

UNIDAD 10: UNIONES SOLDADAS

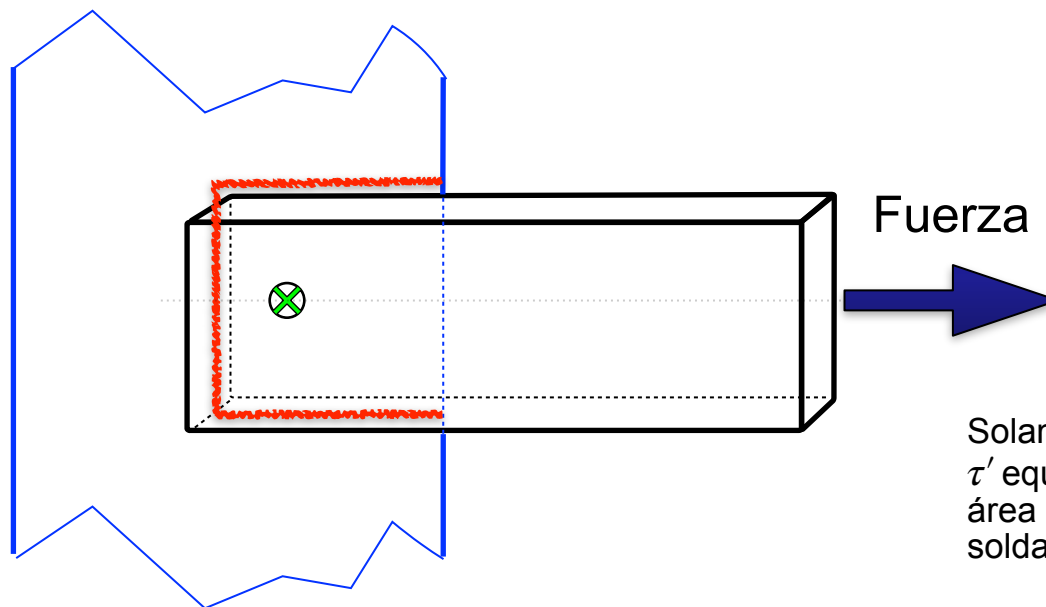
UNIONES SOLDADAS CON SOLICITACIONES DE TRACCIÓN, TORSION Y FLEXION

*Para la resolución se utiliza
el libro **Diseño en Ingeniería
Mecánica – Shigley 8th ed.***



Descripción de tipos de carga

Tracción: la fuerza pasa por el baricentro de la trayectoria del cordón de soldadura, y sobre el mismo plano. No hay momento flector.



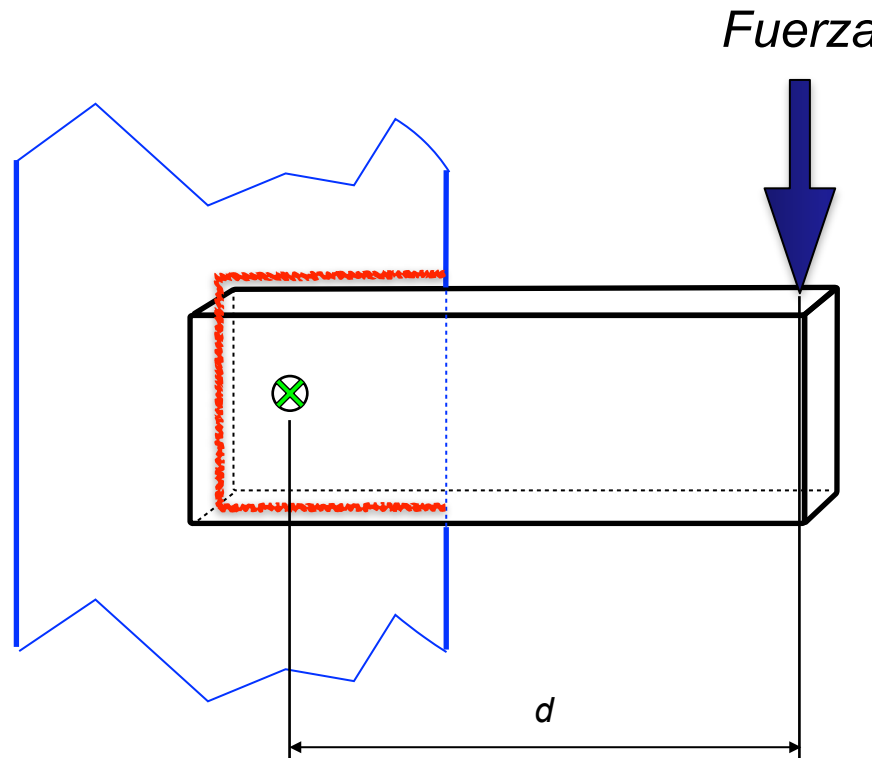
Solamente se produce una tensión primaria τ' equivalente a la fuerza aplicada dividida el área de la garganta efectiva del cordón de soldadura.



Baricentro de la trayectoria del cordón de soldadura

Descripción de tipos de carga

Torsión: la fuerza NO pasa por el baricentro de la trayectoria del cordón de soldadura, es decir que se encuentra excéntrica; pero sobre el mismo plano. Existe un par torsor



Momento torsor aplicado al cordón de soldadura:

$$M_t = F \cdot d$$

En este caso, se analizan dos esfuerzos cortantes, y luego se suman vectorialmente:

τ' : tensión primaria equivalente a la fuerza aplicada dividida el área de la garganta efectiva del cordón de soldadura.

τ'' : tensión secundaria, calculada a partir del momento torsor aplicado a la trayectoria del cordón de soldadura.

