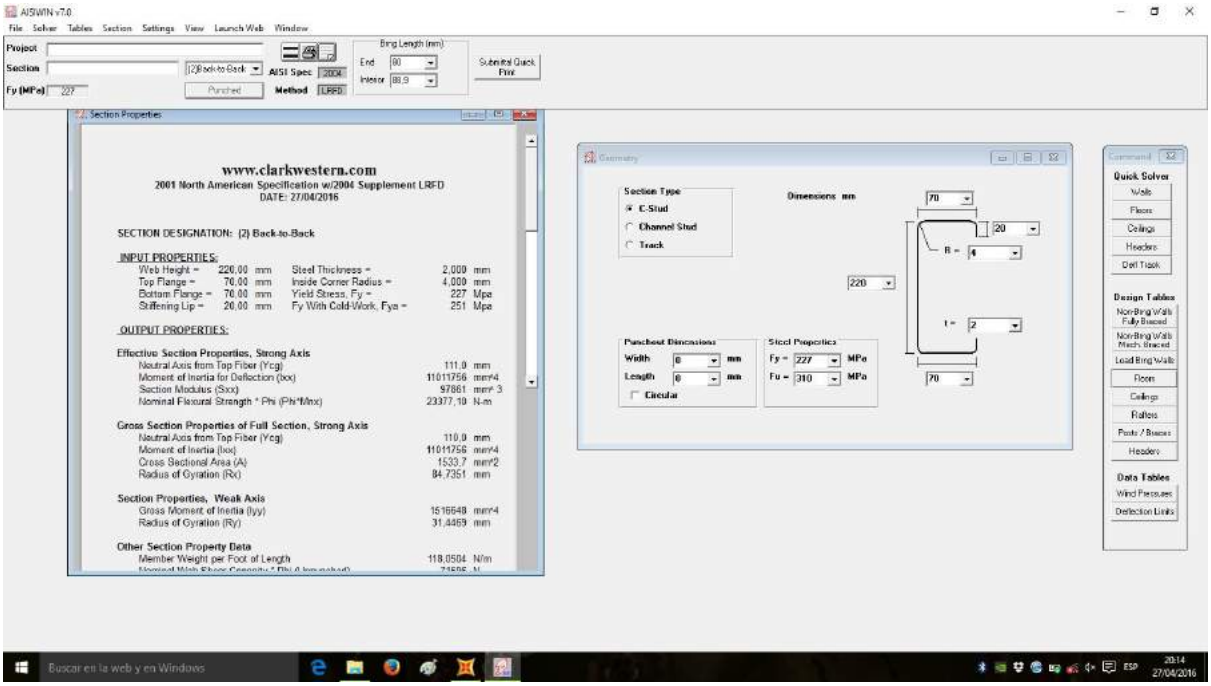


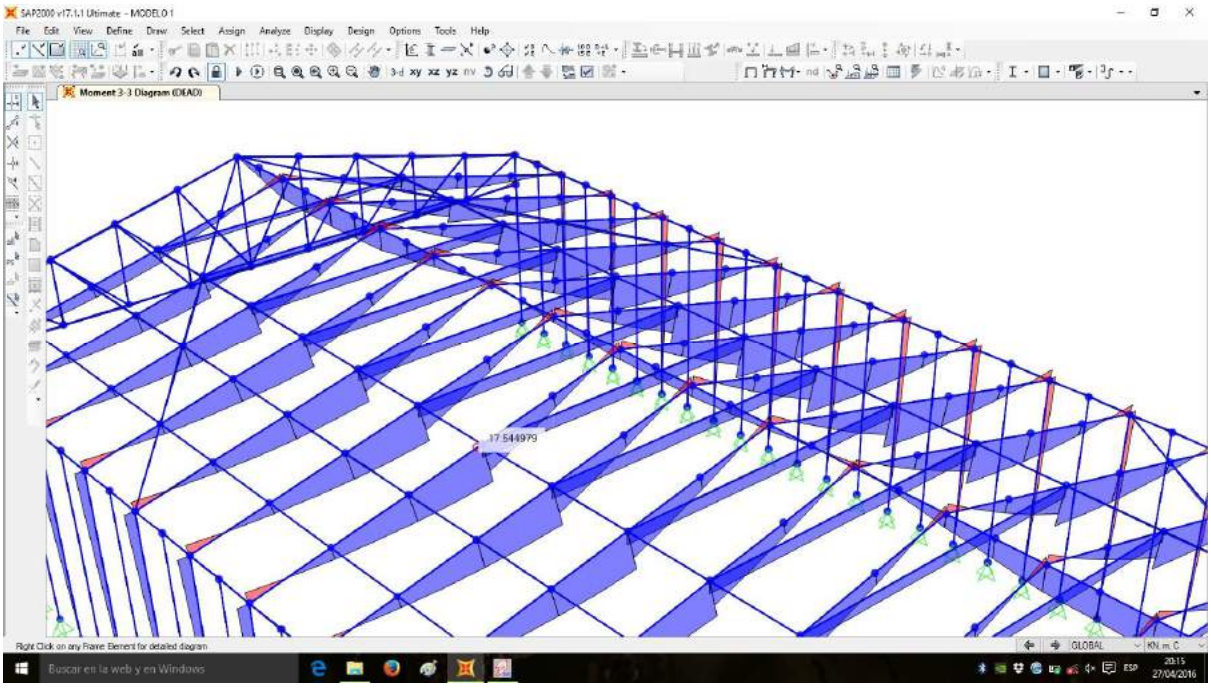


Correa

Se colocan correas con sección C220 para facilitar la unión con las piezas de cumbrera U220.

A través del programa AISIWIN se extraen los valores reales con los que calcular la eficacia de las secciones escogidas resultando una máxima resistencia a flexión de 23,4 kNm, siendo suficiente para resistir el valor de 17 kNm obtenido en el programa de elementos finitos.





Uniones:

El punto clave de la unión es la unión del pilar con la correa a nivel de pórtico. Se diseña la pieza y se calcula su capacidad de transmisión de momentos.

