



0		14-05-2025	FG	FG	
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORO	REVISO	APROBÓ
OBRA: Edificio de Oficinas	COMITENTE:	INST AUTARQUICO PROV. DEL SEGURO DE ENTRE RÍOS		ESTUDIO:  Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.	
	ESTUDIO:	VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL, DIMENSIONADO Y MEMORIA DE CÁLCULO. ESTRUCTURA SOPORTE PANELES SOLARES			
	UBICACIÓN:	Gregoria Matorras - Paraná			
DOCUMENTO TIPO: INFORME FINAL				HOJA: 1 DE 27	REVISIÓN: 0

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 2 de 27	

INDICE

Memoria Descriptiva.	3
Datos de Obra.	4
Correas	7
Cabios	15

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 3 de 27	

MEMORIA DESCRIPTIVA

La presente memoria de cálculo trata sobre la estructura a construir en la obra de refuncionalización del edificio de oficinas propiedad de IAPSER - Paraná. Se trata de una estructura independiente, metálica, conformada por un sistema de cabios y correas. La misma se materializará a fin de prestar servicio como sostén del sistema de paneles solares para producción de energía eléctrica.

La resolución de la estructura se realizó mediante modelos computacionales utilizando softwares de aplicación específica. Las diferentes comprobaciones aquí presentadas se realizaron sobre los elementos más solicitados, resueltos estos, se adopta la misma sección para los demás de similares características geométricas y de cargas. En el **Gráfico 1** se muestra una imagen del modelo computacional utilizado.

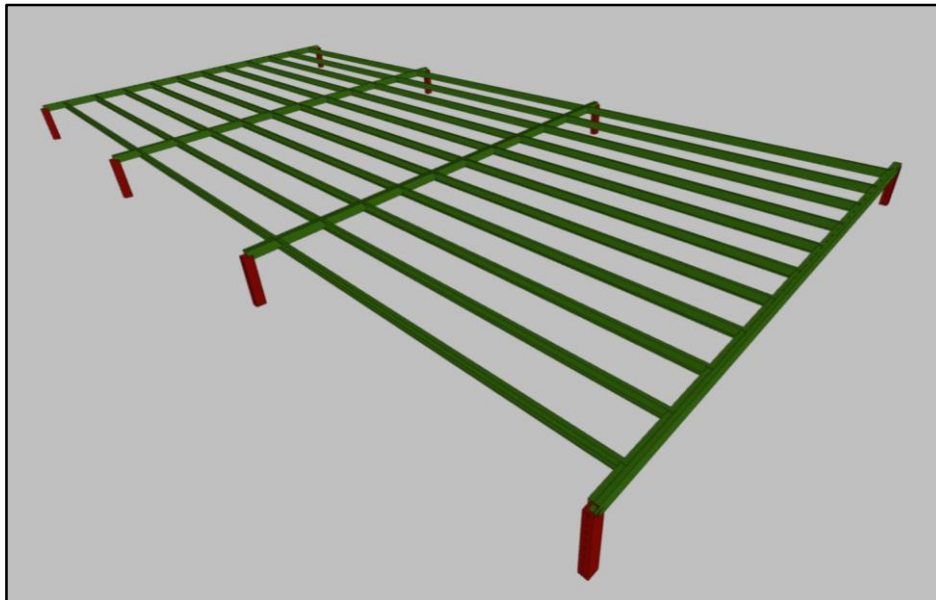


Grafico 1. Imagen de modelo computacional utilizado en la resolución de la estructura.-

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 4 de 27	

DATOS DE OBRA

VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA

Versión: 2023

Número de licencia: 108005

NORMAS CONSIDERADAS

Cargas: CIRSOC Serie 100 – Carga muerta sistema panelería: 16 kg/m²

Hormigón: CIRSOC 201-2005 CIRSOC

Acero: CIRSOC Serie 300 – ANSI/ASIC 360-10

Categoría de uso: General

SITUACIONES DE PROYECTO

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

- Donde:

