

Resistencia a la flexión del eje X (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.043} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6110, para la combinación de acciones PP+1.4·V4.

M_{Sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{M_{Sd}} : \underline{41.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Ya que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', se debe considerar una viga de núcleo no delgada (ABNT NBR 8800: 2008, adjunto archivo G).

$$\mathbf{43.71} \leq \mathbf{161.22}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : \underline{43.71}$$

Siendo:

h: Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$\mathbf{h} : \underline{572.60} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$\mathbf{t_w} : \underline{13.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_r = 5.70 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_r : \underline{161.22}$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$\mathbf{E} : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$\mathbf{f_y} : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

El momento flector de diseño M_{Rd} de vigas de alma no esbeltas debe tomarse como el valor más bajo entre los obtenidos en las siguientes secciones:

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{948.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

(a) Momento flector máximo resistente de diseño (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2.2):

$$\mathbf{M_{Rd}} = \frac{1.50 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{1244.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_x: Módulo elástico mínimo de resistencia de la sección transversal en relación con el eje de flexión.

$$\mathbf{W_x} : \underline{3650.53} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$\mathbf{f_y} : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{a1}} : \underline{1.10}$$

(b) Estado límite último de Pandeo lateral torcido, FLT (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$\mathbf{23.91} \leq \mathbf{49.78}$$

$$\mathbf{M_{Rd}} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{948.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Donde:

$$\lambda = \frac{L_b}{r_y}$$

$$\lambda : 23.91$$

Siendo:

L_{b,inf}: Distancia entre puntos bloqueados al Pandeo lateral.

$$L_{b,inf} : 1.200 \text{ m}$$

r_y: Radio de rotación de la sección con respecto al eje principal de inercia perpendicular al eje de flexión.

$$r_y : 5.02 \text{ cm}$$

$$\lambda_p = 1.76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : 49.78$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : 1043.28 \text{ kN}$$

Donde:

Z_x: Módulo de resistencia plástica.

$$Z_x : 4173.10 \text{ cm}^3$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

(c) Estado límite último para pandeo local de la mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$5.18 \leq 10.75$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 948.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : 5.18$$

Siendo:

b_f: Ancho de la mesa comprimida.

$$b_f : 230.00 \text{ mm}$$

t_f: Espesor de la mesa comprimida.

$$t_f : 22.20 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : 10.75$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : 1043.28 \text{ kN}$$

Donde:

Z_x: Módulo de resistencia plástica.

$$Z_x : 4173.10 \text{ cm}^3$$

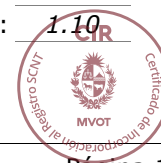
f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

(d) Estado límite último para pandeo local del alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):



$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$43.71 \leq 106.35$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 948.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : 43.71$$

Siendo:

h: Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$h : 572.60 \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : 13.10 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : 106.35$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : 1043.28 \text{ kN}$$

Donde:

Z_x: Módulo de resistencia plástico.

$$Z_x : 4173.10 \text{ cm}^3$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

Resistencia a la flexión del eje Y (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.398 \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6110, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V3.

M_{sd}⁻: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$M_{sd}^- : 35.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector de diseño **M_{Rd}** deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$$M_{Rd} : 89.23 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

(a) Momento flector máximo resistente de diseño (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2.2):

$$M_{Rd} = \frac{1.50 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 133.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_y: Módulo elástico mínimo de resistencia de la sección transversal

$$W_y : 392.61 \text{ cm}^3$$



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

en relación con el eje de flexión.

f_y : Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

γ_{a1} : 1.10

(b) Estado límite último para pandeo local de la mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$5.18 \leq 10.75$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{139.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : \underline{5.18}$$

Siendo:

b_f : Ancho de la mesa comprimida.

$$b_f : \underline{230.00} \text{ mm}$$

t_f : Espesor de la mesa comprimida.

$$t_f : \underline{22.20} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{10.75}$$

Siendo:

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : \underline{153.50} \text{ kN}$$

Donde:

Z_y : Módulo de resistencia plástico.

$$Z_y : \underline{614.00} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(c) Estado límite último para pandeo local del alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda > \lambda_r$$

$$43.71 > 39.60$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}} \leq \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{89.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : \underline{43.71}$$

Siendo:

h : Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$h : \underline{572.60} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{13.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_r = 1.40 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_r : \underline{39.60}$$

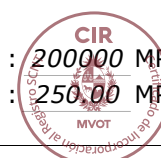
Siendo:

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

$$M_{cr} = \frac{W_{ef}^2}{W} \cdot f_y$$

$$M_{cr} : \underline{98.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{ef,y}$: Módulo de resistencia elástico mínimo, relativo al eje de flexión, para una sección que tiene una tabla comprimida de ancho igual a b_{ef} dada por F.3.2, con σ igual a f_y .

$$W_{ef,y} : \underline{392.61} \text{ cm}^3$$

W_y : Módulo elástico mínimo de resistencia de la sección transversal en relación con el eje de flexión.

$$W_y : \underline{392.61} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : \underline{153.50} \text{ kN}$$

Donde:

Z_y : Módulo de resistencia plástico.

$$Z_y : \underline{614.00} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistencia al corte en X (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.021} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6110, para la combinación de acciones $1.5 \cdot PP + 0.75 \cdot SCU1 + 1.4 \cdot V3$.

V_{Sd} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$V_{Sd} : \underline{28.65} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente de diseño, V_{Rd} , está determinada por la expresión:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$5.18 \leq \underline{34.08}$$

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$V_{Rd} : \underline{1392.55} \text{ kN}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : \underline{5.18}$$

Siendo:

b_f : Largura das mesas.

$$b_f : \underline{230.00} \text{ mm}$$

t_f : Espessura das mesas.

$$t_f : \underline{22.20} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{34.08}$$

Siendo:

k_v : Coeficiente de Pandeo.

$$k_v : \underline{1.20}$$





Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

E: Módulo de elasticidad del acero.

E : 200000 MPa

f_y: Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

$$V_{pl} = 0.60 \cdot A_w \cdot f_y$$

V_{pl} : 1531.80 kN

Siendo:

A_w: Área al corte efectiva.

$$A_w = 2 \cdot b_f \cdot t_f$$

A_w : 102.12 cm²

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

γ_{a1} : 1.10

Resistencia a la fuerza cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.018 ✓

El esfuerzo demandante de cálculo desfavorable tiene lugar para la combinación de acciones PP+1.4·V4.

V_{Sd}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

V_{Sd} : 20.02 kN

La fuerza de corte resistente de diseño, V_{Rd}, está determinada por la expresión:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

43.71 ≤ 69.57

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

V_{Rd} : 1102.19 kN

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

λ : 43.71

Siendo:

h: Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

h : 572.60 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 13.10 mm

$$\lambda_p = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

λ_p : 69.57

Siendo:

k_v: Coeficiente de Pandeo.

k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidad del acero.

E : 200000 MPa

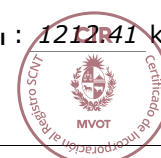
f_y: Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

$$V_{pl} = 0.60 \cdot A_w \cdot f_y$$

V_{pl} : 1212.41 kN

Siendo:



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

 A_w : Área al corte efectiva.

$$A_w = d \cdot t_w$$

$$A_w : \underline{80.83} \text{ cm}^2$$

 d : Altura total de la sección transversal.

$$d : \underline{617.00} \text{ mm}$$

 γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistencia a la tensión axial y a la flexión combinadas (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.1.2)

Debe satisfacer:

$$\eta \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.458} \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6110, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V3.

 $N_{c,Sd}$: Fuerza de compresión axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$$N_{c,Sd} : \underline{133.46} \text{ kN}$$

 $M_{x,Sd}$: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$M_{x,Sd} : \underline{40.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

 $M_{y,Sd}$: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$M_{y,Sd} : \underline{35.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{Sd} / N_{Rd} < 0.2$$

$$0.034 < 0.200$$

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{2 \cdot N_{c,Rd}} + \left(\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.458}$$

Donde:

 $N_{c,Rd}$: Fuerza axial resistente de cálculo de compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3).

$$N_{c,Rd} : \underline{3903.70} \text{ kN}$$

 $M_{x,Rd}, M_{y,Rd}$: Momentos flectores resistentes de cálculo, con respecto a los ejes X e Y de la sección transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2).

$$M_{x,Rd} : \underline{948.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,Rd} : \underline{89.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Fuerza torsional (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.2.1)

Dado que la norma no prevé un control general para las secciones no tubulares sometidas exclusivamente a torsión, se considera que este elemento también debe cumplir con los siguientes criterios:

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{T_{Sd}}{T_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.007} \checkmark$$

El esfuerzo demandante de cálculo desfavorable tiene lugar para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V3.



T_{Sd}: Esfuerzo de torsión solicitante de cálculo, desfavorable.

T_{Sd} : 0.09 kN·m

El momento de torsión resistente al cálculo, T_{Rd}, está determinada por la expresión:

$$T_{Rd} = \frac{0.60 \cdot W_T \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

T_{Rd} : 13.82 kN·m

Donde:

W_T: Módulo de Fuerza torsional.

W_T : 101.36 cm³

f_y: Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

γ_{a1} : 1.10

Resistencia al momento de torsión, resistencia axial, momento flector y cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.2.2)

Este caso no está cubierto por la norma y, por tanto, no es posible realizar la verificación.

Resistencia a las interacciones de tensión y torsión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.2.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{|\sigma_{Sd}|}{\sigma_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.495 ✓

$$\eta = \frac{|\tau_{Sd}|}{\tau_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.007 ✓

(Dado que la norma no proporciona una verificación de la tensión total para las secciones sometidas a torsión combinadas con otras tensiones, se considera que este elemento también debe cumplir con los siguientes criterios para la tensión de Von Mises :)

$$\eta = \frac{f_{Sd}}{f_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.437 ✓

El coeficiente de rendimiento desfavorable tiene lugar en el nudo N6110, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V3 en el punto de la sección transversal de coordenadas X = -115.00 mm, Y = -308.50 mm en relación con el centro de gravedad.

Los esfuerzos normais σ_{Sd} vienen dados por:

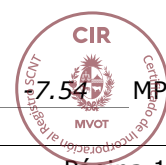
$$\sigma_{Sd} = \sigma_{N_{Sd}} + \sigma_{M_{x,Sd}} + \sigma_{M_{y,Sd}}$$

σ_{Sd} : -109.17 MPa

Donde:

$$\sigma_{N_{Sd}} = \frac{N_{c,Sd}}{Q \cdot A_g}$$

σ_{N_{Sd}} : 7.545 MPa



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Siendo:

N_{c,Sd}: Fuerza de compresión axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{N_{c,Sd}} : \underline{133.46} \text{ kN}$$

Q: Factor de reducción total asociado a Pandeo local (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo F).

$$\mathbf{Q} : \underline{0.987}$$

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

$$\mathbf{A_g} : \underline{179.30} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{M_x, Sd} = - \frac{M_{x, Sd}}{I_x} \cdot Y$$

$$\sigma_{M_x, Sd} : \underline{-11.16} \text{ MPa}$$

Siendo:

M_{x,Sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{M_{x,Sd}} : \underline{40.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

I_x: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje X.

$$\mathbf{I_x} : \underline{112619.00} \text{ cm}^4$$

Y: Coordenada, en relación al eje Y, del punto desfavorable de la sección transversal en relación al centro de gravedad de la sección bruta.

$$\mathbf{Y} : \underline{-308.50} \text{ mm}$$

$$\sigma_{M_y, Sd} = - \frac{M_{y, Sd}}{I_y} \cdot X$$

$$\sigma_{M_y, Sd} : \underline{-90.47} \text{ MPa}$$

Siendo:

M_{y,Sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{M_{y,Sd}} : \underline{35.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

I_y: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje Y.

$$\mathbf{I_y} : \underline{4515.00} \text{ cm}^4$$

X: Coordenada, en relación al eje X, del punto desfavorable de la sección transversal en relación al centro de gravedad de la sección bruta.

$$\mathbf{X} : \underline{-115.00} \text{ mm}$$

Las tensiones tangenciales τ_{Sd} vienen dados por:

$$\tau_{Sd} = \tau_{V_{x,Sd}} + \tau_{V_{y,Sd}} + \tau_{T_{Sd}}$$

$$\tau_{Sd} : \underline{-0.93} \text{ MPa}$$

Donde:

$$\tau_{V_{x,Sd}} = - \frac{\bar{S}_y}{I_y \cdot t} \cdot V_{x,Sd}$$

$$\tau_{V_{x,Sd}} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

V_{x,Sd}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{V_{x,Sd}} : \underline{28.65} \text{ kN}$$

S_y: Momento estático, en relación al eje Y, de la parte de la sección ubicada a un lado del punto de verificación.

$$\mathbf{S_y} : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_y: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje Y.

$$\mathbf{I_y} : \underline{4515.00} \text{ cm}^4$$

t: Espesor.

$$\mathbf{t} : \underline{22.20} \text{ mm}$$

$$\tau_{V_{y,Sd}} = - \frac{\bar{S}_x}{I_x \cdot t} \cdot V_{y,Sd}$$

$$\tau_{V_{y,Sd}} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

V_{y,Sd}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{V_{y,Sd}} : \underline{19.56} \text{ kN}$$

S_x: Momento estático, en relación al eje X, de la parte del tramo ubicada a un lado del punto de verificación.

$$\mathbf{S_x} : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_x: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje X.

$$\mathbf{I_x} : \underline{112619.00} \text{ cm}^4$$



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

t: Espesor.**t :** 22.20 mm

$$\tau_{T_{sd}} = \pm \frac{t}{J} \cdot T_{sd}$$

 $\tau_{T_{sd}}$: -0.93 MPa

Siendo:

 T_{sd} : Esfuerzo de torsión solicitante de cálculo, desfavorable. **T_{sd} :** 0.09 kN·m**J:** Constante de torsión de la sección transversal.**J :** 225.01 cm⁴**t:** Espesor.**t :** 22.20 mmLas tensiones totales f_{sd} vienen dados por:

$$f_{sd} = \sqrt{\sigma_{sd}^2 + 3 \cdot \tau_{sd}^2}$$

 f_{sd} : 109.18 MPaLa tensión de resistencia de diseño, σ_{Rd} , viene dada por el valor más pequeño entre los obtenidos por a) y b): **σ_{Rd} :** 220.57 MPa

(a) Tensión resistente de diseño para los estados límite de fluencia bajo el efecto de la tensión normal:

$$\sigma_{Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{a1}}$$

 σ_{Rd} : 227.27 MPa

Donde:

 f_y : Resistencia al flujo de acero. **f_y :** 250.00 MPa **γ_{a1} :** Coeficiente de seguridad del material. **γ_{a1} :** 1.10

(b) Tensión resistente de diseño para estados límite de inestabilidad o Pandeo bajo tensión normal:

$$\sigma_{Rd} = \frac{\chi \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

 σ_{Rd} : 220.57 MPa

Donde:

 χ : Factor de reducción total asociado con la resistencia a la compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.3).

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

 χ : 0.971

Siendo:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_e}}$$

 λ_0 : 0.267

$$\sigma_e = \frac{N_e}{Q \cdot A_g}$$

 σ_e : 3497.04 MPa

Donde:

 N_e : Fuerza axial de Pandeo elástica. **N_e :** 61890.64 kN **Q :** Factor de reducción total asociado a Pandeo local (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo F). **Q :** 0.987 **A_g :** Área bruta de la sección transversal de la barra. **A_g :** 179.30 cm² **f_y :** Resistencia al flujo de acero. **f_y :** 250.00 MPa **γ_{a1} :** Coeficiente de seguridad del material. **γ_{a1} :** 1.10

Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

La tensión de resistencia de diseño, τ_{Rd} , viene dada por el valor más pequeño entre los obtenidos por a) y b):

$$\tau_{Rd} : \underline{135.31} \text{ MPa}$$

- (a) Esfuerzo resistente de diseño para los estados límite de fluencia bajo el efecto del esfuerzo cortante:

$$\tau_{Rd} = \frac{0.60 \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$\tau_{Rd} : \underline{136.36} \text{ MPa}$$

Donde:

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

- (b) Esfuerzo resistente de diseño para estados límite de inestabilidad o Pandeo bajo el efecto de esfuerzo cortante:

$$\tau_{Rd} = \frac{0.60 \cdot \chi \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$\tau_{Rd} : \underline{135.31} \text{ MPa}$$

Donde:

χ : Factor de reducción total asociado con la resistencia a la compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.3).

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

$$\chi : \underline{0.992}$$

Siendo:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{0.60 \cdot f_y}{\tau_e}}$$

$$\lambda_0 : \underline{0.136}$$

$$\tau_e = k_v \cdot \sigma_E$$

$$\tau_e : \underline{8083.48} \text{ MPa}$$

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t}{h}\right)^2$$

$$\sigma_E : \underline{6736.24} \text{ MPa}$$

Donde:

k_v : Coeficiente de Pandeo (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.3).

$$k_v : \underline{1.20}$$

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

ν : Coeficiente de Poisson.

$$\nu : \underline{0.30}$$

t : Espesor.

$$t : \underline{22.20} \text{ mm}$$

h : Ancho.

$$h : \underline{115.00} \text{ mm}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

La tensión de resistencia de diseño, f_{Rd} , es dada por:

$$f_{Rd} = \frac{1.1 \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$f_{Rd} : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

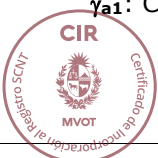
Donde:

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

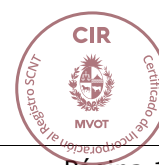




Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Barra N6127/N6460

Perfil: W 610 x 140.0**Material: acero (A-36 250Mpa)**

Nodos		Largo (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm4)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)
N6127	N6460	1.200	179.30	112619.00	4515.00	225.01
Notas: (1) Inercia con respecto al eje indicado (2) Momento de inercia de torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano ZX	Plano ZY	Solapa sup.	Solapa inf.		
β	1.00	1.00	1.00	1.00		
L _K	1.200	1.200	1.200	1.200		
C _b	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de Pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _b : Factor de modificación por momento crítico						

Limitación del índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.4)

El índice de esbeltez de las barras comprimidas, tomado como la mayor relación entre la longitud del pandeo y el radio de giro, no debe superar los 200.

$$\lambda \leq 200$$

$$\lambda : \underline{23.9} \quad \checkmark$$

Donde:

λ: Índice de esbeltez.

$$\lambda = \frac{K \cdot L}{r}$$

$$\lambda_x : \underline{4.8}$$

$$\lambda_y : \underline{23.9}$$

Siendo:

K_x·L_x: Longitud de pandeo debido a la flexión alrededor del eje X.

$$K_x \cdot L_x : \underline{1.200} \text{ m}$$

K_y·L_y: Longitud del pandeo doblando alrededor del eje Y.

$$K_y \cdot L_y : \underline{1.200} \text{ m}$$

r_x, r_y: Radio de rotación con respecto a los ejes principales X, Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{25.06} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{5.02} \text{ cm}$$

Resistencia a la tracción (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.025} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6460, para la combinación de acciones PP+1.4·V3.

N_{t,Sd}: Fuerza de tracción axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$$N_{t,Sd} : \underline{103.02} \text{ kN}$$

La fuerza de tracción axial resistente de cálculo, $N_{t,Rd}$, debe determinarse mediante la expresión:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$N_{t,Rd} : 4075.00 \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A_g : 179.30 \text{ cm}^2$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

Resistencia a compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.072 \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6127, para la combinación de acciones $1.5 \cdot PP + 0.75 \cdot SCU1 + 1.4 \cdot V1$.

$N_{c,Sd}$: Fuerza de compresión axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$$N_{c,Sd} : 281.16 \text{ kN}$$

La fuerza de compresión axial resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, debe determinarse mediante la expresión:

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$N_{c,Rd} : 3903.70 \text{ kN}$$

Donde:

χ : Factor de reducción total asociado con la resistencia a la compresión.

$$\chi : 0.971$$

Q : Factor de reducción total asociado a Pandeo local.

$$Q : 0.987$$

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

$$A_g : 179.30 \text{ cm}^2$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

Factor de reducción χ : (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.3)

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

$$\chi : 0.971$$

Donde:

λ_0 : Índice de esbeltez reducido.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}}$$

$$\lambda_0 : 0.267$$

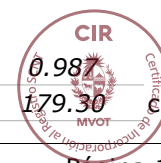
Siendo:

Q : Factor de reducción total asociado a Pandeo local.

$$Q : 0.987$$

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

$$A_g : 179.30 \text{ cm}^2$$



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

 f_y : Resistencia al flujo de acero. f_y : 250.00 MPa N_e : Fuerza axial de Pandeo elástica. N_e : 61890.64 kN**Fuerza axial de Pandeo elástica:** (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo E)

La Fuerza axial del Pandeo elástico, N_e , de una barra con una sección transversal doblemente simétrica o simétrica con respecto a un punto, viene dada por el menor valor entre los obtenidos por (a), (b) y (c):

 N_e : 61890.64 kN

- (a) Para Pandeo por flexión con relación al eje principal de inercia X de la sección transversal:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2}$$

 N_{ex} : 1543756.91 kN

Donde:

 $K_x \cdot L_x$: Longitud de pandeo debido a la flexión alrededor del eje X. $K_x \cdot L_x$: 1.200 m I_x : Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje X. I_x : 112619.00 cm⁴ E : Módulo de elasticidad del acero. E : 200000 MPa

- (b) Para Pandeo por flexión con relación al eje principal de inercia Y de la sección transversal:

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2}$$

 N_{ey} : 61890.64 kN

Donde:

 $K_y \cdot L_y$: Longitud del pandeo doblando alrededor del eje Y. $K_y \cdot L_y$: 1.200 m I_y : Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje Y. I_y : 4515.00 cm⁴ E : Módulo de elasticidad del acero. E : 200000 MPa

- (c) Para Pandeo por torsión en relación al eje longitudinal Z:

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \cdot \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_z \cdot L_z)^2} + G \cdot J \right]$$

 N_{ez} : 86199.26 kN

Donde:

 $K_z \cdot L_z$: Longitud de pandeo torsional. $K_z \cdot L_z$: 1.200 m E : Módulo de elasticidad del acero. E : 200000 MPa C_w : Constante de alabeo de sección transversal. C_w : 3981687.00 cm⁶ G : Módulo de elasticidad transversal del acero. G : 77000 MPa J : Constante de torsión de la sección transversal. J : 225.01 cm⁴ r_0 : Radio polar de rotación de la sección bruta en relación con el centro de cortante.

$$r_0 = \sqrt{(r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2)}$$

 r_0 : 25.56 cm

Donde:

 r_x, r_y : Radio de rotación con respecto a los ejes principales X, Y, respectivamente. r_x : 25.06 cm r_y : 5.02 cm x_0, y_0 : Coordenadas del centro de corte en la dirección de los ejes X, Y principales, respectivamente. x_0 : 0.00 mm y_0 : 0.00 mm

Pandeo local de barras comprimidas axialmente: (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo F)



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Las barras sometidas a resistencia axial de compresión, en las que los elementos componentes de la sección transversal tienen relaciones entre ancho y espesor (b/t) mayores que los valores límite dados en la Tabla F.1, tienen el factor de reducción total Q dado por:

$$Q = Q_s \cdot Q_a$$

$$Q : 0.987$$

Donde:

Q_s : Factor de reducción que tiene en cuenta el Pandeo local de los elementos AL. Cuando hay dos o más elementos AL con diferentes factores de reducción Q_s se adopta el más pequeño de estos factores.

$$Q_s : 1.000$$

Mesa: Elemento del Grupo 4 de la Tabla F.1.

$$(b/t) \leq 0.56 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$5.18 \leq 15.84$$

$$Q_s = 1.000$$

$$Q_s : 1.000$$

Siendo:

(b/t) : Relación entre ancho y espesor.

$$(b/t) : 5.18$$

Donde:

b : Ancho.

$$b : 115.00 \text{ mm}$$

t : Espesor.

$$t : 22.20 \text{ mm}$$

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

Q_a : Factor de reducción que lleva en cuenta a Pandeo local dos elementos AA.

$$Q_a = \frac{A_{ef}}{A_g}$$

$$Q_a : 0.987$$

Siendo:

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

$$A_g : 179.30 \text{ cm}^2$$

A_{ef} : Área efectiva de la sección transversal de la barra.

$$A_{ef} : 176.98 \text{ cm}^2$$

$$A_{ef} = A_g - \sum (b - b_{ef}) \cdot t$$

Alma: Elemento del grupo 2 de la tabla F.1.

$$(b/t) > 1.49 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$43.71 > 42.14$$

$$b_{ef} = 1.92 \cdot t \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \cdot \left[1 - \frac{c_a}{b/t} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right] \leq b$$

$$b_{ef} : 554.89 \text{ mm}$$

Siendo:

(b/t) : Relación entre ancho y espesor.

$$(b/t) : 43.71$$

Donde:

b : Ancho.

$$b : 572.60 \text{ mm}$$

t : Espesor.

$$t : 13.10 \text{ mm}$$

E : Módulo de elasticidad del acero.

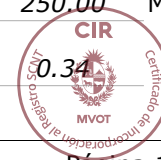
$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

C_a : Coeficiente para elementos distintos de mesas o núcleos de secciones tubulares rectangulares.

$$C_a : 0.34$$



Resistencia a la flexión del eje X (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.072} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6127, para la combinación de acciones 1.5·PP+1.4·V1.

M_{Sd}⁺: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{M_{Sd}^+} : \underline{67.89} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Ya que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', se debe considerar una viga de núcleo no delgada (ABNT NBR 8800: 2008, adjunto archivo G).

$$\mathbf{43.71 \leq 161.22}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : \underline{43.71}$$

Siendo:

h: Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$\mathbf{h} : \underline{572.60} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$\mathbf{t_w} : \underline{13.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_r = 5.70 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_r : \underline{161.22}$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$\mathbf{E} : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$\mathbf{f_y} : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

El momento flector de diseño M_{Rd} de vigas de alma no esbeltas debe tomarse como el valor más bajo entre los obtenidos en las siguientes secciones:

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{948.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

(a) Momento flector máximo resistente de diseño (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2.2):

$$\mathbf{M_{Rd}} = \frac{1.50 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{1244.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_x: Módulo elástico mínimo de resistencia de la sección transversal en relación con el eje de flexión.

$$\mathbf{W_x} : \underline{3650.53} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$\mathbf{f_y} : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{a1}} : \underline{1.10}$$

(b) Estado límite último de Pandeo lateral torcido, FLT (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$\mathbf{23.91 \leq 49.78}$$

$$\mathbf{M_{Rd}} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{948.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Donde:

$$\lambda = \frac{L_b}{r_y}$$

$$\lambda : 23.91$$

Siendo:

L_{b,sup}: Distancia entre puntos bloqueados al Pandeo lateral.

$$L_{b,sup} : 1.200 \text{ m}$$

r_y: Radio de rotación de la sección con respecto al eje principal de inercia perpendicular al eje de flexión.

$$r_y : 5.02 \text{ cm}$$

$$\lambda_p = 1.76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : 49.78$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : 1043.28 \text{ kN}$$

Donde:

Z_x: Módulo de resistencia plástica.

$$Z_x : 4173.10 \text{ cm}^3$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

(c) Estado límite último para pandeo local de la mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$5.18 \leq 10.75$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 948.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : 5.18$$

Siendo:

b_f: Ancho de la mesa comprimida.

$$b_f : 230.00 \text{ mm}$$

t_f: Espesor de la mesa comprimida.

$$t_f : 22.20 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : 10.75$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : 1043.28 \text{ kN}$$

Donde:

Z_x: Módulo de resistencia plástica.

$$Z_x : 4173.10 \text{ cm}^3$$

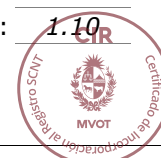
f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

(d) Estado límite último para pandeo local del alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):



$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$43.71 \leq 106.35$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 948.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : 43.71$$

Siendo:

h: Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$h : 572.60 \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : 13.10 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : 106.35$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : 1043.28 \text{ kN}$$

Donde:

Z_x: Módulo de resistencia plástico.

$$Z_x : 4173.10 \text{ cm}^3$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

Resistencia a la flexión del eje Y (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.403 \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6127, para la combinación de acciones PP+1.4·V3.

M_{sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$M_{sd} : 35.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector de diseño **M_{Rd}** deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$$M_{Rd} : 89.23 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

(a) Momento flector máximo resistente de diseño (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2.2):

$$M_{Rd} = \frac{1.50 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 133.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_y: Módulo elástico mínimo de resistencia de la sección transversal

$$W_y : 392.61 \text{ cm}^3$$



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

en relación con el eje de flexión.

f_y : Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

γ_{a1} : 1.10

(b) Estado límite último para pandeo local de la mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$5.18 \leq 10.75$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{139.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : \underline{5.18}$$

Siendo:

b_f : Ancho de la mesa comprimida.

$$b_f : \underline{230.00} \text{ mm}$$

t_f : Espesor de la mesa comprimida.

$$t_f : \underline{22.20} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{10.75}$$

Siendo:

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : \underline{153.50} \text{ kN}$$

Donde:

Z_y : Módulo de resistencia plástico.

$$Z_y : \underline{614.00} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(c) Estado límite último para pandeo local del alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda > \lambda_r$$

$$43.71 > 39.60$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}} \leq \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{89.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : \underline{43.71}$$

Siendo:

h : Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$h : \underline{572.60} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{13.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_r = 1.40 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_r : \underline{39.60}$$

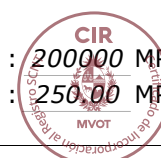
Siendo:

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

$$M_{cr} = \frac{W_{ef}^2}{W} \cdot f_y$$

$$M_{cr} : \underline{98.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{ef,y}$: Módulo de resistencia elástico mínimo, relativo al eje de flexión, para una sección que tiene una tabla comprimida de ancho igual a b_{ef} dada por F.3.2, con σ igual a f_y .

$$W_{ef,y} : \underline{392.61} \text{ cm}^3$$

W_y : Módulo elástico mínimo de resistencia de la sección transversal en relación con el eje de flexión.

$$W_y : \underline{392.61} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : \underline{153.50} \text{ kN}$$

Donde:

Z_y : Módulo de resistencia plástico.

$$Z_y : \underline{614.00} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistencia al corte en X (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.021} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6127, para la combinación de acciones PP+1.4·V3.

V_{Sd} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$V_{Sd} : \underline{29.45} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente de diseño, V_{Rd} , está determinada por la expresión:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$5.18 \leq \underline{34.08}$$

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$V_{Rd} : \underline{1392.55} \text{ kN}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : \underline{5.18}$$

Siendo:

b_f : Largura das mesas.

$$b_f : \underline{230.00} \text{ mm}$$

t_f : Espessura das mesas.

$$t_f : \underline{22.20} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{34.08}$$

Siendo:

k_v : Coeficiente de Pandeo.

$$k_v : \underline{1.20}$$



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

E: Módulo de elasticidad del acero.**E :** 200000 MPa**f_y:** Resistencia al flujo de acero.**f_y :** 250.00 MPa

$$V_{pl} = 0.60 \cdot A_w \cdot f_y$$

$$V_{pl} : \underline{1531.80} \text{ kN}$$

Siendo:

A_w: Área al corte efectiva.

$$A_w = 2 \cdot b_f \cdot t_f$$

$$A_w : \underline{102.12} \text{ cm}^2$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistencia a la fuerza cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.033} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6127, para la combinación de acciones 1.5·PP+1.4·V1.

V_{sd}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$V_{sd} : \underline{35.90} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente de diseño, V_{Rd}, está determinada por la expresión:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$43.71 \leq 69.57$$

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$V_{Rd} : \underline{1102.19} \text{ kN}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : \underline{43.71}$$

Siendo:

h: Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$h : \underline{572.60} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{13.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{69.57}$$

Siendo:

k_v: Coeficiente de Pandeo.

$$k_v : \underline{5.00}$$

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

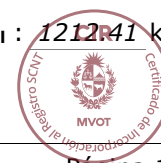
f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

$$V_{pl} = 0.60 \cdot A_w \cdot f_y$$

$$V_{pl} : \underline{1212.41} \text{ kN}$$

Siendo:



A_w : Área al corte efectiva.

$$A_w = d \cdot t_w$$

$$A_w : \underline{80.83} \text{ cm}^2$$

d : Altura total de la sección transversal.

$$d : \underline{617.00} \text{ mm}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistencia a la tensión axial y a la flexión combinadas (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.1.2)

Debe satisfacer:

$$\eta \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.454} \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6127, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V4.

$N_{c,Sd}$: Fuerza de compresión axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$$N_{c,Sd} : \underline{173.47} \text{ kN}$$

$M_{x,Sd}$: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$M_{x,Sd} : \underline{30.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{y,Sd}$: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$M_{y,Sd} : \underline{35.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{Sd} / N_{Rd} < 0.2$$

$$0.044 < 0.200$$

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{2 \cdot N_{c,Rd}} + \left(\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.454}$$

Donde:

$N_{c,Rd}$: Fuerza axial resistente de cálculo de compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3).

$$N_{c,Rd} : \underline{3903.70} \text{ kN}$$

$M_{x,Rd}, M_{y,Rd}$: Momentos flectores resistentes de cálculo, con respecto a los ejes X e Y de la sección transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2).

$$M_{x,Rd} : \underline{948.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,Rd} : \underline{89.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Fuerza torsional (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.2.1)

Dado que la norma no prevé un control general para las secciones no tubulares sometidas exclusivamente a torsión, se considera que este elemento también debe cumplir con los siguientes criterios:

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{T_{Sd}}{T_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.002} \checkmark$$

El esfuerzo demandante de cálculo desfavorable tiene lugar para la combinación de acciones 1.5·PP+1.4·V4.



T_{sd} : Esfuerzo de torsión solicitante de cálculo, desfavorable.

T_{sd} : 0.03 kN·m

El momento de torsión resistente al cálculo, T_{Rd} , está determinada por la expresión:

$$T_{Rd} = \frac{0.60 \cdot W_T \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

T_{Rd} : 13.82 kN·m

Donde:

W_T : Módulo de Fuerza torsional.

W_T : 101.36 cm³

f_y : Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

γ_{a1} : 1.10

Resistencia al momento de torsión, resistencia axial, momento flector y cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.2.2)

Este caso no está cubierto por la norma y, por tanto, no es posible realizar la verificación.

Resistencia a las interacciones de tensión y torsión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.2.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{|\sigma_{sd}|}{\sigma_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.495 ✓

$$\eta = \frac{|\tau_{sd}|}{\tau_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.002 ✓

(Dado que la norma no proporciona una verificación de la tensión total para las secciones sometidas a torsión combinadas con otras tensiones, se considera que este elemento también debe cumplir con los siguientes criterios para la tensión de Von Mises :)

$$\eta = \frac{f_{sd}}{f_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.436 ✓

El coeficiente de rendimiento desfavorable tiene lugar en el nudo N6127, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V4 en el punto de la sección transversal de coordenadas X = 115.00 mm, Y = -308.50 mm en relación con el centro de gravedad.

Los esfuerzos normais σ_{sd} vienen dados por:

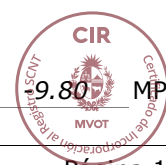
$$\sigma_{sd} = \sigma_{N_{sd}} + \sigma_{M_{x, sd}} + \sigma_{M_{y, sd}}$$

σ_{sd} : -109.09 MPa

Donde:

$$\sigma_{N_{sd}} = \frac{N_{c, sd}}{Q \cdot A_g}$$

$\sigma_{N_{sd}}$: 9.805 MPa



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Siendo:

N_{c,Sd}: Fuerza de compresión axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{N_{c,Sd}} : \underline{173.47} \text{ kN}$$

Q: Factor de reducción total asociado a Pandeo local (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo F).

$$\mathbf{Q} : \underline{0.987}$$

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

$$\mathbf{A_g} : \underline{179.30} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{M_{x,Sd}} = - \frac{M_{x,Sd}}{I_x} \cdot Y$$

$$\sigma_{M_{x,Sd}} : \underline{-8.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

M_{x,Sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{M_{x,Sd}} : \underline{30.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

I_x: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje X.

$$\mathbf{I_x} : \underline{112619.00} \text{ cm}^4$$

Y: Coordenada, en relación al eje Y, del punto desfavorable de la sección transversal en relación al centro de gravedad de la sección bruta.

$$\mathbf{Y} : \underline{-308.50} \text{ mm}$$

$$\sigma_{M_{y,Sd}} = - \frac{M_{y,Sd}}{I_y} \cdot X$$

$$\sigma_{M_{y,Sd}} : \underline{-90.91} \text{ MPa}$$

Siendo:

M_{y,Sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{M_{y,Sd}} : \underline{35.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

I_y: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje Y.

$$\mathbf{I_y} : \underline{4515.00} \text{ cm}^4$$

X: Coordenada, en relación al eje X, del punto desfavorable de la sección transversal en relación al centro de gravedad de la sección bruta.

$$\mathbf{X} : \underline{115.00} \text{ mm}$$

Las tensiones tangenciales τ_{Sd} vienen dados por:

$$\tau_{Sd} = \tau_{V_{x,Sd}} + \tau_{V_{y,Sd}} + \tau_{T_{Sd}}$$

$$\tau_{Sd} : \underline{-0.32} \text{ MPa}$$

Donde:

$$\tau_{V_{x,Sd}} = - \frac{\bar{S}_y}{I_y \cdot t} \cdot V_{x,Sd}$$

$$\tau_{V_{x,Sd}} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

V_{x,Sd}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{V_{x,Sd}} : \underline{29.14} \text{ kN}$$

S_y: Momento estático, en relación al eje Y, de la parte de la sección ubicada a un lado del punto de verificación.

$$\mathbf{S_y} : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_y: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje Y.

$$\mathbf{I_y} : \underline{4515.00} \text{ cm}^4$$

t: Espesor.

$$\mathbf{t} : \underline{22.20} \text{ mm}$$

$$\tau_{V_{y,Sd}} = - \frac{\bar{S}_x}{I_x \cdot t} \cdot V_{y,Sd}$$

$$\tau_{V_{y,Sd}} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

V_{y,Sd}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{V_{y,Sd}} : \underline{13.89} \text{ kN}$$

S_x: Momento estático, en relación al eje X, de la parte del tramo ubicada a un lado del punto de verificación.

$$\mathbf{S_x} : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_x: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje X.

$$\mathbf{I_x} : \underline{112619.00} \text{ cm}^4$$





Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

t: Espesor.**t :** 22.20 mm

$$\tau_{T_{sd}} = \pm \frac{t}{J} \cdot T_{sd}$$

 $\tau_{T_{sd}}$: -0.32 MPa

Siendo:

 T_{sd} : Esfuerzo de torsión solicitante de cálculo, desfavorable. **T_{sd} :** 0.03 kN·m**J:** Constante de torsión de la sección transversal.**J :** 225.01 cm⁴**t:** Espesor.**t :** 22.20 mmLas tensiones totales f_{sd} vienen dados por:

$$f_{sd} = \sqrt{\sigma_{sd}^2 + 3 \cdot \tau_{sd}^2}$$

 f_{sd} : 109.09 MPaLa tensión de resistencia de diseño, σ_{Rd} , viene dada por el valor más pequeño entre los obtenidos por a) y b): **σ_{Rd} :** 220.57 MPa

(a) Tensión resistente de diseño para los estados límite de fluencia bajo el efecto de la tensión normal:

$$\sigma_{Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{a1}}$$

 σ_{Rd} : 227.27 MPa

Donde:

 f_y : Resistencia al flujo de acero. **f_y :** 250.00 MPa **γ_{a1} :** Coeficiente de seguridad del material. **γ_{a1} :** 1.10

(b) Tensión resistente de diseño para estados límite de inestabilidad o Pandeo bajo tensión normal:

$$\sigma_{Rd} = \frac{\chi \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

 σ_{Rd} : 220.57 MPa

Donde:

 χ : Factor de reducción total asociado con la resistencia a la compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.3).

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

 χ : 0.971

Siendo:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_e}}$$

 λ_0 : 0.267

$$\sigma_e = \frac{N_e}{Q \cdot A_g}$$

 σ_e : 3497.04 MPa

Donde:

 N_e : Fuerza axial de Pandeo elástica. **N_e :** 61890.64 kN **Q :** Factor de reducción total asociado a Pandeo local (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo F). **Q :** 0.987 **A_g :** Área bruta de la sección transversal de la barra. **A_g :** 179.30 cm² **f_y :** Resistencia al flujo de acero. **f_y :** 250.00 MPa **γ_{a1} :** Coeficiente de seguridad del material. **γ_{a1} :** 1.10

Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

La tensión de resistencia de diseño, τ_{Rd} , viene dada por el valor más pequeño entre los obtenidos por a) y b):

$$\tau_{Rd} : \underline{136.11} \text{ MPa}$$

- (a) Esfuerzo resistente de diseño para los estados límite de fluencia bajo el efecto del esfuerzo cortante:

$$\tau_{Rd} = \frac{0.60 \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$\tau_{Rd} : \underline{136.36} \text{ MPa}$$

Donde:

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

- (b) Esfuerzo resistente de diseño para estados límite de inestabilidad o Pandeo bajo el efecto de esfuerzo cortante:

$$\tau_{Rd} = \frac{0.60 \cdot \chi \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$\tau_{Rd} : \underline{136.11} \text{ MPa}$$

Donde:

χ : Factor de reducción total asociado con la resistencia a la compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.3).

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

$$\chi : \underline{0.998}$$

Siendo:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{0.60 \cdot f_y}{\tau_e}}$$

$$\lambda_0 : \underline{0.067}$$

$$\tau_e = k_v \cdot \sigma_E$$

$$\tau_e : \underline{33681.19} \text{ MPa}$$

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t}{h}\right)^2$$

$$\sigma_E : \underline{6736.24} \text{ MPa}$$

Donde:

k_v : Coeficiente de Pandeo (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.3).

$$k_v : \underline{5.00}$$

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

ν : Coeficiente de Poisson.

$$\nu : \underline{0.30}$$

t : Espesor.

$$t : \underline{22.20} \text{ mm}$$

h : Ancho.

$$h : \underline{115.00} \text{ mm}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

La tensión de resistencia de diseño, f_{Rd} , es dada por:

$$f_{Rd} = \frac{1.1 \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$f_{Rd} : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

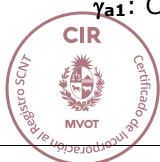
Donde:

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

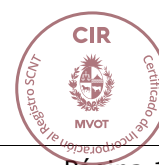




Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21



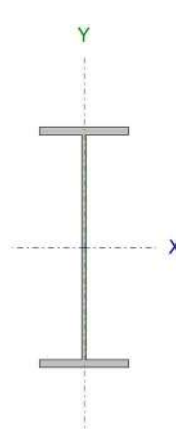
Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Barra N6124/N6463

Perfil: W 610 x 140.0**Material: acero (A-36 250Mpa)**



Nodos		Largo (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm4)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)
N6124	N6463	1.200	179.30	112619.00	4515.00	225.01
Notas: (1) Inercia con respecto al eje indicado (2) Momento de inercia de torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano ZX	Plano ZY	Solapa sup.	Solapa inf.		
β	1.00	1.00	1.00	1.00		
L _K	1.200	1.200	1.200	1.200		
C _b	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de Pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _b : Factor de modificación por momento crítico						

Limitación del índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.4)

El índice de esbeltez de las barras comprimidas, tomado como la mayor relación entre la longitud del pandeo y el radio de giro, no debe superar los 200.

$$\lambda \leq 200$$

$$\lambda : \underline{23.9} \quad \checkmark$$

Donde:

λ: Índice de esbeltez.

$$\lambda = \frac{K \cdot L}{r}$$

$$\lambda_x : \underline{4.8}$$

$$\lambda_y : \underline{23.9}$$

Siendo:

K_x·L_x: Longitud de pandeo debido a la flexión alrededor del eje X.

$$K_x \cdot L_x : \underline{1.200} \text{ m}$$

K_y·L_y: Longitud del pandeo doblando alrededor del eje Y.

$$K_y \cdot L_y : \underline{1.200} \text{ m}$$

r_x, r_y: Radio de rotación con respecto a los ejes principales X, Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{25.06} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{5.02} \text{ cm}$$

Resistencia a la tracción (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6463, para la combinación de acciones PP+1.4·V2.

N_{t,Sd}: Fuerza de tracción axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$$N_{t,Sd} : \underline{14.73} \text{ kN}$$



La fuerza de tracción axial resistente de cálculo, $N_{t,Rd}$, debe determinarse mediante la expresión:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$N_{t,Rd} : 4075.00 \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A_g : 179.30 \text{ cm}^2$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

Resistencia a compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.070 \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6124, para la combinación de acciones $1.5 \cdot PP + 0.75 \cdot SCU1 + 1.4 \cdot V1$.

$N_{c,Sd}$: Fuerza de compresión axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$$N_{c,Sd} : 274.02 \text{ kN}$$

La fuerza de compresión axial resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, debe determinarse mediante la expresión:

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$N_{c,Rd} : 3903.70 \text{ kN}$$

Donde:

χ : Factor de reducción total asociado con la resistencia a la compresión.

$$\chi : 0.971$$

Q : Factor de reducción total asociado a Pandeo local.

$$Q : 0.987$$

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

$$A_g : 179.30 \text{ cm}^2$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

Factor de reducción χ : (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.3)

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

$$\chi : 0.971$$

Donde:

λ_0 : Índice de esbeltez reducido.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}}$$

$$\lambda_0 : 0.267$$

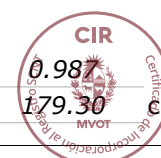
Siendo:

Q : Factor de reducción total asociado a Pandeo local.

$$Q : 0.987$$

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

$$A_g : 179.30 \text{ cm}^2$$





Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

 f_y : Resistencia al flujo de acero. f_y : 250.00 MPa N_e : Fuerza axial de Pandeo elástica. N_e : 61890.64 kN**Fuerza axial de Pandeo elástica:** (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo E)

La Fuerza axial del Pandeo elástico, N_e , de una barra con una sección transversal doblemente simétrica o simétrica con respecto a un punto, viene dada por el menor valor entre los obtenidos por (a), (b) y (c):

 N_e : 61890.64 kN

(a) Para Pandeo por flexión con relación al eje principal de inercia X de la sección transversal:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2}$$

 N_{ex} : 1543756.91 kN

Donde:

 $K_x \cdot L_x$: Longitud de pandeo debido a la flexión alrededor del eje X. $K_x \cdot L_x$: 1.200 m I_x : Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje X. I_x : 112619.00 cm⁴ E : Módulo de elasticidad del acero. E : 200000 MPa

(b) Para Pandeo por flexión con relación al eje principal de inercia Y de la sección transversal:

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2}$$

 N_{ey} : 61890.64 kN

Donde:

 $K_y \cdot L_y$: Longitud del pandeo doblando alrededor del eje Y. $K_y \cdot L_y$: 1.200 m I_y : Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje Y. I_y : 4515.00 cm⁴ E : Módulo de elasticidad del acero. E : 200000 MPa

(c) Para Pandeo por torsión en relación al eje longitudinal Z:

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \cdot \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_z \cdot L_z)^2} + G \cdot J \right]$$

 N_{ez} : 86199.26 kN

Donde:

 $K_z \cdot L_z$: Longitud de pandeo torsional. $K_z \cdot L_z$: 1.200 m E : Módulo de elasticidad del acero. E : 200000 MPa C_w : Constante de alabeo de sección transversal. C_w : 3981687.00 cm⁶ G : Módulo de elasticidad transversal del acero. G : 77000 MPa J : Constante de torsión de la sección transversal. J : 225.01 cm⁴ r_0 : Radio polar de rotación de la sección bruta en relación con el centro de cortante.

$$r_0 = \sqrt{(r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2)}$$

 r_0 : 25.56 cm

Donde:

 r_x, r_y : Radio de rotación con respecto a los ejes principales X, Y, respectivamente. r_x : 25.06 cm r_y : 5.02 cm x_0, y_0 : Coordenadas del centro de corte en la dirección de los ejes X, Y principales, respectivamente. x_0 : 0.00 mm y_0 : 0.00 mm

Pandeo local de barras comprimidas axialmente: (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo F)



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Las barras sometidas a resistencia axial de compresión, en las que los elementos componentes de la sección transversal tienen relaciones entre ancho y espesor (b/t) mayores que los valores límite dados en la Tabla F.1, tienen el factor de reducción total Q dado por:

$$Q = Q_s \cdot Q_a$$

$$Q : 0.987$$

Donde:

Q_s : Factor de reducción que tiene en cuenta el Pandeo local de los elementos AL. Cuando hay dos o más elementos AL con diferentes factores de reducción Q_s se adopta el más pequeño de estos factores.

$$Q_s : 1.000$$

Mesa: Elemento del Grupo 4 de la Tabla F.1.

$$(b/t) \leq 0.56 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$5.18 \leq 15.84$$

$$Q_s = 1.000$$

$$Q_s : 1.000$$

Siendo:

(b/t) : Relación entre ancho y espesor.

$$(b/t) : 5.18$$

Donde:

b : Ancho.

$$b : 115.00 \text{ mm}$$

t : Espesor.

$$t : 22.20 \text{ mm}$$

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

Q_a : Factor de reducción que lleva en cuenta a Pandeo local dos elementos AA.

$$Q_a = \frac{A_{ef}}{A_g}$$

$$Q_a : 0.987$$

Siendo:

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

$$A_g : 179.30 \text{ cm}^2$$

A_{ef} : Área efectiva de la sección transversal de la barra.

$$A_{ef} : 176.98 \text{ cm}^2$$

$$A_{ef} = A_g - \sum (b - b_{ef}) \cdot t$$

Alma: Elemento del grupo 2 de la tabla F.1.

$$(b/t) > 1.49 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$43.71 > 42.14$$

$$b_{ef} = 1.92 \cdot t \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \cdot \left[1 - \frac{c_a}{b/t} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right] \leq b$$

$$b_{ef} : 554.89 \text{ mm}$$

Siendo:

(b/t) : Relación entre ancho y espesor.

$$(b/t) : 43.71$$

Donde:

b : Ancho.

$$b : 572.60 \text{ mm}$$

t : Espesor.

$$t : 13.10 \text{ mm}$$

E : Módulo de elasticidad del acero.

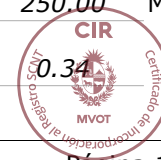
$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

C_a : Coeficiente para elementos distintos de mesas o núcleos de secciones tubulares rectangulares.

$$C_a : 0.34$$



Resistencia a la flexión del eje X (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.064} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6124, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V1.

M_{Sd}⁺: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{M_{Sd}^+} : \underline{60.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Ya que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', se debe considerar una viga de núcleo no delgada (ABNT NBR 8800: 2008, adjunto archivo G).

$$\mathbf{43.71 \leq 161.22}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : \underline{43.71}$$

Siendo:

h: Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$\mathbf{h} : \underline{572.60} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$\mathbf{t_w} : \underline{13.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_r = 5.70 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_r : \underline{161.22}$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$\mathbf{E} : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$\mathbf{f_y} : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

El momento flector de diseño M_{Rd} de vigas de alma no esbeltas debe tomarse como el valor más bajo entre los obtenidos en las siguientes secciones:

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{948.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

(a) Momento flector máximo resistente de diseño (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2.2):

$$\mathbf{M_{Rd}} = \frac{1.50 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{1244.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_x: Módulo elástico mínimo de resistencia de la sección transversal en relación con el eje de flexión.

$$\mathbf{W_x} : \underline{3650.53} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$\mathbf{f_y} : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{a1}} : \underline{1.10}$$

(b) Estado límite último de Pandeo lateral torcido, FLT (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$\mathbf{23.91 \leq 49.78}$$

$$\mathbf{M_{Rd}} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{948.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Donde:

$$\lambda = \frac{L_b}{r_y}$$

$$\lambda : 23.91$$

Siendo:

L_{b,sup}: Distancia entre puntos bloqueados al Pandeo lateral.

$$L_{b,sup} : 1.200 \text{ m}$$

r_y: Radio de rotación de la sección con respecto al eje principal de inercia perpendicular al eje de flexión.

$$r_y : 5.02 \text{ cm}$$

$$\lambda_p = 1.76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : 49.78$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : 1043.28 \text{ kN}$$

Donde:

Z_x: Módulo de resistencia plástica.

$$Z_x : 4173.10 \text{ cm}^3$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

(c) Estado límite último para pandeo local de la mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$5.18 \leq 10.75$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 948.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : 5.18$$

Siendo:

b_f: Ancho de la mesa comprimida.

$$b_f : 230.00 \text{ mm}$$

t_f: Espesor de la mesa comprimida.

$$t_f : 22.20 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : 10.75$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : 1043.28 \text{ kN}$$

Donde:

Z_x: Módulo de resistencia plástica.

$$Z_x : 4173.10 \text{ cm}^3$$

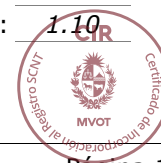
f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

(d) Estado límite último para pandeo local del alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):



$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$43.71 \leq 106.35$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 948.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : 43.71$$

Siendo:

h: Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$h : 572.60 \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : 13.10 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : 106.35$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : 1043.28 \text{ kN}$$

Donde:

Z_x: Módulo de resistencia plástico.

$$Z_x : 4173.10 \text{ cm}^3$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

Resistencia a la flexión del eje Y (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.393 \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6124, para la combinación de acciones PP+1.4·V3.

M_{sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$M_{sd} : 35.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector de diseño **M_{Rd}** debe ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$$M_{Rd} : 89.23 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

(a) Momento flector máximo resistente de diseño (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2.2):

$$M_{Rd} = \frac{1.50 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 133.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_y: Módulo elástico mínimo de resistencia de la sección transversal

$$W_y : 392.61 \text{ cm}^3$$



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

en relación con el eje de flexión.

f_y : Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

γ_{a1} : 1.10

(b) Estado límite último para pandeo local de la mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$5.18 \leq 10.75$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{139.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : \underline{5.18}$$

Siendo:

b_f : Ancho de la mesa comprimida.

b_f : 230.00 mm

t_f : Espesor de la mesa comprimida.

t_f : 22.20 mm

$$\lambda_p = 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{10.75}$$

Siendo:

E : Módulo de elasticidad del acero.

E : 200000 MPa

f_y : Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : \underline{153.50} \text{ kN}$$

Donde:

Z_y : Módulo de resistencia plástico.

Z_y : 614.00 cm³

f_y : Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

γ_{a1} : 1.10

(c) Estado límite último para pandeo local del alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda > \lambda_r$$

$$43.71 > 39.60$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}} \leq \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{89.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : \underline{43.71}$$

Siendo:

h : Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

h : 572.60 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 13.10 mm

$$\lambda_r = 1.40 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_r : \underline{39.60}$$

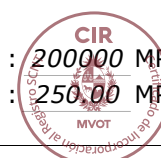
Siendo:

E : Módulo de elasticidad del acero.

E : 200000 MPa

f_y : Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

$$M_{cr} = \frac{W_{ef}^2}{W} \cdot f_y$$

$$M_{cr} : \underline{98.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{ef,y}$: Módulo de resistencia elástico mínimo, relativo al eje de flexión, para una sección que tiene una tabla comprimida de ancho igual a b_{ef} dada por F.3.2, con σ igual a f_y .

$$W_{ef,y} : \underline{392.61} \text{ cm}^3$$

W_y : Módulo elástico mínimo de resistencia de la sección transversal en relación con el eje de flexión.

$$W_y : \underline{392.61} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : \underline{153.50} \text{ kN}$$

Donde:

Z_y : Módulo de resistencia plástico.

$$Z_y : \underline{614.00} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistencia al corte en X (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.019} \quad \checkmark$$

El esfuerzo demandante de cálculo desfavorable tiene lugar para la combinación de acciones PP+1.4·V3.

V_{Sd} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$V_{Sd} : \underline{27.15} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente de diseño, V_{Rd} , está determinada por la expresión:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$5.18 \leq \underline{34.08}$$

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$V_{Rd} : \underline{1392.55} \text{ kN}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : \underline{5.18}$$

Siendo:

b_f : Largura das mesas.

$$b_f : \underline{230.00} \text{ mm}$$

t_f : Espessura das mesas.

$$t_f : \underline{22.20} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{34.08}$$

Siendo:

k_v : Coeficiente de Pandeo.

$$k_v : \underline{1.20}$$



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

E: Módulo de elasticidad del acero.**E :** 200000 MPa**f_y:** Resistencia al flujo de acero.**f_y :** 250.00 MPa

$$V_{pl} = 0.60 \cdot A_w \cdot f_y$$

$$V_{pl} : \underline{1531.80} \text{ kN}$$

Siendo:

A_w: Área al corte efectiva.

$$A_w = 2 \cdot b_f \cdot t_f$$

$$A_w : \underline{102.12} \text{ cm}^2$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistencia a la fuerza cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.028} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6124, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V1.

V_{sd}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$V_{sd} : \underline{30.96} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente de diseño, V_{Rd}, está determinada por la expresión:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$43.71 \leq 69.57$$

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$V_{Rd} : \underline{1102.19} \text{ kN}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : \underline{43.71}$$

Siendo:

h: Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$h : \underline{572.60} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{13.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{69.57}$$

Siendo:

k_v: Coeficiente de Pandeo.

$$k_v : \underline{5.00}$$

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

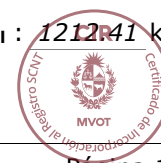
f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

$$V_{pl} = 0.60 \cdot A_w \cdot f_y$$

$$V_{pl} : \underline{1212.41} \text{ kN}$$

Siendo:



A_w : Área al corte efectiva.

$$A_w = d \cdot t_w$$

$$A_w : \underline{80.83} \text{ cm}^2$$

d : Altura total de la sección transversal.

$$d : \underline{617.00} \text{ mm}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistencia a la tensión axial y a la flexión combinadas (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.1.2)

Debe satisfacer:

$$\eta \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.446} \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6124, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V3.

$N_{c,Sd}$: Fuerza de compresión axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$$N_{c,Sd} : \underline{112.55} \text{ kN}$$

$M_{x,Sd}$: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$M_{x,Sd} : \underline{37.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{y,Sd}$: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$M_{y,Sd} : \underline{34.97} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{Sd} / N_{Rd} < 0.2$$

$$0.029 < 0.200$$

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{2 \cdot N_{c,Rd}} + \left(\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.446}$$

Donde:

$N_{c,Rd}$: Fuerza axial resistente de cálculo de compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3).

$$N_{c,Rd} : \underline{3903.70} \text{ kN}$$

$M_{x,Rd}, M_{y,Rd}$: Momentos flectores resistentes de cálculo, con respecto a los ejes X e Y de la sección transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2).

$$M_{x,Rd} : \underline{948.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,Rd} : \underline{89.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Fuerza torsional (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.2.1)

Dado que la norma no prevé un control general para las secciones no tubulares sometidas exclusivamente a torsión, se considera que este elemento también debe cumplir con los siguientes criterios:

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{T_{Sd}}{T_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004} \checkmark$$

El esfuerzo demandante de cálculo desfavorable tiene lugar para la combinación de acciones PP+1.4·V4.



T_{Sd}: Esfuerzo de torsión solicitante de cálculo, desfavorable.

T_{Sd} : 0.06 kN·m

El momento de torsión resistente al cálculo, T_{Rd}, está determinada por la expresión:

$$T_{Rd} = \frac{0.60 \cdot W_T \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

T_{Rd} : 13.82 kN·m

Donde:

W_T: Módulo de Fuerza torsional.

W_T : 101.36 cm³

f_y: Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

γ_{a1} : 1.10

Resistencia al momento de torsión, resistencia axial, momento flector y cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.2.2)

Este caso no está cubierto por la norma y, por tanto, no es posible realizar la verificación.

Resistencia a las interacciones de tensión y torsión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.2.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{|\sigma_{Sd}|}{\sigma_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.479 ✓

$$\eta = \frac{|\tau_{Sd}|}{\tau_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.003 ✓

(Dado que la norma no proporciona una verificación de la tensión total para las secciones sometidas a torsión combinadas con otras tensiones, se considera que este elemento también debe cumplir con los siguientes criterios para la tensión de Von Mises :)

$$\eta = \frac{f_{Sd}}{f_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.423 ✓

El coeficiente de rendimiento desfavorable tiene lugar en el nudo N6124, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V3 en el punto de la sección transversal de coordenadas X = -115.00 mm, Y = -308.50 mm en relación con el centro de gravedad.

Los esfuerzos normais σ_{Sd} vienen dados por:

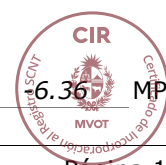
$$\sigma_{Sd} = \sigma_{N_{Sd}} + \sigma_{M_{x,Sd}} + \sigma_{M_{y,Sd}}$$

σ_{Sd} : -105.72 MPa

Donde:

$$\sigma_{N_{Sd}} = \frac{N_{c,Sd}}{Q \cdot A_g}$$

σ_{N_{Sd}} : 6.36 MPa



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Siendo:

N_{c,Sd}: Fuerza de compresión axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{N_{c,Sd}} : \underline{112.55} \text{ kN}$$

Q: Factor de reducción total asociado a Pandeo local (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo F).

$$\mathbf{Q} : \underline{0.987}$$

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

$$\mathbf{A_g} : \underline{179.30} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{M_x,Sd} = - \frac{M_{x,Sd}}{I_x} \cdot Y$$

$$\sigma_{M_x,Sd} : \underline{-10.30} \text{ MPa}$$

Siendo:

M_{x,Sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{M_{x,Sd}} : \underline{37.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

I_x: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje X.

$$\mathbf{I_x} : \underline{112619.00} \text{ cm}^4$$

Y: Coordenada, en relación al eje Y, del punto desfavorable de la sección transversal en relación al centro de gravedad de la sección bruta.

$$\mathbf{Y} : \underline{-308.50} \text{ mm}$$

$$\sigma_{M_y,Sd} = - \frac{M_{y,Sd}}{I_y} \cdot X$$

$$\sigma_{M_y,Sd} : \underline{-89.06} \text{ MPa}$$

Siendo:

M_{y,Sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{M_{y,Sd}} : \underline{34.97} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

I_y: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje Y.

$$\mathbf{I_y} : \underline{4515.00} \text{ cm}^4$$

X: Coordenada, en relación al eje X, del punto desfavorable de la sección transversal en relación al centro de gravedad de la sección bruta.

$$\mathbf{X} : \underline{-115.00} \text{ mm}$$

Las tensiones tangenciales τ_{Sd} vienen dados por:

$$\tau_{Sd} = \tau_{V_{x,Sd}} + \tau_{V_{y,Sd}} + \tau_{T_{Sd}}$$

$$\tau_{Sd} : \underline{-0.39} \text{ MPa}$$

Donde:

$$\tau_{V_{x,Sd}} = - \frac{\bar{S}_y}{I_y \cdot t} \cdot V_{x,Sd}$$

$$\tau_{V_{x,Sd}} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

V_{x,Sd}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{V_{x,Sd}} : \underline{26.98} \text{ kN}$$

S_y: Momento estático, en relación al eje Y, de la parte de la sección ubicada a un lado del punto de verificación.

$$\mathbf{S_y} : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_y: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje Y.

$$\mathbf{I_y} : \underline{4515.00} \text{ cm}^4$$

t: Espesor.

$$\mathbf{t} : \underline{22.20} \text{ mm}$$

$$\tau_{V_{y,Sd}} = - \frac{\bar{S}_x}{I_x \cdot t} \cdot V_{y,Sd}$$

$$\tau_{V_{y,Sd}} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

V_{y,Sd}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{V_{y,Sd}} : \underline{17.35} \text{ kN}$$

S_x: Momento estático, en relación al eje X, de la parte del tramo ubicada a un lado del punto de verificación.

$$\mathbf{S_x} : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_x: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje X.

$$\mathbf{I_x} : \underline{112619.00} \text{ cm}^4$$



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

t: Espesor.**t :** 22.20 mm

$$\tau_{T_{sd}} = \pm \frac{t}{J} \cdot T_{sd}$$

 $\tau_{T_{sd}}$: -0.39 MPa

Siendo:

 T_{sd} : Esfuerzo de torsión solicitante de cálculo, desfavorable. **T_{sd} :** 0.04 kN·m**J:** Constante de torsión de la sección transversal.**J :** 225.01 cm⁴**t:** Espesor.**t :** 22.20 mmLas tensiones totales f_{sd} vienen dados por:

$$f_{sd} = \sqrt{\sigma_{sd}^2 + 3 \cdot \tau_{sd}^2}$$

 f_{sd} : 105.72 MPaLa tensión de resistencia de diseño, σ_{Rd} , viene dada por el valor más pequeño entre los obtenidos por a) y b): **σ_{Rd} :** 220.57 MPa

(a) Tensión resistente de diseño para los estados límite de fluencia bajo el efecto de la tensión normal:

$$\sigma_{Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{a1}}$$

 σ_{Rd} : 227.27 MPa

Donde:

 f_y : Resistencia al flujo de acero. **f_y :** 250.00 MPa **γ_{a1} :** Coeficiente de seguridad del material. **γ_{a1} :** 1.10

(b) Tensión resistente de diseño para estados límite de inestabilidad o Pandeo bajo tensión normal:

$$\sigma_{Rd} = \frac{\chi \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

 σ_{Rd} : 220.57 MPa

Donde:

 χ : Factor de reducción total asociado con la resistencia a la compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.3).

