



SIAOTECH

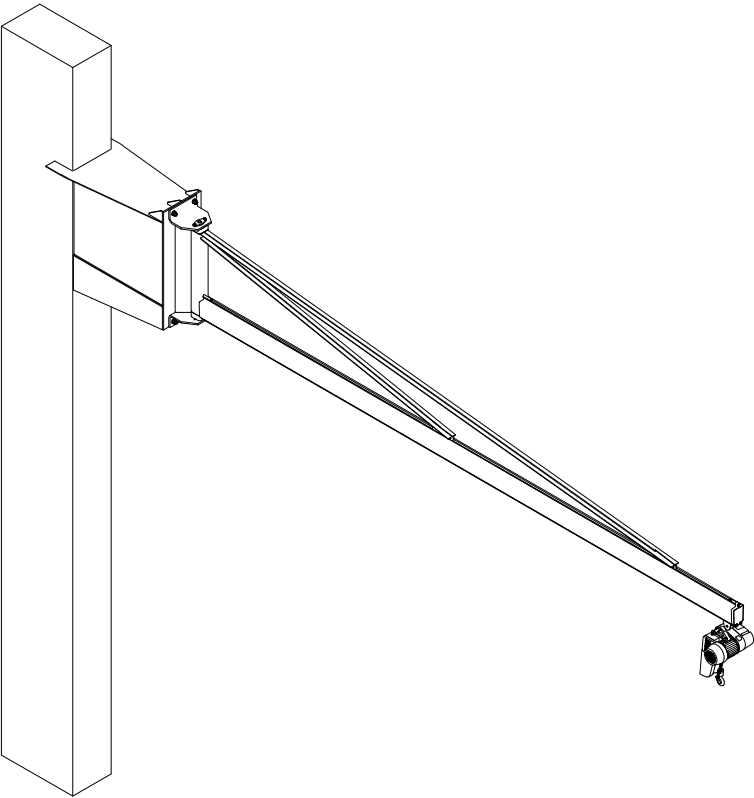
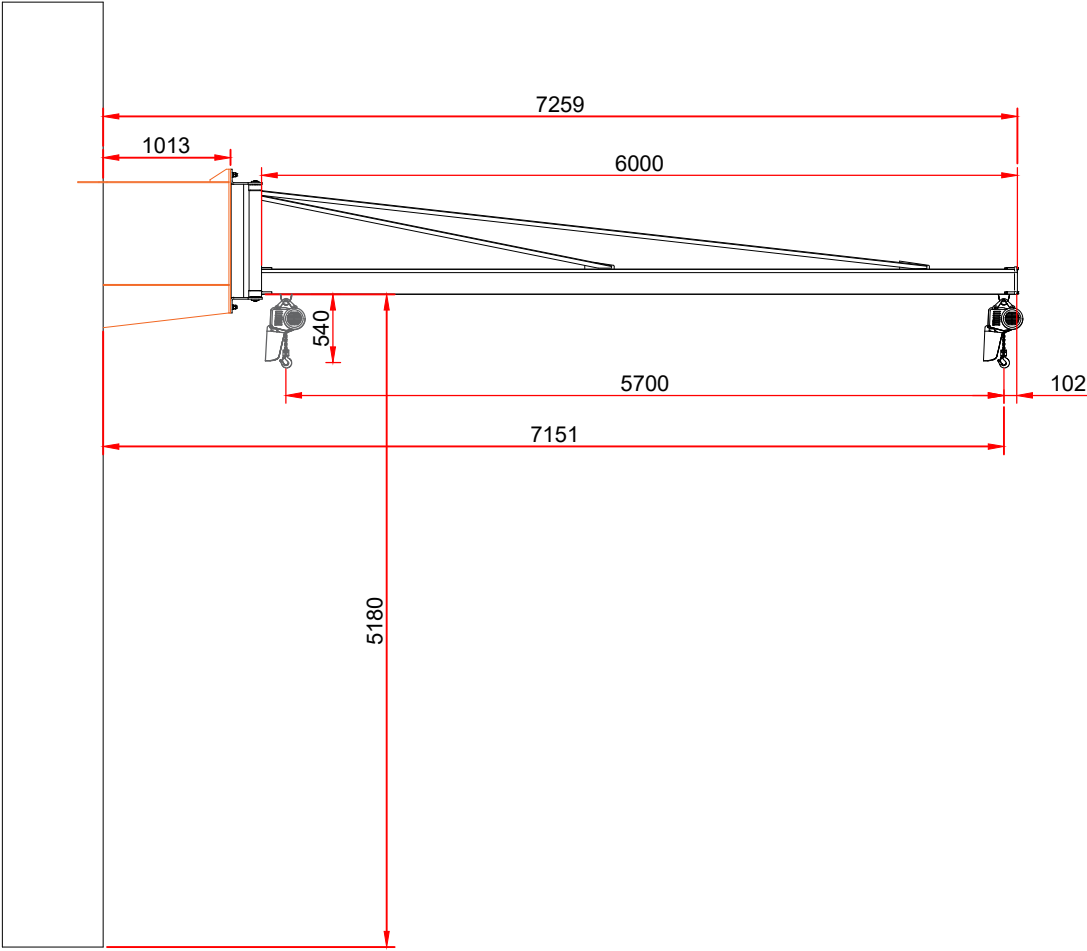