G_k Acción permanente

P_k Acción de pretensado

Q_k Acción variable

γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

γ_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado

$\gamma_{Q,1}$

Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

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

Combinaciones

■ Nombres de las hipótesis

PP Peso propio

CM Cargas permanentes

Qa Sobrecarga de uso

■ E.L.U. de rotura. Hormigón

■ E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones

■ E.L.U. de rotura. Acero laminado

Comb.	PP	CM	Qa
-------	----	----	----

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 5 de 27	

Comb.	PP	CM	Qa
1	1.400	1.400	
2	1.200	1.200	
3	1.200	1.200	1.600
4	0.900	0.900	

- Tensiones sobre el terreno
- Desplazamientos

Comb.	PP	CM	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.000	1.000	1.000

MATERIALES UTILIZADOS

Hormigones

Elemento	Hormigón	f_{ck} (kp/cm ²)	γ_c	Tamaño máximo del árido (mm)	E_c (kp/cm ²)
Todos	H-25	255	1.00	15	239551

Aceros por elemento y posición

Aceros en barras

Elemento	Acero	f_{yk} (kp/cm ²)	γ_s
Todos	ADN 420	4281	1.00

Aceros en perfiles

Tipo de acero para perfiles	Acero	Límite Elástico (kp/cm ²)	Módulo de elasticidad (kp/cm ²)
-----------------------------	-------	--	--

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 6 de 27	

Tipo de acero para perfiles	Acero	Límite Elástico (kp/cm ²)	Módulo de elasticidad (kp/cm ²)
Acero conformado	ASTM A 36 36ksi	2548	2069317
Acero laminado	ASTM A 36 36ksi	2548	2069317

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 7 de 27	

CORREAS

Perfil: C 180x70x25x2.5

Material: Acero (F-24)

Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	x _q ⁽³⁾ (mm)	y _q ⁽³⁾ (mm)
N1	N2	7.500	8.84	439.91	61.32	0.18	-12.41	0.00

Notas:

⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado

⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme

⁽³⁾ Coordenadas del centro de gravedad

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L _K	7.500	7.500	3.250	3.250
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

Limitaciones geométricas (B1)

Se debe satisfacer:

$$w_1 / t : \underline{24.00} \quad \checkmark$$

Donde:

w₁: Longitud del tramo recto del elemento horizontal (paralelo al eje X).

w₁ : 60.00 mm

t: Espesor.

t : 2.50 mm

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 8 de 27	

$$w_2 / t : \underline{68.00} \quad \checkmark$$

Donde:

w₂: Longitud del tramo recto del elemento vertical (paralelo al eje Y). **w₂** : 170.00 mm

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

$$w_3 / t : \underline{8.00} \quad \checkmark$$

Donde:

w₃: Longitud del tramo recto del rigidizador de borde. **w₃** : 20.00 mm

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta_B : \underline{0.181} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.750 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.4·PP+1.4·CM1.

M_f: Resistencia a flexión crítica requerida para las combinaciones de carga LRFD. **M_f** : 0.206 t·m

M_c: Resistencia de diseño a flexión.

$$\mathbf{M_c} : \underline{1.136} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 9 de 27	

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 : 1.196 t·m

C3.1.1 Resistencia nominal de la sección.

M_n : 1.196 t·m

Donde:

S_{ex} : 48.88 cm³

Donde:

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

I_{ex} : 439.91 cm⁴

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

I_{ey} : 61.32 cm⁴

I_{exy} : Producto eficaz de inercia.

I_{exy} : 0.00 cm⁴

x : Distancia a la fibra extrema en flexión.

x : -17.59 mm

y : Distancia a la fibra extrema en flexión.

y : -90.00 mm

F_y : Límite elástico del acero.

