DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CUBIERTA LIVIANA DE LA IE EDUCATIVA CLUB UNIÓN SEDE E EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA SANTANDER



DISEÑO:



I.C. Mg. ANDRÉS FELIPE SANDOVAL MANTILLA
MAT. 68202-324734 STD

Revisión	Fecha	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó
1	SEP 2025	EMITIDO PARA REVISIÓN	A.F.S.M.		

TABLA DE CONTENIDO

1 DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA 3

2 NORMAS CONSIDERADAS 3

3 MATERIALES UTILIZADOS 3

4 ACCIONES CONSIDERADAS 3

4.1 CARGAS SOBREIMPUESTAS 3

5 COMBINACIONES 4

6 MODELO MATEMÁTICO 5

7 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS 7

7.1 DISEÑO DE ELEMENTOS 8

7.1.1 DISEÑO VIGAS TREC 150X100X4.0mm 8

7.1.2 DISEÑO DE CORREAS TREC 60X40X2.5mm 19

8 BIBLIOGRAFÍA 37

TABLA DE IMAGEN

Imagen 1 Geometría y nodos del modelo matemático 5

Imagen 2 Elementos asignados. 5

Imagen 3 Aplicación de las cargas. 6

Imagen 4 Revisión del cumplimiento de los elementos. 7

Revisión	Fecha	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó
1	SEP 2025	EMITIDO PARA REVISIÓN	A.F.S.M.		

1 DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA

Proyecto: DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CUBIERTA LIVIANA DE LA IE EDUCATIVA SANTO ANGEL EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA SANTANDER
Se trata de una cubierta liviana conformada por elementos tubulares rectangulares y correas tipo C.
El coeficiente de importancia para este proyecto se definió como I=1.10.

2 NORMAS CONSIDERADAS

Cimentación: NSR-10

Aceros laminados y armados: ANSI/AISC 360-10 (LRFD)

Hormigón: NSR-10

Categoría de uso: Garajes y áreas de pública concurrencia

3 MATERIALES UTILIZADOS

Materiales utilizados							
Material		E	n	G	f_y	$a_{\cdot t}$	g
Tipo	Designación	(MPa)		(MPa)	(MPa)	(m/m°C)	(kN/m³)
Acero laminado	A572 50ksi	200000.00	0.300	80000.00	345.00	0.000012	77.01
Hormigón	f'c=210	21551.49	0.200	8979.79	-	0.000010	24.53

Notación:
E: Módulo de elasticidad
n: Módulo de Poisson
G: Módulo de cortadura
f_y: Límite elástico
$a_{\cdot t}$: Coeficiente de dilatación
g: Peso específico

4 ACCIONES CONSIDERADAS

4.1 Cargas sobreimpuestas

Planta	Cargas vivas (kN/m²)	Carga cubierta tipo Danwdich (kN/m²)	Instalaciones (kN/m²)	Carga viento (kN/m²)
CUBIERTA	0.35	0.35	0.15	0.40

5 COMBINACIONES

■ Nombres de las hipótesis

PP Peso propio
CM 1 CM 1
Q 1 Q 1

■ E.L.U. de rotura. Acero laminado

Comb.	PP	CM 1	Q 1	T 1	SX	SY
1	1.400	1.400				
2	1.200	1.200				
3	1.200	1.200	1.600			
28	0.900	0.900			0.300	1.000
29	0.900	0.900			-0.300	1.000
30	0.900	0.900			1.000	0.300
31	0.900	0.900			1.000	-0.300

6 MODELO MATEMÁTICO

Se realiza un modelo matemático de elementos finito en el software Cype 3D, al cual se aplican las cargas del peso propio de los elementos como el peso propio de la cubierta, el peso propio de esta se aplica sobre un elemento "paño" cuya función es únicamente la de trasmitir cargas. Además, se agregan las cargas muertas provenientes de los equipos de aire acondicionado y la carga viva correspondiente al mantenimiento.

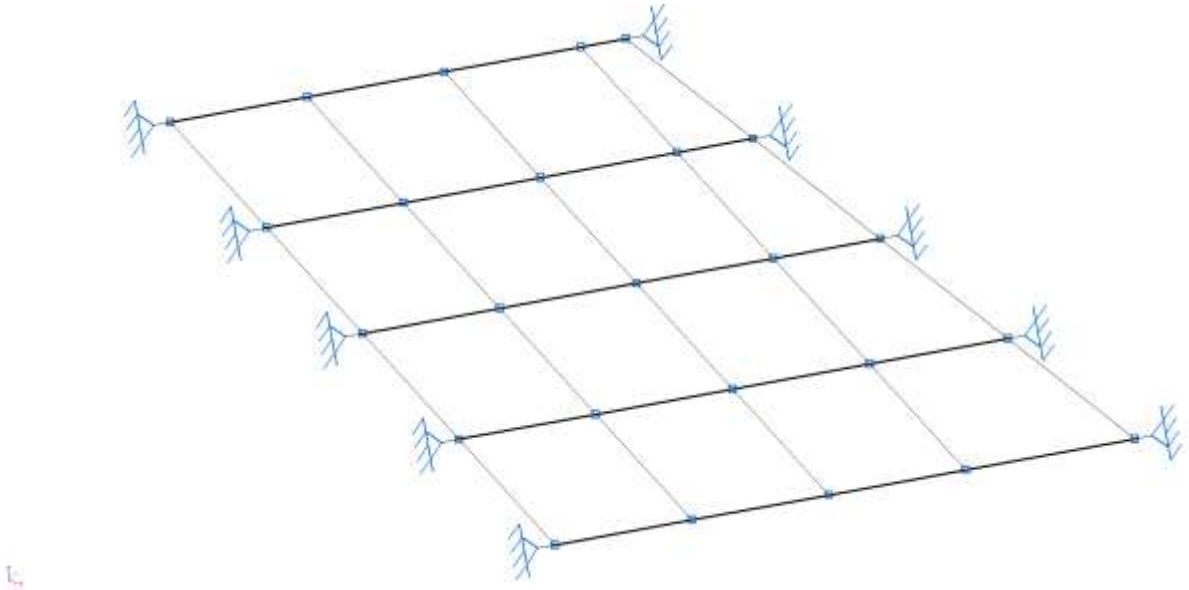


Imagen 1 Geometría y nodos del modelo matemático

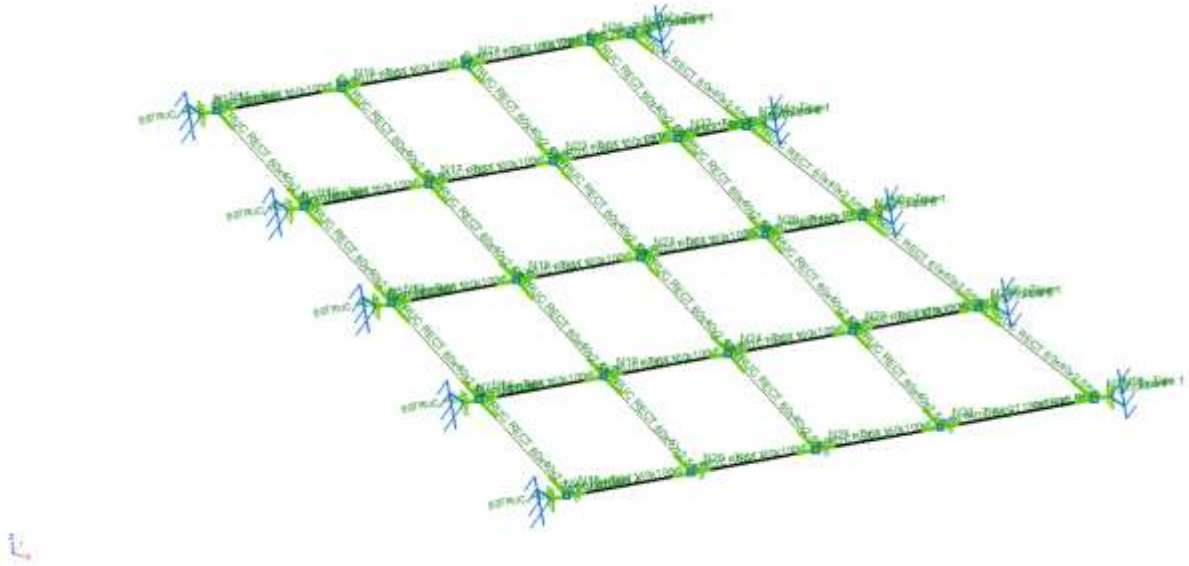


Imagen 2 Elementos asignados.

