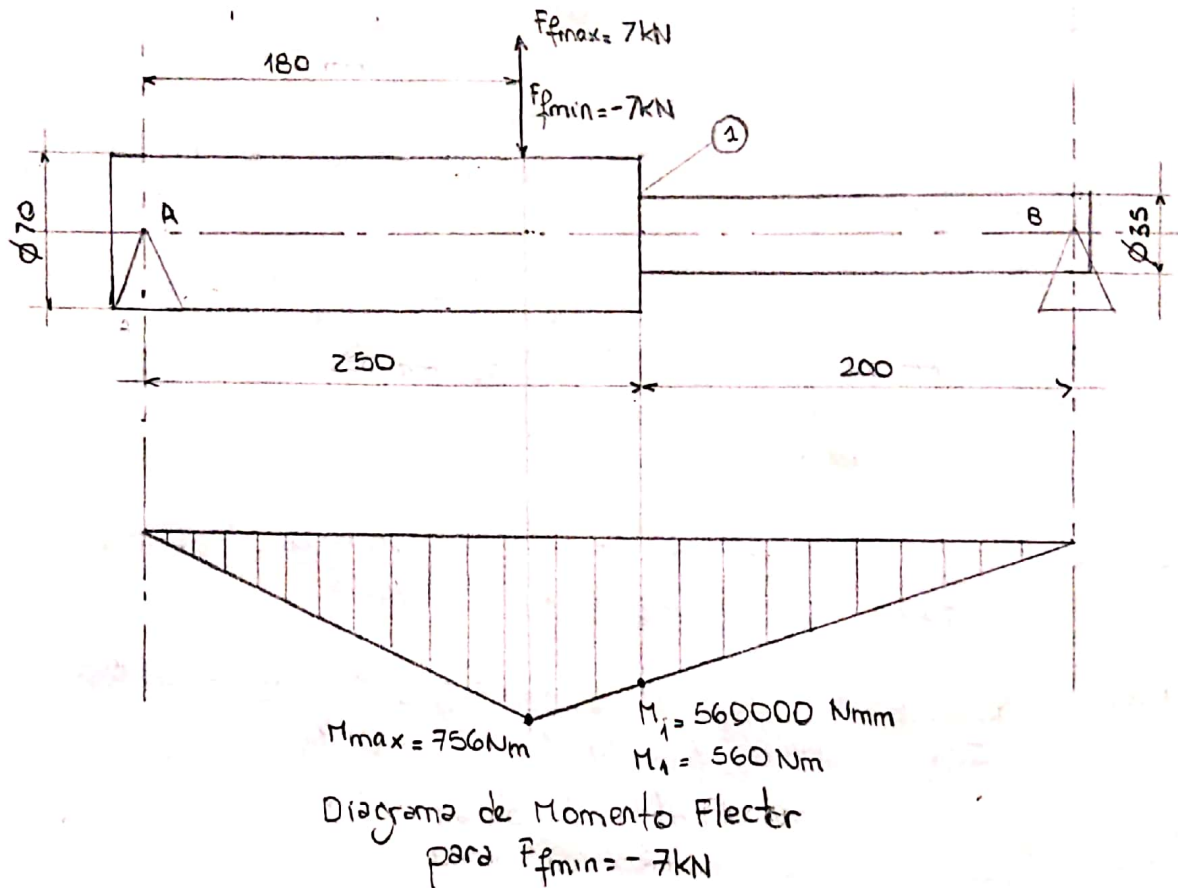


## TRABAJO PRACTICO No 1

EN. PATI GA

BORQUEZ Juan, Leg: 13367, Mecatrónica

### Pregunta 1



$$(\sum M)_A = F_f \cdot 180 \text{ mm} - R_B \cdot 450 \text{ mm} = 0 \rightarrow R_B = \frac{F_f \cdot 180 \text{ mm}}{450 \text{ mm}}$$

$$M_1 = R_B \cdot 200 \text{ mm} = F_f \frac{180}{450} \cdot 200 \text{ mm} = 7 \times 10^3 \text{ N} \cdot 0,4 \cdot 200 \text{ mm} = 560000 \text{ Nmm}$$

$M_1 = 560 \text{ Nm}$   $R_B$ : Reacción de Vínculo en B.

