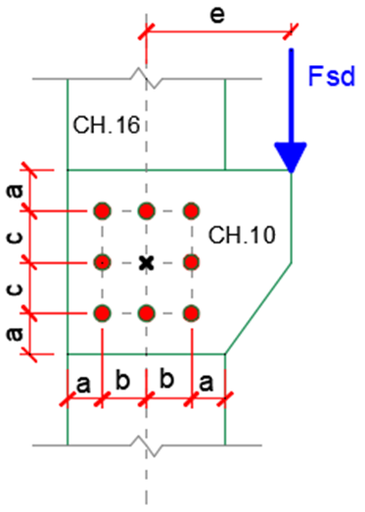
# B2T5M0621A

Calcular qual a máxima solicitação Fsd possível de ser aplicada na ligação tipo contato indicada ao lado, de modo que sejam atendidas as verificações de :

a) corte dos parafusos;
d) rasgamento de chapa e pressão de apoio;




$a := 60\ mm$

$b := 70\ mm$

$c := 60\ mm$

$e := 200\ mm$

$t1 := 16\ mm$

$t2 := 10\ mm$

Dados:
- Furos padrão;
- Parafusos A325 com d = 3 / 4';
- Aço A36 (MR250);
- Ovalização dos furos é uma limitação de projeto;

$d := \frac{3}{4} \cdot 25,4\ mm = 19,050\ mm$

$E := 200\ GPa$ $\quad fy := 25\ \frac{kN}{cm^2}$ $\quad fu := 40\ \frac{kN}{cm^2}$

$\gamma a1 := 1,1$ $\quad \gamma a2 := 1,35$

Q01 - Qual o máximo valor de Fsd (em valor de cálculo) possível de ser aplicado de modo que a verificação de corte de parfusos ainda seja atendida ? [kN]
Q02 - Qual o máximo valor de Fsd (em valor de cálculo) possível de ser aplicado de modo que a verificação de rasgamento de chapa e pressão de apoio ainda seja atendida ? [kN]

## Verificação de Corte dos Pafarusos:

*Considerando uso de parafusos de rosca inteira.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,4\ A_b\ f_{ub}}{\gamma_{a2}}$$

$Ab := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2,8502\ cm^2$

$fub := 825\ MPa$

| Especificação | $f_{yb}$ MPa | $f_{ub}$ MPa | Diâmetro $d_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | mm | pol |
| ASTM A307 | - | 415 | - | $1/2 \le d_b \le 4$ |
| ISO 898-1 Classe 4.6 | 235 | 400 | $12 \le d_b \le 36$ | - |
| ASTM A325 [a] | 635<br>560 | 825<br>725 | $16 \le d_b \le 24$<br>$24 < d_b \le 36$ | $1/2 \le d_b \le 1$<br>$1 < d_b \le 1½$ |
| ISO 4016 Classe 8.8 | 640 | 800 | $12 \le d_b \le 36$ | - |
| ASTM A490 | 895 | 1035 | $16 \le d_b \le 36$ | $1/2 \le d_b \le 1½$ |
| ISO 4016 Classe 10.9 | 900 | 1000 | $12 \le d_b \le 36$ | - |

[a] Disponíveis também com resistência à corrosão atmosférica comparável à dos aços AR 350 COR ou à dos aços ASTM A588.

Força resistente de corte por plano de corte nos parafusos:

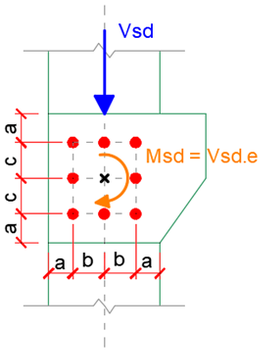
$Fv_Rd_por_plano := \frac{0,4 \cdot Ab \cdot fub}{\gamma a2} = 69,672\ kN$

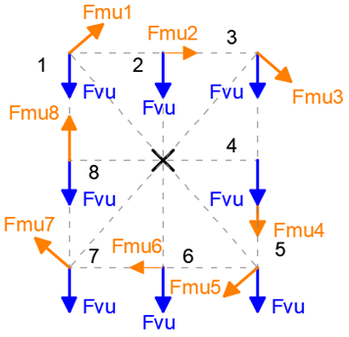
Planos de corte por parafuso: $n_planos := 1$

Quantidade de parafusos: $n_paraf := 8$

Força resistente de corte parafuso:

$Fv_Rd_por_paraf := n_planos \cdot Fv_Rd_por_plano = 69,672\ kN$




$rx1 := b = 70\ mm$ $\quad ry1 := c = 60\ mm$

$rx2 := 0 = 0\ mm$ $\quad ry2 := c = 60\ mm$

$rx3 := b = 70\ mm$ $\quad ry3 := c = 60\ mm$

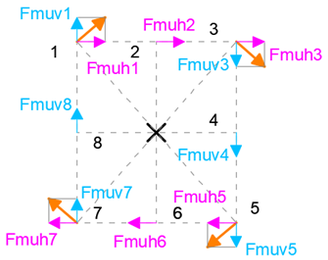
$rx4 := b = 70\ mm$ $\quad ry4 := 0 = 0\ mm$

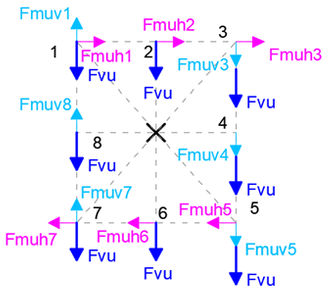
$rx5 := b = 70\ mm$ $\quad ry5 := c = 60\ mm$