Revisión	Fecha	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó
1	SEP 2025	EMITIDO PARA REVISIÓN	A.F.S.M.		

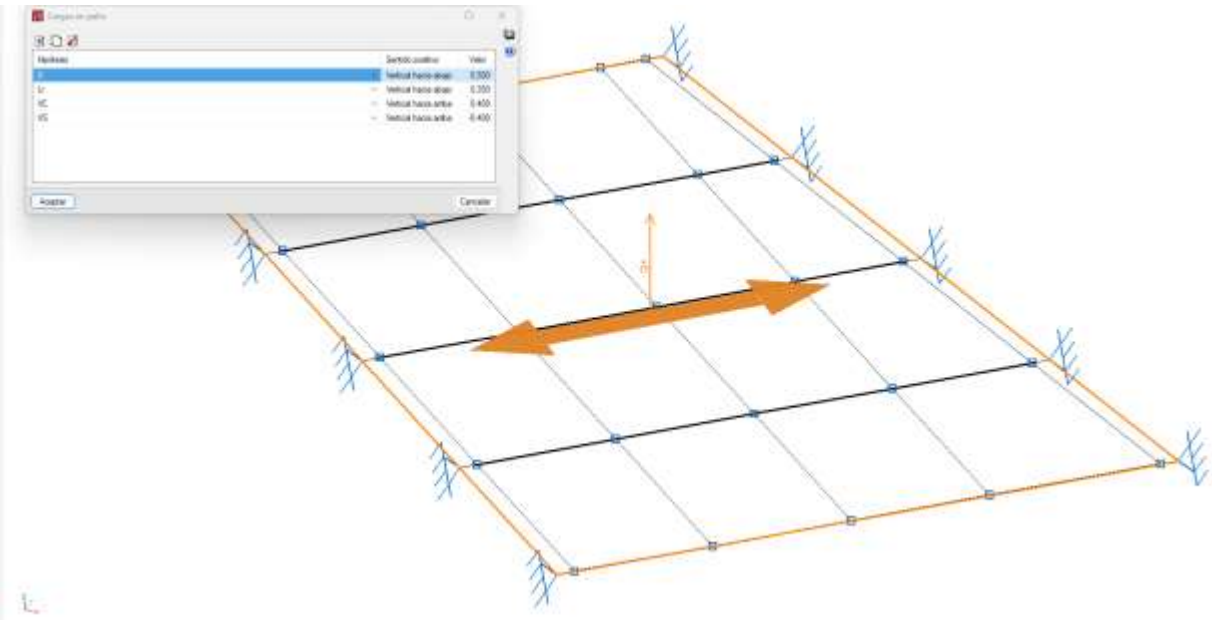


Imagen 3 Aplicación de las cargas.

7 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS

Una vez generada la geometría y aplicadas las cargas sobre la estructura, se realizan los cálculos correspondientes. A continuación, se muestra la imagen de la estructura en donde se observa que todos los elementos cumplen las comprobaciones de resistencia.

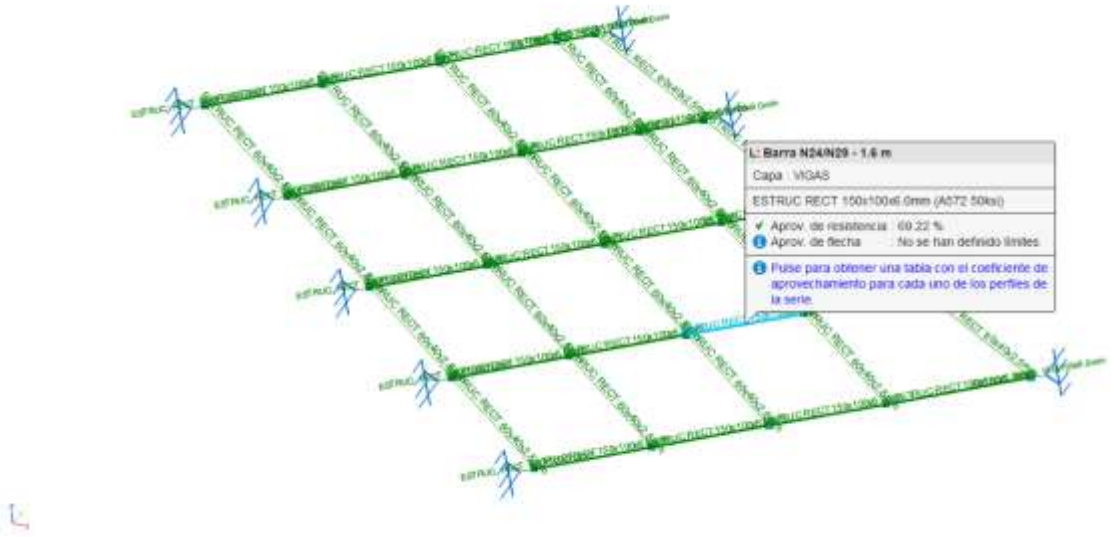


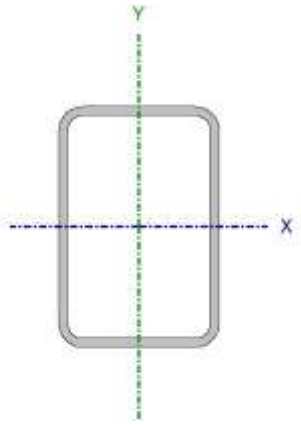
Imagen 4 Revisión del cumplimiento de los elementos.

7.1 DISEÑO DE ELEMENTOS

A continuación, se presentan los cálculos para las secciones tipo con mayor solicitación.

7.1.1 DISEÑO VIGAS TREC 150X100X4.0mm

Perfil: ESTRUC RECT 150x100x6.0mm
Material: Acero (A572 50ksi)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N24	N29	1.600	27.29	813.90	434.34	949.88

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

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.600	1.600	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	-	-
C_b	-		1.000	

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

Barra	COMPROBACIONES (AISI S100-07 (2007))															Estado
	w / t	T	P	Tr	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xTr	M_yTr	M_xV_y	M_yV_x	MT	MP	TPTrMV	
N24/N29	$w / t \leq (w / t)_{Máx.}$ Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	η = 3.1	x: 0 m η = 67.5	N.P.(3)	N.P.(4)	x: 1.6 m η = 1.2	x: 0 m η = 69.2	N.P.(5)	x: 0 m η = 47.9	N.P.(6)	x: 0 m η = 69.2	N.P.(7)	N.P.(8)	**CUMPLE η = 69.2**

Notación:
w / t: Limitaciones geométricas
T: Resistencia a tracción
P: Resistencia a compresión
Tr: Resistencia a torsión
M_x: Resistencia a flexión alrededor del eje X
M_y: Resistencia a flexión alrededor del eje Y
V_x: Resistencia a corte en la dirección del eje X
V_y: Resistencia a corte en la dirección del eje Y
M_xTr: Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con torsión
M_yTr: Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con torsión
M_xV_y: Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con corte en la dirección del eje Y
M_yV_x: Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con corte en la dirección del eje X
MT: Resistencia a flexión combinada con tracción
MP: Resistencia a flexión combinada con compresión
TPTrMV: Flexión combinada con cortante, axil y torsión - Comprobación de Von Mises
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 axil de tracción.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector alrededor del eje Y.
(4) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante en la dirección del eje X.
(5) No hay interacción entre torsión y flexión alrededor del eje Y para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(6) No hay interacción entre esfuerzo cortante en la dirección del eje X y momento flector alrededor del eje Y para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(7) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(8) La comprobación no procede, ya que todas las combinaciones de esfuerzos solicitantes han sido verificadas en otras comprobaciones.