F_y : 2446.48 kp/cm²

C3.1.2 Resistencia a pandeo lateral-torsional.

Como el factor de longitud eficaz para pandeo lateral es cero, la barra no está sometida a pandeo lateral-torsional. La resistencia a flexión se calcula según la Sección C3.1.1.

C3.1.4 Resistencia a pandeo por distorsión.

La comprobación de la Sección C3.1.4 no procede, ya que la longitud efectiva de pandeo por distorsión es cero.

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

Se debe satisfacer:

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 10 de 27	

η_v : 0.019 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.4·PP+1.4·CM1.

Donde:

V_f: Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD. **V_f** : 0.110 t

V_c: Resistencia de diseño a cortante.

V_c : 5.857 t

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 **V_n** : 6.166 t calculados según la Sección C3.2.1.

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

V_n : 6.166 t

Donde:

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

A_w : 4.25 cm²

Donde:

h: Altura del tramo recto del alma. **h** : 170.00 mm

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

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 11 de 27	

(b) Para

$$F_v : \underline{1450.77} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

$$h: \text{Altura del tramo recto del alma.} \quad h : \underline{170.00} \text{ mm}$$

$$t: \text{Espesor de los elementos paralelos a la dirección del cortante.} \quad t : \underline{2.50} \text{ mm}$$

$$E: \text{Módulo de Young.} \quad E : \underline{2069317.02} \text{ kp/cm}^2$$

$$F_y: \text{Límite elástico del acero.} \quad F_y : \underline{2446.48} \text{ kp/cm}^2$$

1. Para almas sin rigidizadores transversales:

$$K_v: \text{Coeficiente de abolladura por cortante.} \quad K_v : \underline{5.34}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.032} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.281 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.4·PP+1.4·CM1.

Donde:

(a) Para vigas sin rigidizadores transversales.

$$\eta : \underline{0.032}$$

Donde:

$$M_{fx}: \text{Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las } M_{fx} : \underline{0.203} \text{ t·m}$$

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 12 de 27	

combinaciones de carga LRFD.

M_{cx} : Resistencia de diseño a flexión alrededor del eje X. $M_{cx} : 1.136 \text{ t}\cdot\text{m}$

V_{fy} : Resistencia a cortante requerida en la dirección del eje Y para las combinaciones de carga LRFD. $V_{fy} : 0.014 \text{ t}$

V_{cy} : Resistencia de diseño a cortante en la dirección del eje Y. $V_{cy} : 5.857 \text{ t}$

Resistencia a flexión combinada con tracción (C5.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta_f : 0.181 \quad \checkmark$$

$$\eta : 0.181 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.750 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.4·PP+1.4·CM1.

Donde:

$$\eta_f : 0.181$$

Donde:

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

M_{fx} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD. $M_{fx} : 0.206 \text{ t}\cdot\text{m}$

$$M_{nxt} : 1.196 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 13 de 27	

Donde:

$$S_{ftx} : \underline{48.88} \text{ cm}^3$$

Donde:

$$I_x: \text{Momento de inercia respecto al eje X.} \quad I_x : \underline{439.91} \text{ cm}^4$$

$$I_y: \text{Momento de inercia respecto al eje Y.} \quad I_y : \underline{61.32} \text{ cm}^4$$

$$I_{xy}: \text{Producto de inercia.} \quad I_{xy} : \underline{0.00} \text{ cm}^4$$

$$x_t: \text{Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje X.} \quad x_t : \underline{-17.59} \text{ mm}$$

$$y_t: \text{Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje X.} \quad y_t : \underline{-90.00} \text{ mm}$$

$$F_y: \text{Límite elástico del acero.} \quad F_y : \underline{2446.48} \text{ kp/cm}^2$$

$$\phi_{by}: \text{Factor de resistencia para flexión alrededor del eje Y.} \quad \phi_{by} : \underline{0.95}$$

$$M_{fy}: \text{Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD.} \quad M_{fy} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{nyt} : \underline{0.316} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$S_{fty} : \underline{12.93} \text{ cm}^3$$