### Pregunta 2

$$\sigma_{ax-max} = \frac{F_{ax-max}}{A} = \frac{F_{ax-max}}{\pi d_1^2 / 4} = \frac{50000 \text{ N}}{\pi (35 \text{ mm})^2 / 4} = 51,97 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ax-min} = \frac{F_{ax-min}}{A} = \frac{F_{ax-min}}{\pi d_1^2 / 4} = \frac{-20000 \text{ N}}{\pi (35 \text{ mm})^2 / 4} = -20,79 \text{ MPa}$$

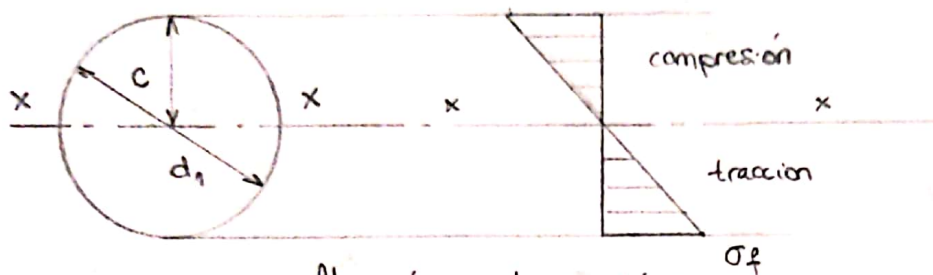
$$\sigma_{ax-m} = \frac{\sigma_{ax-min} + \sigma_{ax-max}}{2} = \frac{-20,79 \text{ MPa} + 51,97 \text{ MPa}}{2} = 15,59 \text{ MPa}$$

### PREGUNTA 3

$$\sigma_{\text{ax-a}} = \frac{|\sigma_{\text{max}} - \sigma_{\text{ax-min}}|}{2} = \frac{151,97 \text{ MPa} - (-20,79 \text{ MPa})}{2} = \boxed{36,38 \text{ MPa}}$$

### PREGUNTA 4

$$\sigma_f = \frac{M_x \cdot c}{I_{xx}}; \quad c = d_1/2; \quad I_{xx} = \frac{\pi d_1^4}{64} = \frac{\pi (35 \text{ mm})^4}{64} = 73661 \text{ mm}^4$$



Tensiones por flexión en la sección 1  
para  $M_{1\text{max}}$

$$\sigma_{f\text{-max}} = \frac{M_{1\text{-max}} \cdot c}{I_{xx}} = \frac{560 \text{ MPa} \cdot 17,5 \text{ mm}}{10^{-3} \cdot 73661 \text{ mm}^4} = \frac{0,135 \text{ MPa}}{10^{-3}} = 135 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{f\text{-min}} = \frac{M_{1\text{-min}} \cdot c}{I_{xx}} = \frac{-560 \text{ MPa} \cdot 17,5 \text{ mm}}{10^{-3} \cdot 73661 \text{ mm}^4} = \frac{-0,135 \text{ MPa}}{10^{-3}} = -135 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{f\text{-m}} = \frac{\sigma_{f\text{-max}} + \sigma_{f\text{-min}}}{2} = 0.$$

### PREGUNTA 5

$$\sigma_{f\text{-a}} = \frac{|\sigma_{f\text{-max}} - \sigma_{f\text{-min}}|}{2} = \frac{|135 \text{ MPa} - (-135 \text{ MPa})|}{2} = \boxed{135 \text{ MPa}}$$

### PREGUNTA 6

$$\tau_1 = \frac{M_T \cdot c}{I_0}; \quad c = d_1/2 = 17,5 \text{ mm}; \quad I_0 = \frac{\pi d_1^4}{32} = 147323 \text{ mm}^4$$

$$\tau_{1\text{-max}} = \tau_{1\text{-min}} = \frac{(600 \text{ MPa} \times 10^3 \text{ mm}^3) \cdot 17,5 \text{ mm}}{147323 \text{ mm}^4} = \boxed{71,27 \text{ MPa}}$$

$$\tau_m = \frac{\tau_{\text{max}} + \tau_{\text{min}}}{2} = \boxed{71,27 \text{ MPa}}$$

$$\tau_a = \frac{|\tau_{\text{max}} - \tau_{\text{min}}|}{2} = 0 \quad \text{PREGUNTA 7}$$