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

 χ : 0.971

Siendo:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_e}}$$

 λ_0 : 0.267

$$\sigma_e = \frac{N_e}{Q \cdot A_g}$$

 σ_e : 3497.04 MPa

Donde:

 N_e : Fuerza axial de Pandeo elástica. **N_e :** 61890.64 kN**Q:** Factor de reducción total asociado a Pandeo local (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo F).**Q :** 0.987 **A_g :** Área bruta de la sección transversal de la barra. **A_g :** 179.30 cm² **f_y :** Resistencia al flujo de acero. **f_y :** 250.00 MPa **γ_{a1} :** Coeficiente de seguridad del material. **γ_{a1} :** 1.10

Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

La tensión de resistencia de diseño, τ_{Rd} , viene dada por el valor más pequeño entre los obtenidos por a) y b):

$$\tau_{Rd} : \underline{135.31} \text{ MPa}$$

- (a) Esfuerzo resistente de diseño para los estados límite de fluencia bajo el efecto del esfuerzo cortante:

$$\tau_{Rd} = \frac{0.60 \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$\tau_{Rd} : \underline{136.36} \text{ MPa}$$

Donde:

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

- (b) Esfuerzo resistente de diseño para estados límite de inestabilidad o Pandeo bajo el efecto de esfuerzo cortante:

$$\tau_{Rd} = \frac{0.60 \cdot \chi \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$\tau_{Rd} : \underline{135.31} \text{ MPa}$$

Donde:

χ : Factor de reducción total asociado con la resistencia a la compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.3).

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

$$\chi : \underline{0.992}$$

Siendo:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{0.60 \cdot f_y}{\tau_e}}$$

$$\lambda_0 : \underline{0.136}$$

$$\tau_e = k_v \cdot \sigma_E$$

$$\tau_e : \underline{8083.48} \text{ MPa}$$

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t}{h}\right)^2$$

$$\sigma_E : \underline{6736.24} \text{ MPa}$$

Donde:

k_v : Coeficiente de Pandeo (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.3).

$$k_v : \underline{1.20}$$

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

ν : Coeficiente de Poisson.

$$\nu : \underline{0.30}$$

t : Espesor.

$$t : \underline{22.20} \text{ mm}$$

h : Ancho.

$$h : \underline{115.00} \text{ mm}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

La tensión de resistencia de diseño, f_{Rd} , es dada por:

$$f_{Rd} = \frac{1.1 \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$f_{Rd} : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

Donde:

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

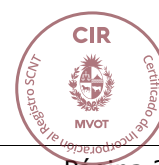




Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Barra N6114/N6473

Perfil: W 610 x 140.0**Material: acero (A-36 250Mpa)**

Nodos		Largo (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N6114	N6473	1.200	179.30	112619.00	4515.00	225.01
Notas: ⁽¹⁾ Inercia con respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia de torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano ZX	Plano ZY	Solapa sup.	Solapa inf.		
β	1.00	1.00	1.00	1.00		
L _K	1.200	1.200	1.200	1.200		
C _b	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de Pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _b : Factor de modificación por momento crítico						

Limitación del índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.4)

El índice de esbeltez de las barras comprimidas, tomado como la mayor relación entre la longitud del pandeo y el radio de giro, no debe superar los 200.

$$\lambda \leq 200$$

$$\lambda : \underline{23.9} \quad \checkmark$$

Donde:

λ: Índice de esbeltez.

$$\lambda = \frac{K \cdot L}{r}$$

$$\lambda_x : \underline{4.8}$$

$$\lambda_y : \underline{23.9}$$

Siendo:

K_x·L_x: Longitud de pandeo debido a la flexión alrededor del eje X.

$$K_x \cdot L_x : \underline{1.200} \text{ m}$$

K_y·L_y: Longitud del pandeo doblando alrededor del eje Y.

$$K_y \cdot L_y : \underline{1.200} \text{ m}$$

r_x, r_y: Radio de rotación con respecto a los ejes principales X, Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{25.06} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{5.02} \text{ cm}$$

Resistencia a la tracción (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6473, para la combinación de acciones PP+1.4·V3.

N_{t,Sd}: Fuerza de tracción axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$$N_{t,Sd} : \underline{33.83} \text{ kN}$$



La fuerza de tracción axial resistente de cálculo, $N_{t,Rd}$, debe determinarse mediante la expresión:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$N_{t,Rd} : 4075.00 \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A_g : 179.30 \text{ cm}^2$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

Resistencia a compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.056 \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6114, para la combinación de acciones $1.5 \cdot PP + 0.75 \cdot SCU1 + 1.4 \cdot V1$.

$N_{c,Sd}$: Fuerza de compresión axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$$N_{c,Sd} : 217.70 \text{ kN}$$

La fuerza de compresión axial resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, debe determinarse mediante la expresión:

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$N_{c,Rd} : 3903.70 \text{ kN}$$

Donde:

χ : Factor de reducción total asociado con la resistencia a la compresión.

$$\chi : 0.971$$

Q : Factor de reducción total asociado a Pandeo local.

$$Q : 0.987$$

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

$$A_g : 179.30 \text{ cm}^2$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

Factor de reducción χ : (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.3)

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

$$\chi : 0.971$$

Donde:

λ_0 : Índice de esbeltez reducido.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}}$$

$$\lambda_0 : 0.267$$

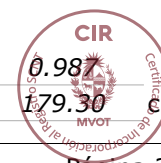
Siendo:

Q : Factor de reducción total asociado a Pandeo local.

$$Q : 0.987$$

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

$$A_g : 179.30 \text{ cm}^2$$





Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

 f_y : Resistencia al flujo de acero. f_y : 250.00 MPa N_e : Fuerza axial de Pandeo elástica. N_e : 61890.64 kN**Fuerza axial de Pandeo elástica:** (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo E)

La Fuerza axial del Pandeo elástico, N_e , de una barra con una sección transversal doblemente simétrica o simétrica con respecto a un punto, viene dada por el menor valor entre los obtenidos por (a), (b) y (c):

 N_e : 61890.64 kN

- (a) Para Pandeo por flexión con relación al eje principal de inercia X de la sección transversal:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2}$$

 N_{ex} : 1543756.91 kN

Donde:

 $K_x \cdot L_x$: Longitud de pandeo debido a la flexión alrededor del eje X. $K_x \cdot L_x$: 1.200 m I_x : Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje X. I_x : 112619.00 cm⁴ E : Módulo de elasticidad del acero. E : 200000 MPa

- (b) Para Pandeo por flexión con relación al eje principal de inercia Y de la sección transversal:

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2}$$

 N_{ey} : 61890.64 kN

Donde:

 $K_y \cdot L_y$: Longitud del pandeo doblando alrededor del eje Y. $K_y \cdot L_y$: 1.200 m I_y : Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje Y. I_y : 4515.00 cm⁴ E : Módulo de elasticidad del acero. E : 200000 MPa

- (c) Para Pandeo por torsión en relación al eje longitudinal Z:

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \cdot \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_z \cdot L_z)^2} + G \cdot J \right]$$

 N_{ez} : 86199.26 kN

Donde:

 $K_z \cdot L_z$: Longitud de pandeo torsional. $K_z \cdot L_z$: 1.200 m E : Módulo de elasticidad del acero. E : 200000 MPa C_w : Constante de alabeo de sección transversal. C_w : 3981687.00 cm⁶ G : Módulo de elasticidad transversal del acero. G : 77000 MPa J : Constante de torsión de la sección transversal. J : 225.01 cm⁴ r_0 : Radio polar de rotación de la sección bruta en relación con el centro de cortante.

$$r_0 = \sqrt{(r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2)}$$

 r_0 : 25.56 cm

Donde:

 r_x, r_y : Radio de rotación con respecto a los ejes principales X, Y, respectivamente. r_x : 25.06 cm r_y : 5.02 cm x_0, y_0 : Coordenadas del centro de corte en la dirección de los ejes X, Y principales, respectivamente. x_0 : 0.00 mm y_0 : 0.00 mm

Pandeo local de barras comprimidas axialmente: (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo F)



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Las barras sometidas a resistencia axial de compresión, en las que los elementos componentes de la sección transversal tienen relaciones entre ancho y espesor (b/t) mayores que los valores límite dados en la Tabla F.1, tienen el factor de reducción total Q dado por:

$$Q = Q_s \cdot Q_a$$

$$Q : 0.987$$

Donde:

Q_s : Factor de reducción que tiene en cuenta el Pandeo local de los elementos AL. Cuando hay dos o más elementos AL con diferentes factores de reducción Q_s se adopta el más pequeño de estos factores.

$$Q_s : 1.000$$

Mesa: Elemento del Grupo 4 de la Tabla F.1.

$$(b/t) \leq 0.56 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$5.18 \leq 15.84$$

$$Q_s = 1.000$$

$$Q_s : 1.000$$

Siendo:

(b/t) : Relación entre ancho y espesor.

$$(b/t) : 5.18$$

Donde:

b : Ancho.

$$b : 115.00 \text{ mm}$$

t : Espesor.

$$t : 22.20 \text{ mm}$$

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

Q_a : Factor de reducción que lleva en cuenta a Pandeo local dos elementos AA.

$$Q_a = \frac{A_{ef}}{A_g}$$

$$Q_a : 0.987$$

Siendo:

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

$$A_g : 179.30 \text{ cm}^2$$

A_{ef} : Área efectiva de la sección transversal de la barra.

$$A_{ef} : 176.98 \text{ cm}^2$$

$$A_{ef} = A_g - \sum (b - b_{ef}) \cdot t$$

Alma: Elemento del grupo 2 de la tabla F.1.

$$(b/t) > 1.49 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$43.71 > 42.14$$

$$b_{ef} = 1.92 \cdot t \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \cdot \left[1 - \frac{c_a}{b/t} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right] \leq b$$

$$b_{ef} : 554.89 \text{ mm}$$

Siendo:

(b/t) : Relación entre ancho y espesor.

$$(b/t) : 43.71$$

Donde:

b : Ancho.

$$b : 572.60 \text{ mm}$$

t : Espesor.

$$t : 13.10 \text{ mm}$$

E : Módulo de elasticidad del acero.

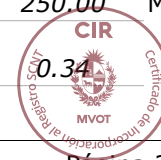
$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

C_a : Coeficiente para elementos distintos de mesas o núcleos de secciones tubulares rectangulares.

$$C_a : 0.34$$



Resistencia a la flexión del eje X (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.044} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6114, para la combinación de acciones PP+1.4·V4.

M_{Sd} : Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$M_{Sd} : \underline{42.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Ya que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', se debe considerar una viga de núcleo no delgada (ABNT NBR 8800: 2008, adjunto archivo G).

$$43.71 \leq 161.22$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : \underline{43.71}$$

Siendo:

h : Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$h : \underline{572.60} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{13.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_r = 5.70 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_r : \underline{161.22}$$

Siendo:

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

El momento flector de diseño M_{Rd} de vigas de alma no esbeltas debe tomarse como el valor más bajo entre los obtenidos en las siguientes secciones:

$$M_{Rd} : \underline{948.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

(a) Momento flector máximo resistente de diseño (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2.2):

$$M_{Rd} = \frac{1.50 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{1244.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_x : Módulo elástico mínimo de resistencia de la sección transversal en relación con el eje de flexión.

$$W_x : \underline{3650.53} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(b) Estado límite último de Pandeo lateral torcido, FLT (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$23.91 \leq 49.78$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{948.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Donde:

$$\lambda = \frac{L_b}{r_y}$$

$$\lambda : 23.91$$

Siendo:

L_{b,inf}: Distancia entre puntos bloqueados al Pandeo lateral.

$$L_{b,inf} : 1.200 \text{ m}$$

r_y: Radio de rotación de la sección con respecto al eje principal de inercia perpendicular al eje de flexión.

$$r_y : 5.02 \text{ cm}$$

$$\lambda_p = 1.76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : 49.78$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : 1043.28 \text{ kN}$$

Donde:

Z_x: Módulo de resistencia plástica.

$$Z_x : 4173.10 \text{ cm}^3$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

(c) Estado límite último para pandeo local de la mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$5.18 \leq 10.75$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 948.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : 5.18$$

Siendo:

b_f: Ancho de la mesa comprimida.

$$b_f : 230.00 \text{ mm}$$

t_f: Espesor de la mesa comprimida.

$$t_f : 22.20 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : 10.75$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : 1043.28 \text{ kN}$$

Donde:

Z_x: Módulo de resistencia plástica.

$$Z_x : 4173.10 \text{ cm}^3$$

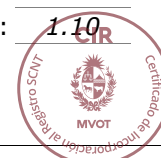
f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

(d) Estado límite último para pandeo local del alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):



$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$43.71 \leq 106.35$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 948.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : 43.71$$

Siendo:

h: Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$h : 572.60 \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : 13.10 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : 106.35$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : 1043.28 \text{ kN}$$

Donde:

Z_x: Módulo de resistencia plástico.

$$Z_x : 4173.10 \text{ cm}^3$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

Resistencia a la flexión del eje Y (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.397 \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6114, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V3.

M_{sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$M_{sd} : 35.45 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector de diseño **M_{Rd}** deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$$M_{Rd} : 89.23 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

(a) Momento flector máximo resistente de diseño (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2.2):

$$M_{Rd} = \frac{1.50 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 133.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_y: Módulo elástico mínimo de resistencia de la sección transversal

$$W_y : 392.61 \text{ cm}^3$$



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

en relación con el eje de flexión.

f_y : Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

γ_{a1} : 1.10

(b) Estado límite último para pandeo local de la mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$5.18 \leq 10.75$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{139.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : \underline{5.18}$$

Siendo:

b_f : Ancho de la mesa comprimida.

$$b_f : \underline{230.00} \text{ mm}$$

t_f : Espesor de la mesa comprimida.

$$t_f : \underline{22.20} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{10.75}$$

Siendo:

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : \underline{153.50} \text{ kN}$$

Donde:

Z_y : Módulo de resistencia plástico.

$$Z_y : \underline{614.00} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(c) Estado límite último para pandeo local del alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda > \lambda_r$$

$$43.71 > 39.60$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}} \leq \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{89.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : \underline{43.71}$$

Siendo:

h : Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$h : \underline{572.60} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{13.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_r = 1.40 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_r : \underline{39.60}$$

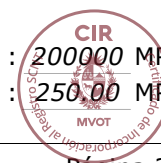
Siendo:

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

$$M_{cr} = \frac{W_{ef}^2}{W} \cdot f_y$$

$$M_{cr} : \underline{98.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{ef,y}$: Módulo de resistencia elástico mínimo, relativo al eje de flexión, para una sección que tiene una tabla comprimida de ancho igual a b_{ef} dada por F.3.2, con σ igual a f_y .

$$W_{ef,y} : \underline{392.61} \text{ cm}^3$$

W_y : Módulo elástico mínimo de resistencia de la sección transversal en relación con el eje de flexión.

$$W_y : \underline{392.61} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : \underline{153.50} \text{ kN}$$

Donde:

Z_y : Módulo de resistencia plástico.

$$Z_y : \underline{614.00} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistencia al corte en X (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.020} \checkmark$$

El esfuerzo demandante de cálculo desfavorable tiene lugar para la combinación de acciones $1.5 \cdot PP + 0.75 \cdot SCU1 + 1.4 \cdot V3$.

V_{Sd} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$V_{Sd} : \underline{27.65} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente de diseño, V_{Rd} , está determinada por la expresión:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$5.18 \leq \underline{34.08}$$

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$V_{Rd} : \underline{1392.55} \text{ kN}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : \underline{5.18}$$

Siendo:

b_f : Largura das mesas.

$$b_f : \underline{230.00} \text{ mm}$$

t_f : Espessura das mesas.

$$t_f : \underline{22.20} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{34.08}$$

Siendo:

k_v : Coeficiente de Pandeo.

$$k_v : \underline{1.20}$$





Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

E: Módulo de elasticidad del acero.

E : 200000 MPa

f_y: Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

$$V_{pl} = 0.60 \cdot A_w \cdot f_y$$

V_{pl} : 1531.80 kN

Siendo:

A_w: Área al corte efectiva.

$$A_w = 2 \cdot b_f \cdot t_f$$

A_w : 102.12 cm²

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

γ_{a1} : 1.10

Resistencia a la fuerza cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.019 ✓

El esfuerzo demandante de cálculo desfavorable tiene lugar para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V1.

V_{Sd}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

V_{Sd} : 20.83 kN

La fuerza de corte resistente de diseño, V_{Rd}, está determinada por la expresión:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

43.71 ≤ 69.57

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

V_{Rd} : 1102.19 kN

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

λ : 43.71

Siendo:

h: Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

h : 572.60 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 13.10 mm

$$\lambda_p = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

λ_p : 69.57

Siendo:

k_v: Coeficiente de Pandeo.

k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidad del acero.

E : 200000 MPa

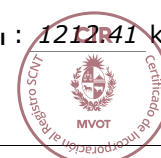
f_y: Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

$$V_{pl} = 0.60 \cdot A_w \cdot f_y$$

V_{pl} : 1212.41 kN

Siendo:



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

 A_w : Área al corte efectiva.

$$A_w = d \cdot t_w$$

$$A_w : \underline{80.83} \text{ cm}^2$$

 d : Altura total de la sección transversal.

$$d : \underline{617.00} \text{ mm}$$

 γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistencia a la tensión axial y a la flexión combinadas (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.1.2)

Debe satisfacer:

$$\eta \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.445} \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N6114, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V3.

 $N_{c,Sd}$: Fuerza de compresión axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$$N_{c,Sd} : \underline{30.45} \text{ kN}$$

 $M_{x,Sd}$: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$M_{x,Sd} : \underline{41.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

 $M_{y,Sd}$: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$M_{y,Sd} : \underline{35.45} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{Sd} / N_{Rd} < 0.2$$

$$0.008 < 0.200$$

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{2 \cdot N_{c,Rd}} + \left(\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.445}$$

Donde:

 $N_{c,Rd}$: Fuerza axial resistente de cálculo de compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3).

$$N_{c,Rd} : \underline{3903.70} \text{ kN}$$

 $M_{x,Rd}, M_{y,Rd}$: Momentos flectores resistentes de cálculo, con respecto a los ejes X e Y de la sección transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2).

$$M_{x,Rd} : \underline{948.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,Rd} : \underline{89.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Fuerza torsional (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.2.1)

Dado que la norma no prevé un control general para las secciones no tubulares sometidas exclusivamente a torsión, se considera que este elemento también debe cumplir con los siguientes criterios:

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{T_{Sd}}{T_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.003} \checkmark$$

El esfuerzo demandante de cálculo desfavorable tiene lugar para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V3.



T_{Sd}: Esfuerzo de torsión solicitante de cálculo, desfavorable.

T_{Sd} : 0.05 kN·m

El momento de torsión resistente al cálculo, T_{Rd}, está determinada por la expresión:

$$T_{Rd} = \frac{0.60 \cdot W_T \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

T_{Rd} : 13.82 kN·m

Donde:

W_T: Módulo de Fuerza torsional.

W_T : 101.36 cm³

f_y: Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

γ_{a1} : 1.10

Resistencia al momento de torsión, resistencia axial, momento flector y cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.2.2)

Este caso no está cubierto por la norma y, por tanto, no es posible realizar la verificación.

Resistencia a las interacciones de tensión y torsión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.2.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{|\sigma_{Sd}|}{\sigma_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.471 ✓

$$\eta = \frac{|\tau_{Sd}|}{\tau_{Rd}} \leq 1$$

η < 0.001 ✓

(Dado que la norma no proporciona una verificación de la tensión total para las secciones sometidas a torsión combinadas con otras tensiones, se considera que este elemento también debe cumplir con los siguientes criterios para la tensión de Von Mises :)

$$\eta = \frac{f_{Sd}}{f_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.416 ✓

El coeficiente de rendimiento desfavorable tiene lugar en el nudo N6114, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V4 en el punto de la sección transversal de coordenadas X = 115.00 mm, Y = -308.50 mm en relación con el centro de gravedad.

Los esfuerzos normais σ_{Sd} vienen dados por:

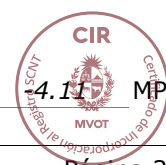
$$\sigma_{Sd} = \sigma_{N_{Sd}} + \sigma_{M_{x,Sd}} + \sigma_{M_{y,Sd}}$$

σ_{Sd} : -103.96 MPa

Donde:

$$\sigma_{N_{Sd}} = \frac{N_{c,Sd}}{Q \cdot A_g}$$

σ_{N_{Sd}} : 4.115 MPa



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Siendo:

N_{c,Sd}: Fuerza de compresión axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{N_{c,Sd}} : \underline{72.77} \text{ kN}$$

Q: Factor de reducción total asociado a Pandeo local (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo F).

$$\mathbf{Q} : \underline{0.987}$$

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

$$\mathbf{A_g} : \underline{179.30} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{M_{x,Sd}} = - \frac{M_{x,Sd}}{I_x} \cdot Y$$

$$\sigma_{M_{x,Sd}} : \underline{-11.44} \text{ MPa}$$

Siendo:

M_{x,Sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{M_{x,Sd}} : \underline{41.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

I_x: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje X.

$$\mathbf{I_x} : \underline{112619.00} \text{ cm}^4$$

Y: Coordenada, en relación al eje Y, del punto desfavorable de la sección transversal en relación al centro de gravedad de la sección bruta.

$$\mathbf{Y} : \underline{-308.50} \text{ mm}$$

$$\sigma_{M_{y,Sd}} = - \frac{M_{y,Sd}}{I_y} \cdot X$$

$$\sigma_{M_{y,Sd}} : \underline{-88.41} \text{ MPa}$$

Siendo:

M_{y,Sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{M_{y,Sd}} : \underline{34.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

I_y: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje Y.

$$\mathbf{I_y} : \underline{4515.00} \text{ cm}^4$$

X: Coordenada, en relación al eje X, del punto desfavorable de la sección transversal en relación al centro de gravedad de la sección bruta.

$$\mathbf{X} : \underline{115.00} \text{ mm}$$

Las tensiones tangenciales τ_{Sd} vienen dados por:

$$\tau_{Sd} = \tau_{V_{x,Sd}} + \tau_{V_{y,Sd}} + \tau_{T_{Sd}}$$

$$\tau_{Sd} : \underline{-0.06} \text{ MPa}$$

Donde:

$$\tau_{V_{x,Sd}} = - \frac{\bar{S}_y}{I_y \cdot t} \cdot V_{x,Sd}$$

$$\tau_{V_{x,Sd}} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

V_{x,Sd}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{V_{x,Sd}} : \underline{26.94} \text{ kN}$$

S_y: Momento estático, en relación al eje Y, de la parte de la sección ubicada a un lado del punto de verificación.

$$\mathbf{S_y} : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_y: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje Y.

$$\mathbf{I_y} : \underline{4515.00} \text{ cm}^4$$

t: Espesor.

$$\mathbf{t} : \underline{22.20} \text{ mm}$$

$$\tau_{V_{y,Sd}} = - \frac{\bar{S}_x}{I_x \cdot t} \cdot V_{y,Sd}$$

$$\tau_{V_{y,Sd}} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

V_{y,Sd}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{V_{y,Sd}} : \underline{19.56} \text{ kN}$$

S_x: Momento estático, en relación al eje X, de la parte del tramo ubicada a un lado del punto de verificación.

$$\mathbf{S_x} : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_x: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje X.

$$\mathbf{I_x} : \underline{112619.00} \text{ cm}^4$$



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

t: Espesor.**t :** 22.20 mm

$$\tau_{T_{sd}} = \pm \frac{t}{J} \cdot T_{sd}$$

 $\tau_{T_{sd}}$: -0.06 MPa

Siendo:

 T_{sd} : Esfuerzo de torsión solicitante de cálculo, desfavorable. **T_{sd} :** 0.01 kN·m **J :** Constante de torsión de la sección transversal. **J :** 225.01 cm⁴**t:** Espesor.**t :** 22.20 mmLas tensiones totales f_{sd} vienen dados por:

$$f_{sd} = \sqrt{\sigma_{sd}^2 + 3 \cdot \tau_{sd}^2}$$

 f_{sd} : 103.96 MPaLa tensión de resistencia de diseño, σ_{Rd} , viene dada por el valor más pequeño entre los obtenidos por a) y b): **σ_{Rd} :** 220.57 MPa

(a) Tensión resistente de diseño para los estados límite de fluencia bajo el efecto de la tensión normal:

$$\sigma_{Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{a1}}$$

 σ_{Rd} : 227.27 MPa

Donde:

 f_y : Resistencia al flujo de acero. **f_y :** 250.00 MPa **γ_{a1} :** Coeficiente de seguridad del material. **γ_{a1} :** 1.10

(b) Tensión resistente de diseño para estados límite de inestabilidad o Pandeo bajo tensión normal:

$$\sigma_{Rd} = \frac{\chi \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

 σ_{Rd} : 220.57 MPa

Donde:

 χ : Factor de reducción total asociado con la resistencia a la compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.3).

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

 χ : 0.971

Siendo:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_e}}$$

 λ_0 : 0.267

$$\sigma_e = \frac{N_e}{Q \cdot A_g}$$

 σ_e : 3497.04 MPa

Donde:

 N_e : Fuerza axial de Pandeo elástica. **N_e :** 61890.64 kN **Q :** Factor de reducción total asociado a Pandeo local (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo F). **Q :** 0.987 **A_g :** Área bruta de la sección transversal de la barra. **A_g :** 179.30 cm² **f_y :** Resistencia al flujo de acero. **f_y :** 250.00 MPa **γ_{a1} :** Coeficiente de seguridad del material. **γ_{a1} :** 1.10

Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

La tensión de resistencia de diseño, τ_{Rd} , viene dada por el valor más pequeño entre los obtenidos por a) y b):

$$\tau_{Rd} : \underline{136.11} \text{ MPa}$$

- (a) Esfuerzo resistente de diseño para los estados límite de fluencia bajo el efecto del esfuerzo cortante:

$$\tau_{Rd} = \frac{0.60 \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$\tau_{Rd} : \underline{136.36} \text{ MPa}$$

Donde:

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

- (b) Esfuerzo resistente de diseño para estados límite de inestabilidad o Pandeo bajo el efecto de esfuerzo cortante:

$$\tau_{Rd} = \frac{0.60 \cdot \chi \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$\tau_{Rd} : \underline{136.11} \text{ MPa}$$

Donde:

χ : Factor de reducción total asociado con la resistencia a la compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.3).

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

$$\chi : \underline{0.998}$$

Siendo:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{0.60 \cdot f_y}{\tau_e}}$$

$$\lambda_0 : \underline{0.067}$$

$$\tau_e = k_v \cdot \sigma_E$$

$$\tau_e : \underline{33681.19} \text{ MPa}$$

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t}{h}\right)^2$$

$$\sigma_E : \underline{6736.24} \text{ MPa}$$

Donde:

k_v : Coeficiente de Pandeo (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.3).

$$k_v : \underline{5.00}$$

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

ν : Coeficiente de Poisson.

$$\nu : \underline{0.30}$$

t : Espesor.

$$t : \underline{22.20} \text{ mm}$$

h : Ancho.

$$h : \underline{115.00} \text{ mm}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

La tensión de resistencia de diseño, f_{Rd} , es dada por:

$$f_{Rd} = \frac{1.1 \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$f_{Rd} : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

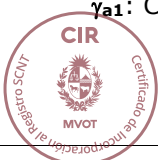
Donde:

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

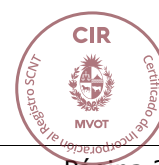




Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Barra N1191/N1560

Perfil: W 610 x 140.0**Material: acero (A-36 250Mpa)**

Nodos		Largo (m)	Características mecánicas												
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm4)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)									
N1191	N1560	1.200	179.30	112619.00	4515.00	225.01									
Notas:															
(1) Inercia con respecto al eje indicado															
(2) Momento de inercia de torsión uniforme															
	Pandeo		Pandeo lateral												
	Plano ZX	Plano ZY	Solapa sup.	Solapa inf.											
β	1.00	1.00	1.00	1.00											
L _K	1.200	1.200	1.200	1.200											
C _b	-		1.000												
Notación:															
β: Coeficiente de Pandeo															
L _K : Longitud de pandeo (m)															
C _b : Factor de modificación por momento crítico															

Limitación del índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.4)

El índice de esbeltez de las barras comprimidas, tomado como la mayor relación entre la longitud del pandeo y el radio de giro, no debe superar los 200.

$$\lambda \leq 200$$

$$\lambda : \underline{23.9} \quad \checkmark$$

Donde:

λ: Índice de esbeltez.

$$\lambda = \frac{K \cdot L}{r}$$

$$\lambda_x : \underline{4.8}$$

$$\lambda_y : \underline{23.9}$$

Siendo:

K_x·L_x: Longitud de pandeo debido a la flexión alrededor del eje X.

$$K_x \cdot L_x : \underline{1.200} \text{ m}$$

K_y·L_y: Longitud del pandeo doblando alrededor del eje Y.

$$K_y \cdot L_y : \underline{1.200} \text{ m}$$

r_x, r_y: Radio de rotación con respecto a los ejes principales X, Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{25.06} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{5.02} \text{ cm}$$


Resistencia a la tracción (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N1560, para la combinación de acciones PP+1.4·V1.



$$N_{t,Sd} : \underline{9.53} \text{ kN}$$

La fuerza de tracción axial resistente de cálculo, $N_{t,Rd}$, debe determinarse mediante la expresión:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$N_{t,Rd} : 4075.00 \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A_g : 179.30 \text{ cm}^2$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

Resistencia a compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.048 \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N1191, para la combinación de acciones $1.5 \cdot PP + 0.75 \cdot SCU1 + 1.4 \cdot V2$.

$N_{c,Sd}$: Fuerza de compresión axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$$N_{c,Sd} : 189.14 \text{ kN}$$

La fuerza de compresión axial resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, debe determinarse mediante la expresión:

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$N_{c,Rd} : 3903.70 \text{ kN}$$

Donde:

χ : Factor de reducción total asociado con la resistencia a la compresión.

$$\chi : 0.971$$

Q : Factor de reducción total asociado a Pandeo local.

$$Q : 0.987$$

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

$$A_g : 179.30 \text{ cm}^2$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

Factor de reducción χ : (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.3)

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

$$\chi : 0.971$$

Donde:

λ_0 : Índice de esbeltez reducido.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}}$$

$$\lambda_0 : 0.267$$

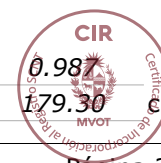
Siendo:

Q : Factor de reducción total asociado a Pandeo local.

$$Q : 0.987$$

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

$$A_g : 179.30 \text{ cm}^2$$



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

 f_y : Resistencia al flujo de acero. f_y : 250.00 MPa N_e : Fuerza axial de Pandeo elástica. N_e : 61890.64 kN**Fuerza axial de Pandeo elástica:** (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo E)

La Fuerza axial del Pandeo elástico, N_e , de una barra con una sección transversal doblemente simétrica o simétrica con respecto a un punto, viene dada por el menor valor entre los obtenidos por (a), (b) y (c):

 N_e : 61890.64 kN

- (a) Para Pandeo por flexión con relación al eje principal de inercia X de la sección transversal:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2}$$

 N_{ex} : 1543756.91 kN

Donde:

 $K_x \cdot L_x$: Longitud de pandeo debido a la flexión alrededor del eje X. $K_x \cdot L_x$: 1.200 m I_x : Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje X. I_x : 112619.00 cm⁴ E : Módulo de elasticidad del acero. E : 200000 MPa

- (b) Para Pandeo por flexión con relación al eje principal de inercia Y de la sección transversal:

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2}$$

 N_{ey} : 61890.64 kN

Donde:

 $K_y \cdot L_y$: Longitud del pandeo doblando alrededor del eje Y. $K_y \cdot L_y$: 1.200 m I_y : Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje Y. I_y : 4515.00 cm⁴ E : Módulo de elasticidad del acero. E : 200000 MPa

- (c) Para Pandeo por torsión en relación al eje longitudinal Z:

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \cdot \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_z \cdot L_z)^2} + G \cdot J \right]$$

 N_{ez} : 86199.26 kN

Donde:

 $K_z \cdot L_z$: Longitud de pandeo torsional. $K_z \cdot L_z$: 1.200 m E : Módulo de elasticidad del acero. E : 200000 MPa C_w : Constante de alabeo de sección transversal. C_w : 3981687.00 cm⁶ G : Módulo de elasticidad transversal del acero. G : 77000 MPa J : Constante de torsión de la sección transversal. J : 225.01 cm⁴ r_0 : Radio polar de rotación de la sección bruta en relación con el centro de cortante.

$$r_0 = \sqrt{(r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2)}$$

 r_0 : 25.56 cm

Donde:

 r_x, r_y : Radio de rotación con respecto a los ejes principales X, Y, respectivamente. r_x : 25.06 cm r_y : 5.02 cm x_0, y_0 : Coordenadas del centro de corte en la dirección de los ejes X, Y principales, respectivamente. x_0 : 0.00 mm y_0 : 0.00 mm

Pandeo local de barras comprimidas axialmente: (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo F)



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Las barras sometidas a resistencia axial de compresión, en las que los elementos componentes de la sección transversal tienen relaciones entre ancho y espesor (b/t) mayores que los valores límite dados en la Tabla F.1, tienen el factor de reducción total Q dado por:

$$Q = Q_s \cdot Q_a$$

$$Q : 0.987$$

Donde:

Q_s : Factor de reducción que tiene en cuenta el Pandeo local de los elementos AL. Cuando hay dos o más elementos AL con diferentes factores de reducción Q_s se adopta el más pequeño de estos factores.

$$Q_s : 1.000$$

Mesa: Elemento del Grupo 4 de la Tabla F.1.

$$(b/t) \leq 0.56 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$5.18 \leq 15.84$$

$$Q_s = 1.000$$

$$Q_s : 1.000$$

Siendo:

(b/t) : Relación entre ancho y espesor.

$$(b/t) : 5.18$$

Donde:

b : Ancho.

$$b : 115.00 \text{ mm}$$

t : Espesor.

$$t : 22.20 \text{ mm}$$

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

Q_a : Factor de reducción que lleva en cuenta a Pandeo local dos elementos AA.

$$Q_a = \frac{A_{ef}}{A_g}$$

$$Q_a : 0.987$$

Siendo:

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

$$A_g : 179.30 \text{ cm}^2$$

A_{ef} : Área efectiva de la sección transversal de la barra.

$$A_{ef} : 176.98 \text{ cm}^2$$

$$A_{ef} = A_g - \sum (b - b_{ef}) \cdot t$$

Alma: Elemento del grupo 2 de la tabla F.1.

$$(b/t) > 1.49 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$43.71 > 42.14$$

$$b_{ef} = 1.92 \cdot t \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \cdot \left[1 - \frac{c_a}{b/t} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right] \leq b$$

$$b_{ef} : 554.89 \text{ mm}$$

Siendo:

(b/t) : Relación entre ancho y espesor.

$$(b/t) : 43.71$$

Donde:

b : Ancho.

$$b : 572.60 \text{ mm}$$

t : Espesor.

$$t : 13.10 \text{ mm}$$

E : Módulo de elasticidad del acero.

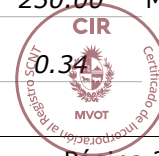
$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

C_a : Coeficiente para elementos distintos de mesas o núcleos de secciones tubulares rectangulares.

$$C_a : 0.34$$



Resistencia a la flexión del eje X (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.030} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N1191, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V2.

M_{Sd}⁺: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{M_{Sd}^+} : \underline{28.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Ya que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', se debe considerar una viga de núcleo no delgada (ABNT NBR 8800: 2008, adjunto archivo G).

$$\mathbf{43.71 \leq 161.22}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : \underline{43.71}$$

Siendo:

h: Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$\mathbf{h} : \underline{572.60} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$\mathbf{t_w} : \underline{13.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_r = 5.70 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_r : \underline{161.22}$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$\mathbf{E} : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$\mathbf{f_y} : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

El momento flector de diseño M_{Rd} de vigas de alma no esbeltas debe tomarse como el valor más bajo entre los obtenidos en las siguientes secciones:

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{948.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

(a) Momento flector máximo resistente de diseño (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2.2):

$$\mathbf{M_{Rd}} = \frac{1.50 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{1244.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_x: Módulo elástico mínimo de resistencia de la sección transversal en relación con el eje de flexión.

$$\mathbf{W_x} : \underline{3650.53} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$\mathbf{f_y} : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{a1}} : \underline{1.10}$$

(b) Estado límite último de Pandeo lateral torcido, FLT (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$\mathbf{23.91 \leq 49.78}$$

$$\mathbf{M_{Rd}} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$\mathbf{M_{Rd}} : \underline{948.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Donde:

$$\lambda = \frac{L_b}{r_y}$$

$$\lambda : 23.91$$

Siendo:

L_{b,sup}: Distancia entre puntos bloqueados al Pandeo lateral.

$$L_{b,sup} : 1.200 \text{ m}$$

r_y: Radio de rotación de la sección con respecto al eje principal de inercia perpendicular al eje de flexión.

$$r_y : 5.02 \text{ cm}$$

$$\lambda_p = 1.76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : 49.78$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : 1043.28 \text{ kN}$$

Donde:

Z_x: Módulo de resistencia plástica.

$$Z_x : 4173.10 \text{ cm}^3$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

(c) Estado límite último para pandeo local de la mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$5.18 \leq 10.75$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 948.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : 5.18$$

Siendo:

b_f: Ancho de la mesa comprimida.

$$b_f : 230.00 \text{ mm}$$

t_f: Espesor de la mesa comprimida.

$$t_f : 22.20 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : 10.75$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : 1043.28 \text{ kN}$$

Donde:

Z_x: Módulo de resistencia plástica.

$$Z_x : 4173.10 \text{ cm}^3$$

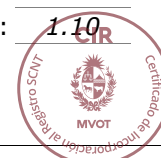
f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

(d) Estado límite último para pandeo local del alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):



$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$43.71 \leq 106.35$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 948.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : 43.71$$

Siendo:

h: Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$h : 572.60 \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : 13.10 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : 106.35$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : 1043.28 \text{ kN}$$

Donde:

Z_x: Módulo de resistencia plástico.

$$Z_x : 4173.10 \text{ cm}^3$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : 250.00 \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

Resistencia a la flexión del eje Y (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.343 \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N1191, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V4.

M_{Sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$M_{Sd} : 30.58 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector de diseño **M_{Rd}** deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$$M_{Rd} : 89.23 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

(a) Momento flector máximo resistente de diseño (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2.2):

$$M_{Rd} = \frac{1.50 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : 133.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_y: Módulo elástico mínimo de resistencia de la sección transversal

$$W_y : 392.61 \text{ cm}^3$$



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

en relación con el eje de flexión.

f_y : Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

γ_{a1} : 1.10

(b) Estado límite último para pandeo local de la mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$5.18 \leq 10.75$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{139.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : \underline{5.18}$$

Siendo:

b_f : Ancho de la mesa comprimida.

$$b_f : \underline{230.00} \text{ mm}$$

t_f : Espesor de la mesa comprimida.

$$t_f : \underline{22.20} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{10.75}$$

Siendo:

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : \underline{153.50} \text{ kN}$$

Donde:

Z_y : Módulo de resistencia plástico.

$$Z_y : \underline{614.00} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

(c) Estado límite último para pandeo local del alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda > \lambda_r$$

$$43.71 > 39.60$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}} \leq \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{89.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : \underline{43.71}$$

Siendo:

h : Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$h : \underline{572.60} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{13.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_r = 1.40 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_r : \underline{39.60}$$

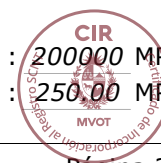
Siendo:

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

$$M_{cr} = \frac{W_{ef}^2}{W} \cdot f_y$$

$$M_{cr} : \underline{98.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{ef,y}$: Módulo de resistencia elástico mínimo, relativo al eje de flexión, para una sección que tiene una tabla comprimida de ancho igual a b_{ef} dada por F.3.2, con σ igual a f_y .

$$W_{ef,y} : \underline{392.61} \text{ cm}^3$$

W_y : Módulo elástico mínimo de resistencia de la sección transversal en relación con el eje de flexión.

$$W_y : \underline{392.61} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : \underline{153.50} \text{ kN}$$

Donde:

Z_y : Módulo de resistencia plástico.

$$Z_y : \underline{614.00} \text{ cm}^3$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistencia al corte en X (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

El esfuerzo demandante de cálculo desfavorable tiene lugar para la combinación de acciones $1.5 \cdot PP + 0.75 \cdot SCU1 + 1.4 \cdot V4$.

V_{Sd} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$V_{Sd} : \underline{24.25} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente de diseño, V_{Rd} , está determinada por la expresión:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$5.18 \leq \underline{34.08}$$

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$V_{Rd} : \underline{1392.55} \text{ kN}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : \underline{5.18}$$

Siendo:

b_f : Largura das mesas.

$$b_f : \underline{230.00} \text{ mm}$$

t_f : Espessura das mesas.

$$t_f : \underline{22.20} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{34.08}$$

Siendo:

k_v : Coeficiente de Pandeo.

$$k_v : \underline{1.20}$$



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

E: Módulo de elasticidad del acero.**E :** 200000 MPa**f_y:** Resistencia al flujo de acero.**f_y :** 250.00 MPa

$$V_{pl} = 0.60 \cdot A_w \cdot f_y$$

$$V_{pl} : \underline{1531.80} \text{ kN}$$

Siendo:

A_w: Área al corte efectiva.

$$A_w = 2 \cdot b_f \cdot t_f$$

$$A_w : \underline{102.12} \text{ cm}^2$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistencia a la fuerza cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N1191, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V2.

V_{sd}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$V_{sd} : \underline{19.90} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente de diseño, V_{Rd}, está determinada por la expresión:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$43.71 \leq 69.57$$

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$V_{Rd} : \underline{1102.19} \text{ kN}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : \underline{43.71}$$

Siendo:

h: Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$h : \underline{572.60} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{13.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{69.57}$$

Siendo:

k_v: Coeficiente de Pandeo.

$$k_v : \underline{5.00}$$

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

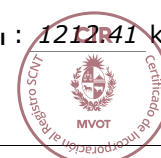
f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

$$V_{pl} = 0.60 \cdot A_w \cdot f_y$$

$$V_{pl} : \underline{1212.41} \text{ kN}$$

Siendo:



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

 A_w : Área al corte efectiva.

$$A_w = d \cdot t_w$$

$$A_w : \underline{80.83} \text{ cm}^2$$

 d : Altura total de la sección transversal.

$$d : \underline{617.00} \text{ mm}$$

 γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistencia a la tensión axial y a la flexión combinadas (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.1.2)

Debe satisfacer:

$$\eta \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.388} \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N1191, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V4.

 $N_{c,Sd}$: Fuerza de compresión axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$$N_{c,Sd} : \underline{175.14} \text{ kN}$$

 $M_{x,Sd}$: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$M_{x,Sd}^+ : \underline{21.53} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

 $M_{y,Sd}$: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$M_{y,Sd}^- : \underline{30.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{Sd} / N_{Rd} < 0.2$$

$$0.045 < 0.200$$

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{2 \cdot N_{c,Rd}} + \left(\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.388}$$

Donde:

 $N_{c,Rd}$: Fuerza axial resistente de cálculo de compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3).

$$N_{c,Rd} : \underline{3903.70} \text{ kN}$$

 $M_{x,Rd}, M_{y,Rd}$: Momentos flectores resistentes de cálculo, con respecto a los ejes X e Y de la sección transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2).

$$M_{x,Rd} : \underline{948.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,Rd} : \underline{89.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Fuerza torsional (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.2.1)

Dado que la norma no prevé un control general para las secciones no tubulares sometidas exclusivamente a torsión, se considera que este elemento también debe cumplir con los siguientes criterios:

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{T_{Sd}}{T_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004} \checkmark$$

El esfuerzo demandante de cálculo desfavorable tiene lugar para la combinación de acciones PP+0.75·SCU1+1.4·V3.



T_{sd} : Esfuerzo de torsión solicitante de cálculo, desfavorable.

T_{sd} : 0.05 kN·m

El momento de torsión resistente al cálculo, T_{Rd} , está determinada por la expresión:

$$T_{Rd} = \frac{0.60 \cdot W_T \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

T_{Rd} : 13.82 kN·m

Donde:

W_T : Módulo de Fuerza torsional.

W_T : 101.36 cm³

f_y : Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

γ_{a1} : 1.10

Resistencia al momento de torsión, resistencia axial, momento flector y cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.2.2)

Este caso no está cubierto por la norma y, por tanto, no es posible realizar la verificación.

Resistencia a las interacciones de tensión y torsión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.2.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{|\sigma_{sd}|}{\sigma_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.425 ✓

$$\eta = \frac{|\tau_{sd}|}{\tau_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.003 ✓

(Dado que la norma no proporciona una verificación de la tensión total para las secciones sometidas a torsión combinadas con otras tensiones, se considera que este elemento también debe cumplir con los siguientes criterios para la tensión de Von Mises :)

$$\eta = \frac{f_{sd}}{f_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.375 ✓

El coeficiente de rendimiento desfavorable tiene lugar en el nudo N1191, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V4 en el punto de la sección transversal de coordenadas X = -115.00 mm, Y = 308.50 mm en relación con el centro de gravedad.

Los esfuerzos normais σ_{sd} vienen dados por:

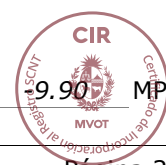
$$\sigma_{sd} = \sigma_{N_{sd}} + \sigma_{M_{x, sd}} + \sigma_{M_{y, sd}}$$

σ_{sd} : -93.68 MPa

Donde:

$$\sigma_{N_{sd}} = \frac{N_{c, sd}}{Q \cdot A_g}$$

$\sigma_{N_{sd}}$: 9.90 MPa



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Siendo:

N_{c,Sd}: Fuerza de compresión axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{N_{c,Sd}} : \underline{175.14} \text{ kN}$$

Q: Factor de reducción total asociado a Pandeo local (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo F).

$$\mathbf{Q} : \underline{0.987}$$

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

$$\mathbf{A_g} : \underline{179.30} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{M_{x,Sd}} = - \frac{M_{x,Sd}}{I_x} \cdot Y$$

$$\sigma_{M_{x,Sd}} : \underline{-5.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

M_{x,Sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{M_{x,Sd}^+} : \underline{21.53} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

I_x: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje X.

$$\mathbf{I_x} : \underline{112619.00} \text{ cm}^4$$

Y: Coordenada, en relación al eje Y, del punto desfavorable de la sección transversal en relación al centro de gravedad de la sección bruta.

$$\mathbf{Y} : \underline{308.50} \text{ mm}$$

$$\sigma_{M_{y,Sd}} = - \frac{M_{y,Sd}}{I_y} \cdot X$$

$$\sigma_{M_{y,Sd}} : \underline{-77.89} \text{ MPa}$$

Siendo:

M_{y,Sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{M_{y,Sd}^-} : \underline{30.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

I_y: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje Y.

$$\mathbf{I_y} : \underline{4515.00} \text{ cm}^4$$

X: Coordenada, en relación al eje X, del punto desfavorable de la sección transversal en relación al centro de gravedad de la sección bruta.

$$\mathbf{X} : \underline{-115.00} \text{ mm}$$

Las tensiones tangenciales τ_{Sd} vienen dados por:

$$\tau_{Sd} = \tau_{V_{x,Sd}} + \tau_{V_{y,Sd}} + \tau_{T_{Sd}}$$

$$\tau_{Sd} : \underline{-0.41} \text{ MPa}$$

Donde:

$$\tau_{V_{x,Sd}} = - \frac{\bar{S}_y}{I_y \cdot t} \cdot V_{x,Sd}$$

$$\tau_{V_{x,Sd}} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

V_{x,Sd}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{V_{x,Sd}^-} : \underline{24.25} \text{ kN}$$

S_y: Momento estático, en relación al eje Y, de la parte de la sección ubicada a un lado del punto de verificación.

$$\mathbf{S_y} : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_y: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje Y.

$$\mathbf{I_y} : \underline{4515.00} \text{ cm}^4$$

t: Espesor.

$$\mathbf{t} : \underline{22.20} \text{ mm}$$

$$\tau_{V_{y,Sd}} = - \frac{\bar{S}_x}{I_x \cdot t} \cdot V_{y,Sd}$$

$$\tau_{V_{y,Sd}} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

V_{y,Sd}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{V_{y,Sd}^+} : \underline{14.54} \text{ kN}$$

S_x: Momento estático, en relación al eje X, de la parte del tramo ubicada a un lado del punto de verificación.

$$\mathbf{S_x} : \underline{0.00} \text{ cm}^3$$

I_x: Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje X.

$$\mathbf{I_x} : \underline{112619.00} \text{ cm}^4$$



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

t: Espesor.**t :** 22.20 mm

$$\tau_{T_{sd}} = \pm \frac{t}{J} \cdot T_{sd}$$

 $\tau_{T_{sd}}$: -0.41 MPa

Siendo:

 T_{sd} : Esfuerzo de torsión solicitante de cálculo, desfavorable. **T_{sd} :** 0.04 kN·m**J:** Constante de torsión de la sección transversal.**J :** 225.01 cm⁴**t:** Espesor.**t :** 22.20 mmLas tensiones totales f_{sd} vienen dados por:

$$f_{sd} = \sqrt{\sigma_{sd}^2 + 3 \cdot \tau_{sd}^2}$$

 f_{sd} : 93.68 MPaLa tensión de resistencia de diseño, σ_{Rd} , viene dada por el valor más pequeño entre los obtenidos por a) y b): **σ_{Rd} :** 220.57 MPa

(a) Tensión resistente de diseño para los estados límite de fluencia bajo el efecto de la tensión normal:

$$\sigma_{Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{a1}}$$

 σ_{Rd} : 227.27 MPa

Donde:

 f_y : Resistencia al flujo de acero. **f_y :** 250.00 MPa **γ_{a1} :** Coeficiente de seguridad del material. **γ_{a1} :** 1.10

(b) Tensión resistente de diseño para estados límite de inestabilidad o Pandeo bajo tensión normal:

$$\sigma_{Rd} = \frac{\chi \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

 σ_{Rd} : 220.57 MPa

Donde:

 χ : Factor de reducción total asociado con la resistencia a la compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.3).

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

 χ : 0.971

Siendo:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_e}}$$

 λ_0 : 0.267

$$\sigma_e = \frac{N_e}{Q \cdot A_g}$$

 σ_e : 3497.04 MPa

Donde:

 N_e : Fuerza axial de Pandeo elástica. **N_e :** 61890.64 kN **Q :** Factor de reducción total asociado a Pandeo local (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo F). **Q :** 0.987 **A_g :** Área bruta de la sección transversal de la barra. **A_g :** 179.30 cm² **f_y :** Resistencia al flujo de acero. **f_y :** 250.00 MPa **γ_{a1} :** Coeficiente de seguridad del material. **γ_{a1} :** 1.10

Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

La tensión de resistencia de diseño, τ_{Rd} , viene dada por el valor más pequeño entre los obtenidos por a) y b):

$$\tau_{Rd} : \underline{135.31} \text{ MPa}$$

- (a) Esfuerzo resistente de diseño para los estados límite de fluencia bajo el efecto del esfuerzo cortante:

$$\tau_{Rd} = \frac{0.60 \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$\tau_{Rd} : \underline{136.36} \text{ MPa}$$

Donde:

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

- (b) Esfuerzo resistente de diseño para estados límite de inestabilidad o Pandeo bajo el efecto de esfuerzo cortante:

$$\tau_{Rd} = \frac{0.60 \cdot \chi \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$\tau_{Rd} : \underline{135.31} \text{ MPa}$$

Donde:

χ : Factor de reducción total asociado con la resistencia a la compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.3).

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

$$\chi : \underline{0.992}$$

Siendo:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{0.60 \cdot f_y}{\tau_e}}$$

$$\lambda_0 : \underline{0.136}$$

$$\tau_e = k_v \cdot \sigma_E$$

$$\tau_e : \underline{8083.48} \text{ MPa}$$

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t}{h}\right)^2$$

$$\sigma_E : \underline{6736.24} \text{ MPa}$$

Donde:

k_v : Coeficiente de Pandeo (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.3).

$$k_v : \underline{1.20}$$

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

ν : Coeficiente de Poisson.

$$\nu : \underline{0.30}$$

t : Espesor.

$$t : \underline{22.20} \text{ mm}$$

h : Ancho.

$$h : \underline{115.00} \text{ mm}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

La tensión de resistencia de diseño, f_{Rd} , es dada por:

$$f_{Rd} = \frac{1.1 \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$f_{Rd} : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

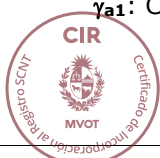
Donde:

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

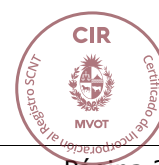




Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Barra N1076/N1570

Perfil: W 610 x 140.0**Material: acero (A-36 250Mpa)**

Nodos		Largo (m)	Características mecánicas												
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm4)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)									
N1076	N1570	1.200	179.30	112619.00	4515.00	225.01									
Notas:															
⁽¹⁾ Inercia con respecto al eje indicado															
⁽²⁾ Momento de inercia de torsión uniforme															
	Pandeo		Pandeo lateral												
	Plano ZX	Plano ZY	Solapa sup.	Solapa inf.											
β	1.00	1.00	1.00	1.00											
L _K	1.200	1.200	1.200	1.200											
C _b	-		1.000												
Notación:															
β: Coeficiente de Pandeo															
L _K : Longitud de pandeo (m)															
C _b : Factor de modificación por momento crítico															

Limitación del índice de esbeltez (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.4)

El índice de esbeltez de las barras comprimidas, tomado como la mayor relación entre la longitud del pandeo y el radio de giro, no debe superar los 200.

$$\lambda \leq 200$$

$$\lambda : \underline{23.9} \quad \checkmark$$

Donde:

λ: Índice de esbeltez.

$$\lambda = \frac{K \cdot L}{r}$$

$$\lambda_x : \underline{4.8}$$

$$\lambda_y : \underline{23.9}$$

Siendo:

K_x·L_x: Longitud de pandeo debido a la flexión alrededor del eje X.

K_x·L_x : $\underline{1.200}$ m

K_y·L_y: Longitud del pandeo doblando alrededor del eje Y.

K_y·L_y : $\underline{1.200}$ m

r_x, r_y: Radio de rotación con respecto a los ejes principales X, Y, respectivamente.

r_x : $\underline{25.06}$ cm

r_y : $\underline{5.02}$ cm

Resistencia a la tracción (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.2)

No se realizará la comprobación porque no hay esfuerzo de tracción axial.

Resistencia a compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.044} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N1076, para la combinación de acciones $1.5 \cdot PP + 0.75 \cdot SCU1 + 1.4 \cdot V3$.

$N_{c,Sd}$: Fuerza de compresión axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$N_{c,Sd}$: 170.85 kN

La fuerza de compresión axial resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, debe determinarse mediante la expresión:

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$N_{c,Rd}$: 3903.70 kN

Donde:

χ : Factor de reducción total asociado con la resistencia a la compresión.

χ : 0.971

Q : Factor de reducción total asociado a Pandeo local.

Q : 0.987

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

A_g : 179.30 cm²

f_y : Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

γ_{a1} : 1.10

Factor de reducción χ : (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.3)

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

χ : 0.971

Donde:

λ_0 : Índice de esbeltez reducido.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}}$$

λ_0 : 0.267

Siendo:

Q : Factor de reducción total asociado a Pandeo local.

Q : 0.987

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

A_g : 179.30 cm²

f_y : Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

N_e : Fuerza axial de Pandeo elástica.

N_e : 61890.64 kN

Fuerza axial de Pandeo elástica: (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo E)

La Fuerza axial del Pandeo elástico, N_e , de una barra con una sección transversal doblemente simétrica o simétrica con respecto a un punto, viene dada por el menor valor entre los obtenidos por (a), (b) y (c):

N_e : 61890.64 kN

(a) Para Pandeo por flexión con relación al eje principal de inercia X de la sección transversal:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot L_x)^2}$$

N_{ex} : 1543756.91 kN

Donde:

$K_x \cdot L_x$: Longitud de pandeo debido a la flexión alrededor del eje X.

$K_x \cdot L_x$: 1.200 m

I_x : Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje X.

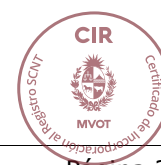
I_x : 112619.00 cm⁴

E : Módulo de elasticidad del acero.

E : 200000 MPa

(b) Para Pandeo por flexión con relación al eje principal de inercia Y de la sección transversal:

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K_y \cdot L_y)^2}$$



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

$$N_{ey} : \underline{61890.64} \text{ kN}$$

Donde:

 $K_y \cdot L_y$: Longitud del pandeo doblando alrededor del eje Y.

$$K_y \cdot L_y : \underline{1.200} \text{ m}$$

 I_y : Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje Y.

$$I_y : \underline{4515.00} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

(c) Para Pandeo por torsión en relación al eje longitudinal Z:

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \cdot \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_z \cdot L_z)^2} + G \cdot J \right]$$

$$N_{ez} : \underline{86199.26} \text{ kN}$$

Donde:

 $K_z \cdot L_z$: Longitud de pandeo torsional.

$$K_z \cdot L_z : \underline{1.200} \text{ m}$$

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

 C_w : Constante de alabeo de sección transversal.

$$C_w : \underline{3981687.00} \text{ cm}^6$$

 G : Módulo de elasticidad transversal del acero.

$$G : \underline{77000} \text{ MPa}$$

 J : Constante de torsión de la sección transversal.

$$J : \underline{225.01} \text{ cm}^4$$

 r_0 : Radio polar de rotación de la sección bruta en relación con el centro de cortante.

$$r_0 = \sqrt{(r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2)}$$

$$r_0 : \underline{25.56} \text{ cm}$$

Donde:

 r_x, r_y : Radio de rotación con respecto a los ejes principales X, Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{25.06} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{5.02} \text{ cm}$$

 x_0, y_0 : Coordenadas del centro de corte en la dirección de los ejes X, Y principales, respectivamente.

$$x_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Pandeo local de barras comprimidas axialmente: (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo F)

Las barras sometidas a resistencia axial de compresión, en las que los elementos componentes de la sección transversal tienen relaciones entre ancho y espesor (b/t) mayores que los valores límite dados en la Tabla F.1, tienen el factor de reducción total Q dado por:

$$Q = Q_s \cdot Q_a$$

$$Q : \underline{0.987}$$

Donde:

Q_s : Factor de reducción que tiene en cuenta el Pandeo local de los elementos AL. Cuando hay dos o más elementos AL con diferentes factores de reducción Q_s se adopta el más pequeño de estos factores.

$$Q_s : \underline{1.000}$$

Mesa: Elemento del Grupo 4 de la Tabla F.1.

$$(b/t) \leq 0.56 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$5.18 \leq \underline{15.84}$$

$$Q_s = 1.000$$

$$Q_s : \underline{1.000}$$

Siendo:

 (b/t) : Relación entre ancho y espesor.

$$(b/t) : \underline{5.18}$$

Donde:

b: Ancho.

$$b : \underline{115.00} \text{ mm}$$



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

t : Espesor.	t :	<u>22.20</u>	mm
E : Módulo de elasticidad del acero.	E :	<u>200000</u>	MPa
f_y : Resistencia al flujo de acero.	f_y :	<u>250.00</u>	MPa

Q_a: Factor de reducción que lleva en cuenta a Pandeo local dos elementos AA.

$$Q_a = \frac{A_{ef}}{A_g} \quad Q_a : \underline{0.987}$$

Siendo:

A_g : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A_g :	<u>179.30</u>	cm ²
A_{ef} : Área efectiva de la sección transversal de la barra.	A_{ef} :	<u>176.98</u>	cm ²

$$A_{ef} = A_g - \sum (b - b_{ef}) \cdot t$$

Alma: Elemento del grupo 2 de la tabla F.1.

$$(b/t) > 1.49 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad 43.71 > 42.14$$

$$b_{ef} = 1.92 \cdot t \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \cdot \left[1 - \frac{c_a}{b/t} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right] \leq b \quad b_{ef} : \underline{554.89} \text{ mm}$$

Siendo:

(b/t) : Relación entre ancho y espesor.	(b/t) :	<u>43.71</u>	
--	----------------	--------------	--

Donde:

b : Ancho.	b :	<u>572.60</u>	mm
t : Espesor.	t :	<u>13.10</u>	mm
E : Módulo de elasticidad del acero.	E :	<u>200000</u>	MPa
f_y : Resistencia al flujo de acero.	f_y :	<u>250.00</u>	MPa
C_a : Coeficiente para elementos distintos de mesas o núcleos de secciones tubulares rectangulares.	C_a :	<u>0.34</u>	

Resistencia a la flexión del eje X (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{sd}}{M_{Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.027} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N1076, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V4.

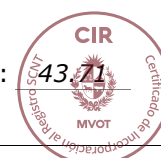
M_{sd}⁺ : Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.	M_{sd}⁺ :	<u>25.27</u>	kN·m
--	-------------------------------------	--------------	------

Ya que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', se debe considerar una viga de núcleo no delgada (ABNT NBR 8800: 2008, adjunto archivo G).

$$43.71 \leq 161.22$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w} \quad \lambda : \underline{43.71}$$



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

Siendo:

h: Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

h : 572.60 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 13.10 mm

$$\lambda_r = 5.70 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_r : \underline{161.22}$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

E : 200000 MPa

f_y: Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

El momento flector de diseño M_{Rd} de vigas de alma no esbeltas debe tomarse como el valor más bajo entre los obtenidos en las siguientes secciones:

M_{Rd} : 948.43 kN·m

(a) Momento flector máximo resistente de diseño (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2.2):

$$M_{Rd} = \frac{1.50 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

M_{Rd} : 1244.50 kN·m

Donde:

W_x: Módulo elástico mínimo de resistencia de la sección transversal en relación con el eje de flexión.

W_x : 3650.53 cm³

f_y: Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

γ_{a1} : 1.10

(b) Estado límite último de Pandeo lateral torcido, FLT (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

23.91 ≤ **49.78**

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

M_{Rd} : 948.43 kN·m

Donde:

$$\lambda = \frac{L_b}{r_y}$$

$$\lambda : \underline{23.91}$$

Siendo:

L_{b,sup}: Distancia entre puntos bloqueados al Pandeo lateral.

L_{b,sup} : 1.200 m

r_y: Radio de rotación de la sección con respecto al eje principal de inercia perpendicular al eje de flexión.

r_y : 5.02 cm

$$\lambda_p = 1.76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{49.78}$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.

E : 200000 MPa

f_y: Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

M_{pl} : 1043.28 kN

Donde:

Z_x: Módulo de resistencia plástico.

Z_x : 4173.10 cm³

f_y: Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

 γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material. γ_{a1} : 1.10

(c) Estado límite último para pandeo local de la mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$5.18 \leq 10.75$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd}: 948.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda: 5.18$$

Siendo:

 b_f : Ancho de la mesa comprimida.

$$b_f: 230.00 \text{ mm}$$

 t_f : Espesor de la mesa comprimida.

$$t_f: 22.20 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p: 10.75$$

Siendo:

 E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E: 200000 \text{ MPa}$$

 f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y: 250.00 \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl}: 1043.28 \text{ kN}$$

Donde:

 Z_x : Módulo de resistencia plástico.

$$Z_x: 4173.10 \text{ cm}^3$$

 f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y: 250.00 \text{ MPa}$$

 γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1}: 1.10$$

(d) Estado límite último para pandeo local del alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$43.71 \leq 106.35$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd}: 948.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda: 43.71$$

Siendo:

 h : Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$h: 572.60 \text{ mm}$$

 t_w : Espesor del alma.

$$t_w: 13.10 \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p: 106.35$$

Siendo:

 E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E: 200000 \text{ MPa}$$

 f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y: 250.00 \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl}: 1043.28 \text{ kN}$$

Donde:

Z_x : Módulo de resistencia plástico.