Donde:

$$I_x: \text{Momento de inercia respecto al eje X.} \quad I_x : \underline{439.91} \text{ cm}^4$$

$$I_y: \text{Momento de inercia respecto al eje Y.} \quad I_y : \underline{61.32} \text{ cm}^4$$

$$I_{xy}: \text{Producto de inercia.} \quad I_{xy} : \underline{0.00} \text{ cm}^4$$

$$x_t: \text{Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje Y.} \quad x_t : \underline{47.41} \text{ mm}$$

$$y_t: \text{Distancia a la fibra extrema traccionada en flexión alrededor del eje Y.} \quad y_t : \underline{65.00} \text{ mm}$$

$$F_y: \text{Límite elástico del acero.} \quad F_y : \underline{2446.48} \text{ kp/cm}^2$$

$$\phi_t: \text{Factor de resistencia para tracción.} \quad \phi_t : \underline{0.90}$$

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 14 de 27	

T_f: Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD. **T_f** : 0.000 t

T_n: Resistencia nominal a tracción, según la Sección C2. **T_n** : 21.615 t

η : 0.181

Donde:

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}** : 0.206 t·m

M_{nx}: Resistencia nominal a flexión alrededor del eje X según la Sección C3.1. **M_{nx}** : 1.196 t·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}** : 0.000 t·m

M_{ny}: Resistencia nominal a flexión alrededor del eje Y según la Sección C3.1. **M_{ny}** : 0.302 t·m

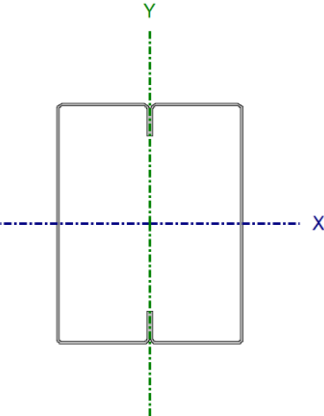
φ_t: Factor de resistencia para tracción. **φ_t** : 0.90

T_f: Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD. **T_f** : 0.000 t

T_n: Resistencia nominal a tracción, según la Sección C2. **T_n** : 21.615 t

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 15 de 27	

CABIOS

Perfil: C 180x70x25x2.5, Doble en cajón soldado (Cordón discontinuo) Material: Acero (F-24)						
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas		
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)
	N3	N2	10.032	17.67	879.81	519.90
	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	10.032	10.032	10.032	10.032	
	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						

Limitaciones geométricas (B1)

Se debe satisfacer:

$$w_1 / t : 24.00 \checkmark$$

Donde:

w₁: Longitud del tramo recto del elemento horizontal (paralelo al eje X).

w₁ : 60.00 mm

t: Espesor.

t : 2.50 mm

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 16 de 27	

$$w_2 / t : \underline{68.00} \quad \checkmark$$

Donde:

w₂: Longitud del tramo recto del elemento vertical (paralelo al eje Y). **w₂** : 170.00 mm

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

$$w_3 / t : \underline{8.00} \quad \checkmark$$

Donde:

w₃: Longitud del tramo recto del rigidizador de borde. **w₃** : 20.00 mm

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

Resistencia a compresión (C4)

Se debe satisfacer:

$$\eta_c : \underline{0.220} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.4·PP+1.4·CM1.

Donde:

P_f: Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD. **P_f** : 0.722 t

P_c: Resistencia de diseño a compresión.