### PREGUNTA 8

G-1: Eje con filete de hombro en tensión axial. Anexo 2

$K_{t-ax} \approx A \left( \frac{r}{d} \right)^b$ ; donde A y b son factores que se obtienen para  $\frac{D}{d}$ .

$$\frac{D}{d} = \frac{70 \text{ mm}}{35 \text{ mm}} = 2 \longrightarrow \begin{cases} A = 1,01470 \\ b = -0,30035 \end{cases}$$

r: radio de acuerdo. En nuestro caso  $r = 3,5 \text{ mm}$ .

$$K_{t-ax} \approx 1,01470 \cdot \left( \frac{3,5 \text{ mm}}{35 \text{ mm}} \right)^{-0,30035} \approx 2,026$$

Pero de la gráfica se obtiene aproximadamente  $K_{t-ax} = 1,975$

### PREGUNTA 9

G-2: Eje con filete de hombro en flexión. Anexo 2

$$K_{t-f} \approx A \left( \frac{r}{d} \right)^b; \quad \frac{D}{d} = 2 \longrightarrow \begin{cases} A = 0,90879 \\ b = -0,28598 \end{cases}$$

$$K_{t-f} \approx 0,90879 (0,1)^{-0,28598} = 1,756$$

De la gráfica se observa:  $K_{t-f} = 1,750$

### PREGUNTA 10

G-3: Eje con filete de hombro en torsión. Anexo 2.

$$K_{ts} \approx A \left( \frac{r}{d} \right)^b; \quad \frac{D}{d} = 2 \longrightarrow \begin{cases} A = 0,86331 \\ b = -0,23865 \end{cases}$$

$$K_{ts} \approx 0,86331 (0,1)^{-0,23865} = 1,496$$

De la gráfica se observa:  $K_{ts} = 1,475$

### PREGUNTA 11

$S_{ut} = 1030 \text{ MPa (150 kpsi)}$ . TABLA A-21, Apéndice A, Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley 9a Edición.

$q = 0,92 \rightarrow$  Figura 10: Factor q para flexión, tracción-compresión y  $q_s$  para torsión.

Material de Cátedra UNIDAD 01: FATIGA EN MATERIALES.

### PREGUNTA 12:

$q_s = 0,94 \rightarrow$  Se obtiene como en la PREGUNTA 11 pero para  $S_{ut} = 150 \text{ kpsi} + 20 \text{ kpsi}$ .



### PREGUNTA 13

$$k_{f-ax} = (k_{ts} - 1)q + 1 = (1,973 - 1)0,92 + 1 = \boxed{1,897}$$

### PREGUNTA 14

$$k_{f-f} = (k_{ts} - 1)q + 1 = (1,750 - 1)0,92 + 1 = \boxed{1,69}$$

### PREGUNTA 15

$$k_{fs} = (k_{ts} - 1)q_s + 1 = (1,475 - 1)0,94 + 1 = \boxed{1,447}$$

### PREGUNTA 16

$$\sigma'_m = \sqrt{(k_{f-f} \cdot \sigma_{m-f} + k_{f-ax} \sigma_{m-ax})^2 + 3(k_{fs} \cdot \tau_m)^2} \quad \text{Ecuación 5-6}$$

$$\sigma'_m = \sqrt{(1,69 \times 0 + 1,897 \times 15,6 \text{ MPa})^2 + 3(1,447 \times 1,3 \text{ MPa})^2}$$

$$\boxed{\sigma'_m = 181,13 \text{ MPa}}$$

### PREGUNTA 17

$$\sigma'_a = \sqrt{(k_{f-f} \sigma_{a-f} + k_{f-ax} \frac{\sigma_{a-ax}}{0,85})^2 + 3(k_{fs} \cdot \tau_a)^2} \quad \text{Ecuación 5-5}$$

$$\sigma'_a = \sqrt{(1,69 \times 133 \text{ MPa} + 1,897 \times \frac{36,4 \text{ MPa}}{0,85})^2 + 3(1,447 \times 0)^2}$$

$$\boxed{\sigma'_a = 306,0 \text{ MPa}}$$

### PREGUNTA 18

$$S_e' = 0,5 S_{ut} = 0,5 \times 1030 \text{ MPa} = 515 \text{ MPa} \rightarrow \text{Ecuación 4-1} \quad S_{ut} < 1400 \text{ MPa}$$