Z_x : 4173.10 cm³

f_y : Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

γ_{a1} : 1.10

Resistencia a la flexión del eje Y (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.341 ✓

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N1076, para la combinación de acciones PP+1.4·V4.

M_{Sd} : Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

M_{Sd} : 30.47 kN·m

El momento flector de diseño M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

M_{Rd} : 89.23 kN·m

(a) Momento flector máximo resistente de diseño (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2.2):

$$M_{Rd} = \frac{1.50 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

M_{Rd} : 133.84 kN·m

Donde:

W_y : Módulo elástico mínimo de resistencia de la sección transversal en relación con el eje de flexión.

W_y : 392.61 cm³

f_y : Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

γ_{a1} : 1.10

(b) Estado límite último para pandeo local de la mesa comprimida, FLM (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda \leq \lambda_p$$

5.18 ≤ 10.75

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

M_{Rd} : 139.55 kN·m

Donde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

λ : 5.18

Siendo:

b_f : Ancho de la mesa comprimida.

b_f : 230.00 mm

t_f : Espesor de la mesa comprimida.

t_f : 22.20 mm

$$\lambda_p = 0.38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

λ_p : 10.75

Siendo:



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

E: Módulo de elasticidad del acero.**E** : 200000 MPa**f_y**: Resistencia al flujo de acero.**f_y** : 250.00 MPa

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : \underline{153.50} \text{ kN}$$

Donde:

Z_y: Módulo de resistencia plástico.**Z_y** : 614.00 cm³**f_y**: Resistencia al flujo de acero.**f_y** : 250.00 MPa**γ_{a1}**: Coeficiente de seguridad del material.**γ_{a1}** : 1.10

(c) Estado límite último para pandeo local del alma, FLA (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo G):

$$\lambda > \lambda_r$$

$$43.71 > 39.60$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}} \leq \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{Rd} : \underline{89.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda : \underline{43.71}$$

Siendo:

h: Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

$$h : \underline{572.60} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{13.10} \text{ mm}$$

$$\lambda_r = 1.40 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_r : \underline{39.60}$$

Siendo:

E: Módulo de elasticidad del acero.**E** : 200000 MPa**f_y**: Resistencia al flujo de acero.**f_y** : 250.00 MPa

$$M_{cr} = \frac{W_{ef}^2}{W} \cdot f_y$$

$$M_{cr} : \underline{98.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

W_{ef,y}: Módulo de resistencia elástico mínimo, relativo al eje de flexión, para una sección que tiene una tabla comprimida de ancho igual a b_{ef} dada por F.3.2, con σ igual a f_y.

$$W_{ef,y} : \underline{392.61} \text{ cm}^3$$

W_y: Módulo elástico mínimo de resistencia de la sección transversal en relación con el eje de flexión.

$$W_y : \underline{392.61} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$M_{pl} : \underline{153.50} \text{ kN}$$

Donde:

Z_y: Módulo de resistencia plástico.

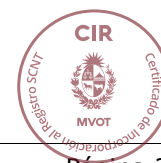
$$Z_y : \underline{614.00} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$



Resistencia al corte en X (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

El esfuerzo demandante de cálculo desfavorable tiene lugar para la combinación de acciones PP+1.4·V4.

V_{Sd}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$$\mathbf{V_{Sd}} : \underline{24.27} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente de diseño, V_{Rd}, está determinada por la expresión:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$\mathbf{5.18 \leq 34.08}$$

$$\mathbf{V_{Rd}} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$\mathbf{V_{Rd}} : \underline{1392.55} \text{ kN}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{b_f/2}{t_f}$$

$$\lambda : \underline{5.18}$$

Siendo:

b_f: Largura das mesas.

$$\mathbf{b_f} : \underline{230.00} \text{ mm}$$

t_f: Espessura das mesas.

$$\mathbf{t_f} : \underline{22.20} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{34.08}$$

Siendo:

k_v: Coeficiente de Pandeo.

$$\mathbf{k_v} : \underline{1.20}$$

E: Módulo de elasticidad del acero.

$$\mathbf{E} : \underline{200000} \text{ MPa}$$

f_y: Resistencia al flujo de acero.

$$\mathbf{f_y} : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{V_{pl}} = 0.60 \cdot A_w \cdot f_y$$

$$\mathbf{V_{pl}} : \underline{1531.80} \text{ kN}$$

Siendo:

A_w: Área al corte efectiva.

$$\mathbf{A_w} = 2 \cdot b_f \cdot t_f$$

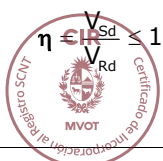
$$\mathbf{A_w} : \underline{102.12} \text{ cm}^2$$

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

Resistencia a la fuerza cortante Y (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.3)

Debe satisfacer:



$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.016} \quad \checkmark$$

Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

El esfuerzo demandante de cálculo desfavorable tiene lugar para la combinación de acciones $1.5 \cdot PP + 0.75 \cdot SCU1 + 1.4 \cdot V4$.

V_{sd}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

V_{sd} : 17.25 kN

La fuerza de corte resistente de diseño, V_{Rd} , está determinada por la expresión:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$43.71 \leq 69.57$$

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

V_{Rd} : 1102.19 kN

Donde:

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

λ : 43.71

Siendo:

h: Altura del núcleo, tomada igual a la distancia entre los lados internos de las mesas.

h : 572.60 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 13.10 mm

$$\lambda_p = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

λ_p : 69.57

Siendo:

k_v: Coeficiente de Pandeo.

k_v : 5.00

E: Módulo de elasticidad del acero.

E : 200000 MPa

f_y: Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa

$$V_{pl} = 0.60 \cdot A_w \cdot f_y$$

V_{pl} : 1212.41 kN

Siendo:

A_w: Área al corte efectiva.

$$A_w = d \cdot t_w$$

A_w : 80.83 cm²

d: Altura total de la sección transversal.

d : 617.00 mm

γ_{a1}: Coeficiente de seguridad del material.

γ_{a1} : 1.10

Resistencia a la tensión axial y a la flexión combinadas (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.1.2)

Debe satisfacer:

$$\eta \leq 1$$

η : 0.386 ✓

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable tiene lugar en el nodo N1076, para la combinación de acciones $1.5 \cdot PP + 0.75 \cdot SCU1 + 1.4 \cdot V4$.

N_{c,sd}: Fuerza de compresión axial solicitante de cálculo, desfavorable.

N_{c,sd} : 158.87 kN

M_{x,sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

M_{x,sd} : 25.27 kN·m

Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

M_{y,sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.**M_{y,sd}**: 30.26 kN·m

$$N_{sd} / N_{Rd} < 0.2$$

$$0.041 < 0.200$$

$$\eta = \frac{N_{c,sd}}{2 \cdot N_{c,Rd}} + \left(\frac{M_{x,sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.386}$$

Donde:

N_{c,Rd}: Fuerza axial resistente de cálculo de compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3).**N_{c,Rd}**: 3903.70 kN**M_{x,Rd}, M_{y,Rd}**: Momentos flectores resistentes de cálculo, con respecto a los ejes X e Y de la sección transversal (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.2).**M_{x,Rd}**: 948.43 kN·m**M_{y,Rd}**: 89.23 kN·m

Fuerza torsional (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.2.1)

Dado que la norma no prevé un control general para las secciones no tubulares sometidas exclusivamente a torsión, se considera que este elemento también debe cumplir con los siguientes criterios:

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{T_{sd}}{T_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.003} \checkmark$$

El esfuerzo demandante de cálculo desfavorable tiene lugar para la combinación de acciones PP+1.4·V4.

T_{sd}: Esfuerzo de torsión solicitante de cálculo, desfavorable.**T_{sd}**: 0.03 kN·mEl momento de torsión resistente al cálculo, **T_{Rd}**, está determinada por la expresión:

$$T_{Rd} = \frac{0.60 \cdot W_T \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

T_{Rd}: 13.82 kN·m

Donde:

W_T: Módulo de Fuerza torsional.**W_T**: 101.36 cm³**f_y**: Resistencia al flujo de acero.**f_y**: 250.00 MPa**γ_{a1}**: Coeficiente de seguridad del material.**γ_{a1}**: 1.10

Resistencia al momento de torsión, resistencia axial, momento flector y cortante (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.2.2)

Este caso no está cubierto por la norma y, por tanto, no es posible realizar la verificación.

Resistencia a las interacciones de tensión y torsión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.5.2.3)

Debe satisfacer:



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

$$\eta = \frac{|\sigma_{Sd}|}{\sigma_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.421} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{|\tau_{Sd}|}{\tau_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

(Dado que la norma no proporciona una verificación de la tensión total para las secciones sometidas a torsión combinadas con otras tensiones, se considera que este elemento también debe cumplir con los siguientes criterios para la tensión de Von Mises :)

$$\eta = \frac{f_{Sd}}{f_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.372} \quad \checkmark$$

El coeficiente de rendimiento desfavorable tiene lugar en el nudo N1076, para la combinación de acciones 1.5·PP+0.75·SCU1+1.4·V4 en el punto de la sección transversal de coordenadas X = -115.00 mm, Y = 308.50 mm en relación con el centro de gravedad.

Los esfuerzos normais σ_{Sd} vienen dados por:

$$\sigma_{Sd} = \sigma_{N_{Sd}} + \sigma_{M_{x,Sd}} + \sigma_{M_{y,Sd}}$$

$$\sigma_{Sd} : \underline{-92.97} \text{ MPa}$$

Donde:

$$\sigma_{N_{Sd}} = \frac{N_{c,Sd}}{Q \cdot A_g}$$

$$\sigma_{N_{Sd}} : \underline{-8.98} \text{ MPa}$$

Siendo:

$N_{c,Sd}$: Fuerza de compresión axial solicitante de cálculo, desfavorable.

$$N_{c,Sd} : \underline{158.87} \text{ kN}$$

Q : Factor de reducción total asociado a Pandeo local (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo F).

$$Q : \underline{0.987}$$

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

$$A_g : \underline{179.30} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{M_{x,Sd}} = -\frac{M_{x,Sd}}{I_x} \cdot Y$$

$$\sigma_{M_{x,Sd}} : \underline{-6.92} \text{ MPa}$$

Siendo:

$M_{x,Sd}$: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$M_{x,Sd}^+ : \underline{25.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

I_x : Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje X.

$$I_x : \underline{112619.00} \text{ cm}^4$$

Y : Coordenada, en relación al eje Y, del punto desfavorable de la sección transversal en relación al centro de gravedad de la sección bruta.

$$Y : \underline{308.50} \text{ mm}$$

$$\sigma_{M_{y,Sd}} = -\frac{M_{y,Sd}}{I_y} \cdot X$$

$$\sigma_{M_{y,Sd}} : \underline{-77.07} \text{ MPa}$$

Siendo:

$M_{y,Sd}$: Momento de flexión solicitante de cálculo, desfavorable.

$$M_{y,Sd}^- : \underline{30.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

I_y : Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje Y.

$$I_y : \underline{4515.00} \text{ cm}^4$$

Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

X: Coordenada, en relación al eje X, del punto desfavorable de la sección transversal en relación al centro de gravedad de la sección bruta.

X : -115.00 mm

Las tensiones tangenciales τ_{Sd} vienen dados por:

$$\tau_{Sd} = \tau_{V_{x,Sd}} + \tau_{V_{y,Sd}} + \tau_{T_{Sd}}$$

τ_{Sd} : -0.33 MPa

Donde:

$$\tau_{V_{x,Sd}} = -\frac{\bar{S}_y}{I_y \cdot t} \cdot V_{x,Sd}$$

$\tau_{V_{x,Sd}}$: 0.00 MPa

Siendo:

$V_{x,Sd}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$V_{x,Sd}$: 24.08 kN

S_y : Momento estático, en relación al eje Y, de la parte de la sección ubicada a un lado del punto de verificación.

S_y : 0.00 cm³

I_y : Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje Y.

I_y : 4515.00 cm⁴

t: Espesor.

t : 22.20 mm

$$\tau_{V_{y,Sd}} = -\frac{\bar{S}_x}{I_x \cdot t} \cdot V_{y,Sd}$$

$\tau_{V_{y,Sd}}$: 0.00 MPa

Siendo:

$V_{y,Sd}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo, desfavorable.

$V_{y,Sd}$: 17.25 kN

S_x : Momento estático, en relación al eje X, de la parte del tramo ubicada a un lado del punto de verificación.

S_x : 0.00 cm³

I_x : Momento de inercia de la sección transversal alrededor del eje X.

I_x : 112619.00 cm⁴

t: Espesor.

t : 22.20 mm

$$\tau_{T_{Sd}} = \pm \frac{t}{J} \cdot T_{Sd}$$

$\tau_{T_{Sd}}$: -0.33 MPa

Siendo:

T_{Sd} : Esfuerzo de torsión solicitante de cálculo, desfavorable.

T_{Sd} : 0.03 kN·m

J: Constante de torsión de la sección transversal.

J : 225.01 cm⁴

t: Espesor.

t : 22.20 mm

Las tensiones totales f_{Sd} vienen dados por:

$$f_{Sd} = \sqrt{\sigma_{Sd}^2 + 3 \cdot \tau_{Sd}^2}$$

f_{Sd} : 92.97 MPa

La tensión de resistencia de diseño, σ_{Rd} , viene dada por el valor más pequeño entre los obtenidos por a) y b):

σ_{Rd} : 220.57 MPa

(a) Tensión resistente de diseño para los estados límite de fluencia bajo el efecto de la tensión normal:

$$\sigma_{Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{a1}}$$

σ_{Rd} : 227.27 MPa

Donde:

f_y : Resistencia al flujo de acero.

f_y : 250.00 MPa



Informes

IMECON – MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

 γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material. γ_{a1} : 1.10

(b) Tensión resistente de diseño para estados límite de inestabilidad o Pandeo bajo tensión normal:

$$\sigma_{Rd} = \frac{\chi \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

 σ_{Rd} : 220.57 MPa

Donde:

 χ : Factor de reducción total asociado con la resistencia a la compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.3).

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

 χ : 0.971

Siendo:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_e}}$$

 λ_0 : 0.267

$$\sigma_e = \frac{N_e}{Q \cdot A_g}$$

 σ_e : 3497.04 MPa

Donde:

 N_e : Fuerza axial de Pandeo elástica. N_e : 61890.64 kN Q : Factor de reducción total asociado a Pandeo local (ABNT NBR 8800:2008, adjunto archivo F). Q : 0.987 A_g : Área bruta de la sección transversal de la barra. A_g : 179.30 cm² f_y : Resistencia al flujo de acero. f_y : 250.00 MPa γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material. γ_{a1} : 1.10La tensión de resistencia de diseño, τ_{Rd} , viene dada por el valor más pequeño entre los obtenidos por a) y b): τ_{Rd} : 135.31 MPa

(a) Esfuerzo resistente de diseño para los estados límite de fluencia bajo el efecto del esfuerzo cortante:

$$\tau_{Rd} = \frac{0.60 \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

 τ_{Rd} : 136.36 MPa

Donde:

 f_y : Resistencia al flujo de acero. f_y : 250.00 MPa γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material. γ_{a1} : 1.10

(b) Esfuerzo resistente de diseño para estados límite de inestabilidad o Pandeo bajo el efecto de esfuerzo cortante:

$$\tau_{Rd} = \frac{0.60 \cdot \chi \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

 τ_{Rd} : 135.31 MPa

Donde:

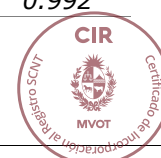
 χ : Factor de reducción total asociado con la resistencia a la compresión (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.3.3).

$$\lambda_0 \leq 1.5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$$

 χ : 0.992

Siendo:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{0.60 \cdot f_y}{\tau_e}}$$



Informes

IMECON - MEMORIA DE CÁLCULO DEL EDIFICIO DE 5 PISOS

Fecha: Ago/21

$$\lambda_0 : \underline{0.136}$$

$$\tau_e = k_v \cdot \sigma_E$$

$$\tau_e : \underline{8083.48} \text{ MPa}$$

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t}{h}\right)^2$$

$$\sigma_E : \underline{6736.24} \text{ MPa}$$

Donde:

k_v : Coeficiente de Pandeo (ABNT NBR 8800:2008, Artículo 5.4.3).

$$k_v : \underline{1.20}$$

E : Módulo de elasticidad del acero.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

ν : Coeficiente de Poisson.

$$\nu : \underline{0.30}$$

t : Espesor.

$$t : \underline{22.20} \text{ mm}$$

h : Ancho.

$$h : \underline{115.00} \text{ mm}$$

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$

La tensión de resistencia de diseño, f_{Rd} es dada por:

$$f_{Rd} = \frac{1.1 \cdot f_y}{\gamma_{a1}}$$

$$f_{Rd} : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

Donde:

f_y : Resistencia al flujo de acero.

$$f_y : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

γ_{a1} : Coeficiente de seguridad del material.

$$\gamma_{a1} : \underline{1.10}$$



INFORME DE CÁLCULO - CASA UNIFAMILIAR

INTRODUCCIÓN

El siguiente informe presenta las premisas y resultados del cálculo en el desarrollo del cálculo estructural de una vivienda unifamiliar en Uruguay. Se siguió la normativa de cálculo de la ABNT brasileña, pero se observaron puntos importantes, principalmente referidos a las isopletas de viento, según lo definido por el UNIT 50:84.

PREMISAS DE CÁLCULO

Se realizó un estudio contemplando el peso adecuado de las paredes y los materiales de su composición. Para el muro se consideraron placas de yeso interno, osb interior y exterior y losa de cemento exterior, y para losas de osb, 5cm de hormigón y tarima flotante. Para la cubierta de teja cerámica, con estructura de tijeras que soportan las correas. Se puede identificar una imagen de ejemplo de la estructura en la siguiente imagen:

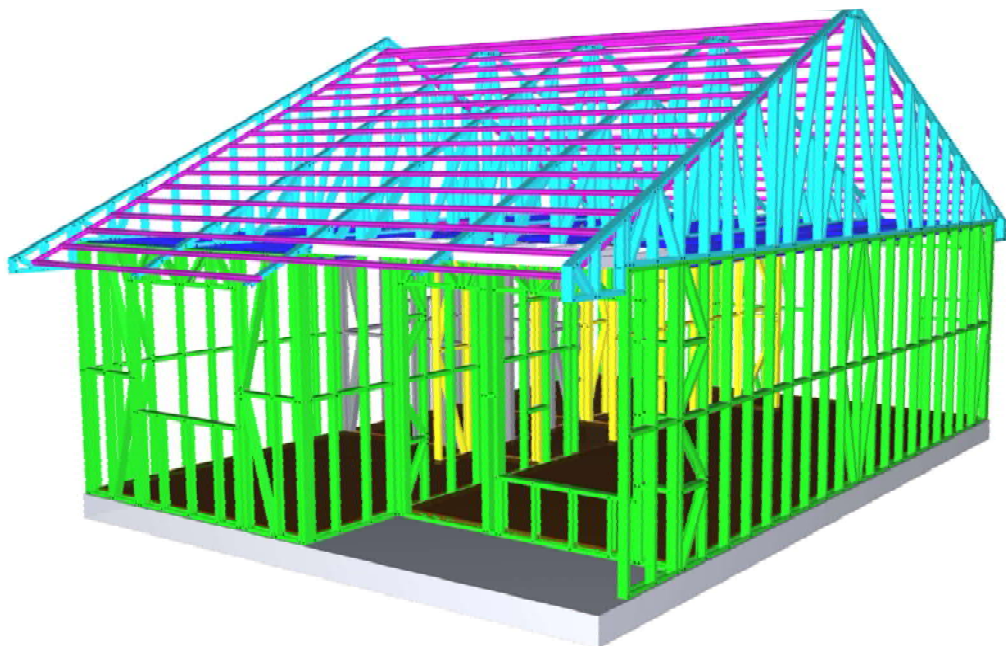
Figura 1 – Casa unifamiliar de un piso utilizada como ejemplo para el cálculo.



Figura 2 – Plano de la casa.



Figura 3 – Estructura de Light Steel Frame de la casa.



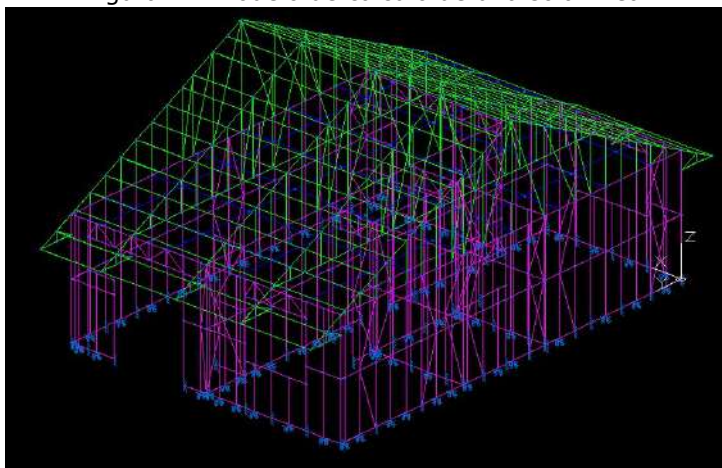
Además de estos factores, también se utilizó la carga de viento y, como se mencionó anteriormente, las isopletras para definir la velocidad del viento se obtuvieron mediante el estándar uruguayo “Acción del viento sobre construcciones” UNIT 80:54.

Todas las dimensiones siguieron las disposiciones de los proyectos arquitectónicos recibidos, y para el cálculo se utilizaron las normas de diseño NBR, con dimensionamiento según NBR 14762 de 2010.

RESULTADOS Y SUPUESTOS DEL PROYECTO

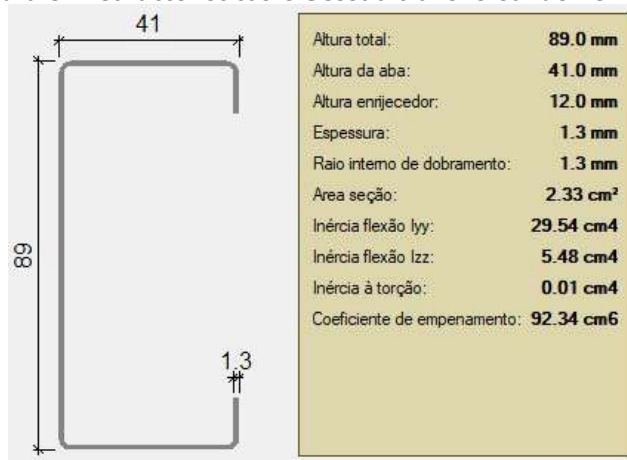
Como resultado, se obtuvo una separación de 600 mm entre montantes en la pared, con pernos de anclaje cada 1200 mm o menos, según las posiciones indicadas en el modelo de cálculo de una sola línea.

Figura 4 – Modelo de cálculo de una sola línea.



El perfil a utilizar es un perfil de 90, 1,25 mm de espesor y resistencia ZAR 550, galvanizado según normativa brasileña. Este perfil tiene sus características que se presentan a continuación:

Figura 5 – Características e Sessão transversal de Perfil 90.

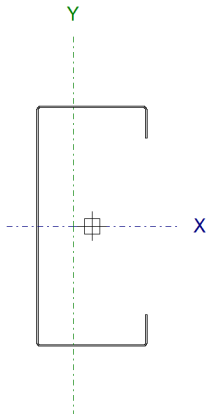


Los perfiles se deben atornillar siguiendo las pautas técnicas de los revestimientos, con vigas de piso con al menos 3 tornillos por unión. En el proyecto se indicaron otros puntos donde se necesitan refuerzos.

1.- ESTRUCTURA**1.1.- Resultados****1.1.1.- Barras****1.1.1.1.- Verificaciones E.L.U. (Completo)**

Nota: Se muestra el informe completo de verificaciones realizadas para las 10 barras con mayor coeficiente de utilización.

Barra N196/N31

Perfil: 89S41 0,8									
Material: Acero (CF-55 (a frio))									
	Nodos		Largo (m)	Características mecánicas					
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	x _a ⁽³⁾ (mm)	y _a ⁽³⁾ (mm)
	N196	N31	0.047	1.52	19.50	3.68	0.00	-6.89	0.00
	Notas:								
	(1) Inercia con respecto al eje indicado								
	(2) Momento de inercia de torsión uniforme								
	(3) Coordenadas do centro de gravidade								
		Pandeo			Pandeo lateral				
		Plan ZX	Plan ZY	Solapa sup.	Solapa inf.				
	β	1.00	1.00	1.00	1.00				
L _K	0.047	0.047	0.047	0.047					
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 por momento crítico									

Valores máximos de la relación longitud-espesor (ABNT NBR 14762:2010 Artículo 9.1.2 Tabla 4)

Elemento: Alma

En elementos comprimidos con ambos bordes vinculados a elementos AA, la relación ancho-espesor no debe exceder 500.

$$(b / t) \leq 500$$

$$(b/t) : \underline{107} \quad \checkmark$$

Siendo:

b: Longitud del elemento.

b : 85.80 mm

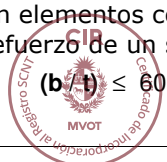
t: El grosor.

t : 0.80 mm

Elemento: Mesa

En elementos comprimidos AA, que tienen un borde unido a la red o mesa y el otro al refuerzo de un solo borde, la relación ancho-espesor no debe exceder 60.

$$(b / t) \leq 60$$



Informes

Fecha: Sep./2021

(b/t) : 47 ✓

Siendo:

b: Longitud del elemento.**b** : 37.80 mm**t**: El grosor.**t** : 0.80 mm

Limitación de la delgadez (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7.4)

El índice de esbeltez λ de las barras comprimidas no debe exceder el valor 200.

$$\lambda = KL/r < 200$$

 λ_{xx} : 1.3 ✓ λ_{yy} : 3.0 ✓

Dónde:

K_xL_x: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.**K_xL_x** : 0.047 m**K_yL_y**: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.**K_yL_y** : 0.047 m**r_x**: Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal X.**r_x** : 3.58 cm**r_y**: Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal Y.**r_y** : 1.56 cm

Resistencia a la tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.6)

Debe satisfacer:

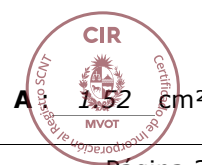
$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

 η : 0.028 ✓El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable se produce por la combinación de acciones $1.25 \cdot PP + 0.75 \cdot SCU1 + 1.4 \cdot V2$.**N_{t,Sd}**: Esfuerzo de tracción axial que solicita el cálculo, desfavorable.**N_{t,Sd}** : 2.12 kNLa fuerza normal de tracción resistente de cálculo **N_{t,Rd}** debe ser tomado como:

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma$$

N_{t,Rd} : 75.88 kN

Dónde:

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

Informes

Fecha: Sep./2021

 f_y : Tensión de fluencia. f_y : 550.00 MPa γ : Coeficiente de ponderación de resistencia. γ : 1.1

Resistencia a la compresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

 η : 0.073 ✓

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable se produce por la combinación de acciones PP+1.4·V1.

 $N_{c,Sd}$: Fuerza normal de compresión solicitante de cálculo. $N_{c,Sd}$: 2.49 kN

La resistencia de cálculo a la compresión $N_{c,Rd}$ viene dado por el menor de los valores obtenidos de acuerdo con los siguientes ítems:

 $N_{c,Rd}$: 34.15 kN

a) Inicio efectivo de rotura de sección y pandeo global (9.7.2)

$$N_{c,Rd} = \chi A_{ef} f_y / \gamma$$

 $N_{c,Rd}$: 34.15 kN

Dónde:

 A_{ef} : Área efectiva de la sección transversal de la barra. A_{ef} : 0.75 cm² χ : Factor de reducción asociado al pandeo, $\lambda_0 \leq 1,5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$ χ_{yy} : 1.00 χ_{xz} : 1.00

Siendo:

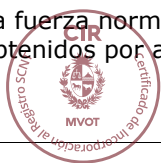
 λ_0 : Índice de esbeltez reducido para barras comprimidas. $\lambda_{0,yy}$: 0.05 $\lambda_{0,xz}$: 0.06

$$\lambda_0 = \left[\frac{A f_y}{N_e} \right]^{0.5}$$

Siendo:

 N_e : Fuerza de pandeo elástico normal de la barra, según 9.7.2. A : Área bruta de la sección transversal de la barra. A : 1.52 cm² f_y : Tensión de fluencia. f_y : 550.00 MPa γ : Coeficiente de ponderación de resistencia. γ : 1.2

La fuerza normal del pandeo elástico. N_e es el valor más bajo entre los obtenidos por a) y b):

 N_e : 20388.19 kN

a) Fuerza de pandeo por flexión normal relativa al eje Y.

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

$$N_{ey} : \underline{32859.10} \text{ kN}$$

b) Resistencia normal de Pandeo elástico por flexo-torsión.

$$N_{exz} = \frac{N_{ex} + N_{ez}}{2 \left[1 - (x_0/r_0)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 N_{ex} N_{ez} \left[1 - (x_0/r_0)^2 \right]}{(N_{ex} + N_{ez})^2}} \right]$$

$$N_{exz} : \underline{20388.19} \text{ kN}$$

Dónde:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} : \underline{174206.17} \text{ kN}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + G I_t \right]$$

$$N_{ez} : \underline{21514.29} \text{ kN}$$

I_x: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje X.

$$I_x : \underline{19.50} \text{ cm}^4$$

I_y: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{3.68} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia de torsión uniforme.

$$I_t : \underline{0.00} \text{ cm}^4$$

C_w: Constante de alabeo de la sección.

$$C_w : \underline{63.03} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{76923} \text{ MPa}$$

K_xL_x: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.

$$K_x L_x : \underline{0.047} \text{ m}$$

K_yL_y: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.

$$K_y L_y : \underline{0.047} \text{ m}$$

K_zL_z: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$K_z L_z : \underline{0.047} \text{ m}$$

r₀: Radio polar de rotación de la sección bruta en relación con el centro de torsión.

$$r_0 = \left[r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2 \right]^{0.5}$$

$$r_0 : \underline{5.12} \text{ cm}$$

Siendo:

r_x, r_y: Radio de rotación de la sección bruta en relación con el eje principal de inercia X e Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{3.58} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{1.56} \text{ cm}$$

x₀, y₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales X e Y, respectivamente, en relación con el centroide de la sección.

$$x_0 : \underline{-33.03} \text{ mm}$$

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

b) Pandeo por distorsión (9.7.3)

El pandeo por distorsión no se tiene en cuenta, ya que la relación D/b_w es mayor que el valor mínimo que le permite omitir el cheque ((D/b_w)_{mín}).

Dónde:

D/b_w: Relación entre endurecimiento y alma.

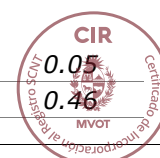
$$D/b_w : \underline{0.13}$$

(D/b_w)_{mín}: Valor mínimo para poder ignorar la comprobación de Pandeo por distorsión, debido a las siguientes relaciones geométricas (tabla 11):

b_f/b_w: Relación entre mesa y alma.

$$(D/b_w)_{\min} : \underline{0.05}$$

$$b_f/b_w : \underline{0.46}$$



Informes

Fecha: Sep./2021

b_w/t: Relación entre alma y espesor.**b_w/t :** 111.25

Siendo:

b_w: Ancho del alma.**b_w :** 89.00 mm**b_f:** Ancho de solapa.**b_f :** 41.00 mm**D:** Longitud del refuerzo de la mesa.**D :** 12.00 mm**t:** El grosor.**t :** 0.80 mm

Resistencia a la flexión del eje X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

No se realizará la comprobación porque no hay momento flector.

Resistencia a la flexión del eje Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

 $\eta :$ 0.360 ✓El momento flector desfavorable de cálculo **M_{Sd}** se obtiene para el nudo N196, por la combinación de hipótesis 1.25·PP+0.75·SCU1+1.4·V1.**M_{Sd} :** 0.15 kN·mEl momento flector resistente de cálculo **M_{Rd}** debe ser tomado como:**M_{Rd} :** 0.43 kN·m

$$M_{Rd} = W_{ef} \cdot f_y / \gamma$$

Dónde:

W_{ef}: Módulo de resistencia elástica de la sección efectiva calculado en base a los anchos efectivos de los elementos, según 9.2, con σ calculado para el estado límite último del flujo de la sección.**W_{ef} :** 0.86 cm³**f_y:** Tensión de fluencia.**f_y :** 550.00 MPa**γ:** Coeficiente de ponderación de resistencia.**γ :** 1.1

Resistencia al esfuerzo cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{w,Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

 $\eta :$ 0.918 ✓El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable **V_{Sd}** tiene lugar en el nudo N196 por la combinación de hipótesis 1.25·PP+1.4·V1.**V_{Sd} :** 4.91 kN

Informes

Fecha: Sep./2021

La sección está formada por dos almas iguales. Para cada uno de ellos, el esfuerzo de cálculo es $V_{Sd} = 0.5 V_{Sd}$.

$$V_{Sd} : \underline{2.45} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma V_{Rd} debe ser calculado por:

$$^{(3)}V_{Rd} : \underline{2.67} \text{ kN}$$

para $^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_yht/\gamma$

$$1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} : \underline{22.56}$$

para $^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_vf_yE)^{0.5}/\gamma$

$$h/t : \underline{47.25}$$

para $^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_vt^3/h]/\gamma$

$$1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} : \underline{29.25}$$

Dónde:

t: Espesor del alma.

$$t : \underline{0.80} \text{ mm}$$

h: Ancho del alma.

$$h : \underline{37.80} \text{ mm}$$

f_y: Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

K_v: Coeficiente de pandeo local por cortante que, para una tabla, viene dado por

$$K_v : \underline{1.20}$$

$$k_v = 1.20$$

Resistencia al esfuerzo cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.052} \checkmark$$

El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable V_{Sd} se obtiene por la combinación de hipótesis PP+1.4·V1.

$$V_{Sd} : \underline{0.25} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma V_{Rd} debe ser calculado por:

$$^{(3)}V_{Rd} : \underline{4.91} \text{ kN}$$

para $^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_yht/\gamma$

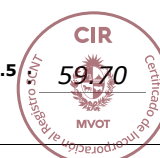
$$1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} : \underline{46.05}$$

para $^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_vf_yE)^{0.5}/\gamma$

$$h/t : \underline{107.25}$$

para $^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_vt^3/h]/\gamma$

$$1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} : \underline{29.25}$$



Informes

Fecha: Sep./2021

Dónde:

t : Espesor del alma.	t : <u>0.80</u> mm
h : Ancho del alma.	h : <u>85.80</u> mm
f_y : Tensión de fluencia.	f_y : <u>550.00</u> MPa
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>200000</u> MPa
γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.	γ : <u>1.1</u>
K_v : Coeficiente de Pandeo local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:	K_v : <u>5.00</u>
k_v = 5.00	

Resistencia al momento flector X y esfuerzo de corte Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

No hay interacción entre el momento flector y el esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia al momento flector Y y esfuerzo de corte X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

Los esfuerzos de cálculo desfavorables **M_{Sd}** e **V_{Sd}** se obtienen en el nodo N196, por la combinación de hipótesis 1.25·PP+1.4·V1.

Para barras sin refuerzos transversales de alma, el momento flector solicitante de calculo y el esfuerzo cortante solicitante deben satisfacer la siguiente expresión de interacción:

$$\eta = \left(\frac{M_{Sd}}{M_{0,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{V_{Sd}}{V_{0,Rd}} \right)^2 \quad \eta : \underline{0.967} \checkmark$$

Dónde:

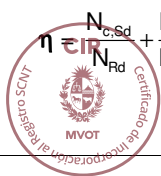
M_{Sd} : Momento de flexión solicitante de cálculo.	M_{Sd} : <u>0.15</u> kN·m
M_{0,Rd} : Momento de flexión resistente de cálculo según 9.8.2.1.	M_{0,Rd} : <u>0.43</u> kN·m
V_{Sd} : Fuerza de corte solicitante de cálculo	V_{Sd} : <u>4.91</u> kN
V_{Rd} : Fuerza de corte resistente de cálculo según 9.8.3.	V_{Rd} : <u>5.35</u> kN

Resistencia a la flexocompresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

Los esfuerzos de cálculo desfavorables se obtienen en el nodo N196, por la combinación de hipótesis 1.25·PP+0.75·SCU1+1.4·V1.

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{Rd}} + \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.457} \checkmark$$



Informes

Fecha: Sep./2021

Dónde:

N_{c,Sd}: Fuerza normal de compresión solicitante de cálculo.**N_{c,Sd}** : 2.45 kN**M_{x,Sd}, M_{y,Sd}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente.**M_{x,Sd}** : 0.04 kN·m**M_{y,Sd}** : 0.15 kN·m**N_{c,Rd}**: Fuerza normal de compresión resistente de cálculo, según 9.7.**N_{c,Rd}** : 34.15 kN**M_{x,Rd}, M_{y,Rd}**: Momentos flectores resistentes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente, calculados según 9.8.2.**M_{x,Rd}** : 1.65 kN·m**M_{y,Rd}** : 0.43 kN·m

Resistencia a la flexo-tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

Se obtienen esfuerzos de cálculo desfavorables en el nodo N196, para la combinación PP+1.4·V2.

Los esfuerzos deben satisfacer las siguientes expresiones de interacción:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{Rd}} + \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

η : 0.278 ✓

Dónde:

N_{t,Sd}: Fuerza normal de tracción solicitante de cálculo.**N_{t,Sd}** : 2.08 kN**M_{x,Sd}, M_{y,Sd}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente.**M_{x,Sd}** : 0.02 kN·m**M_{y,Sd}** : 0.14 kN·m**N_{Rd}**: Fuerza normal de tracción resistente de cálculo según 9.6.**N_{Rd}** : 75.88 kN**M_{x,Rd}, M_{y,Rd}**: Momentos flectores resistentes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente, calculados según 9.8.2.**M_{x,Rd}** : 1.65 kN·m**M_{y,Rd}** : 0.58 kN·m

Resistencia a la torsión (Criterios Cype Ingenieros)

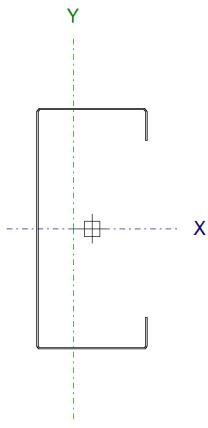
La verificación no es necesaria ya que no hay momento de torsión.

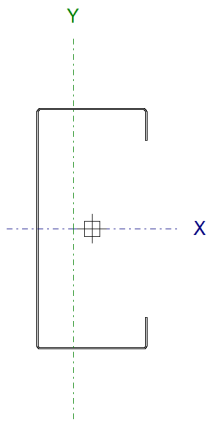
Informes

Fecha: Sep./2021

Barra N207/N33

Perfil: 89S41 0,8**Material: Acero (CF-55 (a frio))**



	Nodos		Largo (m)	Características mecánicas					
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	x _g ⁽³⁾ (mm)	y _g ⁽³⁾ (mm)
	N207	N33	0.047	1.52	19.50	3.68	0.00	-6.89	0.00
Notas: (1) Inercia con respecto al eje indicado (2) Momento de inercia de torsión uniforme (3) Coordenadas do centro de gravedad									
	Pandeo		Pandeo lateral						
	Plan ZX	Plan ZY	Solapa sup.	Solapa inf.					
β	1.00	1.00	1.00	1.00					
L _K	0.047	0.047	0.047	0.047					
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 por momento crítico									

Valores máximos de la relación longitud-espesor (ABNT NBR 14762:2010 Artículo 9.1.2 Tabla 4)

Elemento: Alma

En elementos comprimidos con ambos bordes vinculados a elementos AA, la relación ancho-espesor no debe exceder 500.

$$(b/t) \leq 500$$

$$(b/t) : \underline{107} \quad \checkmark$$

Siendo:

b: Longitud del elemento.**b** : 85.80 mm**t**: El grosor.**t** : 0.80 mm

Elemento: Mesa

En elementos comprimidos AA, que tienen un borde unido a la red o mesa y el otro al refuerzo de un solo borde, la relación ancho-espesor no debe exceder 60.

$$(b/t) \leq 60$$

$$(b/t) : \underline{47} \quad \checkmark$$

Siendo:

b: Longitud del elemento.**b** : 37.80 mm**t**: El grosor.**t** : 0.80 mm

Informes

Fecha: Sep./2021

Limitación de la delgadez (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7.4)

El índice de esbeltez λ de las barras comprimidas no debe exceder el valor 200.

$$\lambda = KL/r < 200$$

$$\lambda_{xx} : \underline{1.3} \quad \checkmark$$

$$\lambda_{yy} : \underline{3.0} \quad \checkmark$$

Dónde:

$K_x L_x$: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.

$$K_x L_x : \underline{0.047} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.

$$K_y L_y : \underline{0.047} \text{ m}$$

r_x : Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal X.

$$r_x : \underline{3.58} \text{ cm}$$

r_y : Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal Y.

$$r_y : \underline{1.56} \text{ cm}$$

Resistencia a la tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.6)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable se produce por la combinación de acciones 1.25·PP+0.75·SCU1+1.4·V2.

$N_{t,Sd}$: Esfuerzo de tracción axial que solicita el cálculo, desfavorable.

$$N_{t,Sd} : \underline{1.38} \text{ kN}$$

La fuerza normal de tracción resistente de cálculo $N_{t,Rd}$ debe ser tomado como:

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma$$

$$N_{t,Rd} : \underline{75.88} \text{ kN}$$

Dónde:

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

$$A : \underline{1.52} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

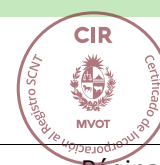
γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistencia a la compresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$



Informes

Fecha: Sep./2021

 $\eta :$ 0.062 ✓

El esfuerzo de solicitud de cálculo desfavorable se produce por la combinación de acciones PP+1.4·V1.

N_{c,Sd}: Fuerza normal de compresión solicitante de cálculo.

N_{c,Sd} : 2.12 kN

La resistencia de cálculo a la compresión **N_{c,Rd}** viene dado por el menor de los valores obtenidos de acuerdo con los siguientes ítems:

N_{c,Rd} : 34.15 kN

a) Inicio efectivo de rotura de sección y pandeo global (9.7.2)

$$N_{c,Rd} = \chi A_{ef} f_y / \gamma$$

N_{c,Rd} : 34.15 kN

Dónde:

A_{ef}: Área efectiva de la sección transversal de la barra.

A_{ef} : 0.75 cm²

χ : Factor de reducción asociado al pandeo, $\lambda_0 \leq 1,5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$

χ_{yy} : 1.00

χ_{xz} : 1.00

Siendo:

λ_0 : Índice de esbeltez reducido para barras comprimidas.

$\lambda_{0, yy}$: 0.05

$\lambda_{0, xz}$: 0.06

$$\lambda_0 = \left[\frac{A f_y}{N_e} \right]^{0.5}$$

Siendo:

N_e: Fuerza de pandeo elástico normal de la barra, según 9.7.2.

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

A : 1.52 cm²

f_y: Tensión de fluencia.

f_y : 550.00 MPa

γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

γ : 1.2

La fuerza normal del pandeo elástico. **N_e** es el valor más bajo entre los obtenidos por a) y b):

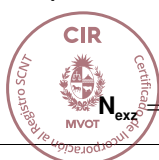
N_e : 20388.19 kN

a) Fuerza de pandeo por flexión normal relativa al eje Y.

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

N_{ey} : 32859.10 kN

b) Resistencia normal de Pandeo elástico por flexo-torsión.



$$N_{exz} = \frac{N_{ex} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(x_0 / r_0 \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 N_{ex} N_{ez} \left[1 - \left(x_0 / r_0 \right)^2 \right]}{\left(N_{ex} + N_{ez} \right)^2}} \right]$$

N_{exz} : 20388.19 kN

Dónde:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 EI_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} : 174206.17 \text{ kN}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 EC_w}{(K_z L_z)^2} + GI_t \right]$$

$$N_{ez} : 21514.29 \text{ kN}$$

I_x: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje X.

$$I_x : 19.50 \text{ cm}^4$$

I_y: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje Y.

$$I_y : 3.68 \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia de torsión uniforme.

$$I_t : 0.00 \text{ cm}^4$$

C_w: Constante de alabeo de la sección.

$$C_w : 63.03 \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : 76923 \text{ MPa}$$

K_xL_x: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.

$$K_x L_x : 0.047 \text{ m}$$

K_yL_y: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.

$$K_y L_y : 0.047 \text{ m}$$

K_zL_z: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$K_z L_z : 0.047 \text{ m}$$

r₀: Radio polar de rotación de la sección bruta en relación con el centro de torsión.

$$r_0 = \left[r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2 \right]^{0.5}$$

$$r_0 : 5.12 \text{ cm}$$

Siendo:

r_x, r_y: Radio de rotación de la sección bruta en relación con el eje principal de inercia X e Y, respectivamente.

$$r_x : 3.58 \text{ cm}$$

$$r_y : 1.56 \text{ cm}$$

x₀, y₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales X e Y, respectivamente, en relación con el centroide de la sección.

$$x_0 : -33.03 \text{ mm}$$

$$y_0 : 0.00 \text{ mm}$$

b) Pandeo por distorsión (9.7.3)

El pandeo por distorsión no se tiene en cuenta, ya que la relación D/b_w es mayor que el valor mínimo que le permite omitir el cheque $((D/b_w)_{\min})$.

Dónde:

D/b_w: Relación entre endurecimiento y alma.

$$D/b_w : 0.13$$

(D/b_w)_{min}: Valor mínimo para poder ignorar la comprobación de Pandeo por distorsión, debido a las siguientes relaciones geométricas (tabla 11):

$$(D/b_w)_{\min} : 0.05$$

b_f/b_w: Relación entre mesa y alma.

$$b_f/b_w : 0.46$$

b_w/t: Relación entre alma y espesor.

$$b_w/t : 111.25$$

Siendo:

b_w: Ancho del alma.

$$b_w : 89.00 \text{ mm}$$

b_f: Ancho de solapa.

$$b_f : 41.00 \text{ mm}$$

D: Longitud del refuerzo de la mesa.

$$D : 12.00 \text{ mm}$$

t: El grosor.

$$t : 0.80 \text{ mm}$$

Informes

Fecha: Sep./2021

No se realizará la comprobación porque no hay momento flector.

Resistencia a la flexión del eje Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.239} \quad \checkmark$$

El momento flector desfavorable de cálculo M_{Sd} se obtiene para el nudo N33, por la combinación de hipótesis PP+1.4·V1.

$$M_{Sd} : \underline{0.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo M_{Rd} debe ser tomado como:

$$M_{Rd} : \underline{0.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd} = W_{ef} f_y / \gamma$$

Dónde:

W_{ef} : Módulo de resistencia elástica de la sección efectiva calculado en base a los anchos efectivos de los elementos, según 9.2, con σ calculado para el estado límite último del flujo de la sección.

f_y : Tensión de fluencia.

γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$W_{ef} : \underline{1.16} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistencia al esfuerzo cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{w,Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.883} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable V_{Sd} tiene lugar en el nudo N207, por la combinación de hipótesis 1.25·PP+1.4·V1.

$$V_{Sd} : \underline{4.72} \text{ kN}$$

La sección está formada por dos almas iguales. Para cada uno de ellos, el esfuerzo de cálculo es $V_{Sd} = 0.5 V_{Sd}$.

$$V_{Sd} : \underline{2.36} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma V_{Rd} debe ser calculado por:

$$^{(3)}V_{Rd} : \underline{2.67} \text{ kN}$$

$$\text{para } ^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_y h t / \gamma$$

$$1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} : \underline{22.56}$$

$$\text{para } ^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5} / \gamma$$

$$h/t : \underline{47.25}$$



Informes

Fecha: Sep./2021

para $^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3/h]/\gamma$

$1.4(Ek_v/f_y)^{0.5}$: 29.25

Dónde:

t: Espesor del alma.

t : 0.80 mm

h: Ancho del alma.

h : 37.80 mm

f_y: Tensión de fluencia.

f_y : 550.00 MPa

E: Módulo de elasticidad.

E : 200000 MPa

γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

γ : 1.1

K_v: Coeficiente de pandeo local por cortante que, para una tabla, viene dado por

K_v : 1.20

k_v = 1.20

Resistencia al esfuerzo cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:

$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$

η : 0.061 ✓

El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable **V_{Sd}** se obtiene por la combinación de hipótesis 1.25·PP+0.75·SCU1+1.4·V2.

V_{Sd} : 0.30 kN

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma **V_{Rd}** debe ser calculado por:

$^{(3)}V_{Rd}$: 4.91 kN

para $^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_y h t / \gamma$

$1.08(Ek_v/f_y)^{0.5}$: 46.05

para $^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5} / \gamma$

h/t : 107.25

para $^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3/h]/\gamma$

$1.4(Ek_v/f_y)^{0.5}$: 59.70

Dónde:

t: Espesor del alma.

t : 0.80 mm

h: Ancho del alma.

h : 85.80 mm

f_y: Tensión de fluencia.

f_y : 550.00 MPa

E: Módulo de elasticidad.

E : 200000 MPa

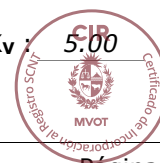
γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

γ : 1.1

K_v: Coeficiente de Pandeo local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:

K_v : 5.00

k_v = 5.00



Resistencia al momento flector X y esfuerzo de corte Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

No hay interacción entre el momento flector y el esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia al momento flector Y y esfuerzo de corte X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

Los esfuerzos de cálculo desfavorables M_{sd} e V_{sd} se obtienen en el nodo N33, por la combinación de hipótesis 1.25·PP+1.4·V1.

Para barras sin refuerzos transversales de alma, el momento flector solicitante de cálculo y el esfuerzo cortante solicitante deben satisfacer la siguiente expresión de interacción:

$$\eta = \left(\frac{M_{sd}}{M_{0,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{V_{sd}}{V_{0,Rd}} \right)^2$$

$$\eta : \underline{0.835} \checkmark$$

Dónde:

M_{sd} : Momento de flexión solicitante de cálculo.

$$M_{sd} : \underline{0.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{0,Rd}$: Momento de flexión resistente de cálculo según 9.8.2.1.

$$M_{0,Rd} : \underline{0.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

V_{sd} : Fuerza de corte solicitante de cálculo

$$V_{sd} : \underline{4.72} \text{ kN}$$

V_{Rd} : Fuerza de corte resistente de cálculo según 9.8.3.

$$V_{Rd} : \underline{5.35} \text{ kN}$$

Resistencia a la flexocompresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

Los esfuerzos de cálculo desfavorables se obtienen en el nodo N33, por la combinación de hipótesis PP+1.4·V1.

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{Rd}} + \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.308} \checkmark$$

Dónde:

$N_{c,Sd}$: Fuerza normal de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{c,Sd} : \underline{2.12} \text{ kN}$$

$M_{x,Sd}$, $M_{y,Sd}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente.

$$M_{x,Sd} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,Sd} : \underline{0.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$N_{c,Rd}$: Fuerza normal de compresión resistente de cálculo, según 9.7.

$$N_{c,Rd} : \underline{34.15} \text{ kN}$$

$M_{x,Rd}$, $M_{y,Rd}$: Momentos flectores resistentes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente, calculados según 9.8.2.

$$M_{x,Rd} : \underline{1.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,Rd} : \underline{0.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Informes

Fecha: Sep./2021

Resistencia a la flexo-tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

Se obtienen esfuerzos de cálculo desfavorables en el nodo N33, para la combinación 1.25·PP+0.75·SCU1+1.4·V2.

Los esfuerzos deben satisfacer las siguientes expresiones de interacción:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{Rd}} + \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.362} \quad \checkmark$$

Dónde:

N_{t,Sd}: Fuerza normal de tracción solicitante de cálculo.

M_{x,Sd}, M_{y,Sd}: Momentos flectores solicitantes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente.

N_{Rd}: Fuerza normal de tracción resistente de cálculo según 9.6.

M_{x,Rd}, M_{y,Rd}: Momentos flectores resistentes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente, calculados según 9.8.2.

N_{t,Sd} : 1.38 kN

M_{x,Sd} : 0.09 kN·m

M_{y,Sd} : 0.12 kN·m

N_{Rd} : 75.88 kN

M_{x,Rd} : 1.65 kN·m

M_{y,Rd} : 0.43 kN·m

Resistencia a la torsión (Criterios Cype Ingenieros)

La verificación no es necesaria ya que no hay momento de torsión.

Informes

Fecha: Sep./2021

Barra N95/N371

Perfil: 89S41 0,8**Material: Acero (CF-55 (a frio))**

Nodos		Largo (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	x _g ⁽³⁾ (mm)	y _g ⁽³⁾ (mm)
N95	N371	0.950	1.52	19.50	3.68	0.00	-6.89	0.00
Notas: (1) Inercia con respecto al eje indicado (2) Momento de inercia de torsión uniforme (3) Coordenadas do centro de gravidade								
	Pandeo		Pandeo lateral					
	Plan ZX	Plan ZY	Solapa sup.	Solapa inf.				
β	1.00	1.00	1.00	1.00				
L _K	0.950	0.950	0.950	0.950				
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 por momento crítico								

Valores máximos de la relación longitud-espesor (ABNT NBR 14762:2010 Artículo 9.1.2 Tabla 4)

Elemento: Alma

En elementos comprimidos con ambos bordes vinculados a elementos AA, la relación ancho-espesor no debe exceder 500.

$$(b/t) \leq 500$$

$$(b/t) : \underline{107} \quad \checkmark$$

Siendo:

b: Longitud del elemento.**b :** 85.80 mm**t:** El grosor.**t :** 0.80 mm

Elemento: Mesa

En elementos comprimidos AA, que tienen un borde unido a la red o mesa y el otro al refuerzo de un solo borde, la relación ancho-espesor no debe exceder 60.

$$(b/t) \leq 60$$

$$(b/t) : \underline{47} \quad \checkmark$$

Siendo:

b: Longitud del elemento.**b :** 37.80 mm**t:** El grosor.**t :** 0.80 mm

Informes

Fecha: Sep./2021

Limitación de la delgadez (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7.4)

El índice de esbeltez λ de las barras comprimidas no debe exceder el valor 200.

$$\lambda = KL/r < 200$$

$$\lambda_{xx} : \underline{26.5} \quad \checkmark$$

$$\lambda_{yy} : \underline{61.0} \quad \checkmark$$

Dónde:

$K_x L_x$: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.

$$K_x L_x : \underline{0.950} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.

$$K_y L_y : \underline{0.950} \text{ m}$$

r_x : Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal X.

$$r_x : \underline{3.58} \text{ cm}$$

r_y : Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal Y.

$$r_y : \underline{1.56} \text{ cm}$$

Resistencia a la tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.6)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.111} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de cálculo desfavorable solicitante ocurre en el nodo N371, por la combinación de acciones PP+1.4·V2.

$N_{t,Sd}$: Esfuerzo de tracción axial que solicita el cálculo, desfavorable.

$$N_{t,Sd} : \underline{8.45} \text{ kN}$$

La fuerza normal de tracción resistente de cálculo $N_{t,Rd}$ debe ser tomado como:

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma$$

$$N_{t,Rd} : \underline{75.88} \text{ kN}$$

Dónde:

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

$$A : \underline{1.52} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

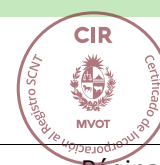
γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistencia a la compresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$



Informes

Fecha: Sep./2021

 η : **0.407** ✓

El esfuerzo de cálculo desfavorable solicitante ocurre en el nodo N95, por la combinación de acciones $1.25 \cdot PP + 0.75 \cdot SCU1 + 1.4 \cdot V1$.

N_{c,Sd}: Fuerza normal de compresión solicitante de cálculo.

N_{c,Sd} : 9.32 kN

La resistencia de cálculo a la compresión **N_{c,Rd}** viene dado por el menor de los valores obtenidos de acuerdo con los siguientes ítems:

N_{c,Rd} : 22.91 kN

a) Inicio efectivo de rotura de sección y pandeo global (9.7.2)

$$N_{c,Rd} = \chi A_{ef} f_y / \gamma$$

N_{c,Rd} : 22.91 kN

Dónde:

A_{ef}: Área efectiva de la sección transversal de la barra.

A_{ef} : 0.99 cm²

χ : Factor de reducción asociado al pandeo, $\lambda_0 \leq 1,5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$

 χ_{yy} : 0.65 χ_{xz} : 0.50

Siendo:

λ_0 : Índice de esbeltez reducido para barras comprimidas.

 $\lambda_{0,yy}$: 1.02 $\lambda_{0,xz}$: 1.28

$$\lambda_0 = \left[\frac{A f_y}{N_e} \right]^{0.5}$$

Siendo:

N_e: Fuerza de pandeo elástico normal de la barra, según 9.7.2.

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

A : 1.52 cm²

f_y: Tensión de fluencia.

f_y : 550.00 MPa

γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

 γ : 1.2

La fuerza normal del pandeo elástico. **N_e** es el valor más bajo entre los obtenidos por a) y b):

N_e : 50.75 kN

a) Fuerza de pandeo por flexión normal relativa al eje Y.

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

N_{ey} : 80.43 kN

b) Resistencia normal de Pandeo elástico por flexo-torsión.



$$N_{exz} = \frac{N_{ex} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(x_0 / r_0 \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 N_{ex} N_{ez} \left[1 - \left(x_0 / r_0 \right)^2 \right]}{\left(N_{ex} + N_{ez} \right)^2}} \right]$$

N_{exz} : 50.75 kN

Dónde:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} : \underline{426.39} \text{ kN}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + G I_t \right]$$

$$N_{ez} : \underline{53.61} \text{ kN}$$

I_x: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje X.

$$I_x : \underline{19.50} \text{ cm}^4$$

I_y: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{3.68} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia de torsión uniforme.

$$I_t : \underline{0.00} \text{ cm}^4$$

C_w: Constante de alabeo de la sección.

$$C_w : \underline{63.03} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{76923} \text{ MPa}$$

K_xL_x: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.

$$K_x L_x : \underline{0.950} \text{ m}$$

K_yL_y: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.

$$K_y L_y : \underline{0.950} \text{ m}$$

K_zL_z: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$K_z L_z : \underline{0.950} \text{ m}$$

r₀: Radio polar de rotación de la sección bruta en relación con el centro de torsión.

$$r_0 = \left[r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2 \right]^{0.5}$$

$$r_0 : \underline{5.12} \text{ cm}$$

Siendo:

r_x, r_y: Radio de rotación de la sección bruta en relación con el eje principal de inercia X e Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{3.58} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{1.56} \text{ cm}$$

x₀, y₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales X e Y, respectivamente, en relación con el centroide de la sección.

$$x_0 : \underline{-33.03} \text{ mm}$$

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

b) Pandeo por distorsión (9.7.3)

El pandeo por distorsión no se tiene en cuenta, ya que la relación D/b_w es mayor que el valor mínimo que le permite omitir el cheque $((D/b_w)_{\min})$.

Dónde:

D/b_w: Relación entre endurecimiento y alma.

$$D/b_w : \underline{0.13}$$

(D/b_w)_{min}: Valor mínimo para poder ignorar la comprobación de Pandeo por distorsión, debido a las siguientes relaciones geométricas (tabla 11):

b_f/b_w: Relación entre mesa y alma.

$$(D/b_w)_{\min} : \underline{0.05}$$

b_w/t: Relación entre alma y espesor.

$$b_f/b_w : \underline{0.46}$$

$$b_w/t : \underline{111.25}$$

Siendo:

b_w: Ancho del alma.

$$b_w : \underline{89.00} \text{ mm}$$

b_f: Ancho de solapa.

$$b_f : \underline{41.00} \text{ mm}$$

D: Longitud del refuerzo de la mesa.

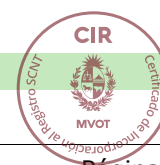
$$D : \underline{12.00} \text{ mm}$$

t: El grosor.

$$t : \underline{0.80} \text{ mm}$$

Resistencia a la flexión del eje X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

Debe satisfacer:



Informes

Fecha: Sep./2021

$$\eta = \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.333} \quad \checkmark$$

El momento flector desfavorable de cálculo M_{Sd} se obtiene para el nudo N95, por la combinación de hipótesis PP+1.4·V1.

$$M_{Sd} : \underline{0.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo M_{Rd} debe ser tomado como o menor valor calculado en a), b) y c):

$$M_{Rd}^{pos} : \underline{1.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd}^{neg} : \underline{1.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

a) Inicio de escorrentía de sección efectiva (9.8.2.1)

$$M_{Rd} = W_{ef} f_y / \gamma$$

$$M_{Rd} : \underline{1.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Dónde:

W_{ef} : Módulo de resistencia elástica de la sección efectiva calculado en base a los anchos efectivos de los elementos, según 9.2, con σ calculado para el estado límite último del flujo de la sección.

f_y : Tensión de fluencia.

γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$W_{ef} : \underline{3.29} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma : \underline{1.1}$$

b) Pandeo lateral con torción (9.8.2.2)

$$M_{Rd} = \chi_{FLT} W_{c,ef} f_y / \gamma$$

$$M_{Rd}^{pos} : \underline{1.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd}^{neg} : \underline{1.86} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Dónde:

$W_{c,ef}$: Módulo de resistencia elástica de la sección efectiva en relación a la fibra comprimida, calculado en base a los anchos efectivos de los elementos, según 9.2, adoptando $\sigma = \chi_{FLT} f_y$.

f_y : Tensión de fluencia.

γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

χ_{FLT} : Factor de reducción asociado al pandeo lateral con torción.

$$W_{c,ef}^{pos} : \underline{3.48} \text{ cm}^3$$

$$W_{c,ef}^{neg} : \underline{4.18} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma : \underline{1.1}$$

$$^{(1)} \lambda_0 \leq 0.6 \rightarrow \chi_{FLT} = 1$$

$$^{(2)} 0.6 < \lambda_0 < 1.336 \rightarrow \chi_{FLT} = 1.11 \left(1 - 0.278 \lambda_0^2 \right)$$

$$^{(3)} \lambda_0 \geq 1.336 \rightarrow \chi_{FLT} = 1 / \lambda_0^2$$

$$^{(2)} \chi_{FLT} : \underline{0.89}$$

Siendo:

$$\lambda_0 = \left(W_c f_y / M_e \right)^{0.5}$$

$$\lambda_0 : \underline{0.85}$$



Informes

Fecha: Sep./2021

W_c: Módulo de resistencia elástica de la sección bruta en relación a la fibra comprimida.

W_c : 4.38 cm³

El momento flector del pandeo lateral con torsión **M_e**, en régimen elástico, se puede calcular mediante la siguiente expresión para barras de doble sección simétrica o monosimétrica sujetas a flexión alrededor del eje de simetría:

$$M_e = C_b r_0 (N_{ey} N_{ez})^{0.5}$$

M_e : 3.36 kN·m

Dónde:

C_b: Coeficiente de equivalencia de momento de flexión.

C_b : 1.00

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

N_{ey} : 80.43 kN

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + G I_t \right]$$

N_{ez} : 53.61 kN

I_y: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje Y.

I_y : 3.68 cm⁴

I_t: Momento de inercia de torsión uniforme.

I_t : 0.00 cm⁴

C_w: Constante de alabeo de la sección.

C_w : 63.03 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E : 200000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 76923 MPa

K_yL_y: Largo efectivo de Pandeo lateral.

K_yL_y : 0.950 m

K_zL_z: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

K_zL_z : 0.950 m

r₀: Radio polar de rotación de la sección bruta en relación con el centro de torsión.

$$r_0 = \left[r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2 \right]^{0.5}$$

r₀ : 5.12 cm

Siendo:

r_x, r_y: Radio de rotación de la sección bruta en relación con el eje principal de inercia X e Y, respectivamente.

r_x : 3.58 cm

r_y : 1.56 cm

x₀, y₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales X e Y, respectivamente, en relación con el centroide de la sección.

x₀ : -33.03 mm

y₀ : 0.00 mm

c) Pandeo por distorsión (9.8.2.3)

El pandeo por distorsión no se tiene en cuenta, ya que la relación D/b_w es mayor que el valor mínimo que le permite omitir el cheque ((D/b_w)_{mín}).