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 17 de 27	

$$P_c : \underline{3.289} \text{ t}$$

Donde:

ϕ_c : Factor de resistencia para compresión.

$$\phi_c : \underline{0.85}$$

P_n : Resistencia nominal a compresión, tomada como el menor de los valores C4.1 y C4.2.

$$P_n : \underline{3.870} \text{ t}$$

C4.1 Resistencia nominal a compresión, considerando el efecto del pandeo por flexión, flexotorsión o torsión.

$$P_n : \underline{3.870} \text{ t}$$

Donde:

A_e : Área de la sección eficaz.

$$A_e : \underline{7.39} \text{ cm}^2$$

Para

$$F_n : \underline{523.63} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

F_y : Límite elástico del acero.

$$F_y : \underline{2446.48} \text{ kp/cm}^2$$

$$\lambda_c : \underline{2.02}$$

Donde:

F_y : Límite elástico del acero.

$$F_y : \underline{2446.48} \text{ kp/cm}^2$$

F_e : Tension elástica de pandeo a flexión calculada según las Secciones C4.1.1 a C4.1.4.

$$F_e : \underline{597.07} \text{ kp/cm}^2$$

C4.1.1 Secciones no sometidas a pandeo por torsión o por flexotorsión.

F_{crit} : Tensión crítica de pandeo, tomada como la menor de F_{ex} y F_{ey} .

$$F_{crit} : \underline{597.07} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 18 de 27	

Ya que esta norma no considera la posibilidad de combinaciones de compresión y otros esfuerzos para secciones compuestas, las esbelteces han sido modificadas según el método descrito al inicio de este listado. Para las reglas especificadas en la norma, se puede consultar el Capítulo D1.

$$F_{ex} : \underline{1010.40} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

E: Módulo de Young.

$$E : \underline{2069317.02} \text{ kp/cm}^2$$

λ : Esbeltez modificada de la pieza compuesta respecto al eje X.

$$\lambda : \underline{142.17}$$

$$F_{ey} : \underline{597.07} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

E: Módulo de Young.

$$E : \underline{2069317.02} \text{ kp/cm}^2$$

λ : Esbeltez modificada de la pieza compuesta respecto al eje Y.

$$\lambda : \underline{184.95}$$

C4.1.2 Secciones con uno o dos ejes de simetría sometidas a pandeo por torsión o por flexotorsión.

(i) Para secciones con un eje de simetría, y angulares con alas iguales en los que el área eficaz no es igual al área bruta de la sección.

Las comprobaciones de la Sección C4.1.2 no proceden, ya que las longitudes efectivas de pandeo lateral de este elemento son nulas.

C4.2 Resistencia a pandeo por distorsión.

La comprobación de la Sección C4.2 no procede, ya que la longitud efectiva de pandeo por distorsión es cero.

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

Se debe satisfacer:

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 19 de 27	

η_B : **0.605** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.4·PP+1.4·CM1.

M_f: Resistencia a flexión crítica requerida para las combinaciones de carga LRFD. **M_f** : 0.687 t·m

M_c: Resistencia de diseño a flexión.

M_c : 1.136 t·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 : 1.196 t·m

C3.1.1 Resistencia nominal de la sección.

M_n : 1.196 t·m

Donde:

S_{ex} : 48.88 cm³

Donde:

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

I_{ex} : 439.91 cm⁴

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

I_{ey} : 61.32 cm⁴

I_{exy}: Producto eficaz de inercia.

I_{exy} : 0.00 cm⁴

x: Distancia a la fibra extrema en flexión.

x : -17.59 mm

y: Distancia a la fibra extrema en flexión.

y : -90.00 mm

F_y: Límite elástico del acero.

F_y : 2446.48 kp/cm²

C3.1.2 Resistencia a pandeo lateral-torsional.

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 20 de 27	

Como el factor de longitud eficaz para pandeo lateral es cero, la barra no está sometida a pandeo lateral-torsional. La resistencia a flexión se calcula según la Sección C3.1.1.

C3.1.4 Resistencia a pandeo por distorsión.

La comprobación de la Sección C3.1.4 no procede, ya que la longitud efectiva de pandeo por distorsión es cero.

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

Se debe satisfacer:

$$\eta_v : \underline{0.070} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.4·PP+1.4·CM1.