Revisión	Fecha	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó
1	SEP 2025	EMITIDO PARA REVISIÓN	A.F.S.M.		

Limitaciones geométricas (B1)

Se debe satisfacer:

w_1 / t : ***11.67*** ✓

Donde:

w_1: Longitud del tramo recto del elemento horizontal (paralelo al eje X). w_1 : *70.00* mm

t: Espesor. t : *6.00* mm

w_2 / t : ***20.00*** ✓

Donde:

w_2: Longitud del tramo recto del elemento vertical (paralelo al eje Y). w_2 : *120.00* mm

t: Espesor. t : *6.00* mm

Resistencia a tracción (Apéndices A & B, C2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (C4)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a torsión (Comprobación adicional)

Se debe satisfacer:

η_{Tr} : ***0.031*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·D+1.6·Lr+0.8·VS.

Donde:

Revisión	Fecha	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó
1	SEP 2025	EMITIDO PARA REVISIÓN	A.F.S.M.		

Tr_f: Resistencia requerida a torsión, utilizando las combinaciones de carga LRFD. **Tr_f** : *0.92* kN·m

Tr_c: Resistencia de diseño a torsión.

Tr_c : *29.98* kN·m

Donde:

φ_{Tr}: Factor de resistencia para torsión, tomado de AISC-05. φ_{Tr} : *0.90*

Tr_n: Resistencia nominal a torsión.

Tr_n : *33.32* kN·m

Donde:

C: Módulo resistente a torsión.

C : *160.95* cm³

Donde:

A_c: Área encerrada por la línea media de los elementos que componen la sección. **A_c** : *134.12* cm²

t: Espesor. **t** : *6.00* mm

F_n : *207.00* MPa

Donde:

F_y: Límite elástico del acero. **F_y** : *345.00* MPa

Resistencia a flexión alrededor del eje X (C3.1)

Se debe satisfacer:

η_B : ***0.675*** ✓

M_f: Resistencia a flexión crítica requerida para las combinaciones de carga LRFD. **M_f** : *24.00* kN·m

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·D+1.6·Lr+0.8·VS.

Revisión	Fecha	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó
1	SEP 2025	EMITIDO PARA REVISIÓN	A.F.S.M.		

M_f^+: Resistencia requerida para flexión positiva. **M_f^+** : *24.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones 0.9·PP+0.9·D+1.6·VC.

M_f^-: Resistencia requerida para flexión negativa. **M_f^-** : *1.44* kN·m

M_c: Resistencia de diseño a flexión.

M_c : *35.57* kN·m

Donde:

φ_b: Factor de resistencia para flexión. **φ_b** : *0.95*

M_n: La resistencia a flexión nominal mínima se calcula como la menor de las calculadas en los apartados aplicables del Capítulo C3.1. **M_n** : *37.44* kN·m

Donde:

M_n^+: La resistencia a flexión nominal se calcula como la menor de las calculadas en los apartados aplicables del Capítulo C3.1 para flexión positiva. **M_n^+** : *37.44* kN·m

M_n^-: La resistencia a flexión nominal se calcula como la menor de las calculadas en los apartados aplicables del Capítulo C3.1 para flexión negativa. **M_n^-** : *37.44* kN·m

C3.1.1 Resistencia nominal de la sección.

La resistencia a flexión nominal se calcula según el Apartado C3.1.1, ya que se cumple la siguiente condición:

Donde:

L_{ub}: Separación entre arriostramientos laterales de la barra. **L_{ub}** : *0.000* m

L_u : *24.428* m

Donde:

C_b: Coeficiente de momentos, que depende de la ley de momentos flectores. **C_b** : *1.0*

F_y: Límite elástico del acero. **F_y** : *345.00* MPa

S_{fx} : *108.52* cm³

Donde:

I_x: Momento de inercia respecto al eje X. **I_x** : *813.90* cm4

I_y: Momento de inercia respecto al eje Y. **I_y** : *434.34* cm4

I_{xy}: Producto de inercia. **I_{xy}** : *0.00* cm4

x_c: Distancia a la fibra extrema comprimida en flexión.	x_c^+ :	*35.00*	mm
	x_c^- :	*-35.00*	mm
y_c: Distancia a la fibra extrema comprimida en flexión.	y_c^+ :	*75.00*	mm
	y_c^- :	*-75.00*	mm
E: Módulo de Young.	**E** :	*203000.00*	MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	**G** :	*78076.92*	MPa
J: Momento de inercia a torsión uniforme.	**J** :	*949.88*	cm4

M_n : *37.44* kN·m

Donde:

S_{ex} : *108.52* cm³

Donde:

I_{ex}: Momento eficaz de inercia respecto al eje X.	I_{ex} :	*813.90*	cm4
I_{ey}: Momento eficaz de inercia respecto al eje Y.	I_{ey} :	*434.34*	cm4
I_{exy}: Producto eficaz de inercia.	I_{exy} :	*0.00*	cm4
x: Distancia a la fibra extrema en flexión.	**x** :	*-35.00*	mm
y: Distancia a la fibra extrema en flexión.	**y** :	*-75.00*	mm
F_y: Límite elástico del acero.	F_y :	*345.00*	MPa

Resistencia a flexión alrededor del eje Y (C3.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector alrededor del eje Y.

Resistencia a corte en la dirección del eje X (C3.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante en la dirección del eje X.

Resistencia a corte en la dirección del eje Y (C3.2)

Se debe satisfacer:

η_V : ***0.012*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N29, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·D+1.6·Lr+0.8·VS.

Donde:

Revisión	Fecha	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó
1	SEP 2025	EMITIDO PARA REVISIÓN	A.F.S.M.		

V_f: Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD. **V_f** : *1.73* kN

La resistencia a corte requerida se ha reducido de forma que la fuerza aplicada se distribuye entre todos los elementos, puesto que la sección tiene más de un elemento que resiste cortante.

V_c: Resistencia de diseño a cortante.

V_c : *141.59* kN

Donde:

φ_v: Factor de resistencia para cortante. φ_v : *0.95*

V_n: La resistencia nominal a cortante es el menor de los valores calculados según la Sección C3.2.1. **V_n** : *149.04* kN

C3.2.1 Resistencia a cortante del alma descontando los agujeros.

V_n : *149.04* kN

Donde:

A_w: Área de los elementos paralelos a la dirección del cortante.

A_w : *7.20* cm²

Donde:

h: Altura del tramo recto del alma. **h** : *120.00* mm

t: Espesor de los elementos paralelos a la dirección del cortante. **t** : *6.00* mm

(a) Para

F_v : *207.00* MPa

Donde:

h: Altura del tramo recto del alma. **h** : *120.00* mm

t: Espesor de los elementos paralelos a la dirección del cortante. **t** : *6.00* mm

E: Módulo de Young. **E** : *203000.00* MPa

F_y: Límite elástico del acero. **F_y** : *345.00* MPa

1.Para almas sin rigidizadores transversales:

K_v: Coeficiente de abolladura por cortante. **K_v** : *5.34*

Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con torsión (C3.6)

Se debe satisfacer:

η_B : ***0.692*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·D+1.6·Lr+0.8·VS.