2025

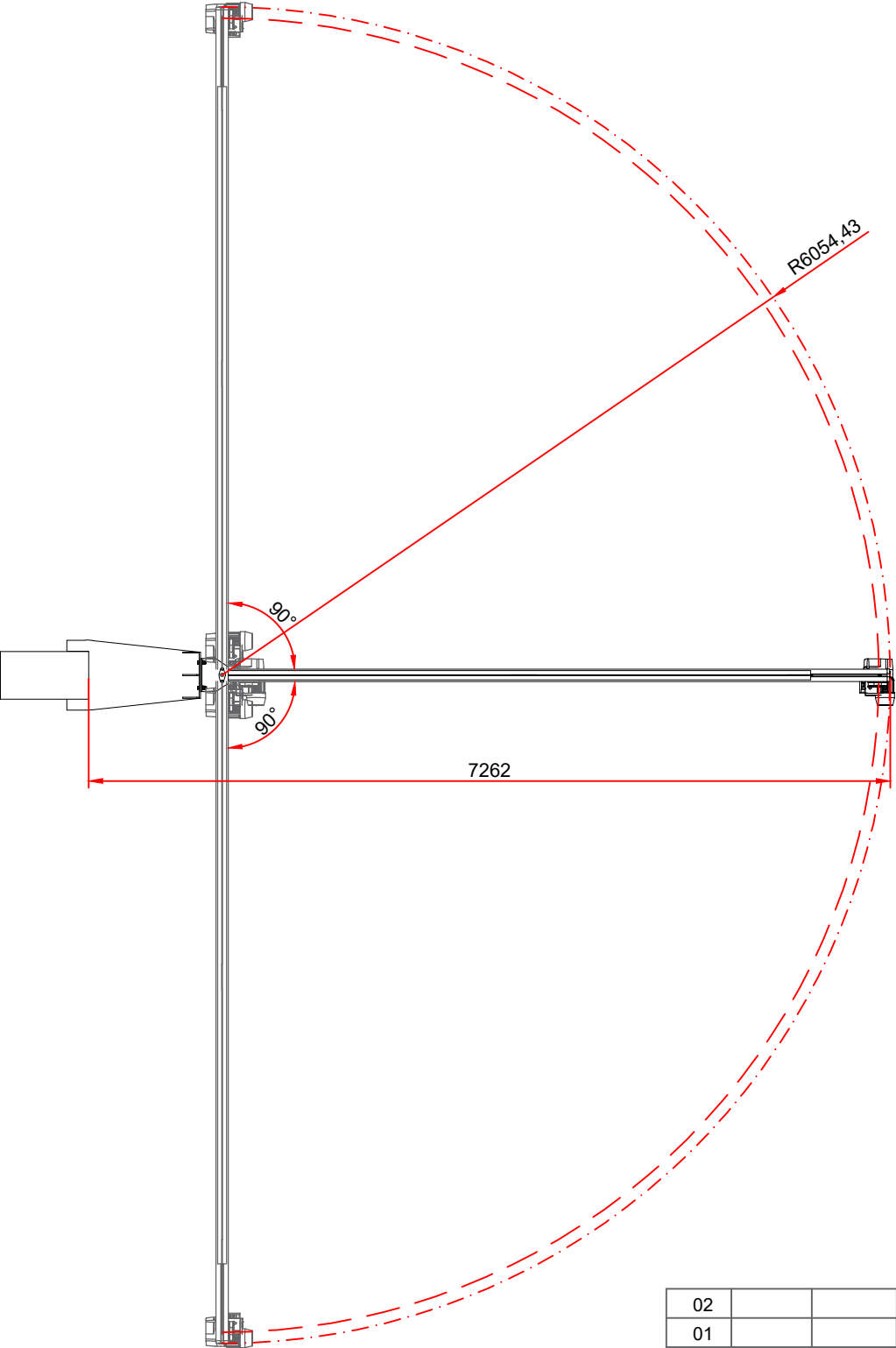
BRAÇO MECÂNICO 250Kg 6 METROS

CLIENTE: VOESTALPINE MEINCOL

www.siaotech.com

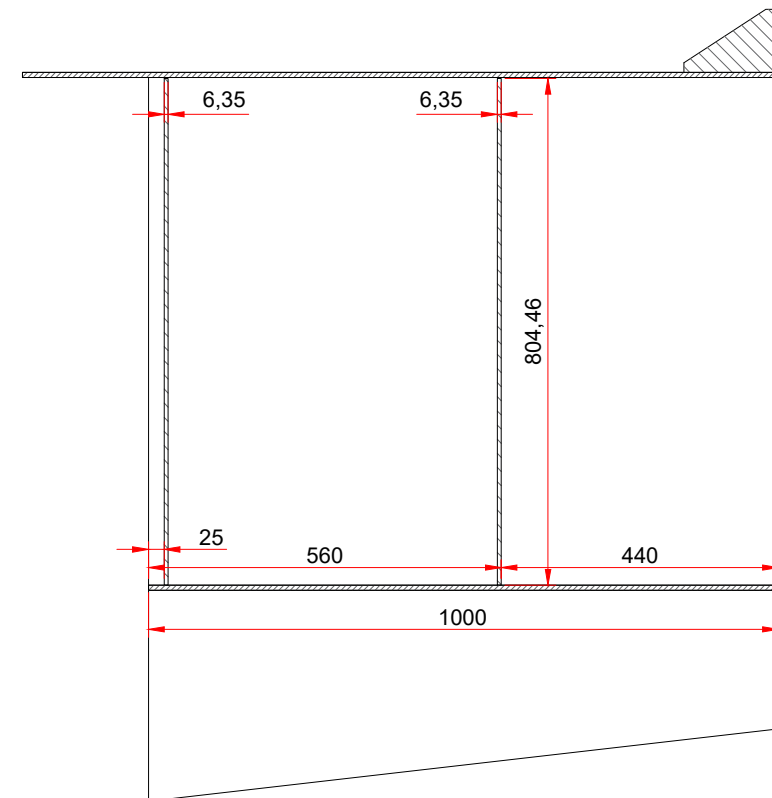
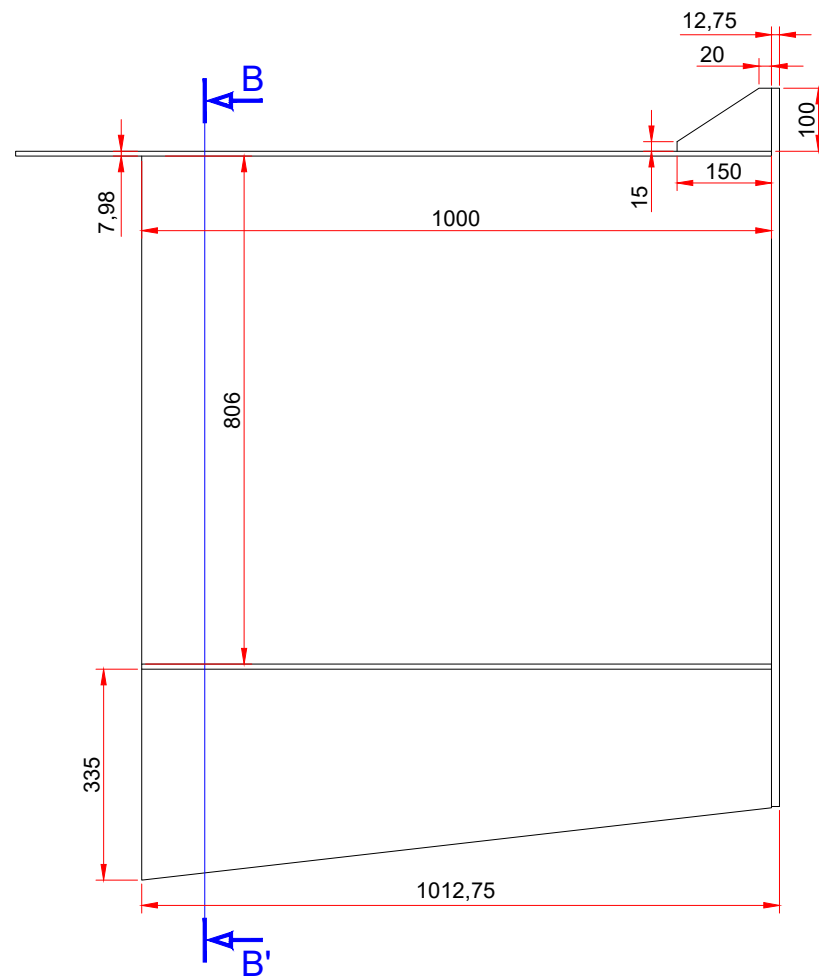
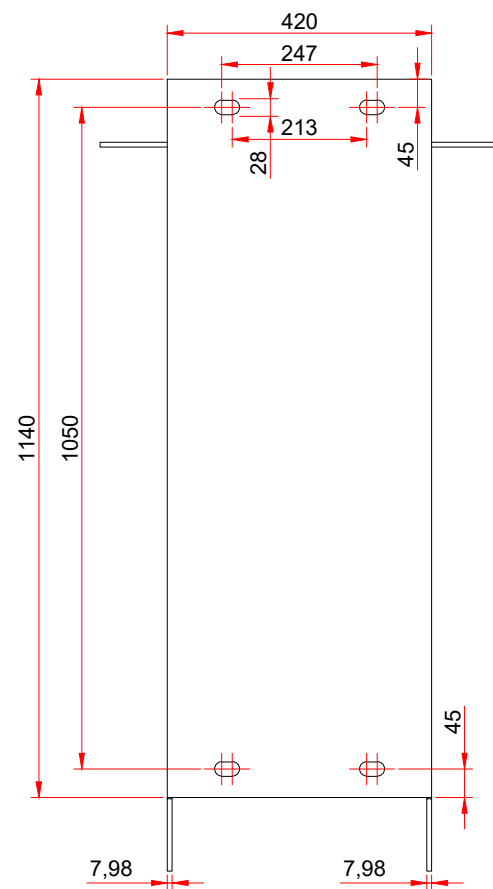


BRAÇOS MECÂNICOS DE ELEVAÇÃO
Escala (1:50)