Donde:

V_f: Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD. **V_f** : 0.412 t

V_c: Resistencia de diseño a cortante.

$$\mathbf{V_c} : \underline{5.857} \quad \text{t}$$

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 **V_n** : 6.166 t calculados según la Sección C3.2.1.

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

$$\mathbf{V_n} : \underline{6.166} \quad \text{t}$$

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 21 de 27	

Donde:

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

A_w : 4.25 cm²

Donde:

h: Altura del tramo recto del alma.

h : 170.00 mm

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

t : 2.50 mm

(b) Para

F_v : 1450.77 kp/cm²

Donde:

h: Altura del tramo recto del alma.

h : 170.00 mm

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

t : 2.50 mm

E: Módulo de Young.

E : 2069317.02 kp/cm²

F_y: Límite elástico del acero.

F_y : 2446.48 kp/cm²

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 corte en la dirección del eje Y (C3.3)

Se debe satisfacer:

η : 0.371 ✓

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 22 de 27	

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.4·PP+1.4·CM1.

Donde:

(a) Para vigas sin rigidizadores transversales.

$$\eta : \underline{0.371}$$

Donde:

M_{fx}: Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las **M_{fx}** : 0.687 t·m combinaciones de carga LRFD.

M_{cx}: Resistencia de diseño a flexión alrededor del eje X. **M_{cx}** : 1.136 t·m

V_{fy}: Resistencia a cortante requerida en la dirección del eje Y para las **V_{fy}** : 0.412 t combinaciones de carga LRFD.

V_{cy}: Resistencia de diseño a cortante en la dirección del eje Y. **V_{cy}** : 5.857 t

Resistencia a flexión combinada con compresión (C5.2.2)

(a) Se debe satisfacer el siguiente criterio si

$$\eta : \underline{0.878} \quad \checkmark$$

$$\eta_o : \underline{0.652} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.4·PP+1.4·CM1.

Donde:

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 23 de 27	

η : 0.878

Donde:

ϕ_c : Factor de resistencia para compresión. ϕ_c : 0.85

P_f : Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD. P_f : 0.722 t

P_n : Resistencia nominal a compresión según la Sección C4. P_n : 3.870 t

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

C_{mx} : Coeficiente de momento en los extremos para flexión respecto al eje X. C_{mx} : 1.0

M_{fx} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las combinaciones de carga LRFD. M_{fx} : 0.687 t·m

M_{nx} : Resistencia nominal a flexión alrededor del eje X según la Sección C3.1. M_{nx} : 1.196 t·m

α_x : 0.92

Donde:

P_{Ex} : 8.927 t

Donde:

E : Módulo de Young. E : 2069317.02 kp/cm²

A : Área bruta de la sección compuesta. A : 17.67 cm²

λ : Esbeltez modificada de la pieza compuesta respecto al eje X. λ : 142.17

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

C_{my} : Coeficiente de momento en los extremos para flexión respecto al eje Y. C_{my} : 1.0

M_{fy} : Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las combinaciones de carga LRFD. M_{fy} : 0.000 t·m

M_{ny} : Resistencia nominal a flexión alrededor del eje Y según la M_{ny} : 0.302 t·m

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 24 de 27	

Sección C3.1.

α_y : 0.86

Donde:

P_{Ey} : 5.275 t

Donde:

E: Módulo de Young.

E : 2069317.02 kp/cm²

A: Área bruta de la sección compuesta.

A : 17.67 cm²

λ : Esbeltez modificada de la pieza compuesta respecto al eje Y.

λ : 184.95

η_o : 0.652

Donde:

ϕ_c : Factor de resistencia para compresión.

ϕ_c : 0.85

P_f: Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD.

P_f : 0.722 t

P_{no}: Resistencia nominal a compresión según la Sección C4 con

P_{no} : 18.080 t

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} : 0.687 t·m

M_{nx}: Resistencia nominal a flexión alrededor del eje X según la Sección C3.1.