Dónde:

D/b_w: Relación entre endurecimiento y alma.

D/b_w : 0.13

(D/b_w)_{mín}: Valor mínimo para poder ignorar la comprobación de Pandeo por distorsión, debido a las siguientes relaciones geométricas (tabla 11):

(D/b_w)_{mín} : 0.11

b_f/b_w: Relación entre mesa y alma.

b_f/b_w : 0.46

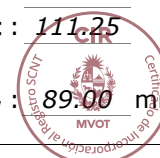
b_w/t: Relación entre alma y espesor.

b_w/t : 111.25

Siendo:

b_w: Ancho del alma.

b_w : 89.00 mm



Informes

Fecha: Sep./2021

b_f: Ancho de solapa.
D: Longitud del refuerzo de la mesa.
t: El grosor.

b_f: 41.00 mm
D: 12.00 mm
t: 0.80 mm

Resistencia a la flexión del eje Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

No se realizará la comprobación porque no hay momento flector.

Resistencia al esfuerzo cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{w,Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.017 ✓

El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable **V_{Sd}** se obtiene por la combinación de hipótesis PP+1.4·V1.

V_{Sd}: 0.09 kN

La sección está formada por dos almas iguales. Para cada uno de ellos, el esfuerzo de cálculo es **V_{Sd} = 0.5 V_{Sd}**.

V_{Sd}: 0.05 kN

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma **V_{Rd}** debe ser calculado por:

⁽³⁾**V_{Rd}**: 2.67 kN

para ⁽¹⁾ $h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_yht/\gamma$

1.08(EK_v/f_y)^{0.5}: 22.56

para ⁽²⁾ $1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5}/\gamma$

h/t: 47.25

para ⁽³⁾ $h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3/h]/\gamma$

1.4(EK_v/f_y)^{0.5}: 29.25

Dónde:

t: Espesor del alma.

t: 0.80 mm

h: Ancho del alma.

h: 37.80 mm

f_y: Tensión de fluencia.

f_y: 550.00 MPa

E: Módulo de elasticidad.

E: 200000 MPa

γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

γ: 1.1

K_v: Coeficiente de pandeo local por cortante que, para una tabla, viene dado por

K_v: 1.20

k_v = 1.20



Informes

Fecha: Sep./2021

Resistencia al esfuerzo cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.205} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable V_{Sd} tiene lugar en el nudo N95, por la combinación de hipótesis PP+1.4·V1.

$$V_{Sd} : \underline{1.01} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma V_{Rd} debe ser calculado por:

$$^{(3)}V_{Rd} : \underline{4.91} \text{ kN}$$

para $^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_yht/\gamma$

$$1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{46.05}$$

para $^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5}/\gamma$

$$h/t : \underline{107.25}$$

para $^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3/h]/\gamma$

$$1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{59.70}$$

Dónde:

t: Espesor del alma.

$$t : \underline{0.80} \text{ mm}$$

h: Ancho del alma.

$$h : \underline{85.80} \text{ mm}$$

f_y: Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

K_v: Coeficiente de Pandeo local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:

$$K_v : \underline{5.00}$$

$$k_v = 5.00$$

Resistencia al momento flector X y esfuerzo de corte Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

Los esfuerzos de cálculo desfavorables M_{Sd} e V_{Sd} se obtienen en el nudo N95, por la combinación de hipótesis PP+1.4·V1.

Para barras sin refuerzos transversales de alma, el momento flector solicitante de calculo y el esfuerzo cortante solicitante deben satisfacer la siguiente expresión de interacción:

$$\eta = \left(\frac{M_{Sd}}{M_{0,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{V_{Sd}}{V_{0,Rd}} \right)^2$$

$$\eta : \underline{0.153} \quad \checkmark$$

Dónde:

M_{Sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo.

$$M_{Sd} : \underline{0.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Informes

Fecha: Sep./2021

M_{0,Rd}: Momento de flexión resistente de cálculo según 9.8.2.1.**V_{Sd}**: Fuerza de corte solicitante de cálculo**V_{Rd}**: Fuerza de corte resistente de cálculo según 9.8.3.**M_{0,Rd}** : 1.65 kN·m**V_{Sd}** : 1.01 kN**V_{Rd}** : 4.91 kN

Resistencia al momento flector Y y esfuerzo de corte X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

No hay interacción entre el momento flector y el esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia a la flexocompresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

Los esfuerzos de cálculo desfavorables se obtienen en el nodo N95, por la combinación de hipótesis 1.25·PP+0.75·SCU1+1.4·V1.

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{Rd}} + \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

η : 0.827 ✓

Dónde:

N_{c,Sd}: Fuerza normal de compresión solicitante de cálculo.**M_{x,Sd}, M_{y,Sd}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente.**N_{c,Rd}**: Fuerza normal de compresión resistente de cálculo, según 9.7.**M_{x,Rd}, M_{y,Rd}**: Momentos flectores resistentes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente, calculados según 9.8.2.**N_{c,Sd}** : 9.32 kN**M_{x,Sd}** : 0.55 kN·m**M_{y,Sd}** : 0.05 kN·m**N_{c,Rd}** : 22.91 kN**M_{x,Rd}** : 1.65 kN·m**M_{y,Rd}** : 0.58 kN·m

Resistencia a la flexo-tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

Se obtienen esfuerzos de cálculo desfavorables en el nodo N95, para la combinación PP+1.4·V2.

Los esfuerzos deben satisfacer las siguientes expresiones de interacción:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{Rd}} + \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

η : 0.461 ✓

Dónde:

N_{t,Sd}: Fuerza normal de tracción solicitante de cálculo.**M_{x,Sd}, M_{y,Sd}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente.**N_{Rd}**: Fuerza normal de tracción resistente de cálculo según 9.6.**M_{x,Rd}, M_{y,Rd}**: Momentos flectores resistentes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente, calculados según 9.8.2.**N_{t,Sd}** : 8.29 kN**M_{x,Sd}** : 0.39 kN·m**M_{y,Sd}** : 0.05 kN·m**N_{Rd}** : 75.88 kN**M_{x,Rd}** : 1.65 kN·m**M_{y,Rd}** : 0.43 kN·m

Informes

Fecha: Sep./2021

Resistencia a la torsión (Criterios Cype Ingenieros)

La verificación no es necesaria ya que no hay momento de torsión.

Informes

Fecha: Sep./2021

Limitación de la delgadez (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7.4)

El índice de esbeltez λ de las barras comprimidas no debe exceder el valor 200.

$$\lambda = KL/r < 200$$

$$\lambda_{xx} : \underline{10.7} \quad \checkmark$$

$$\lambda_{yy} : \underline{24.7} \quad \checkmark$$

Dónde:

$K_x L_x$: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.

$$K_x L_x : \underline{0.385} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.

$$K_y L_y : \underline{0.385} \text{ m}$$

r_x : Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal X.

$$r_x : \underline{3.58} \text{ cm}$$

r_y : Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal Y.

$$r_y : \underline{1.56} \text{ cm}$$

Resistencia a la tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.6)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.023} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de cálculo desfavorable solicitante ocurre en el nodo N22, por la combinación de acciones PP+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Esfuerzo de tracción axial que solicita el cálculo, desfavorable.

$$N_{t,Sd} : \underline{1.72} \text{ kN}$$

La fuerza normal de tracción resistente de cálculo $N_{t,Rd}$ debe ser tomado como:

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma$$

$$N_{t,Rd} : \underline{75.88} \text{ kN}$$

Dónde:

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

$$A : \underline{1.52} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensión de fluencia.

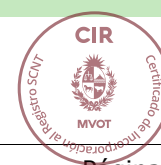
$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistencia a la compresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7)

Debe satisfacer:



$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.042} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de cálculo desfavorable solicitante ocurre en el nodo N647, por la combinación de acciones 1.25·PP+1.5·SCU1.

N_{c,Sd}: Fuerza normal de compresión solicitante de cálculo.

$$\mathbf{N_{c,Sd}} : \underline{1.36} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a la compresión **N_{c,Rd}** viene dado por el menor de los valores obtenidos de acuerdo con los siguientes ítems:

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{32.09} \text{ kN}$$

a) Inicio efectivo de rotura de sección y pandeo global (9.7.2)

$$\mathbf{N_{c,Rd}} = \chi A_{ef} f_y / \gamma$$

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{32.09} \text{ kN}$$

Dónde:

A_{ef}: Área efectiva de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A_{ef}} : \underline{0.79} \text{ cm}^2$$

χ: Factor de reducción asociado al pandeo, $\lambda_0 \leq 1,5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$

$$\chi_{yy} : \underline{0.93}$$

$$\chi_{xz} : \underline{0.89}$$

Siendo:

λ₀: Índice de esbeltez reducido para barras comprimidas.

$$\lambda_{0, yy} : \underline{0.41}$$

$$\lambda_{0, xz} : \underline{0.52}$$

$$\lambda_0 = \left[\frac{A f_y}{N_e} \right]^{0.5}$$

Siendo:

N_e: Fuerza de pandeo elástico normal de la barra, según 9.7.2.

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

$$\mathbf{A} : \underline{1.52} \text{ cm}^2$$

f_y: Tensión de fluencia.

$$\mathbf{f_y} : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.2}$$

La fuerza normal del pandeo elástico. **N_e** es el valor más bajo entre los obtenidos por a) y b):

$$\mathbf{N_e} : \underline{305.08} \text{ kN}$$

a) Fuerza de pandeo por flexión normal relativa al eje Y.

$$\mathbf{N_{ey}} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

$$\mathbf{N_{ey}} : \underline{490.35} \text{ kN}$$

b) Resistencia normal de Pandeo elástico por flexo-torsión.



Informes

Fecha: Sep./2021

$$N_{exz} = \frac{N_{ex} + N_{ez}}{2 \left[1 - (x_0/r_0)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4N_{ex}N_{ez} \left[1 - (x_0/r_0)^2 \right]}{(N_{ex} + N_{ez})^2}} \right]$$

$$N_{exz} : 305.08 \text{ kN}$$

Dónde:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} : 2599.62 \text{ kN}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + G I_t \right]$$

$$N_{ez} : 321.99 \text{ kN}$$

I_x: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje X.

$$I_x : 19.50 \text{ cm}^4$$

I_y: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje Y.

$$I_y : 3.68 \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia de torsión uniforme.

$$I_t : 0.00 \text{ cm}^4$$

C_w: Constante de alabeo de la sección.

$$C_w : 63.03 \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : 76923 \text{ MPa}$$

K_xL_x: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.

$$K_x L_x : 0.385 \text{ m}$$

K_yL_y: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.

$$K_y L_y : 0.385 \text{ m}$$

K_zL_z: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$K_z L_z : 0.385 \text{ m}$$

r₀: Radio polar de rotación de la sección bruta en relación con el centro de torsión.

$$r_0 = \left[r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2 \right]^{0.5}$$

$$r_0 : 5.12 \text{ cm}$$

Siendo:

r_x, r_y: Radio de rotación de la sección bruta en relación con el eje principal de inercia X e Y, respectivamente.

$$r_x : 3.58 \text{ cm}$$

$$r_y : 1.56 \text{ cm}$$

x₀, y₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales X e Y, respectivamente, en relación con el centroide de la sección.

$$x_0 : -33.03 \text{ mm}$$

$$y_0 : 0.00 \text{ mm}$$

b) Pandeo por distorsión (9.7.3)

El pandeo por distorsión no se tiene en cuenta, ya que la relación D/b_w es mayor que el valor mínimo que le permite omitir el cheque $((D/b_w)_{\min})$.

Dónde:

D/b_w: Relación entre endurecimiento y alma.

$$D/b_w : 0.13$$

(D/b_w)_{min}: Valor mínimo para poder ignorar la comprobación de Pandeo por distorsión, debido a las siguientes relaciones geométricas (tabla 11):

$$(D/b_w)_{\min} : 0.05$$

b_f/b_w: Relación entre mesa y alma.

$$b_f/b_w : 0.46$$

b_w/t: Relación entre alma y espesor.

$$b_w/t : 111.25$$

Siendo:

b_w: Ancho del alma.

$$b_w : 89.00 \text{ mm}$$

b_f: Ancho de solapa.

$$b_f : 41.00 \text{ mm}$$

D: Longitud del refuerzo de la mesa.

$$D : 12.00 \text{ mm}$$

t: El grosor.

$$t : 0.80 \text{ mm}$$



Resistencia a la flexión del eje X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

No se realizará la comprobación porque no hay momento flector.

Resistencia a la flexión del eje Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.762} \quad \checkmark$$

El momento flector desfavorable de cálculo M_{Sd} se obtiene para el nudo N22, por la combinación de hipótesis 1.25·PP+1.5·SCU1.

$$M_{Sd} : \underline{0.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo M_{Rd} debe ser tomado como:

$$M_{Rd} : \underline{0.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd} = W_{ef} f_y / \gamma$$

Dónde:

W_{ef} : Módulo de resistencia elástica de la sección efectiva calculado en base a los anchos efectivos de los elementos, según 9.2, con σ calculado para el estado límite último del flujo de la sección.

f_y : Tensión de fluencia.

γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$W_{ef} : \underline{0.86} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistencia al esfuerzo cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{w,Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.251} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable V_{Sd} se obtiene por la combinación de hipótesis 1.25·PP+1.5·SCU1.

$$V_{Sd} : \underline{1.35} \text{ kN}$$

La sección está formada por dos almas iguales. Para cada uno de ellos, el esfuerzo de cálculo es $V_{Sd} = 0.5 V_{Sd}$.

$$V_{Sd} : \underline{0.67} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma V_{Rd} debe ser calculado por:

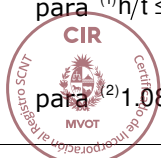
$$^{(3)}V_{Rd} : \underline{2.67} \text{ kN}$$

para $^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_y h t / \gamma$

$$1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} : \underline{22.56}$$

para $^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5} / \gamma$

$$h/t : \underline{47.25}$$



Informes

Fecha: Sep./2021

$$\text{para } {}^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3/h]/\gamma$$

$$1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} : 29.25$$

Dónde:

t: Espesor del alma.

t : 0.80 mm

h: Ancho del alma.

h : 37.80 mm

f_y: Tensión de fluencia.

f_y : 550.00 MPa

E: Módulo de elasticidad.

E : 200000 MPa

γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

γ : 1.1

K_v: Coeficiente de pandeo local por cortante que, para una tabla, viene dado por

K_v : 1.20

k_v = 1.20

Resistencia al esfuerzo cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.020 ✓

El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable **V_{Sd}** se obtiene por la combinación de hipótesis PP+1.4·V2.

V_{Sd} : 0.10 kN

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma **V_{Rd}** debe ser calculado por:

(3)V_{Rd} : 4.91 kN

$$\text{para } {}^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_y h t / \gamma$$

1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} : 46.05

$$\text{para } {}^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5} / \gamma$$

h/t : 107.25

$$\text{para } {}^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3/h]/\gamma$$

1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} : 59.70

Dónde:

t: Espesor del alma.

t : 0.80 mm

h: Ancho del alma.

h : 85.80 mm

f_y: Tensión de fluencia.

f_y : 550.00 MPa

E: Módulo de elasticidad.

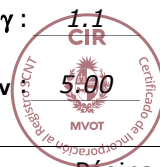
E : 200000 MPa

γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

γ : 1.1

K_v: Coeficiente de Pandeo local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:

K_v : 5.00



$$k_v = 5.00$$

Resistencia al momento flector X y esfuerzo de corte Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

No hay interacción entre el momento flector y el esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia al momento flector Y y esfuerzo de corte X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

Los esfuerzos de cálculo desfavorables M_{Sd} e V_{Sd} se obtienen en el nodo N22, por la combinación de hipótesis 1.25·PP+1.5·SCU1.

Para barras sin refuerzos transversales de alma, el momento flector solicitante de cálculo y el esfuerzo cortante solicitante deben satisfacer la siguiente expresión de interacción:

$$\eta = \left(\frac{M_{Sd}}{M_{0,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{V_{Sd}}{V_{0,Rd}} \right)^2$$

$$\eta : \underline{0.644} \checkmark$$

Dónde:

M_{Sd} : Momento de flexión solicitante de cálculo.

$M_{0,Rd}$: Momento de flexión resistente de cálculo según 9.8.2.1.

V_{Sd} : Fuerza de corte solicitante de cálculo

V_{Rd} : Fuerza de corte resistente de cálculo según 9.8.3.

$$M_{Sd} : \underline{0.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{0,Rd} : \underline{0.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{Sd} : \underline{1.35} \text{ kN}$$

$$V_{Rd} : \underline{5.35} \text{ kN}$$

Resistencia a la flexocompresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

Los esfuerzos de cálculo desfavorables se obtienen en el nodo N22, por la combinación de hipótesis 1.25·PP+1.5·SCU1.

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{Rd}} + \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.815} \checkmark$$

Dónde:

$N_{c,Sd}$: Fuerza normal de compresión solicitante de cálculo.

$M_{x,Sd}$, $M_{y,Sd}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente.

$N_{c,Rd}$: Fuerza normal de compresión resistente de cálculo, según 9.7.

$M_{x,Rd}$, $M_{y,Rd}$: Momentos flectores resistentes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente, calculados según 9.8.2.

$$N_{c,Sd} : \underline{1.33} \text{ kN}$$

$$M_{x,Sd} : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,Sd} : \underline{0.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{32.09} \text{ kN}$$

$$M_{x,Rd} : \underline{1.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,Rd} : \underline{0.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



Informes

Fecha: Sep./2021

Resistencia a la flexo-tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

Se obtienen esfuerzos de cálculo desfavorables en el nodo N22, para la combinación PP+1.4·V1.

Los esfuerzos deben satisfacer las siguientes expresiones de interacción:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{Rd}} + \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.478} \quad \checkmark$$

Dónde:

N_{t,Sd}: Fuerza normal de tracción solicitante de cálculo.

M_{x,Sd}, M_{y,Sd}: Momentos flectores solicitantes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente.

N_{Rd}: Fuerza normal de tracción resistente de cálculo según 9.6.

M_{x,Rd}, M_{y,Rd}: Momentos flectores resistentes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente, calculados según 9.8.2.

N_{t,Sd} : 1.72 kN

M_{x,Sd} : 0.02 kN·m

M_{y,Sd} : 0.26 kN·m

N_{Rd} : 75.88 kN

M_{x,Rd} : 1.65 kN·m

M_{y,Rd} : 0.58 kN·m

Resistencia a la torsión (Criterios Cype Ingenieros)

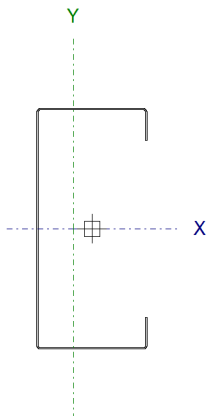
La verificación no es necesaria ya que no hay momento de torsión.

Informes

Fecha: Sep./2021

Barra N232/N260

Perfil: 89S41 0,8**Material: Acero (CF-55 (a frio))**



Nodos		Largo (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	x _g ⁽³⁾ (mm)	y _g ⁽³⁾ (mm)
N232	N260	1.225	1.52	19.50	3.68	0.00	-6.89	0.00
Notas: (1) Inercia con respecto al eje indicado (2) Momento de inercia de torsión uniforme (3) Coordenadas do centro de gravidade								
	Pandeo		Pandeo lateral					
	Plan ZX	Plan ZY	Solapa sup.		Solapa inf.			
β	1.00	1.00	1.00		1.00			
L _K	1.225	1.225	1.225		1.225			
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 por momento crítico								

Valores máximos de la relación longitud-espesor (ABNT NBR 14762:2010 Artículo 9.1.2 Tabla 4)

Elemento: Alma

En elementos comprimidos con ambos bordes vinculados a elementos AA, la relación ancho-espesor no debe exceder 500.

$$(b/t) \leq 500$$

$$(b/t) : \underline{107} \quad \checkmark$$

Siendo:

b: Longitud del elemento.**b** : 85.80 mm**t**: El grosor.**t** : 0.80 mm

Elemento: Mesa

En elementos comprimidos AA, que tienen un borde unido a la red o mesa y el otro al refuerzo de un solo borde, la relación ancho-espesor no debe exceder 60.

$$(b/t) \leq 60$$

$$(b/t) : \underline{47} \quad \checkmark$$

Siendo:

b: Longitud del elemento.**b** : 37.80 mm**t**: El grosor.**t** : 0.80 mm

Informes

Fecha: Sep./2021

Limitación de la delgadez (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7.4)

El índice de esbeltez λ de las barras comprimidas no debe exceder el valor 200.

$$\lambda = KL/r < 200$$

$$\lambda_{xx} : \underline{34.2} \quad \checkmark$$

$$\lambda_{yy} : \underline{78.7} \quad \checkmark$$

Dónde:

$K_x L_x$: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.

$$K_x L_x : \underline{1.225} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.

$$K_y L_y : \underline{1.225} \text{ m}$$

r_x : Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal X.

$$r_x : \underline{3.58} \text{ cm}$$

r_y : Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal Y.

$$r_y : \underline{1.56} \text{ cm}$$

Resistencia a la tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.6)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de cálculo desfavorable solicitante ocurre en el nodo N260, por la combinación de acciones PP+0.75·SCU1+1.4·V2.

$N_{t,Sd}$: Esfuerzo de tracción axial que solicita el cálculo, desfavorable.

$$N_{t,Sd} : \underline{0.11} \text{ kN}$$

La fuerza normal de tracción resistente de cálculo $N_{t,Rd}$ debe ser tomado como:

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma$$

$$N_{t,Rd} : \underline{75.88} \text{ kN}$$

Dónde:

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

$$A : \underline{1.52} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensión de fluencia.

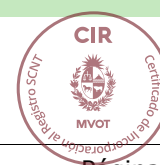
$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistencia a la compresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7)

Debe satisfacer:



Informes

Fecha: Sep./2021

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.072} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de cálculo desfavorable solicitante ocurre en el nodo N232, por la combinación de acciones 1.25·PP+1.4·V1.

N_{c,Sd}: Fuerza normal de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{c,Sd} : \underline{1.23} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a la compresión **N_{c,Rd}** viene dado por el menor de los valores obtenidos de acuerdo con los siguientes ítems:

$$N_{c,Rd} : \underline{17.00} \text{ kN}$$

a) Inicio efectivo de rotura de sección y pandeo global (9.7.2)

$$N_{c,Rd} = \chi A_{ef} f_y / \gamma$$

$$N_{c,Rd} : \underline{17.00} \text{ kN}$$

Dónde:

A_{ef}: Área efectiva de la sección transversal de la barra.

$$A_{ef} : \underline{1.14} \text{ cm}^2$$

χ: Factor de reducción asociado al pandeo, $\lambda_0 > 1,5 \rightarrow \chi = \frac{0.877}{\lambda_0^2}$

$$\chi_{yy} : \underline{0.49}$$

$$\chi_{xz} : \underline{0.32}$$

Siendo:

λ₀: Índice de esbeltez reducido para barras comprimidas.

$$\lambda_{0, yy} : \underline{1.31}$$

$$\lambda_{0, xz} : \underline{1.64}$$

$$\lambda_0 = \left[\frac{A f_y}{N_e} \right]^{0.5}$$

Siendo:

N_e: Fuerza de pandeo elástico normal de la barra, según 9.7.2.

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

$$A : \underline{1.52} \text{ cm}^2$$

f_y: Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.2}$$

La fuerza normal del pandeo elástico. **N_e** es el valor más bajo entre los obtenidos por a) y b):

$$N_e : \underline{30.86} \text{ kN}$$

a) Fuerza de pandeo por flexión normal relativa al eje Y.

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

$$N_{ey} : \underline{48.37} \text{ kN}$$

b) Resistencia normal de Pandeo elástico por flexo-torsión.



Informes

Fecha: Sep./2021

$$N_{exz} = \frac{N_{ex} + N_{ez}}{2 \left[1 - (x_0/r_0)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4N_{ex}N_{ez} \left[1 - (x_0/r_0)^2 \right]}{(N_{ex} + N_{ez})^2}} \right]$$

$$N_{exz} : \underline{30.86 \text{ kN}}$$

Dónde:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} : \underline{256.44 \text{ kN}}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + G I_t \right]$$

$$N_{ez} : \underline{32.62 \text{ kN}}$$

I_x: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje X.

$$I_x : \underline{19.50 \text{ cm}^4}$$

I_y: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{3.68 \text{ cm}^4}$$

I_t: Momento de inercia de torsión uniforme.

$$I_t : \underline{0.00 \text{ cm}^4}$$

C_w: Constante de alabeo de la sección.

$$C_w : \underline{63.03 \text{ cm}^6}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{200000 \text{ MPa}}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{76923 \text{ MPa}}$$

K_xL_x: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.

$$K_x L_x : \underline{1.225 \text{ m}}$$

K_yL_y: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.

$$K_y L_y : \underline{1.225 \text{ m}}$$

K_zL_z: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$K_z L_z : \underline{1.225 \text{ m}}$$

r₀: Radio polar de rotación de la sección bruta en relación con el centro de torsión.

$$r_0 = \left[r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2 \right]^{0.5}$$

$$r_0 : \underline{5.12 \text{ cm}}$$

Siendo:

r_x, r_y: Radio de rotación de la sección bruta en relación con el eje principal de inercia X e Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{3.58 \text{ cm}}$$

$$r_y : \underline{1.56 \text{ cm}}$$

x₀, y₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales X e Y, respectivamente, en relación con el centroide de la sección.

$$x_0 : \underline{-33.03 \text{ mm}}$$

$$y_0 : \underline{0.00 \text{ mm}}$$

b) Pandeo por distorsión (9.7.3)

El pandeo por distorsión no se tiene en cuenta, ya que la relación D/b_w es mayor que el valor mínimo que le permite omitir el cheque ((D/b_w)_{mín}).

Dónde:

D/b_w: Relación entre endurecimiento y alma.

$$D/b_w : \underline{0.13}$$

(D/b_w)_{mín}: Valor mínimo para poder ignorar la comprobación de Pandeo por distorsión, debido a las siguientes relaciones geométricas (tabla 11):

b_f/b_w: Relación entre mesa y alma.

$$(D/b_w)_{\min} : \underline{0.05}$$

b_w/t: Relación entre alma y espesor.

$$b_f/b_w : \underline{0.46}$$

Siendo:

$$b_w/t : \underline{111.25}$$

b_w: Ancho del alma.

$$b_w : \underline{89.00 \text{ mm}}$$

b_f: Ancho de solapa.

$$b_f : \underline{41.00 \text{ mm}}$$

D: Longitud del refuerzo de la mesa.

$$D : \underline{12.00 \text{ mm}}$$

t: El grosor.

$$t : \underline{0.80 \text{ mm}}$$



Resistencia a la flexión del eje X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.653} \quad \checkmark$$

El momento flector desfavorable de cálculo M_{Sd} se obtiene para el nudo N232, por la combinación de hipótesis 1.25·PP+0.75·SCU1+1.4·V1.

$$M_{Sd} : \underline{0.88} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo M_{Rd} debe ser tomado como o menor valor calculado en a), b) y c):

$$M_{Rd}^{pos} : \underline{1.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd}^{neg} : \underline{1.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

a) Inicio de escorrentía de sección efectiva (9.8.2.1)

$$M_{Rd} = W_{ef} f_y / \gamma$$

$$M_{Rd} : \underline{1.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Dónde:

W_{ef} : Módulo de resistencia elástica de la sección efectiva calculado en base a los anchos efectivos de los elementos, según 9.2, con σ calculado para el estado límite último del flujo de la sección.

f_y : Tensión de fluencia.

γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$W_{ef} : \underline{3.29} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma : \underline{1.1}$$

b) Pandeo lateral con torcción (9.8.2.2)

$$M_{Rd} = \chi_{FLT} W_{c,ef} f_y / \gamma$$

$$M_{Rd}^{pos} : \underline{1.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd}^{neg} : \underline{1.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Dónde:

$W_{c,ef}$: Módulo de resistencia elástica de la sección efectiva en relación a la fibra comprimida, calculado en base a los anchos efectivos de los elementos, según 9.2, adoptando $\sigma = \chi_{FLT} f_y$.

f_y : Tensión de fluencia.

γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

χ_{FLT} : Factor de reducción asociado al pandeo lateral con torcción.

$$W_{c,ef}^{pos} : \underline{3.64} \text{ cm}^3$$

$$W_{c,ef}^{neg} : \underline{4.21} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma : \underline{1.1}$$

$$^{(1)} \lambda_0 \leq 0.6 \rightarrow \chi_{FLT} = 1$$

$$^{(2)} 0.6 < \lambda_0 < 1.336 \rightarrow \chi_{FLT} = 1.11(1 - 0.278\lambda_0^2)$$

$$^{(3)} \lambda_0 \geq 1.336 \rightarrow \chi_{FLT} = 1/\lambda_0^2$$

$$^{(2)} \chi_{FLT} : \underline{0.74}$$

Siendo:

$$\lambda_0 = (W_c f_y / M_e)^{0.5}$$

$$\lambda_0 : \underline{1.09}$$



Informes

Fecha: Sep./2021

W_c: Módulo de resistencia elástica de la sección bruta en relación a la fibra comprimida.

$$W_c : \underline{4.38} \text{ cm}^3$$

El momento flector del pandeo lateral con torsión **M_e**, en régimen elástico, se puede calcular mediante la siguiente expresión para barras de doble sección simétrica o monosimétrica sujetas a flexión alrededor del eje de simetría:

$$M_e = C_b r_0 (N_{ey} N_{ez})^{0.5}$$

$$M_e : \underline{2.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Dónde:

C_b: Coeficiente de equivalencia de momento de flexión.

$$C_b : \underline{1.00}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

$$N_{ey} : \underline{48.37} \text{ kN}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + G I_t \right]$$

$$N_{ez} : \underline{32.62} \text{ kN}$$

I_y: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{3.68} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia de torsión uniforme.

$$I_t : \underline{0.00} \text{ cm}^4$$

C_w: Constante de alabeo de la sección.

$$C_w : \underline{63.03} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{76923} \text{ MPa}$$

K_yL_y: Largo efectivo de Pandeo lateral.

$$K_y L_y : \underline{1.225} \text{ m}$$

K_zL_z: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$K_z L_z : \underline{1.225} \text{ m}$$

r₀: Radio polar de rotación de la sección bruta en relación con el centro de torsión.

$$r_0 = \left[r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2 \right]^{0.5}$$

$$r_0 : \underline{5.12} \text{ cm}$$

Siendo:

r_x, r_y: Radio de rotación de la sección bruta en relación con el eje principal de inercia X e Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{3.58} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{1.56} \text{ cm}$$

x₀, y₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales X e Y, respectivamente, en relación con el centroide de la sección.

$$x_0 : \underline{-33.03} \text{ mm}$$

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

c) Pandeo por distorsión (9.8.2.3)

El pandeo por distorsión no se tiene en cuenta, ya que la relación D/b_w es mayor que el valor mínimo que le permite omitir el cheque ((D/b_w)_{mín}).

Dónde:

D/b_w: Relación entre endurecimiento y alma.

$$D/b_w : \underline{0.13}$$

(D/b_w)_{mín}: Valor mínimo para poder ignorar la comprobación de Pandeo por distorsión, debido a las siguientes relaciones geométricas (tabla 11):

b_f/b_w: Relación entre mesa y alma.

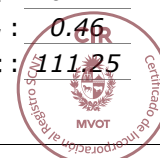
$$(D/b_w)_{\min} : \underline{0.11}$$

b_w/t: Relación entre alma y espesor.

$$b_f/b_w : \underline{0.46}$$

$$b_w/t : \underline{111.25}$$

Siendo:



Informes

Fecha: Sep./2021

b_w: Ancho del alma.
b_f: Ancho de solapa.
D: Longitud del refuerzo de la mesa.
t: El grosor.

b_w : 89.00 mm
b_f : 41.00 mm
D : 12.00 mm
t : 0.80 mm

Resistencia a la flexión del eje Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

No se realizará la comprobación porque no hay momento flector.

Resistencia al esfuerzo cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{w,Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.018 ✓

El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable **V_{Sd}** se obtiene por la combinación de hipótesis 1.25·PP+0.75·SCU1+1.4·V2.

V_{Sd} : 0.10 kN

La sección está formada por dos almas iguales. Para cada uno de ellos, el esfuerzo de cálculo es **V_{Sd} = 0.5 V_{Sd}**.

V_{Sd} : 0.05 kN

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma **V_{Rd}** debe ser calculado por:

⁽³⁾**V_{Rd}** : 2.67 kN

para ⁽¹⁾ $h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_yht/\gamma$

1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : 22.56

para ⁽²⁾ $1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5}/\gamma$

h/t : 47.25

para ⁽³⁾ $h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3/h]/\gamma$

1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : 29.25

Dónde:

t: Espesor del alma.

t : 0.80 mm

h: Ancho del alma.

h : 37.80 mm

f_y: Tensión de fluencia.

f_y : 550.00 MPa

E: Módulo de elasticidad.

E : 200000 MPa

γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

γ : 1.1

K_v: Coeficiente de pandeo local por cortante que, para una tabla, viene dado por

K_v : 1.20

k_v = 1.20



Informes

Fecha: Sep./2021

Resistencia al esfuerzo cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.273} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable V_{Sd} tiene lugar en el nudo N232, por la combinación de hipótesis PP+0.75·SCU1+1.4·V1.

$$V_{Sd} : \underline{1.34} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma V_{Rd} debe ser calculado por:

$$^{(3)}V_{Rd} : \underline{4.91} \text{ kN}$$

para $^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_yht/\gamma$

$$1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{46.05}$$

para $^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5}/\gamma$

$$h/t : \underline{107.25}$$

para $^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3/h]/\gamma$

$$1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{59.70}$$

Dónde:

t: Espesor del alma.

$$t : \underline{0.80} \text{ mm}$$

h: Ancho del alma.

$$h : \underline{85.80} \text{ mm}$$

f_y: Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

K_v: Coeficiente de Pandeo local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:

$$K_v : \underline{5.00}$$

$$k_v = 5.00$$

Resistencia al momento flector X y esfuerzo de corte Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

Los esfuerzos de cálculo desfavorables M_{Sd} e V_{Sd} se obtienen en el nudo N232, por la combinación de hipótesis 1.25·PP+0.75·SCU1+1.4·V1.

Para barras sin refuerzos transversales de alma, el momento flector solicitante de calculo y el esfuerzo cortante solicitante deben satisfacer la siguiente expresión de interacción:

$$\eta = \left(\frac{M_{Sd}}{M_{0,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{V_{Sd}}{V_{0,Rd}} \right)^2$$

$$\eta : \underline{0.362} \quad \checkmark$$

Dónde:

M_{Sd}: Momento de flexión solicitante de cálculo.

$$M_{Sd} : \underline{0.88} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Informes

Fecha: Sep./2021

M_{0,Rd}: Momento de flexión resistente de cálculo según 9.8.2.1.**M_{0,Rd}** : 1.65 kN·m**V_{Sd}**: Fuerza de corte solicitante de cálculo**V_{Sd}** : 1.34 kN**V_{Rd}**: Fuerza de corte resistente de cálculo según 9.8.3.**V_{Rd}** : 4.91 kN

Resistencia al momento flector Y y esfuerzo de corte X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

No hay interacción entre el momento flector y el esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia a la flexocompresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

Los esfuerzos de cálculo desfavorables se obtienen en el nodo N232, por la combinación de hipótesis 1.25·PP+1.4·V1.

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{Rd}} + \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

η : 0.800 ✓

Dónde:

N_{c,Sd}: Fuerza normal de compresión solicitante de cálculo.**N_{c,Sd}** : 1.23 kN**M_{x,Sd}, M_{y,Sd}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente.**M_{x,Sd}** : 0.88 kN·m**M_{y,Sd}** : 0.04 kN·m**N_{c,Rd}**: Fuerza normal de compresión resistente de cálculo, según 9.7.**N_{c,Rd}** : 17.00 kN**M_{x,Rd}, M_{y,Rd}**: Momentos flectores resistentes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente, calculados según 9.8.2.**M_{x,Rd}** : 1.35 kN·m**M_{y,Rd}** : 0.58 kN·m

Resistencia a la flexo-tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

No hay interacción entre el esfuerzo de tracción axial y el momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia a la torsión (Criterios Cype Ingenieros)

La verificación no es necesaria ya que no hay momento de torsión.

Informes

Fecha: Sep./2021

Barra N87/N370

Perfil: 89S41 0,8**Material: Acero (CF-55 (a frio))**

Nodos		Largo (m)	Características mecánicas													
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	x _g ⁽³⁾ (mm)	y _g ⁽³⁾ (mm)								
N87	N370	0.950	1.52	19.50	3.68	0.00	-6.89	0.00								
Notas:																
(1) Inercia con respecto al eje indicado																
(2) Momento de inercia de torsión uniforme																
(3) Coordenadas do centro de gravedad																
	Pandeo		Pandeo lateral													
	Plan ZX	Plan ZY	Solapa sup.	Solapa inf.												
β	1.00	1.00	1.00	1.00												
L _K	0.950	0.950	0.950	0.950												
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 por momento crítico																

Valores máximos de la relación longitud-espesor (ABNT NBR 14762:2010 Artículo 9.1.2 Tabla 4)

Elemento: Alma

En elementos comprimidos con ambos bordes vinculados a elementos AA, la relación ancho-espesor no debe exceder 500.

$$(b/t) \leq 500$$

$$(b/t) : \underline{107} \quad \checkmark$$

Siendo:

b: Longitud del elemento.**b**: 85.80 mm**t**: El grosor.**t**: 0.80 mm

Elemento: Mesa

En elementos comprimidos AA, que tienen un borde unido a la red o mesa y el otro al refuerzo de un solo borde, la relación ancho-espesor no debe exceder 60.

$$(b/t) \leq 60$$

$$(b/t) : \underline{47} \quad \checkmark$$

Siendo:

b: Longitud del elemento.**b**: 37.80 mm**t**: El grosor.**t**: 0.80 mm

Informes

Fecha: Sep./2021

Limitación de la delgadez (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7.4)

El índice de esbeltez λ de las barras comprimidas no debe exceder el valor 200.

$$\lambda = KL/r < 200$$

$$\lambda_{xx} : \underline{26.5} \quad \checkmark$$

$$\lambda_{yy} : \underline{61.0} \quad \checkmark$$

Dónde:

$K_x L_x$: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.

$$K_x L_x : \underline{0.950} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.

$$K_y L_y : \underline{0.950} \text{ m}$$

r_x : Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal X.

$$r_x : \underline{3.58} \text{ cm}$$

r_y : Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal Y.

$$r_y : \underline{1.56} \text{ cm}$$

Resistencia a la tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.6)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.111} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de cálculo desfavorable solicitante ocurre en el nodo N370, por la combinación de acciones PP+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Esfuerzo de tracción axial que solicita el cálculo, desfavorable.

$$N_{t,Sd} : \underline{8.44} \text{ kN}$$

La fuerza normal de tracción resistente de cálculo $N_{t,Rd}$ debe ser tomado como:

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma$$

$$N_{t,Rd} : \underline{75.88} \text{ kN}$$

Dónde:

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

$$A : \underline{1.52} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

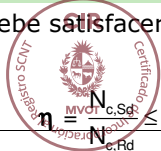
γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistencia a la compresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$



Informes

Fecha: Sep./2021

 η : **0.367** ✓

El esfuerzo de cálculo desfavorable solicitante ocurre en el nodo N87, por la combinación de acciones $1.25 \cdot PP + 0.75 \cdot SCU1 + 1.4 \cdot V2$.

$N_{c,sd}$: Fuerza normal de compresión solicitante de cálculo.

 $N_{c,sd}$: 8.40 kN

La resistencia de cálculo a la compresión $N_{c,Rd}$ viene dado por el menor de los valores obtenidos de acuerdo con los siguientes ítems:

 $N_{c,Rd}$: 22.91 kN

a) Inicio efectivo de rotura de sección y pandeo global (9.7.2)

$$N_{c,Rd} = \chi A_{ef} f_y / \gamma$$

 $N_{c,Rd}$: 22.91 kN

Dónde:

A_{ef} : Área efectiva de la sección transversal de la barra.

 A_{ef} : 0.99 cm²

χ : Factor de reducción asociado al pandeo, $\lambda_0 \leq 1,5 \rightarrow \chi = 0.658^{\lambda_0^2}$

 χ_{yy} : 0.65 χ_{xz} : 0.50

Siendo:

λ_0 : Índice de esbeltez reducido para barras comprimidas.

 $\lambda_{0,yy}$: 1.02 $\lambda_{0,xz}$: 1.28

$$\lambda_0 = \left[\frac{A f_y}{N_e} \right]^{0.5}$$

Siendo:

N_e : Fuerza de pandeo elástico normal de la barra, según 9.7.2.

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

 A : 1.52 cm²

f_y : Tensión de fluencia.

 f_y : 550.00 MPa

γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

 γ : 1.2

La fuerza normal del pandeo elástico. N_e es el valor más bajo entre los obtenidos por a) y b):

 N_e : 50.75 kN

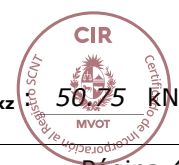
a) Fuerza de pandeo por flexión normal relativa al eje Y.

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

 N_{ey} : 80.43 kN

b) Resistencia normal de Pandeo elástico por flexo-torsión.

$$N_{exz} = \frac{N_{ex} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(x_0 / r_0 \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 N_{ex} N_{ez} \left[1 - \left(x_0 / r_0 \right)^2 \right]}{\left(N_{ex} + N_{ez} \right)^2}} \right]$$

 N_{exz} : 50.75 kN

Informes

Fecha: Sep./2021

Dónde:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} : 426.39 \text{ kN}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + G I_t \right]$$

$$N_{ez} : 53.61 \text{ kN}$$

I_x: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje X.

$$I_x : 19.50 \text{ cm}^4$$

I_y: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje Y.

$$I_y : 3.68 \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia de torsión uniforme.

$$I_t : 0.00 \text{ cm}^4$$

C_w: Constante de alabeo de la sección.

$$C_w : 63.03 \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : 76923 \text{ MPa}$$

K_xL_x: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.

$$K_x L_x : 0.950 \text{ m}$$

K_yL_y: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.

$$K_y L_y : 0.950 \text{ m}$$

K_zL_z: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$K_z L_z : 0.950 \text{ m}$$

r₀: Radio polar de rotación de la sección bruta en relación con el centro de torsión.

$$r_0 = \left[r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2 \right]^{0.5}$$

$$r_0 : 5.12 \text{ cm}$$

Siendo:

r_x, r_y: Radio de rotación de la sección bruta en relación con el eje principal de inercia X e Y, respectivamente.

$$r_x : 3.58 \text{ cm}$$

$$r_y : 1.56 \text{ cm}$$

x₀, y₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales X e Y, respectivamente, en relación con el centroide de la sección.

$$x_0 : -33.03 \text{ mm}$$

$$y_0 : 0.00 \text{ mm}$$

b) Pandeo por distorsión (9.7.3)

El pandeo por distorsión no se tiene en cuenta, ya que la relación D/b_w es mayor que el valor mínimo que le permite omitir el cheque $((D/b_w)_{\min})$.

Dónde:

D/b_w: Relación entre endurecimiento y alma.

$$D/b_w : 0.13$$

(D/b_w)_{min}: Valor mínimo para poder ignorar la comprobación de Pandeo por distorsión, debido a las siguientes relaciones geométricas (tabla 11):

$$(D/b_w)_{\min} : 0.05$$

b_f/b_w: Relación entre mesa y alma.

$$b_f/b_w : 0.46$$

b_w/t: Relación entre alma y espesor.

$$b_w/t : 111.25$$

Siendo:

b_w: Ancho del alma.

$$b_w : 89.00 \text{ mm}$$

b_f: Ancho de solapa.

$$b_f : 41.00 \text{ mm}$$

D: Longitud del refuerzo de la mesa.

$$D : 12.00 \text{ mm}$$

t: El grosor.

$$t : 0.80 \text{ mm}$$



Resistencia a la flexión del eje X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

Debe satisfacer:

Informes

Fecha: Sep./2021

$$\eta = \frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.293} \quad \checkmark$$

El momento flector desfavorable de cálculo M_{Sd} se obtiene para el nudo N87, por la combinación de hipótesis 1.25·PP+0.75·SCU1+1.4·V2.

$$M_{Sd} : \underline{0.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo M_{Rd} debe ser tomado como o menor valor calculado en a), b) y c):

$$M_{Rd}^{pos} : \underline{1.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd}^{neg} : \underline{1.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

a) Inicio de escorrentía de sección efectiva (9.8.2.1)

$$M_{Rd} = W_{ef} f_y / \gamma$$

$$M_{Rd} : \underline{1.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Dónde:

W_{ef} : Módulo de resistencia elástica de la sección efectiva calculado en base a los anchos efectivos de los elementos, según 9.2, con σ calculado para el estado límite último del flujo de la sección.

f_y : Tensión de fluencia.

γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$W_{ef} : \underline{3.29} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma : \underline{1.1}$$

b) Pandeo lateral con torcción (9.8.2.2)

$$M_{Rd} = \chi_{FLT} W_{c,ef} f_y / \gamma$$

$$M_{Rd}^{pos} : \underline{1.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd}^{neg} : \underline{1.86} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Dónde:

$W_{c,ef}$: Módulo de resistencia elástica de la sección efectiva en relación a la fibra comprimida, calculado en base a los anchos efectivos de los elementos, según 9.2, adoptando $\sigma = \chi_{FLT} f_y$.

f_y : Tensión de fluencia.

γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

χ_{FLT} : Factor de reducción asociado al pandeo lateral con torcción.

$$^{(1)} \lambda_0 \leq 0.6 \rightarrow \chi_{FLT} = 1$$

$$^{(2)} 0.6 < \lambda_0 < 1.336 \rightarrow \chi_{FLT} = 1.11(1 - 0.278\lambda_0^2)$$

$$^{(3)} \lambda_0 \geq 1.336 \rightarrow \chi_{FLT} = 1/\lambda_0^2$$

$$W_{c,ef}^{pos} : \underline{3.48} \text{ cm}^3$$

$$W_{c,ef}^{neg} : \underline{4.18} \text{ cm}^3$$

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma : \underline{1.1}$$

$$^{(2)} \chi_{FLT} : \underline{0.89}$$

Siendo:

$$\lambda_0 = (W_c f_y / M_e)^{0.5}$$

$$\lambda_0 : \underline{0.85}$$



Informes

Fecha: Sep./2021

W_c : Módulo de resistencia elástica de la sección bruta en relación a la fibra comprimida.

$$W_c : 4.38 \text{ cm}^3$$

El momento flector del pandeo lateral con torsión **M_e** , en régimen elástico, se puede calcular mediante la siguiente expresión para barras de doble sección simétrica o monosimétrica sujetas a flexión alrededor del eje de simetría:

$$M_e = C_b r_0 (N_{ey} N_{et})^{0.5}$$

$$M_e : 3.36 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Dónde:

C_b : Coeficiente de equivalencia de momento de flexión.

$$C_b : 1.00$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

$$N_{ey} : 80.43 \text{ kN}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + G I_t \right]$$

$$N_{ez} : 53.61 \text{ kN}$$

I_y : Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje Y.

$$I_y : 3.68 \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia de torsión uniforme.

$$I_t : 0.00 \text{ cm}^4$$

C_w : Constante de alabeo de la sección.

$$C_w : 63.03 \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : 76923 \text{ MPa}$$

$K_y L_y$: Largo efectivo de Pandeo lateral.

$$K_y L_y : 0.950 \text{ m}$$

$K_z L_z$: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$K_z L_z : 0.950 \text{ m}$$

r_0 : Radio polar de rotación de la sección bruta en relación con el centro de torsión.

$$r_0 = \left[r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2 \right]^{0.5}$$

$$r_0 : 5.12 \text{ cm}$$

Siendo:

r_x, r_y : Radio de rotación de la sección bruta en relación con el eje principal de inercia X e Y, respectivamente.

$$r_x : 3.58 \text{ cm}$$

$$r_y : 1.56 \text{ cm}$$

x_0, y_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales X e Y, respectivamente, en relación con el centroide de la sección.

$$x_0 : -33.03 \text{ mm}$$

$$y_0 : 0.00 \text{ mm}$$

c) Pandeo por distorsión (9.8.2.3)

El pandeo por distorsión no se tiene en cuenta, ya que la relación D/b_w es mayor que el valor mínimo que le permite omitir el cheque $((D/b_w)_{\min})$.

Dónde:

D/b_w : Relación entre endurecimiento y alma.

$$D/b_w : 0.13$$

$(D/b_w)_{\min}$: Valor mínimo para poder ignorar la comprobación de Pandeo por distorsión, debido a las siguientes relaciones geométricas (tabla 11):

$$(D/b_w)_{\min} : 0.11$$

b_f/b_w : Relación entre mesa y alma.

$$b_f/b_w : 0.46$$

b_w/t : Relación entre alma y espesor.

$$b_w/t : 111.25$$

Siendo:

b_w : Ancho del alma.

$$b_w : 89.00 \text{ mm}$$



Informes

Fecha: Sep./2021

b_f: Ancho de solapa.
D: Longitud del refuerzo de la mesa.
t: El grosor.

b_f : 41.00 mm
D : 12.00 mm
t : 0.80 mm

Resistencia a la flexión del eje Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

No se realizará la comprobación porque no hay momento flector.

Resistencia al esfuerzo cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{w,Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

η : 0.019 ✓

El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable **V_{Sd}** se obtiene por la combinación de hipótesis PP+1.4·V2.

V_{Sd} : 0.10 kN

La sección está formada por dos almas iguales. Para cada uno de ellos, el esfuerzo de cálculo es **V_{Sd} = 0.5 V_{Sd}**.

V_{Sd} : 0.05 kN

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma **V_{Rd}** debe ser calculado por:

⁽³⁾**V_{Rd}** : 2.67 kN

para ⁽¹⁾ $h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_yht/\gamma$

1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : 22.56

para ⁽²⁾ $1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_vf_yE)^{0.5}/\gamma$

h/t : 47.25

para ⁽³⁾ $h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_vt^3/h]/\gamma$

1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : 29.25

Dónde:

t: Espesor del alma.

t : 0.80 mm

h: Ancho del alma.

h : 37.80 mm

f_y: Tensión de fluencia.

f_y : 550.00 MPa

E: Módulo de elasticidad.

E : 200000 MPa

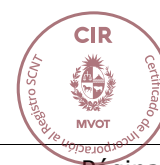
γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

γ : 1.1

K_v: Coeficiente de pandeo local por cortante que, para una tabla, viene dado por

K_v : 1.20

k_v = 1.20



Informes

Fecha: Sep./2021

Resistencia al esfuerzo cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.188} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable V_{Sd} tiene lugar en el nudo N87, por la combinación de hipótesis 1.25·PP+0.75·SCU1+1.4·V2.

$$V_{Sd} : \underline{0.92} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma V_{Rd} debe ser calculado por:

$$^{(3)}V_{Rd} : \underline{4.91} \text{ kN}$$

para $^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_y h t / \gamma$

$$1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} : \underline{46.05}$$

para $^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5} / \gamma$

$$h/t : \underline{107.25}$$

para $^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3 / h] / \gamma$

$$1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} : \underline{59.70}$$

Dónde:

t: Espesor del alma.

$$t : \underline{0.80} \text{ mm}$$

h: Ancho del alma.

$$h : \underline{85.80} \text{ mm}$$

 f_y : Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

 γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

K_v : Coeficiente de Pandeo local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:

$$K_v : \underline{5.00}$$

$$k_v = 5.00$$

Resistencia al momento flector X y esfuerzo de corte Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

Los esfuerzos de cálculo desfavorables M_{Sd} e V_{Sd} se obtienen en el nodo N87, por la combinación de hipótesis 1.25·PP+0.75·SCU1+1.4·V2.

Para barras sin refuerzos transversales de alma, el momento flector solicitante de calculo y el esfuerzo cortante deben satisfacer la siguiente expresión de interacción:

$$\eta = \left(\frac{M_{Sd}}{M_{0,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{V_{Sd}}{V_{0,Rd}} \right)^2$$

$$\eta : \underline{0.121} \quad \checkmark$$



Dónde:

 M_{Sd} : Momento de flexión solicitante de cálculo.

$$M_{Sd} : \underline{0.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Informes

Fecha: Sep./2021

M_{0,Rd}: Momento de flexión resistente de cálculo según 9.8.2.1.**V_{Sd}**: Fuerza de corte solicitante de cálculo**V_{Rd}**: Fuerza de corte resistente de cálculo según 9.8.3.**M_{0,Rd}** : 1.65 kN·m**V_{Sd}** : 0.92 kN**V_{Rd}** : 4.91 kN

Resistencia al momento flector Y y esfuerzo de corte X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

No hay interacción entre el momento flector y el esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia a la flexocompresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

Los esfuerzos de cálculo desfavorables se obtienen en el nodo N87, por la combinación de hipótesis 1.25·PP+0.75·SCU1+1.4·V2.

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{Rd}} + \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

η : 0.782 ✓

Dónde:

N_{c,Sd}: Fuerza normal de compresión solicitante de cálculo.**M_{x,Sd}, M_{y,Sd}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente.**N_{c,Rd}**: Fuerza normal de compresión resistente de cálculo, según 9.7.**M_{x,Rd}, M_{y,Rd}**: Momentos flectores resistentes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente, calculados según 9.8.2.**N_{c,Sd}** : 8.40 kN**M_{x,Sd}** : 0.48 kN·m**M_{y,Sd}** : 0.05 kN·m**N_{c,Rd}** : 22.91 kN**M_{x,Rd}** : 1.65 kN·m**M_{y,Rd}** : 0.43 kN·m

Resistencia a la flexo-tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

Se obtienen esfuerzos de cálculo desfavorables en el nodo N87, para la combinación PP+1.4·V1.

Los esfuerzos deben satisfacer las siguientes expresiones de interacción:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{Rd}} + \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \leq 1$$

η : 0.437 ✓

Dónde:

N_{t,Sd}: Fuerza normal de tracción solicitante de cálculo.**M_{x,Sd}, M_{y,Sd}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente.**N_{Rd}**: Fuerza normal de tracción resistente de cálculo según 9.6.**M_{x,Rd}, M_{y,Rd}**: Momentos flectores resistentes de cálculo en relación con los ejes X e Y, respectivamente, calculados según 9.8.2.**N_{t,Sd}** : 8.28 kN**M_{x,Sd}** : 0.39 kN·m**M_{y,Sd}** : 0.05 kN·m**N_{Rd}** : 75.88 kN**M_{x,Rd}** : 1.65 kN·m**M_{y,Rd}** : 0.58 kN·m

Resistencia a la torsión (Criterios Cype Ingenieros)

La verificación no es necesaria ya que no hay momento de torsión.

Informes

Fecha: Sep./2021

Barra N187/N300

Perfil: 89S41 0,8**Material: Acero (CF-55 (a frio))**

Nodos		Largo (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	x _g ⁽³⁾ (mm)	y _g ⁽³⁾ (mm)
N187	N300	1.225	1.52	19.50	3.68	0.00	-6.89	0.00

Notas:

⁽¹⁾ Inercia con respecto al eje indicado

⁽²⁾ Momento de inercia de torsión uniforme

⁽³⁾ Coordenadas do centro de gravedad

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plan ZX	Plan ZY	Solapa sup.	Solapa inf.
β	1.00	1.00	1.00	1.00
L _K	1.225	1.225	1.225	1.225
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 por momento crítico

Valores máximos de la relación longitud-espesor (ABNT NBR 14762:2010 Artículo 9.1.2 Tabla 4)

Elemento: Alma

En elementos comprimidos con ambos bordes vinculados a elementos AA, la relación ancho-espesor no debe exceder 500.

$$(b/t) \leq 500$$

$$(b/t) : \underline{107} \quad \checkmark$$

Siendo:

b: Longitud del elemento.**b**: 85.80 mm**t**: El grosor.**t**: 0.80 mm

Elemento: Mesa

En elementos comprimidos AA, que tienen un borde unido a la red o mesa y el otro al refuerzo de un solo borde, la relación ancho-espesor no debe exceder 60.

$$(b/t) \leq 60$$

$$(b/t) : \underline{47} \quad \checkmark$$

Siendo:

b: Longitud del elemento.**b**: 37.80 mm**t**: El grosor.**t**: 0.80 mm

Informes

Fecha: Sep./2021

Limitación de la delgadez (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7.4)

El índice de esbeltez λ de las barras comprimidas no debe exceder el valor 200.

$$\lambda = KL/r < 200$$

$$\lambda_{xx} : \underline{34.2} \quad \checkmark$$

$$\lambda_{yy} : \underline{78.7} \quad \checkmark$$

Dónde:

$K_x L_x$: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.

$$K_x L_x : \underline{1.225} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.

$$K_y L_y : \underline{1.225} \text{ m}$$

r_x : Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal X.

$$r_x : \underline{3.58} \text{ cm}$$

r_y : Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal Y.

$$r_y : \underline{1.56} \text{ cm}$$

Resistencia a la tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.6)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.160} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de cálculo desfavorable solicitante ocurre en el nodo N300, por la combinación de acciones PP+0.75·SCU1+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Esfuerzo de tracción axial que solicita el cálculo, desfavorable.

$$N_{t,Sd} : \underline{12.15} \text{ kN}$$

La fuerza normal de tracción resistente de cálculo $N_{t,Rd}$ debe ser tomado como:

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma$$

$$N_{t,Rd} : \underline{75.88} \text{ kN}$$

Dónde:

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

$$A : \underline{1.52} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistencia a la compresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7)

Debe satisfacer:



Informes

Fecha: Sep./2021

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.779} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de cálculo desfavorable solicitante ocurre en el nodo N187, por la combinación de acciones 1.25·PP+1.4·V2.

N_{c,Sd}: Fuerza normal de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{c,Sd} : \underline{13.23} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a la compresión **N_{c,Rd}** viene dado por el menor de los valores obtenidos de acuerdo con los siguientes ítems:

$$N_{c,Rd} : \underline{17.00} \text{ kN}$$

a) Inicio efectivo de rotura de sección y pandeo global (9.7.2)

$$N_{c,Rd} = \chi A_{ef} f_y / \gamma$$

$$N_{c,Rd} : \underline{17.00} \text{ kN}$$

Dónde:

A_{ef}: Área efectiva de la sección transversal de la barra.

$$A_{ef} : \underline{1.14} \text{ cm}^2$$

χ: Factor de reducción asociado al pandeo, $\lambda_0 > 1,5 \rightarrow \chi = \frac{0.877}{\lambda_0^2}$

$$\chi_{yy} : \underline{0.49}$$

$$\chi_{xz} : \underline{0.32}$$

Siendo:

λ₀: Índice de esbeltez reducido para barras comprimidas.

$$\lambda_{0, yy} : \underline{1.31}$$

$$\lambda_{0, xz} : \underline{1.64}$$

$$\lambda_0 = \left[\frac{A f_y}{N_e} \right]^{0.5}$$

Siendo:

N_e: Fuerza de pandeo elástico normal de la barra, según 9.7.2.

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

$$A : \underline{1.52} \text{ cm}^2$$

f_y: Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.2}$$

La fuerza normal del pandeo elástico. **N_e** es el valor más bajo entre los obtenidos por a) y b):

$$N_e : \underline{30.86} \text{ kN}$$

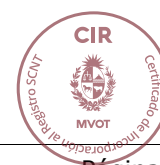
a) Fuerza de pandeo por flexión normal relativa al eje Y.

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

$$N_{ey} : \underline{48.37} \text{ kN}$$

b) Resistencia normal de Pandeo elástico por flexo-torsión.

$$N_{exz} = \frac{N_{ex} + N_{ez}}{2 \left[1 - (x_0/r_0)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 N_{ex} N_{ez} \left[1 - (x_0/r_0)^2 \right]}{(N_{ex} + N_{ez})^2}} \right]$$



Informes

Fecha: Sep./2021

N_{exz} : 30.86 kN

Dónde:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

N_{ex} : 256.44 kN

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + G I_t \right]$$

N_{ez} : 32.62 kN**I_x**: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje X.**I_x** : 19.50 cm⁴**I_y**: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje Y.**I_y** : 3.68 cm⁴**I_t**: Momento de inercia de torsión uniforme.**I_t** : 0.00 cm⁴**C_w**: Constante de alabeo de la sección.**C_w** : 63.03 cm⁶**E**: Módulo de elasticidad.**E** : 200000 MPa**G**: Módulo de elasticidad transversal.**G** : 76923 MPa**K_xL_x**: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.**K_xL_x** : 1.225 m**K_yL_y**: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.**K_yL_y** : 1.225 m**K_zL_z**: Longitud efectiva de pandeo por torsión.**K_zL_z** : 1.225 m**r₀**: Radio polar de rotación de la sección bruta en relación con el centro de torsión.

$$r_0 = \left[r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2 \right]^{0.5}$$

r₀ : 5.12 cm

Siendo:

r_x, r_y: Radio de rotación de la sección bruta en relación con el eje principal de inercia X e Y, respectivamente.**r_x** : 3.58 cm**r_y** : 1.56 cm**x₀, y₀**: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales X e Y, respectivamente, en relación con el centroide de la sección.**x₀** : -33.03 mm**y₀** : 0.00 mm

b) Pandeo por distorsión (9.7.3)

El pandeo por distorsión no se tiene en cuenta, ya que la relación D/b_w es mayor que el valor mínimo que le permite omitir el cheque $((D/b_w)_{\min})$.

Dónde:

D/b_w: Relación entre endurecimiento y alma.**D/b_w** : 0.13

(D/b_w)_{min}: Valor mínimo para poder ignorar la comprobación de Pandeo por distorsión, debido a las siguientes relaciones geométricas (tabla 11):

(D/b_w)_{min} : 0.05**b_f/b_w**: Relación entre mesa y alma.**b_f/b_w** : 0.46**b_w/t**: Relación entre alma y espesor.**b_w/t** : 111.25

Siendo:

b_w: Ancho del alma.**b_w** : 89.00 mm**b_f**: Ancho de solapa.**b_f** : 41.00 mm**D**: Longitud del refuerzo de la mesa.**D** : 12.00 mm**t**: El grosor.**t** : 0.80 mm
Resistencia a la flexión del eje X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

Informes

Fecha: Sep./2021

No se realizará la comprobación porque no hay momento flector.

Resistencia a la flexión del eje Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

No se realizará la comprobación porque no hay momento flector.

Resistencia al esfuerzo cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{w,Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable V_{Sd} se obtiene por la combinación de hipótesis PP+1.4·V2.

$$V_{Sd} : \underline{0.10} \text{ kN}$$

La sección está formada por dos almas iguales. Para cada uno de ellos, el esfuerzo de cálculo es $V_{Sd} = 0.5 V_{Sd}$.

$$V_{Sd} : \underline{0.05} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma V_{Rd} debe ser calculado por:

$$^{(3)}V_{Rd} : \underline{2.67} \text{ kN}$$

para $^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_yht/\gamma$

$$1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{22.56}$$

para $^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5}/\gamma$

$$h/t : \underline{47.25}$$

para $^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3/h]/\gamma$

$$1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{29.25}$$

Dónde:

t: Espesor del alma.

$$t : \underline{0.80} \text{ mm}$$

h: Ancho del alma.

$$h : \underline{37.80} \text{ mm}$$

f_y: Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

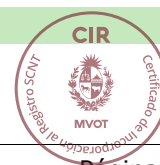
K_v: Coeficiente de pandeo local por cortante que, para una tabla, viene dado por

$$K_v : \underline{1.20}$$

$$k_v = 1.20$$

Resistencia al esfuerzo cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:



Informes

Fecha: Sep./2021

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable V_{Sd} se obtiene por la combinación de hipótesis 1.25·PP+1.4·V3.

$$V_{Sd} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma V_{Rd} debe ser calculado por:

$$^{(3)}V_{Rd} : \underline{4.91} \text{ kN}$$

para $^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_yht/\gamma$

$$1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{46.05}$$

para $^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5}/\gamma$

$$h/t : \underline{107.25}$$

para $^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3/h]/\gamma$

$$1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{59.70}$$

Dónde:

t: Espesor del alma.

$$t : \underline{0.80} \text{ mm}$$

h: Ancho del alma.

$$h : \underline{85.80} \text{ mm}$$

f_y: Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

K_v: Coeficiente de Pandeo local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:

$$K_v : \underline{5.00}$$

$$k_v = 5.00$$

Resistencia al momento flector X y esfuerzo de corte Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

No hay interacción entre el momento flector y el esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia al momento flector Y y esfuerzo de corte X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

No hay interacción entre el momento flector y el esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia a la flexocompresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

No hay interacción entre la fuerza de compresión axial y el momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.