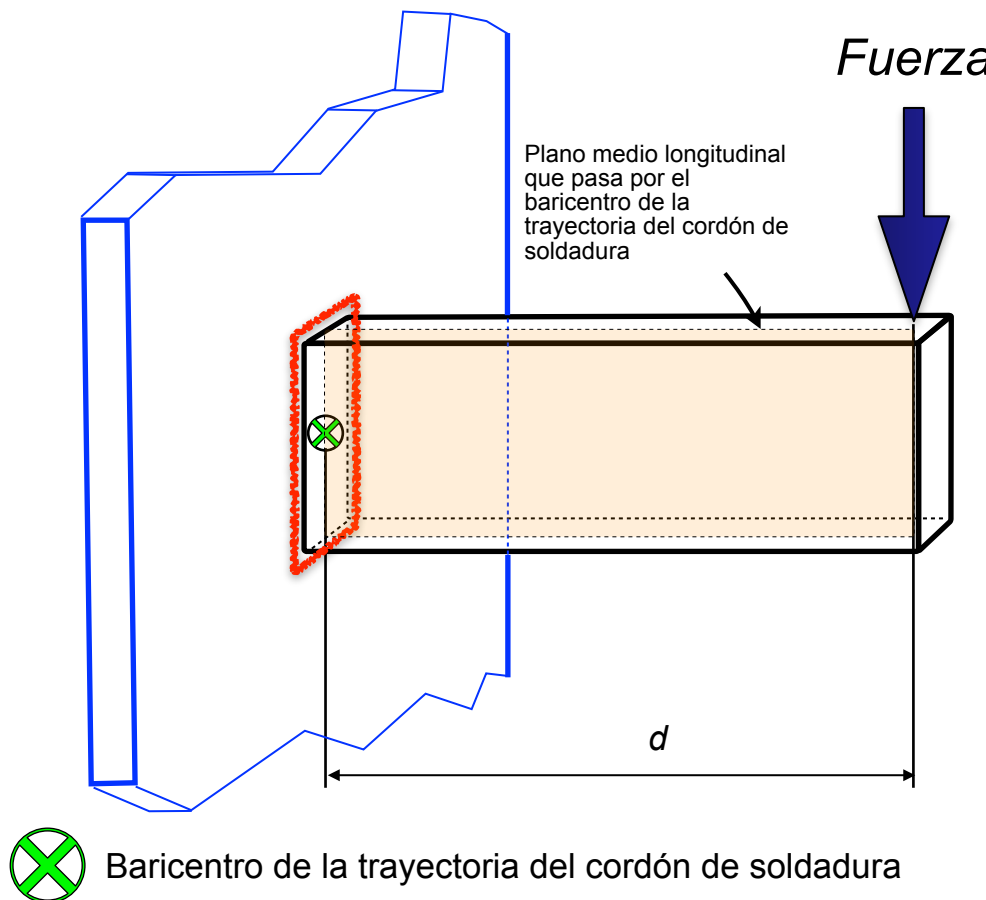
$$\vec{\tau} = \vec{\tau}' + \vec{\tau}''$$



Baricentro de la trayectoria del cordón de soldadura

Descripción de tipos de carga

Flexión: la fuerza pasa por el baricentro de la trayectoria del cordón de soldadura; pero sobre un plano desfasado del plano formado por la trayectoria del cordón de soldadura. Existe un momento flector sobre el cordón de soldadura.



Momento flector aplicado al cordón de soldadura:

$$M_f = F \cdot d$$

En este caso, se analizan dos esfuerzos cortantes, y luego se suman vectorialmente:

τ' : tensión primaria equivalente a la fuerza aplicada dividida el área de la garganta efectiva del cordón de soldadura.

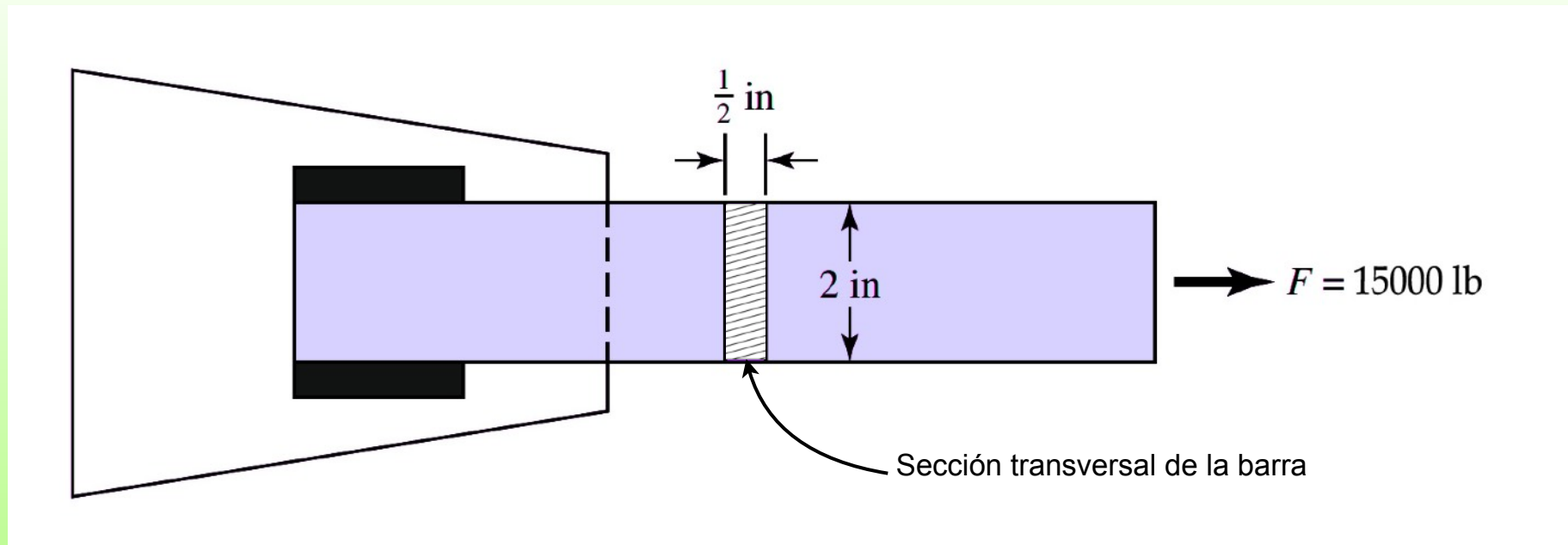
τ'' : tensión secundaria, calculada a partir del momento flector aplicado a la trayectoria del cordón de soldadura.

$$\vec{\tau} = \vec{\tau}' + \vec{\tau}''$$

Problema 1

Una barra de acero 1015 HR de sección rectangular $\frac{1}{2}$ " x 2" soporta una carga estática de 15000 lb. Esta soldada a una escuadra de ensamble con una soldadura de filete de $\frac{3}{8}$ " y 2" de longitud de ambos lados, con un electrodo E70XX, como se muestra en la figura. Responder y justificar:

1. ¿Es satisfactoria la resistencia del metal de aporte?
2. ¿Es satisfactoria la resistencia de la unión?