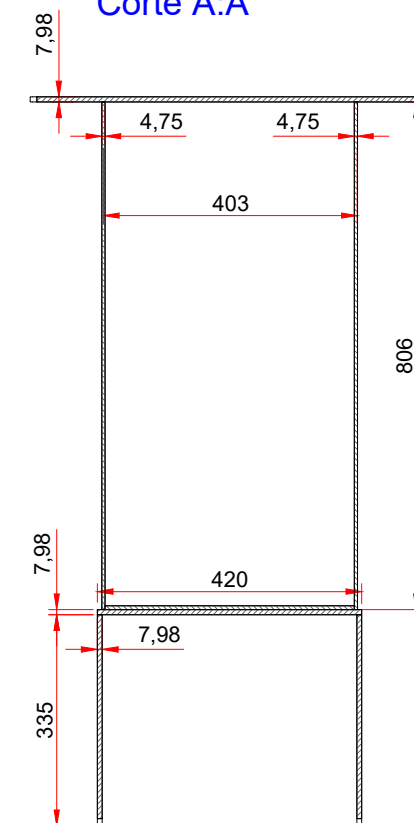


02			
01			
00	30/01/26	Eduardo	Emissão inicial
REV.	DATA	DES.	DESCRICAO

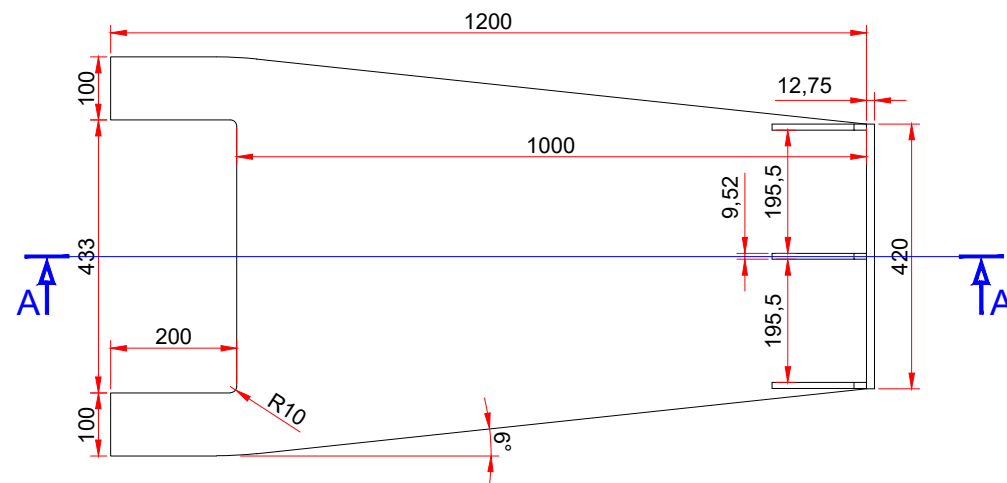
 SIAOTECH	CLIENTE: MEINCOL Caxias do Sul / RS		
	TÍTULO: Braço Mecânico 250 kg C/ Extensor Coluna G34		
DESENHISTA: EDUARDO W.	ENGENHEIRO RESPONSÁVEL: LUÍS EDUARDO WIECHORECK CREA 2211066380		FOLHA: 1/4
DATA: 30/01/2026	NÚMERO DO PROJETO: PR 26 01 005		
REVISADO:			



Corte A:A'



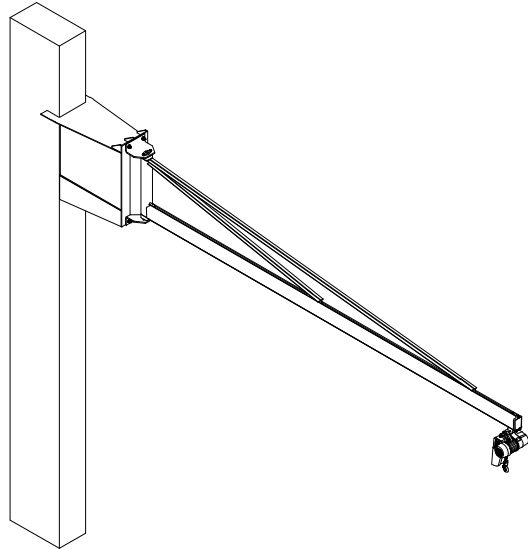
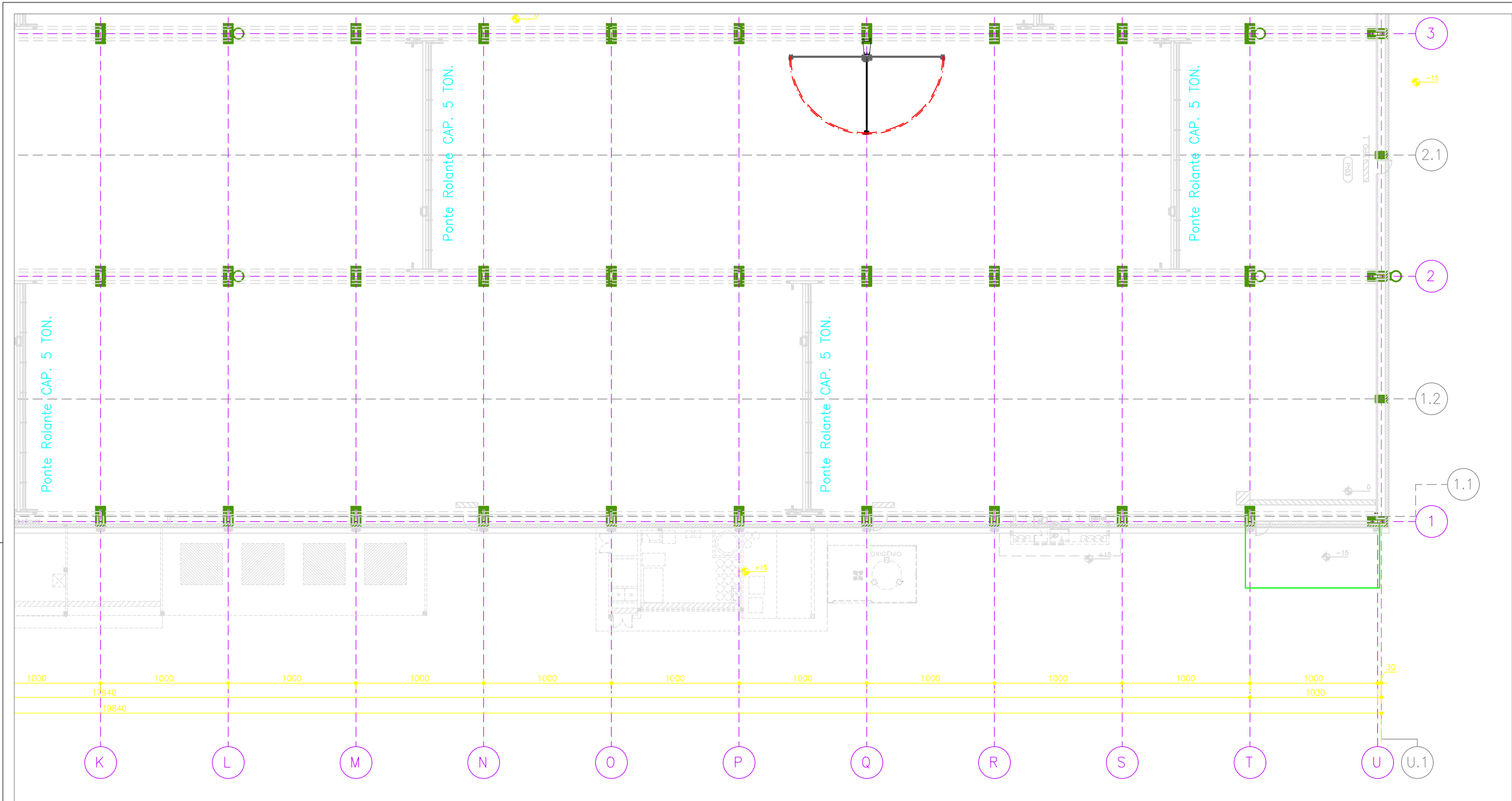
Corte B:B'



EXTENSOR BRAÇO MECÂNICO DE ELEVAÇÃO
Escala (1:12)