Informes

Fecha: Sep./2021

Resistencia a la flexo-tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

No hay interacción entre el esfuerzo de tracción axial y el momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia a la torsión (Criterios Cype Ingenieros)

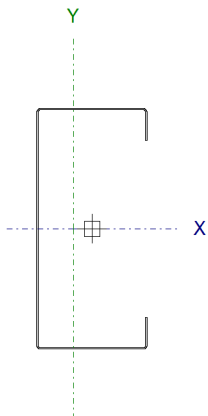
La verificación no es necesaria ya que no hay momento de torsión.

Informes

Fecha: Sep./2021

Barra N198/N307

Perfil: 89S41 0,8**Material: Acero (CF-55 (a frio))**



<div> <div></div> <div></div> </div>	Nodos		Largo (m)	Características mecánicas					
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	x _g ⁽³⁾ (mm)	y _g ⁽³⁾ (mm)
	N198	N307	1.225	1.52	19.50	3.68	0.00	-6.89	0.00
Notas: (1) Inercia con respecto al eje indicado (2) Momento de inercia de torsión uniforme (3) Coordenadas do centro de gravidade									
	Pandeo		Pandeo lateral						
	Plan ZX		Plan ZY	Solapa sup.		Solapa inf.			
	β	1.00	1.00	1.00		1.00			
	L _K	1.225	1.225	1.225		1.225			
	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 por momento crítico									

Valores máximos de la relación longitud-espesor (ABNT NBR 14762:2010 Artículo 9.1.2 Tabla 4)

Elemento: Alma

En elementos comprimidos con ambos bordes vinculados a elementos AA, la relación ancho-espesor no debe exceder 500.

$$(b/t) \leq 500$$

$$(b/t) : \underline{107} \quad \checkmark$$

Siendo:

b: Longitud del elemento.**b :** 85.80 mm**t:** El grosor.**t :** 0.80 mm

Elemento: Mesa

En elementos comprimidos AA, que tienen un borde unido a la red o mesa y el otro al refuerzo de un solo borde, la relación ancho-espesor no debe exceder 60.

$$(b/t) \leq 60$$

$$(b/t) : \underline{47} \quad \checkmark$$

Siendo:

b: Longitud del elemento.**b :** 37.80 mm**t:** El grosor.**t :** 0.80 mm

Informes

Fecha: Sep./2021

Limitación de la delgadez (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7.4)

El índice de esbeltez λ de las barras comprimidas no debe exceder el valor 200.

$$\lambda = KL/r < 200$$

$$\lambda_{xx} : \underline{34.2} \quad \checkmark$$

$$\lambda_{yy} : \underline{78.7} \quad \checkmark$$

Dónde:

$K_x L_x$: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.

$$K_x L_x : \underline{1.225} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.

$$K_y L_y : \underline{1.225} \text{ m}$$

r_x : Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal X.

$$r_x : \underline{3.58} \text{ cm}$$

r_y : Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal Y.

$$r_y : \underline{1.56} \text{ cm}$$

Resistencia a la tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.6)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.156} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de cálculo desfavorable solicitante ocurre en el nodo N307, por la combinación de acciones PP+0.75·SCU1+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Esfuerzo de tracción axial que solicita el cálculo, desfavorable.

$$N_{t,Sd} : \underline{11.83} \text{ kN}$$

La fuerza normal de tracción resistente de cálculo $N_{t,Rd}$ debe ser tomado como:

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma$$

$$N_{t,Rd} : \underline{75.88} \text{ kN}$$

Dónde:

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

$$A : \underline{1.52} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

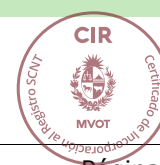
γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistencia a la compresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$



Informes

Fecha: Sep./2021

 η : **0.770** ✓

El esfuerzo de cálculo desfavorable solicitante ocurre en el nodo N198, por la combinación de acciones 1.25·PP+1.4·V2.

N_{c,Sd}: Fuerza normal de compresión solicitante de cálculo.

N_{c,Sd} : 13.08 kN

La resistencia de cálculo a la compresión **N_{c,Rd}** viene dado por el menor de los valores obtenidos de acuerdo con los siguientes ítems:

N_{c,Rd} : 17.00 kN

a) Inicio efectivo de rotura de sección y pandeo global (9.7.2)

$$N_{c,Rd} = \chi A_{ef} f_y / \gamma$$

N_{c,Rd} : 17.00 kN

Dónde:

A_{ef}: Área efectiva de la sección transversal de la barra.

A_{ef} : 1.14 cm²

χ : Factor de reducción asociado al pandeo, $\lambda_0 > 1,5 \rightarrow \chi = \frac{0.877}{\lambda_0^2}$

 χ_{yy} : 0.49 χ_{xz} : 0.32

Siendo:

λ_0 : Índice de esbeltez reducido para barras comprimidas.

 $\lambda_{0, yy}$: 1.31 $\lambda_{0, xz}$: 1.64

$$\lambda_0 = \left[\frac{A f_y}{N_e} \right]^{0.5}$$

Siendo:

N_e: Fuerza de pandeo elástico normal de la barra, según 9.7.2.

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

A : 1.52 cm²

f_y: Tensión de fluencia.

f_y : 550.00 MPa

γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

 γ : 1.2

La fuerza normal del pandeo elástico. **N_e** es el valor más bajo entre los obtenidos por a) y b):

N_e : 30.86 kN

a) Fuerza de pandeo por flexión normal relativa al eje Y.

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

N_{ey} : 48.37 kN

b) Resistencia normal de Pandeo elástico por flexo-torsión.



$$N_{exz} = \frac{N_{ex} + N_{ez}}{2 \left[1 - (x_0/r_0)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 N_{ex} N_{ez} \left[1 - (x_0/r_0)^2 \right]}{(N_{ex} + N_{ez})^2}} \right]$$

N_{exz} : 30.86 kN

Dónde:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} : \underline{256.44} \text{ kN}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + G I_t \right]$$

$$N_{ez} : \underline{32.62} \text{ kN}$$

I_x: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje X.

$$I_x : \underline{19.50} \text{ cm}^4$$

I_y: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{3.68} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia de torsión uniforme.

$$I_t : \underline{0.00} \text{ cm}^4$$

C_w: Constante de alabeo de la sección.

$$C_w : \underline{63.03} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{76923} \text{ MPa}$$

K_xL_x: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.

$$K_x L_x : \underline{1.225} \text{ m}$$

K_yL_y: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.

$$K_y L_y : \underline{1.225} \text{ m}$$

K_zL_z: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$K_z L_z : \underline{1.225} \text{ m}$$

r₀: Radio polar de rotación de la sección bruta en relación con el centro de torsión.

$$r_0 = \left[r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2 \right]^{0.5}$$

$$r_0 : \underline{5.12} \text{ cm}$$

Siendo:

r_x, r_y: Radio de rotación de la sección bruta en relación con el eje principal de inercia X e Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{3.58} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{1.56} \text{ cm}$$

x₀, y₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales X e Y, respectivamente, en relación con el centroide de la sección.

$$x_0 : \underline{-33.03} \text{ mm}$$

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

b) Pandeo por distorsión (9.7.3)

El pandeo por distorsión no se tiene en cuenta, ya que la relación D/b_w es mayor que el valor mínimo que le permite omitir el cheque $((D/b_w)_{\min})$.

Dónde:

D/b_w: Relación entre endurecimiento y alma.

$$D/b_w : \underline{0.13}$$

(D/b_w)_{min}: Valor mínimo para poder ignorar la comprobación de Pandeo por distorsión, debido a las siguientes relaciones geométricas (tabla 11):

$$(D/b_w)_{\min} : \underline{0.05}$$

b_f/b_w: Relación entre mesa y alma.

$$b_f/b_w : \underline{0.46}$$

b_w/t: Relación entre alma y espesor.

$$b_w/t : \underline{111.25}$$

Siendo:

b_w: Ancho del alma.

$$b_w : \underline{89.00} \text{ mm}$$

b_f: Ancho de solapa.

$$b_f : \underline{41.00} \text{ mm}$$

D: Longitud del refuerzo de la mesa.

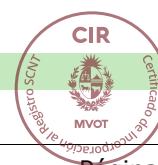
$$D : \underline{12.00} \text{ mm}$$

t: El grosor.

$$t : \underline{0.80} \text{ mm}$$

Resistencia a la flexión del eje X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

No se realizará la comprobación porque no hay momento flector.



Informes

Fecha: Sep./2021

Resistencia a la flexión del eje Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

No se realizará la comprobación porque no hay momento flector.

Resistencia al esfuerzo cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{w,Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.019} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable V_{Sd} se obtiene por la combinación de hipótesis PP+1.4·V2.

$$V_{Sd} : \underline{0.10} \text{ kN}$$

La sección está formada por dos almas iguales. Para cada uno de ellos, el esfuerzo de cálculo es $V_{Sd} = 0.5 V_{Sd}$.

$$V_{Sd} : \underline{0.05} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma V_{Rd} debe ser calculado por:

$$^{(3)}V_{Rd} : \underline{2.67} \text{ kN}$$

$$\text{para } ^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_yht/\gamma$$

$$1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{22.56}$$

$$\text{para } ^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5}/\gamma$$

$$h/t : \underline{47.25}$$

$$\text{para } ^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3/h]/\gamma$$

$$1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{29.25}$$

Dónde:

t: Espesor del alma.

$$t : \underline{0.80} \text{ mm}$$

h: Ancho del alma.

$$h : \underline{37.80} \text{ mm}$$

f_y: Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

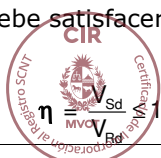
K_v: Coeficiente de pandeo local por cortante que, para una tabla, viene dado por

$$K_v : \underline{1.20}$$

$$k_v = 1.20$$

Resistencia al esfuerzo cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:



Informes

Fecha: Sep./2021

 η : **0.004** ✓

El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable V_{sd} se obtiene por la combinación de hipótesis PP+1.4·V1.

 V_{sd} : 0.02 kN

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma V_{Rd} debe ser calculado por:

 $^{(3)}V_{Rd}$: 4.91 kN

para $^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_yht/\gamma$

 $1.08(Ek_v/f_y)^{0.5}$: 46.05

para $^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5}/\gamma$

 h/t : 107.25

para $^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3/h]/\gamma$

 $1.4(Ek_v/f_y)^{0.5}$: 59.70

Dónde:

t: Espesor del alma.

t : 0.80 mm

h: Ancho del alma.

h : 85.80 mm

f_y: Tensión de fluencia.

f_y : 550.00 MPa

E: Módulo de elasticidad.

E : 200000 MPa

γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

 γ : 1.1

K_v: Coeficiente de Pandeo local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:

K_v : 5.00

$k_v = 5.00$

Resistencia al momento flector X y esfuerzo de corte Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

No hay interacción entre el momento flector y el esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia al momento flector Y y esfuerzo de corte X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

No hay interacción entre el momento flector y el esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia a la flexocompresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

No hay interacción entre la fuerza de compresión axial y el momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.





Informes

Resistencia a la flexo-tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

No hay interacción entre el esfuerzo de tracción axial y el momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia a la torsión (Criterios Cype Ingenieros)

La verificación no es necesaria ya que no hay momento de torsión.



Informes

Fecha: Sep./2021

Barra N193/N303

Perfil: 89S41 0,8**Material: Acero (CF-55 (a frio))**

Nodos		Largo (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	x _g ⁽³⁾ (mm)	y _g ⁽³⁾ (mm)
N193	N303	1.225	1.52	19.50	3.68	0.00	-6.89	0.00

Notas:

(1) Inercia con respecto al eje indicado

(2) Momento de inercia de torsión uniforme

(3) Coordenadas do centro de gravedad

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plan ZX	Plan ZY	Solapa sup.	Solapa inf.
β	1.00	1.00	1.00	1.00
L _K	1.225	1.225	1.225	1.225
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 por momento crítico

Valores máximos de la relación longitud-espesor (ABNT NBR 14762:2010 Artículo 9.1.2 Tabla 4)

Elemento: Alma

En elementos comprimidos con ambos bordes vinculados a elementos AA, la relación ancho-espesor no debe exceder 500.

$$(b/t) \leq 500$$

$$(b/t) : \underline{107} \quad \checkmark$$

Siendo:

b: Longitud del elemento.**b**: 85.80 mm**t**: El grosor.**t**: 0.80 mm

Elemento: Mesa

En elementos comprimidos AA, que tienen un borde unido a la red o mesa y el otro al refuerzo de un solo borde, la relación ancho-espesor no debe exceder 60.

$$(b/t) \leq 60$$

$$(b/t) : \underline{47} \quad \checkmark$$

Siendo:

b: Longitud del elemento.**b**: 37.80 mm**t**: El grosor.**t**: 0.80 mm

Informes

Fecha: Sep./2021

Limitación de la delgadez (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7.4)

El índice de esbeltez λ de las barras comprimidas no debe exceder el valor 200.

$$\lambda = KL/r < 200$$

$$\lambda_{xx} : \underline{34.2} \quad \checkmark$$

$$\lambda_{yy} : \underline{78.7} \quad \checkmark$$

Dónde:

$K_x L_x$: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.

$$K_x L_x : \underline{1.225} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.

$$K_y L_y : \underline{1.225} \text{ m}$$

r_x : Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal X.

$$r_x : \underline{3.58} \text{ cm}$$

r_y : Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal Y.

$$r_y : \underline{1.56} \text{ cm}$$

Resistencia a la tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.6)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.175} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de cálculo desfavorable solicitante ocurre en el nodo N303, por la combinación de acciones PP+1.4·V2.

$N_{t,Sd}$: Esfuerzo de tracción axial que solicita el cálculo, desfavorable.

$$N_{t,Sd} : \underline{13.28} \text{ kN}$$

La fuerza normal de tracción resistente de cálculo $N_{t,Rd}$ debe ser tomado como:

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma$$

$$N_{t,Rd} : \underline{75.88} \text{ kN}$$

Dónde:

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

$$A : \underline{1.52} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

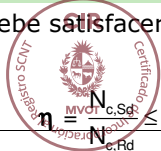
γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistencia a la compresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$



Informes

Fecha: Sep./2021

 η : **0.767** ✓

El esfuerzo de cálculo desfavorable solicitante ocurre en el nodo N193, por la combinación de acciones $1.25 \cdot PP + 0.75 \cdot SCU1 + 1.4 \cdot V1$.

$N_{c, sd}$: Fuerza normal de compresión solicitante de cálculo.

 $N_{c, sd}$: 13.04 kN

La resistencia de cálculo a la compresión $N_{c, Rd}$ viene dado por el menor de los valores obtenidos de acuerdo con los siguientes ítems:

 $N_{c, Rd}$: 17.00 kN

a) Inicio efectivo de rotura de sección y pandeo global (9.7.2)

$$N_{c, Rd} = \chi A_{ef} f_y / \gamma$$

 $N_{c, Rd}$: 17.00 kN

Dónde:

A_{ef} : Área efectiva de la sección transversal de la barra.

 A_{ef} : 1.14 cm²

χ : Factor de reducción asociado al pandeo, $\lambda_0 > 1.5 \rightarrow \chi = \frac{0.877}{\lambda_0^2}$

 χ_{yy} : 0.49 χ_{xz} : 0.32

Siendo:

λ_0 : Índice de esbeltez reducido para barras comprimidas.

 $\lambda_{0, yy}$: 1.31 $\lambda_{0, xz}$: 1.64

$$\lambda_0 = \left[\frac{A f_y}{N_e} \right]^{0.5}$$

Siendo:

N_e : Fuerza de pandeo elástico normal de la barra, según 9.7.2.

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

 A : 1.52 cm²

f_y : Tensión de fluencia.

 f_y : 550.00 MPa

γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

 γ : 1.2

La fuerza normal del pandeo elástico. N_e es el valor más bajo entre los obtenidos por a) y b):

 N_e : 30.86 kN

a) Fuerza de pandeo por flexión normal relativa al eje Y.

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

 N_{ey} : 48.37 kN

b) Resistencia normal de Pandeo elástico por flexo-torsión.

$$N_{exz} = \frac{N_{ex} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(x_0 / r_0 \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 N_{ex} N_{ez} \left[1 - \left(x_0 / r_0 \right)^2 \right]}{\left(N_{ex} + N_{ez} \right)^2}} \right]$$

 N_{exz} : 30.86 kN

Informes

Fecha: Sep./2021

Dónde:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} : 256.44 \text{ kN}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + G I_t \right]$$

$$N_{ez} : 32.62 \text{ kN}$$

I_x: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje X.

$$I_x : 19.50 \text{ cm}^4$$

I_y: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje Y.

$$I_y : 3.68 \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia de torsión uniforme.

$$I_t : 0.00 \text{ cm}^4$$

C_w: Constante de alabeo de la sección.

$$C_w : 63.03 \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : 200000 \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : 76923 \text{ MPa}$$

K_xL_x: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.

$$K_x L_x : 1.225 \text{ m}$$

K_yL_y: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.

$$K_y L_y : 1.225 \text{ m}$$

K_zL_z: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$K_z L_z : 1.225 \text{ m}$$

r₀: Radio polar de rotación de la sección bruta en relación con el centro de torsión.

$$r_0 = \left[r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2 \right]^{0.5}$$

$$r_0 : 5.12 \text{ cm}$$

Siendo:

r_x, r_y: Radio de rotación de la sección bruta en relación con el eje principal de inercia X e Y, respectivamente.

$$r_x : 3.58 \text{ cm}$$

$$r_y : 1.56 \text{ cm}$$

x₀, y₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales X e Y, respectivamente, en relación con el centroide de la sección.

$$x_0 : -33.03 \text{ mm}$$

$$y_0 : 0.00 \text{ mm}$$

b) Pandeo por distorsión (9.7.3)

El pandeo por distorsión no se tiene en cuenta, ya que la relación D/b_w es mayor que el valor mínimo que le permite omitir el cheque $((D/b_w)_{\min})$.

Dónde:

D/b_w: Relación entre endurecimiento y alma.

$$D/b_w : 0.13$$

(D/b_w)_{min}: Valor mínimo para poder ignorar la comprobación de Pandeo por distorsión, debido a las siguientes relaciones geométricas (tabla 11):

$$(D/b_w)_{\min} : 0.05$$

b_f/b_w: Relación entre mesa y alma.

$$b_f/b_w : 0.46$$

b_w/t: Relación entre alma y espesor.

$$b_w/t : 111.25$$

Siendo:

b_w: Ancho del alma.

$$b_w : 89.00 \text{ mm}$$

b_f: Ancho de solapa.

$$b_f : 41.00 \text{ mm}$$

D: Longitud del refuerzo de la mesa.

$$D : 12.00 \text{ mm}$$

t: El grosor.

$$t : 0.80 \text{ mm}$$



Resistencia a la flexión del eje X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

No se realizó la comprobación porque no hay momento flector.

Informes

Fecha: Sep./2021

Resistencia a la flexión del eje Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

No se realizará la comprobación porque no hay momento flector.

Resistencia al esfuerzo cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{w,Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable V_{Sd} se obtiene por la combinación de hipótesis PP+1.4·V2.

$$V_{Sd} : \underline{0.09} \text{ kN}$$

La sección está formada por dos almas iguales. Para cada uno de ellos, el esfuerzo de cálculo es $V_{Sd} = 0.5 V_{Sd}$.

$$V_{Sd} : \underline{0.04} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma V_{Rd} debe ser calculado por:

$$^{(3)}V_{Rd} : \underline{2.67} \text{ kN}$$

$$\text{para } ^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_y h t / \gamma$$

$$1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} : \underline{22.56}$$

$$\text{para } ^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5} / \gamma$$

$$h/t : \underline{47.25}$$

$$\text{para } ^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3 / h] / \gamma$$

$$1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} : \underline{29.25}$$

Dónde:

t: Espesor del alma.

$$t : \underline{0.80} \text{ mm}$$

h: Ancho del alma.

$$h : \underline{37.80} \text{ mm}$$

f_y: Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

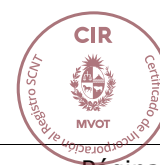
K_v: Coeficiente de pandeo local por cortante que, para una tabla, viene dado por

$$K_v : \underline{1.20}$$

$$k_v = 1.20$$

Resistencia al esfuerzo cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

No se realizará la comprobación porque no hay esfuerzo de corte.



Informes

Fecha: Sep./2021

Resistencia al momento flector X y esfuerzo de corte Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

No hay interacción entre el momento flector y el esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia al momento flector Y y esfuerzo de corte X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

No hay interacción entre el momento flector y el esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia a la flexocompresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

No hay interacción entre la fuerza de compresión axial y el momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia a la flexo-tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

No hay interacción entre el esfuerzo de tracción axial y el momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia a la torsión (Criterios Cype Ingenieros)

La verificación no es necesaria ya que no hay momento de torsión.

Informes

Fecha: Sep./2021

Barra N20/N42

Perfil: 89S41 0,8**Material: Acero (CF-55 (a frio))**

Nodos			Características mecánicas						
Inicial	Final	Largo (m)	Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	x _g ⁽³⁾ (mm)	y _g ⁽³⁾ (mm)	
N20	N42	1.225	1.52	19.50	3.68	0.00	-6.89	0.00	

Notas:

(1) Inercia con respecto al eje indicado

(2) Momento de inercia de torsión uniforme

(3) Coordenadas do centro de gravedad

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plan ZX	Plan ZY	Solapa sup.	Solapa inf.
β	1.00	1.00	1.00	1.00
L _K	1.225	1.225	1.225	1.225
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 por momento crítico

Valores máximos de la relación longitud-espesor (ABNT NBR 14762:2010 Artículo 9.1.2 Tabla 4)

Elemento: Alma

En elementos comprimidos con ambos bordes vinculados a elementos AA, la relación ancho-espesor no debe exceder 500.

$$(b/t) \leq 500$$

$$(b/t) : \underline{107} \quad \checkmark$$

Siendo:

b: Longitud del elemento.**b** : 85.80 mm**t**: El grosor.**t** : 0.80 mm

Elemento: Mesa

En elementos comprimidos AA, que tienen un borde unido a la red o mesa y el otro al refuerzo de un solo borde, la relación ancho-espesor no debe exceder 60.

$$(b/t) \leq 60$$

$$(b/t) : \underline{47} \quad \checkmark$$

Siendo:

b: Longitud del elemento.**b** : 37.80 mm**t**: El grosor.**t** : 0.80 mm

Informes

Fecha: Sep./2021

Limitación de la delgadez (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7.4)

El índice de esbeltez λ de las barras comprimidas no debe exceder el valor 200.

$$\lambda = KL/r < 200$$

$$\lambda_{xx} : \underline{34.2} \quad \checkmark$$

$$\lambda_{yy} : \underline{78.7} \quad \checkmark$$

Dónde:

$K_x L_x$: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.

$$K_x L_x : \underline{1.225} \text{ m}$$

$K_y L_y$: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.

$$K_y L_y : \underline{1.225} \text{ m}$$

r_x : Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal X.

$$r_x : \underline{3.58} \text{ cm}$$

r_y : Radio de rotación de la sección bruta alrededor del eje principal Y.

$$r_y : \underline{1.56} \text{ cm}$$

Resistencia a la tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.6)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.163} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de cálculo desfavorable solicitante ocurre en el nodo N42, por la combinación de acciones PP+1.4·V1.

$N_{t,Sd}$: Esfuerzo de tracción axial que solicita el cálculo, desfavorable.

$$N_{t,Sd} : \underline{12.38} \text{ kN}$$

La fuerza normal de tracción resistente de cálculo $N_{t,Rd}$ debe ser tomado como:

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma$$

$$N_{t,Rd} : \underline{75.88} \text{ kN}$$

Dónde:

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

$$A : \underline{1.52} \text{ cm}^2$$

f_y : Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

γ : Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

Resistencia a la compresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.7)

Debe satisfacer:



Informes

Fecha: Sep./2021

$$\eta = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.761} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de cálculo desfavorable solicitante ocurre en el nodo N20, por la combinación de acciones 1.25·PP+0.75·SCU1+1.4·V2.

N_{c,Sd}: Fuerza normal de compresión solicitante de cálculo.

$$\mathbf{N_{c,Sd}} : \underline{12.93} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a la compresión **N_{c,Rd}** viene dado por el menor de los valores obtenidos de acuerdo con los siguientes ítems:

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{17.00} \text{ kN}$$

a) Inicio efectivo de rotura de sección y pandeo global (9.7.2)

$$\mathbf{N_{c,Rd}} = \chi \mathbf{A_{ef}} f_y / \gamma$$

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{17.00} \text{ kN}$$

Dónde:

A_{ef}: Área efectiva de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A_{ef}} : \underline{1.14} \text{ cm}^2$$

χ: Factor de reducción asociado al pandeo, $\lambda_0 > 1,5 \rightarrow \chi = \frac{0.877}{\lambda_0^2}$

$$\chi_{yy} : \underline{0.49}$$

$$\chi_{xz} : \underline{0.32}$$

Siendo:

λ₀: Índice de esbeltez reducido para barras comprimidas.

$$\lambda_{0, yy} : \underline{1.31}$$

$$\lambda_{0, xz} : \underline{1.64}$$

$$\lambda_0 = \left[\frac{A f_y}{N_e} \right]^{0.5}$$

Siendo:

N_e: Fuerza de pandeo elástico normal de la barra, según 9.7.2.

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

$$\mathbf{A} : \underline{1.52} \text{ cm}^2$$

f_y: Tensión de fluencia.

$$\mathbf{f_y} : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.2}$$

La fuerza normal del pandeo elástico. **N_e** es el valor más bajo entre los obtenidos por a) y b):

$$\mathbf{N_e} : \underline{30.86} \text{ kN}$$

a) Fuerza de pandeo por flexión normal relativa al eje Y.

$$\mathbf{N_{ey}} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

$$\mathbf{N_{ey}} : \underline{48.37} \text{ kN}$$

b) Resistencia normal de Pandeo elástico por flexo-torsión.



$$N_{exz} = \frac{N_{ex} + N_{ez}}{2 \left[1 - (x_0/r_0)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4N_{ex}N_{ez} \left[1 - (x_0/r_0)^2 \right]}{(N_{ex} + N_{ez})^2}} \right]$$

$$N_{exz} : \underline{30.86} \text{ kN}$$

Dónde:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} : \underline{256.44} \text{ kN}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + G I_t \right]$$

$$N_{ez} : \underline{32.62} \text{ kN}$$

I_x: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje X.

$$I_x : \underline{19.50} \text{ cm}^4$$

I_y: Momento de inercia de la sección bruta con respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{3.68} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia de torsión uniforme.

$$I_t : \underline{0.00} \text{ cm}^4$$

C_w: Constante de alabeo de la sección.

$$C_w : \underline{63.03} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{76923} \text{ MPa}$$

K_xL_x: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje X.

$$K_x L_x : \underline{1.225} \text{ m}$$

K_yL_y: Longitud efectiva de pandeo por flexión con respecto al eje Y.

$$K_y L_y : \underline{1.225} \text{ m}$$

K_zL_z: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$K_z L_z : \underline{1.225} \text{ m}$$

r₀: Radio polar de rotación de la sección bruta en relación con el centro de torsión.

$$r_0 = \left[r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2 \right]^{0.5}$$

$$r_0 : \underline{5.12} \text{ cm}$$

Siendo:

r_x, r_y: Radio de rotación de la sección bruta en relación con el eje principal de inercia X e Y, respectivamente.

$$r_x : \underline{3.58} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{1.56} \text{ cm}$$

x₀, y₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales X e Y, respectivamente, en relación con el centroide de la sección.

$$x_0 : \underline{-33.03} \text{ mm}$$

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

b) Pandeo por distorsión (9.7.3)

El pandeo por distorsión no se tiene en cuenta, ya que la relación D/b_w es mayor que el valor mínimo que le permite omitir el cheque ((D/b_w)_{min}).

Dónde:

D/b_w: Relación entre endurecimiento y alma.

$$D/b_w : \underline{0.13}$$

(D/b_w)_{min}: Valor mínimo para poder ignorar la comprobación de Pandeo por distorsión, debido a las siguientes relaciones geométricas (tabla 11):

$$(D/b_w)_{min} : \underline{0.05}$$

b_f/b_w: Relación entre mesa y alma.

$$b_f/b_w : \underline{0.46}$$

b_w/t: Relación entre alma y espesor.

$$b_w/t : \underline{111.25}$$

Siendo:

b_w: Ancho del alma.

$$b_w : \underline{89.00} \text{ mm}$$

b_f: Ancho de solapa.

$$b_f : \underline{41.00} \text{ mm}$$

D: Longitud del refuerzo de la mesa.

$$D : \underline{12.00} \text{ mm}$$

t: El grosor.

$$t : \underline{0.80} \text{ mm}$$



Informes

Fecha: Sep./2021

Resistencia a la flexión del eje X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

No se realizará la comprobación porque no hay momento flector.

Resistencia a la flexión del eje Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.2)

No se realizará la comprobación porque no hay momento flector.

Resistencia al esfuerzo cortante X (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{w,Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable V_{Sd} se obtiene por la combinación de hipótesis 1.25·PP+1.4·V2.

$$V_{Sd} : \underline{0.04} \text{ kN}$$

La sección está formada por dos almas iguales. Para cada uno de ellos, el esfuerzo de cálculo es $V_{Sd} = 0.5 V_{Sd}$.

$$V_{Sd} : \underline{0.02} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma V_{Rd} debe ser calculado por:

$$^{(3)}V_{Rd} : \underline{2.67} \text{ kN}$$

$$\text{para } ^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_yht/\gamma$$

$$1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{22.56}$$

$$\text{para } ^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_vf_yE)^{0.5}/\gamma$$

$$h/t : \underline{47.25}$$

$$\text{para } ^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_vt^3/h]/\gamma$$

$$1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{29.25}$$

Dónde:

t: Espesor del alma.

$$t : \underline{0.80} \text{ mm}$$

h: Ancho del alma.

$$h : \underline{37.80} \text{ mm}$$

f_y: Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

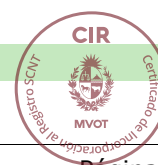
K_v: Coeficiente de pandeo local por cortante que, para una tabla, viene dado por

$$K_v : \underline{1.20}$$

$$k_v = 1.20$$

Resistencia al esfuerzo cortante Y (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.3)

Debe satisfacer:



Informes

Fecha: Sep./2021

$$\eta = \frac{V_{Sd}}{V_{Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.023} \quad \checkmark$$

El esfuerzo de corte solicitante de cálculo desfavorable V_{Sd} se obtiene por la combinación de hipótesis PP+1.4·V2.

$$V_{Sd} : \underline{0.12} \text{ kN}$$

La fuerza de corte resistente del cálculo de la alma V_{Rd} debe ser calculado por:

$$^{(3)}V_{Rd} : \underline{4.91} \text{ kN}$$

para $^{(1)}h/t \leq 1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.6f_yht/\gamma$

$$1.08(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{46.05}$$

para $^{(2)}1.08(Ek_v/f_y)^{0.5} < h/t \leq 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = 0.65t^2(k_v f_y E)^{0.5}/\gamma$

$$h/t : \underline{107.25}$$

para $^{(3)}h/t > 1.4(Ek_v/f_y)^{0.5} \rightarrow V_{Rd} = [0.905Ek_v t^3/h]/\gamma$

$$1.4(EK_v/f_y)^{0.5} : \underline{59.70}$$

Dónde:

t: Espesor del alma.

$$t : \underline{0.80} \text{ mm}$$

h: Ancho del alma.

$$h : \underline{85.80} \text{ mm}$$

f_y: Tensión de fluencia.

$$f_y : \underline{550.00} \text{ MPa}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{200000} \text{ MPa}$$

γ: Coeficiente de ponderación de resistencia.

$$\gamma : \underline{1.1}$$

K_v: Coeficiente de Pandeo local por cisalhamento, que para a alma sem enrijecedores transversais é dado por:

$$K_v : \underline{5.00}$$

$$k_v = 5.00$$

Resistencia al momento flector X y esfuerzo de corte Y combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

No hay interacción entre el momento flector y el esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia al momento flector Y y esfuerzo de corte X combinados (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.8.4)

No hay interacción entre el momento flector y el esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia a la flexocompresión (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

No hay interacción entre la fuerza de compresión axial y el momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.



Informes

Fecha: Sep./2021

Resistencia a la flexo-tracción (ABNT NBR 14762:2010, Artículo 9.9)

No hay interacción entre el esfuerzo de tracción axial y el momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, no se realizará la verificación.

Resistencia a la torsión (Criterios Cype Ingenieros)

La verificación no es necesaria ya que no hay momento de torsión.

ENSAYOS DE RESISTENCIA

1. Informe Técnico TESIS 1293/RT006

NORMA ABNT NBR 15575-1 / 15575-2 / 15575-3 / 2013

Ensayos en sitio del sistema de Entrepiso conformado por Perfil + Placa OSB, Ensayos de Impacto Cuerpo Duro, Cuerpo Blando, Resistencia a carga vertical concentrada y estanqueidad de pisos en áreas mojadas y mojables - Jul/2015

2. Informe Técnico TESIS 1293/RT006

NORMA ABNT NBR 15575-1:2013 / 15575-2:2013 / 15575-3:2013

Ensayos en sitio del sistema de Entrepiso conformado por Perfil + Placa OSB + Contrapiso, Ensayos de Impacto Cuerpo Duro, Cuerpo Blando, Resistencia a carga vertical concentrada y estanqueidad de pisos en áreas mojadas y mojables - Jun/2015

3. Informe Técnico TESIS 1293/RT017

NORMA ABNT NBR 15575-4:2013 / ABNT NBR 11675:1990

Determinación de Resistencia a Impactos de Cuerpo Blando en la Placa Cementicia - Ago/2015

4. Informe Técnico TESIS 1293/RT019

NORMA ABNT NBR 14718:2008 / ABNT NBR 15575-4:2013

Determinación de la resistencia a cargas de ocupación Incidentes en pretilas de ventanas de Placas Cementicias - Set/2015

5. Informe Técnico TESIS 1293/RT020

NORMA ABNT NBR 15575-4:2013 / ABNT NBR 11675: 1990

Determinación de la Resistencia a Impacto de Cuerpo Duro en Placa Cementicia - Set/2015

6. Informe Técnico TESIS 1293/RT021

NORMA ABNT NBR 15575-4:2013 / ABNT NBR 15930-2:2011 / ABNT NBR 11675:1990

Evaluación de solicitudes transmitidas de puertas a paredes en Placa Cementicia - Set/2015

7. Informe Técnico TESIS 1293/RT033 -

NORMA ABNT NBR 6123:1988 y Errata 1:1990 / ABNT NBR 15575-4:2013

Evaluación del comportamiento sobre acción de cargas horizontales distribuidas en la Placa Cementicia - Dic/2015

8. Informe Técnico IPT Nº 116 851-205 -

NORMA ABNT NBR 15575-3: 2013

Ensayo de compresión excéntrica de tabique de Placa OSB + Placa DryWall - Abr/2010

9. Informe Técnico IPT Nº 1 001 974-203

NORMA ABNT NBR 15575-4:2008

Determinación de resistencia de sistemas de cerramientos verticales a las solicitudes de piezas suspendidas - Oct/2009



REPORTE DE ENSAYO Nº 1 001 974-203

CLIENTE: LP BRASIL OSB INDUSTRIA Y COMERCIO SA.84045-6310 - Ponta Grossa, PR

ITEM: Pared con estructura metálica y cara externa en placas de OSB con cara externa acabada y cara interna en placa de yeso acartonado.

NATURALEZA DEL TRABAJO: Determinación de resistencia de sistemas de cerramientos verticales a las solicitaciones de piezas suspendidas.

REFERENCIA: Propuesta CETAC-LCSC 229.710/09.
CETAC 4278 (Item 6124).

1 ITEM

1.1 Elemento declarado por el cliente: Pared Tipo 1

1.2 Descripción del ítem: Pared de edificación, con dimensiones aproximadas de 1200mm X 2750mm X 115mm, constituida por: estructura interna en perfiles de acero galvanizado (guías y montantes) con aproximadamente 90mm de ancho y 0,80mm de espesor y en la cara externa placas de OSB con cara externa acabada (Smartside Panel, elección del cliente), con dimensiones aproximadas de 1235mm X 2445mm X 11mm y en la cara interna placas de yeso acartonado de dimensiones aproximadas de 1200mm X 2400mm X 12,5mm.

1.3 Descripción del montaje: ver bosquejo en el anexo A.

La pared fue montada por el cliente, apoyada en piso y en la parte superior fijada por medio de tubos de acero a la viga del laboratorio.

Los montantes en perfiles metálicos, fueron fijados a las guías con tornillos (ST 4,2 X 13mm), dejando un espacio aproximado de 600mm.

En la cara externa da la estructura, a aproximadamente 2,44m de altura, fue atornillada con un tornillo (ST 4,2 X 13mm) cada 600mm aproximadamente una guía a lo largo de la estructura para fijación de la chapa de OSB. También en la cara externa fue instalada una barrera resistente al agua.



Ensayo Nº 1 001 974-203

Laboratorio de Componentes y Sistemas Constructivos/ CETAC

Laboratorio de Ensayo Acreditado por la Cgcre/Inmetro de acuerdo con la NBR ISO/IEC 17025 número CRL 0111

Las placas de OSB fueron dispuestas en una capa en la cara externa de la estructura metálica y fijada con tornillos (ST 4,2 X 32)mm cada 150mm aproximadamente por todo el perímetro da la placa y cada 300mm en el medio de la placa.

En la sobre posición de las juntas verticales de la placa de OSB fue aplicado sellante acrílico y en la junta horizontal, con espacio aproximado de 5mm, fue aplicado un fondo de junta con espuma de polietileno de 6mm de diámetro y sellante acrílico.

Las placas de yeso fueron dispuestas en una capa en sentido horizontal en la cara interna de la estructura metálica y fueron fijadas a la estructura metálica con tornillos (ST 3,5 X 35mm) dejando una distancia aproximada de 300mm entre los tornillos.

En las juntas entre las placas de yeso, fue adoptado el siguiente procedimiento:

- aplicación de masilla pronta para juntas;
- colocación de cinta de papel;
- aplicación de una nueva capa de masilla para tratamiento de juntas;
- aplicación de masilla pronta sobre la cabeza de los tornillos;
- después de 24horas se aplica una nueva capa de masilla pronta para la terminación de las juntas.

Desp
esma

Los e
client

tinta

el



www.ipt.br

Ensayo Nº 1 001 974-203

Laboratorio de Componentes y Sistemas Constructivos/ CETAC

Laboratorio de Ensayo Acreditado por la Cgcre/Inmetro de acuerdo con la NBR ISO/IEC 17025 número CRL 0111

2 METODO UTILIZADO

El ensayo fué realizado según el método de evaluación previsto en el anexo A (normativa) - "Determinación de resistencia de los sistemas vedaciones verticales internas y externas a solicitud de piezas suspendidas - Método de ensayo" de la norma ABNT NBR 15575-4:2008- Edificios residenciales de hasta cinco pisos. Desempeño. Parte4: Sistemas de vedaciones verticales externas e internas (CETAC-LCSC-013).

Equipamientos utilizados:

- Mano francesa CETAC/LCS

- Anillo dinamométrico ANE-06

Certificado de calibración IPT Nº 88 612-101 Calibración válida hasta el 06.08.2010. CETAC / LCSC

- Reloj REL-18

Certificado de calibración IPT Nº 95 746-101, calibración válida hasta el 06.07.2011. CETAC /LCSC

- Reloj REL-20

Certificado de calibración Mitutoyo Nº 5044/09, calibración válida hasta el 18.05.2011. CETAC /LCSC

— Reloj REL-22.

Certificado de calibración IPT Nº 93 663-101, calibración válida hasta el 31.03. 2011. CETAC /LCSC



Ensayo Nº 1 001 974-203

Laboratorio de Componentes y Sistemas Constructivos/ CETAC

Laboratorio de Ensayo Acreditado por la Cgcre/Inmetro de acuerdo con la NBR ISO/IEC 17025 número CRL 0111

3 RESULTADOS

Los resultados obtenidos son presentados en la tabla 4.1

Tabla 4.1- Resultado del ensayo de piezas suspendidas con fijación HILTI ® TOGGLE BOLT ¼-20 instalado por el cliente

Ensayo realizado el 23.09.2009



Reporte de Ensayo N° 1 001 974-203

Laboratorio de Ensayo Acreditado por la Cgcre/Inmetro de acuerdo con la NBR ISO/IEC 17025 número CRL 0111

7 Seguridad estructural

7.3 Requisito- solicitudes de cargas provenientes de piezas suspendidas actuantes en los sistemas de vedaciones externas e internas.

Resistir a las solicitudes originadas por la fijación de piezas suspendidas (armarios, estantes, lavabos, hidrantes, cuadros y otros)

7.3.1 Criterio – Capacidad de soporte para las piezas suspendidas.

Los SVVIE del edificio habitacional con o sin función estructural, sobre acción de cargas aplicadas excéntricamente en relación a la cara de vedación, o sobre la acción de cargas aplicadas contra la superficie del elemento pared de vedación, no deben presentar fisuras, desplazamientos horizontales instantáneos (dh) o desplazamientos horizontales residuales (dhr) ¹, rajaduras o rupturas, ni permitir la extracción de los dispositivos de fijación ni su rotura.

La Tabla 2 indica los valores y los criterios de desempeño en función de la carga de ensayo para dispositivos de fijación padronizados del tipo mano francesa.

La tabla 3 indica los valores y los criterios de desempeño en función de las cargas especiales fijadas según especificaciones del fabricante o el proveedor.

Tabla 2 – Cargas de ensayo y criterios para piezas suspendidas fijadas por mano francesa padrón.

carga de uso aplicada en cada punto	carga de ensayo aplicada en cada pieza	criterios de desempeño
0,2 kN	0,4 kN	ocurrencia de fisuras tolerables
		limitacion de movimientos horizontales
		ci < h/500
		chr < h/2500
Donde:	h es la altura del elemento pared	
	dh es la caída horizontal	
	dhr es la caída residual	

Tabla 3- Cargas de ensayo y criterios para piezas suspendidas según especificaciones del fabricante o del proveedor

cargas especiales previstas conforme informaciones del proveedor	no ocurrieron fisuras	
	no ocurrió separación de los dispositivos de fijación	
	limitación de los movimientos horizontales	
	dh < h/500 dhr < h/2500	
carga de 2kN, con ángulo de 60° en relación a la cara de vedación vertical	no ocurrieron fisuras, desprendimientos o rupturas del sistema de fijación	
	coeficiente de seguridad a ruptura mínimo igual dos, para ensayos de corta duración	
¹ -La carga de ruptura debe ser tres veces mayor que la carga de uso		
² -Ejemplo: red de dormir (hamaca)		

¹ No caso em questão, $h = 2730 \Rightarrow h/500 = 5,5\text{mm}$; $h/2500 = 1,1\text{mm}$.

Ensayo N°1 001 911-203

Laboratorio de Componentes y Sistemas Constructivos/ CETAC

Laboratorio de Ensayo Acreditado por la Cgcre/inmetro de acuerdo con a NBR ISO/IEC 17025 número CRL 0111

Anexos

Anexo A — Croquis de la pared provisto por el cliente.....3 páginas

Anexo B — Fotos.....2 páginas

Sao Paulo, 15 de Octubre del 2009.

Laboratorio de Componentes y Sistemas Constructivos/ CETAC

Equipo técnico:

Gerente del proyecto: Claudio Vicente Mitidieri hijo, Ingeniero Civil, Doctor

Adilson Darico, Técnico

Cristina Kanaciro, Tecnóloga Civil

Fernando Cordeiro dos Santos, Técnico

Oscar Yoshikasu Martins Nichida, Técnico

Apoyo Administrativo: Vera Lúcia Assaiante de Souza, Secretaria

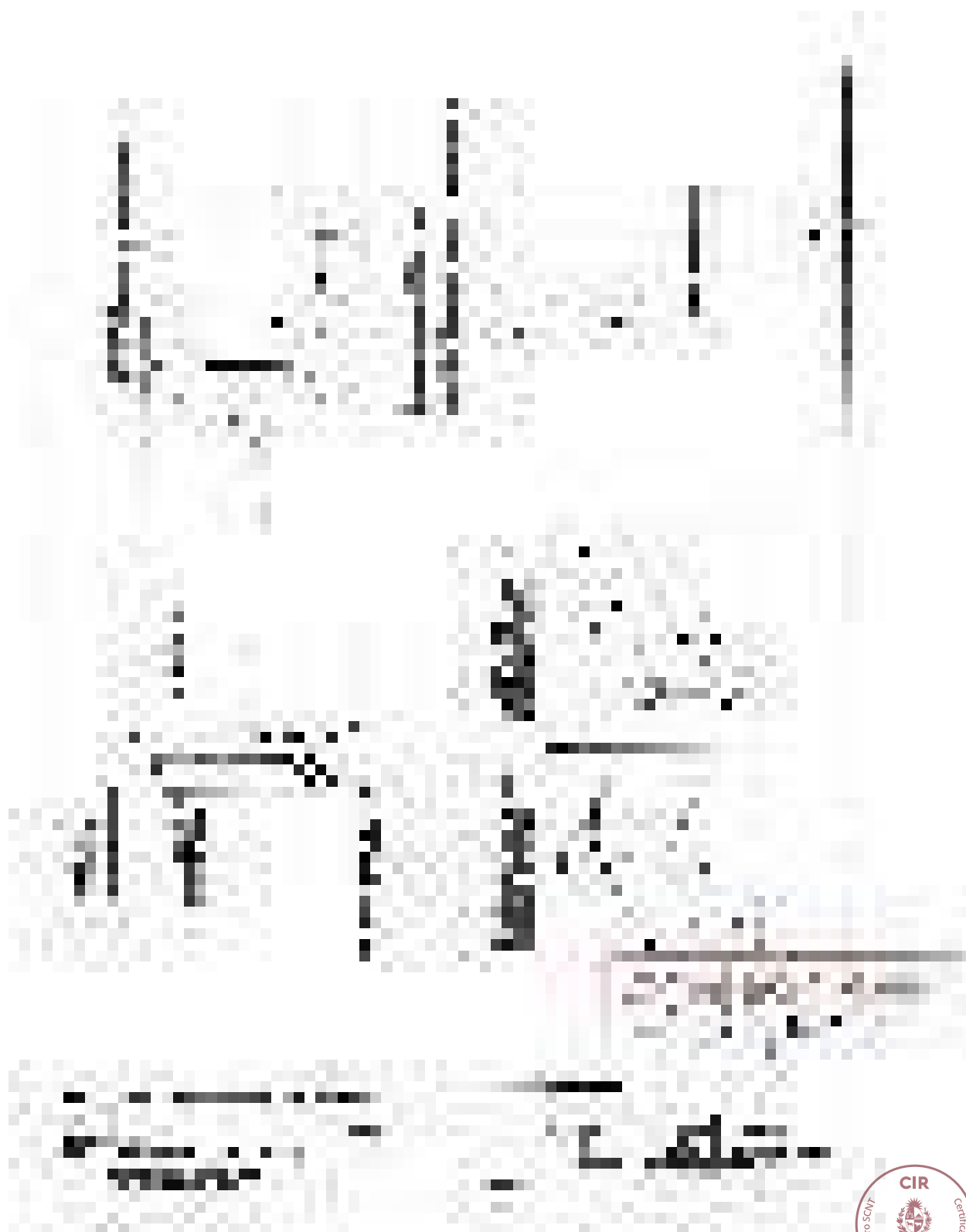


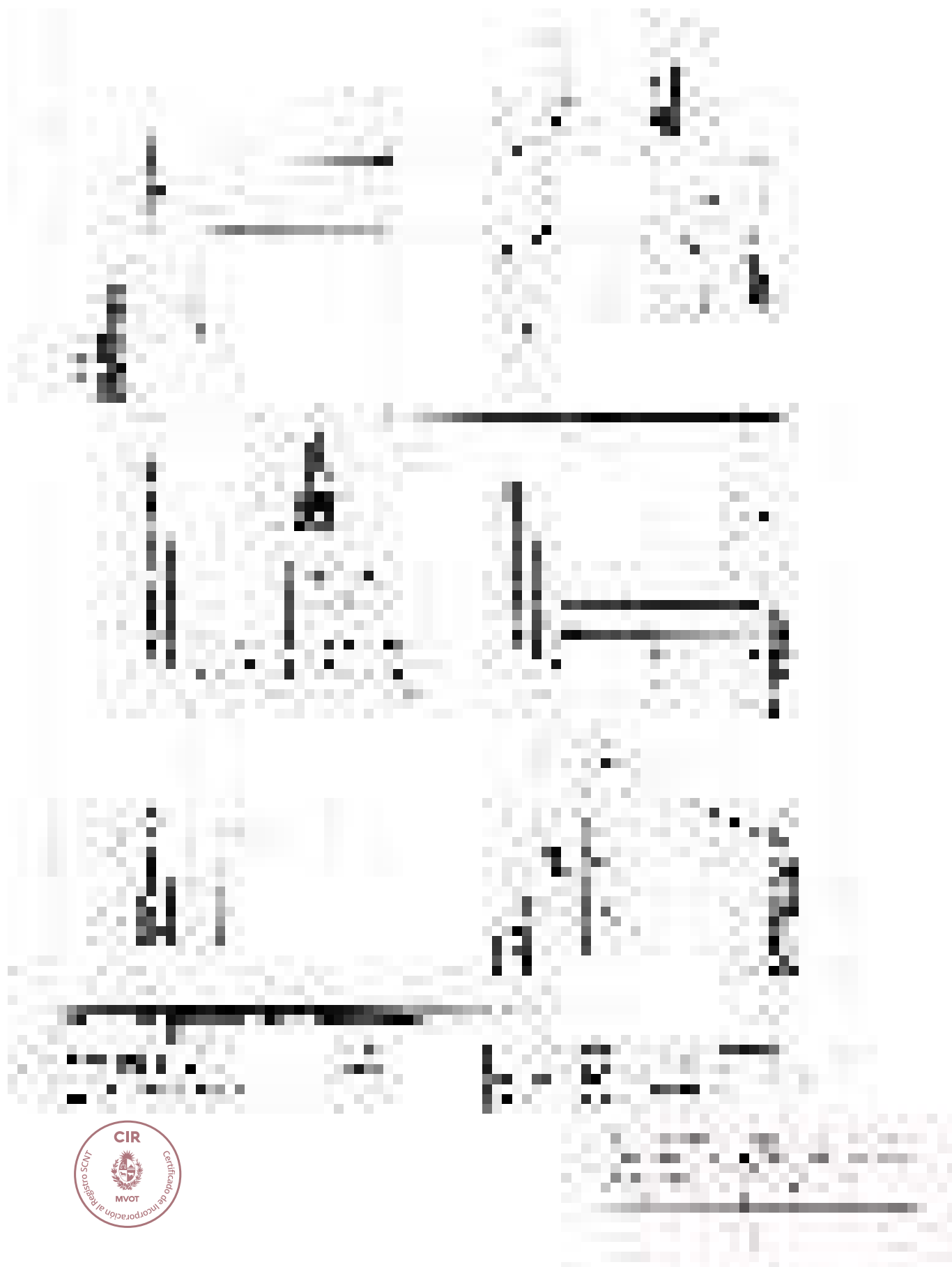
Anexo A

Croquis de la pared provisto por el cliente

Este Anexo contiene tres páginas incluyendo la hoja del frente.



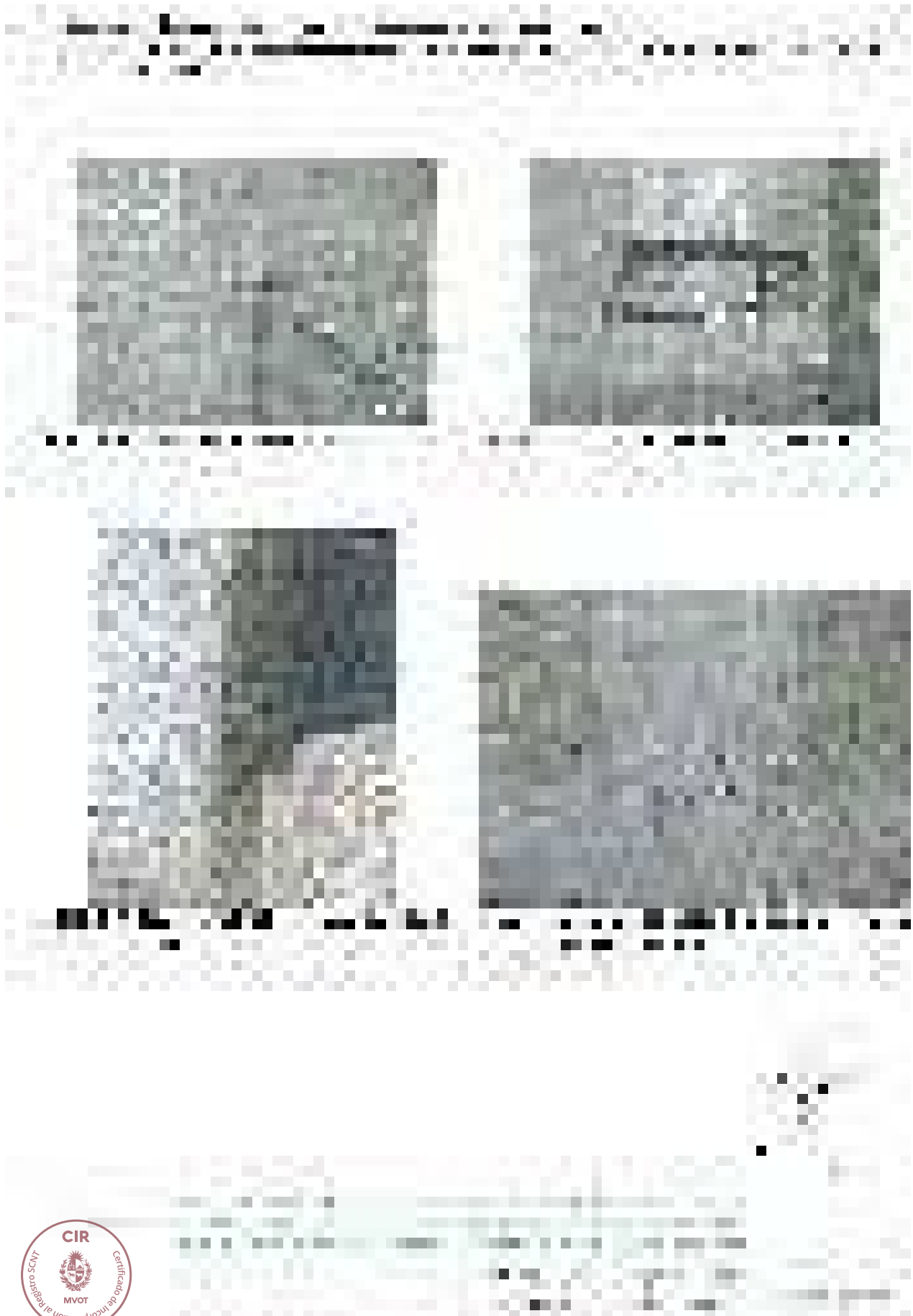




Anexo B - Fotos

Este anexo contiene dos páginas incluyendo la hoja de frente





Ensayo N° 116 851-205

RELATÓRIO TÉCNICO

N° 116 851-205

22 de abril de 2010

LP Brasil OSB

REPORTE TÉCNICO N° 116 851-205

CLIENTE: LP BRASIL OSB INDUSTRIA Y COMERCIO SA.84045-6310 - Ponta Grossa, PR

Ensayo de compresión excéntrica de paredes con emplacamiento en placas de OSB y yeso acartonado.

UNIDAD RESPONSABLE:

Centro de Tecnología de Obras de Infraestructura – CT – OBRAS

Sección de Vías Terrestres y Estructuras - SVTE

RESUMEN

Constan en éste reporte los resultados obtenidos en ensayos de compresión excéntrica de tres paredes estructurales de fachada, con dimensiones nominales de 120,0cm x 275,0cm y espesor de 11,0cm, constituídas por estructura de perfiles leves de acero zincado y emplacado con placas de OSB (Oriented Strand Board) en la cara externa y placas de yeso acartonado en la cara interna.

Son presentadas las tablas y gráficos de desplazamientos verticales y horizontales en función de la sobrecarga y cargas de ruptura.

PALABRAS CLAVES

Pared estructural: Oriented Strand Board (OSB)

Placa de yeso acartonado

Ensayo de compresión excéntrica

Desplazamientos.

Ensayo N° 116 851-205

1 INTRODUCCION

El presente reporte, según Presupuesto CETAC/LCSC N°026 de 13/01/2010 y aprobación del cliente, LP BRASIL OSB Industria y Comercio S.A, elaborado por la Sección de Vías Terrestres y Estructuras del Centro de Tecnología de Obras de Infraestructura del IPT presenta los resultados de ensayos de compresión excéntrica de tres paredes estructurales de fachada. En éstos ensayos fueron levantadas las curvas “Carga x Desplazamiento vertical” y “Cargas x Desplazamiento lateral” y las cargas de ruptura.

2 DESCRIPCION DE LAS PAREDES

Las paredes ensayadas, idénticas entre sí, con dimensiones nominales de 120,0cm (ancho) x 275,0cm (altura) (x 11,0cm (espesor), fueron montadas por el cliente en el laboratorio del IPT, las cuales fueron denominadas en éste informe de P1, P2 y P3. Sus dimensiones efectivas están relacionadas en el cuadro A del anexo A.

Las paredes son constituídas por estructuras de perfiles leves de acero zincado y emplacado con placas de OSB (Oriented strand Board) en la cara externa y placas de yeso acartonado en la cara interna, conforme está indicado en los dibujos del anexo D, provistos por el cliente.

Fotos ilustrativas de las paredes y de los ensayos realizados están presentados en el anexo C

Se observó que las placas de OSB y de yeso acartonado fueron instaladas en los paneles de modo de no cubrir totalmente los perfiles metálicos horizontales inferior y superior- Foto 4.

Apenas en la pared P1 hubo necesidad de desgastar ligeramente la placa de OSB en su superficie superior para exponer completamente el perfil metálico horizontal.

3 INSTRUMENTACION Y ENSAYOS

Cada pared fue montada directamente sobre una placa metálica rígida. Un dispositivo articulado, formado por dos chapas metálicas rígidas, fue posicionado directamente en la cara superior de la pared, posibilitando la aplicación de la carga distribuida en línea a lo largo de la pared con excentricidad igual a 10,0mm (para el lado de la placa de yeso acartonado), conforme está indicado en el Dibujo 1 del Anexo B.



Para la aplicación de carga fueron utilizados una bomba y cuatro cilindros hidráulicos con

Ensayo N° 116 851-205

capacidad de 300kN cada uno. Las lecturas fueron realizadas a través de un manómetro calibrado.

La instrumentación constó de dos deflectómetros con sensibilidad de 0,01mm para medidas de desplazamientos verticales (D1 y D2) situados en extremidades laterales de la pared y de un deflectómetro con sensibilidad de 0,1mm para desplazamientos laterales (D3) situado a distancia igual a 1/6 de la altura total de la pared, medida a partir del techo- Dibujo 1 del anexo B y fotos 1 a 3.

Las cargas fueron realizadas de forma gradual, con intervalos de tiempo entre las etapas suficiente para la estabilización de la lectura de los aparatos de medición. Fueron realizadas descargas en las cargas de 15kN y 20kN, con el objetivo de acomodar el sistema. En cada etapa de carga aplicada fueron realizadas lecturas de la instrumentación instalada.

Antes de la aplicación de las cargas, las paredes fueron inspeccionadas no siendo constatada la existencia de daños.

Los ensayos fueron realizados en el periodo del 13 al 15/04/2010

4 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Los resultados obtenidos en los ensayos de las paredes están presentados en las tablas del 1 al 3 y en los gráficos del 1 al 6 del anexo A.

Fue considerada ruptura en los ensayos cuando se observó que aparte de la ocurrencia de daños en los perfiles metálicos (deformaciones, detalles) y en las placas de OSB y del yeso acartonado, reducía bruscamente la carga aplicada – fotos 5 al 8.

En la tabla A por debajo están resumidas las cargas relativas a la ruptura.

Ensayo N° 116 851-205

Tabla A–Cargas de ruptura

Paredes	Cargaderuptura	
	Total(kN)	Distribuída(kN/m) ¹
P1	59,5	49,6
P2	100,0	83,3
P3	90,0	75,0
Aprox	83,2	69,3

Nota:

(1) Carga distribuida a lo largo de la pared

Antes de la carga de ruptura no fueron constatados daños en las paredes 1 y 2, en la pared 3 fue observado lo siguiente: en la carga de 60kN – pequeño daño en la placa de yeso acartonado en la esquina superior izquierda, en la carga de 80kN – daño localizado en la parte superior del perfil metálico directo.

Sao Paulo, 22 de abril 2010.

Ensayo N° 116 851-205

EQUIPO TECNICO

Sección de vías terrestres y estructurales

Cristina Maria Ferreira da Silva –Ingeniera Civil,Me.

Roberto Katumi Nakaguma – Ingeniero civil, Ph D, Consultor.

Carlos Antonio Martins Coelho-Técnico

Hugo Machado de Jesus Técnico Marcello

Deciomo Garcia-Técnico Odaudi Martins

Valério –Técnico Ricardo Francisco-Técnico

ANEXO A

TABLAS Y GRAFICOS



Ensayo N° 116 851-205

Cuadro A – Dimensiones efectivas de los paneles de pared ensayados

Panel	ancho(mm)				Altura(mm)				grosor*(mm)			
	Inferior	Medi	Superior	Aprox	Izquierd	Medio	Direita	Aprox	Inferior	Medi	Superio	aprox
P1	1203	1205	1204	1204	2750	2750	2750	2750	113,77	114,12	113,73	113,7
P2	1202	1207	1203	1204	2754	2752	2753	2753	113,85	113,65	113,75	113,7
P3	1200	1200	1200	1200	2572	2753	2755	2693	114,19	113,36	115,00	114,18

*En cada una de las líneas de medición (inferior, medio y superior) se tomó el aproximado de las medidas del grosor en las dos laterales del panel

Tabla 1 - Ensayo de compresión excéntrica -P1

Fecha:13/04/10

Excentricidad:10mm

Carga (kN)	Desplazamiento vertical ¹ (mm)			Desplazamiento ² Horizontal(mm)	Observaciones
	01	02	Aproximado	03	
0	0	0	0	0	-
5	2,76	1,50	2,13	0,13	-
10	3,45	1,86	2,66	0,40	-
15	3,89	2,11	3,00	0,56	-
5	3,53	1,93	2,73	0,27	-
15	3,94	2,14	3,04	0,56	-
20	4,27	2,31	3,29	0,78	-
5	3,76	2,05	2,91	0,23	-
20	4,30	2,33	3,32	0,75	-
25	4,52	2,48	3,50	1,03	-
30	4,81	2,67	3,74	1,36	-
35	5,08	2,91	4,00	1,57	-
40	5,35	3,20	4,28	2,03	-
59,5	-	-	-	-	Ruptura

¹caída vertical - aumento de lectura indica encogimiento de la pared. .