Problema 1

De la tabla 9-6, la fuerza admisible por longitud de un electrodo de metal E70 de 3/8" es de 5570 lb/in de longitud de cordón de soldadura, por lo tanto:

$$F_{adm} = 5570 \frac{lb}{in} \cdot (2 \cdot 2in) = 22280lb$$

Debido a que:

$$F_{adm} \geq F$$

La resistencia del material de aporte es satisfactoria.

Table 9-6

Allowable Steady Loads and Minimum Fillet Weld Sizes

Schedule A: Allowable Load for Various Sizes of Fillet Welds

	Strength Level of Weld Metal (EXX)						
	60*	70*	80	90*	100	110*	120
Allowable shear stress on throat, ksi (1000 psi) of fillet weld or partial penetration groove weld							
$\tau =$	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0
Allowable Unit Force on Fillet Weld, kip/linear in							
$\dagger f =$	12.73h	14.85h	16.97h	19.09h	21.21h	23.33h	25.45h
Leg Size h, in	Allowable Unit Force for Various Sizes of Fillet Welds kip/linear in						
1	12.73	14.85	16.97	19.09	21.21	23.33	25.45
7/8	11.14	12.99	14.85	16.70	18.57	20.41	22.27
3/4	9.55	11.14	12.73	14.32	15.92	17.50	19.09
5/8	7.96	9.28	10.61	11.93	13.27	14.58	15.91
1/2	6.37	7.42	8.48	9.54	10.61	11.67	12.73
7/16	5.57	6.50	7.42	8.35	9.28	10.21	11.14
3/8	4.77	5.57	6.36	7.16	7.95	8.75	9.54
5/16	3.98	4.64	5.30	5.97	6.63	7.29	7.95
1/4	3.18	3.71	4.24	4.77	5.30	5.83	6.36

Problema 1

Otro enfoque de la verificación, es calcular la tensión cortante presente en la soldadura:

$$\tau = \frac{F}{A}$$

τ : tensión cortante

F : fuerza aplicada

A : área total de la garganta efectiva

Entonces:

$$\tau = \frac{F}{0,707 \cdot h \cdot l} = \frac{15000lb}{0,707 \cdot 3/8in \cdot (2 \cdot 2in)}$$

$$\tau = 14144psi = 14,1kpsi$$

El esfuerzo cortante admisible para el material de aporte:

$$\tau_{adm} = 0,3 \cdot S_{ut} = 0,3 \cdot 70kpsi$$

$$\tau_{adm} = 21kpsi$$

$$\tau_{adm} \geq \tau \rightarrow \text{verifica}$$

De la tabla 9-3, el esfuerzo de ROTURA del material de aporte:

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

De la tabla 9-4, esfuerzos permisibles del Código AISC para metal de aporte

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n^*
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_{ut}^{\dagger}$	

Problema 1

Ahora verificamos el material base al esfuerzo de corte al que esta sometido. De acuerdo a la tabla 9-4, el esfuerzo cortante en el material base no debe superar:

$$0,4 \cdot S_y \geq \tau_{base}$$

De la tabla A-20 obtenemos la tensión de fluencia del material 1015HR:

$$S_y = 27,5kpsi$$

Entonces, el esfuerzo cortante admisible:

$$\tau_{adm} = 0,4 \cdot 27,5kpsi = 11kpsi$$

El esfuerzo cortante presente en el mat. base:

$$\tau_{base} = \frac{F}{2 \cdot h \cdot l} = \frac{15000lb}{2 \cdot (3/8in) \cdot 2in} = 10kpsi$$

Debido a que:

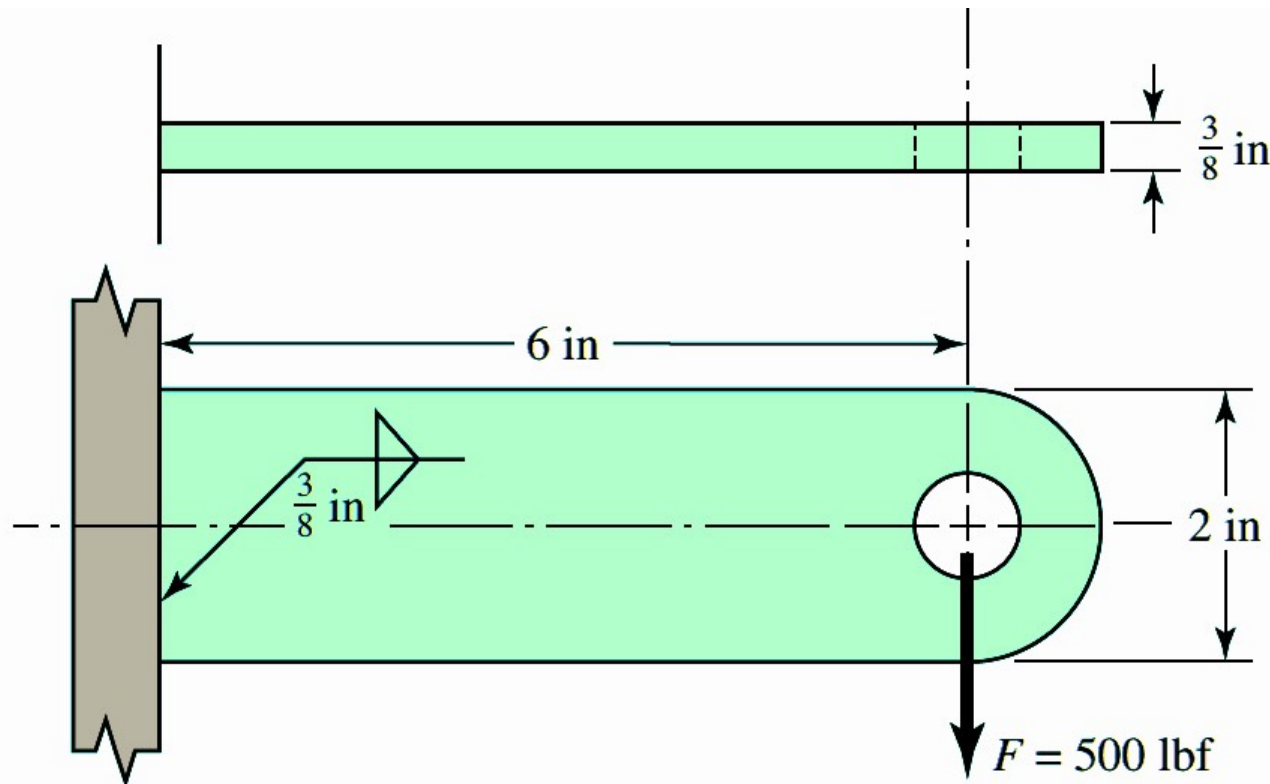
$$\tau_{adm} \geq \tau_{base}$$

La resistencia del material base es satisfactoria.

1 UNS No.	2 SAE and/or AISI No.	3 Proces- sing	4 Tensile Strength, MPa (kpsi)	5 Yield Strength, MPa (kpsi)
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)
		CD	330 (48)	280 (41)
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)
		CD	370 (53)	300 (44)
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)
		CD	390 (56)	320 (47)
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)
		CD	440 (64)	370 (54)

Problema 2

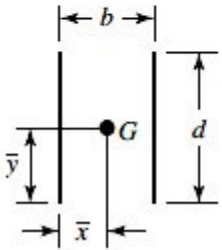
Teniendo la ménsula de la siguiente figura, solicitada con una carga estática de 500 lbf, fabricada en acero calidad AISI 1018 HR, vinculada a una columna a través de una soldadura de filete de $\frac{3}{8}$ " por ambos lados con electrodo E6010, con un factor de diseño de $n=3$; se requiere verificar la unión.



Al igual que el problema 1, la figura del cordón de la soldadura esta sometida a una carga excéntrica, por lo tanto deberán calcularse 2 esfuerzos, y sumarse vectorialmente al final para verificar el esfuerzo máximo.

Problema 2

a) Primero verificamos la tensión en el cordón de soldadura, asumiendo que la figura del cordón esta sometida a un esfuerzo de flexión. De acuerdo a la tabla 9-2, el **segundo momento unitario** correspondiente a la figura soldada es:

Weld	Throat Area	Location of G	Unit Second Moment of Area
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$

Siendo:

$$d = 2in$$

$$I_u = \frac{(2in)^3}{6} = 1,33in^3$$

$$I = 0,707 \cdot h \cdot I_u = 0,707 \cdot (3/8in) \cdot (1,33in^3) = 0,353in^4$$

Problema 2

Calculo de los esfuerzos máximos

Esfuerzo primario: la carga F producirá un esfuerzo cortante τ' , que simplemente será calculado asumiendo que la carga F se distribuye en todo el área de la garganta mínima de la soldadura. Es decir:

Área resistente de la soldadura:

$$A = 2 \cdot [0,707 \cdot (h) \cdot (l)] = 2 \cdot [0,707 \cdot (3/8in) \cdot (2in)] = 1,06in^2$$

El esfuerzo cortante τ' :

$$\tau' = \frac{F}{A} = \frac{500lbf}{1,06in^2} = 472psi$$

Esfuerzo secundario: El momento torsor M producirá un esfuerzo cortante τ'' , que calculamos de la siguiente forma:

$$\text{El esfuerzo cortante } \tau'': \quad \tau'' = \frac{M \cdot r}{I} = \frac{(500lbf \cdot 6in) \cdot (1in)}{0,353in^4} = 8499psi$$

Problema 2

El esfuerzo máximo se obtiene sumando vectorialmente los 2 esfuerzos de corte obtenidos anteriormente, es decir:

$$\vec{\tau} = \vec{\tau}' + \vec{\tau}''$$

Debido a que ambos esfuerzos se encuentran **perpendicularmente** entre ellos, para conocer la magnitud es suficiente con aplicar el teorema de Pitágoras:

$$\tau = \sqrt{(\tau')^2 + (\tau'')^2} = \sqrt{(472 \text{ psi})^2 + (8499 \text{ psi})^2} = 8512 \text{ psi}$$

De acuerdo a la tabla 9-3, la resistencia de fluencia para un electrodo E60XX es:

$$S_y = 50 \text{ kpsi}$$

AWS Electrode Number*	Tensile Strength kpsi (MPa)	Yield Strength, kpsi (MPa)
E60xx	62 (427)	50 (345)
E70xx	70 (482)	57 (393)
E80xx	80 (551)	67 (462)

Verificamos el factor de seguridad requerido:

$$n = \frac{0,577 \cdot S_y}{\tau} = \frac{0,577 \cdot 50 \text{ kpsi}}{8,512 \text{ kpsi}} = 3,39$$

Problema 2

b) Ahora verificamos a la flexión el material de la ménsula. Para ello buscamos en la tabla A-20 las características del material, y calculamos el esfuerzo de flexión

$$S_{ym} = 32kpsi$$

$$I_m = \frac{b_m \cdot h_m^3}{12} = \frac{(3/8in) \cdot (2in)^3}{12} = 0,25in^4$$

$$\sigma_m = \frac{M}{I_m} \cdot c = \frac{(500lbf \cdot 6in)}{0,25in^4} \cdot \left(\frac{2in}{2}\right) = 12000psi$$

1 UNS No.	2 SAE and/or AISI No.	3 Proces- sing	4 Tensile Strength, MPa (kpsi)	5 Yield Strength, MPa (kpsi)
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)
		CD	330 (48)	280 (41)
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)
		CD	370 (53)	300 (44)
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)
		CD	390 (56)	320 (47)
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)
		CD	440 (64)	370 (54)

Verificamos el factor de seguridad requerido:

$$n = \frac{S_{ym}}{\sigma_m} = \frac{32kpsi}{12kpsi} = 2,67$$

En este caso, la ménsula no verifica, ya que se solicitaba un factor de diseño de 3 como mínimo.