02			
01			
00	30/01/26	Eduardo	Emissão inicial
REV.	DATA	DES.	DESCRICAO

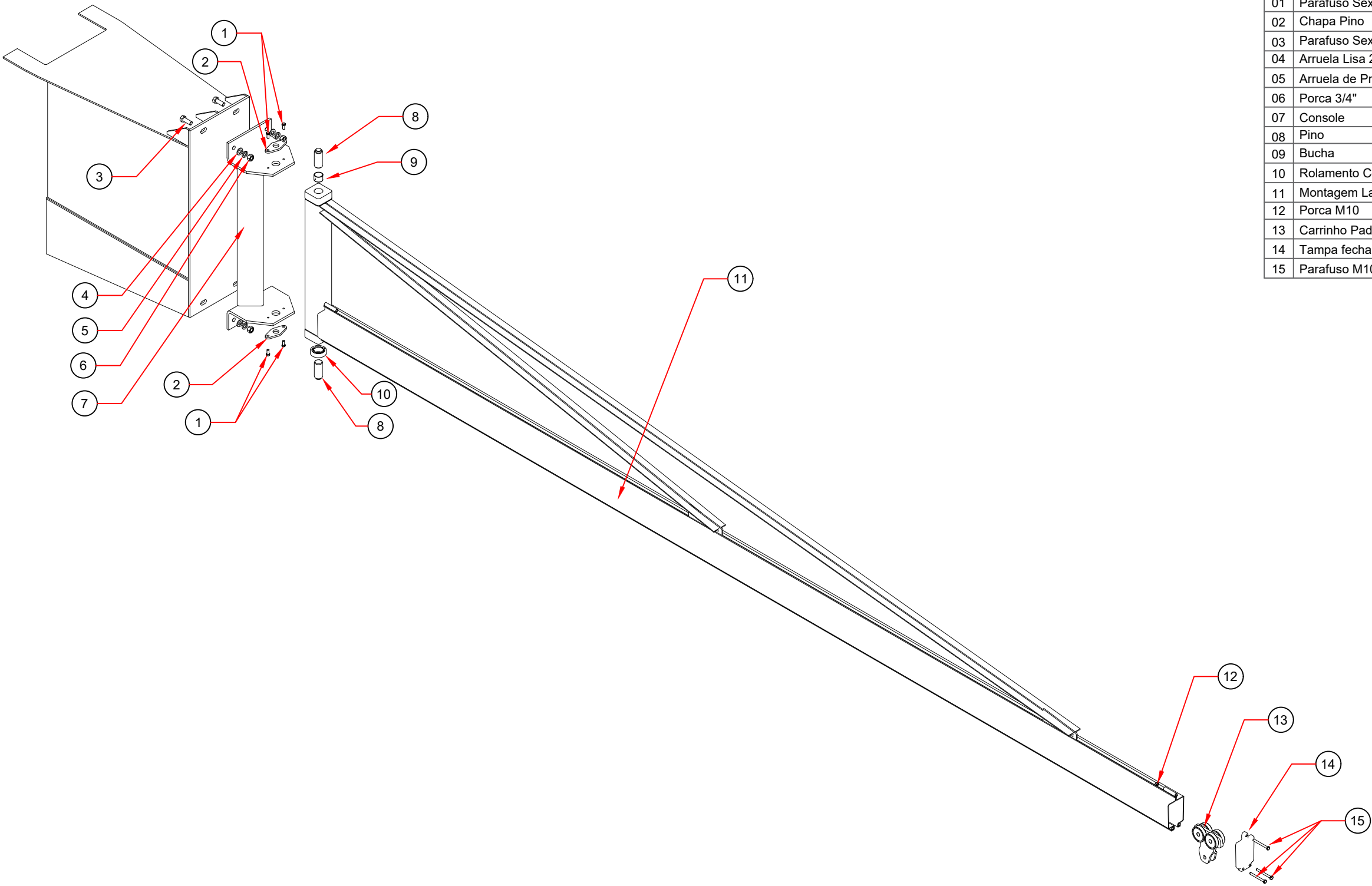
	CLIENTE: MEINCOL Caxias do Sul / RS	
	TÍTULO: Braço Mecânico 250 kg C/ Extensor Coluna G34	
DESENHISTA: EDUARDO W.	ENGENHEIRO RESPONSÁVEL: LUÍS EDUARDO WIECHORECK CREA 2211066380	
DATA: 30/01/2026	NÚMERO DO PROJETO: PR 26 01 005	FOLHA: 2/4
REVISADO:		



ALOCACÃO DOS BRAÇOS MECÂNICOS DE ELEVAÇÃO
Escala (S/E)

02			
01			
00	30/01/26	Eduardo	Emissão inicial
REV.	DATA	DES.	DESCRICAO

 SIAOTECH	CLIENTE: MEINCOL Caxias do Sul / RS		
	TÍTULO: Braço Mecânico 250 kg C/ Extensor Coluna G34		
DESENHISTA: EDUARDO W.	ENGENHEIRO RESPONSÁVEL: LUÍS EDUARDO WIECHORECK CREA 2211066380		
DATA: 30/01/2026			
REVISADO:	NÚMERO DO PROJETO: PR 26 01 005		FOLHA: 3/4



Item	Descrição
01	Parafuso Sextavado M10X30 mm - 8.8
02	Chapa Pino
03	Parafuso Sextavado 3/4"X2.1/2" mm - 8.8
04	Arruela Lisa 20
05	Arruela de Pressão 20
06	Porca 3/4"
07	Console
08	Pino
09	Bucha
10	Rolamento Cônico 32208
11	Montagem Lança 250Kg - 6,0 metros
12	Porca M10
13	Carrinho Padrão KBK
14	Tampa fechamento
15	Parafuso M10X100 mm - 8.8

02			
01			
00	30/01/26	Eduardo	Emissão inicial
REV.	DATA	DES.	DESCRICAO

 SIAOTECH	CLIENTE: MEINCOL Caxias do Sul / RS		
	TÍTULO: Braço Mecânico 250 kg C/ Extensor Coluna G34		
	DESENHISTA: EDUARDO W.		ENGENHEIRO RESPONSÁVEL: LUÍS EDUARDO WIECHORECK CREA 2211066380
DATA: 30/01/2026			
REVISADO:	NÚMERO DO PROJETO: PR 26 01 005		FOLHA: 4/4

2026



SIAOTECH

Memorial de Cálculo Mecânico

VOESTALPINE MEINCOL

Caxias do Sul / RS

PR 26 01 005 - Braço mecânico 250kg 6 metros

	REV. 00	REV. 01	REV. 02	REV. 03	REV. 04	REV. 05
DATA	30/01/2026					
ELABORADOR	Luís Eduardo Wiechoreck					

SUMÁRIO

IDENTIFICAÇÃO DA CONTRATANTE	3
IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL DO SERVIÇO	3
RESPONSÁVEL TÉCNICO	3
OBJETIVO	4
ESCOPO	4
REFERÊNCIA NORMATIVA.....	4
DIMENSIONAMENTO.....	5
Informações iniciais.....	5
Verificação Extensor	7
Verificação da Viga Principal.....	13
Verificação Estaio.....	13
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	21

IDENTIFICAÇÃO DA CONTRATANTE**VOSTALPINE MEINCOL S/A****CNPJ:** 88.614.342/0001-42**IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL DO SERVIÇO****VOSTALPINE MEINCOL S/A****CNPJ:** 88.614.342/0001-42**ENDEREÇO:** Estrada Paolo Radaelli, S/N - Forqueta**CIDADE:** Caxias do Sul/RS**CEP:** 95115-700**RESPONSÁVEL TÉCNICO**

Luís Eduardo Wiechoreck

*Engenheiro Mecânico**Engenheiro de Segurança do Trabalho**CREA RS2211066380***SISTEMA:** PR 26 01 005 - Braço mecânico 250kg 6 metros**ART Nr.:** 14232771

OBJETIVO

Este relatório foi desenvolvido com o objetivo de evidenciar a conformidade mecânica de um Braço Mecânico de Elevação com Extensor instalado na empresa Voestalpine Meincol SA em Caxias do Sul.

ESCOPO

Fazem parte deste relatório um Braço Giratório Manual e Talha Elétrica de Corrente de capacidade de 0,25 toneladas com extensor de 1 metro de comprimento.