²Caída horizontal - aumento de lectura indica movimiento opuesto al sentido de excentricidad

Ensayo Nº 116 851-205

Tabla 2- ensayo de compresión excéntrica -P2

Fecha:14/04/10

excentricidad:10mm

Carga	Caída vertical ¹ (mm)			caída ² Horizontal(mm)	Observaciones
(kN)	01	02	Aprox	03	
0	0	0	0	0	-
5	0,79	0,84	0,82	-0,45	-
10	1,25	1,16	1,21	-0,82	-
15	1,68	1,45	1,57	-0,87	-
5	1,39	1,28	1,34	-0,87	-
15	1,71	1,48	1,60	-0,89	-
20	2,17	1,78	1,98	-0,89	-
5	1,68	1,51	1,60	-0,92	-
20	2,21	1,82	2,02	-0,91	-
25	2,53	2,03	2,28	-0,82	-
30	2,81	2,22	2,52	-0,68	-
35	3,08	2,45	2,77	-0,49	-
40	3,33	2,69	3,01	-0,27	-
100	-	-	-	-	Ruptura

¹Caída vertical - aumento de lectura indica encogimiento de la pared .

²Caída horizontal - aumento de lectura indica movimiento opuesto al sentido de excentricidad .

Tabla 3-Ensayo de compresión excentrica -P3

Fecha: 15/04/10

Excentricidad:10mm

Carga	Desplazamiento vertical ¹ (mm)			Desplazamiento ² Horizontal(mm)	Observacion
(kN)	01	02	Aprox	03	
0	0	0	0	0	-
5	0,59	0,82	0,71	-0,28	-
10	0,91	1,17	1,04	-0,21	-
15	1,16	1,43	1,30	-0,11	-
5	0,92	1,26	1,09	-0,35	-
15	1,20	1,47	1,34	-0,15	-
20	1,37	1,66	1,52	0,03	-
5	1,02	1,40	1,21	-0,41	-
20	1,39	1,67	1,53	-0,03	-
25	1,53	1,87	1,70	0,20	-
30	1,68	2,10	1,89	0,41	-
35	1,82	2,31	2,07	0,62	-
40	2,00	2,59	2,30	0,80	-
90	-	-	-	-	Ruptura

¹Caída vertical-aumento de lectura indica encogimiento de pared .

²Caída horizontal - aumento de lectura indica movimiento opuesto al sentido de excentricidad.



Ensayo N° 116 851-205

ANEXO C FOTOS

Ensayo N° 116 851-205



Foto1

Vista frontal (placa OSB) de la pared P1, antes del ensayo. Deflectómetros D1 y D2 en las laterales verticales derecha e izquierda respectivamente. La excentricidad de carga está dada vuelta hacia la cara posterior de la pared (placa de yeso acartonado)

Foto2

Vista lateral de la pared P1, antes del ensayo



Ensayo N° 116 851-205



Foto 3
Pared P1-Deflectómetro D3, para medir
las desplazamientos horizontales.



Foto 4
Pared P1-vista de las placas de cerradura del OBS y del yeso
acartonado montadas a la pared sin cubrir totalmente el perfil
metálico inferior-

TESIS TECNOLOGÍA Y CALIDAD DE LOS SISTEMAS DE INGENIERÍA

CLIENTE LP BRASIL LTDA.

**Referencia: EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO
LP BRASIL OSB CON RECUBRIMIENTO DE PLACA DE CEMENTO**

**Asunto: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LAS CARGAS DE OCUPACIÓN
A LOS INCIDENTES EN VENTANAS**

Documento: 1293/RT019

SETIEMBRE/2015



INDICE

1 INTRODUCCION	3
2 MUESTRA EVALUADA	3
3 REFERENCIA NORMATIVA	4
4 LABORATORIO	4
5 ENSAYOS REALIZADOS RESULTADOS OBTENIDOS	4
6 COMENTARIOS FINALES	11
7 EQUIPO TÉCNICO	11

ANEXO A- MONTAJE DEL CUERPO DE PRUEBA



1 INTRODUCCION

Este Informe Técnico presenta los resultados de la evaluación de la resistencia a las cargas de los ocupantes incidentes en los alféizares del Sistema de Sellado Vertical Externo (SWE) con revestimiento en placas de cemento. Esta evaluación es parte de la EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO LP BRASIL OSB, que aparece en la modificación contractual PTS / 150204A.

A continuación presentamos un detalle del carpó prava evaluado, las pruebas realizadas y de los resultados obtenidos.

2 MUESTRA EVALUADA

La Figura 1 muestra el prava carpó evaluado (SVVE con revestimiento sobre placas de cemento). El montaje fue realizado por LP y Decorlit y siguió los pasos descritos en el Anexo A de este documento. El cuerpo de prueba fue ensamblado de tal manera que reproduzca fielmente las condiciones de instalación del SISTEMA CONSTRUCTIVO LP BRASIL OSB, incluidos los soportes / uniones, y de acuerdo con las especificaciones técnicas del LP.



Figura 1 - Sistema LP BRASIL OSB con revestimiento en Placas Cementicias (muestra 1293/39)

3 REFERENCIA NORMATIVA

La evaluación presentada en este Informe Técnico se basó en el documento Lineamientos para la Evaluación Técnica de Productos No 03 - Evaluación Técnica de sistemas constructivos estructurados en perfiles de acero ligero conformado en frío, con cierres e n placas delgadas (sistemas tipo Light Steel Framing). las reglas complementarias para las evaluaciones se mencionan a continuación:

"Este informe de ensayo se refiere solamente a las muestras ensayadas"

"Este informe de ensayo solo debe ser reproducido completo. Reproducción parcial requiere de la aprobación formal de TESIS."

- ABNT NBR 14718: 2008 - Barandillas para edificación.
- ABNT NBR 15575-4: 2013 - Edificios de viviendas - Desempeño. Parte 4: Sistemas de sellado vertical interior y exterior.

4 LABORATORIO

Todas las pruebas se realizaron en el Laboratorio TESIS.

5 PRUEBAS REALIZADAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

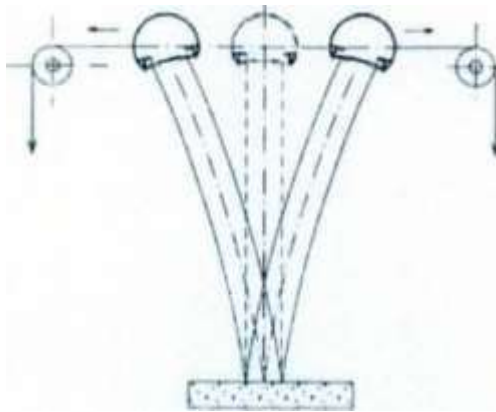
A continuación se describen las pruebas establecidas en la estandarización en cuestión y los resultados obtenidos.

5.1 Determinación de la resistencia del esfuerzo horizontal estático

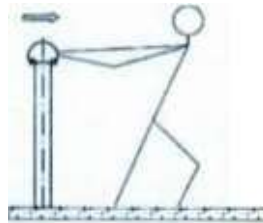
El sistema de uso colectivo, con aplicación de precarga (200 N / m), cargas de uso (1000 N / m) y seguridad (1700 N / m), no debe presentar rotura alguna de sus componentes y no debe producirse aflojamiento o desprendimiento de componentes y elementos de sujeción. Además, los desplazamientos deben limitarse a los valores indicados en las Tablas 1 y 2, donde se expresan los resultados de la prueba.

Las cargas se mantienen durante 15 minutos. La deformación instantánea se registra al cabo de 15 minutos. Después de 3 minutos de liberación de la carga, se comprueba la deformación residual. Las condiciones de aplicación de los esfuerzos se muestran en las Figuras 2 y 3.





Esfuerzo estático horizontal desde el interior hacia el exterior



Esfuerzo estático horizontal desde el exterior hacia el interior

Figura 2 - Condiciones de aplicación de esfuerzos en los pretiles de las ventanas.

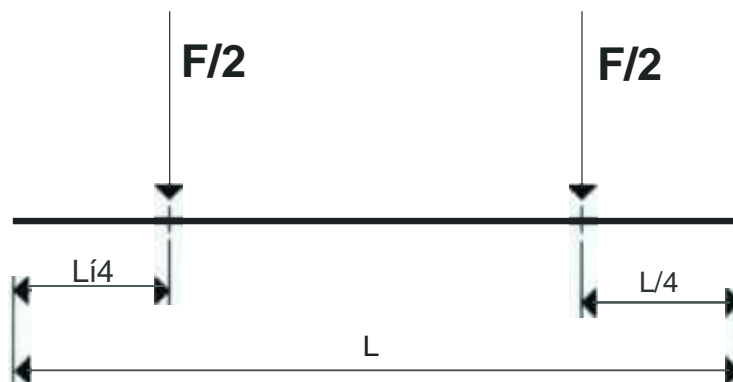


Figura 3 - Vista superior de la aplicación de fuerza en el pretil de la ventana.

a) Esfuerzo estático horizontal de la parte interna en sentido a la parte externa

A amostra foi analisada conforme a normalização indicada no item 3. Nas Figuras 4 e 5 são mostrados detalhes do ensaio.



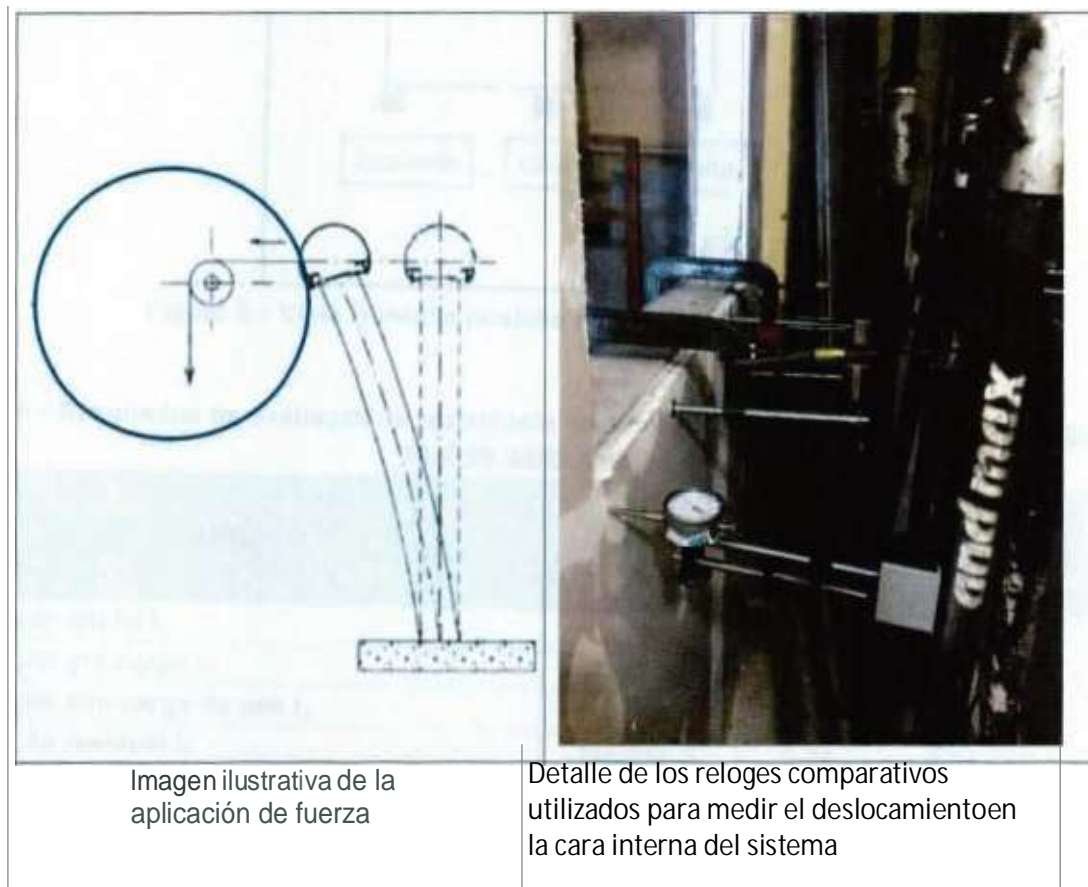


Figura 4 - Detalles de la prueba de resistencia a la tensión estática horizontal desde el interior hacia el exterior.

Luego de la aplicación de la carga de trabajo y la carga de seguridad, no se observó rotura, aflojamiento o desprendimiento de los componentes en el prava carpus evaluado. Las deformaciones verificadas se detallan en la Tabla 1.

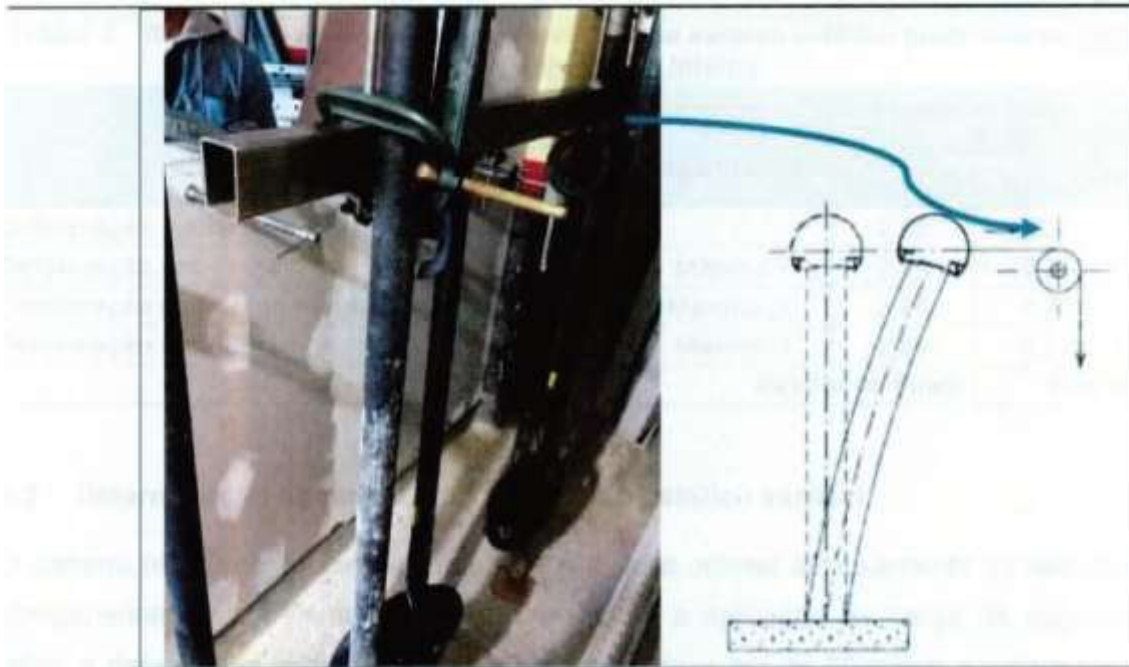


Figura 6 - Detalhes de la prueba de esfuerzo estático horizontal desde el exterior hacia el interior

Luego de la aplicación de los esfuerzos (uso de carga y carga de seguridad) no se observó rotura, aflojamiento o desprendimiento de los componentes en el cuerpo evaluado. Las deformaciones verificadas se detallan en la Tabla 2.

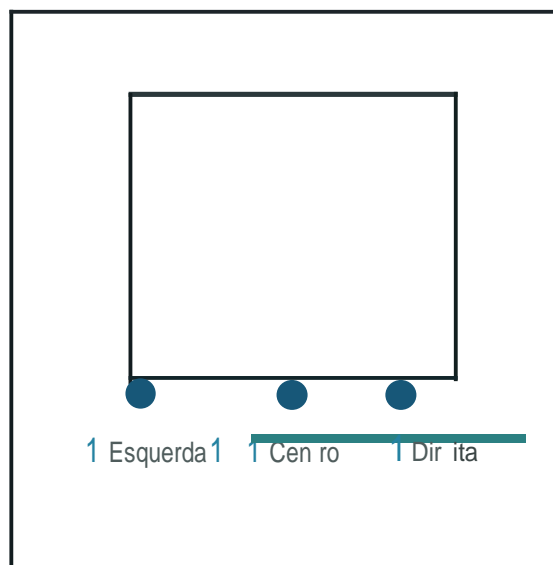


Figura7 - Vista frontal y posición de los relojes comparativos.

Luego de la aplicación de los esfuerzos de carga de seguridad, no se observó rotura, aflojamiento o desprendimiento de los componentes en el preva carpo evaluado. Las deformaciones verificadas tras la aplicación de la carga de seguridad se detallan en la Tabla 3.



Tabla 3 - Resultados de la evaluación de la resistencia a esfuerzos verticales

CARGA	Deformacoes (mm)	
	Especificac	Resultado de la muestra
Deformación Instantanea bajo carga de seguridad	S20	No se observaron desplazamientos durante o después de la aplicación de la fuerza de carga.
Deformación residual	S8	
Resultado Final:		APROBADO

5.3 Resistencia al impacto corporal blando

Bajo 600 J de acción de impacto de carpo blando debajo del parapeto de la ventana (ver figura 10), no debe haber rotura o desprendimiento de las fijaciones ni caída del elemento de cierre. La muestra fue analizada según la normalización indicada en el ítem 3, Los resultados son presentado en la Tabla 4.

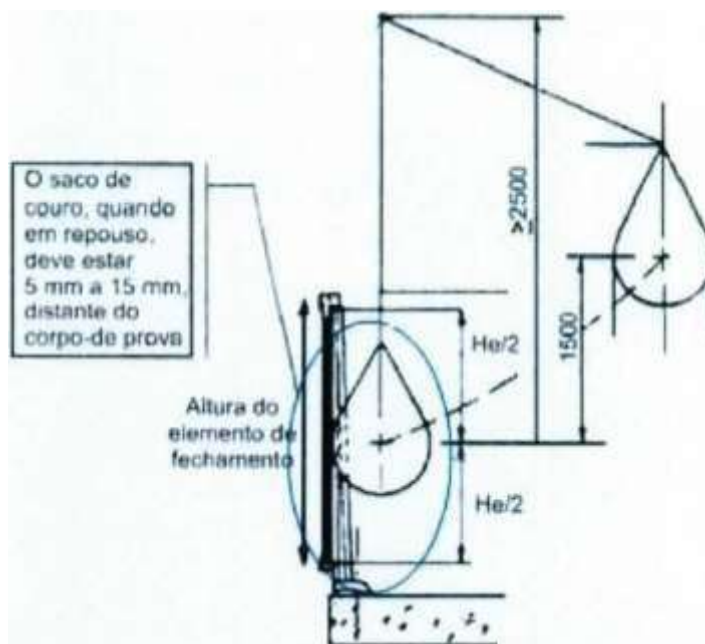
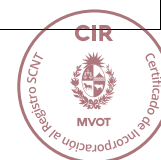


Figura 10–Esquema de aplicación de impacto

Tabla 4– Resultados de la determinación de resistencia al impacto de cuerpo blando en la cara externa

Energía de Impacto	Especificación	Resultado del ensayo
600J	No debe ocurrir rotura o desprendimiento de los sujetadores o caída del elemento de cierre.	No hubo rotura ni desprendimiento de las fijaciones, ni caída del elemento de cierre.
Resultado Final:		APROBADO



6 COMENTARIOS FINALES

Los resultados presentados en este Informe Técnico muestran que el Sistema Constructivo LP BRASIL OSB con revestimiento de Placa de Cemento Decorlit cumple con los requisitos de la estandarización presentada en el ítem 3, con respecto a las cargas de ocupantes incidentes en los alféizares de las ventanas para uso privado y colectivo.

Cabe destacar que el montaje se realizó con el fin de reproducir las condiciones reales de instalación del producto y de acuerdo con las especificaciones técnicas de LP BRASIL.

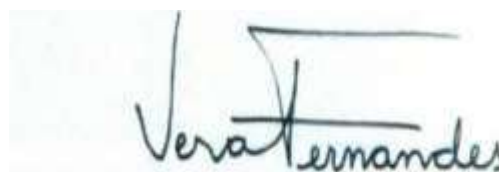
7 EQUIPO TÉCNICO

Ing. Edwiges Ribeiro e Ing. Isabella Pastare Valencia Técnicos: Cláudio Roberto Lima y Geovane Freitas Maciel

Sao Paulo, 02 de setembro de 2015



Eng. Isabella Pastore Valêncio
Engenheira



Eng. Vera Fernandes Hachich
Gerente



Anexo A — Montaje del cuerpo de prueba



Figura A.2 - Detalle de la cinta adhesiva asfáltica impermeable colocada en el perímetro del parapeto.

5º paso) Colocación de la lana de fibra de vidrio proporcionada por LP desde el interior del sistema.

6º paso) Fijación de los tableros LP OSB en el interior del sistema con tornillos tipo cuerno, punta autorroscante (4,2 x 32) mm cada 15 cm en el perímetro del panel y cada 30 cm en los soportes intermedios. La unión entre dos tableros adyacentes debe realizarse bajo una mesa de parteluz, donde cada tablero comparte la mitad de esta mesa.

7º paso) Fijación de las láminas de yeso cerrando la parte interna del sistema. Los tornillos deben estar espaciados al menos 12 mm de los bordes y espaciados 3 mm para que la expansión cierre la cara interna del sistema. Tenga en cuenta que la unión entre las láminas de yeso no debe coincidir con las juntas de las láminas OSB.

8º paso) Tratamiento de la junta oculta de la cara interna del sistema.



9º paso) Curado de la masa para el tratamiento de juntas de cartón -yeso (mínimo 1 día) para la realización de los ensayos.

10º paso) Fijación de las placas cementicias Decorlit (espesor 10mm) con tornillos con tipo de cabeza trombete y punta broca (3,5 x 35) mm, cerrando la parte externa del sistema. Esta etapa fue realizada por el equipo DECORLIT.

10º paso) Tratamiento de las juntas entre placas cementicias. Esta etapa fue realizada por el equipo DECORLIT.

11º paso) Aplicación de la pantalla y la capa base debajo de la cara externa del sistema (cara de la placa de cemento). Este paso fue realizado por el equipo de DECORLIT.

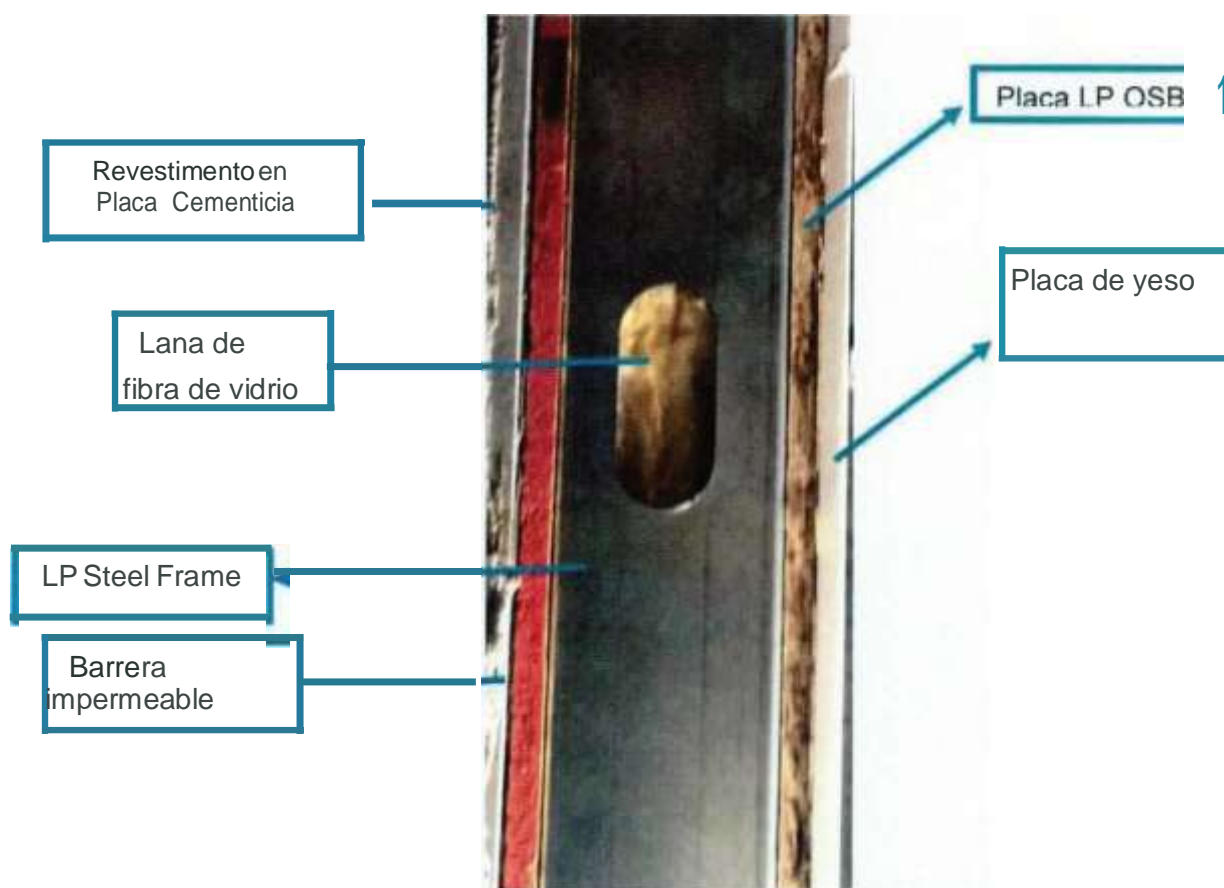


Figura A.3— Detalle de las capas del sistema de fachada ensamblado



TESIS TECNOLOGIA Y CALIDAD DE SISTEMAS EN INGENIERÍA

CLIENTE LP BRASIL LTDA.

**Referência: EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO
LP BRASIL OSB CON REVESTIMIENTO DE PLACA DE HORMIGÓN**

Tema: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A IMPACTOS CORPORALES DUROS

Documento: 1293/RT020

SETIEMBRE/2015



ÍNDICE

1	INTRODUCCION	3
2	MUESTRA EVALUADA.....	3
3	REFERENCIA NORMATIVA.....	4
4	REQUISITOS	4
5	LABORATORIO	5
6	RESULTADOS OBTENIDOS	5
7	COMENTARIOS FINALES.....	8
8	EQUIPO TÉCNICO	8

Anexo A —Montaje del cuerpo de prueba



1 INTRODUCCIÓN

Este Informe Técnico presenta los resultados de la evaluación de la resistencia al impacto de carcasa dura en el Sistema de Sellado Vertical Externo (SVE) con el revestimiento en tablero cementoso. Esta evaluación es parte del trabajo de EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO del

SISTEMA CONSTRUCTIVO LP BRASIL OSB, que aparece en la modificación contractual PTS / 150204A.

A continuación presentamos un detalle del cuerpo de prueba evaluado, las pruebas realizadas y los resultados obtenidos.

2 MUESTRA EVALUADA

La figura 1 muestra la muestra evaluada (SVVE con recubrimiento en placa de cemento). El montaje fue realizado por LP y Ocorlit y siguió los pasos descritos en el Anexo A de este documento. El cuerpo de prueba fue montado con el fin de reproducir fielmente las condiciones de instalación del SISTEMA CONSTRUCTIVO LP BRASIL OSB 1 incluyendo los soportes / articulaciones, y según las especificaciones técnicas de LP.



Figura 1 – Sistema LP BRASIL OSB con revestimiento en Placa Cementicia (muestra 1293/37)



Descripción del cuerpo de prueba (espectáculo 1293/37): sección SWE con una altura de 2770 mm. longitud de 3800 mm y distancia entre perfiles de 600 mm. La puerta tiene 2100 mm de alto, 720 mm de largo y está ubicada a 620 mm del lado derecho de la pared.

3 REFERENCIA NORMATIVA

La evaluación presentada en este Informe Técnico se basó en el documento Lineamientos para la Evaluación Técnica de Productos No. 003 - Evaluación Técnica de Sistemas Constructivos Estructurados en Perfiles Ligeros de Aire Formados en Frío, con Cierres de Placas Delgadas (Sistemas Ligeros Tipo " Armazón de Acero Ligerio) , las reglas complementarias para las evaluaciones se mencionan a continuación:

- ABNT NBR 15575-4: 2013 - Edificios residenciales - Performance Parte 4: Sistemas de sellado verticales internos y externos.
- ABNT NBR 11675: 1990 - Tabiques interiores ligeros modulados - Verificación de la resistencia al impacto

4 REQUISITOS

Los requisitos establecidos por estos documentos. Además de los criterios de aprobación, se encuentran la Resistencia a impactos de cuerpos duros: se deben realizar 20 impactos de cuerpos duros en cada cara del sistema. sendero:

Cara interior: 10 impactos de 2,5 J y 10 impactos de 10 J. Cara exterior. 10 impactos de 3,75 J y 10 impactos de 20 J.

Bajo la acción de estos impactos carpianos duros, los sistemas cubiertos en este documento no deberían:

- a) Presentar grietas, escamas, delaminaciones o cualquier otro tipo de daño (impactos de uso), admitiéndose abolladuras localizadas, por los impactos de cuerpo duro indicados en la Tabla 1.



b) Presentación de ruptura o cruce bajo el impacto de carpo duro indicado en Tabla 1 .

Tabla 1 - Impactos de cuerpo duro para os SVRE com função estrutural

Elemento	Energia de impacto (J)	Critério de desempenho
Impacto na face externa do sistema	3,75	Risco potencial de falhas estruturais no revestimento (estado final do serviço)
	30	Risco potencial de ruína, caracterizada por ruptura ou deslocamento (estado final do uso)
Impacto na face interna do sistema	3,75	Risco potencial de falhas (estado final do serviço)
	30	Risco potencial de ruína, caracterizada por ruptura ou deslocamento (estado final do uso)

3 LABORATORIO

Todos los ensayos fueron realizados en el Laboratorio TESIS .

4 RESULTADOS OBTENIDOS

6.1 Resistencia a impactos de cuerpo duro en la cara externa del sistema

La muestra se analizó según la normalización indicada en el ítem 3 y los resultados se presentan en la Tabla 2. a continuación, la Figura 2 muestra algunos detalles de la ejecución del ensayo¹⁰



Figura 2 – Detalles de la evaluación de la resistencia al impacto de cuerpos duros en la cara externa del sistema

Tabla 2 - Resultados de la determinación de la resistencia a los impactos de cuerpos duros de la copa externa del sistema

Impacto	Resultado	Observaciones	Resultado
1	Resistente	Impacto realizado con éxito	Resistente
2	Resistente	Impacto realizado con éxito	Resistente
3	Resistente	Impacto realizado con éxito	Resistente
4	Resistente	Impacto realizado con éxito	Resistente
5	Resistente	Impacto realizado con éxito	Resistente
6	Resistente	Impacto realizado con éxito	Resistente
7	Resistente	Impacto realizado con éxito	Resistente
8	Resistente	Impacto realizado con éxito	Resistente
9	Resistente	Impacto realizado con éxito	Resistente
10	Resistente	Impacto realizado con éxito	Resistente

6.2 Resistente a los impactos de cuerpos duros en el sistema en el tacto interno del sistema

La muestra fue analizada según la normalización indicada en el ítem 3 y los resultados son presentado en la Tabla 3 a continuación. La Figura 3 muestra detalles del ensayo10.



Tabla 3 - Resultados de la determinación de las restricciones a los impactos de cuerpos duros de la cara interior

Impact	Category	Sub-category	Details
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26
27	27	27	27
28	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30	30
31	31	31	31
32	32	32	32
33	33	33	33
34	34	34	34
35	35	35	35
36	36	36	36
37	37	37	37
38	38	38	38
39	39	39	39
40	40	40	40
41	41	41	41
42	42	42	42
43	43	43	43
44	44	44	44
45	45	45	45
46	46	46	46
47	47	47	47
48	48	48	48
49	49	49	49
50	50	50	50
51	51	51	51
52	52	52	52
53	53	53	53
54	54	54	54
55	55	55	55
56	56	56	56
57	57	57	57
58	58	58	58
59	59	59	59
60	60	60	60
61	61	61	61
62	62	62	62
63	63	63	63
64	64	64	64
65	65	65	65
66	66	66	66
67	67	67	67
68	68	68	68
69	69	69	69
70	70	70	70
71	71	71	71
72	72	72	72
73	73	73	73
74	74	74	74
75	75	75	75
76	76	76	76
77	77	77	77
78	78	78	78
79	79	79	79
80	80	80	80
81	81	81	81
82	82	82	82
83	83	83	83
84	84	84	84
85	85	85	85
86	86	86	86
87	87	87	87
88	88	88	88
89	89	89	89
90	90	90	90
91	91	91	91
92	92	92	92
93	93	93	93
94	94	94	94
95	95	95	95
96	96	96	96
97	97	97	97
98	98	98	98
99	99	99	99
100	100	100	100

7 COMENTARIOS FINALES

Los resultados presentados en este Informe Técnico muestran que el Sistema de Construcción LP BRASIL OSB con Revestimiento de Losa aquí detallado cumple con los requisitos de la estandarización presentada en el ítem 3, siendo considerado aprobado en la prueba de impacto de cuerpo duro para sellos verticales externos con hongos estructurales.

8 EQUIPO TÉCNICO

- Ing. Edwiges Ribeiro e Ing. Isabella Pastore Valencio
Técnicos Cláudio Roberto Lima y Geovane Freita Maciel

Sao Paulo, 02 de setembro de 2015

Á J, < A, -. (X. q v ; | - ') I \ L, ... -
Eng Isabella Pastore Valencio
Ingeniera

— E t J. _ .. j.)
) c. t
Eng Edwiges Ribeiro
Coordenador


Eng. Vera Fernandes Hachich
Gerente



Anexo A – Montaje del cuerpo de prueba



A continuación se muestra el montaje del cuerpo de ensayo del sistema de Sellado Vertical Externo (SVVE) con el recubrimiento sobre Placa Decorlit, realizado por LP en el Laboratorio TESIS, para la determinación de la resistencia a impactos corporales duros.

Paso a paso desde el monte del cuerpo del preva

1er paso) Montaje de la estructura metálica, fijación de los perfiles guía y colocación de los montantes, de 1,25 mm de espesor, con 600 mm de separación entre perfiles (Figura A.1).



Figura A.1 - Fijación del perfil guía.

La fijación de la estructura en el lugar de ensayo se realizó mediante pernos de anclaje (9,5 x 101,6) mm en la parte inferior.

Los tornillos utilizados para la fijación entre los perfiles fueron del tipo tornillo de cabeza (8,8 x 19) mm.

2do paso) Fijación de las placas LP OSB (Figura A 2) con tornillos de punta perforada con ranuras (4,2 x 32) mm en el exterior del sistema





Figura A.2 — Fijación de las placas LP OSB

3° paso) Aplicación de la LP Membrana Barrera de Agua con 400 mm de sobreposición.

4° paso) Colocación de la lana de fibra de vidrio proporcionada por LP para la parte Interna del sistema (Figura A.3)



Figura A.3 - Colocación da lana de fibra de vidro en la parte Interna del sistema.

5o paso) Fijación de las placas LP OSB en la parte interna del sistema con tornillos tipo cabeza plana, punta autorroscante (4 2 x 32) mm cada 15 cm en el perímetro del panel y cada 30 cm en los apoyos intermedios. La unión entre las placas adyacentes debe ser hecha sobre un apoyo de un montante, donde cada placa comparte la mitad del apoyo.



6º paso) Fijación de las láminas de yeso cerrando la parte interna del sistema. Los tornillos deben estar espaciados al menos 12 mm de los bordes y con un espaciamiento de 3 mm entre sí para la dilatación. Es de destacar que la unión entre las láminas de yeso no debe coincidir con las juntas de las láminas OSB.

7º paso) Tratamiento de la junta oculta de la copa interna del sistema (Figura A 4)



Figura A.4 – Cuerpo de prueba tras el tratamiento de juntas de las chapas de yeso.

8º paso) Curado de la masilla para el tratamiento de juntas de cartón -yeso (mínimo 1 día) para realizar las pruebas

9º paso) Fijación de las Placas Cerámicas Decorlit (10 mm de espesor) con tornillos tipo trompeta (3 5 x 35) mm. cerrando la parte externa del sistema. Este paso fue realizado por el equipo de DECORLIT

10º paso) Tratamiento de juntas entre placas cementicias. Este paso fue realizado por el equipo de DECORLIT.

11º paso) Aplicación de la tela y Basecoat bajo la cara externa del sistema (cara de la placa cementicia). Este paso lo realizó el equipo de DECORLIT





Figura A.5 - Parte externa del sistema con revestimiento de placa cementosa terminado.

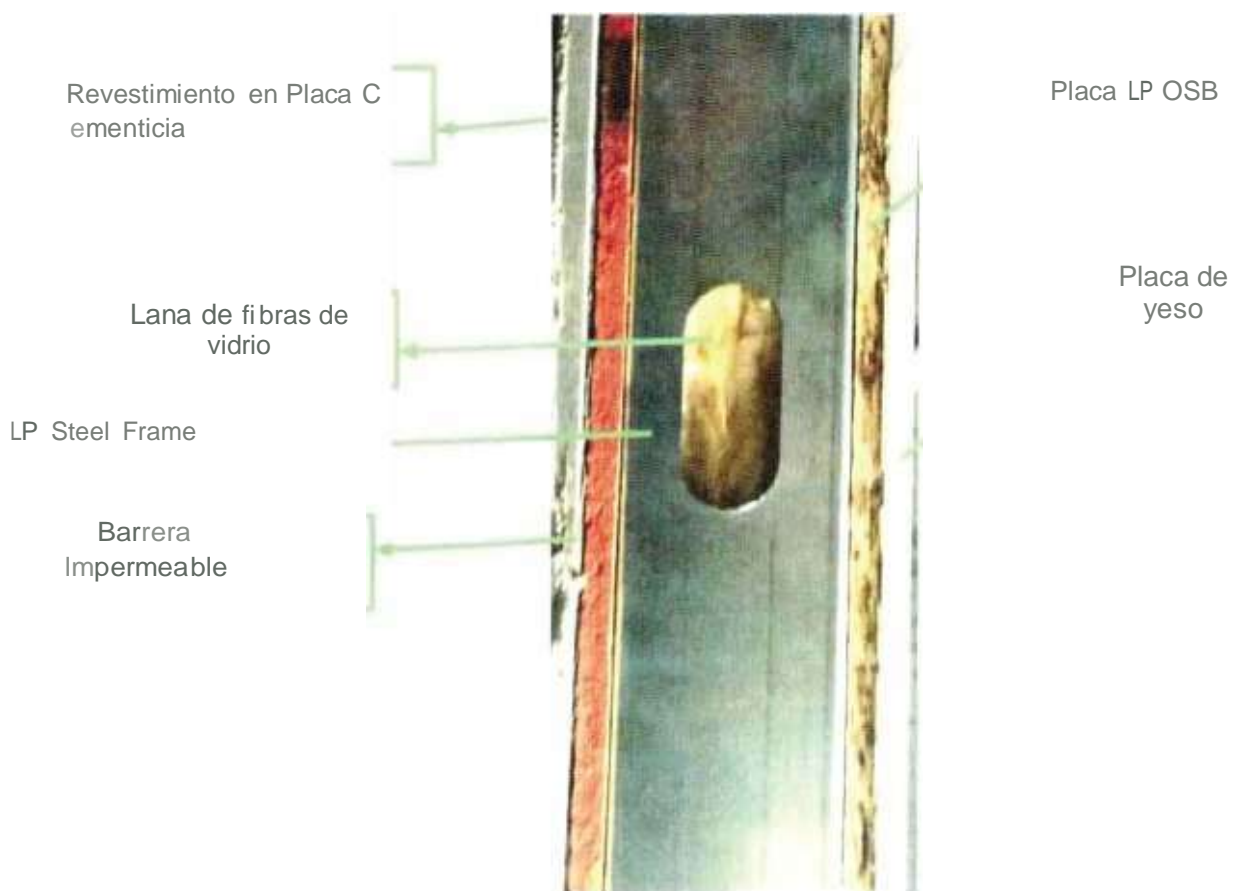


Figura A.6—Detalle de las capas del sistema de fachada ensayado.

TESIS TECNOLOGÍA Y CALIDAD DE LOS SISTEMAS DE INGENIERÍA

CLIENTE LP BRASIL LTDA.

**Referencia: EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO
LP BRASIL OSB CON REVESTIMIENTO DE PLACA DE HORMIGÓN**

**Asunto : DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A IMPACTOS DEL CUERPO
BLANDO**

Documento: 1293/RT017

AGOSTO/2015



ÍNDICE

1	INTRODUCCION	3
2	MUESTRA EVALUADA	3
3	REFERÊNCIA NORMATIVA	4
4	LABORATÓRIO	5
5	RESULTADOS OBTENIDOS	5
6	COMENTARIOS FINALES	9
7	EQUIPO TÉCNICO	10

Anexo A - Montaje del cuerpo de prueba



1. INTRODUCCIÓN

Este Informe Técnico presenta los resultados de la evaluación de la resistencia al impacto del cuerpo blando del Sistema de Sellado Vertical Externo (SWE) con revestimiento de placa de cemento DECORLIT. Esta evaluación forma parte de la EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO LP BRASIL OSB, que se incluye en la modificación contractual PTS / 150204A.

A continuación presentamos un detalle del cuerpo de prueba evaluado, las pruebas realizadas y los resultados obtenidos.

2. MUESTRA EVALUADA

La Figura 1 muestra el cuerpo de prueba evaluado (SWE con revestimiento de losa). El montaje fue realizado por LP y siguió los mismos pasos descritos en el Anexo A de este documento. El cuerpo de prueba fue ensamblado con el fin de reproducir fielmente las condiciones de instalación del SISTEMA CONSTRUCTIVO LP BRASIL OSB, incluidos los soportes / enlaces, y de acuerdo con las especificaciones técnicas del LP.

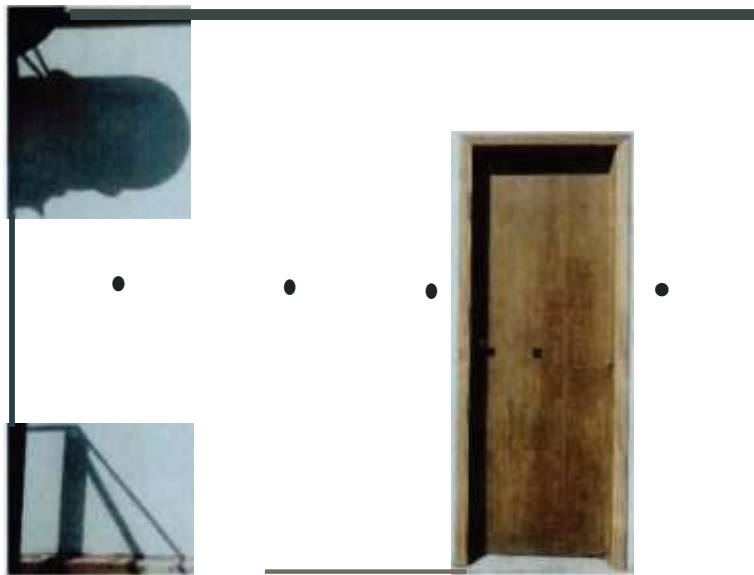


Figura 1 - Sistema LP BRASIL OSB con revestimiento en Placa Cementicia (muestra 1293/37)

Descripción del cuerpo de prueba (muestra 1293/37): Sección SWE con altura de 2770 mm, longitud de 3720 mm y distancia entre perfiles de 600 mm.



3 REFERENCIA NORMATIVA

• La evaluación presentada en este Informe Técnico se basó en el documento Lineamientos para la Evaluación del Producto Técnica No. 003–

Evaluación técnica de sistemas constructivos estructurados en perfiles de acero ligero en forma de *deffró*, con cierres en placas delgadas (Light Steel Framing-type sistemas "). Las reglas complementarias para las evaluaciones se mencionan a continuación:

- ABNT NBR 15575-4: 2013 - Edificios de viviendas
Desempeño. Parte 4: Sistemas de sellado verticales internos y externos.
- ABNT NBR 11675: 1990 - Tabiques interiores ligeros modulados –
Verificación de la resistencia al impacto.

Los requisitos que establecen éstos documentos, así como los criterios de aprobación son:

Resistencia a los impactos del cuerpo blando: bajo la acción de los impactos del cuerpo blando progresivos, los sistemas cubiertos en este documento no deben:

- a) Sufrir rotura o inestabilidad (impactos de retención a), que caracteriza el estado límite último, para las energías de impacto correspondientes indicadas en la Tabla 1.
- b) Presentar grietas, escamas, delaminaciones o cualquier otro tipo de falla (impactos de uso) que puedan comprometer el estado de uso, observándose también los límites de desplazamientos instantáneos y residuales indicados en la Tabla 1.
- c) Provocar daños en componentes, instalaciones o terminaciones acopladas al sistema, de acuerdo con las energías de impacto indicadas en la Tabla 1.



Tabla 1 - Impacto de cuerpo blando para vedaciones verticales externas de edificios con más de un pavimento con función estructural

Impacto	Energía de Impacto de cuerpo blando J	Criterio de Desempeño
Impacto externo (acceso externo del público; normalmente andartérreo)	960	No ocurrió rotura (estado límite último)
	720	
	480	No ocurrieron fallas (estado límite de servicio)
	360	
	240	No ocurrieron fallas (estado límite de servicio) Limitaciones de los desplazamientos horizontales: $dhSh/2 \leq 50$ $dhrsh/1250$
	180	No ocurrieron fallas (estado límite de servicio)
	120	
Revestimiento Interno o cara interna de las vedaciones verticales externas en multicapas	120	No ocurrió rotura
	60	No ocurrió roturas fallas Limitaciones de los desplazamientos horizontales: $dhSh/12 \leq 5$ $dhrSh/625$

4 LABORATORIO

Todas las pruebas se realizaron en el Laboratorio TESIS.

5 RESULTADOS OBTENIDOS

5.1 Resistencia a impactos de cuerpos blandos en la superficie externa del sistema

La muestra se analizó de acuerdo con la normalización indicada en el ítem 3 y los resultados de la determinación de la resistencia a los impactos del cuerpo blando en la cara externa del sistema se presentan en las Tablas 2, 3 y 4 a continuación. La Figura 2 muestra algunos detalles de la ejecución de la prueba.





Figura2 – Detalhes de la evaluación de la resistencia al impacto del cuerpo blando del sistema

Tabla 2 - Resultados de la determinación de la resistencia al impacto del cuerpo blando de la cara externa entre el perfil

Energía de Impacto	Especificación	Resultado del ensayo
120J	No ocurrieron fallas	No fueron percibidas fallas
180 J	No ocurrieron fallas	No fueron percibidas fallas
240j	Nao ocorrência de falhas	No fueron percibidas fallas
360j	No ocurrieron fallas	No fueron percibidas fallas
480 J	No ocurrieron fallas	No fueron percibidas fallas
720J	No ocurrieron fallas	No fueron percibidas fallas ni hubo rotura
960J	No ocurrieron fallas	No fueron percibidas fallas ni hubo rotura
RESULTADO		Aprobado para vedaciones verticales externas de edificios con más de un piso con función estructural

- de acuerdo al Lineamiento SNAT Nb. 003 mencionado en el ítem 3 de este informe, si los valores de desplazamiento instantáneo exceden los límites establecidos, sin que ocurra fallas, y los valores de desplazamiento residual cumplen con los establecidos. el resultado puede considerarse aceptable para sistemas ligeros (G S- 60 kg / m2).



Tabla 3 – Resultados de determinación de la resistencia a impactos del cuerpo blando de la cara externa sobre el perfil

Energía de Impacto	Especificación	Resultado del ensayo
120J	No ocurrieron fallas	No se percibieron fallas
180J	No ocurrieron fallas	No se percibieron fallas
240J	No ocurrieron fallas e d11 ≤ 11,1 mm e d12 ≤ 2,2 mm	No se percibieron fallas dh = 17 mm* dhr = 0 mm
360J	No ocurrieron fallas	No se percibieron fallas
480J	No ocurrieron fallas	No se percibieron fallas
720J	No ocurrieron fallas	No se percibieron fallas y no hubo rotura
960 J	No hubo rotura	No se percibieron fallas y no hubo rotura
RESULTADO		Aprobado para vedaciones verticales externas de edificios con más de un pavimento con función estructural

• de acuerdo con la Directiva SINAT N.º 003 mencionada en el ítem 3 de este informe, si los valores de desplazamiento instantáneo exceden los límites establecidos, no aparecen fallas, y los valores de desplazamiento residual cumplen con lo establecido, el resultado puede considerarse aceptable para sistemas ligeros (G ≤ 60 kg / m²).

Tabla 4 – Resultados de la determinación de la resistencia a impactos del cuerpo blando de la cara externa a 15cm de la puerta

Energía de Impacto	Especificación	Resultado del ensayo
120J	No ocurrieron fallas	No se percibieron fallas
180J	No ocurrieron fallas	No se percibieron fallas
240J	No ocurrieron fallas e d ≤ 11,1 mm e dn ≤ 2,2 mm	No se percibieron fallas dh = 11 mm dnr = 0 mm
360J	No ocurrieron fallas	No se percibieron fallas
480 J	No ocurrieron fallas	No se percibieron fallas
720J	No hubo rotura	No se percibieron fallas y no hubo rotura
960J	No hubo rotura	No se percibieron fallas y no hubo rotura
RESULTADO		Aprobado para vedaciones verticales externas de edificios con más de un pavimento con función estructural



5.2 Resistencia a los impactos del cuerpo blando en la cara interna del sistema.

La muestra se analizó de acuerdo con la estandarización indicada en el ítem 3 y los resultados de la determinación de la resistencia a impactos de cuerpos blandos en la cara externa del sistema se presentan en la Tabla 5 a continuación. La figura 3 muestra la tachuela interna del cuerpo de campo antes de la ejecución de la prueba.



Figura 3 - Detalles de la cara interna del cuerpo de prueba



Tabla 5 - Resultados de la determinación de la resistencia a impactos corporales blandos de la cara interna del sistema.

Posición	Energía de Impacto	Especificación	Resultado del ensayo
Sobre perfil	120	No hubo rotura Son permitidas fallas localizadas	No se percibió fallas ni rotura
	60 J	No hubo fallas Limitaciones de los movimientos horizontales: $dh \leq 22,2 \text{ mm}$ e $dhr \leq 4,4 \text{ mm}$	No se percibió fallas. Limitaciones de los movimientos horizontales: $dh = 10 \text{ mm}$ $dhr = 0$
Entre perfiles	120	No hubo rotura Son permitidas fallas localizadas	No se percibió fallas ni rotura
	60 J	No hubo fallas. Limitaciones de los movimientos horizontales: $dh \leq 22,2 \text{ mm}$ e $dhr \leq 4,4 \text{ mm}$	No fueron percibidas fallas. Limitaciones de los movimientos horizontales: $dh = 12 \text{ mm}$ $dhr = 0$
Próximo a la puerta	120	No hubo rotura Son permitidas fallas localizadas	No se percibió fallas ni rotura
	60 j	No hubo fallas. Limitaciones de los movimientos horizontales: $dh \leq 22,2 \text{ mm}$ e $dhr \leq 4,4 \text{ mm}$	No fueron percibidas fallas. Limitaciones de los movimientos horizontales: $dh = 10 \text{ mm}$ $dhr = 0$
RESULTADO			Aprobado para vedaciones verticales externas de edificios con más de un pavimento con función estructural

6 COMENTARIOS FINALES

Los resultados presentados en este Informe Técnico muestran que el Sistema de Construcción LP BRASIL OSB con revestimiento de Placa Cementicia cumple con los requisitos de la estandarización presentada en el ítem 3 de la siguiente manera:

- La muestra 1293/37 fue aprobada para su uso en cercos verticales externos de edificios de más de un piso con función estructural.



7 EQUIPO TÉCNICO

Ing. Edwiges Ribeiro e Ing. Isabella Pastore Valencia Técnicos:

Claúdio Roberto Lima y Geovane Freita Maciel

São Paulo, 31 de agosto de 2015



ing. Isabella Pastore Valêncio

Ingeniera



Eng. Edwiges Ribeiro

Coordinadora



Eng. Vera Fernandes Hachich

Gerente



Anexo A—Montaje del cuerpo de prueba



A continuación, se muestra el montaje del cuerpo de prueba del Sistema de Sellado Vertical Externo (SWE) con el revestimiento sobre un tablero de cemento, realizado por LP en el Laboratorio TESIS, para la determinación de la resistencia a impactos de cuerpos blandos.

Montaje paso a paso del cuerpo de prueba

1º paso) Montaje de la estructura metálica: instalación de perfiles guía y colocación de montantes con una separación entre perfiles de 600 mm (Figura A.1). A



Figura A.1 - Fijación del perfil guía.

La fijación de la estructura en el sitio de prueba se realizó mediante anclajes (9,5 x 101,6) mm en la parte inferior. En la parte superior, la fijación se realizó mediante tornillos y tacos.

Los tornillos utilizados para la fijación entre los perfiles fueron del tipo tornillo de cabeza cónica, punta de broca (4,8 x 19) mm.

2do paso) Fijación de las placas LP OSB (Figura A.2) con tornillos de punta acanalada (4,2 x 32) mm en el exterior del sistema.



Figura A.2 — Fijación de la placa LPOSB



3º paso) Aplicación de la LP Membrana Barrera de Agua con 400 mm de sobreposición.

4º paso) Es colocada lana de fibras de vidrio provista por **LP** en la parte interna del sistema (Figura A.3).



Figura A.3 — Colocación de lana de fibras de vidrio en la parte interna del sistema

5º paso) Fijación de los tableros LP OSB en el interior del sistema con tornillos de cabeza de cuerno, punto autorroscante (4,2 x 32) mm cada 15 cm en el perímetro del panel y cada 30 cm en los soportes intermedios. La unión entre dos tableros adyacentes debe realizarse bajo una mesa de parteluz, donde cada tablero comparte la mitad de esta mesa.

6º paso) Fijación de las placas de yeso cerrando la parte interna del sistema. Los tornillos deben estar espaciados al menos 12 mm desde los bordes y espaciados 3 mm para que la expansión cierre la cara interna del sistema. Tenga en cuenta que la unión entre las láminas de yeso no debe coincidir con las juntas de las láminas OSB.

7º paso) Tratamiento de la junta oculta de la copa interna del sistema (Figura A.4).





Figura A.4 -Cuerpo de yeso después del tratamiento de juntas de placas de yeso

8º paso) Curado de la masa para el tratamiento de juntas de cartón-yeso (mínimo 1 día) para la realización de los ensayos.

9º paso) Fijación de las placas de cemento (Figura A .5) con tornillos tipo trompeta (3,5 x 35) mm. cerrando el exterior del sistema. Este paso fue realizado por el equipo de DECORLIT.

10º paso) Tratamiento de juntas entre placas de cemento. Este paso fue realizado por el equipo de DECORLIT

11º paso) Aplicación de la pantalla y la capa base debajo de la cara externa del sistema (cara de la placa de cemento). Este paso lo realiza el equipo de DECORLIT.





Figura A.5 - Parte externa del sistema con revestimiento de Placa Cementicia terminada.

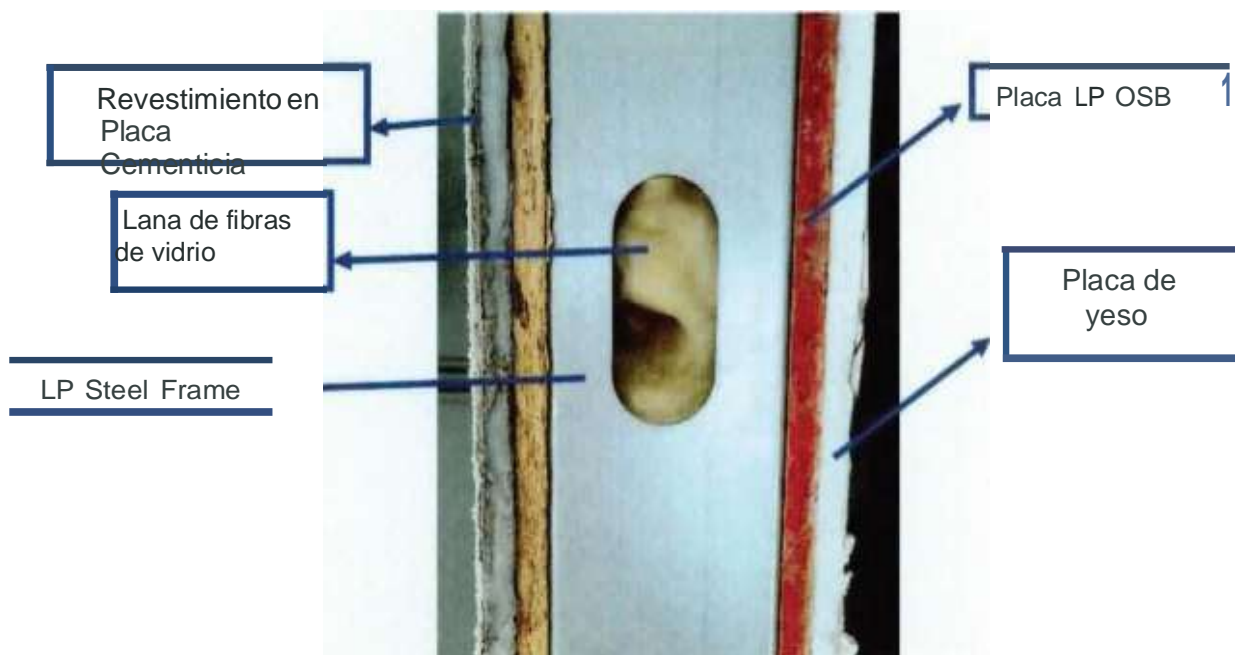


Figura A.5-Detalle de las capas del sistema de fachada ensayado.



TESIS TECNOLOGIA Y CALIDAD DE SISTEMAS EN INGENIERIA

CLIENTE LPBRASIL LTDA.

**Referencia: EVALUACION DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO LP BRASIL OSB
CON REVESTIMIENTO EN PLACA CEMENTICIA**

Asunto: EVALUACION DE SOLICITACIONES TRANSMITIDAS DE PUERTAS A PAREDES

Documento: 1293/RT021

SEPTIEMBRE/2015



Anexo A- Montaje del cuerpo de prueba

1 INTRODUCCION

Este reporte técnico presenta los resultados de las solicitudes transmitidas por puertitas a los sistemas de vedación vertical externa (SVVE) con el revestimiento en placa cementicia. Esa evaluación es parte de los trabajos de EVALUACION DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO LP BRASIL OSB, que consta en el adicional contractual de trabajo PTS/150204A. A continuación presentamos un detalle del cuerpo de prueba evaluado, de los ensayos realizados y de los resultados obtenidos.

2 MUESTRA EVALUADA

La figura 1 muestra el cuerpo de prueba evaluado (SVVE con revestimiento en placa cementicia). El montaje realizado por LP y por Decorlit siguió los pasos descritos en el anexo A de este documento. El cuerpo de prueba fue montado de forma de reproducir fielmente las condiciones de instalación del SISTEMA CONSTRUCTIVO LP BRASIL OSB, inclusive sus apoyos/vinculaciones, y conforme a las especificaciones técnicas de LP.



Figura1 -Sistema LP BRASIL OSB con revestimiento en placa de cemento (muestra 1293/37)

Descripción del cuerpo de prueba (muestra 1293/37): sección de SVVE con altura de 2770mm, largo de 3800mm y espacio entre perfiles de 600mm. La puerta tiene 2100mm de altura, 720mm de largo y está a 620mm del lado derecho de la pared.



TESIS

3 REFERENCIA NORMATIVA

La evaluación presentada en éste reporte técnico tomó como base el documento **Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos nº003**- Evaluación técnica de sistemas constructivos estructurados en perfiles livianos de acero inoxidable forjados en frío, con emplacados en placas delgadas (sistemas livianos tipo "Light Steel Framing"). A continuación son mencionadas las normas complementarias para las evaluaciones.

- **ABNT NBR 15575-4:2013**- Edificaciones habitacionales- Desempeño. Parte 4: Sistemas de vedaciones verticales internas y externas.
- **ABNT NBR 15930-2:2011**- Puertas de madera para edificaciones. Parte 2: Requisitos.
- **ABNT NBR 11675:1990**- Divisorias livianas internas moduladas- Verificación de resistencia a impactos.

4 REQUISITOS

Los requisitos establecidos por éstos documentos, así como el criterio de aprobación son:

-

Después de diez operaciones de cerrado brusco de la puerta, el sistema no debe presentar fallas tales como rupturas, fisuras, desprendimientos en el encuentro con el marco, deformaciones en las regiones de encuentro con el marco con el sistema, desprendimientos en juntas entre componentes.

- Bajo acción de un impacto de cuerpo blando con energía de 20J, aplicado a la zona geométrica de la hoja de la puerta (tanto en sentido de abertura como de cerrado de la puerta), no debería ocurrir desplazamientos o desprendimientos del marco, ni ruptura o pérdida de estabilidad del sistema. Se admite en el contorno del marco la ocurrencia de daños localizados, tales como fisuras y astillados.

5 LABORATÓRIO

Todos los ensayos fueron realizados en el laboratorio TESIS.

6 RESULTADOS OBTENIDOS

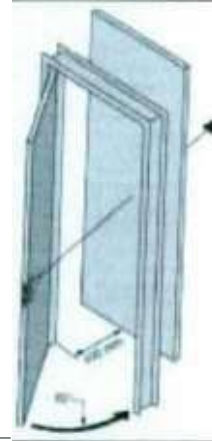
6.1 Resistencia al cerrado brusco de las puertas

La muestra fué analizada conforme la normalización descrita en el ítem 3. El procedimiento del ensayo es mostrado en la tabla 1.



Tabla1 -cerrado brusco de la puerta –Procedimiento del ensayo

Cerrado brusco de la puerta: La puerta debe ser sometida a 10 operaciones de cerrad o brusco en un ángulo aproximado de 60°, bajo acción de una masa de 15kg, haciendo que la hoja cho que con el bpe (conforme a figura de lado). la masa debe ser acelerada solamente por la acción de gravedad.



Las figuras 2 y 3 muestran la ejecución del ensayo. Los resultados son presentados en la tabla 2

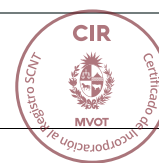




Figura 2—cerrado brusco de la puerta—ejecucion del ensayo

Tabla2 –Resultados de verificación de resistencia al cerrar bruscamente las puertas.

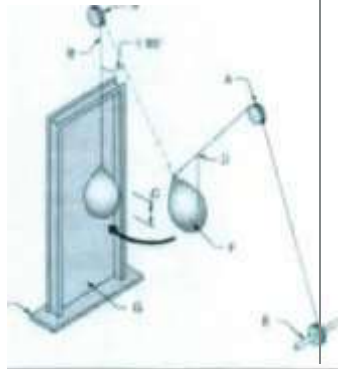
Cerrado nº	Especificación	Resultado del Ensayo
1º	El sistema no debe presentar fallas, tales como rupturas, fisuras, desplazamientos en el encuentro con el marco, pérdidas de estabilidad en el sistema, desplazamientos de juntas entre componentes de las paredes y otros.	No fueron percibidas fallas
2º		No fueron percibidas fallas
3º		No fueron percibidas fallas
4º		No fueron percibidas fallas
5º		No fueron percibidas fallas
6º		No fueron percibidas fallas
7º		No fueron percibidas fallas
8º		No fueron percibidas fallas
9º		No fueron percibidas fallas
10º		No fueron percibidas fallas
Resultado Final:		APROBADO



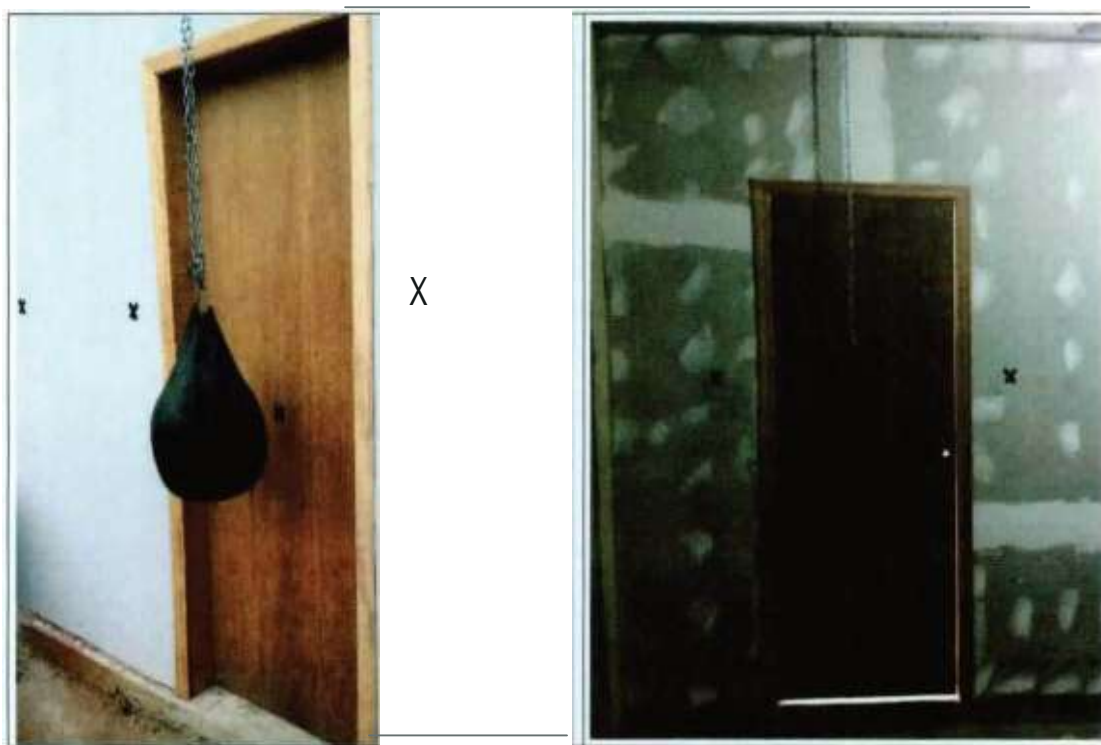
6.2 Resistencia al impacto de cuerpo blando en la puerta

La muestra fué analizada conforme la normalización descrita en el ítem 3. El procedimiento de ensayos mostrado en la tabla 3.