Donde:

M_f: Resistencia requerida para flexión positiva. **M_f** : *24.00* kN·m

M_c: Resistencia de diseño a flexión, según C3.1. **M_c** : *35.57* kN·m

R: Factor de reducción de resistencia debido a la torsión.

R : *0.97*

Donde:

Las tensiones utilizadas en esta comprobación se han calculado en el siguiente punto, en el cual se produce la combinación pésima de tensiones normales y tangenciales.

x: Coordenada X del punto de cálculo respecto al centro de gravedad. **x** : *-35.00* mm

y: Coordenada Y del punto de cálculo respecto al centro de gravedad. **y** : *-75.00* mm

f_{bx}: Tensión normal debida a la flexión alrededor del eje X.

f_{bx} : *221.13* MPa

Donde:

M_{fx}: Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD. **M_{fx}** : *24.00* kN·m

I_x: Momento de inercia respecto al eje X. **I_x** : *813.90* cm4

f_{Tr}: Tensión tangencial debida a la torsión. **f_{Tr}** : *-5.74* MPa

Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con torsión (C3.6)

No hay interacción entre torsión y flexión alrededor del eje Y para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con corte en la dirección del eje Y (C3.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.479*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·D+1.6·Lr+0.8·VS.

Donde:

(a) Para vigas sin rigidizadores transversales.

η : *0.479*

Donde:

R: Factor de reducción de resistencia debido a la torsión, calculado según C3.6. **R** : *0.97*

$\mathbf{M_{fx}}$: Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD. $\mathbf{M_{fx}}$: *24.00* kN·m

$\mathbf{M_{cx}}$: Resistencia de diseño a flexión alrededor del eje X. $\mathbf{M_{cx}}$: *35.57* kN·m

$\mathbf{V_{fy}}$: Resistencia a cortante requerida en la dirección del eje Y para las combinaciones de carga LRFD. $\mathbf{V_{fy}}$: *1.53* kN

$\mathbf{V_{cy}}$: Resistencia de diseño a cortante en la dirección del eje Y. $\mathbf{V_{cy}}$: *141.59* kN

Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con corte en la dirección del eje X (C3.3)

No hay interacción entre esfuerzo cortante en la dirección del eje X y momento flector alrededor del eje Y para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión combinada con tracción (C5.1.2)

Se debe satisfacer:

η_f : ***0.692*** ✓

η : ***0.692*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·D+1.6·Lr+0.8·VS.

Donde:

η_f : *0.692*

Donde:

R_x: Factor de reducción de la resistencia a flexión alrededor del eje X debido a la torsión, calculado según C3.6. — R_x : *0.97*

R_y: Factor de reducción de la resistencia a flexión alrededor del eje Y debido a la torsión, calculado según C3.6. — R_y : *1.00*

φ_{bx}: Factor de resistencia para flexión alrededor del eje X. — φ_{bx} : *0.95*

M_{fx}: Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD. — M_{fx} : *24.00* kN·m

M_{nxt} : *37.44* kN·m

Donde:

S_{ftx} : *108.52* cm³

Donde:

I_x: Momento de inercia respecto al eje X. — I_x : *813.90* cm4

I_y: Momento de inercia respecto al eje Y. — I_y : *434.34* cm4

I_{xy}: Producto de inercia. — I_{xy} : *0.00* cm4

x_t: Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje X. — x_t : *-35.00* mm

y_t: Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje X. — y_t : *-75.00* mm

F_y: Límite elástico del acero. — F_y : *345.00* MPa

φ_{by}: Factor de resistencia para flexión alrededor del eje Y. — φ_{by} : *0.95*

M_{fy}: Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD. — M_{fy} : *0.00* kN·m

$\mathbf{M_{nyt}}$: *29.97* kN·m

Donde:

$\mathbf{S_{fty}}$: *86.87* cm³

Donde:

$\mathbf{I_x}$: Momento de inercia respecto al eje X. $\mathbf{I_x}$: *813.90* cm4

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *434.34* cm4

$\mathbf{I_{xy}}$: Producto de inercia. $\mathbf{I_{xy}}$: *0.00* cm4

$\mathbf{x_t}$: Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje Y. $\mathbf{x_t}$: *50.00* mm

$\mathbf{y_t}$: Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje Y. $\mathbf{y_t}$: *-60.00* mm

$\mathbf{F_y}$: Límite elástico del acero. $\mathbf{F_y}$: *345.00* MPa

$\varphi_\mathbf{t}$: Factor de resistencia para tracción. $\varphi_\mathbf{t}$: *0.90*

$\mathbf{T_f}$: Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD. $\mathbf{T_f}$: *0.00* kN

$\mathbf{T_n}$: Resistencia nominal a tracción, según la Sección C2. $\mathbf{T_n}$: *941.67* kN

η : *0.692*

Donde:

$\mathbf{R_x}$: Factor de reducción de la resistencia a flexión alrededor del eje X debido a la torsión, calculado según C3.6. $\mathbf{R_x}$: *0.97*

$\mathbf{R_y}$: Factor de reducción de la resistencia a flexión alrededor del eje Y debido a la torsión, calculado según C3.6. $\mathbf{R_y}$: *1.00*

$\varphi_\mathbf{bx}$: Factor de resistencia para flexión alrededor del eje X. $\varphi_\mathbf{bx}$: *0.95*

$\mathbf{M_{fx}}$: Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD. $\mathbf{M_{fx}}$: *24.00* kN·m

$\mathbf{M_{nx}}$: Resistencia nominal a flexión alrededor del eje X según la Sección C3.1. $\mathbf{M_{nx}}$: *37.44* kN·m

$\varphi_\mathbf{by}$: Factor de resistencia para flexión alrededor del eje Y. $\varphi_\mathbf{by}$: *0.95*

$\mathbf{M_{fy}}$: Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD. $\mathbf{M_{fy}}$: *0.00* kN·m

$\mathbf{M_{ny}}$: Resistencia nominal a flexión alrededor del eje Y según la Sección C3.1. $\mathbf{M_{ny}}$: *29.97* kN·m

$\varphi_\mathbf{t}$: Factor de resistencia para tracción. $\varphi_\mathbf{t}$: *0.90*

$\mathbf{T_f}$: Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD. $\mathbf{T_f}$: *0.00* kN

$\mathbf{T_n}$: Resistencia nominal a tracción, según la Sección C2. $\mathbf{T_n}$: *941.67* kN

Resistencia a flexión combinada con compresión (C5.2.2)

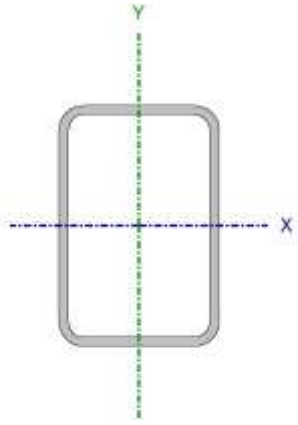
No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Flexión combinada con cortante, axil y torsión - Comprobación de Von Mises (Comprobación adicional)

La comprobación no procede, ya que todas las combinaciones de esfuerzos solicitantes han sido verificadas en otras comprobaciones.