REFERÊNCIA NORMATIVA

NBR 8400:2019 - Equipamentos de elevação e movimentação de carga — Regras para projeto

NBR 8800:2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios

NBR 14762:2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio

ASTM A36 - Standard specification for carbon structural steel

ASTM A572 - Standard specification for high-strength low-alloy columbium-vanadium structural steel

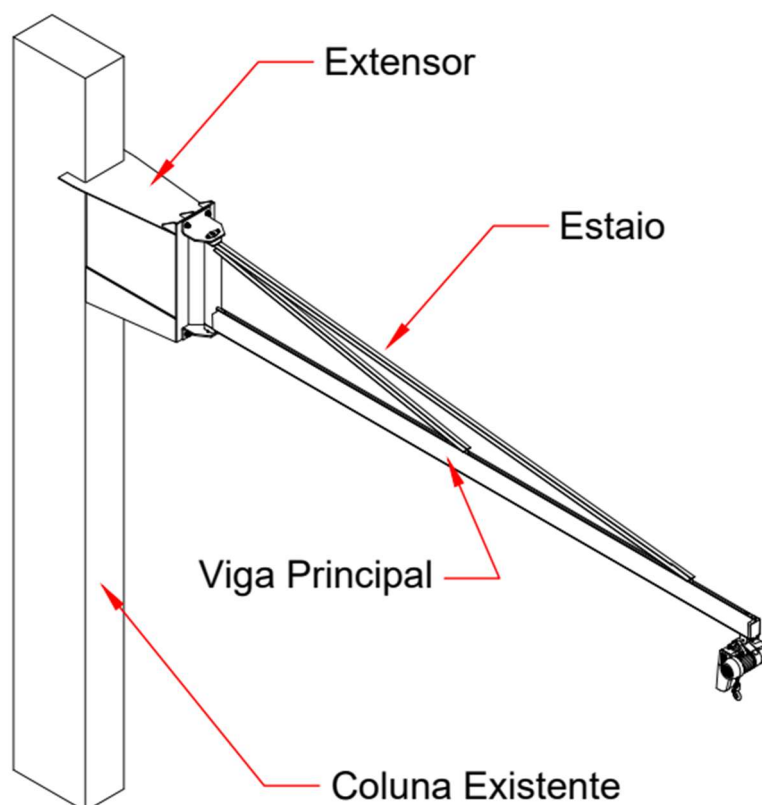
ISO 2553 - Welding and allied processes – Symbolic representation on drawings – Welded joints

ISO 22986 - Cranes – Stiffness – Bridge and gantry cranes

DIMENSIONAMENTO

Informações iniciais

Desenho esquemático de elementos estruturais:



Classificação do equipamento:

Grupo do equipamento: A4

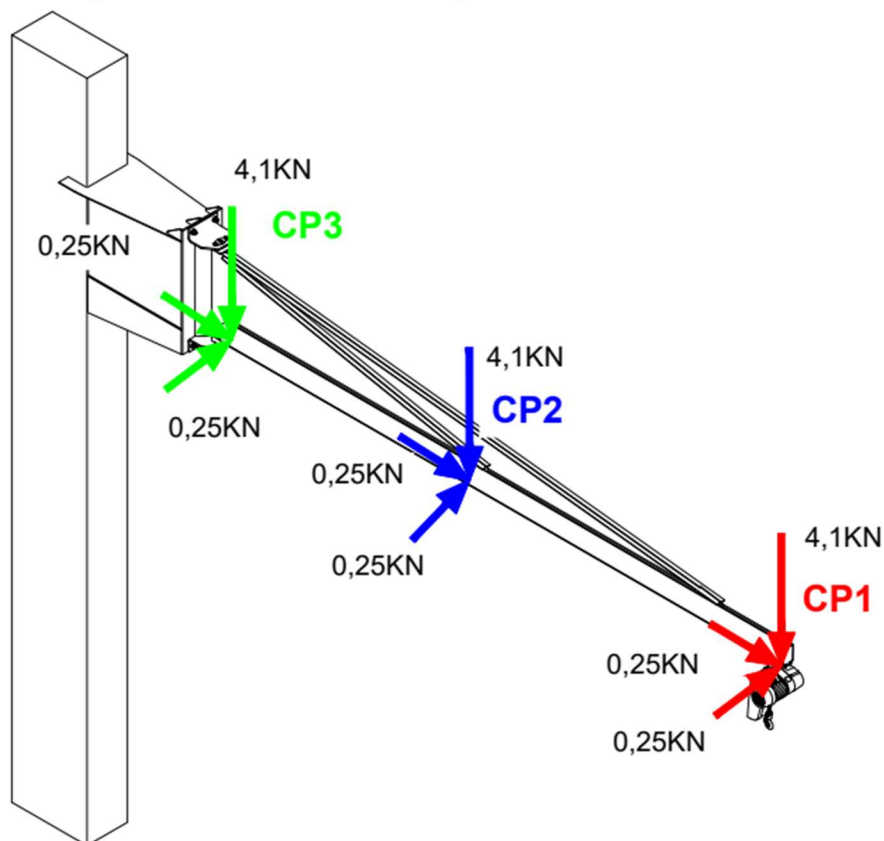
Classe de elevação: HC3

Valor de carga principal considerando coeficiente dinâmico e de amplificação = 4,1 kN

Valores de carga horizontais em função de aceleração ao longo da viga e rotação da mesma (estimado em considerando velocidade baixa/moderada menor que 0,25 m/s e aceleração em $0,078 \text{ m/s}^2$) = 0,25 kN

Tensão admissível de projeto = 166,7 Mpa (escolhido menor valor entre tensão admissível com relação ao limite elástico e tensão admissível de projeto em relação a fadiga – conforme NBR 8400)

Para verificação, as cargas serão inseridas ao longo da viga principal e da viga de rolagem, sempre escolhendo a combinação de cargas mais desfavorável para cada elemento.

*Distribuição de Cargas Consideradas em Projeto***Observações:**

- Ao longo da viga principal, os grupos de carga (vertical e horizontais) foram consideradas como sendo aplicadas em posições distintas.
- O elemento que mais sofreu estresse foi considerado na verificação de dimensionamento que segue.
- O peso próprio de cada elemento também foi considerado no cálculo.

Verificação Extensor

O Extensor foi verificado para as duas posições distintas que ele trabalha, reto e a 90 graus.

Perfil: Caixaão 822 X 420 X 8 X 4.8 mm

Material: Aço (A36 - Tensão de Projeto - 166.7 MPa)

Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N1	N2	1.000	144.58	153208.24	43227.21	103161.14

Notas:

⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado

⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme

	Flambagem		Flambagem lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Aba sup.	Aba inf.
β	2.00	2.00	2.00	2.00
L _K	2.000	2.000	2.000	2.000
C _b	-		1.000	

Notação:

β: Coeficiente de flambagem

L_K: Comprimento de flambagem (m)

C_b: Fator de modificação para o momento crítico

Barra	VERIFICAÇÕES								Estado
	M _x	M _y	V _x	V _y	NM _x M _y	T	NMVT	σ τ f	
N1/N2	x: 0 m η = 4.5	N.A. ⁽⁴⁾	N.A. ⁽⁵⁾	x: 0 m η = 6.0	N.A. ⁽⁶⁾	η = 47.7	x: 0 m η = 33.3	N.A. ⁽⁷⁾	PASSA η = 47.7
Notação: M _x : Resistência à flexão eixo X M _y : Resistência à flexão eixo Y V _x : Resistência ao esforço cortante X V _y : Resistência ao esforço cortante Y NM _x M _y : Resistência ao esforço axial e flexão combinados T: Resistência à torção NMVT: Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante σ τ f: Resistência a interações de esforços e momento de torção x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável									
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): (1) A verificação não procede, já que não há força axial de compressão. (2) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de tração. (3) A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão. (4) A verificação não será executada, já que não existe momento fletor. (5) A verificação não será executada, já que não existe esforço cortante. (6) Não existe interação entre o esforço axial e o momento fletor nem entre momentos fletores em ambas as direções para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária. (7) Não há interação entre o momento torsor, os dois momentos fletores e os dois esforços cortantes. Portanto, a verificação não é necessária.									