$$K_a (\text{factor de superficie}) = a(S_{ut})^b \quad \text{Ecuación 4-9}$$

$$\text{Para rectificado: } a = 1,58, b = -0,085 \quad (\text{TABLA 1})$$

$$K_a = 1,58 \times (1030)^{-0,085} = 0,876$$

$$K_b (\text{factor de tamaño}) = 1,51 d^{-0,157} \rightarrow \text{Ecuación 4-10}$$

$$K_b = 1,51 (70)^{-0,157} = 0,775$$

$$K_c = 1 \rightarrow \text{Dado que tenemos esfuerzos combinados y usamos la Ecuación de Von-Mises.}$$

$$K_d (\text{factor de temperatura}) = 1 \quad (\text{superiores temperatura ambiente dado que no se indica de otro modo}) \quad \text{tabla 2}$$

$$\text{o bien } 20^\circ \leq T \leq 250^\circ \text{C}$$

$k_e$  (Factor de confiabilidad) = 0,897 (para 90% de confiabilidad)  
TABLA 3.

$k_f$  (Factor de efectos diversos) = 1.

Luego:

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_e'$$

$$S_e = 0,876 \times 0,775 \times 1 \times 1 \times 0,897 \times 1 \times 515 \text{ MPa} = \boxed{314 \text{ MPa}}$$

PREGUNTA 19

Soderberg:  $\sigma'_a = 306 \text{ MPa}$ ,  $\sigma'_m = 181,1 \text{ MPa}$ ,  $S_e = 314 \text{ MPa}$ ,  $S_y = 910 \text{ MPa}$ .

$$n_{SO} = \frac{1}{\frac{\sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_y}} = \frac{1}{\frac{306 \text{ MPa}}{314 \text{ MPa}} + \frac{181,1 \text{ MPa}}{910 \text{ MPa}}} = \boxed{0,852 \text{ (NO VERIFICA)}}$$

PREGUNTA 20

$$n_{go} = \frac{1}{\frac{\sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_{ut}}} = \frac{1}{\frac{306 \text{ MPa}}{314 \text{ MPa}} + \frac{181,1 \text{ MPa}}{1030 \text{ MPa}}} = \boxed{0,869 \text{ (NO VERIFICA)}}$$

PREGUNTA 21

$$n_{as} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sigma'_a}{S_e}\right)^2 + \left(\frac{\sigma'_m}{S_y}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{306 \text{ MPa}}{314 \text{ MPa}}\right)^2 + \left(\frac{181,1 \text{ MPa}}{910 \text{ MPa}}\right)^2}} = \boxed{1,01 \text{ (VERIFICA)}}$$

PREGUNTA 22: Ahora  $r/d = 0,2$ ,  $k_{t-\alpha} = \boxed{1,625}$  (FIGURA 6-1 Anexo 2)

PREGUNTA 23:  $k_{t-f} = \boxed{1,425}$  (FIGURA 6-2, Anexo 2)

PREGUNTA 24:  $k_{ts} = \boxed{1,275}$  (FIGURA 6-3, Anexo 2)

PREGUNTA 25:  $q = \boxed{0,925}$ . Figura 10. (Se determina para  $r = 5,0 \text{ mm}$ )

PREGUNTA 26:  $q_s = \boxed{0,945}$ . Figura 10 (Para  $r = 5,0 \text{ mm}$  y  $S_{ut} = 170 \text{ kpsi}$ )

PREGUNTA 27:  $k_{f-\alpha} = 1 + q(k_{t-\alpha} - 1) = 1 + 0,925(1,625 - 1) = \boxed{1,578}$

PREGUNTA 28:  $k_{f-f} = 1 + q(k_{t-f} - 1) = 1 + 0,925(1,425 - 1) = \boxed{1,393}$

PREGUNTA 29:  $k_{f-s} = 1 + q_s(k_{ts} - 1) = 1 + 0,945(1,275 - 1) = \boxed{1,260}$

PREGUNTA 30:  $\sigma'_m = \left\{ (k_{f-f} \sigma_{m-f} + k_{f-\alpha} \sigma_{m-\alpha})^2 + 3(k_{f-s} \tau_m)^2 \right\}^{1/2}$ .

$$\sigma'_m = \left\{ (1,393 \times 0 + 1,578 \times 15,6 \text{ MPa})^2 + 3[(71,3 \text{ MPa}) \times 1,260]^2 \right\}^{1/2} = \boxed{158 \text{ MPa}}$$