7.1.2 DISEÑO DE CORREAS TREC 60X40X2.5mm

Perfil: ESTRUC RECT 60x40x2.5mm
Material: Acero (A572 50ksi)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_x(1) (cm4)	I_y(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N24	N23	2.547	4.53	21.51	11.47	25.17

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

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	2.547	2.547	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	-	-
C_b	-		1.000	

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

Barra	COMPROBACIONES (AISI S100-07 (2007))																Estado
	w / t	T	P	Tr	M_x	M_y	V_x	V_y	M_xTr	M_yTr	M_xV_y	M_yV_x	MT	MP	TPTrMV		
N24/N23	w / t ≤ (w / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	η = 1.2	x: 2.547 m η = 62.3	N.P.(3)	N.P.(4)	x: 2.547 m η = 6.9	x: 2.547 m η = 63.0	N.P.(5)	x: 2.547 m η = 40.1	N.P.(6)	x: 2.547 m η = 63.0	N.P.(7)	N.P.(8)	**CUMPLE η = 63.0**

Notación:
w / t: Limitaciones geométricas
T: Resistencia a tracción
P: Resistencia a compresión
Tr: Resistencia a torsión
M_x: Resistencia a flexión alrededor del eje X
M_y: Resistencia a flexión alrededor del eje Y
V_x: Resistencia a corte en la dirección del eje X
V_y: Resistencia a corte en la dirección del eje Y
M_xTr: Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con torsión
M_yTr: Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con torsión
M_xV_y: Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con corte en la dirección del eje Y
M_yV_x: Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con corte en la dirección del eje X
MT: Resistencia a flexión combinada con tracción
MP: Resistencia a flexión combinada con compresión
TPTrMV: Flexión combinada con cortante, axil y torsión - Comprobación de Von Mises
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 axil de tracción.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector alrededor del eje Y.
(4) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante en la dirección del eje X.
(5) No hay interacción entre torsión y flexión alrededor del eje Y para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(6) No hay interacción entre esfuerzo cortante en la dirección del eje X y momento flector alrededor del eje Y para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(7) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(8) La comprobación no procede, ya que todas las combinaciones de esfuerzos solicitantes han sido verificadas en otras comprobaciones.

Limitaciones geométricas (B1)

Se debe satisfacer:

Revisión	Fecha	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó
1	SEP 2025	EMITIDO PARA REVISIÓN	A.F.S.M.		

w_1 / t : ***11.04*** ✓

Donde:

w_1: Longitud del tramo recto del elemento horizontal (paralelo al eje X). w_1 : *27.60* mm

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

w_2 / t : ***19.04*** ✓

Donde:

w_2: Longitud del tramo recto del elemento vertical (paralelo al eje Y). w_2 : *47.60* mm

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

Resistencia a tracción (Apéndices A & B, C2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (C4)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a torsión (Comprobación adicional)

Se debe satisfacer:

η_{Tr} : ***0.012*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·D+1.6·Lr+0.8·VS.

Donde:

Tr_f: Resistencia requerida a torsión, utilizando las combinaciones de carga LRFD. Tr_f : *0.02* kN·m

Tr_c: Resistencia de diseño a torsión.

Tr_c : *1.99* kN·m

Revisión	Fecha	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó
1	SEP 2025	EMITIDO PARA REVISIÓN	A.F.S.M.		

Donde:

φ_{Tr}: Factor de resistencia para torsión, tomado de AISC-05. φ_{Tr} : *0.90*

Tr_n: Resistencia nominal a torsión.

Tr_n : *2.21* kN·m

Donde:

C: Módulo resistente a torsión.

C : *10.68* cm³

Donde:

A_c: Área encerrada por la línea media de los elementos que componen la sección. **A_c** : *21.35* cm²

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

F_n : *207.00* MPa

Donde:

F_y: Límite elástico del acero. **F_y** : *345.00* MPa

Resistencia a flexión alrededor del eje X (C3.1)

Se debe satisfacer:

η_B : ***0.623*** ✓

M_f: Resistencia a flexión crítica requerida para las combinaciones de carga LRFD. **M_f** : *1.46* kN·m

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N23, para la combinación de acciones 0.9·PP+0.9·D+1.6·VC.

M_f^+: Resistencia requerida para flexión positiva. **M_f^+** : *0.16* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N23, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·D+1.6·Lr+0.8·VS.

M_f^-: Resistencia requerida para flexión negativa. **M_f^-** : *1.46* kN·m

M_c: Resistencia de diseño a flexión.

M_c : *2.35* kN·m

Donde:

φ_b: Factor de resistencia para flexión. **φ_b** : *0.95*

M_n: La resistencia a flexión nominal mínima se calcula como la menor de las calculadas en los apartados aplicables del Capítulo C3.1. **M_n** : *2.47* kN·m

Donde:

M_n^+: La resistencia a flexión nominal se calcula como la menor de las calculadas en los apartados aplicables del Capítulo C3.1 para flexión positiva. **M_n^+** : *2.47* kN·m

M_n^-: La resistencia a flexión nominal se calcula como la menor de las calculadas en los apartados aplicables del Capítulo C3.1 para flexión negativa. **M_n^-** : *2.47* kN·m

C3.1.1 Resistencia nominal de la sección.

La resistencia a flexión nominal se calcula según el Apartado C3.1.1, ya que se cumple la siguiente condición:

Donde:

L_{ub}: Separación entre arriostramientos laterales de la barra. **L_{ub}** : *0.000* m

L_u : *9.779* m

Donde:

C_b: Coeficiente de momentos, que depende de la ley de momentos flectores. **C_b** : *1.0*

F_y: Límite elástico del acero. **F_y** : *345.00* MPa

S_{fx} : *7.17* cm³

Donde:

I_x: Momento de inercia respecto al eje X. **I_x** : *21.51* cm4

I_y: Momento de inercia respecto al eje Y. **I_y** : *11.47* cm4

I_{xy}: Producto de inercia. **I_{xy}** : *0.00* cm4

x_c: Distancia a la fibra extrema comprimida en flexión. **x_c^+** : *13.80* mm

x_c^- : *-13.80* mm

y_c: Distancia a la fibra extrema comprimida en flexión. **y_c^+** : *30.00* mm

y_c^- : *-30.00* mm

E: Módulo de Young. **E** : *203000.00* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *78076.92* MPa

J: Momento de inercia a torsión uniforme. **J** : *25.17* cm4

M_n : *2.47* kN·m

Donde:

S_{ex} : *7.17* cm³

Donde:

I_{ex}: Momento eficaz de inercia respecto al eje X. **I_{ex}** : *21.51* cm4

I_{ey}: Momento eficaz de inercia respecto al eje Y. **I_{ey}** : *11.47* cm4

I_{exy}: Producto eficaz de inercia. **I_{exy}** : *0.00* cm4

x: Distancia a la fibra extrema en flexión. **x** : *-13.80* mm

y: Distancia a la fibra extrema en flexión. **y** : *-30.00* mm

F_y: Límite elástico del acero. **F_y** : *345.00* MPa

Resistencia a flexión alrededor del eje Y (C3.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector alrededor del eje Y.

Resistencia a corte en la dirección del eje X (C3.2)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante en la dirección del eje X.

Resistencia a corte en la dirección del eje Y (C3.2)

Se debe satisfacer:

η_V : ***0.069*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N23, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·D+1.6·Lr+0.8·VS.

Donde:

V_f: Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD. **V_f** : *1.61* kN

La resistencia a corte requerida se ha reducido de forma que la fuerza aplicada se distribuye entre todos los elementos, puesto que la sección tiene más de un elemento que resiste cortante.

V_c: Resistencia de diseño a cortante.

V_c : *23.40* kN

Donde:

φ_v: Factor de resistencia para cortante. **φ_v** : *0.95*

V_n: La resistencia nominal a cortante es el menor de los valores calculados según la Sección C3.2.1. **V_n** : *24.63* kN

C3.2.1 Resistencia a cortante del alma descontando los agujeros.