Tabla 3-Impactos de cuerpo blando en la puerta-procedimiento de ensayo

<p>La puerta debe ser sometida a la aplicación de un impacto de cuerpo blando con energía de 240 J en el centro geométrico de ambas caras de la hoja de la puerta, siendo que todos los elementos de cerrado y las cerraduras estén trabados.</p>	
---	---

Las figuras 3 y 4 muestran detalles de ejecución del ensayo. Los resultados son presentados en la tabla 4.



Impacto en sentido de la abertura de la puerta.

Impacto en sentido al cerrado de la puerta

Figura 3- ejecución del ensayo de impacto del cuerpo blando en la puerta



TESIS

Tabla 4 – Resultados de verificación de Resistencia al impacto del cuerpo blando en la puerta.

Sentido	Energía de Impacto (J)	Especificación	Resultado del Ensayo
Impacto en sentido a la abertura de la puerta	240	El sistema no debe presentar desplazamientos o desprendimiento del marco, ni roturas o pérdida de estabilidad de la pared. Se admite en el contorno del marco la ocurrencia de daños localizados como fisuras o astillados	No hubo daños ni desplazamientos en SVVE. No hubo desprendimeinto del marco
Impacto en sentido al cerrado de la puerta	240		No fueron percibidas fallas
Resultado Final:			APROBADO



Figura 4- Detalle del sistema después de impactos en sentido a la abertura.



7 COMENTÁRIOS FINALES

Los resultados presentados en este Ensayo técnico muestran que el sistema constructivo LP BRASIL OSB con revestimiento en placa cementicia aquí detallado atende las exigencias de normalización presentadas en el ítem 3.

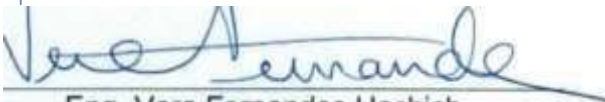
8 EQUIPO TECNICO

- Ing. Edwiges Ribeiro e Ing. Isabella Pastare Valencio.
- Técnicos: Claudio Roberto Lima y Geovane Freitas Maciel

Sao Paulo, 02 de septiembre 2015


Ing. Isabella Pastare Valencio
ingeniera


Eng. Edwiges Ribeiro
Coordenadora


Eng. Vera Fernandes Hachich
Gerente



Anexo A- Montaje del cuerpo de prueba



A seguir mostramos el montaje del cuerpo de prueba del Sistema de Vedación Vertical Externo (SVVE) con el revestimiento en placa cementicia realizado por la LP en el laboratorio TESIS para la evaluación de las solicitudes transmitidas por puertas a paredes.

Paso a paso del montaje del cuerpo de prueba

1° paso) Montaje de estructura metálica: fijación de los perfiles guías y colocación de los montantes de espesor 1,25mm con espacio entre perfiles de 600mm (figura A.1).



Figura A.1 – Fijación del perfil guía

La fijación de la estructura en el local de ensayo fue realizada a través de clavos (9,5 x 101,6)mm en la parte inferior. En la parte superior se fijó con tornillos y tacos.

Los tornillos utilizados para fijación entre los perfiles fueron del tipo tornillo cabeza fresada Philips punta taladro (4,8 x 19)mm.

2° paso) Fijación de las placas LP OSB (figura A.2) con tornillos del tipo punta taladro con estrías (4,2 x 32)mm en la parte externa del sistema.





Figura A.2- Fijación de placas LP OSB

3º paso) Aplicación de la LP Membrana Barrera de Agua con 400mm de superposición.

4º paso) Colocación de lana de fibras de vidrio provista por LP por la parte interna del sistema (Figura A3)



Figura A.3- Colocación de lana de fibra de vidrio en la parte interna del sistema

5º paso) Fijación de las placas LP OSB en la parte interna del sistema con tornillos del tipo cabeza Philips, punta autoroscante (4,2 x 32)mm cada 15cm en el perímetro del panel y cada 30cm en los apoyos intermedios. La unión entre dos placas debe ser hecha bajo la mesa de un montante donde cada placa comparta la mitad de ésta mesa.

6º paso) Fijación de las placas de yeso cerrando la parte interna del sistema. Los tornillos deben estar distanciados de los bordes en un mínimo de 12mm y con espacio de 3mm entre sí para la dilatación del



TESIS

cierre de la cara interna del sistema. Cabe destacar que la junta entre las placas de yeso no deben coincidir con las juntas de las placas de OSB.

7° paso) Tratamiento de la junta disimulada de la cara interna del sistema (Figura A.4).



Figura A.4–Cuerpo de prueba después del tratamiento de juntas de las placas de yeso.

8° paso) Cura de la masilla para el tratamiento de juntas para las placas de yeso (mínimo de 1 día) para la realización de los ensayos.

9° paso) Fijación de las Placas Cementicias Decorlit (espesor de 10mm) con tornillos de cabeza trompeta punta aladro (3,5 x 35)mm, cerrando la parte externa del sistema. Esta etapa fue realizada por el equipo DECORLIT.

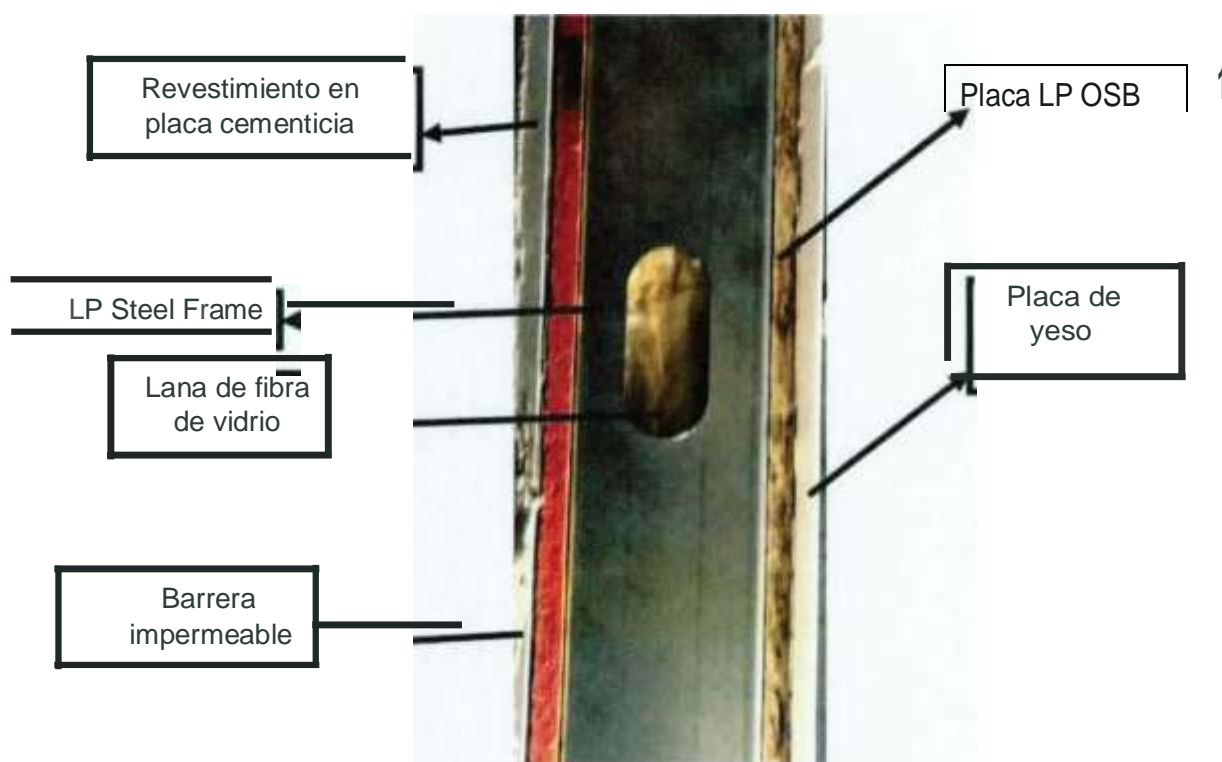
10° paso) Tratamiento de las juntas entre placas cementicias. Esta etapa fue realizada por el equipo DECORLIT.

11° paso) Aplicación de tela y basecoat en la cara externa del sistema (cara de la placa de cementicia). Esa etapa fue realizada por el equipo de DECORLIT.





FiguraA.5- parte externa del sistema con revestimiento en placa cementicia finalizada.



FiguraA.6-Detalle bajo las capas del sistema de fachada ensayado.



TESIS **TECNOLOGIA Y CALIDAD DE SISTEMAS EN INGENIERIA**

CLIENTE **LP BRASIL LTDA.**

Referencia: **EVALUACION DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA CONSTRUIDO LP BRASIL OSB CON REVESTIMIENTO EN PLACA DE CEMENTO**

Asunto: **EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO SOBRE ACCION DE CARGAS HORIZONTALES DISTRIBUIDAS.**

Documento: **1293/RT033**

Diciembre 2015



1 INTRODUCCION

Este ensayo técnico presenta los resultados de l comportamiento sobre acción de cargas distribuidas horizontales del sistema de sellado vertical externo LP BRASIL (SVVE) con el revestimiento en placas cementicias. Esta evaluación es parte de los trabajos de evaluación de desempeño del sistema constructivo LP BRASIL OSB, que consta en el adicional contractual de trabajo PTS/150204A.

El objetivo del ensayo aquí presente es la exploración de algunos valores de presión y desplazamiento presentados por el sistema en cuestión. La configuración ensayada es la presentada en la obra de Colatina/ES, la cual es objeto de evaluación del contrato encima mencionado. Se destaca que el sistema permite diversas configuraciones y esfuerzos estructurales para aumentar la resistencia, tales como contravientos, alteración del espacio entre perfiles, aumento del número de placas de OSB, entre otros.

La verificación de conformidad fue realizada según los criterios de estabilidad y resistencia estructural previstos por las Normas brasileiras de referencia presentadas en el ítem 3 de éste documento.

Para ésta exploración fue escogida la configuración utilizada en la obra evaluada, con espacios entre perfiles de 600mm. El detalle de la muestra evaluada consta en el ítem 2 de éste documento.

A seguir presentamos un detalle del cuerpo de prueba evaluado, del ensayo realizado y de los resultados obtenidos.

2 MUESTRAS EVALUADAS

El montaje del cuerpo de prueba fue hecho por LP BRASIL y Decorlit y siguió los pasos descriptos en el anexo A de éste documento. El cuerpo de prueba fue montado de forma de reproducir fielmente las condiciones de instalación del SISTEMA CONSTRUCTIVO LP BRASIL OSB, inclusive los apoyos/vinculaciones y conforme a las especificaciones técnicas de LP.

Descripción del cuerpo de prueba (muestra 1293/38): sección de SVVE con dimensiones aproximadas de altura 2350mm y largo de 3000mm, constituida por estructuras internas en perfiles de acero galvanizados de 1,25mm de espesor, espaciado entre perfiles de 600mm. La cara externa está constituida de chapas de OSB, placas cementicias DECORLIT (10mm de espesor), telas para tratamiento de juntas y basecoat en el revestimiento. La cara interna está constituida de placas de OSB, chapas de yeso acartonado, cinta y masilla para tratamiento de juntas. La figura 1 ilustra un corte del sistema.



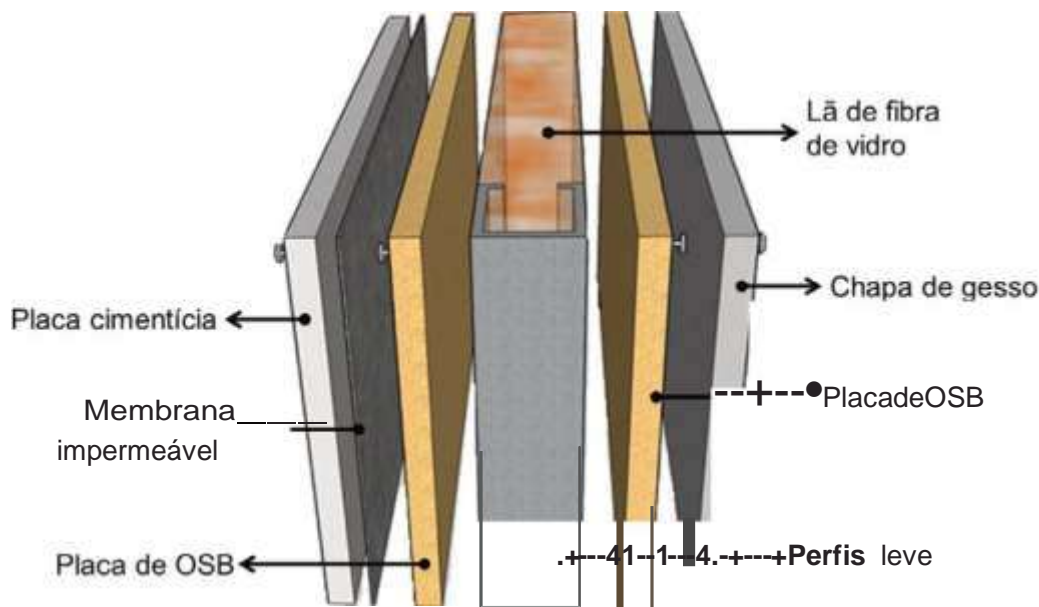


Figura1-Esquema de corte del sistema evaluado (sin escala)

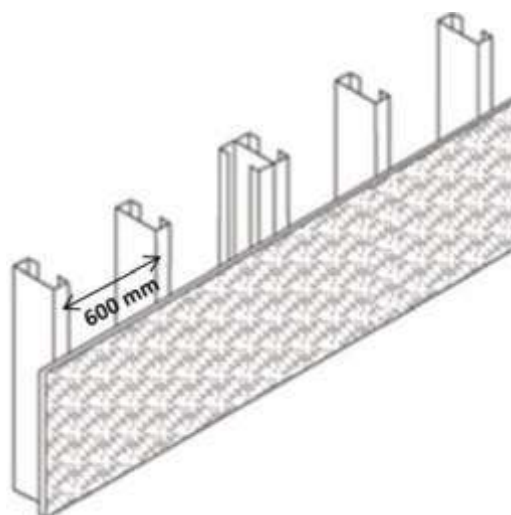


Figura2-Detallado del espacio entre perfiles (sin escala)

El detalle del montaje del cuerpo de prueba se encuentra en el anexo A.

Se destaca que el ensayo aquí presentado fue realizado en la configuración básica del sistema y que para cada implantación debe ser elaborado un cálculo estructural específico, verificando las solicitudes de cada proyecto y las condiciones adecuadas de instalación y montaje. Especial atención debe ser dada a los siguientes detalles.

- Vanos máximos que pueden ser vencidos por el sistema.
- Detalles de refuerzos, dinteles y contravientos en construcción de tramos de puertas y ventanas.
- Detalles de los contravientos necesarios
- Detalles que puedan garantizar que el sistema no absorberá deformaciones en la estructura, por ejemplo deformaciones lentas del SVV
- Detalles de cómo tratar eventualidades de desvíos, inclusive con la previsión de máximos desvíos que pueden ser absorbidos sin necesidad de estructuras auxiliares.



3 REFERENCIA NORMATIVA

La evaluación presentada en éste ensayo técnico tomó como base los siguientes documentos:

- ABNT NBR 6123:1988 y Errata 1:1990– fuerzas debidas al viento en edificaciones.
- **ABNT NBR 15575-4:2013**-Edificaciones habitacionales- Desempeño. Parte 4: Sistemas de sellados verticales internos y externos
- **Directrices para evaluación técnica de Productos nº 003:2012**-Evaluación técnica de sistemas constructivos estructurados en perfiles de acero conformados a frío, con emplacamientos en placas delgadas (Sistemas Livianos tipo “Light Steel Framing”)

4 LABORATORIO

El ensayo fué realizado en el laboratorio TESIS.

5 ENSAYOS REALIZADOS

Para el cuerpo de prueba en cuestión se analizó la estabilidad y la resistencia estructural, por medio de la verificación de resistencia a las cargas laterales uniformemente distribuidas, simulando las acciones horizontales debidas al viento por intermedio de un globo inflable de material plástico, con forme anexo G de ABNT NBR 15575-4:2013. Las cargas laterales (cargas de viento) fueron consideradas conforme 6123:1990.

Como especifica el documento Directrices para la Evaluación técnica de Productos nº003, bajo la acción de las cargas laterales uniformemente distribuidas del sistema LP OSB BRASIL con revestimiento de Placas Cementicias no debe presentar fallas o desplazamientos mayores que los descriptos en la tabla 1.



Tabla1- desplazamientos máximos sobre acción de cargas de servicio.

Especificación de desplazamiento máximo	
Directrices para la evaluación técnica de productos nº003	Muestra 1293/38 donde h(altura de pared)=2350mm
Desplazamiento horizontal instantáneo Dh h/500	Dh 4,7mm
? 彈lazamien瑯 hori穉n瑯 res稷ual dh hr/2500	Dhr 1,0mm

A continuación están algunos detalles de la ejecución de los tests (Figura3).



Figura 3-Aplicación de carga lateral uniformemente distribuida

El resultado considerado para la muestra (dh) fue el mayor entre los desplazamientos medidos en los puntos indicados en la figura 4 a continuación.



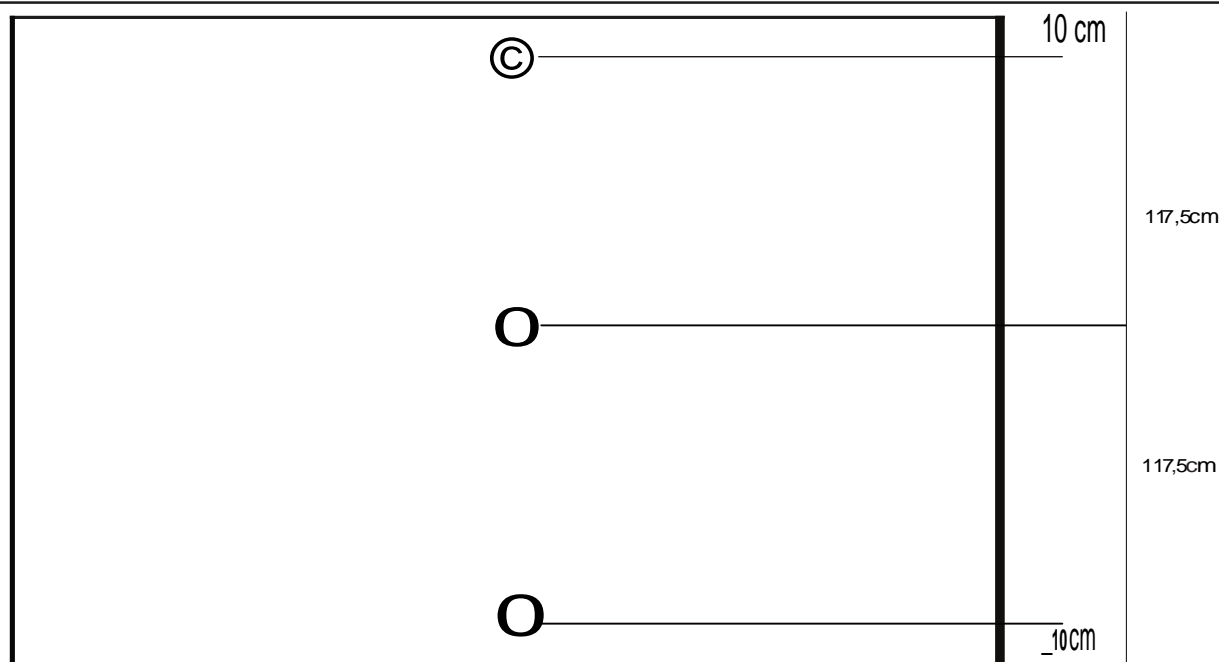


Figura 4-Eschema de posiciones de los relojes comparadores para verificación de los desplazamientos (muestra 1293/38)

6 RESULTADOS OBTENIDOS

La muestra fue testeada conforme la normalización descrita en el ítem 3 y no fueron observadas fallas, tales como fisuras o rupturas. La Tabla 2 muestra los desplazamientos instantáneos obtenidos para cada una de las presiones del ensayo y el desplazamiento residual.

Tabela 2 – Deslocamentos verificados na amostra 1293/38

Pressão (kPa)	Especificação	Deslocamentos d_i (mm)			Deslocamento residual d_R (mm)
		1	2	3	
0,50	$d \leq 4,7$ mm $d_R \leq 1,0$ mm	0,3	0,8	1,3	0
0,60		0,3	1,0	1,3	0
0,70		0,4	1,2	1,4	0
0,80		0,4	1,1	1,1	0
0,90		0,5	1,6	1,5	0
1,00		0,5	1,0	1,5	0
1,10		0,6	2,0	1,6	0
1,20		0,6	2,2	1,6	0
1,30		0,7	2,1	1,7	0
1,40		0,7	2,8	1,8	0
1,50		0,8	2,9	1,8	0
1,60		0,9	3,1	1,9	0
1,70		1,0	3,5	2,0	0

Puede observarse que los desplazamientos presentados por el cuerpo de prueba evaluado se encuentran abajo del límite máximo establecido por la Norma Brasileira ABNT NBR 15575-4:2013.



El ensayo fue paralizado en 1,7kPa debido a las limitaciones de los equipamientos del laboratorio. Este valor de presión es suficiente para garantizar resistencia mecánica para las casas superpuestas y dúplex (modelos objeto del anexo contractual de trabajo PTS/150204A). Se destaca que la muestra evaluada fue construida considerando la configuración de la obra evaluada, según el detalle en el ítem 2 de este documento. El sistema permite diversas configuraciones y refuerzos estructurales en caso necesario. Para cada caso debe ser realizado el cálculo estructural específico.

7 COMENTÁRIOS FINAIS

Los resultados presentados en este Reporte Técnico muestran que el Sistema Constructivo LP BRASIL OSB con revestimiento de placas Cementicias aquí detallado atiende a las exigencias de la normalización presentada en el ítem 3 para presiones de hasta 1,7 kPa. Para esa exploración fue escogida la configuración detallada en el ítem 2, la cual es objeto de evaluación del contrato mencionado en el ítem 1.

Se destaca que el sistema permite diversas configuraciones y refuerzos estructurales para aumentar la resistencia, tales como contravientos, alteración del espacio entre perfiles, aumento del número de placas de OSB entre otros.

Finalmente reiteramos que la exploración aquí presentada provee apenas una indicación preliminar para la selección del sistema. Para cada implantación del sistema, debe ser elaborado un cálculo estructural específico.

8 EQUIPO TÉCNICO

- Ing. Edwiges Ribeiro e Eng. Isabella Pastore Valencia
- Técnicos: Cláudio Roberto Lima y Geovane Freitas Maciel

São Paulo, 15 de diciembre de 2015


Eng. Isabella Pastore Valencio
Engenheira


Eng. Edwiges Ribeiro
Coordenadora


Eng. Vera Fernandes Hachich Gerente



Anexo A- Montaje del cuerpo de prueba



A seguir mostramos el montaje del cuerpo de prueba del Sistema de Vedación Vertical Externo (SVVE) con revestimiento de placa Cementicia, realizada por el laboratorio TESIS para la evaluación del comportamiento bajo la acción de cargas distribuidas horizontales.

Paso a paso del montaje del cuerpo de prueba

1º paso) Montaje de la estructura metálica: fijación de los perfiles guías y colocación de los montantes de espesor 1.25mm con separación entre perfiles de 600mm(FiguraA.1).



FiguraA.1-Fijación del perfil guía.

La fijación de la estructura en el local de ensayo fue hecha a través de pernos(9,5x101,6) mm en la parte inferior. En la parte superior la fijación fue hecha de tornillos y tacos.

Los tornillos utilizados para la fijación entre los perfiles fueron de tipo tornillo cabeza fresada y punta broca (4,8x19) mm.

2º paso) Fijación de las placas LP OSB (Figura A2) con tornillos del tipo punta broca con estrías (4,2 x 32) mm en la parte externa del sistema

3º paso) Aplicación de la LP Membrana con 400mm de superposición.

4º paso) Colocación de la lana de fibras de vidrio provista por la LP para la parte interna del sistema.



Figura A.2-Fijación de las placas LP OSB

5º paso) Fijación de las placas LP OSB en la parte interna del sistema con tornillos del tipo cabeza trompeta, punta auto roscante (4,2 x 32) mm cada 15 cm en el perímetro del panel y cada 30 cm en los apoyos intermedios. La unión entre las dos placas adyacentes debe ser hecha bajo la mesa de un montante,



donde cada placa comparte mitad de esa mesa.

6° paso) Fijación de las placas de yeso cerrando la parte interna del sistema. Los tornillos deben quedar distanciados de los bordes en mínimo 12mm y con distancia de 3 mm entre sí para la dilatación para el emplacado de la cara interna del sistema. Se destaca que la junta entre las placas de yeso no deben coincidir con las juntas de las placas de OSB.

7°paso) Tratamiento de la junta disimulada de la cara interna del sistema (FiguraA.3).

8°paso) Curado de masilla para tratamiento de juntas para placas de yeso (mínimo de 1 día) para la realización de los ensayos.

9°paso) Fijación de las Placas Cementicias Decorlit (espesor de 10mm) con tornillos de tipo cabeza trompeta punta broca (3,5 x 35) mm, cerrando la parte externa del sistema. Esta etapa fue realizada por el equipo DECORLIT.

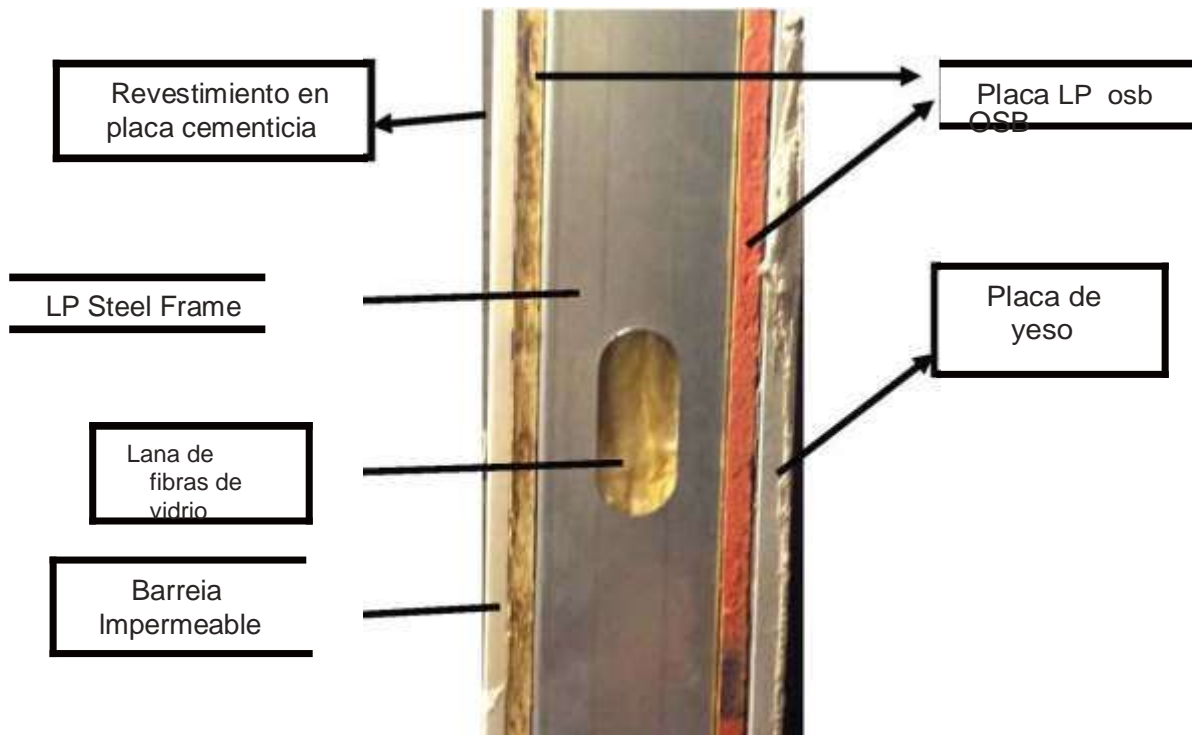
10° paso) Tratamiento de las juntas entre placas cementicias. Esta etapa fue realizada por el equipo DECORLIT.

11° paso) Aplicación de tela y basecoat bajo la cara externa del sistema (cara de la placa cementicia). Esta etapa fue realizada por el equipo DECORLIT.



FiguraA.3-Detalle del cuerpo de prueba tras el tratamiento de juntas de las placas.





FiguraA.4-Detalle de las capas del Sistema de fachada ensayado.



TESIS TECNOLOGÍA Y CALIDAD DE SISTEMAS EN INGENIERÍA LTDA.

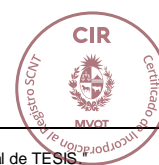
CLIENTE LP BRASIL LTDA.

Referencia: EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO LP BRASIL OSB

Asunto: INFORME TÉCNICO – ENSAYOS IN SITU EN SISTEMA DE PISO CONSTITUÍDO DE PERFIL METÁLICO, PLACA DE OSB Y CONTRAPISO CON MORTERO REFORZADO CON FIBRAS (4 CM PARA ÁREA MOJA Y 7CM PARA LAS DEMÁS ÁREAS)

Documento: 1293/RT006

JULIO/2015



"Este informe de ensayo se refiere solamente a las muestras ensayadas"
"Este informe de ensayo solo debe ser reproducido completo. Reproducción parcial requiere de la aprobación formal de TESIS"

ÍNDICE

1 INTRODUCCION	3
2 MUESTRAS EVALUADAS	3
3 REFERENCIA NORMATIVA.....	4
4 ENSAYOS REALIZADOS.....	4
5 LOCAL DE REALIZACION DE LOS ENSAYOS.....	7
6 RESULTADOS OBTENIDOS	7
7 COMENTARIOS FINALES.....	13
8 EQUIPO TÉCNICO	13



"Este informe de ensayo se refiere solamente a las muestras ensayadas"
 "Este informe de ensayo solo debe ser reproducido completo. Reproducción parcial requiere de la aprobación formal de TESIS."

1. INTRODUCCION

Este Informe Técnico presenta los resultados de la evaluación de las siguientes pruebas realizadas en el sistema de piso compuesto por perfil metálico (treliza), placa OSB (18 mm - cara superior) de LP Brasil:

- Impacto de cuerpo blando;
- Impacto de cuerpo duro;
- Resistencia a la carga vertical concentrada.
- Estanqueidad de pisos en áreas mojadas.
- Estanqueidad de pisos en áreas expuestas a humedad.

Estos ensayos fueron realizados en la obra ubicada en Colatina / ES, los días 23 al 27 de febrero de 2015.

Esta evaluación forma parte de la EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO LP BRASIL OSB, que se incluye en el anexo contractual de trabajo PTS / 150204A.

La figura 1 muestra la etapa de trabajo de la obra durante ésta visita.

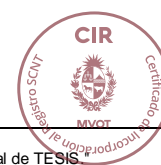


Figura 1: etapa de la obra durante la visita.

2. MUESTRAS EVALUADAS

Los ensayos fueron realizados en la siguiente constitución del sistema de piso:

- Ensayos de impacto de cuerpo blando, impacto de cuerpo duro y Resistencia a la carga vertical concentrada:
- Sistema de piso compuesto por perfil metálico (treliza compuesta por perfiles metálicos de 1,2 mm de espesor) , placa de OSB (18 mm), contrapiso de mortero de 4cm y piso cerámico.
- Ensayo de estanqueidad de pisos en áreas expuestas a humedad:
- Sistema de piso constituido por perfil metálico treliza compuesta por perfiles metálicos de 1,2 mm de espesor) , placa de OSB (18 mm), contrapiso de mortero de 7cm y piso cerámico.



"Este informe de ensayo se refiere solamente a las muestras ensayadas"
 "Este informe de ensayo solo debe ser reproducido completo. Reproducción parcial requiere de la aprobación formal de TESIS"

La figura 2 ilustra éstos sistemas.

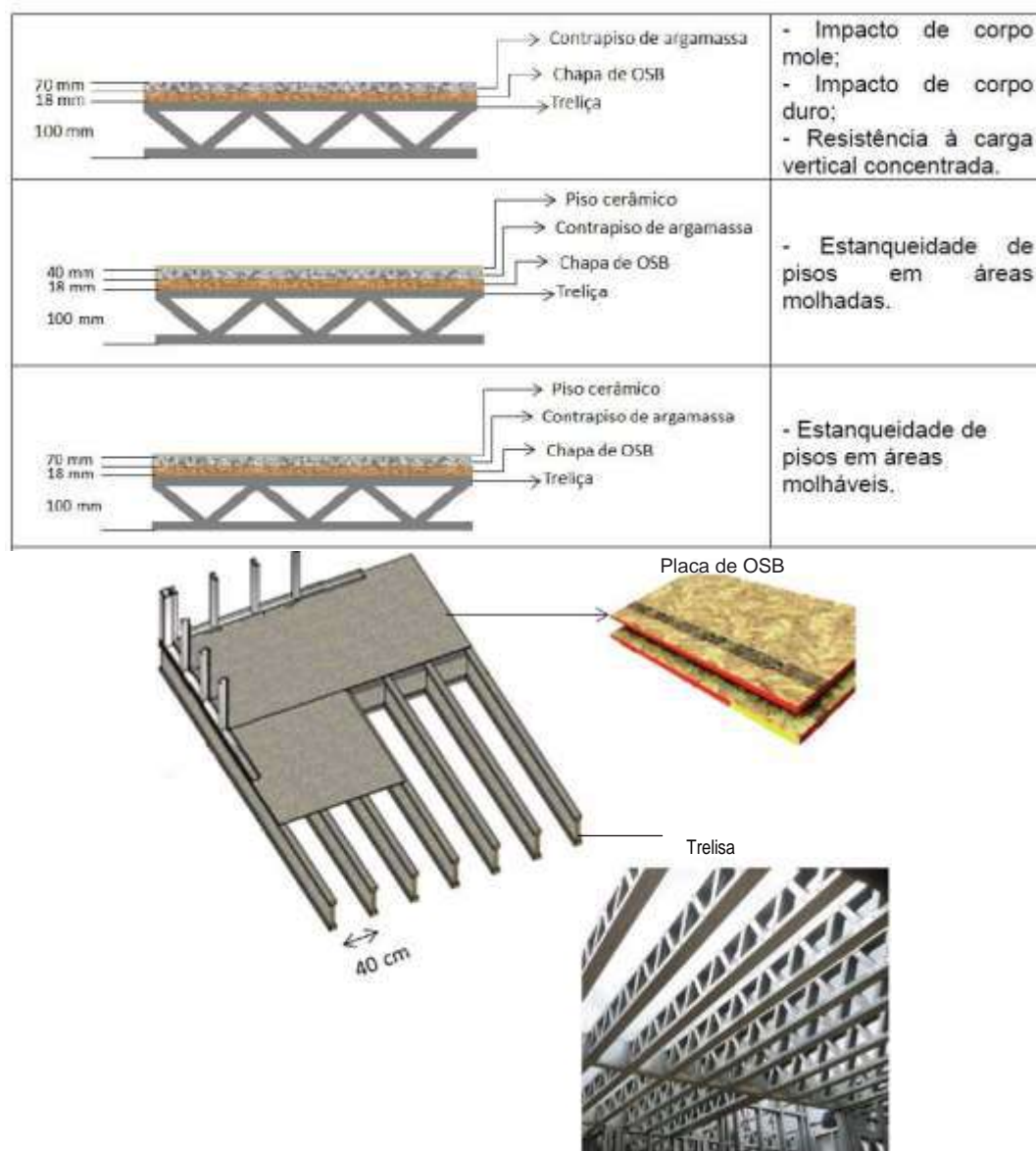


Figura 2: exemplo del Sistema de piso 1

3. REFERENCIA NORMATIVA

La evaluación presentada en éste document tomó como base la actual Norma de Desempeño de Edificaciones descripta a seguir:

- **ABNT NBR 15575-1 / 2013** - Edifícios residenciais de hasta cinco plantas: Desempeño - Parte 1: Requisitos generales.
- **ABNT NBR 15575-2 / 2013** - Edifícios residenciais de hasta cinco plantas: Rendimiento - Parte 2: Requisitos para los sistemas estructurales.
- **ABNT NBR 15575-3 / 2013** - Edifícios residenciais de hasta cinco pisos: Desempeño - Parte 3: Requisitos para los sistemas de pisos internos.



"Este informe de ensayo se refiere solamente a las muestras ensayadas"
 "Este informe de ensayo solo debe ser reproducido completo. Reproducción parcial requiere de la aprobación formal de TESIS."

4. ENSAYOS REALIZADOS**4.1 Impacto de cuerpo blando**

Según el ítem 7.4 de la ABNT NBR 15575-2: 2013, los sistemas de piso, bajo la acción de impacto del cuerpo blando:

- No pueden sufrir rotura o inestabilidad bajo las energías de impacto establecidas en la tabla 1, siendo tolerada la ocurrencia de fisuras, descascarado, delaminaciones y otros daños en impacto de seguridad, respetando los límites para deformaciones instantáneas y residuales de los componentes.

- No pueden causar daños a otros componentes acoplados a los componentes bajo ensayo.

La Tabla 1 presenta las energías de impacto del cuerpo blando y los criterios para el desempeño mínimo de sistema de pisos.

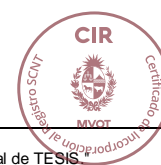
Tabla 1 – Criterios y niveles de desempeño para el impacto de cuerpos blandos en Pisos

Energía de impacto de cuerpo blando (J)	Criterio de desempeño mínimo
960	Sin roturas ni perforaciones. Permitido: defectos superficiales como abolladuras, fisuras, astillas, desprendimientos y desagregaciones
720	
480	
360	No ocurrieron fallas
240	No ocurrieron fallas Limitación de desplazamiento vertical ($dv \leq L/300$; $dRv \leq L/900$)
120	No ocurrieron fallas

Para los componentes estructurales ligeros, es decir, aquellos con masa específica menor o igual a 1200 kg / m³ o peso propio menor o igual a 60 kg / m², se permite desplazamientos instantáneos equivalentes al doble de los valores indicados en la tabla anterior.

Para la aplicación de la energía necesaria de impacto de cuerpo blando, el Anexo C de la ABNT NBR 15575-2: 2013 indica qué masa y alturas generan las energías de impacto indicadas en la Tabla 1.

Estos valores se muestran en la Tabla 2.



"Este informe de ensayo se refiere solamente a las muestras ensayadas"
"Este informe de ensayo solo debe ser reproducido completo. Reproducción parcial requiere de la aprobación formal de TESIS"

Tabla 2 — Masa de cuerpo blando, altura y energía de impacto

Energía de impacto del cuerpo blando	m (kg)	h (m)
960	40	2,40
720	40	1,80
480	40	1,20
360	40	0,90
240	40	0,60
180	40	0,45
120	40	0,30

3.1 Impacto de cuerpo duro

De acuerdo con la ABNT NBR 15575-3: 2013, el sistema de piso debe resistir los impactos de cuerpos duros previsible en condiciones normales de servicio, sin presentar ninguna rotura en el sistema de pisos. Los impactos con energías mayores se refieren al estado límite último y los de menores energías se refieren a los estados límites de uso.

Bajo la acción de impactos de cuerpo duro, el sistema de piso debe cumplir con los requisitos indicados en la Tabla 3.

Tabla 3 – Criterios y niveles de desempeño para el impacto de cuerpo duro en sistemas de pisos

Energía de impacto de cuerpo duro (J)	Criterio de desempeño
5	No ocurrió rotura completa de la capa de terminación. Permitido: fallas superficiales como abolladuras, astillado y averías.
30	No ocurrió rotura ni perforación. Permitido: Defectos superficiales como abolladuras, astillado y averías.

Para la aplicación de la energía de impacto de cuerpo duro requerida, el Anexo A de la ABNT NBR 15575-3: 2013 indica qué masas de las esferas de acero (cuerpo duro) y a qué alturas deben lanzarse.

Estos valores se muestran en la Tabla 4.



"Este informe de ensayo se refiere solamente a las muestras ensayadas"
"Este informe de ensayo solo debe ser reproducido completo. Reproducción parcial requiere de la aprobación formal de TESIS."

Tabla 4 – Masa de cuerpo duro, altura y energía de impacto

Energía de impacto del cuerpo duro (J)	m (kg)	h (m)
30	1	3
20	1	2
10	1	1
5	0,5	1
3,75	0,5	0,75
2,5	0,5	0,50

4.3 Resistencia a la carga vertical concentrada

De acuerdo con el ítem 7.4 de ABNT NBR 15575-3: 2013, el sistema de piso debe soportar cargas verticales concentradas previsibles bajo condiciones normales de servicio, sin mostrar daños localizados o desplazamientos excesivos.

Los sistemas de piso no pueden presentar rotura o cualquier otro daño al ser sometidos a cargas verticales concentradas de 1kN, aplicadas en el punto más desfavorable, y no pueden presentar desplazamientos mayores a $L/500$, si están constituidos o revestidos con material rígido, o $L/300$ si están constituidos o revestidos de material dúctil.

Las cargas deben ser aplicadas a través de un modelo formado por un triángulo equilátero de 450 mm de lado. Bajo cada punta del triángulo se debe aplicar una carga de 1 kN.

4.4 Estanqueidad de sistemas de pisos en áreas mojadas.

De acuerdo con el ítem 10.4 de la ABNT 15575-3:2013, las áreas mojadas del sistema de piso deben impedir el paso de la humedad para otros elementos constructivos de la habitación.

Los sistemas de pisos de áreas mojadas no pueden permitir el surgimiento de humedad, permaneciendo la superficie inferior y los encuentros con las paredes y pisos adyacentes que los delimitan secos cuando sean sometidos a una lámina de agua de mínimo 10mm en su punto más alto durante 72 horas.

Las áreas mojadas tampoco pueden presentar daños después de 24 horas de la retirada del agua, de acuerdo con el ítem 14.2 de la ABNT NBR 15575-3:2013

La alteración de tonalidad visible al ojo humano es permitida desde que sea informado previamente por el fabricante y conste en el manual de uso, operación y manutención del usuario.

4.5 Estanqueidad de sistemas de pisos en áreas próximas al agua

Las áreas próximas al agua de los sistemas de pisos cuando sean expuestas a una lámina de agua de 10mm en la cota más alta y por un período de 72 horas no podrán presentar luego de las 24 horas de la retirada del agua daños como burbujas, fisuras, ampollas, descollamientos, deslaminados, eflorescencia y desprendimiento superficial.

La alteración de tonalidad visible al ojo humano es permitida desde que sea informado previamente por el fabricante y conste en el manual de uso, operación y manutención del usuario



"Este informe de ensayo se refiere solamente a las muestras ensayadas"
 "Este informe de ensayo solo debe ser reproducido completo. Reproducción parcial requiere de la aprobación formal de TESIS"

5 LOCAL DE REALIZACION DE LOS ENSAYOS

Todos los ensayos fueron realizados in situ, en la construcción del condominio residencial "Aldeia Imperial", ubicado en la ciudad de Colatina/ ES. Los ensayos fueron realizados por el equipo técnico de TESIS



Figura 3: localización del sistema de piso evaluado.

6 RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados de las pruebas realizadas en las diferentes tipologías se encuentran en los ítems 6.1 al 6.6

6.1 Impacto de cuerpo blando

Las pruebas de impacto de cuerpo blando fueron realizadas a través del impacto de un cuerpo de 40 kg en las alturas indicadas en la Tabla 2. La Figura 4 ilustra la ejecución de la prueba.



Figura 4: foto tomada durante la realización del ensayo de impacto de cuerpo blando en el sistema de piso.

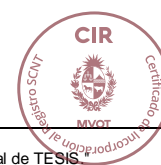


"Este informe de ensayo se refiere solamente a las muestras ensayadas"
 "Este informe de ensayo solo debe ser reproducido completo. Reproducción parcial requiere de la aprobación formal de TESIS."

La figura 5 muestra la dimensión de los desplazamientos instantáneos y residuales.



Las tablas 5 y 6 muestran los resultados de las pruebas de impacto de cuerpo blando.



TESIS

Tab la 5 – Resultado del ensayo de impacto de cuerpo blando en el sistema de piso entre perfiles

Energia de impacto de corpo mole (J)	Critério de desempenho mínimo	Resultado
120	Não ocorrência de falhas	$d_V = 0 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ Não foram percebidas falhas
180		$d_V = 0 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ Não foram percebidas falhas
240	Não ocorrência de falhas Limitação de deslocamento vertical ($d_V \leq 18,6 \text{ mm}$; $d_{RV} \leq 3,1 \text{ mm}$)	Não foram percebidas falhas $d_V = 1 \text{ mm}$ $d_{RV} = 0 \text{ mm}$
360	Não ocorrência de falhas	$d_V = 2 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ Não foram percebidas falhas
480		$d_V = 3 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ Não foram percebidas falhas
720		$d_V = 3 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ Não foram percebidas falhas
960	Não ocorrência de ruína e traspassamento. Permitidas: falhas superficiais, como mossas, fissuras, lascamentos, destacamentos e desagregações	$d_V = 4 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ Não foram percebidas falhas Não ocorreu traspassamento. Não ocorreu ruína.

Tab la 6 — Resultado del ensayo de impacto de cuerpo blando en sistema de piso — sobre el perfil

Energia de impacto de corpo mole (J)	Critério de desempenho mínimo	Resultado
120	Não ocorrência de falhas	$d_V = 0 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ Não foram percebidas falhas
180		$d_V = 0 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ Não foram percebidas falhas
240	Não ocorrência de falhas Limitação de deslocamento vertical ($d_V \leq 18,6 \text{ mm}$; $d_{RV} \leq 3,1 \text{ mm}$)	Não foram percebidas falhas $d_V = 0 \text{ mm}$ $d_{RV} = 0 \text{ mm}$
360	Não ocorrência de falhas	$d_V = 1 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ Não foram percebidas falhas
480		$d_V = 2 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ Não foram percebidas falhas
720		d_V e d_{RV} não visíveis. Não foram percebidas falhas
960	Não ocorrência de ruína e traspassamento. Permitidas: falhas superficiais, como mossas, fissuras, lascamentos, destacamentos e desagregações	$d_V = 3 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ Não foram percebidas falhas. Não ocorreu traspassamento. Não ocorreu ruína.

6.2 Impacto de cuerpo duro



"Este informe de ensayo se refiere solamente a las muestras ensayadas"

"Este informe de ensayo solo debe ser reproducido completo. Reproducción parcial requiere de la aprobación formal de TESIS."

TESIS

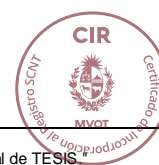
El ensayo de impacto de cuerpo duro fue realizado aplicándose las energías de impacto establecidas en la Tabla 4. La figura 6 ilustra la realización del ensayo y la Figura 7 uno de los cuerpos de impacto.



Figura 6: foto tomada durante la realización del ensayo de impacto de cuerpo duro



Figura 7: foto de la esfera de impacto de cuerpo duro de 1kg.
Los resultados del ensayo de impacto de cuerpo duro se encuentran en la tabla 7.



"Este informe de ensayo se refiere solamente a las muestras ensayadas"
"Este informe de ensayo solo debe ser reproducido completo. Reproducción parcial requiere de la aprobación formal de TESIS"



Figura 6: vista de la deformación ocurrida en el perfil durante el ensayo de impacto de cuerpo blando en el sistema de piso sobre el perfil (tabela 6).

6.2 Impacto de cuerpo duro

El ensayo de impacto de cuerpo duro fué realizado aplicándose las energía de impacto establecidas en la Tabla 4. La figura 6 ilustra la realización del ensayo y la Figura 7 uno de los cuerpos de impacto.



Figura 7: foto tirada durante la realización del ensayo de impacto de cuerpo duro en el sistema de piso.



Figura 8: foto de la esfera de impacto de cuerpo duro de 1kg.

Los resultados de ensayo de impacto de cuerpo duro se detallan en la tabla 7.



Tabla 7 – Resultado del ensayo de impacto de cuerpo duro en el sistema de piso

"Este informe de ensayo se refiere solamente a las muestras ensayadas"
 "Este informe de ensayo solo debe ser reproducido completo. Reproducción parcial requiere de la aprobación formal de TESIS."

Energía de impacto de cuerpo duro (J)	Criterio de desempeño	Resultado
5	Sin rotura completa de la capa de acabado. Permitido: Defectos superficiales como abolladuras y astillado	No hubo fallas.
3,75		No hubo fallas
2,5		No hubo fallas
30	No hubo rotura ni atravesamiento. Permitidas: fallas superficiales como astillados y desagregados	No hubo fallas ni atravesamiento. No hubo rotura.
20		No hubo fallas ni atravesamiento. No hubo rotura
10		No hubo fallas ni atravesamiento. No hubo rotura

6.3 Resistencia a la carga vertical concentrada

La prueba de carga vertical concentrada en el sistema de piso se llevó a cabo concentrando 3 kN de carga en 3 puntos de aplicación de carga. Se utilizó el siguiente conjunto:

- Fondo: Plantilla de aluminio en forma de placa rectangular con 3 "pies" de 025mm formando un triángulo equilátero de 450 mm en el lateral

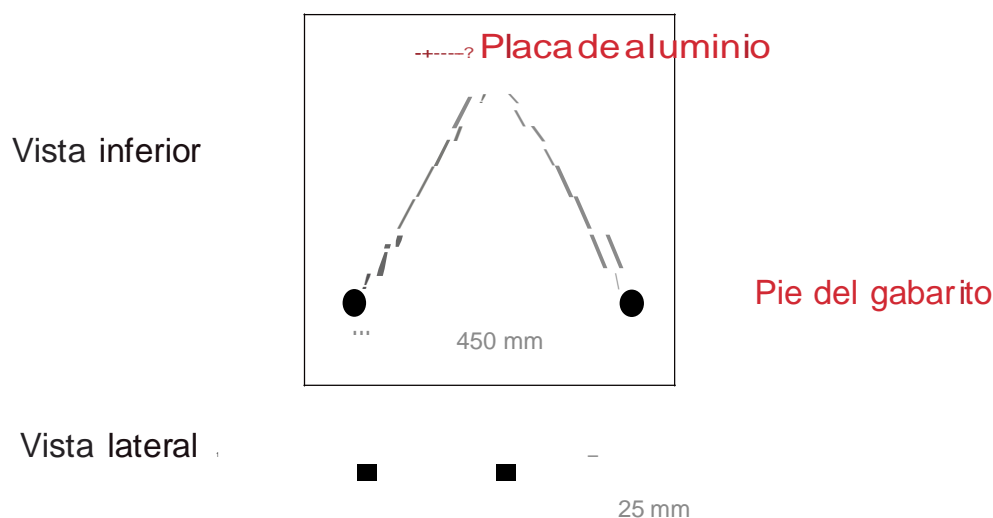
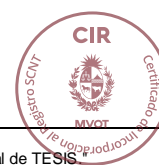


Figura 9: esquema del gabarito para aplicación de la carga concentrada.

- Medio: Fue colocada una chapa de OSB encima del gabarito para evitar la deformación de la carga.
- Parte superior: La carga fue aplicada a través de un reservatorio con agua



"Este informe de ensayo se refiere solamente a las muestras ensayadas"
"Este informe de ensayo solo debe ser reproducido completo. Reproducción parcial requiere de la aprobación formal de TESIS"



Figura 10: foto de la aplicación de la carga.



Figura 11: fotos de la medición de la flecha.

Los resultados de la prueba de carga vertical concentrada se muestran en la tabla 8.

Tabla 8 - Resultado de la prueba de carga vertical concentrada en el sistema de piso

Carga total aplicada	Criterio de desempeño mínimo	Resultado
3 kN	$L/300 = 9,3 \text{ mm}$	La flecha total fué de 3 mm.



"Este informe de ensayo se refiere solamente a las muestras ensayadas"
 "Este informe de ensayo solo debe ser reproducido completo. Reproducción parcial requiere de la aprobación formal de TESIS."

6 COMENTARIOS FINALES

Los resultados presentados en este Informe Técnico muestran que el Sistema de Piso OSB LP Brasil compuesto por perfil metálico y chapa OSB fue considerado aprobado en el
Pruebas de impacto de cuerpo blando, impacto de cuerpo duro y resistencia a la carga vertical concentrado.

Cabe destacar que cada proyecto debe incluir los detalles constructivos necesarios para que se mantengan estas condiciones.

7 EQUIPO TÉCNICO

- Ing. Edwiges Ribeiro e Ing. Lsabella Pastore Valencia
- Técnico: Cláudio Roberto Lima

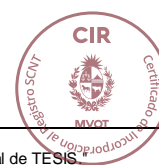
Sao Paulo, 01 de julio de 2015



Eng. Edwiges Ribeiro
Coordinadora



Eng. Vera Fernandes Hachich
Gerente



"Este informe de ensayo se refiere solamente a las muestras ensayadas"

"Este informe de ensayo solo debe ser reproducido completo. Reproducción parcial requiere de la aprobación formal de TESIS"

TESIS TECNOLOGIA Y CALIDAD DE SISTEMAS EN INGENIERÍA LTDA.

CLIENTE LP BRASIL LTDA.

Referencia: EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO LP BRASIL OSB

Asunto: INFORME TÉCNICO - PRUEBAS EN EL LUGAR SOBRE SISTEMA DE PISO CONSTITUIDO DE PERFIL METÁLICO, PLACA OSB Y SUSTRATO DE MORTERO REFORZADO CON FIBRA (4 CM PARA ZONA HÚMEDA Y 7 CM PARA OTRAS ZONAS)

Documento: 1293 / RT006

JUNIO / 2015

"Este relatório de ensaio refere-se somente as amostras ensaiadas."

"Este relatório de ensaio só deve ser reproduzido completo. Reprodução de parte requer aprovação escrita da Tesis."

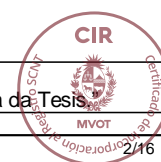


ÍNDICE

1	INTRODUCCION.....	3
2	MUESTRA EVALUADAS	3
3	REFERENCIA NORMATIVA	5
4	ENSAYOS REALIZADOS	5
5	LOCAL DE REALIZACION DE LOS ENSAYOS	8
6	RESULTADOS OBTENIDOS.....	9
7	COMENTARIOS FINALES	16
8	EQUIPO TÉCNICO	16

"Este relatório de ensaio refere-se somente as amostras ensaiadas."

"Este relatório de ensaio só deve ser reproduzido completo. Reprodução de parte requer aprovação escrita da Tesis."



1. INTRODUCCIÓN

Este Informe Técnico presenta los resultados de la evaluación de los siguientes ensayos realizados en el sistema de pavimento compuesto por perfil metálico (truss), placa OSB (18 mm - cara superior) y subsuelo de mortero (4 cm para zona húmeda y 7 cm para otros áreas) de LP Brasil:

- Impacto de cuerpo blando;
- Impacto de cuerpo duro;
- Resistencia a la carga vertical concentrada;
- Estanqueidad de suelos en zonas húmedas;
- Estanqueidad de suelos en zonas húmedas.

Estas pruebas se realizaron en la obra ubicada en Colatina / ES, del 23 al 27 de febrero de 2015.

Esta evaluación forma parte de la EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO LP BRASIL OSB, que se incluye en la modificación contractual PTS / 150204A.

La figura 1 muestra la etapa de trabajo durante esta



visita.

Figura 1: estado de la obra durante la visita.

1 MUESTRAS EVALUADAS

Las pruebas se realizaron en las siguientes constituciones del sistema de pisos:

■ cuerpo duro y carga vertical concentrada:

- Sistema de suelo compuesto por perfil metálico (truss formado por perfiles metálicos de 1,2 mm de espesor), placa OSB (18 mm) y subsuelo de mortero de 7 cm;

- Sistema de suelo compuesto por perfil metálico (truss formado por perfiles metálicos de 1,2 mm de espesor), placa OSB (18 mm), subsuelo de mortero de 4 cm y suelo cerámico;

"Este relatório de ensaio refere-se somente as amostras ensaiadas."

"Este relatório de ensaio só deve ser reproduzido completo. Reprodução de parte requer aprovação escrita da Tesis."



- Sistema de suelo compuesto por perfil metálico (truss formado por perfiles metálicos de 1,2 mm de espesor), placa OSB (18 mm), subsuelo de mortero de 7 cm y suelo cerámico.

La figura 2 ilustra éstos sistemas.

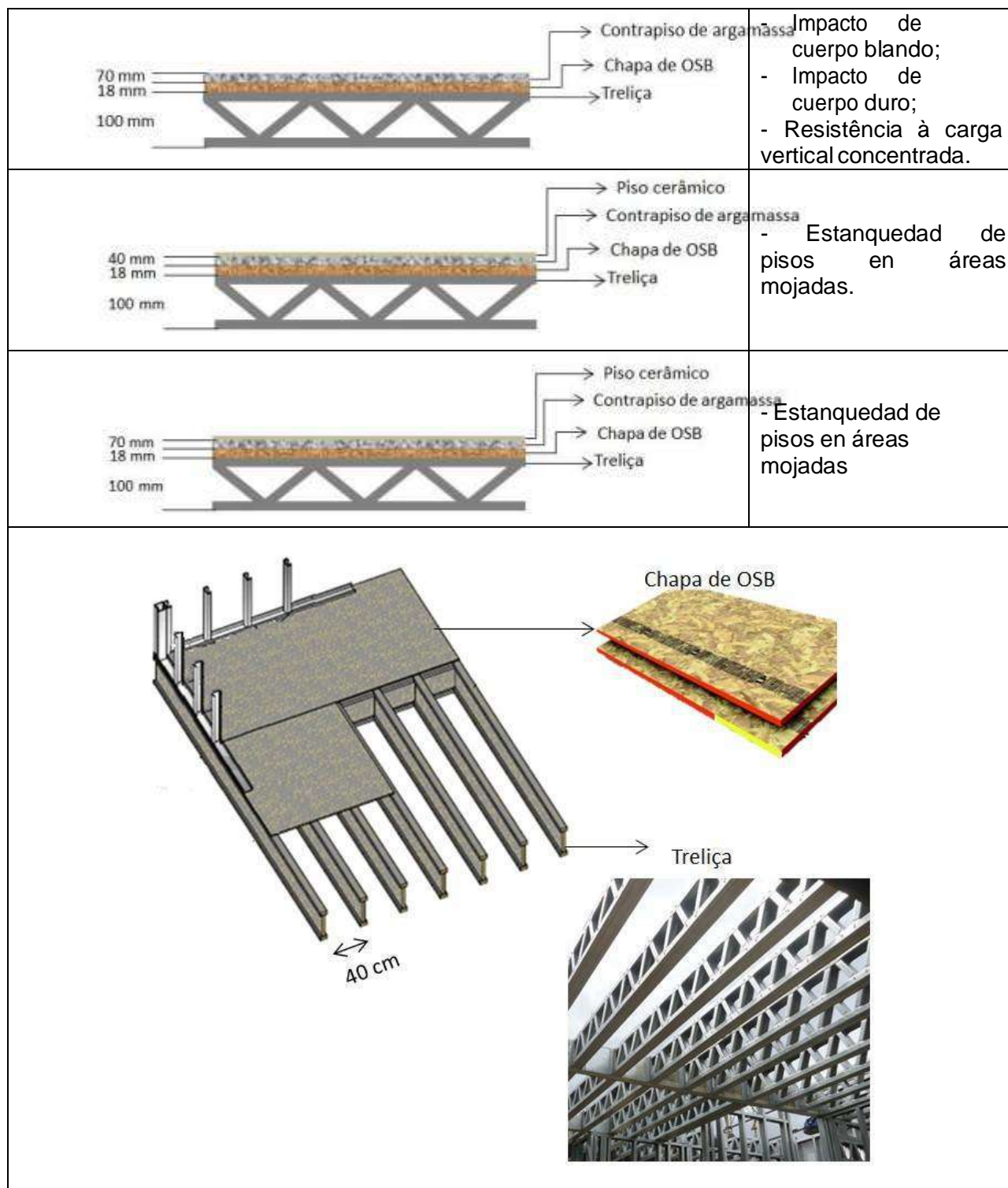


Figura 2: Ilustración del sistema de piso evaluado.

“Este relatório de ensaio refere-se somente as amostras ensaiadas.”
 “Este relatório de ensaio só deve ser reproduzido completo. Reprodução de parte requer aprovação escrita da Tesis.”

ABNT NBR 15575-2 / 2013 - Edifícios residenciais de hasta cinco pisos: Desempeño - Parte 2: Requisitos para sistemas estructurales.

ABNT NBR 15575-3 / 2013 - Edifícios residenciais de hasta cinco pisos: Desempeño - Parte 3: Requisitos para sistemas de pisos internos.

3 PRUEBAS REALIZADAS

4.1 Impacto de cuerpo blando

Según el ítem 7.4 de ABNT NBR 15575-2: 2013, los sistemas de piso, bajo la acción de impacto de cuerpo blando:

■ No pueden sufrir rotura o inestabilidad bajo las energías de impacto establecidas en la tabla 1, tolerándose la ocurrencia de grietas, escamas, delaminaciones y otros daños en impacto de seguridad, respetando los límites de deformaciones instantáneas y residuales de los componentes.

■ No puede causar daños a otros componentes acoplados a los componentes bajo prueba.

La Tabla 1 presenta las energías de impacto del cuerpo blando y los criterios para el desempeño mínimo del sistema de pisos.

Tabla 1 – Criterios y niveles de desempeño para el impacto de cuerpo blando en pisos

Energía de impacto de cuerpo blando (J)	Criterio de desempeño mínimo
960	No hubo ruptura ni perforación. Permitido: defectos superficiales como abolladuras, grietas, astillas y desprendimientos.
720	
480	
360	No hubo fallas
240	No hubo fallas Limitación de movimiento vertical ($d_v \leq L/300$; $d_{RV} \leq L/900$)
120	No hubo fallas

“Este relatório de ensaio refere-se somente as amostras ensaiadas.”

“Este relatório de ensaio só deve ser reproduzido completo. Reprodução de parte requer aprovação escrita da Tesis.”



Para componentes estructurales ligeros, es decir, aquellos con masa específica menor o igual a 1200 kg / m³ o peso propio menor o igual a 60 kg / m², se permiten desplazamientos instantáneos equivalentes al doble de los valores indicados en la tabla anterior.