Resistência à flexão eixo X

Deve satisfazer:

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

$$\eta : \quad \mathbf{0.045} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

M_{Sd} : Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

M_{Sd} : 20.95 kN·m

Já que ' $\lambda \leq \lambda_r$ ', deve-se considerar viga de alma não-esbelta

167.92 ≤ 197.43

Onde:

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

λ : 167.92

Sendo:

h : Altura da parte plana das almas.

h : 806.00 mm

t_w : Espessura da alma.

t_w : 4.80 mm

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

λ_r : 197.43

Sendo:

E : Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 166.70 MPa

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} de vigas de alma não-esbelta deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

M_{Rd} : 461.67 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo

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

M_{Rd} : 847.37 kN·m

Onde:

W_x : Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

W_x : 3727.69 cm³

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 166.70 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

11.57 ≤ 140.27

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

M_{Rd} : 650.76 kN·m

Onde:

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

λ : 11.57

Sendo:

$L_{b,inf}$: Distância entre pontos travados à flambagem lateral.

$L_{b,inf}$: 2.000 m

r_y : Raio de giração da seção em relação ao eixo principal de inércia perpendicular ao eixo de flexão.

r_y : 17.29 cm

$$\lambda_p = \frac{0.13 \cdot E}{M_{pl}} \cdot \sqrt{J \cdot A}$$

$$\lambda_p : \underline{140.27}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

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

J: Constante de torção da seção transversal.

$$\mathbf{J} : \underline{103161.14} \text{ cm}^4$$

A: Área bruta da seção transversal da barra.

$$\mathbf{A} : \underline{144.58} \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{M}_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$\mathbf{M}_{pl} : \underline{715.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

$$\mathbf{Z}_x : \underline{4294.17} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f}_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM:

$$\lambda > \lambda_p$$

$$\mathbf{51.30} > \mathbf{38.79}$$

$$M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{a1}} \left[M_{pl} - (M_{pl} - f_y W) \left(3.57 \lambda \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4.0 \right) \right]$$

$$\mathbf{M}_{Rd} : \underline{540.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

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

$$\lambda : \underline{51.30}$$

Sendo:

b_f: Largura da parte plana das mesas.

$$\mathbf{b}_f : \underline{410.40} \text{ mm}$$

t_f: Espessura da mesa comprimida.

$$\mathbf{t}_f : \underline{8.00} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 1.12 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{38.79}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

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

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f}_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

$$\mathbf{M}_{pl} = Z \cdot f_y$$

$$\mathbf{M}_{pl} : \underline{715.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

$$\mathbf{Z}_x : \underline{4294.17} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f}_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

W_x: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$\mathbf{W}_x : \underline{3727.69} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$\mathbf{f}_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

(d) Estado-límite último de flambagem local da alma, FLA:

$$\lambda > \lambda_p$$

$$\mathbf{167.92} > \mathbf{83.82}$$

$$M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{a1}} \left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \left(0.305 \lambda \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 0.738 \right) \right] \leq \frac{1}{\gamma_{a1}} M_{pl}$$

$$M_{Rd} : \underline{461.67} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

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

$$M_{pl} : \underline{715.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

$$Z_x : \underline{4294.17} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

$$M_r = W \cdot (f_y - \sigma_r)$$

$$M_r : \underline{434.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Sendo:

W_x: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$W_x : \underline{3727.69} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

$$\sigma_r = 0.30 \cdot f_y$$

$$\sigma_r : \underline{50.01} \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

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

$$\lambda : \underline{167.92}$$

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas.

$$h : \underline{806.00} \text{ mm}$$

t_w: Espessura da alma.

$$t_w : \underline{4.80} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 2.42 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{83.82}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

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

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

Resistência ao esforço cortante Y

Deve satisfazer:

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

$$\eta : \underline{0.060} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{Sd} : \underline{13.41} \text{ kN}$$

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

$$\lambda > \lambda_r$$

$$167.92 > 106.11$$

$$V_{Rd} = 1,24 \cdot \left(\frac{\lambda_p}{\lambda} \right)^2 \cdot \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$V_{Rd} : \underline{224.59} \text{ kN}$$

Onde:

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

$$\lambda : \underline{167.92}$$

Sendo:

h: Altura da parte plana das almas.

$$h : \underline{806.00} \text{ mm}$$

t_w: Espessura da alma.

$$t_w : \underline{4.80} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{85.20}$$

$$\lambda_r = 1,37 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\lambda_r : \underline{106.11}$$

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem.

$$k_v : \underline{5.00}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

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

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

$$V_{pl} = 0,60 \cdot A_w \cdot f_y$$

$$V_{pl} : \underline{773.91} \text{ kN}$$

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w = 2 \cdot h \cdot t_w$$

$$A_w : \underline{77.38} \text{ cm}^2$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

Resistência à torção

Deve satisfazer:

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

$$\eta : \underline{0.477} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável.

$$T_{Sd} : \underline{45.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O momento de torção resistente de cálculo, T_{Rd}, é determinado pela expressão:

$$3,07 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 260 \rightarrow T_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{a1}} \cdot \frac{0,46 \cdot \pi^2 \cdot W_T \cdot E}{\left(\frac{h}{t_w} \right)^2}$$

$$T_{Rd} : \underline{94.99} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_T: Módulo de resistência à torção.

$$W_T = 2 \cdot t \cdot A_0$$

$$W_T : \underline{3244.54} \text{ cm}^3$$

Sendo:

$$A_0 = (B - t_w) \cdot (H - t_f)$$

$$A_0 : \underline{3379.73} \text{ cm}^2$$

h: Maior comprimento entre as partes planas dos lados da seção transversal.

$$h : \underline{806.00} \text{ mm}$$

H: Maior dimensão da seção.

$$H : \underline{822.00} \text{ mm}$$

B: Menor dimensão da seção.

$$B : \underline{420.00} \text{ mm}$$

t_w: Espessura do lado de maior comprimento entre as partes planas dos lados da seção transversal.

$$t_w : \underline{4.80} \text{ mm}$$

t_f: Espessura do lado de menor comprimento entre as partes planas dos lados da seção transversal.

$$t_f : \underline{8.00} \text{ mm}$$

t: Espessura.

$$t : \underline{4.80} \text{ mm}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

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

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{166.70} \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante

Deve satisfazer:

$$\eta = \left(\frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} \right) + \left(\frac{V_{y,Sd}}{V_{y,Rd}} + \frac{T_{Sd}}{T_{Rd}} \right)^2 \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.333} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N1, para a combinação de ações 1.5·PP+1.5·SCU1.

N_{t,Sd}: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$N_{t,Sd} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

M_{x,Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{x,Sd} : \underline{20.95} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

V_{y,Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{y,Sd} : \underline{13.41} \text{ kN}$$

T_{Sd}: Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável.

$$T_{Sd} : \underline{45.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

N_{t,Rd}: Força axial resistente de cálculo de tração (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.2).

$$N_{t,Rd} : \underline{2190.98} \text{ kN}$$

M_{x,Rd}: Momento fletor resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.2).

$$M_{x,Rd} : \underline{461.67} \text{ kN}$$

V_{y,Rd}: Força cortante resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.4.3).

$$V_{y,Rd} : \underline{224.59} \text{ kN}$$

T_{Rd}: Momento de torção resistente de cálculo (ABNT NBR 8800:2024, Artigo 5.5.2.1).

$$T_{Rd} : \underline{94.99} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

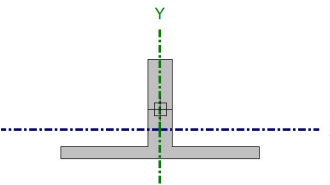
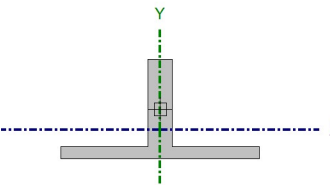
Resistência a interações de esforços e momento de torção

Não há interação entre o momento torsor, os dois momentos fletores e os dois esforços cortantes. Portanto, a verificação não é necessária.