V_n : *24.63* kN

Donde:

A_w: Área de los elementos paralelos a la dirección del cortante.

A_w : *1.19* cm²

Donde:

h: Altura del tramo recto del alma. **h** : *47.60* mm

t: Espesor de los elementos paralelos a la dirección del cortante. **t** : *2.50* mm

(a) Para

F_v : *207.00* MPa

Donde:

h: Altura del tramo recto del alma. **h** : *47.60* mm

t: Espesor de los elementos paralelos a la dirección del cortante. **t** : *2.50* mm

E: Módulo de Young. **E** : *203000.00* MPa

F_y: Límite elástico del acero. **F_y** : *345.00* MPa

1.Para almas sin rigidizadores transversales:

K_v: Coeficiente de abolladura por cortante. **K_v** : *5.34*

Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con torsión (C3.6)

Se debe satisfacer:

η_B : ***0.630*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N23, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·D+1.6·Lr+0.8·VS.

Donde:

M_f: Resistencia requerida para flexión negativa. **M_f** : *1.46* kN·m

M_c: Resistencia de diseño a flexión, según C3.1. **M_c** : *2.35* kN·m

R: Factor de reducción de resistencia debido a la torsión.

R : *0.99*

Donde:

Las tensiones utilizadas en esta comprobación se han calculado en el siguiente punto, en el cual se produce la combinación pésima de tensiones normales y tangenciales.

x: Coordenada X del punto de cálculo respecto al centro de gravedad. **x** : *-13.80* mm

y: Coordenada Y del punto de cálculo respecto al centro de gravedad. **y** : *-30.00* mm

f_{bx}: Tensión normal debida a la flexión alrededor del eje X.

f_{bx} : *204.21* MPa

Donde:

M_{fx}: Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD. **M_{fx}** : *1.46* kN·m

I_x: Momento de inercia respecto al eje X. **I_x** : *21.51* cm4

f_{Tr}: Tensión tangencial debida a la torsión. **f_{Tr}** : *2.21* MPa

Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con torsión (C3.6)

No hay interacción entre torsión y flexión alrededor del eje Y para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Revisión	Fecha	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó
1	SEP 2025	EMITIDO PARA REVISIÓN	A.F.S.M.		

Resistencia a flexión alrededor del eje X combinada con corte en la dirección del eje Y (C3.3)

Se debe satisfacer:

η : ***0.401*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N23, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·D+1.6·Lr+0.8·VS.

Donde:

(a) Para vigas sin rigidizadores transversales.

η : *0.401*

Donde:

R: Factor de reducción de resistencia debido a la torsión, calculado según C3.6. — **R** : *0.99*

$\mathbf{M_{fx}}$: Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD. — $\mathbf{M_{fx}}$: *1.46* kN·m

$\mathbf{M_{cx}}$: Resistencia de diseño a flexión alrededor del eje X. — $\mathbf{M_{cx}}$: *2.35* kN·m

$\mathbf{V_{fy}}$: Resistencia a cortante requerida en la dirección del eje Y para las combinaciones de carga LRFD. — $\mathbf{V_{fy}}$: *1.61* kN

$\mathbf{V_{cy}}$: Resistencia de diseño a cortante en la dirección del eje Y. — $\mathbf{V_{cy}}$: *23.40* kN

Resistencia a flexión alrededor del eje Y combinada con corte en la dirección del eje X (C3.3)

No hay interacción entre esfuerzo cortante en la dirección del eje X y momento flector alrededor del eje Y para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión combinada con tracción (C5.1.2)

Se debe satisfacer:

η_f : ***0.630*** ✓

η : ***0.630*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N23, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·D+1.6·Lr+0.8·VS.

Donde:

η_f : *0.630*

Donde:

R_x: Factor de reducción de la resistencia a flexión alrededor del eje X debido a la torsión, calculado según C3.6. — R_x : *0.99*

R_y: Factor de reducción de la resistencia a flexión alrededor del eje Y debido a la torsión, calculado según C3.6. — R_y : *1.00*

φ_{bx}: Factor de resistencia para flexión alrededor del eje X. — φ_{bx} : *0.95*

M_{fx}: Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD. — M_{fx} : *1.46* kN·m

M_{nxt} : *2.47* kN·m

Donde:

S_{ftx} : *7.17* cm³

Donde:

I_x: Momento de inercia respecto al eje X. — I_x : *21.51* cm4

I_y: Momento de inercia respecto al eje Y. — I_y : *11.47* cm4

I_{xy}: Producto de inercia. — I_{xy} : *0.00* cm4

x_t: Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje X. — x_t : *13.80* mm

y_t: Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje X. — y_t : *30.00* mm

F_y: Límite elástico del acero. — F_y : *345.00* MPa

φ_{by}: Factor de resistencia para flexión alrededor del eje Y. — φ_{by} : *0.95*

M_{fy}: Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD. — M_{fy} : *0.00* kN·m

M_{nyt} : *1.98* kN·m

Donde:

Revisión	Fecha	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó
1	SEP 2025	EMITIDO PARA REVISIÓN	A.F.S.M.		

S_{fty} : *5.73* cm³

Donde:

I_x: Momento de inercia respecto al eje X. I_x : *21.51* cm4

I_y: Momento de inercia respecto al eje Y. I_y : *11.47* cm4

I_{xy}: Producto de inercia. I_{xy} : *0.00* cm4

x_t: Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje Y. x_t : *20.00* mm

y_t: Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje Y. y_t : *-23.80* mm

F_y: Límite elástico del acero. F_y : *345.00* MPa

φ_t: Factor de resistencia para tracción. φ_t : *0.90*

T_f: Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD. T_f : *0.00* kN

T_n: Resistencia nominal a tracción, según la Sección C2. T_n : *156.37* kN

η : *0.630*

Donde:

R_x: Factor de reducción de la resistencia a flexión alrededor del eje X debido a la torsión, calculado según C3.6. R_x : *0.99*

R_y: Factor de reducción de la resistencia a flexión alrededor del eje Y debido a la torsión, calculado según C3.6. R_y : *1.00*

φ_{bx}: Factor de resistencia para flexión alrededor del eje X. φ_{bx} : *0.95*

M_{fx}: Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD. M_{fx} : *1.46* kN·m

M_{nx}: Resistencia nominal a flexión alrededor del eje X según la Sección C3.1. M_{nx} : *2.47* kN·m

φ_{by}: Factor de resistencia para flexión alrededor del eje Y. φ_{by} : *0.95*

M_{fy}: Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD. M_{fy} : *0.00* kN·m

M_{ny}: Resistencia nominal a flexión alrededor del eje Y según la Sección C3.1. M_{ny} : *1.98* kN·m

φ_t: Factor de resistencia para tracción. φ_t : *0.90*

T_f: Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD. T_f : *0.00* kN

T_n: Resistencia nominal a tracción, según la Sección C2. T_n : *156.37* kN

Resistencia a flexión combinada con compresión (C5.2.2)

No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Flexión combinada con cortante, axil y torsión - Comprobación de Von Mises (Comprobación adicional)

La comprobación no procede, ya que todas las combinaciones de esfuerzos solicitantes han sido verificadas en otras comprobaciones.

7.1.3 DISEÑO DE UNIONES

1) Cordón ESTRUC RECT 150x100x6.0mm

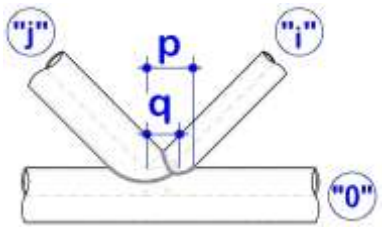
En las siguientes tablas se muestran las condiciones geométricas que deben cumplirse, según la norma seleccionada, para que se puedan aplicar las fórmulas de resistencia de los nudos.