PREGUNTA 31:

$$\sigma'_a = \left\{ \left( k_f \cdot P \cdot \sigma_{f-a} + k_f \cdot \alpha \cdot \frac{\sigma_{ox-a}}{0,85} \right)^2 + 3(k_f \cdot \tau_a)^2 \right\}^{1/2}$$

$$\sigma'_a = \left\{ \left( 1,393 \times 133 \text{ MPa} + \frac{1,578 \times 36,4 \text{ MPa}}{0,85} \right)^2 + 3(1,260 \times 0)^2 \right\}^{1/2}$$

$$\sigma'_a = 253 \text{ MPa}$$

PREGUNTA 32 (Se no cambia dado que no cambian los factores)

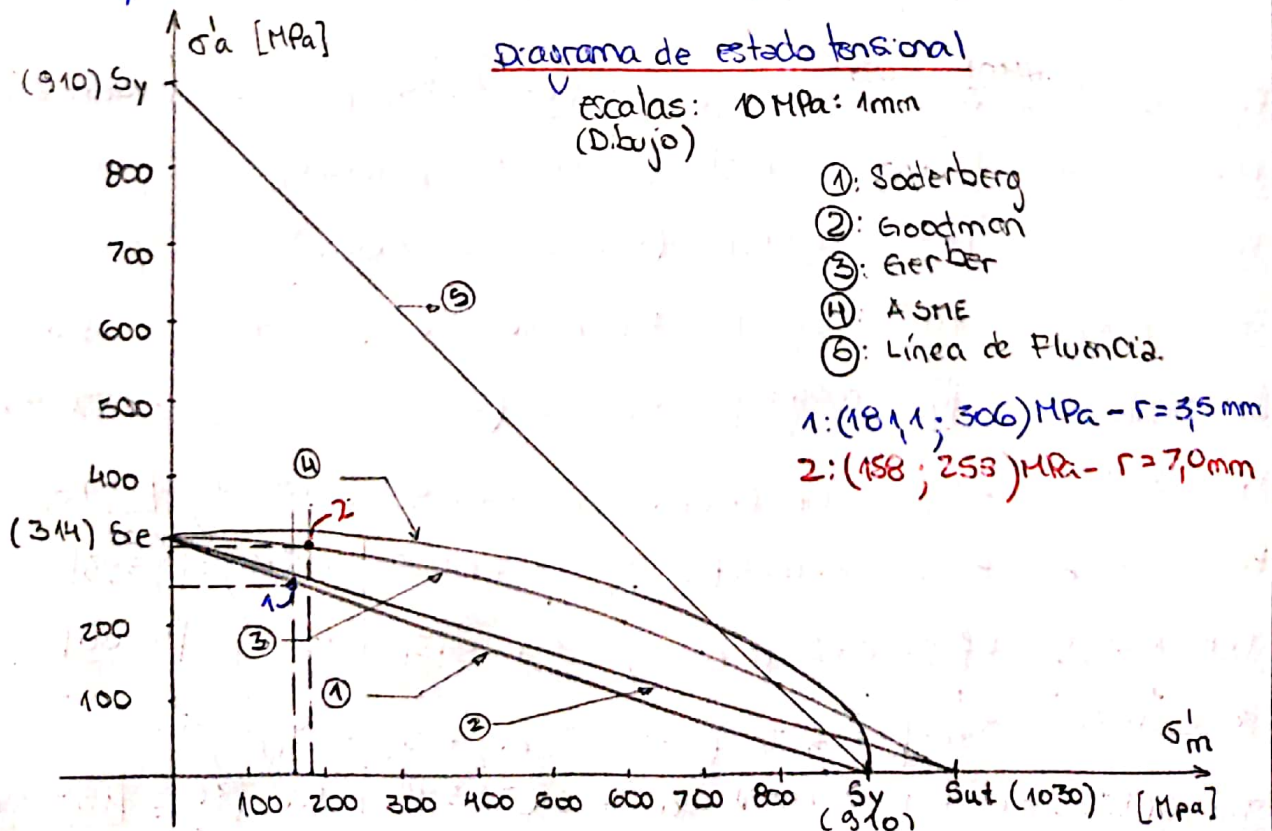
$$n_{so} = \frac{1}{\frac{\sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_y}} = \frac{1}{\frac{253 \text{ MPa}}{314 \text{ MPa}} + \frac{158 \text{ MPa}}{910 \text{ MPa}}} = 1,021 \text{ Verifica}$$