Verificação da Viga Principal

Por se tratar de um perfil comercial, Perfil OCK-II da Omega Cranes, este tem suas capacidades tabeladas e confeccionadas para esse fim específico, por isso não se fez necessária sua verificação por este documento.

Verificação Estaio

Perfil: L 1.1/2 x 3/16", Duplo T união soldada (Cordão contínuo)										
Material: Aço (A36 - Tensão de Projeto)										
		Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
		Inicial	Final		Área (cm²)	I _x ⁽¹⁾ (cm⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm⁴)	x _g ⁽³⁾ (mm)	y _g ⁽³⁾ (mm)
		N4	N2	4.610	6.84	9.16	17.85	1.23	0.00	-7.78
Notas: (1) Inércia em relação ao eixo indicado (2) Momento de inércia à torção uniforme (3) Coordenadas do centro de gravidade										
		Flambagem			Flambagem lateral					
		Plano ZX		Plano ZY	Aba sup.		Aba inf.			
		β	0.68	0.68	0.00		0.00			
		L _K	3.155	3.138	0.000		0.000			
		C _b	-			1.000				
Notação: β: Coeficiente de flambagem L _K : Comprimento de flambagem (m) C _b : Fator de modificação para o momento crítico										

Barra	VERIFICAÇÕES										Estado
	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	NM _x M _y	T	NMVT	$\sigma \tau f$	
N4/N2	x: 4.61 m $\eta = 22.1$	N.A. ⁽²⁾	x: 4.61 m $\eta = 20.8$	x: 4.61 m $\eta = 14.5$	$\eta = 0.1$	x: 4.61 m $\eta = 0.6$	x: 4.61 m $\eta = 52.0$	N.A. ⁽³⁾	N.A. ⁽⁴⁾	x: 4.61 m $\eta = 0.9$	PASSA $\eta = 52.0$
Notação: N _t : Resistência à tração N _c : Resistência à compressão M _x : Resistência à flexão eixo X M _y : Resistência à flexão eixo Y V _x : Resistência ao esforço cortante X V _y : Resistência ao esforço cortante Y NM _x M _y : Resistência ao esforço axial e flexão combinados T: Resistência à torção NMVT: Resistência ao momento de torção, força axial, momento fletor e cortante $\sigma \tau f$: Resistência a interações de esforços e momento de torção x: Distância à origem da barra η : Coeficiente de aproveitamento (%) N.A.: Não aplicável											
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): ⁽¹⁾ A verificação não procede, já que não há força axial de compressão. ⁽²⁾ A verificação não será executada, já que não existe esforço axial de compressão. ⁽³⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor. ⁽⁴⁾ Não há interação entre a esforço axial, momento fletor, esforço cortante e momento torsor. Portanto, a verificação não é necessária.											

Resistência à tração

Deve satisfazer:

η : **0.221** ✓

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

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N2, para a combinação de ações 1.3·PP+CP1-Z+CP1-X.

N_{t,Sd}: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

N_{t,Sd}: 19.86 kN

A força axial de tração resistente de cálculo, N_{t,Rd}, deve ser determinada pela expressão:

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

N_{t,Rd}: 89.71 kN

Onde:

A_g: Área bruta da seção transversal da barra.

A_g: 6.80 cm²

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: 145.10 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1}: 1.10

Resistência à flexão eixo X

Deve satisfazer:

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

η: 0.208 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N2, para a combinação de ações 1.5·PP.

M_{Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

M_{Sd}: 0.14 kN·m

O momento fletor resistente de cálculo M_{Rd} deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

M_{Rd}: 0.67 kN·m

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo:

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

M_{Rd}: 0.67 kN·m

Onde:

W_x: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

W_x: 3.41 cm³

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

f_y: 145.10 MPa

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1}: 1.10

(b) Estado-límite último de flambagem lateral com torção, FLT:

Não é necessário, pois o comprimento de flambagem lateral é nulo.

(c) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

8.00 ≤ **14.11**

M_{Rd}: 0.81 kN·m

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

Onde:

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

$$\lambda : 8.00$$

Sendo:

b_f: Largura da mesa comprimida.

$$b_f : 76.20 \text{ mm}$$

t_f: Espessura da mesa comprimida.

$$t_f : 4.76 \text{ mm}$$

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

$$\lambda_p : 14.11$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

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

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : 145.10 \text{ MPa}$$

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

$$M_{pl} : 0.89 \text{ kN}$$

Onde:

Z_x: Módulo de resistência plástico.

$$Z_x : 6.15 \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : 145.10 \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

Resistência à flexão eixo Y

Deve satisfazer:

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

$$\eta : 0.145 \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N2, para a combinação de ações PP+CP1-Y.

M_{Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$M_{Sd} : 0.13 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O momento fletor resistente de cálculo **M_{Rd}** deve ser tomado como o menor valor entre os obtidos nas seguintes seções:

$$M_{Rd} : 0.92 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

(a) Máximo momento fletor resistente de cálculo

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

$$M_{Rd} : 0.92 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_y: Módulo de resistência elástico mínimo da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

$$W_y : 4.67 \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : 145.10 \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

$$\gamma_{a1} : 1.10$$

(b) Estado-límite último de flambagem local da mesa comprimida, FLM:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$8.00 \leq 14.11$$

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

$$M_{Rd} : \underline{1.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

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

$$\lambda : \underline{8.00}$$

Sendo:

b_f: Largura da mesa comprimida.

$$b_f : \underline{76.20} \text{ mm}$$

t_f: Espessura da mesa comprimida.

$$t_f : \underline{4.76} \text{ mm}$$

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

$$\lambda_p : \underline{14.11}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

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

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{145.10} \text{ MPa}$$

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

$$M_{pl} : \underline{1.11} \text{ kN}$$

Onde:

Z_y: Módulo de resistência plástico.

$$Z_y : \underline{7.67} \text{ cm}^3$$

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{145.10} \text{ MPa}$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

(c) Estado-limite último de flambagem local da alma, FLA:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$3.00 \leq 41.58$$

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

$$M_{Rd} : \underline{1.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde:

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

$$\lambda : \underline{3.00}$$

Sendo:

h: Altura da alma, tomada igual à distância entre as faces internas das mesas.

$$h : \underline{28.58} \text{ mm}$$

t_w: Espessura da alma.

$$t_w : \underline{9.52} \text{ mm}$$

$$\lambda_p = 1.12 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_p : \underline{41.58}$$

Sendo:

E: Módulo de elasticidade do aço.

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

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{145.10} \text{ MPa}$$

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

$$M_{pl} : \underline{1.11} \text{ kN}$$

Onde:

 Z_y : Módulo de resistência plástico. Z_y : 7.67 cm³ f_y : Resistência ao escoamento do aço. f_y : 145.10 MPa γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10**Resistência ao esforço cortante X**

Deve satisfazer:

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

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+CP1-Y.

 V_{Sd} : Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável. V_{Sd} : 0.03 kNA força cortante resistente de cálculo, V_{Rd} , é determinada pela expressão:

$$8.00 \leq 44.74$$

$$\lambda \leq \lambda_p$$

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

$$V_{Rd} : \underline{28.71} \text{ kN}$$

Onde:

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

$$\lambda : \underline{8.00}$$

Sendo:

 b_f : Largura das mesas. b_f : 76.20 mm t_f : Espessura das mesas. t_f : 4.76 mm

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

$$\lambda_p : \underline{44.74}$$

Sendo:

 k_v : Coeficiente de flambagem. k_v : 1.20 E : Módulo de elasticidade do aço. E : 200000 MPa f_y : Resistência ao escoamento do aço. f_y : 145.10 MPa

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

$$V_{pl} : \underline{31.58} \text{ kN}$$

Sendo:

 A_w : Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w = b_f \cdot t_f$$

$$A_w : \underline{3.63} \text{ cm}^2$$

 γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material. γ_{a1} : 1.10**Resistência ao esforço cortante Y**

Deve satisfazer:

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

$$\eta : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N2, para a combinação de ações 1.5·PP.