El límite lo debe marcar la capacidad de la chapa de absorber el cortante (debe fracasar la chapa y no el tornillo autoroscante, para que la estructura sea dúctil). Dado que se toman espesores de 2mm para las correas, y 1,5 para el resto de elementos en la unión de arranque de la correa, el límite por tornillo de diámetro 5mm será

$F_{brd} = K_1 \alpha_b f_u d t_w / \gamma_{m2}$ = 6,45 kN

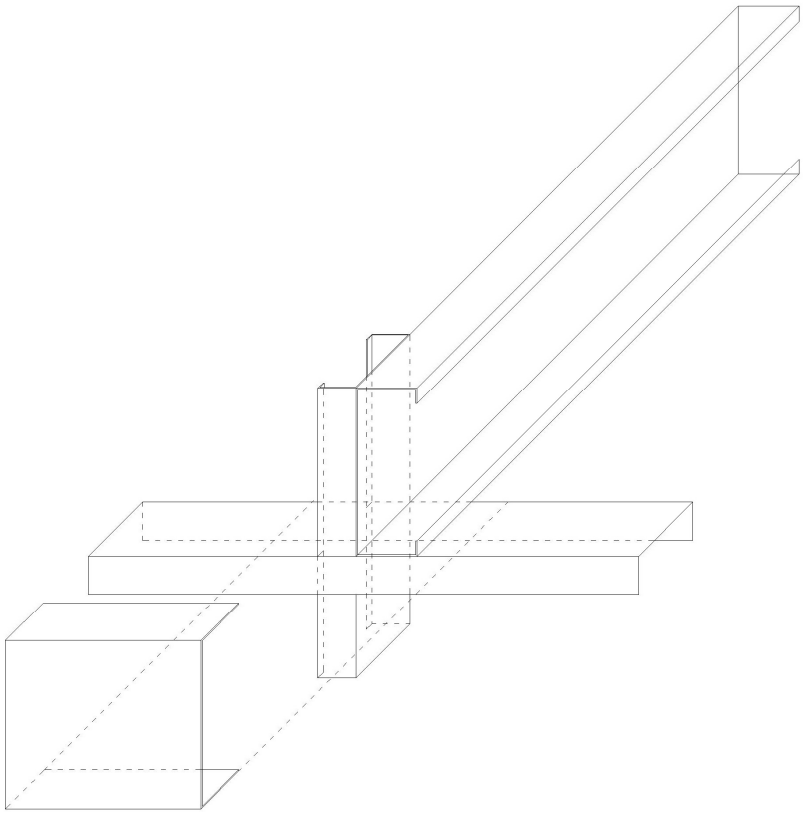
dado que $K_1 = \min [(2{,}8\, e / d_0) - 1{,}7 ; (1{,}4\, P / d_0) - 1{,}7 ; 2{,}5]$ = 2,5

$\alpha_b = \min [e / 3d_0 ; (P / 3d_0) - 0{,}25 ; 1]$ = 1

** se ha asumido e = 2cm y P>6cm (caso pésimo, en el caso del pilar)*

Utilizamos la gama JT2 de la casa EJOT que nos garantiza capacidades a cortante mayores de las previstas de fracaso de la chapa.