Problema 2

b) Ahora verificamos a la flexión el material de la ménsula. Para ello buscamos en la tabla A-20 las características del material, y calculamos el esfuerzo de flexión

$$S_{ym} = 32kpsi$$

$$I_m = \frac{b_m \cdot h_m^3}{12} = \frac{(3/8in) \cdot (2in)^3}{12} = 0,25in^4$$

$$\sigma_m = \frac{M}{I_m} \cdot c = \frac{(500lbf \cdot 6in)}{0,25in^4} \cdot \left(\frac{2in}{2}\right) = 12000psi$$

1 UNS No.	2 SAE and/or AISI No.	3 Proces- sing	4 Tensile Strength, MPa (kpsi)	5 Yield Strength, MPa (kpsi)
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)
		CD	330 (48)	280 (41)
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)
		CD	370 (53)	300 (44)
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)
		CD	390 (56)	320 (47)
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)
		CD	440 (64)	370 (54)

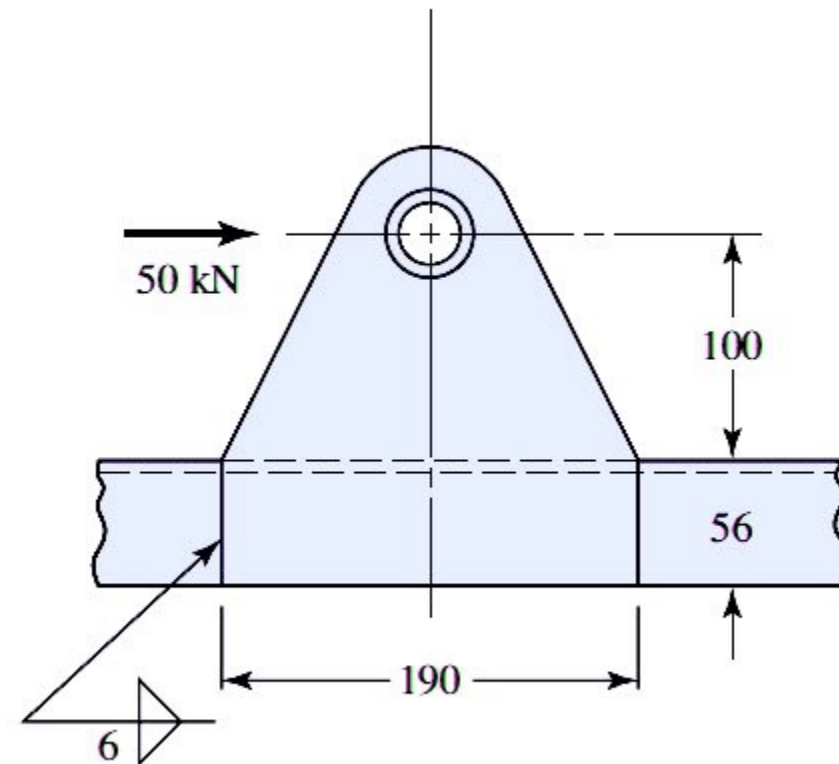
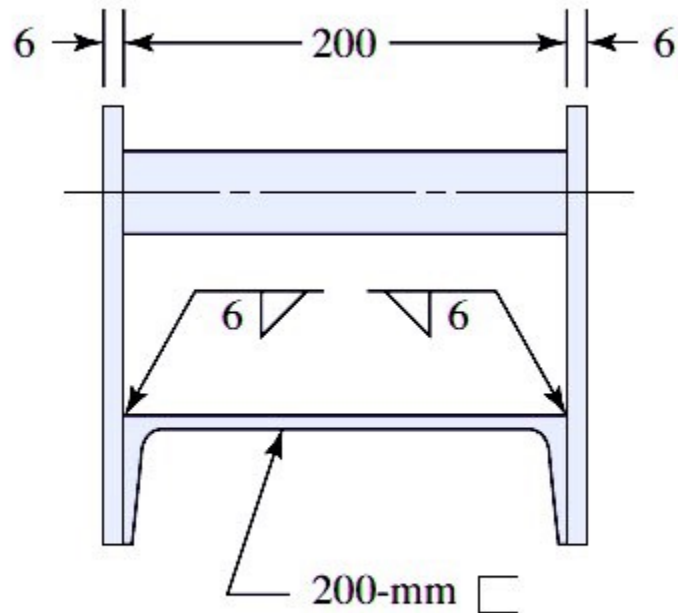
Verificamos el factor de seguridad requerido:

$$n = \frac{S_{ym}}{\sigma_m} = \frac{32kpsi}{12kpsi} = 2,67$$

En este caso, la ménsula no verifica, ya que se solicitaba un factor de diseño de 3 como mínimo.

Problema 3

Una ménsula soldada como la que se muestra en la figura soporta una carga de 50 kN sobre un perfil C de acero de 200 mm. Calcular el esfuerzo máximo en la soldadura, y dibujar el diagramas de esfuerzos a escala.