PREGUNTA 33:

$$n_{so} = \frac{1}{\frac{\sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_{ut}}} = \frac{1}{\frac{253 \text{ MPa}}{314 \text{ MPa}} + \frac{158 \text{ MPa}}{1030 \text{ MPa}}} = 1,043 \text{ Verifica}$$

PREGUNTA 34

$$n_{as} = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{\sigma'_a}{S_e}\right)^2 + \left(\frac{\sigma'_m}{S_y}\right)^2}} = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{253 \text{ MPa}}{314 \text{ MPa}}\right)^2 + \left(\frac{158 \text{ MPa}}{910 \text{ MPa}}\right)^2}} = 1,213 \text{ Verifica}$$



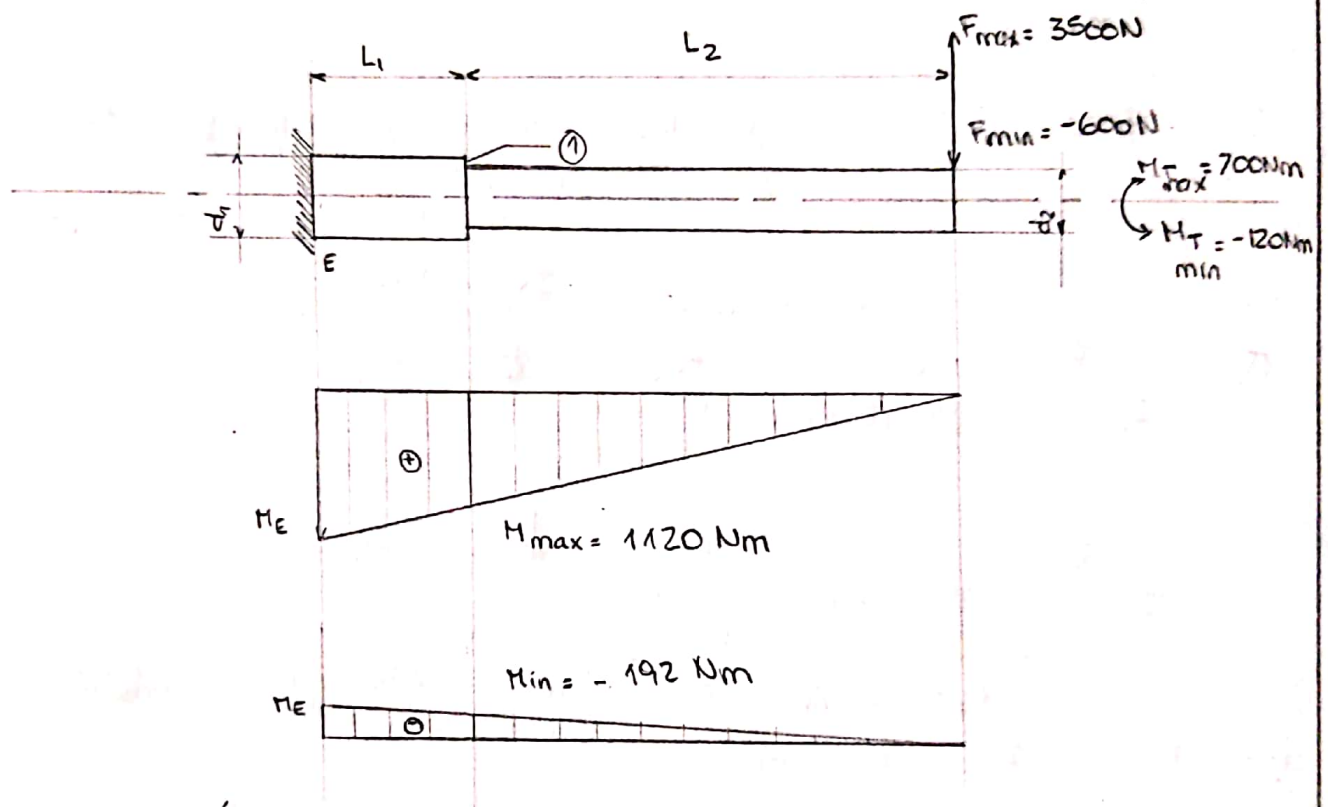
### Verificación de la ménsula en voladizo.