Para la aplicación de la energía de impacto de cuerpo blando requerida, el Anexo C de ABNT NBR 15575-2: 2013 indica qué masa y alturas generan las energías de impacto indicadas en la Tabla 1. Estos valores se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 – Masa de cuerpo blando, altura y energía de impacto

Energía de impacto de cuerpo blando (J)	m (kg)	h (m)
960	40	2,40
720	40	1,80
480	40	1,20
360	40	0,90
240	40	0,60
180	40	0,45
120	40	0,30

4.1 Impacto de cuerpo duro

De acuerdo con ABNT NBR 15575-3: 2013, el sistema de piso debe resistir los impactos de un cuerpo duro que son predecibles bajo condiciones normales de servicio, sin causar daño al sistema de piso. Los impactos con energías más altas se refieren al estado límite último y aquellos con energías más bajas se refieren a los estados límite de utilización.

Bajo la acción de impactos de cuerpos duros, el sistema de piso debe cumplir con los requisitos indicados en la Tabla 3.

“Este relatório de ensaio refere-se somente as amostras ensaiadas.”
 “Este relatório de ensaio só deve ser reproduzido completo. Reprodução de parte requer aprovação escrita da Tesis.”

Tabla 3 – Criterios y niveles de desempeño para impacto de cuerpo duro en sistemas de pisos

Energía de impacto de cuerpo duro (J)	Criterio de desempeño
5	Sin rotura completa de la capa superior. Permitido: Defectos superficiales como abolladuras, astillado y desmoronamiento.
30	No hubo rotura ni traspaso.

Para la aplicación de la energía de impacto de cuerpo duro requerida, el Anexo A de ABNT NBR 15575-3: 2013 indica qué masas de bolas de acero (cuerpo duro) y alturas deben lanzarse. Estos valores se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4 – Masa de cuerpo duro, altura y energía de impacto

Energía de impacto de cuerpo duro (J)	m (kg)	h (m)
30	1	3
20	1	2
10	1	1
5	0,5	1
3,75	0,5	0,75
2,5	0,5	0,50

4.2 Resistencia a la carga vertical concentrada

De acuerdo con el ítem 7.4 de ABNT NBR 15575-3: 2013, el sistema de piso debe soportar cargas verticales concentradas previsibles bajo condiciones normales de servicio sin mostrar daños localizados o daños o desplazamiento excesivo.

Los sistemas de piso no pueden presentar rotura o cualquier otro daño al ser sometidos a cargas verticales concentradas de 1kN, aplicadas en el punto más desfavorable, y no pueden tener desplazamientos mayores a $L / 500$, si están hechos o revestidos con material rígido, o $L / 300$ si construido o revestido con material dúctil.

Las cargas deben aplicarse a través de una plantilla formada por un triángulo equilátero de 450 mm de lado. Debajo de cada extremo del triángulo se debe aplicar una carga de 1 kN.

	<p>“Este relatório de ensaio refere-se somente as amostras ensaiadas.”</p> <p>“Este relatório de ensaio só deve ser reproduzido completo. Reprodução de parte requer aprovação escrita da Tesis.”</p>
--	---

4.2 Estanqueidad de los sistemas de suelo en zonas húmedas

De acuerdo con el ítem 10.4 de ABNT NBR 15575-3: 2013, las áreas húmedas del sistema de piso deben evitar el paso de humedad a otros elementos constructivos de la vivienda. Los sistemas de piso en áreas húmedas no pueden permitir la aparición de humedad, la superficie inferior y los encuentros con las paredes y pisos adyacentes que los delimitan permaneciendo secos, cuando se someten a una profundidad de agua de al menos 10 mm en su máxima altura durante 72 horas.

Las áreas húmedas tampoco pueden dañarse después de 24 horas de remover el agua, de acuerdo con el ítem 14.2 de ABNT NBR 15575-3: 2013.

Se permite el cambio de tonalidad, visible a simple vista, siempre que sea informado previamente por el fabricante y aparezca en el manual de uso, operación y mantenimiento del usuario.

4.3 Estanqueidad de los sistemas de pisos en áreas mojables

Las áreas mojables de los sistemas de pavimentos, cuando se exponen a una profundidad de agua de 10 mm en el nivel más alto, por un período de 72 horas, no pueden presentar daños como burbujas, grietas, ampollas después de 24 horas de remoción de agua, desprendimientos, desprendimientos, deslaminaciones y desintegración superficial.

Se permite el cambio de tonalidad, visible a simple vista, siempre que sea informado previamente por el fabricante y aparezca en el manual de uso, operación y mantenimiento del usuario.

5 LUGAR DE REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS

Todas las pruebas se realizaron in situ, en la construcción del condominio residencial “Aldeia Imperial”, ubicado en la ciudad de Colatina / ES. Las pruebas fueron realizadas por el equipo técnico de TESIS. Más información sobre este texto de origen

Para obtener más información sobre la traducción, se necesita el texto de origen

Enviar comentarios

Paneles laterales



Figura 3: vista general de la obra.

5 RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados de las pruebas realizadas en los diferentes tipos se encuentran en los ítems 6.1 al 6.6.

5.1 Impacto de cuerpo blando

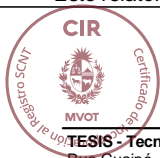
Las pruebas de impacto de cuerpos blandos se llevaron a cabo mediante el impacto de un cuerpo de 40 kg a las alturas indicadas en la Tabla 2. La Figura 4 ilustra la ejecución de la prueba.



Figura 4: foto tirada durante la realización del ensayo de impacto de cuerpo blando en el suelo.

“Este relatório de ensaio refere-se somente as amostras ensaiadas.”

“Este relatório de ensaio só deve ser reproduzido completo. Reprodução de parte requer aprovação escrita da Tesis.”



La figura 5 muestra la medición de los movimientos instantáneos y residuales



Figura 5: Determinación de los movimientos instantáneos y residuales

Las tablas 5 y 6 muestran los resultados de los ensayos de impacto de cuerpo blando

Tabla 5 – Resultado do ensaio de impacto de corpo blando em el sistema de piso entre perfis

Energia de impacto de cuerpo mole (J)	Crítério de desempenho mínimo	Resultado
120	No hubo fallas	$d_v = 0 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ No hubo fallas
180		$d_v = 0 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ No hubo fallas
240	No hubo fallas. Limitación de movimiento vertical ($d_v = 18,6 \text{ mm}$; $d_{RV} = 3,1 \text{ mm}$)	No hubo fallas $d_v = 1 \text{ mm}$ $d_{RV} = 0 \text{ mm}$
360	No hubo fallas	$d_v = 2 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ No hubo fallas
480		$d_v = 3 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ No hubo fallas
720		$d_v = 3 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ No hubo fallas
960	No hubo rotura ni atravesamiento. Permitidas: fallas superficiales como fisuras, lascas y desprendimientos	$d_v = 4 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ No hubo fallas. No hubo traspasamiento ni rotura.

“Este relatório de ensaio refere-se somente as amostras ensaiadas.”
 “Este relatório de ensaio só deve ser reproduzido completo. Reprodução de parte requer aprovação escrita da Tesis.”

Tabla 6 – Resultado del ensayo de cuerpo blando en el sistema de pisosobre el perfil

Energía de impacto de cuerpo blando (J)	Criterio de desempeño mínimo	Resultado
120	No hubo fallas	$d_V = 0 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ No hubo fallas
180		$d_V = 0 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ No hubo fallas
240	No hubo fallas Limitación de movimiento vertical ($d_V = 18,6 \text{ mm}$; $d_{RV} = 3,1 \text{ mm}$)	No hubo fallas $d_V = 0 \text{ mm}$ $d_{RV} = 0 \text{ mm}$
360	No hubo fallas	$d_V = 1 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ No hubo fallas
480		$d_V = 2 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ No hubo fallas
720		d_V e d_{RV} não visíveis. No hubo fallas
960	Não ocorrência de ruína e traspasamento. Permitidas: falhas superficiais, como mossas, fissuras, lascamentos, destacamentos e desagregações	$d_V = 3 \text{ mm}$; $d_{RV} = 0 \text{ mm}$ No hubo fallas ni traspasamiento o rotura.

5.1

5.2 Impacto de cuerpo duro

La prueba de impacto de cuerpo duro se realizó aplicando las energías de impacto establecidas en la Tabla 4. La Figura 6 ilustra el desempeño de la prueba y la Figura 7 uno de los cuerpos de impacto.



Figura 6: foto tirada durante la realización del ensayo de impacto de cuerpo duro





Figura 7: foto de la esfera de impacto de cuerpo duro de 1kg. Los resultados del ensayo de impacto de cuerpo duro se ven en la tabla 7.

Tabla 7 – Resultado del ensayo de impacto de cuerpo duro en el sistema de piso

Energía de impacto de cuerpo duro (J)	Critério de desempenho	Resultado
5	Sin rotura completa de la capa superior. Permitidas: fallas superficiales, como lascas y desprendimientos	No hubo fallas .
3,75		No hubo fallas .
2,5		No hubo fallas .
30	No hubo rotura ni traspasos Permitidas: fallas superficiales, como lascas y desprendimientos	No hubo fallas . No hubo travesamiento ni rotura.
20		No hubo fallas . No hubo travesamiento ni rotura.
10		No hubo fallas . No hubo travesamiento ni rotura.

5.3 Resistencia a la carga vertical concentrada

La prueba de carga vertical concentrada en sistemas de piso se llevó a cabo concentrando 3 kN de carga en 3 puntos de aplicación de carga. Se utilizó el siguiente conjunto:

- Fondo: Plantilla de aluminio en forma de placa rectangular con 3 "pies" de Ø25 mm formando un triángulo equilátero de 450 mm en el lateral.

"Este relatório de ensaio refere-se somente as amostras ensaiadas."

"Este relatório de ensaio só deve ser reproduzido completo. Reprodução de parte requer aprovação escrita da Tesis."

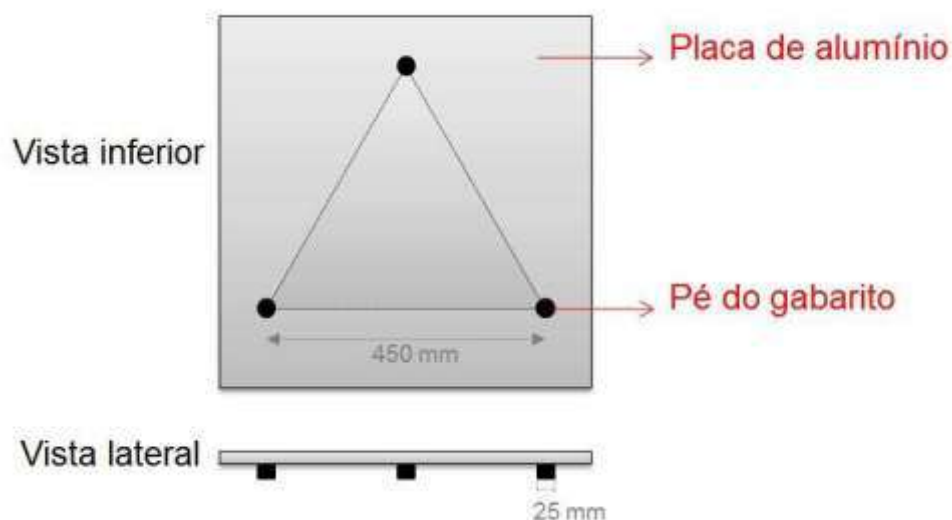


Figura 8: esquema del gabarito para aplicación de la carga concentrada.

- Medio: Fué colocada una chapa de OSB encima del gabarito para evitar la deformación de la carga.
- Parte superior: La carga fue aplicada através de un reservatorio con agua.



Figura 9: foto de la aplicación de la carga.



Figura 10: fotos de la medición de la flecha.

Los resultados del ensayo de carga vertical concentrada se encuentran en la tabla 8.

Tabla 8 – Resultado del ensayo de carga vertical concentrada en el sistema de piso

Carga total aplicada	Criterio de desempeño mínimo	Resultado
3 kN	$L/500 = 5,6 \text{ mm}$	La flecha fué de de 0 mm.

5.3 Estanqueidad de sistemas de pisos en áreas mojadas

Se probaron dos ubicaciones del sistema de piso consideradas áreas húmedas: 02 baños (dentro de la caja) en el piso superior de la unidad de vivienda, que ya estaba terminado. Por lo tanto, el sistema de piso probado tenía un contrapiso de mortero de 4 cm y piso de cerámica instalados.

Las profundidades de agua de 10 mm se colocaron a las 2:00 pm el 23/02/15 y se retiraron a las 2:00 pm el 26/02/15. Ambos lugares impidieron el paso de la humedad a otros elementos constructivos de la casa. No permitieron la aparición de humedad, dejando secos la superficie inferior y los encuentros con las paredes y pisos adyacentes que los delimitan.

Estas áreas también fueron inspeccionadas 24 horas después de la remoción del agua y no mostraron ningún daño o cambio de color.

“Este relatório de ensaio refere-se somente as amostras ensaiadas.”
 “Este relatório de ensaio só deve ser reproduzido completo. Reprodução de parte requer aprovação escrita da Tesis.”

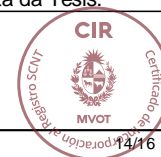




Figura 11: realización del ensayo de estanqueidad del sistema de piso en área mojada

5.4 Estanqueidad de sistemas de pisos en áreas mojadas

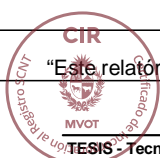
Se probaron 02 ubicaciones del sistema de piso consideradas áreas mojables: 02 baños (fuera de la caja) en el piso superior de la unidad de vivienda, que ya estaba terminado. Por lo tanto, el sistema de piso probado tenía un contrapiso de mortero de 7 cm y piso de cerámica instalados.

Las profundidades de agua de 10 mm se colocaron a las 2:00 pm el 23/02/15 y se retiraron a las 2:00 pm el 26/02/15. Ambos lugares impidieron el paso de la humedad a otros elementos constructivos de la casa. No permitieron la aparición de humedad, la superficie inferior y los encuentros con las paredes y pisos adyacentes que los delimitan permaneciendo secos, tanto durante la prueba como después de 24 horas de remoción de agua.

El sistema de suelo no mostró ningún daño ni cambio de tono.



Figura 12: realización del ensayo de estanqueidad del sistema de piso en áreas mojadas



"Este relatório de ensaio refere-se somente as amostras ensaiadas."

"Este relatório de ensaio só deve ser reproduzido completo. Reprodução de parte requer aprovação escrita da Tesis."

6 COMENTARIOS FINALES

Los resultados presentados en este Informe Técnico muestran que los Sistemas de Piso OSB LP Brasil descritos a continuación fueron considerados aprobados en las pruebas realizadas.

[REDACTED]
espesor), placa OSB (18 mm) y subsuelo de mortero de 7 cm:
o Impacto de cuerpo blando, Impacto de cuerpo duro y Resistencia a pruebas de carga vertical concentrada.

[REDACTED]
espesor), placa OSB (18 mm), subsuelo de mortero de 4 cm y suelo cerámico:
o Prueba de Estanqueidad de Pisos en Zonas Húmedas.

[REDACTED] suelo compuesto por perfil metálico (celosía de perfiles metálicos de 1,2 mm de espesor), placa OSB (18 mm), subsuelo de mortero de 7 cm y suelo cerámico:
o Ensayo de Estanqueidad de suelos en zonas mojables.

Cabe destacar que cada proyecto debe incluir los detalles constructivos necesarios para que se mantengan estas condiciones.

7 EQUIPO TÉCNICO

[REDACTED]

São Paulo, 19 de julio de 2015



Eng. Edwiges Ribeiro
Coordenadora



Eng. Vera Fernandes Hachich
Gerente

"Este relatório de ensaio refere-se somente as amostras ensaiadas."
"Este relatório de ensaio só deve ser reproduzido completo. Reprodução de parte requer aprovação escrita da Tesis."

ENSAYOS IGNIFUGOS

1. **Informe Técnico IPT N° 1.011.319-203**
NORMA ABNT NBR 5628:2001
Determinación de Resistencia al Fuego en Paredes con función estructural
- Mar/2010
2. **Informe Técnico IDIEM N° 1.068.500**
NORMA ABNT NBR 5628:2001
Determinación de Resistencia al Fuego de Sistema de Entrepisos -
Nov/2015
3. **Informe de Ensayo UNISINOS N° 1311-2016**
NORMA EN 13823:2010
Ensayo SBI Cerramiento Vertical Externo con Placa Cementicia -
Mar/2016
4. **Informe de Ensayo UNISINOS N° 0975-2015 -**
NORMA ABNT NBR 5628:2001
Ensayo Resistencia al Fuego Cerramiento Vertical Externo con Placa
Cementicia - Oct/2015
5. **Informe de Ensayo UNISINOS N° 1268-2016 -**
NORMA ABNT NBR 15575:2013
Ensayo SBI Cerramiento Vertical DryWall - Feb/2016
6. **Informe de Ensayo DICTUC N° 1.527.842**
NORMA NCh 935/1.Of97
Determinación de Resistencia al Fuego de Cerramiento Vertical Externo -
Ago/2019
7. **Informe de Ensayo IDIEM N° 1.361.592**
NORMA NCh 935/1.Of97
Determinación de Resistencia al Fuego de Cerramiento Vertical Externo -
Mar/2019





Laboratorio de Seguridad al Fuego/ CETAC

Reporte de Ensayo Nº 1 011 319-203

CLIENTES: LP Brasil OSB Industria y Comercio S.A
Rod.BR376, km503 Sentido Sul.
CEP: 84043-450- PontaGrossa/PR

NATUREZA DEL TRABAJO: determinación de la resistencia al fuego en paredes con función estructural

REFERENCIA: Propuesta CETAC -LCSC-229.710/09.

1 ITEM

El ítem reproducía una pared con función estructural y presentaba dimensiones de 2.600mm de ancho, 2.600mm de alto y 120mm de espesor. Fue identificado por éste laboratorio con el número 7151 y fue sometida al ensayo con el objetivo de verificar la resistencia al fuego en el grado corta fuegos.

El cuerpo de prueba fue compuesto por estructura interna de perfiles “U” de chapa de acero doblada con espesor de 0.80mm (guías y montantes). El espacio entre perfiles fijados a la diagonal. La fijación en el cuadro de ensayo fue realizada a través de las guías superiores e inferiores con ayuda de tornillos metálicos y tarugos.

En ambas caras, el cuerpo de prueba recibió dos capas de placas de yeso acartonado sobrepuestas denominadas “placas de Yeso RF BR 12.5mm” con espesor medio de 12.5mm, fijadas a la estructura y entre sí con auxilio de tornillos autorroscantes y de modo a proporcionar juntas desencontradas. Las juntas entre las capas externas fueron tratadas con aplicación de “Cinta de papel microperforada” y capas de masilla denominada “Placomassa”

El centro, entre las placas estructuradas fue rellenado con una capa de material aislante denominado “lana de roca con densidad de 32kg/m³ y espesor de 50mm”

Otros detalles del cuerpo de prueba están presentados en el anexo A, compuesto por el memorial descriptivo y los dibujos provistos por el cliente y en el Anexo B, compuesto por fotos del cuerpo de prueba.

2 MÉTODO UTILIZADO

NBR 5628/2001-“Componentes Constructivos Estructurales- determinación de resistencia al fuego”.





Laboratorio de Seguridad al Fuego/ CETAC

Procedimiento CETAC-LSF-PE-047-"Determinación de la resistencia al fuego de componentes constructivos estructurales"

3 Equipamientos utilizados:

- Registrador Data Loggr TDS 302 (identificación: RE -002; última calibración 27.03.2008, certificado de calibración N° 85540-101, órgano calibrador: IPT/CME/LME, próxima calibración: 03.2010)
- Switching Box As W50C (identificación: AC -001; última calibración: 27.03.2008, certificado de calibración N° 85540-101, órgano calibrador IPT/CME/LME, próxima calibración: 03.2010).
- Paquímetro Digimes (identificación: PQ -003, última calibración: 09.01.2009; certificado de calibración N°91850-101, órgano: IPT/CME/LMM, próxima calibración: 01.2011).
- Célula de carga (identificación: CC -002, última calibración: 08.07.2009, certificado de calibración N°96117 -101, órgano calibrador: IPT/CME/LMM, próxima calibración: 07.2011).
- Cinta métrica Lufkin (identificación: RG-021; Última calibración: 26.02.2009, certificado de calibración N°92970-101, órgano calibrador: IPT/CME/LMM, próxima calibración -: 02.2011)
- Cronómetro digital (identificación: CR -010, última calibración: 07.04.2009, certificado de calibración N°93820-101, órgano calibrador CME/LME, próxima calibración: 04.2011)
- Manómetro MM-80 (Identificación: MN-001; última calibración: 08.08.2008, certificado de calibración N°88678-101, órgano calibrador: IPT/CME /LMM, próxima calibración: 08.2010)

4 HORNO DE ENSAYO (EQ001)

El horno de ensayo presenta internamente 285 cm de altura, 285cm de largura y 95cm de profundidad, teniendo revestimiento refractario

El sistema de calentamiento utiliza cinco quemadores a gas natural, dispuestos en las dos paredes laterales, separadas 50cm de la pared que contiene el cuerpo de prueba posicionados de manera que no haya encuentro frontal entre ellas .

La extracción de los productos de combustión es realizada a través de un conducto con 40cm de altura y 70cm de ancho, localizando en la parte superior de la pared opuesta al cuerpo de prueba ensayado.

5 CONDICIONES DEL ENSAYO

Ensayo realizado el 19.03.2010

Duración del ensayo: 30 minutos

Temperatura inicial del ensayo (T₀):30°C.





Laboratorio de Seguridad al Fuego/ CETAC

5.1 Acondicionamiento

El cuerpo de prueba no recibió acondicionamiento especial, permaneciendo dentro del ambiente del laboratorio protegido de vientos y lluvias .

5.2 Cargamento

La carga del cuerpo de prueba fue realizada a través de gatos hidráulicos, siendo aplicada una carga axial de 1000 kg/m, apuntando a reproducir las solicitudes del servicio, según lo declarado por el cliente. La carga se dió durante todo el programa de calentamiento.

5.3 Mediciones de temperatura del horno

La temperatura del horno fue medida a través de cinco termopares mantenidos a una distancia de 100 mm de la cara del cuerpo de prueba y distribuidos de la siguiente manera: uno próximo al centro geométrico del ítem y los demás en los centros de cada una de las cuatro áreas resultantes de la división de la superficie en partes iguales. Los termopares utilizados para este fin eran de cromel-alumel con aislación de cuentas de cerámica y protección externa con vaina metálica de iconel, teniendo los cables conductores un diámetro de 1.2mm.

5.4 Mediciones de temperatura de la cara no expuesta al fuego

Fueron realizadas con la utilización de termopares de cromel alumel con diámetro de los cables conductores de 0.65mm, teniendo la junta de medición fijada en el centro de la cara de un disco de cobre de 12mm de diámetro y 0.2mm de espesor. Los discos fueron cubiertos de pastillas de amianto secas en estufa a 100°C. Fueron empleados nueve termopares (ver Anexo C)

5.4 Condiciones de Presión

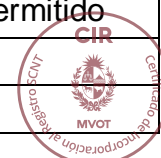
La presión en el interior del horno fue medida a dos tercios de la altura del cuerpo de prueba, habiendo sido mantenida durante todo el transcurso del ensayo a bajo presión de 10 Pa.

5.5 Desvíos de curva de temperatura del horno

El desvío del área sobre la curva de temperatura media del horno, en relación al área bajo la curva estándar está indicado en la tabla 1 siguiente:

Tabla 1: Desvío de la curva de temperatura del horno

Período de ensayo	Valor alcanzado	Valor mínimo permitido
Primeros 10 min	~+7%	±15%
Primeros 30 min	~+3%	±10%





Laboratorio de Seguridad al Fuego/ CETAC

6 Resultados

La tabla a continuación contiene el resultado de todas las mediciones de temperatura y deformación efectuadas durante el ensayo

Tabela 2: Valores de temperatura e deformação obtidos durante o ensaio.

Tempo (min)	Curva Padrão T - T ₀ (°C)	Média de elevação de temperatura no forno T - T ₀ (°C)	Temperatura da face não exposta ao fogo (°C)														Deform. (mm)
			Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4	Pto 5	Pto 6	Pto 7	Pto 8	Pto 9	Pto 10	Pto 11	Pto 12	Pto 13	Méd. 1 a 13	Pto A
5	550	574	30	31	30	29	29	29	30	30	29	30	30	30	29	30	3
10	650	660	30	31	30	29	30	29	30	30	29	30	31	30	30	30	6
15	710	741	32	33	31	30	32	34	35	31	30	33	36	37	31	32	6
20	761	764	36	36	35	33	39	44	38	36	32	38	44	38	34	36	4
25	795	775	42	47	40	37	46	54	45	40	38	48	54	46	39	42	3
30	832	836	51	56	49	45	53	61	52	47	42	50	64	55	46	51	4

Nota 2:

* As temperaturas médias da face não exposta foram calculadas considerando-se somente os pontos de 1 a 13 de medida de temperatura (ver localização dos pontos no Anexo C)

** A deformação foi medida no centro geométrico do corpo de prova (ver Anexo C). Os valores negativos indicam a deformação voltada para o interior do forno.

6.1 Aislamiento térmico

El límite de elevación de temperatura de la cara no expuesta al fuego del cuerpo de prueba, o sea $140^{\circ}\text{C} + T^{\circ}(170^{\circ}\text{C})$ en promedio, o $180^{\circ}\text{C} + T^{\circ}(210^{\circ}\text{C})$ en cualquier punto de medida no fue ultrapasado durante el período de ensayo.

6.2 Estanqueidad

El cuerpo de prueba permaneció firme durante todo el período del ensayo.

6.3 Estabilidad

El cuerpo de prueba se mantuvo estable durante el período de ensayo.

24 horas después de terminar el programa de calentamiento, el cuerpo de prueba fue nuevamente sometido a carga de servicio, no soportando la reaplicación de carga de servicio.

6.4 Observaciones de ensayo

A los 3 minutos del ensayo se verificó la quema de material en la cara expuesta al fuego.

Mayores detalles de la ejecución del ensayo están en el Anexo B compuesto por fotos.

7 Resultado final

Los resultados obtenidos en el ensayo demuestran que el ítem presentó resistencia al fuego, en el



Laboratorio de Seguridad al Fuego/ CETAC

grado cortafuegos, por el período de 30 minutos, conforme los requisitos establecidos en la norma NBR 5628

8 Anexos

Anexo A- memorial descriptivo y dibujos provistos por el cliente..... 05 págs.
 Anexo B- Fotos del cuerpo de prueba y de la ejecución del ensayo.....03 págs.
 Anexo C- Localización de los puntos de medida de temperatura y deformación en la cara no expuesta al fuego y del punto de toma de presión.....01pág.

Anexo A

Memorial descriptivo y dibujos provistos por el cliente

Laboratorio de Seguridad al Fuego/ CETAC

1 Descripción sucinta del sistema constructivo

La descripción del sistema constructivo se basa en el análisis de la documentación provista por el cliente, bien como en las características de las paredes montadas en IPT.

Las paredes tienen función estructural y son constituídas de estructura en perfiles livianos de acero galvanizado, con emplacado en ambos lados con dos placas de yeso acartonado resistentes al fuego y con centro de lana de roca de 5cm de espesor y densidad de 32kg/m³

Las vedaciones son compuestas por placas de yeso acartonado resistentes al fuego de 2650mm de altura, 1200mm de ancho, 12.5mm de espesor, rebajado en las laterales y con tratamiento de las juntas realizado con masilla para Drywall en la primer capa de placa de yeso en cada lado de la pared y con masilla y cinta para drywall en la capa de finalización de ambos lados.

Los perfiles son de acero zincado en frío, con revestimiento de Zinc de 275g/cm² (Z275), según la NBR 7008, según informaciones del cliente. Estos posicionados en la en vertical, denominados montantes, son espaciados entre sí aproximadamente cada 601mm. Los montantes son compuestos por perfiles tipo U endurecido, de 89mm x 41mm x 12mm x 0,80mm y las cintas metálicas de 50mm x 0,80mm. Las fijaciones entre perfiles metálicos son realizadas con tornillos tipo cabeza; y las cintas metálicas de 50mm x 0,80mm. Las fijaciones entre perfiles metálicos son realizadas con tornillos de cabeza frezada con abertura tipo Philips, punta autoroscante y rosca soberba (ST 4,2 x 13mm).

La pared fue reforzada con dos trelizas, una en cada extremo de la pared y cintas metálicas de 5cm de ancho en las alturas de 70 y 200cm en ambos lados.

Las placas de yeso acartonado fueron fijadas con tornillos Dry wall cabeza trompeta con abertura tipo Phillips, punta taladro RI 3,5 x 45mm fosfatizados a cada 25cm en el perímetro y en el medio de la placa.



Laboratorio de Seguridad al Fuego/ CETAC

2 DESCRIPCION SUCINTA DEL PROCEDIMIENTO DE EJECUCION DEL PROTOTIPO CONSTRUIDO EN EL CAMPUS DEL IPT

La ejecución de las paredes en IPT fue realizada entre el 15 y el 17 de marzo del 2010.

La secuencia de actividades fue:

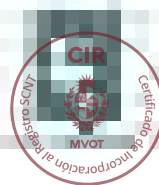
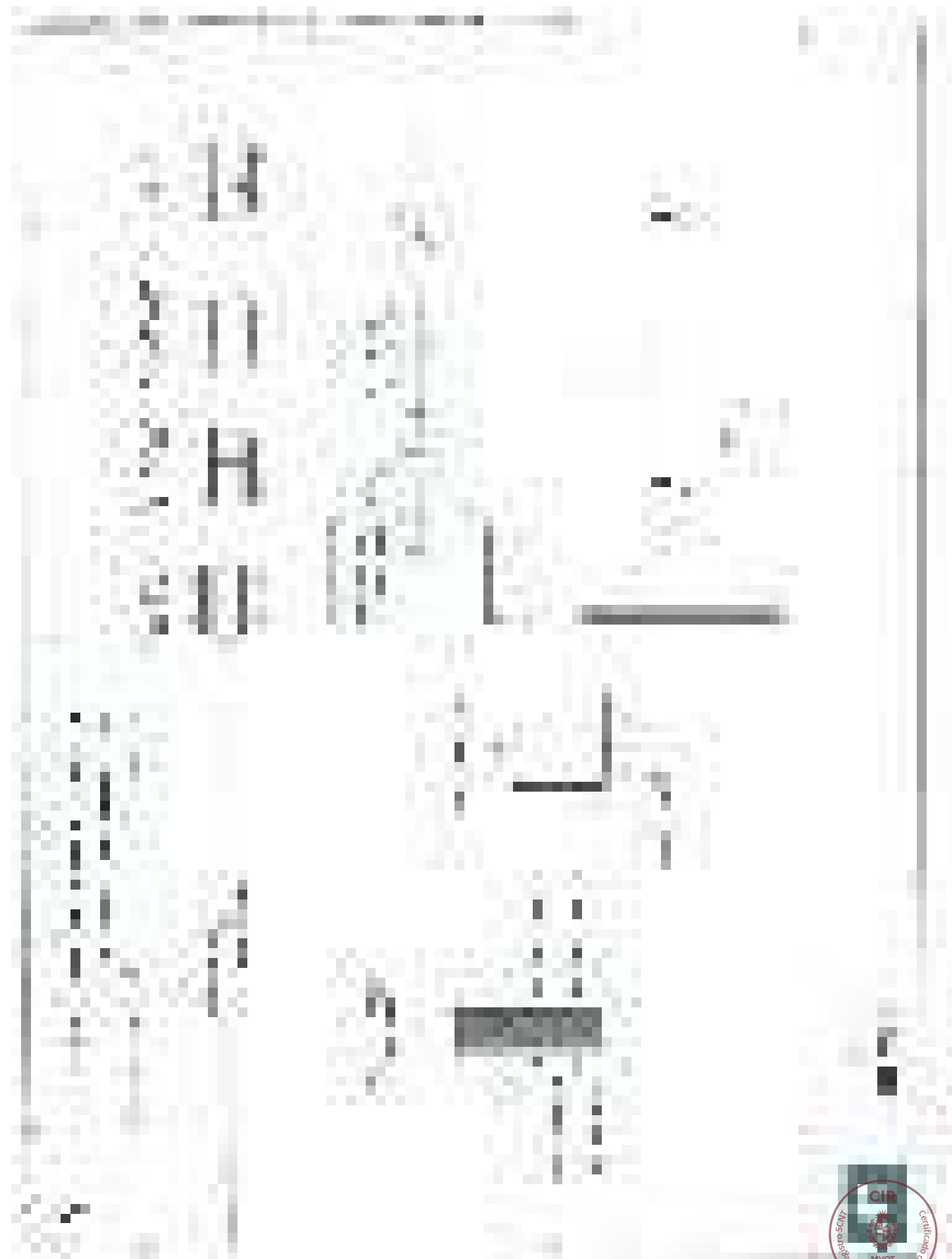
- x Corte de los perfiles (Perfil SF M90# 0,80mm) con 265cm;
- x Fijación de las guías inferior y superior, (Perfiles SF G90#0,80mm) en las vigas de concreto con pernos de anclaje de $\frac{1}{4} \times 2"$ aproximadamente cada 65cm.
- x Fijación de los perfiles de los extremos a la guía inferior, verificación de la plomada y fijación de la guía superior (tornillos tipo cabeza fresada con fresa tipo Philips y punta autoroscante ST 4,2 x 13mm).
- x Fijación de un perfil de apoyo a la treliza, perpendicular a los perfiles de las extremidades, fijado entre alma y mesa con tornillos (cabeza fresada tipo Philips con punta autoroscante y rosca ST 4.2 x13mm) cada 30 cm.
- x Marcación de los lugares de los montantes con trena fija en la extremidad de la guía y lápiz.
- x Fijación de un perfil (montante) de apoyo a la treliza, perpendicular al montante, fijado entre alma y mesa con tornillos (cabeza fresada tipo Philips, punta auto roscante y rosca soberba ST 4.2 x13mm) cada 30cm en el segundo y en el penúltimo montante.
- x Las diagonales fueron fijadas cada 70cm de altura con cuatro tornillos (cabeza fresada ST 4,2 x 13mm) en cada extremidad.
- x Fijación de las cintas metálicas de 5cm de ancho del lado interno y externo de la pared a las alturas 70cm y 200cm con un tornillo (cabeza fresada con fresa tipo Philips, punta autoroscante y rosca soberba ST 4,2 x13mm) en cada montante.
- x Fijación de las placas de yeso acartonado resistente al fuego en la vertical con tornillos (tornillos dry wall cabeza trompeta con fresa tipo Philips, punta broca RI 3.5 x 45mm fosfatizado) a aproximadamente 25cm en el perímetro y en medio de la placa.
- x Colocación de lana de roca de 5cm de espesor y densidad de 32 Kg/m³.
- x Fijación de las placas de yeso acartonado resistente al fuego en la vertical con tornillos dry wall (tornillos cabeza tropeta con fresa tipo Philips RI 3,5 x45mm fosfatizados) a aproximadamente 25cm en el perímetro y en medio de la placa del otro lado.
- x Aplicación de masilla para dry wall en las juntas de las placas de yeso y en la cabeza de los tornillos
- x Fijación de la segunda capa de placas de yeso acartonado resistente al fuego en la vertical con tornillos (tornillos drywall cabeza trompeta con fresa tipo Philips RI 3.5 x45mm fosfatizados) a aproximadamente 25cm en el perímetro y en el medio de la placa de ambos con desfase de la capa anterior.

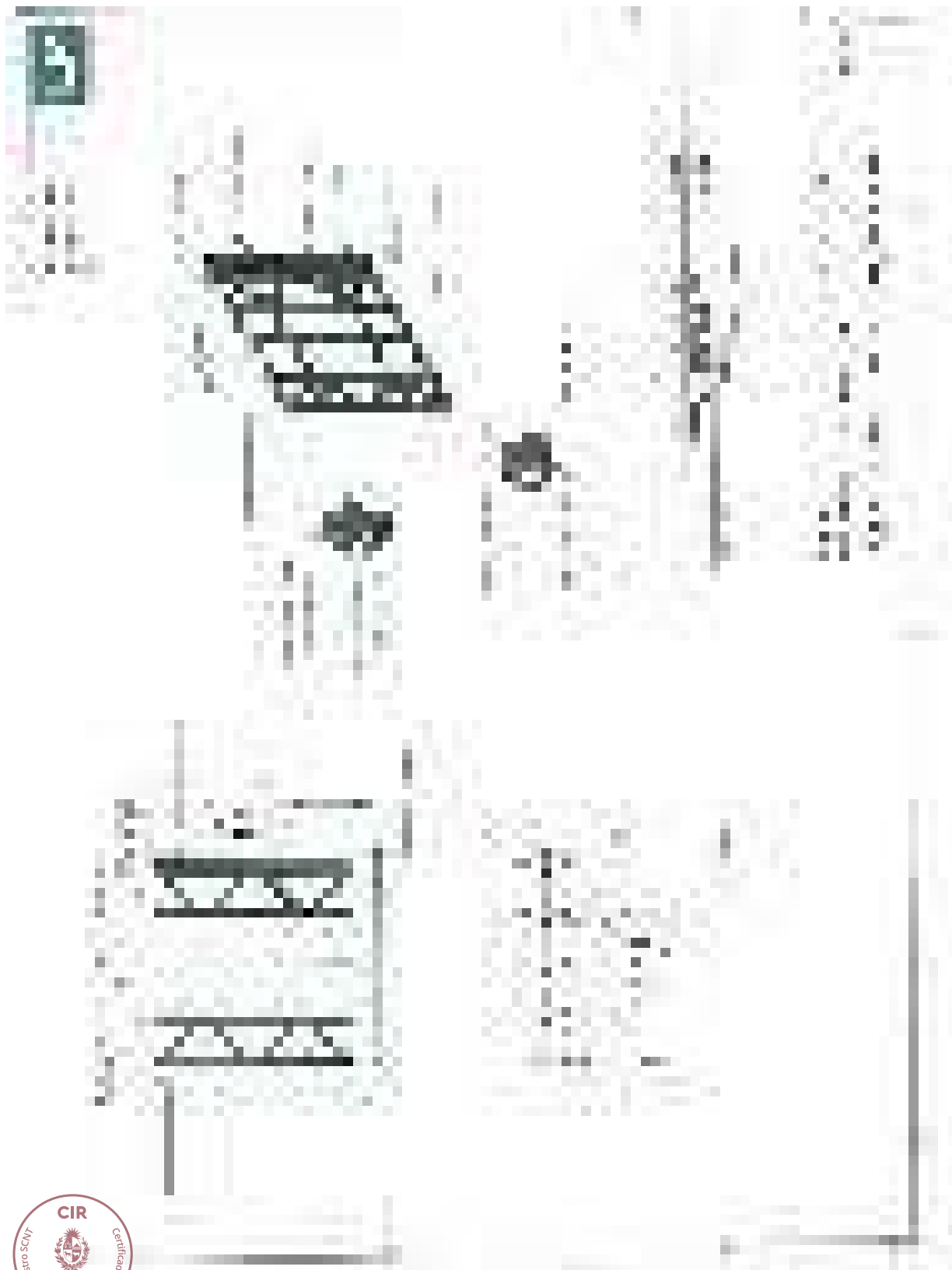


Laboratorio de Seguridad al Fuego/ CETAC

- x Aplicación de masilla para dry wall en las juntas de las placas de yeso y en la junta entre pared y pórtico, posicionamiento de la cinta, reaplicación masilla sobre la cinta. Después de 5 horas se pasó masilla nuevamente en las juntas de las placas de yeso y sobre las cabezas de los tornillos.







Anexo B

Fotos del cuerpo de prueba y de la ejecución del ensayo





Laboratorio de Componentes y Sistemas Constructivos/ CETAC

Laboratorio de Seguridad al Fuego/ CETAC





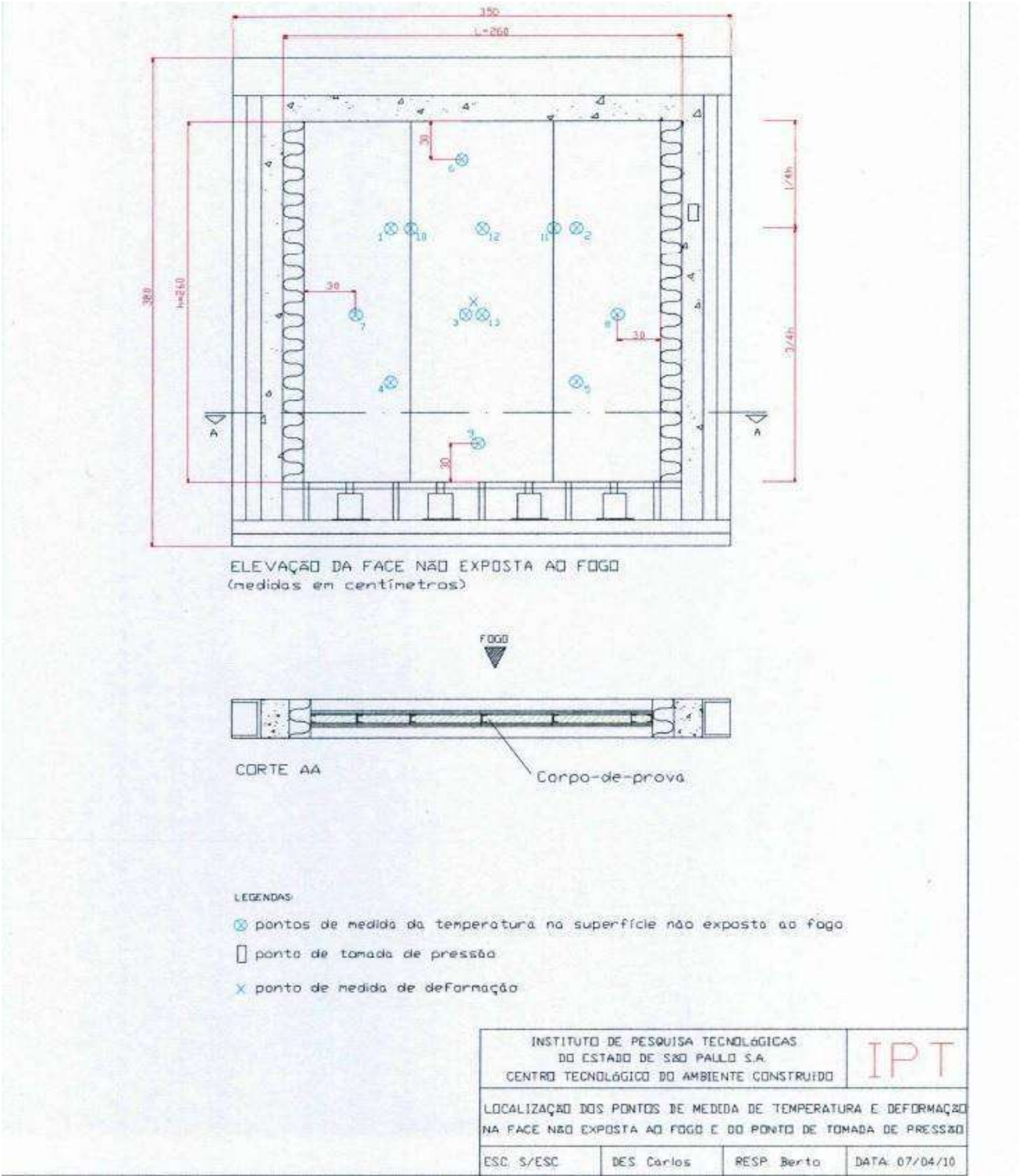
Laboratorio de Componentes y Sistemas Constructivos/ CETAC

Laboratorio de Seguridad al Fuego/ CETAC

Anexo C

**Ubicación de los puntos de medición de temperatura
y deformación en la cara no expuesta al fuego y del punto de toma de presión.**





INFORME DE ENSAYO CON FIRMA ELECTRÓNICA

RESISTENCIA AL FUEGO DE TABIQUE SEGÚN NCh935/1.Of97

Tabique perimetral



División Estructuras – Ensayos

Unidad de Ensayos – Fuego y Habitabilidad

Ejemplar N° 01	N° Páginas 14	Revisión N°0
Informe N° 1.361.592/2019		Ref.: PR.DTC.2019-0056

NOMBRE	FECHA
Validado por: Ángela López N.	27/03/2019
Aprobado por: Miguel Pérez A.	
Destinatario: Sebastian Garcia Manzor. Knauf Chile SPA.	



CONTENIDO

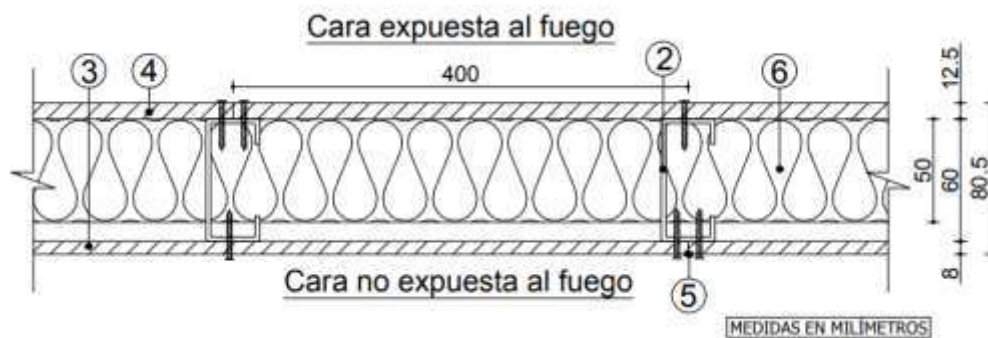
Resumen.....	.....	Pág. 3
1. Alcance.....	.....	Pág. 4
2. Equipos e instrumentos.....	.....	Pág. 5
3. Acondicionamiento y montaje.....	.....	Pág. 6
4. Descripción de la muestra.....	.....	Pág. 7
5. Procedimiento de ensayo.....	.....	Pág. 8
6. Resultados.....	.....	Pág. 10
7. Conclusión.....	.....	Pág. 12
Anexo A.....	/.	Pág. 13



Resumen

Ensayo de resistencia al fuego según NCh935/1.Of97

Empresa solicitante:	Knauf Chile SPA.	Dirección:	Av. Del Valle Sur 650 21 Edificio Mistral.
Solicitado por:	Sebastián García Manzor.	Elemento:	Tabique perimetral
Recinto de ensayo:	Laboratorio de Incendios, Salomón Sack 840, Cerrillos.	N° de informe:	1.361.592/2019
		Fecha de ensayo:	28-02-2019



N°	Elemento	Descripción
1	Soleras (no mostradas)	Perfil de acero galvanizado tipo U de 62x25x0,85[mm], instalados en la parte superior e inferior del tabique.
2	Montantes	Perfil de acero galvanizado tipo C de 60x38x8x0,85[mm], distanciados a eje a 400 [mm].
3	Cara no expuesta al fuego	Placa "Aquapanel®" de 8mm de espesor.
4	Cara expuesta al fuego	Placa "Aquapanel®" de 8mm de espesor.
5	Juntas	El sistema de juntas está compuesto por una malla superficial "Aquapanel®" de 0,1x50 [m], más mortero de juntas "Aquapanel®".
6	Aislamiento	Lana de vidrio de 125mm de espesor.
Ancho del elemento		400 [mm]
Alto del elemento		125 [mm]
Espesor total		80,5 [mm]
Masa total		126 [kg]
Resistencia al fuego del elemento		41 minutos
Clasificación		F30

Nota: De acuerdo a lo señalado en norma NCh935/1.Of97, el resultado obtenido es válido sólo para el elemento ensayado y bajo las condiciones estipuladas en el Informe de Ensayo, ya que el valor de resistencia al fuego puede variar si se cambian los detalles constructivos.

Nota: Este resumen no reemplaza el informe. Fecha de emisión: 27 de marzo de 2019



1. ALCANCE

El presente informe de ensayo ha sido solicitado a IDIEM de la Universidad de Chile por Sebastián García Manzor, en representación de la empresa Knauf Chile SPA.

Este informe establece la Clasificación de Resistencia al Fuego de un sistema o elemento constructivo (Tabique perimetral), ensayado bajo la norma NCh935/1.Of97, y según el procedimiento interno UFH-PP-208, en el Laboratorio de Incendios de IDIEM ubicado en Salomón Sack 840, Cerrillos.



2. EQUIPOS E INSTRUMENTOS

Para la ejecución del ensayo se utilizaron los siguientes equipos e instrumentos:

2.1 Horno de ensayo

El Laboratorio cuenta con un horno de ensayo equipado con un quemador a gas, modulante, de potencia térmica nominal de 1700 [kW]. La boca del horno mide 2,2 [m] de ancho por 2,4 [m] de alto.

2.2 Sistema de sobrecarga mecánica

El Laboratorio cuenta con un sistema mecánico de carga que permite aplicar hasta 120 [kg] por metro lineal sobre el elemento de ensayo.

2.3 Instrumentos de medición

- | | | |
|---------------------|---|--|
| ? Termocuplas | : | De tipo Chromel - Alumel y son utilizadas para el monitoreo de la temperatura al interior del horno. |
| ? Sensor infrarrojo | : | Termómetro infrarrojo tipo pistola que se utiliza para medir la temperatura promedio y puntual máxima de la cara no expuesta del elemento. |
| ? Manómetro | : | Manómetro diferencial de columna de agua utilizado para medir la sobrepresión al interior del horno. |

3 ACONDICIONAMIENTO Y MONTAJE

La probeta fue provista por el solicitante y se mantuvo en el Laboratorio por 01 días antes del ensayo.

Ésta se apoyó sobre la boca del horno, fijándola mecánicamente en cada uno de sus extremos. El sello se realizó con lana de vidrio y pasta a base de yeso.

El día del ensayo, las condiciones de temperatura al inicio fueron las siguientes:

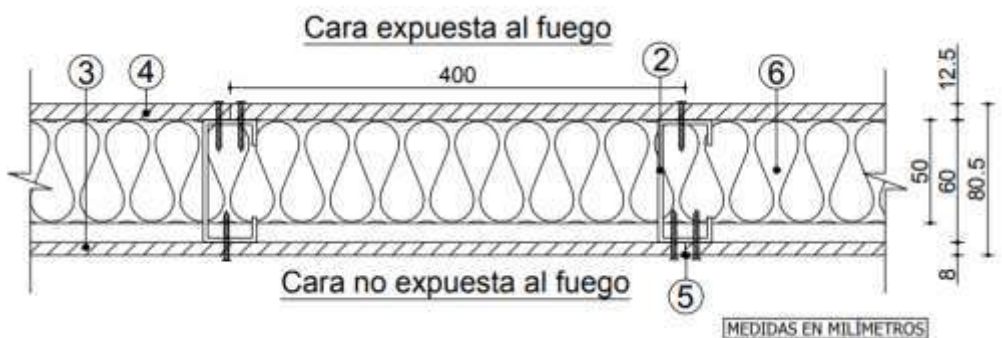
- | | | |
|--|---|---------|
| ? Temperatura promedio inicial del horno | : | 27 [°C] |
| ? Temperatura inicial cara no expuesta | : | 27 [°C] |



4 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

La muestra ensayada y recepcionada por el laboratorio era de 2,20 [m] de ancho y 2,40 [m] de alto, de características constructivas según se describe en la Tabla 4.1 a continuación.

Tabla 4.1 Descripción de la muestra ensayada.

Resumen		
Ensayo de resistencia al fuego según NCh935/1.Of97		
Empresa solicitante:	Knauf Chile SPA.	Dirección: Av. Del Valle Sur 650 21 Edificio Mistral.
Solicitado por:	Sebastián García Manzor.	Elemento: Tabique perimetral
Construido en:	Fábrica / Laboratorio	
Recinto de ensayo:	Laboratorio de Incendios, Salomón Sack 840, Cerrillos.	N° de informe: 1.361.592/2019
		Fecha de ensayo: 28-02-2019
 <p>Características de la muestra:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 Soleras (no mostradas): Perfil de acero galvanizado tipo U de 62x25x0,85[mm], instalados en la parte superior e inferior del tabique. 2 Montantes: Perfil de acero galvanizado tipo C de 60x38x8x0,85[mm], distanciados a eje a 400 [mm]. 3 Cara no expuesta al fuego: Placa "Aquapanel Cement Board SkinLite®" de 8[mm] de espesor, fijada a los montantes mediante tornillos "Maxi SB 25 !quapanel®" distanciados a 250[mm]. 4 Cara expuesta al fuego: Placa de yeso carton "Knauf® ST" de 12,5[mm] de espesor, fijada a la estructura mediante tornillos cabeza de trompeta punta broca #6 x 1¼ distanciados a 250[mm]. Estas placas consideran en su unión sello con de cinta de papel "Knauf®" y masilla en base a yeso "Knauf®". 5 Juntas: El sistema de juntas está compuesto por una malla superficial "Aquapanel®" de 0,1x50 [m], más mortero de juntas "Aquapanel®". 6 Aislación: Lana de vidrio de 50[mm] de espesor de densidad y nominal 11[kg/m³]. 		

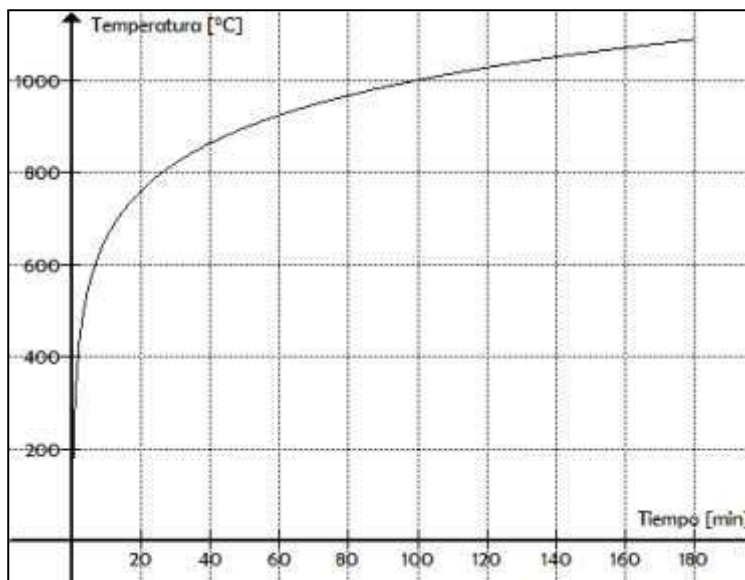
5 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

5.1 General

El ensayo consiste en exponer al elemento, por una de sus caras, al calor de un horno de modo de imprimirle una temperatura según la curva normalizada tiempo - temperatura señalada en NCh935/1.Of97, regida por la siguiente relación:

$$T(t) = T_0 + 345 \log_{10}(8t + 1),$$

donde $T(t)$ es la temperatura del horno [°C], T_0 la temperatura ambiente al inicio del ensayo [°C], y t el tiempo transcurrido de ensayo [min]. La gráfica de esta ecuación y una tabla de valores de la curva se presentan en la Figura 4.1.



	[min]	0	5	15	30	60	90	120	150	180
$T(t)$	[°C]	0	556	719	822	925	986	1029	1062	1090

Figura 5.1 Curva de incendio estándar

Durante el ensayo se registra la temperatura del horno, la temperatura de la cara no expuesta y las observaciones respecto al comportamiento de la probeta en términos de los criterios de resistencia al fuego señalados en 5.3.

5.2 Resistencia al fuego

De acuerdo a la norma NCh935/1.Of97, la resistencia al fuego de un elemento se expresa como el tiempo en minutos, desde el comienzo del ensayo, hasta que dejan de cumplirse las condiciones relativas a capacidad de soporte de carga, aislamiento, estanquidad y no emisión de gases inflamables.



5.3 Criterios de resistencia al fuego

Los criterios para determinar la resistencia al fuego del elemento bajo ensayo son los siguientes:

- ? Capacidad de soporte de carga. Instante en que el elemento no puede seguir cumpliendo la función de soporte de carga para el cual fue diseñado.
- ? Aislamiento térmico. Instante en que la temperatura de la cara no expuesta alcanza los 180 [°C] puntual o 140 [°C] promedio, por sobre la temperatura ambiente registrada al inicio del ensayo, o si sobrepasa los 220 [°C] cualquiera sea la temperatura inicial.
- 9 Elementos perimetrales. según lo indicado en el artículo 9.2.2.2 de la NCh935/1.Of97, para elementos de separación perimetrales, verticales u horizontales, que no comprometan eventuales cargas combustibles por el lado exterior, sus temperaturas exteriores pueden ser cualesquiera y la resistencia al fuego se determina por la falla del elemento sin tomar en cuenta la temperatura de la superficie de la cara no expuesta.
- ? Etanquidad. Instante en que una llama (o gases a alta temperatura), se filtra por las uniones o por grietas o fisuras formadas durante el ensayo, y se sostiene por 10 o más segundos. En el caso de filtración de gases, hay pérdida de estanquidad si al colocar una mota de algodón en la filtración, esta enciende.
- ? Emisión de gases inflamables. Instante en que los gases emitidos por la cara no expuesta arden al aproximar una llama cualquiera y continúan espontáneamente ardiendo al menos durante 20 [s] de retirada la llama.

5.4 Clasificación de resistencia al fuego

El elemento debe clasificarse como sigue, en función de su resistencia al fuego:

Clase F0	< 15 minutos
Clase F15	15 minutos < 30 minutos
Clase F30	30 minutos < 60 minutos
Clase F60	60 minutos < 90 minutos
Clase F90	90 minutos < 120 minutos
Clase F120	120 minutos < 150 minutos
Clase F150	150 minutos < 180 minutos
Clase F180	180 minutos < 240 minutos
Clase F240	240 minutos.

6 RESULTADOS

Se describe a continuación los resultados del ensayo.

6.1 Capacidad de soporte de carga

El elemento se sometió a sobrecarga mecánica de 120 [kg] por metro lineal, y mantuvo su estabilidad mecánica hasta el final del ensayo.

6.2 Aislamiento térmico

La temperatura puntual máxima admisible de 207[°C] en la cara no expuesta al fuego se superó a los 41 minutos de iniciado el ensayo. En ese instante la temperatura puntual era de 240[°C] y promedio era de 112 [°C].

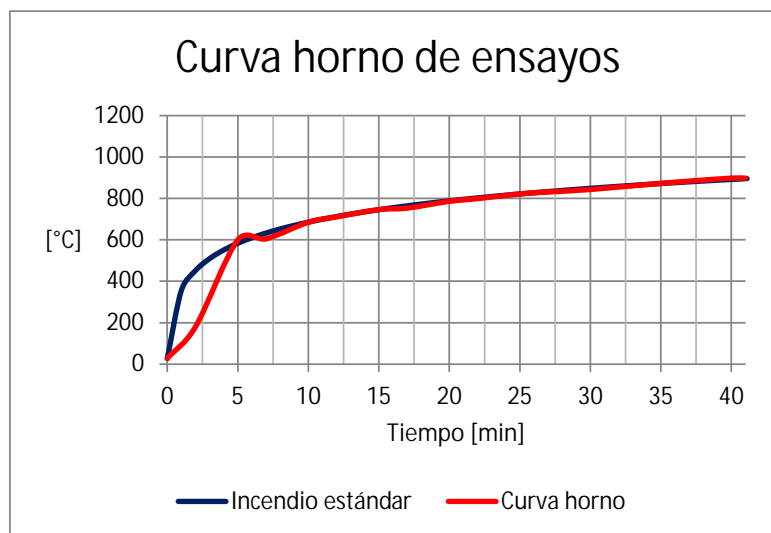


Figura 6.1 Temperatura promedio horno de ensayo

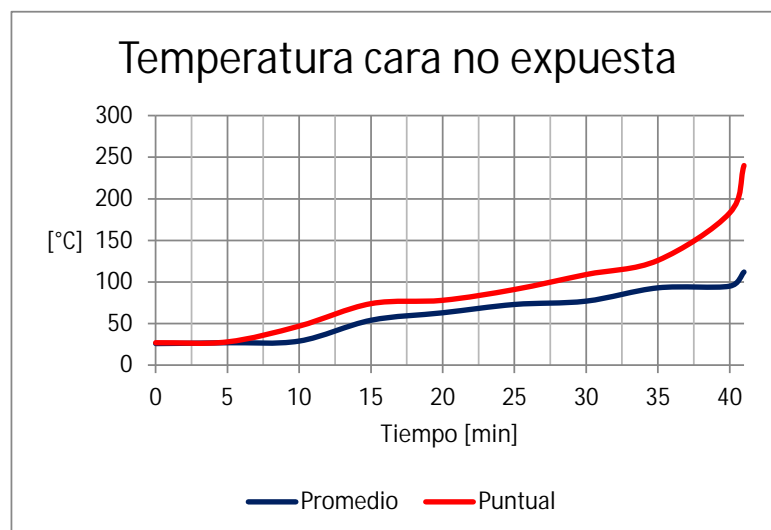


Figura 6.2 Curva de calentamiento cara no expuesta al fuego



6.3 Estanquidad

El elemento se mantuvo estanco a las llamas hasta el final del ensayo.

6.4 Emisión de gases inflamables

El elemento no emitió gases inflamables durante todo el ensayo.

6.5 Otras observaciones

- ? En la cara expuesta al fuego se utilizó Placa de yeso cartón "Knauf® ST" de 12,5 [mm] de espesor.
- ? A los 41 minutos se da termino al ensayo, viéndose en este instante marcas de carbonización en placa no expuesta



7 CONCLUSIÓN

De acuerdo a lo señalado en 6.2, la resistencia al fuego del “tabique perimetral” ensayado y descrito en el punto 4 de este informe, resultó ser de 41 minutos, alcanzando según lo expresado en 5.4, la clasificación F30.

De acuerdo a lo señalado en norma NCh935/1.Of97, el resultado obtenido es válido sólo para la muestra ensayada y bajo las condiciones estipuladas en este Informe de Ensayo, ya que el valor de resistencia al fuego puede variar si se cambian los detalles constructivos.



Documento firmado
electrónicamente por:
Miguel A. Pérez A.

VALIDADO POR:	APROBADO POR:
 Ángela López N. Ingeniero Revisor	 Miguel Pérez A. Jefe de División

Santiago, 27 de marzo de 2019



ANEXO A

A.1 Imágenes del ensayo

A.1.1 Al inicio del ensayo



A.1.2 A los 15 minutos de iniciado el ensayo



A.1.3 A los 41 minutos de iniciado el ensayo – Falla por aislamiento térmico



A.1.4 Posterior al término del ensayo, cara expuesta al fuego



Para verificar este documento ingrese a: <http://repositorio.idiem.cl>

El código del documento es: UmCWanyt1b



INFORME DE ENSAYO

Informe N° 1.068.500

Ensayo de resistencia al fuego según norma NBR 5628:2001.

NBR 5628 - Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo

Procedimiento interno SII-PP-351 Procedimiento de ensayo para determinar la resistencia al fuego de elementos de construcción horizontales (losas, techumbres, entrepisos).

Solicitante:

LP BRASIL OSB INDÚSTRIA E COMÉRCIO S.A.

BR 376, KM 503, Sentido Sul no. 1690, CEP 84045-610. Teléfono: +56 2 241 42238

Ponta Grossa/ PR, Brasil

Elemento: piso



El resultado obtenido no avala producciones, pasadas, presentes o futuras y es válida sólo para el elemento ensayado, bajo las condiciones estipuladas en el presente documento, ya que el valor de la resistencia al fuego puede variar si se cambian los detalles constructivos. Este Informe no debe ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita del laboratorio.

No se permite la utilización de la marca IDIEM o su logo, a excepción que sea autorizado en forma escrita.

DIVISIÓN CONSTRUCCIÓN SECCIÓN INGENIERÍA CONTRA INCENDIOS		REF: SII.2331.2015.212-EP	N° DE PÁGINAS: 14
ENSAYADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	DESTINATARIO:
Unidad de Ensayos Laboratorio de Incendios	Andrés Santis A. Jefe de Unidad	Richard Inostroza M. Jefe de Sección	Francieli Lucchette LP BRASIL OSB INDÚSTRIA E COMÉRCIO S.A.
Fecha del ensayo: 23 de noviembre de 2015		Fecha de emisión: 22 de diciembre de 2015	



Sección Ingeniería Contra Incendios
Plaza Ercilla 883, Santiago. Fono: 2978 41 30
Laboratorio de Incendios, Salomón Sack 840, Cerrillos.