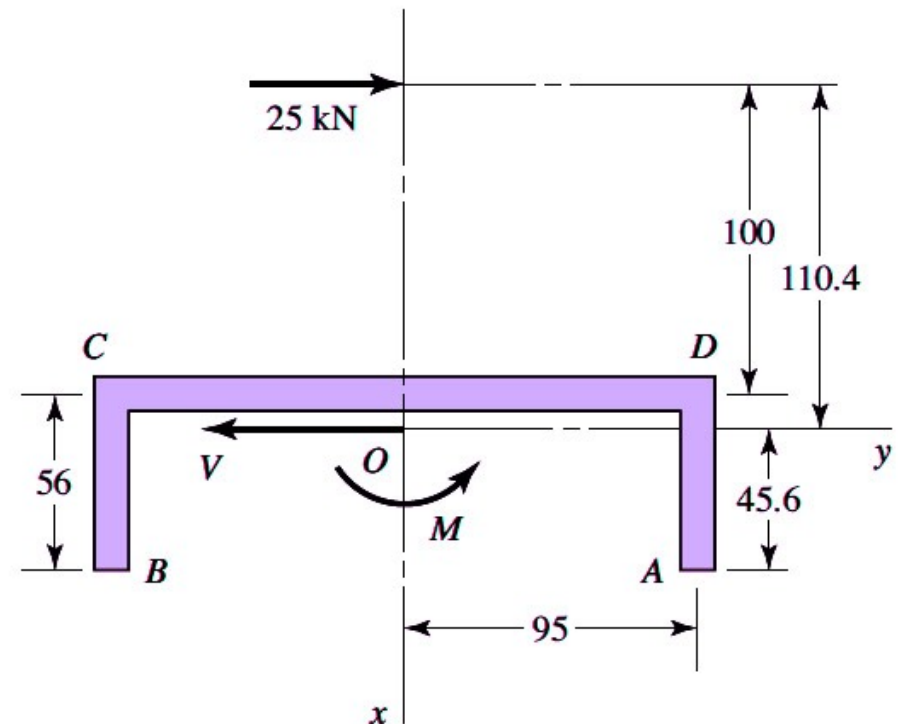
Problema 3

Inicialmente podemos determinar que se trata de una unión soldada sometida a **torsión**. El tratamiento para la verificación del esfuerzo máximo deberá hacerse dividiendo el calculo en 2 partes; la carga aplicada (excéntrica al baricentro de la figura del cordón de la soldadura) será reemplazada por 2 acciones aplicadas en el baricentro: una fuerza transversal V y un momento torsor M . (desde el punto de vista reacciones). Finalmente se sumaran.

Cada placa lateral esta soldada con 3 cordones de soldadura de filete 6 mm, formado como figura una C.

La carga se divide en 2, para verificar cada placa.

Además, se marcaran con letras los extremos de cada cordón de soldadura, que será donde aparezcan los esfuerzos máximos.



Problema 3

Calculo de los esfuerzos maximos

Esfuerzo primario: las carga V producirá una esfuerzo τ' , que simplemente sera calculado asumiendo que la carga V se distribuye en todo el área de la garganta mínima de la soldadura. Es decir:

Área resistente de la soldadura:

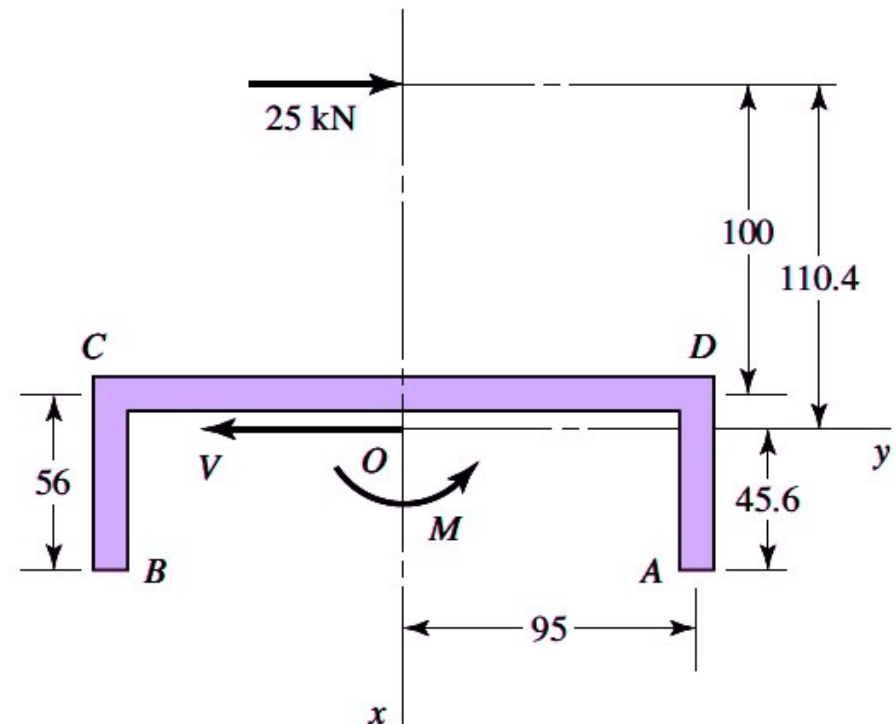
$$A = 0,707 \cdot (6\text{mm}) \cdot [(2 \cdot 56\text{mm}) + 190\text{mm}] = 1280\text{mm}^2$$

El esfuerzo τ' :

$$\tau' = \frac{V}{A} = \frac{25000\text{N}}{1280\text{mm}^2} = 19,5\text{MPa}$$

Vectorialmente:

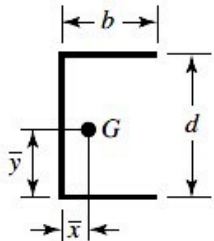
$$\vec{\tau}' = -(19,5\text{MPa})\vec{j}$$



Problema 3

Esfuerzo secundario: El momento torsor M producirá un esfuerzo τ , que es un poco más complejo de calcular, ya que es variable de acuerdo a la distancia al punto analizado desde el baricentro de la figura.

