Problema 1 (2,5 pontos).

$\sigma_{xx} = pD/4t = 3.94 \times 10^7$ Pa

$\sigma_{\theta\theta} = pD/2t = 7.88 \times 10^7$ Pa

$\sigma_{x\theta} = 2T/\pi D^2 t = ?$

$\sigma_m = (\sigma_{xx} + \sigma_{\theta\theta})/2 = 5.91 \times 10^7$ Pa

$R = \sqrt{((\sigma_{xx} - \sigma_{\theta\theta})/2)^2 + (\sigma_{x\theta})^2} = \sqrt{3.88 \times 10^{14} + (\sigma_{x\theta})^2}$

$\sigma_1 = \sigma_m + R = 5.91 \times 10^7 + \sqrt{3.88 \times 10^{14} + (\sigma_{x\theta})^2}$

$\sigma_2 = \sigma_m - R = 5.91 \times 10^7 - \sqrt{3.88 \times 10^{14} + (\sigma_{x\theta})^2}$

$\sigma_3 = 0$

$\tau_{max} = (\sigma_1 - \sigma_3)/2 \leq (S_y/2)/n_s$

$5.91 \times 10^7 + \sqrt{3.88 \times 10^{14} + (\sigma_{x\theta})^2} \leq 3.40 \times 10^8/4 \Longrightarrow \sigma_{x\theta} \leq 1.68 \times 10^7$ Pa

$2T_{max}/\pi D^2 t = 1.68 \times 10^7 \Longrightarrow \boxed{T_{max} = 592 \text{ N·m}}$

Problema 2 (2,5 pontos).

$\epsilon_{xx} = \epsilon(0°) = \epsilon_A = 776 \times 10^{-6}$

$\epsilon_{yy} = \epsilon(90°) = \epsilon_C = -500 \times 10^{-6}$

$\epsilon_B = \epsilon(45°) = \dfrac{(\epsilon_{xx} + \epsilon_{yy})}{2} + \epsilon_{xy} \Rightarrow \epsilon_{xy} = \dfrac{2\epsilon_B - (\epsilon_{xx} + \epsilon_{yy})}{2} = 282 \times 10^{-6}$

Estado plano de tensão

$\sigma_{xx} = \dfrac{E}{1 - \nu^2}(\epsilon_{xx} + \nu\epsilon_{yy}) = 138$ MPa

$\sigma_{yy} = \dfrac{E}{1 - \nu^2}(\nu\epsilon_{xx} + \epsilon_{yy}) = -58{,}7$ MPa

$\sigma_{xy} = \dfrac{E}{1 + \nu}\epsilon_{xy} = 43{,}4$ MPa

$\sigma_m = (\sigma_{xx} + \sigma_{yy})/2 = 39{,}4$ MPa

$R = \sqrt{((\sigma_{xx} - \sigma_{yy})/2)^2 + (\sigma_{xy})^2} = 107$ MPa

$\sigma_1 = \sigma_I = \sigma_m + R = 147$ MPa

$\sigma_2 = 0$

$\sigma_3 = \sigma_I = \sigma_m - R = -67{,}9$ MPa

$\tau_{max} = (\sigma_1 - \sigma_3)/2 = 107 \text{ MPa} < S_Y/2 = 190$ MPa

$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{1}{2}((\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2)} = 190 \text{ MPa} < S_Y = 380$ MPa

Pelo critério de Tresca, o carregamento pode ser multiplicado por 1,77 (aumento de 77% na carga) e pelo critério de von Mises o carregamento pode dobrar.

Problema 3 (2,5 pontos).

O maior momento fletor, em valor absoluto, é produzido quando a carga é aplicada no centro da viga. Neste caso, a tensão de flexão máxima ocorre no centro da viga, onde o momento fletor é $M = PL/4$.

$$\max\{|\sigma_{xx}(x,y)|\} = |\sigma_{xx}(L/2, \pm h/2)| = \frac{h}{2}\frac{PL/4}{I} = \frac{PL}{4W} < \frac{S_Y}{n_S}$$

Logo

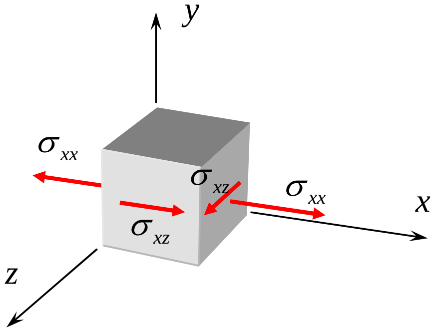
$$W > \frac{n_S PL}{4S_Y} = 234{,}4\ \text{cm}^3$$

Portanto, o perfil escolhido deve ser o IPE 220 com $W = 252\ \text{cm}^3$.

Problema 4 (2,5 pontos).

(A) Ponto 1 (desprezando tensão cisalhante devido à flexão)

(i) Flexão no plano *xy*: $\sigma_{xx}^{flexão} = -\left(\frac{D}{2}\right)\frac{(-PL)}{\left(\pi D^4/64\right)} = \frac{32PL}{\pi D^3}$



(ii) Esforço normal: $\sigma_{xx}^{normal} = \frac{P}{A} = \frac{4P}{\pi D^2}$

(ii) Torção: $\sigma_{xz}^{torção} = \left(\frac{D}{2}\right)\frac{(PL)}{\left(\pi D^4/32\right)} = \frac{16PL}{\pi D^3}$

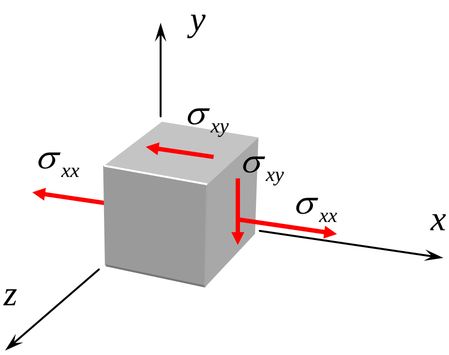
(iv) Tensões combinadas (estado plano de tensão)

$$\sigma_{xx} = \frac{32PL}{\pi D^3} + \frac{4P}{\pi D^2} \qquad \sigma_{xz} = \frac{16PL}{\pi D^3}$$

$$[\sigma] = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{xy} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{xz} & \sigma_{yz} & \sigma_{zz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 32PL/\pi D^3 + 4P/\pi D^2 & 0 & 16PL/\pi D^3 \\ 0 & 0 & 0 \\ 16PL/\pi D^3 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

(B) Ponto 2 (desprezando tensão cisalhante devido à flexão)

(i) Flexão no plano *xz*: $\sigma_{xx}^{flexão} = -\left(\frac{D}{2}\right)\frac{(-PL)}{\left(\pi D^4/64\right)} = \frac{32PL}{\pi D^3}$



(ii) Esforço normal: $\sigma_{xx}^{normal} = \frac{P}{A} = \frac{4P}{\pi D^2}$

(ii) Torção: $\sigma_{xy}^{torção} = -\left(\frac{D}{2}\right)\frac{(PL)}{\left(\pi D^4/32\right)} = -\frac{16PL}{\pi D^3}$

(iv) Tensões combinadas (estado plano de tensão)

$$\sigma_{xx} = \frac{32PL}{\pi D^3} + \frac{4P}{\pi D^2} \qquad \sigma_{xy} = -\frac{16PL}{\pi D^3}$$

$$[\sigma] = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{xy} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{xz} & \sigma_{yz} & \sigma_{zz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 32PL/\pi D^3 + 4P/\pi D^2 & -16PL/\pi D^3 & 0 \\ -16PL/\pi D^3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$