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
F_y / F_u	--	0.77	--	0.80
Límite elástico	MPa	345.0	--	360.0
Espesor	mm	6.0	2.5	25.0
H/B	--	0.67	0.50	2.00
B/t	--	25.00	--	35.00
H/t	--	16.67	--	35.00

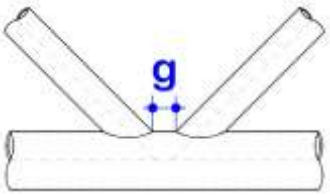
Notación empleada:

D	Diámetro del perfil de la pieza.
B	Ancho del perfil de la pieza en dirección perpendicular al plano de la celosía.
H	Canto del perfil de la pieza en dirección paralela al plano de la celosía.
t	Espesor de la pared del perfil de la pieza.
Ángulo	Es el ángulo que forma una diagonal con respecto a las otras diagonales o a la pieza que actúa como cordón.

Solapamiento Es el porcentaje de solape de las diagonales, calculado con la siguiente expresión, cuyos parámetros se muestran en la figura adjunta:



g Espaciamiento entre diagonales medido en la superficie de la pieza que actúa como cordón:



b Es el subíndice correspondiente a la diagonal que se está comprobando.

i Subíndice correspondiente a la pieza solapante.

j Es el subíndice correspondiente a la pieza solapada.

hmax Dimensión plana máxima de todas las caras del perfil de la pieza.

2) Diagonal A ESTRUC RECT 60x40x2.5mm

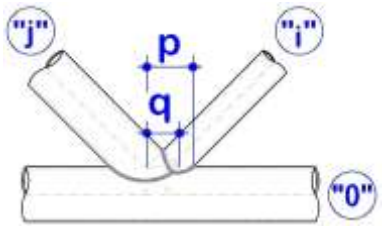
En las siguientes tablas se muestran las condiciones geométricas que deben cumplirse, según la norma seleccionada, para que se puedan aplicar las fórmulas de resistencia de los nudos.

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
F_y / F_u	--	0.77	--	0.80
Límite elástico	MPa	345.0	--	360.0
Espesor	mm	2.5	2.5	25.0
Ángulo	grados	85.64	30.00	--
B_b/B	--	0.40	0.25	1.00
H_b/B_b	--	0.67	0.50	2.00
B_b/t_b	--	24.00	--	35.00
H_b/t_b	--	16.00	--	35.00

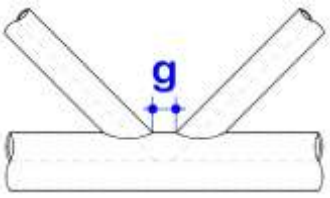
Notación empleada:

Revisión	Fecha	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó
1	SEP 2025	EMITIDO PARA REVISIÓN	A.F.S.M.		

D	Diámetro del perfil de la pieza.
B	Ancho del perfil de la pieza en dirección perpendicular al plano de la celosía.
H	Canto del perfil de la pieza en dirección paralela al plano de la celosía.
t	Espesor de la pared del perfil de la pieza.
Ángulo	Es el ángulo que forma una diagonal con respecto a las otras diagonales o a la pieza que actúa como cordón.
Solapamiento	Es el porcentaje de solape de las diagonales, calculado con la siguiente expresión, cuyos parámetros se muestran en la figura adjunta:



g	Espaciamiento entre diagonales medido en la superficie de la pieza que actúa como cordón:



b	Es el subíndice correspondiente a la diagonal que se está comprobando.
i	Subíndice correspondiente a la pieza solapante.
j	Es el subíndice correspondiente a la pieza solapada.
hmax	Dimensión plana máxima de todas las caras del perfil de la pieza.

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	0.000	69.965	0.00
Interacción axil y momentos	--	--	--	53.69

Soldaduras (ANSI/AISC 360-10, CHAPTER J)

2. Soldaduras en ángulo
2b. *Limitaciones*

El lado mínimo de las soldaduras en ángulo no debe ser menor que el lado requerido para transmitir las fuerzas calculadas, ni menor que el lado que se muestra en la Tabla J2.4. Estas disposiciones no

aplican para refuerzos de soldadura en ángulo en soldaduras de tope con junta de penetración parcial o completa.

El tamaño máximo de soldadura en ángulo para partes conectadas debe ser:

(a) A lo largo de los bordes del material con espesor menor a 6 mm, no mayor que el espesor del material.

(b) A lo largo de los bordes del material con espesor igual o mayor a 6 mm, no mayor que el espesor del material menos 2 mm.

La longitud efectiva mínima de las soldaduras en ángulo diseñadas por resistencia no debe ser menor que cuatro veces el lado, en caso contrario, se debe considerar que el tamaño de la soldadura no exceda un cuarto de su longitud efectiva.

AWS D1.1/D1.1M, Especificaciones complementarias.
2.3.3.7 *Garganta efectiva de uniones en T sesgadas.*

La garganta efectiva de uniones en T sesgadas en ángulos entre 60° y 30° debe ser igual a la altura del mayor triángulo que pueda inscribirse en la sección del metal de aportación, menos el coeficiente de reducción Z. La garganta efectiva de uniones en T sesgadas en ángulos entre 80° y 60° y en ángulos mayores a 100° debe tomarse igual a la altura del mayor triángulo que pueda inscribirse en la sección del metal de aportación.

4. Resistencia

La resistencia de diseño, ϕR_n, de uniones soldadas debe ser el valor menor entre la resistencia del material base determinada de acuerdo con los estados limites de ruptura en tracción y ruptura en corte y la resistencia del metal de soldadura determinada de acuerdo con el estado limite de fluencia, como se menciona a continuación:

Para el metal base

Para el metal de soldadura

donde

F_{nBM}: Tensión nominal del metal base.

F_{nw}: Tensión nominal del metal de soldadura.

A_{BM}: Área de la sección transversal del metal base.

A_{we}: Área efectiva de la soldadura.

F_{EXX}: Resistencia de clasificación del metal de relleno.

F_y: Tensión mínima de fluencia especificada para el material base.

F_u: Resistencia a tracción mínima especificada.

Resistencia disponible en uniones soldadas, Tabla J2.5			
Tipo de Carga y Dirección Relativa al Eje de Soldadura	Metal Pertinente	Factor resistencia, ϕ	Tensión Nominal
Soldaduras de filete incluyendo filetes en agujeros y en ranuras y juntas T esviadas			
Corte	Base	0.9	$F_{nBM} = 0.6\ F_y$
	Soldadura	0.75	$F_{nw} = 0.60\ F_{EXX}$

Resistencia disponible en uniones soldadas, Tabla J2.5			
Tipo de Carga y Dirección Relativa al Eje de Soldadura	Metal Pertinente	Factor resistencia, ϕ	Tensión Nominal
Tracción o Compresión Paralelo al eje de soldadura	No se necesita considerar la tracción o compresión paralela a una soldadura en el diseño de las soldaduras que unen las partes.		

6. Requisitos del Metal de Aporte

La elección del electrodo debe cumplir con los requisitos para metales de aporte segun el metal base dados en AWS D1.1.

Comprobaciones geométricas					
Descripción	Tipo	P.S.	Longitud efectiva		Lado w (mm)
			l_{min} (mm)	l (mm)	
Soldadura en ángulo	En ángulo	SMAW	40	190	4

P.S.: Proceso de soldeo.
l: Longitud efectiva del cordón de soldadura.
w: Espesor del lado del cordón de soldadura.

