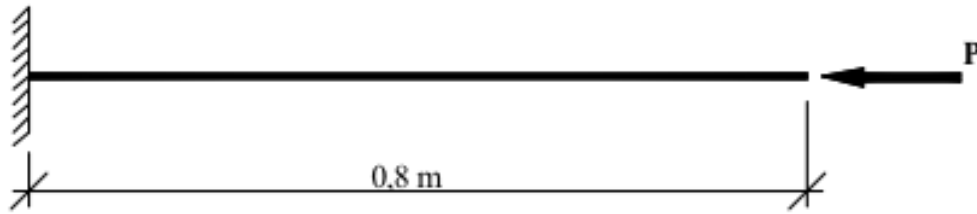


### 3º Problema (5,0 valores)

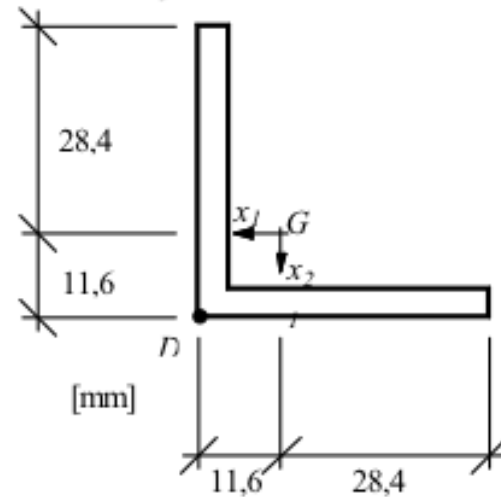
Considere a coluna representada na **Figura 3**, a qual está sujeita à acção de uma carga axial **P** aplicada no centro de gravidade da secção transversal (perfil L 40×40×5)



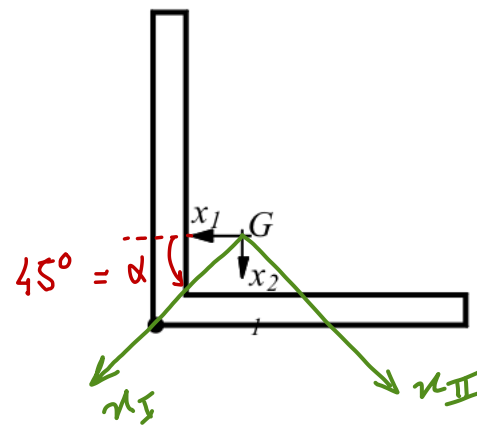
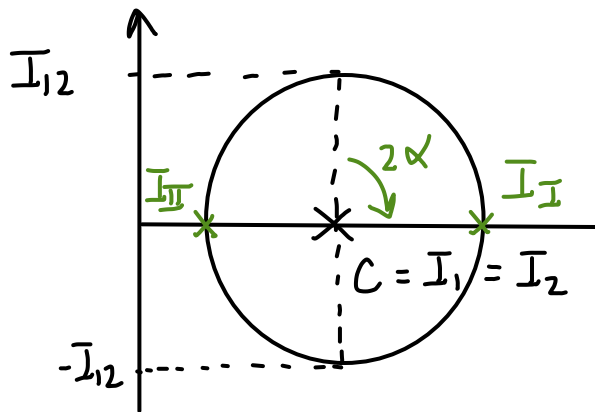
**Perfil L 40×40×5**

$\Omega = 379 \text{ mm}^2$ ;  
 $I_{11} = I_{22} = 54300 \text{ mm}^4$ ;  
 $I_{12} = 32100 \text{ mm}^4$ ;  
 $f_y = 235 \text{ MPa}$ ;  
 $E = 210 \text{ GPa}$

**Secção transversal**



(1,5 val.) a) Determine a carga **P** que produz a instabilidade da coluna.



$$I_{II} = C - I = 54300 - 32100 = 22200$$

$$L_e = 2L = 2 \times 800 = 1600 \text{ mm}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 22200}{(1600)^2} = \underline{17,97 \text{ kN}}$$

(1,5 val.) b) Determine a máxima carga **P** que pode ser aplicada à coluna de acordo com o **EC3**, sabendo que a secção indicada corresponde a curva de dimensionamento **c**.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{P_{ed}}{P_{cr}}} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{17.97}} = \sqrt{\frac{0,235 \times 379}{17,97}} = \sqrt{\frac{89,07}{17,97}} = 2,23$$

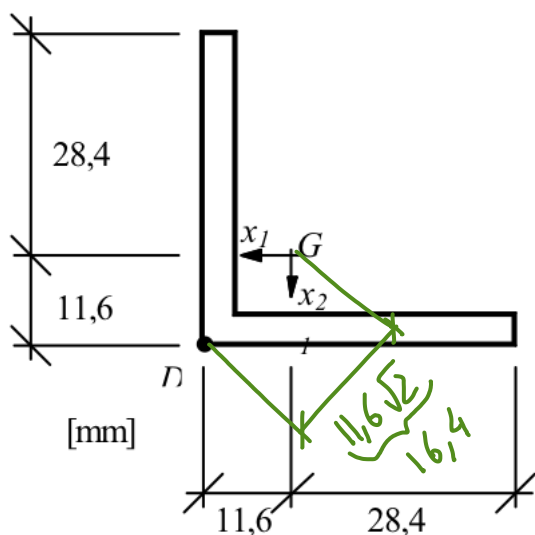
$$\alpha = 0,49 \quad (\text{curva c})$$

$$\Phi = 0,5 \left[ 1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = 3,474$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0,163$$

$$N_{b,Rd} = 0,163 \times 89,07 = \underline{\underline{14,5 \text{ kN}}}$$

(2,0 val.) c) Considere agora que a carga **P** é aplicada no ponto **D** da secção. Determine o valor admissível de **P** para que o deslocamento transversal da extremidade livre não exceda **10 mm**. Para o valor obtido, verifique se a peça se encontra em regime elástico.



$$w_{\max} = e \left[ \sec \left( \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{P}{P_{cr}}} \right) - 1 \right]$$

$$10 = 16,4 \left[ \sec \left( \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{P}{17,97}} \right) - 1 \right]$$

$$\cos \left( \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{P}{17,97}} \right) = 0,621 \Rightarrow P = \underline{\underline{6,06 \text{ kN}}}$$

$$M = P \times (w_{\max} + e) = 159984 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} + \frac{M}{I} x_{\max} = \frac{6060}{379} + \frac{159984}{22200} \times 16,4 = 134,2 \text{ MPa} < 235$$