M_{nx} : 1.196 t·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} : 0.000 t·m

M_{ny}: Resistencia nominal a flexión alrededor del eje Y según la Sección C3.1.

M_{ny} : 0.302 t·m

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 25 de 27	

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

Ya que la norma no proporciona una comprobación general para secciones sometidas a torsión combinada con otros esfuerzos, se considera que este elemento debe cumplir, además, el siguiente criterio de rotura de Von Mises:

$$\eta : \underline{0.824} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.014} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.680} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.4·PP+1.4·CM1.

Donde:

f_a: Tensión normal debida a compresión, calculada utilizando el área de la sección bruta.

$$\mathbf{f_a} : \underline{97.72} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

P_f: Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD. **P_f** : 0.722 t

A_e: Área de la sección eficaz. **A_e** : 7.39 cm²

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** : 42.41 mm

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 26 de 27	

y: Coordenada Y del punto de cálculo respecto al centro de gravedad. **y :** 90.00 mm

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

f_{bx} : 1405.49 kp/cm²

Donde:

M_{fx}: Resistencia requerida a flexión respecto al eje X para las **M_{fx} :** -0.687 t·m combinaciones de carga LRFD.

I_x: Momento de inercia respecto al eje X. **I_x :** 439.91 cm⁴

f_{by}: Tensión normal debida a la flexión alrededor del eje Y, calculada utilizando la sección eficaz.

f_{by} : 0.00 kp/cm²

Donde:

M_{fy}: Resistencia requerida a flexión respecto al eje Y para las **M_{fy} :** 0.000 t·m combinaciones de carga LRFD.

I_{ey}: Momento eficaz de inercia respecto al eje Y. **I_{ey} :** 53.45 cm⁴

f_{vx}: Tensión tangencial debida al esfuerzo cortante en la dirección del eje X. **f_{vx} :** 0.00 kp/cm²

f_{vy}: Tensión tangencial debida al esfuerzo cortante en la dirección del eje Y. **f_{vy} :** 18.85 kp/cm²

f_{tr}: Tensión tangencial debida a la torsión. **f_{tr} :** 0.00 kp/cm²

F_a: Resistencia a compresión de la sección.

F_a : 445.09 kp/cm²

Donde:

φ_c: Factor de resistencia para compresión. **φ_c :** 0.85

F_n: Tensión crítica nominal de pandeo, calculada según el Capítulo C4. **F_n :** 523.63 kp/cm²

F_{bx}, F_{by}: Resistencia de la sección a flexión alrededor de los ejes X y Y, respectivamente.

F_{bx} : 2324.16 kp/cm²

F_{by} : 2324.16 kp/cm²

Obra: Edificio de oficinas	EST.: Memoria de cálculo.	Fecha: 14/05/25	 Franco Grzelak Ing. Civil U.T.N. Mg. Ing. U.B.A.
	INFORME FINAL	Rev: 0	
		Hoja: 27 de 27	

Donde:

ϕ_b : Factor de resistencia para flexión.

ϕ_b : 0.95

F_y : Límite elástico del acero.

F_y : 2446.48 kp/cm²

F_{vx} , F_{vy} : Resistencia de la sección a cortante en las direcciones X y Y, respectivamente.

F_{vx} : 1341.85 kp/cm²

F_{vy} : 1341.85 kp/cm²

Donde:

ϕ_v : Factor de resistencia para cortante.

ϕ_v : 0.95

F_y : Límite elástico del acero.

F_y : 2446.48 kp/cm²

F_{Tr} : Resistencia a torsión de la sección.

F_{Tr} : 1271.23 kp/cm²

Donde:

ϕ_{Tr} : Factor de resistencia para torsión.

ϕ_{Tr} : 0.90

F_y : Límite elástico del acero.

F_y : 2446.48 kp/cm²