Comprobación de resistencia													
Descripción	Lado (mm)	t (mm)	l (mm)	Electrodo	Metal Base	Cortante (Metal Soldadura)			Tensiones (Metal Base)			Factor Resistencia	
				F_w (MPa)	F_y (MPa)	Caso pesimo (MPa)	Resistente (MPa)	Aprov. (%)	Caso pesimo (MPa)	Resistente (MPa)	Aprov. (%)	ϕ Material base	ϕ Soldadura
Soldadura en ángulo	Se adopta el lado de soldadura cuyo espesor de garganta aporta una resistencia igual a la menor resistencia de las piezas a unir.												

3) Diagonal B ESTRUC RECT 60x40x2.5mm

En las siguientes tablas se muestran las condiciones geométricas que deben cumplirse, según la norma seleccionada, para que se puedan aplicar las fórmulas de resistencia de los nudos.

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
F_y / F_u	--	0.77	--	0.80
Límite elástico	MPa	345.0	--	360.0
Espesor	mm	2.5	2.5	25.0
Ángulo	grados	85.64	30.00	--
B_b/B	--	0.40	0.25	1.00
H_b/B_b	--	0.67	0.50	2.00
B_b/t_b	--	24.00	--	35.00

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
H_b/t_b	--	16.00	--	35.00

Notación empleada:

D Diámetro del perfil de la pieza.

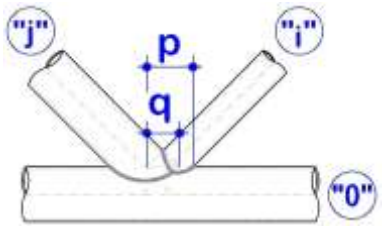
B Ancho del perfil de la pieza en dirección perpendicular al plano de la celosía.

H Canto del perfil de la pieza en dirección paralela al plano de la celosía.

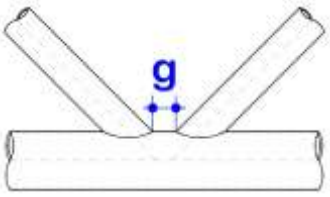
t Espesor de la pared del perfil de la pieza.

Ángulo Es el ángulo que forma una diagonal con respecto a las otras diagonales o a la pieza que actúa como cordón.

Solapamiento Es el porcentaje de solape de las diagonales, calculado con la siguiente expresión, cuyos parámetros se muestran en la figura adjunta:



g Espaciamiento entre diagonales medido en la superficie de la pieza que actúa como cordón:



b Es el subíndice correspondiente a la diagonal que se está comprobando.

i Subíndice correspondiente a la pieza solapante.

j Es el subíndice correspondiente a la pieza solapada.

hmax Dimensión plana máxima de todas las caras del perfil de la pieza.

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	0.000	69.965	0.00
Interacción axil y momentos	--	--	--	58.11

Revisión	Fecha	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó
1	SEP 2025	EMITIDO PARA REVISIÓN	A.F.S.M.		

Soldaduras (ANSI/AISC 360-10, CHAPTER J)

2. Soldaduras en ángulo
2b. *Limitaciones*

El lado mínimo de las soldaduras en ángulo no debe ser menor que el lado requerido para transmitir las fuerzas calculadas, ni menor que el lado que se muestra en la Tabla J2.4. Estas disposiciones no aplican para refuerzos de soldadura en ángulo en soldaduras de tope con junta de penetración parcial o completa.

El tamaño máximo de soldadura en ángulo para partes conectadas debe ser:

(a) A lo largo de los bordes del material con espesor menor a 6 mm, no mayor que el espesor del material.

(b) A lo largo de los bordes del material con espesor igual o mayor a 6 mm, no mayor que el espesor del material menos 2 mm.

La longitud efectiva mínima de las soldaduras en ángulo diseñadas por resistencia no debe ser menor que cuatro veces el lado, en caso contrario, se debe considerar que el tamaño de la soldadura no exceda un cuarto de su longitud efectiva.

AWS D1.1/D1.1M, Especificaciones complementarias.
2.3.3.7 *Garganta efectiva de uniones en T sesgadas.*

La garganta efectiva de uniones en T sesgadas en ángulos entre 60° y 30° debe ser igual a la altura del mayor triángulo que pueda inscribirse en la sección del metal de aportación, menos el coeficiente de reducción Z. La garganta efectiva de uniones en T sesgadas en ángulos entre 80° y 60° y en ángulos mayores a 100° debe tomarse igual a la altura del mayor triángulo que pueda inscribirse en la sección del metal de aportación.

4. Resistencia

La resistencia de diseño, ϕR_n, de uniones soldadas debe ser el valor menor entre la resistencia del material base determinada de acuerdo con los estados limites de ruptura en tracción y ruptura en corte y la resistencia del metal de soldadura determinada de acuerdo con el estado limite de fluencia, como se menciona a continuación:

Para el metal base

Para el metal de soldadura

donde

$\mathbf{F_{nBM}}$: Tensión nominal del metal base.

$\mathbf{F_{nw}}$: Tensión nominal del metal de soldadura.

$\mathbf{A_{BM}}$: Área de la sección transversal del metal base.

$\mathbf{A_{we}}$: Área efectiva de la soldadura.

$\mathbf{F_{EXX}}$: Resistencia de clasificación del metal de relleno.

$\mathbf{F_y}$: Tensión mínima de fluencia especificada para el material base.

$\mathbf{F_u}$: Resistencia a tracción mínima especificada.

Resistencia disponible en uniones soldadas, Tabla J2.5			
Tipo de Carga y Dirección Relativa al Eje de Soldadura	Metal Pertinente	Factor resistencia, ϕ	Tensión Nominal
Soldaduras de filete incluyendo filetes en agujeros y en ranuras y juntas T esviadas			
Corte	Base	0.9	$F_{nBM} = 0.6\ F_y$
	Soldadura	0.75	$F_{nw} = 0.60\ F_{EXX}$
Tracción o Compresión Paralelo al eje de soldadura	No se necesita considerar la tracción o compresión paralela a una soldadura en el diseño de las soldaduras que unen las partes.		

6. Requisitos del Metal de Aporte

La elección del electrodo debe cumplir con los requisitos para metales de aporte segun el metal base dados en AWS D1.1.

Comprobaciones geométricas					
Descripción	Tipo	P.S.	Longitud efectiva		Lado
			l_{min} (mm)	l (mm)	w (mm)
Soldadura en ángulo	En ángulo	SMAW	40	190	4

P.S.: Proceso de soldeo.
l: Longitud efectiva del cordón de soldadura.
w: Espesor del lado del cordón de soldadura.

Comprobación de resistencia													
Descripción	Lado (mm)	t (mm)	l (mm)	Electrodo F_w (MPa)	Metal Base F_y (MPa)	Cortante (Metal Soldadura)			Tensiones (Metal Base)			Factor Resistencia	
						Caso pesimo (MPa)	Resistente (MPa)	Aprov. (%)	Caso pesimo (MPa)	Resistente (MPa)	Aprov. (%)	ϕ Material base	ϕ Soldadura
Soldadura en ángulo	Se adopta el lado de soldadura cuyo espesor de garganta aporta una resistencia igual a la menor resistencia de las piezas a unir.												

8 BIBLIOGRAFÍA

- Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente, NSR-10
- Requisitos Esenciales para edificios de concreto reforzado, Basado en ACI-318-99, ICONTEC, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Edición 2002.
- FOUNDATION DESIGN Principles and Practices, Second edition, Prentice Hall , Donald P. Coduto, 2001
- CALCULO DE ESTRUCTURAS DE CIMENTACION, Instituto técnico de materiales y construcciones. José Calavera Ruiz, Madrid, 1991.