Primero debe calcularse la ubicación del baricentro, de acuerdo a la tabla 9-1:

Weld	Throat Area	Location of G	Unit Second Polar Moment of Area
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b + d}$

De acuerdo a la figura y a los ejes de referencia:

$$\bar{x} = \frac{(6\text{mm})^2}{(2 \cdot 56\text{mm}) + 190\text{mm}} = 10,4\text{mm}$$

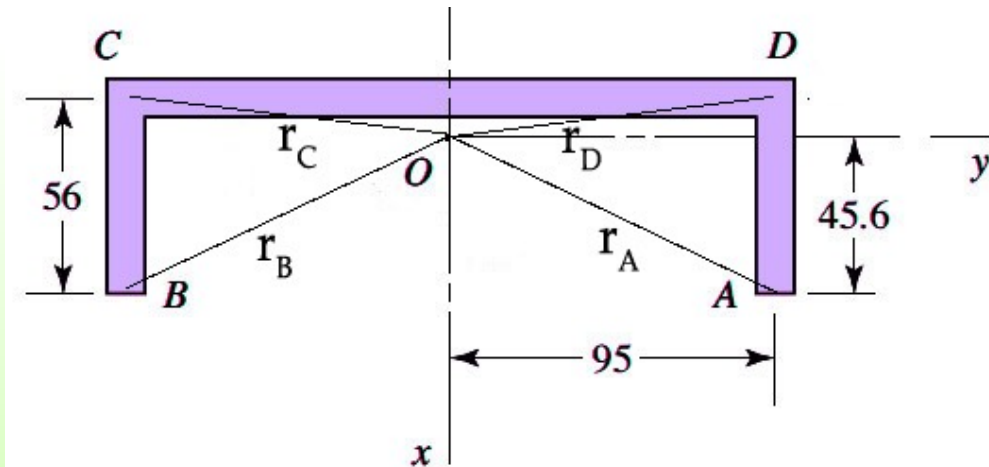
Problema 3

Luego debemos calcular las distancias a los puntos marcados anteriormente. En dichos puntos se producirán los esfuerzos secundarios τ máximos, por ser los lugares de la figura soldada mas alejados del baricentro.

De acuerdo a las distancias al baricentro:

$$r_A = r_B = \sqrt{\left[\frac{190\text{mm}}{2}\right]^2 + [45,6\text{mm}]^2} = 105\text{mm}$$

$$r_C = r_D = \sqrt{\left[\frac{190\text{mm}}{2}\right]^2 + [56\text{mm} - 45,6\text{mm}]^2} = 95,6\text{mm}$$



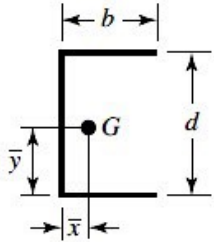
Vectorialmente:

$$\vec{r}_A = (45,6\text{mm})\vec{i} + (95\text{mm})\vec{j} \quad \vec{r}_B = (45,6\text{mm})\vec{i} - (95\text{mm})\vec{j}$$

$$\vec{r}_C = -(10,4\text{mm})\vec{i} - (95\text{mm})\vec{j} \quad \vec{r}_D = -(10,4\text{mm})\vec{i} + (95\text{mm})\vec{j}$$

Problema 3

Seguidamente buscamos en la tabla 9-1 el **segundo momento polar unitario** correspondiente a la figura soldada, y lo calculamos con las dimensiones que ya conocemos:

Weld	Throat Area	Location of G	Unit Second Polar Moment of Area
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b + d}$

Siendo: $b = 56mm$ $d = 190mm$

$$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b + d}$$

$$J_u = \frac{8 \cdot (56mm)^3 + 6 \cdot (56mm) \cdot (190mm)^2 + (190mm)^3}{12} - \frac{(56mm)^4}{2 \cdot (56mm) + (190mm)} = 1,667 \times 10^6 mm^3$$

$$J = 0,707 \cdot h \cdot J_u = 0,707 \cdot (6mm) \cdot (1,667 \times 10^6 mm^3) = 7,07 \times 10^6 mm^4$$

Problema 1

Ahora calculamos el momento M :

$$M = F \cdot l = 25000N \cdot 110,4mm = 2,76 \times 10^6 N \cdot mm$$

Calculamos en el punto A el esfuerzo secundario. Esto podemos hacerlo en forma vectorial para facilitar la suma con el esfuerzo primario:

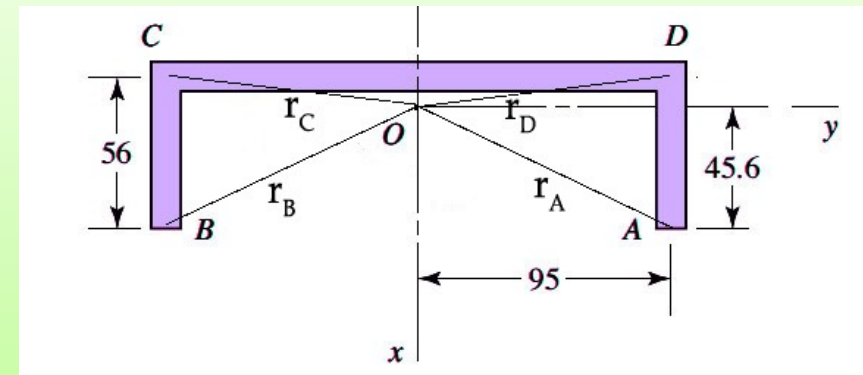
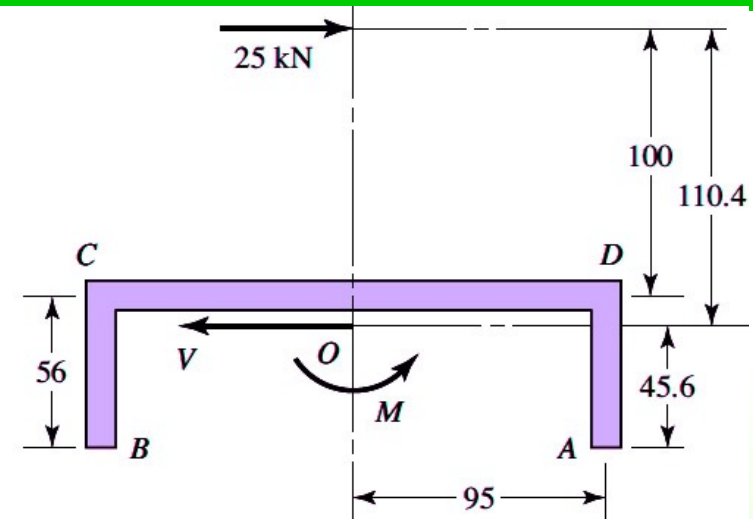
$$\vec{M} = (2,76 \times 10^6 N \cdot mm) \vec{k}$$