V_{Sd}: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$V_{Sd} : \underline{0.18} \text{ kN}$$

A força cortante resistente de cálculo, V_{Rd}, é determinada pela expressão:

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$4.00 \leq \underline{44.74}$$

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

$$V_{Rd} : \underline{28.71} \text{ kN}$$

Onde:

$$\lambda = \frac{d}{t_w} \leq 260$$

$$\lambda : \underline{4.00}$$

Sendo:

d: Altura total da seção transversal.

$$d : \underline{38.10} \text{ mm}$$

t_w: Espessura da alma.

$$t_w : \underline{9.52} \text{ mm}$$

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

$$\lambda_p : \underline{44.74}$$

Sendo:

k_v: Coeficiente de flambagem.

$$k_v : \underline{1.20}$$

E: Módulo de elasticidade do aço.

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

f_y: Resistência ao escoamento do aço.

$$f_y : \underline{145.10} \text{ MPa}$$

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

$$V_{pl} : \underline{31.58} \text{ kN}$$

Sendo:

A_w: Área efetiva ao cisalhamento.

$$A_w = d \cdot t_w$$

$$A_w : \underline{3.63} \text{ cm}^2$$

γ_{a1}: Coeficiente de segurança do material.

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

Resistência ao esforço axial e flexão combinados

Deve satisfazer:

$$\eta \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.520} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N2, para a combinação de ações 1.3·PP+CP1-Z+CP1-X+CP1-Y.

N_{t,Sd}: Força axial de tração solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{N_{t,Sd}} : \underline{19.86} \text{ kN}$$

M_{x,Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{M_{x,Sd}} : \underline{0.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{y,Sd}: Momento fletor solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{M_{y,Sd}} : \underline{0.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{Sd} / N_{Rd} \geq 0.2$$

$$\mathbf{0.221} \geq \mathbf{0.200}$$

$$\eta = \frac{N_{t,Sd}}{N_{t,Rd}} + \frac{8}{9} \cdot \left(\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.520}$$

Onde:

N_{t,Rd}: Força axial resistente de cálculo de tração

$$\mathbf{N_{t,Rd}} : \underline{89.71} \text{ kN}$$

M_{x,Rd}, M_{y,Rd}: Momentos fletores resistentes de cálculo, respectivamente em relação aos eixos X e Y da seção transversal

$$\mathbf{M_{x,Rd}} : \underline{0.67} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M_{y,Rd}} : \underline{0.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistência a interações de esforços e momento de torção

Deve satisfazer:

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

$$\eta : \underline{0.009} \checkmark$$

O coeficiente de aproveitamento desfavorável produz-se no nó N2, para a combinação de ações 1.3·PP+CP1-Z+CP1-Y no ponto da seção transversal de coordenadas X = 0.00 mm, Y = -8.64 mm em relação ao centro de gravidade.

As tensões tangenciais τ_{Sd} são dadas por:

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

$$\tau_{Sd} : \underline{0.68} \text{ MPa}$$

Onde:

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

$$\tau_{V_{x,Sd}} : \underline{0.12} \text{ MPa}$$

Sendo:

V_{x,Sd}⁺: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{V_{x,Sd}^+} : \underline{0.03} \text{ kN}$$

S_y: Momento estático, em relação ao eixo Y, da parte da seção situada a um lado do ponto de verificação.

$$\mathbf{S_y} : \underline{3.45} \text{ cm}^3$$

I_y: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo Y.

$$\mathbf{I_y} : \underline{17.79} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

$$\mathbf{t} : \underline{4.76} \text{ mm}$$

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

$$\tau_{V_{y,Sd}} : \underline{0.56} \text{ MPa}$$

Sendo:

V_{y,Sd}⁺: Esforço cortante solicitante de cálculo, desfavorável.

$$\mathbf{V_{y,Sd}^+} : \underline{0.16} \text{ kN}$$

S_x: Momento estático, em relação ao eixo X, da parte da seção situada a um lado do ponto de verificação.

$$\mathbf{S_x} : \underline{-1.57} \text{ cm}^3$$

I_x: Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo X.

$$\mathbf{I_x} : \underline{9.15} \text{ cm}^4$$

t: Espessura.

t : 4.76 mm

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

τ_{Tsd} : 0.00 MPa

Sendo:

T_{sd} : Momento de torção solicitante de cálculo, desfavorável.

T_{sd} : 0.00 kN·m

J: Constante de torção da seção transversal.

J : 1.23 cm⁴

t: Espessura.

t : 4.76 mm

A tensão resistente de cálculo, τ_{Rd} , é dada pelo menor valor entre os obtidos por a) e b):

τ_{Rd} : 78.30 MPa

(a) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de escoamento sob efeito de tensão de cisalhamento:

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

τ_{Rd} : 79.15 MPa

Onde:

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 145.10 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

(b) Tensão resistente de cálculo para os estados-limites de instabilidade ou flambagem sob efeito de tensão cisalhamento:

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

τ_{Rd} : 78.30 MPa

Onde:

χ : Fator de redução total associado à resistência à compressão.

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

χ : 0.989

Sendo:

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

λ_0 : 0.160

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

τ_e : 3385.73 MPa

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

σ_E : 2821.44 MPa

Onde:

k_v : Coeficiente de flambagem.

k_v : 1.20

E: Módulo de elasticidade do aço.

E : 200000 MPa

ν : Coeficiente de Poisson.

ν : 0.30

t: Espessura.

t : 4.76 mm

h: Largura.

h : 38.10 mm

f_y : Resistência ao escoamento do aço.

f_y : 145.10 MPa

γ_{a1} : Coeficiente de segurança do material.

γ_{a1} : 1.10

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme exposto nesse Memorial de Cálculo, os equipamentos aqui descritos se encontram em conformidade e podem ser utilizados para as atividades a que se destinam, não podendo ultrapassar a capacidade de carga estipulada.

Nenhum item do sistema deve ser inserido, retirado ou modificado, sem autorização expressa, o que resultará na invalidação deste relatório.

Atenciosamente,



Luís Eduardo Wiechoreck
Engenheiro Mecânico
Engenheiro de Segurança do Trabalho
CREA RS2211066380



Robson Monteiro
Técnico de Manutenção

ANEXO A – ART



Tipo: OBRA OU SERVIÇO **Participação Técnica:** INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO **Motivo:** NORMAL

Contratado

Carteira: RS190508 **Profissional:** LUÍS EDUARDO WIECHORECK **E-mail:** eduardowie@gmail.com
RNP: 2211066380 **Título:** Engenheiro Mecânico, Engenheiro de Segurança do Trabalho
Empresa: SIAOTECH EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS COMERCIO INDUSTRIA E SERVICO LTDA **Nr.Reg.:** 266660

Contratante

Nome: SIAOTECH EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS E SERVIÇOS LTDA **E-mail:**
Endereço: Rua JERONIMO DEMORI 1474 **Telefone:** (54) 99192 9494 **CPF/CNPJ:** 43983467000101
Cidade: Caxias do Sul **Bairro:** SÃO LUIZ **CEP:** 95074758 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: VOESTALPINE MEINCOL S/A **CPF/CNPJ:** 88.614.342/0001-42
Endereço da Obra/Serviço: Estrada PAULO RADAELLI **CEP:** 95115700 **UF:** RS
Cidade: CAXIAS DO SUL **Bairro:** FORQUETA **Honorários(R\$):** 0,00
Finalidade: OUTRAS FINALIDADES **Vlr Contrato(R\$):** 1.250,00 **Ent.Classe:**
Data Início: 10/02/2026 **Prev.Fim:** 17/02/2026

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Projeto e Execução	Equipamentos Mecânicos e Eletro-Mecânicos	1,00	UN
Observações	REF. A UM BRAÇO DE ELEVAÇÃO GIRATÓRIO COM EXTENSOR DE 250 KG		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 10/02/2026

Caxias do Sul/RS - 10/02/2026

Local e Data

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Luís Eduardo Wiechoreck
LUÍS EDUARDO WIECHORECK

Profissional

De acordo

Robson Monteiro
SIAOTECH EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS E SERVIÇOS LTDA

Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODE SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK SOCIEDADE - ART CONSULTA.