Definimos, a partir de los perfiles estudiados, la unión del siguiente modo



Dado que los momentos transmitidos son muy pequeños (3,25 kN en el caso pésimo), analizamos la capacidad en TRES puntos clave (SECUENCIA):

UNION CORREA – PILARILLO DE REFUERZO VERTICAL (U 220)

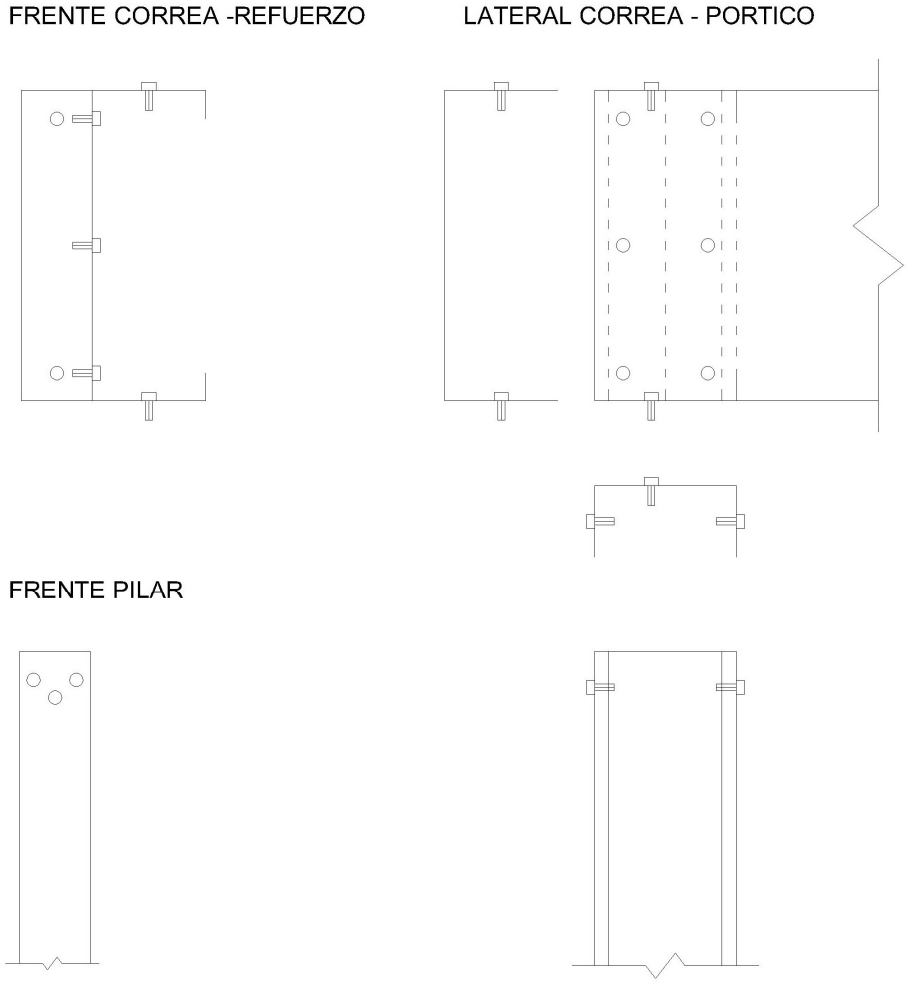
1 las uniones de 6 tornillos unidos el rectángulo de lados 18x6 (unión correa a pilar de refuerzo sobre durmiente) ya aportan 2 x 18cm x 6,45 kN + 2 x 9cm x 6,45 kN= 3,48 kNm

TRANSMISIÓN DE LOS ELEMENTOS PREVIOS A LA DURMIENTE VERTICAL

El pilar por su ala exterior 1 x 18cm x 6,45 kN + 1 x 9cm x 6,45 kN = 1,74 kNm
La correa, a través del atado superior e inferior: 1 x 22cm x 6,45 kN = 1,42 kNm

(esta trasmisión suma 3,16 kN, pero dado que no se tiene en cuenta más que los elementos primarios, la daremos por buena)

TRASMISIÓN DE LA DURMIENTE VERTICAL AL PILAR

Consideramos la durmiente vertical unificada a la horizontal, por rigidez general del conjunto. Además, el problema de la transmisión de las durmientes en este punto es la mitad del previo, dado que hay el doble de pilares que de correas.

Atornillando el pilar a dos caras con 3 tornillos en cada lado: 3 x 10cm x 6,45 kN = 1,93 kNm