La fuerza variable  $F$  la trasladamos al eje longitudinal de la ménsula. Para esto calculamos el momento torsor variable respecto de este eje asociado a la fuerza variable. De este modo  $F$  se descompone en una fuerza variable aplicada sobre el eje y un momento torsor asociado.

$$M_{T-\max} = F_{\max} L_3 = 3500 \text{ N} \cdot 200 \text{ mm} = 700 \text{ Nm (horario)}$$

$$M_{T-\min} = F_{\min} L_3 = -600 \text{ N} \cdot 200 \text{ mm} = -120 \text{ Nm (antihorario)}$$

### PREGUNTA 35



$$(\sum M)_E = -F_{\max}(L_1 + L_2) + M_E = 0 \rightarrow M_E = F_{\max}(L_1 + L_2)$$

$$M_{\max} = F_{\max} \cdot L_2 = 3500 \text{ N} \cdot 320 \text{ mm} = 1120 \text{ Nm}$$

$$M_{\min} = F_{\min} L_2 = -600 \text{ N} \cdot 320 \text{ mm} = -192 \text{ Nm}$$

$$M_m = \frac{M_{\min} + M_{\max}}{2} = \frac{-192 \text{ Nm} + 1120 \text{ Nm}}{2} = \boxed{464 \text{ Nm}}$$

$$M_a = \frac{|M_{\max} - M_{\min}|}{2} = \frac{1120 \text{ Nm} - (-192 \text{ Nm})}{2} = \boxed{656 \text{ Nm}}$$

### PREGUNTA 36

$$M_{Tm} = \frac{M_{T\max} + M_{T\min}}{2} = \frac{700 \text{ Nm} - 120 \text{ Nm}}{2} = \boxed{290 \text{ Nm}}$$

$$M_{Ta} = \frac{|M_{T\max} - M_{T\min}|}{2} = \frac{700 \text{ Nm} - (-120 \text{ Nm})}{2} = \boxed{410 \text{ Nm}}$$



### PREGUNTA 37

$$\sigma_f = \frac{M_f \cdot c}{I_{xx}} ; c = d/2 = 20 \text{ mm} ; I_{xx} = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi (40 \text{ mm})^4}{64} = 125664 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{f-\max} = \frac{M_{\max} c}{I_{xx}} ; \sigma_{f-\min} = \frac{M_{\min} c}{I_{xx}}$$

$$\sigma_{f-m} = \frac{\sigma_{f-\max} + \sigma_{f-\min}}{2} = \frac{c}{I_{xx}} (M_{\max} + M_{\min}) = \frac{c}{I_{xx}} \cdot M_m$$

$$\sigma_{f-m} = \frac{20 \text{ mm}}{125664 \text{ mm}^4} \cdot 464 \text{ Nm} = \boxed{73,8 \text{ MPa}}$$

### PREGUNTA 38

$$\sigma_{f-a} = \frac{|\sigma_{f-\max} - \sigma_{f-\min}|}{2} = \frac{c}{I_{xx}} \cdot M_a = \frac{20 \text{ mm}}{125664 \text{ mm}^4} \cdot 656 \text{ Nm} = \boxed{104 \text{ MPa}}$$

### PREGUNTA 39

Analogamente a los casos anteriores:  $I_o = 2 I_{xx}$

$$\tau_m = \frac{c}{I_o} \cdot T_m = \frac{20 \text{ mm}}{2 \times 125664 \text{ mm}^4} \cdot 290 \text{ Nm} = \boxed{23,1 \text{ MPa}}$$

### PREGUNTA 40

$$\tau_a = \frac{c}{I_o} \tau_a = \frac{20 \text{ mm}}{2 \times 125664 \text{ mm}^4} \cdot 410 \text{ Nm} = \boxed{32,6 \text{ MPa}}$$

$$\text{PREGUNTA 41: } D/d = d_1/d_2 = 53 \text{ mm}/40 \text{ mm} = 1,325 ; r/d = 5 \text{ mm}/40 \text{ mm} = 0,125$$

$$\boxed{k_t = 1,575} \quad \text{Figura 6-2: Anexo 2.}$$

### PREGUNTA 42

$$\boxed{k_{ts} = 1,350} \quad \text{Figura 6-3: Anexo 2.}$$

$$\text{PREGUNTA 43: } S_{ut} = 951 \text{ MPa} (138 \text{ kpsi}) ; S_y = 834 \text{ MPa} (121 \text{ kpsi})$$

