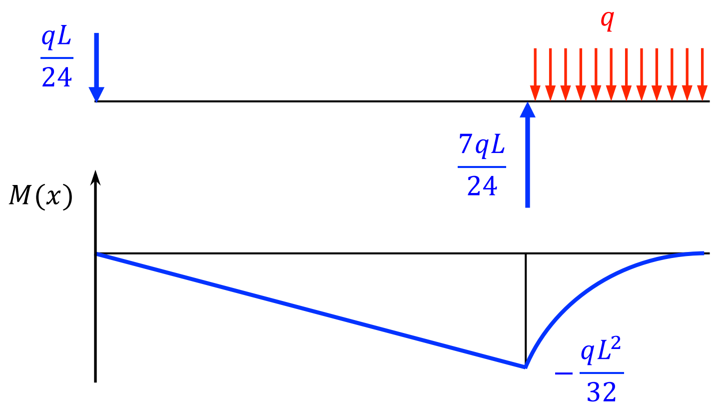
Problema 1 (2,5 pontos).

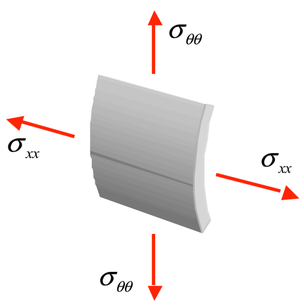


$$\max\{|\sigma_{xx}(x,y)|\} = \max\{|y|\}\frac{\max\{|M(x)|\}}{I} < S_Y$$

$$\frac{D}{2}\frac{(qL^2/32)}{(\pi D^4/64)} < S_Y \;\Rightarrow D > \sqrt[3]{qL^2/\pi S_Y}$$

Problema 2 (2,5 pontos).

a)



$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{PD}{2t} = 43{,}8\text{ MPa}$$

$$\sigma_{xx} = \frac{PD}{4t} = 21{,}9\text{ MPa}$$

$$\sigma_1 = \sigma_{\theta\theta},\ \sigma_2 = \sigma_{xx},\text{ e } \sigma_3 = 0$$

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = 21{,}9\text{ MPa}$$

$$\frac{S_Y/2F_S}{\tau_{max}} = \frac{340/2\times 4}{21{,}9} = 1{,}94$$

Pode-se portanto aumentar a pressão em 94%, até um valor máximo de 13,4 MPa.

b) A força concentrada produz um momento fletor positivo $M = PL/4$ no centro do tubo, e consequentemente tensões normais respectivamente negativa e positiva nas suas geratrizes superior e inferior. Estas tensões superpõem-se às produzidas pela pressão interna.

Na geratriz superior (Considere $I = 39{,}6\text{ mm}^4$):

$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{PD}{2t} = 43{,}8\text{ MPa}$$

$$\sigma_{xx} = \frac{PD}{4t} - \left(\frac{D}{2}\right)\frac{(FL/4)}{I} = -28{,}2\text{ MPa}$$

$$\sigma_1 = \sigma_{\theta\theta},\ \sigma_2 = 0,\text{ e } \sigma_3 = \sigma_{xx}$$

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = 36{,}0\text{ MPa}$$

Na geratriz inferior:

$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{PD}{2t} = 43{,}8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{xx} = \frac{PD}{4t} - \left(-\frac{D}{2}\right)\frac{(FL/4)}{I} = 72{,}0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1 = \sigma_{xx},\ \sigma_2 = \sigma_{\theta\theta},\ \text{e}\ \sigma_3 = 0$$

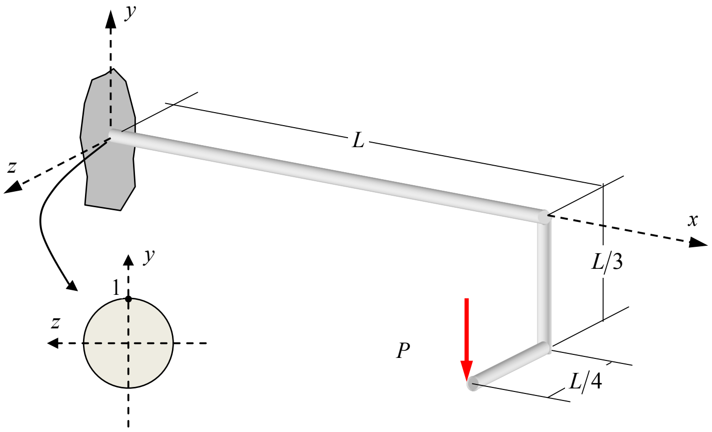
$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = 36{,}0 \text{ MPa}$$

Nos dois casos:

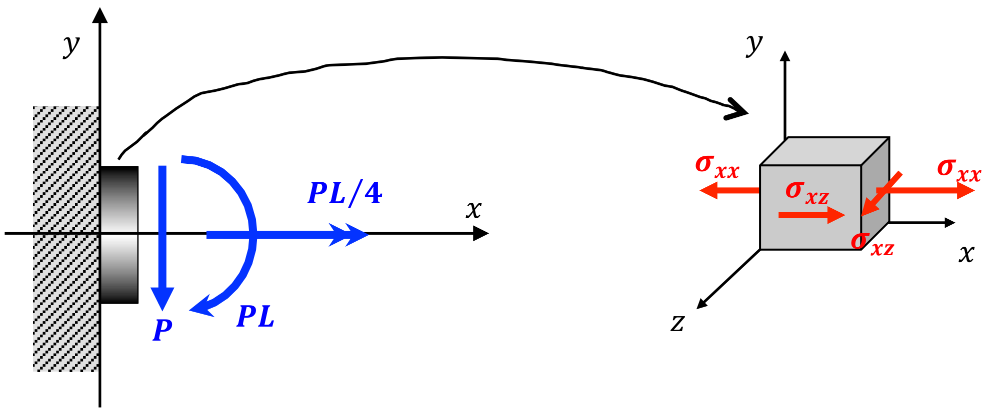
$$\frac{S_Y/2F_S}{\tau_{max}} = \frac{340/2\times 4}{36{,}0} = 1{,}18 > 1$$

Logo, o tubo é capaz de suportar o carregamento transversal mantendo um fator de segurança acima de 4,0.

Problema 3 (2,5 pontos).



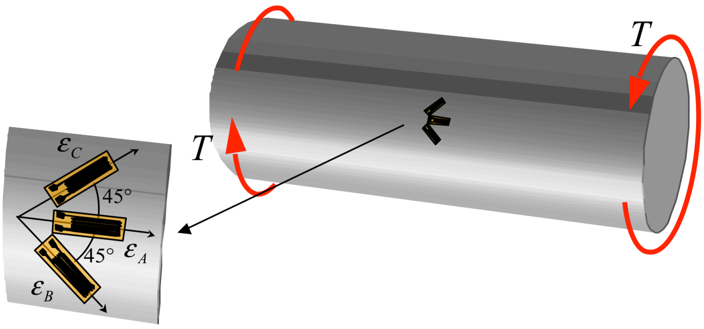
A seção considerada (engastamento) está sujeita às ações de um momento fletor $M = -PL$, momento torçor $T = PL/4$ e esforço cortante $V = -P$ (ver figura abaixo).



O estado de tensão no Ponto 1 é portanto dado pelo tensor:

$$[\sigma] = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{xy} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{xz} & \sigma_{yz} & \sigma_{zz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{32PL}{\pi D^3} & 0 & \dfrac{4PL}{\pi D^3} \\ 0 & 0 & 0 \\ \dfrac{4PL}{\pi D^3} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Problema 4 (2,5 pontos).



Para a roseta à 45°:

$$\left.\begin{aligned} \epsilon_B &= \epsilon(-45°) = \frac{\epsilon_{xx}+\epsilon_{\theta\theta}}{2} - \epsilon_{x\theta} \\ \epsilon_A &= \epsilon(0°) = \epsilon_{xx} \\ \epsilon_C &= \epsilon(45°) = \frac{\epsilon_{xx}+\epsilon_{\theta\theta}}{2} + \epsilon_{x\theta} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{cases} \epsilon_{xx} = \epsilon_A = 48{,}0\times10^{-6} \\ \epsilon_{\theta\theta} = \epsilon_B + \epsilon_C - \epsilon_{xx} = 204\times10^{-6} \\ \epsilon_{x\theta} = \dfrac{\epsilon_C - \epsilon_B}{2} = 224\times10^{-6} \end{cases}$$

Para o estado plano de tensão:

$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{E}{1-\nu^2}(\epsilon_{\theta\theta} + \nu\epsilon_{xx}) = 48{,}0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{xx} = \frac{E}{1-\nu^2}(\nu\epsilon_{\theta\theta} + \epsilon_{xx}) = 24{,}0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{x\theta} = \frac{E}{1+\nu}\epsilon_{x\theta} = 34{,}5 \text{ MPa}$$

A pressão pode ser calculada considerando-se:

$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{PD}{2t} \Rightarrow P = \frac{2t\sigma_{\theta\theta}}{D} = 1{,}00 \text{ MPa}$$

O torque pode ser calculado considerando-se:

$$\sigma_{x\theta} = \frac{D}{2}\frac{T}{J} \Rightarrow T = \frac{2J\sigma_{x\theta}}{D} = 15{,}5 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Onde $J = 6.860 \text{ cm}^4$.