$rx6 := 0 = 0\ mm$ $\quad ry6 := c = 60\ mm$

$rx7 := b = 70\ mm$ $\quad ry7 := c = 60\ mm$

$rx8 := b = 70\ mm$ $\quad ry8 := 0 = 0\ mm$




* Parafusos 3 e 5 - mais afastados e mais solicitados; Parafuso 8 é o menos solicitado de todos;
* Análise dos parafusos 3 e 5 será suficiente para resolver o problema;

$$Ab := \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = 2,8502\ cm^2$$

$$J := \Sigma r^2 \cdot A_i \qquad J := \Sigma \left( rx_i^2 + ry_i^2 \right) \cdot A_i \qquad J := A \cdot \Sigma \left( rx_i^2 + ry_i^2 \right)$$

$$J := Ab \cdot \left( rx1^2 + ry1^2 + rx2^2 + ry2^2 + rx3^2 + ry3^2 + rx4^2 + ry4^2 + rx5^2 + ry5^2 + rx6^2 + ry6^2 + rx7^2 + ry7^2 + rx8^2 + ry8^2 \right) = 1453,6\ cm^4$$

$$Fmuh1 := \frac{Fsd \cdot e}{J} \cdot ry1 \cdot Ab \qquad Fmuv2 := \frac{Fsd \cdot e}{J} \cdot rx2 \cdot Ab$$

$$Fvu := \frac{Fsd}{n_paraf}$$

Para o parafuso 3 (Igualando solicitação com resistência) :

$$\sqrt{\left( \left( \frac{Fsd}{n_paraf} + \frac{Fsd \cdot e}{J} \cdot rx3 \cdot Ab \right)^2 + \left( \frac{Fsd \cdot e}{J} \cdot ry3 \cdot Ab \right)^2 \right)} - Fv_Rd_por_paraf = 0$$

$$Fsd^2 \cdot \left( \left( \frac{1}{n_paraf} + \frac{e}{J} \cdot rx3 \cdot Ab \right)^2 + \left( \frac{e}{J} \cdot ry3 \cdot Ab \right)^2 \right) - Fv_Rd_por_paraf^2 = 0$$

$$Fsd_corte := \sqrt{\frac{Fv_Rd_por_paraf^2}{\left( \frac{1}{n_paraf} + \frac{e}{J} \cdot rx3 \cdot Ab \right)^2 + \left( \frac{e}{J} \cdot ry3 \cdot Ab \right)^2}} = 150,27\ kN$$

---

## Rasgamento de Chapa e Pressão de Apoio :

$$F_{c,Rd} = \frac{1,2\, l_f\, t f_u}{\gamma_{a2}} \leq \frac{2,4\, d_b\, t\, f_u}{\gamma_{a2}}$$

$$d_b := d = 19,05\ mm$$

$$g := \sqrt{c^2 + b^2} = 92,195\ mm$$

bf : borda de furo  bc : borda de chapa

$$l_bf_a_bf := \min\left( [\ c\ \ b\ ] \right) - \frac{\left( d_b + 1,5\ mm \right)}{2} - \frac{\left( d_b + 1,5\ mm \right)}{2} = 39,45\ mm$$

$$l_bf_a_bc := a - \frac{\left( d_b + 1,5\ mm \right)}{2} = 49,725\ mm$$

$$lf := \min\left( [\ l_bf_a_bf\ \ l_bf_a_bc\ ] \right) = 39,45\ mm$$

$$t := \min\left( [\ t1\ \ t2\ ] \right) = 10\ mm$$

$$Fc_Rd1 := \frac{1,2 \cdot lf \cdot t \cdot fu}{\gamma a2} = 140,27\ kN$$

* Resistência ao rasgamento de chapa no furo mais desfavorável da chapa de menor espessura.

$Fc_Rd2 := \frac{2,4 \cdot d_b \cdot t \cdot fu}{\gamma a2} = 135,47\ kN$ * Resistência de pressão de apoio por furo da chapa de menor espessura.

$Fc_Rd_por_paraf := \min([\ Fc_Rd1\ \ Fc_Rd2\ ]) = 135,47\ kN$ * Resistência aos dois fenômenos por furo.

Igualando solicitação e Resistência no parafuso mais solicitado (Parafuso 3 conforme antes verificado):

$$\sqrt{\left(\left(\frac{Fsd}{n_paraf} + \frac{Fsd \cdot e}{J} \cdot rx3 \cdot Ab\right)^2 + \left(\frac{Fsd \cdot e}{J} \cdot ry3 \cdot Ab\right)^2\right)} - Fc_Rd_por_paraf = 0$$

$$Fsd^2 \cdot \left(\left(\frac{1}{n_paraf} + \frac{e}{J} \cdot rx3 \cdot Ab\right)^2 + \left(\frac{e}{J} \cdot ry3 \cdot Ab\right)^2\right) - Fc_Rd_por_paraf^2 = 0$$

$$Fsd_rasg := \sqrt{\frac{Fc_Rd_por_paraf^2}{\left(\frac{1}{n_paraf} + \frac{e}{J} \cdot rx3 \cdot Ab\right)^2 + \left(\frac{e}{J} \cdot ry3 \cdot Ab\right)^2}} = 292,17\ kN$$

---

$Q01 := Fsd_corte = 150,27\ kN$

$Q02 := Fsd_rasg = 292,17\ kN$

---