Obtenidos de: Tabla A-21, Apéndice A, Diseño en Ingeniería Mecánica

Shigley, 9a Edición.  
Entremos a la gráfica con  $r = 5,0 \text{ mm}$   
y  $S_{ut} = 138 \text{ kpsi}$

$$\boxed{q = 0,920} \quad \text{Figura 10}$$

$$\text{PREGUNTA 44: Entremos a la tabla (gráfica) con } r = 5,0 \text{ mm y } S_{ut} = 158 \text{ kpsi:}$$

$$\boxed{q_s = 0,930} \quad \text{Figura 10.}$$



#### PREGUNTA 45

$$k_f = 1 + q \cdot (k_t - 1) = 1 + 0,920 \cdot (1,575 - 1) = \boxed{1,529}$$

#### PREGUNTA 46

$$k_{fs} = 1 + q_s (k_s - 1) = 1 + 0,930 (1,350 - 1) = \boxed{1,326}$$

#### PREGUNTA 47

$$\sigma'_m = [(k_f \sigma_{m-f})^2 + 3(k_{fs} \tau_m)^2]^{1/2}$$

$$\sigma'_m = [(1,529 \times 73,8 \text{ MPa})^2 + 3(1,326 \times 23,1 \text{ MPa})^2]^{1/2} = \boxed{125 \text{ MPa}}$$

#### PREGUNTA 48

$$\sigma'_a = [(k_f \sigma_{f-a})^2 + 3(k_{fs} \tau_a)^2]^{1/2}$$

$$\sigma'_a = [(1,529 \times 104 \text{ MPa})^2 + 3 \cdot (1,326 \times 32,6 \text{ MPa})^2]^{1/2} = \boxed{176 \text{ MPa}}$$

#### PREGUNTA 49

$$S_e' = 0,5 S_{ut} = 0,5 \cdot 951 \text{ MPa} = 475,5 \text{ MPa. ; Ecuación 4-1}$$

$$k_a = a(S_{ut})^b = 4,51 \cdot (951)^{-0,265} = 0,733 \quad (a \text{ y } b \text{ para mecanizado obtenido de TABLA 1})$$

$k_b$ : primero de terminancia de para sección sólida no rotativa.

$$d_e = 0,370 \cdot 53 \text{ mm} = 19,61 \text{ mm. (Ecuación 4-12)}$$

$$k_b = (d_e / 7,62)^{-0,107} = 1,24 d_e^{-0,107} = 1,24 \cdot (19,61)^{-0,107} = 0,902.$$

$$k_c = 1, k_d = 1$$

$$k_e = 0,753 \quad (\text{TABLA 3}) \quad \text{confiabilidad de 99,9\%}$$

$$k_f = 1$$

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_e' = 0,733 \times 0,902 \times 0,753 \times 475,5 \text{ MPa.}$$

$$\boxed{S_e = 236,73 \text{ MPa}}$$

#### PREGUNTA 50

$$n_{50} = \frac{1}{\frac{\sigma'_m}{S_y} + \frac{\sigma'_a}{S_e}} = \frac{1}{\frac{125 \text{ MPa.}}{854 \text{ MPa}} + \frac{176 \text{ MPa.}}{236,73 \text{ MPa.}}} = \boxed{1,119.}$$

### PREGUNTA 51

$$n_{go} = \frac{1}{\frac{\sigma'_m}{S_{ut}} + \frac{\sigma'_a}{S_e}} = \frac{1}{\frac{125 \text{ MPa}}{951 \text{ MPa}} + \frac{176 \text{ MPa}}{236,73 \text{ MPa}}} = 1,143$$

### PREGUNTA 52

$$n_{as} = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{\sigma'_m}{S_y}\right)^2 + \left(\frac{\sigma'_a}{S_e}\right)^2}} = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{125 \text{ MPa}}{834 \text{ MPa}}\right)^2 + \left(\frac{176 \text{ MPa}}{236,73 \text{ MPa}}\right)^2}} = 1,319$$