$$\vec{r}_A = (45,6mm) \vec{i} + (95mm) \vec{j}$$

$$J = 7,07 \times 10^6 mm^4$$

$$\vec{\tau}''_A = \frac{\vec{M} \times \vec{r}_A}{J}$$

$$\vec{\tau}''_A = \frac{\begin{vmatrix} i & j & k \\ 0 & 0 & 2,76 \times 10^6 \\ 45,6 & 95 & 0 \end{vmatrix}}{7,07 \times 10^6} = \frac{-(2,76 \times 10^6 \cdot 95) + (2,76 \times 10^6 \cdot 45) \vec{j}}{7,07 \times 10^6} = -(37,1MPa) \vec{i} + (17,6MPa) \vec{j}$$



Problema 3

Repetimos el mismo procedimiento para el punto B y C:

$$\vec{\tau}''_B = \frac{\vec{M} \times \vec{r}_B}{J}$$

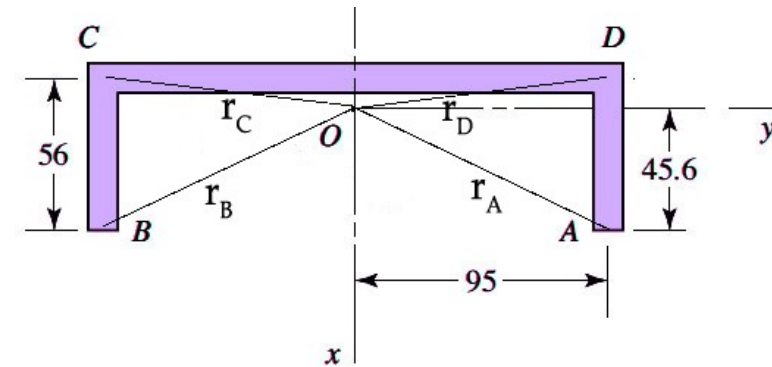
$$\vec{M} = (2,76 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}) \vec{k}$$

$$\vec{r}_B = (45,6 \text{ mm}) \vec{i} - (95 \text{ mm}) \vec{j}$$

$$\vec{\tau}''_C = \frac{\vec{M} \times \vec{r}_C}{J}$$

$$\vec{r}_C = -(10,4 \text{ mm}) \vec{i} - (95 \text{ mm}) \vec{j}$$

$$J = 7,07 \times 10^6 \text{ mm}^4$$



$$\vec{\tau}''_B = \frac{\begin{vmatrix} i & j & k \\ 0 & 0 & 2,76 \times 10^6 \\ 45,6 & -95 & 0 \end{vmatrix}}{7,07 \times 10^6} = \frac{- (2,76 \times 10^6 \cdot (-95)) + (2,76 \times 10^6 \cdot 45) \vec{j}}{7,07 \times 10^6} = (37,1 \text{ MPa}) \vec{i} + (17,6 \text{ MPa}) \vec{j}$$

$$\vec{\tau}''_C = \frac{\begin{vmatrix} i & j & k \\ 0 & 0 & 2,76 \times 10^6 \\ -10,4 & -95 & 0 \end{vmatrix}}{7,07 \times 10^6} = \frac{- (2,76 \times 10^6 \cdot (-95)) + (2,76 \times 10^6 \cdot (-10,4)) \vec{j}}{7,07 \times 10^6} = (37,1 \text{ MPa}) \vec{i} - (4 \text{ MPa}) \vec{j}$$

Problema 3

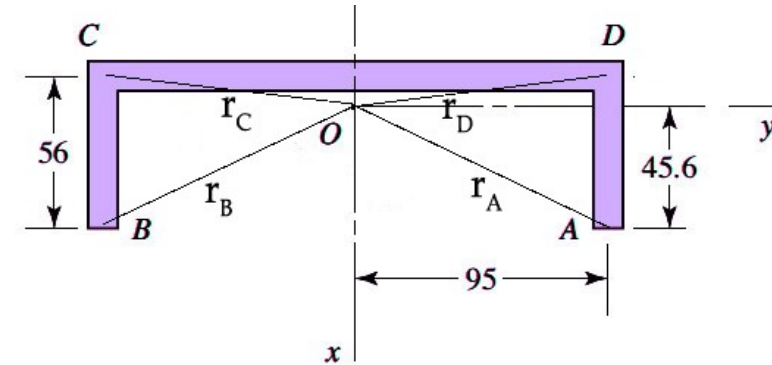
Por ultimo, el mismo procedimiento para el punto D:

$$\vec{\tau}''_D = \frac{\vec{M} \times \vec{r}_D}{J}$$

$$\vec{M} = (2,76 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}) \vec{k}$$

$$\vec{r}_D = -(10,4 \text{ mm}) \vec{i} + (95 \text{ mm}) \vec{j}$$

$$J = 7,07 \times 10^6 \text{ mm}^4$$



$$\vec{\tau}''_D = \frac{\begin{vmatrix} i & j & k \\ 0 & 0 & 2,76 \times 10^6 \\ -10,4 & 95 & 0 \end{vmatrix}}{7,07 \times 10^6} = \frac{- (2,76 \times 10^6 \cdot 95) + (2,76 \times 10^6 \cdot (-10,4)) \vec{j}}{7,07 \times 10^6} = -(37,1 \text{ MPa}) \vec{i} - (4 \text{ MPa}) \vec{j}$$

Problema 3

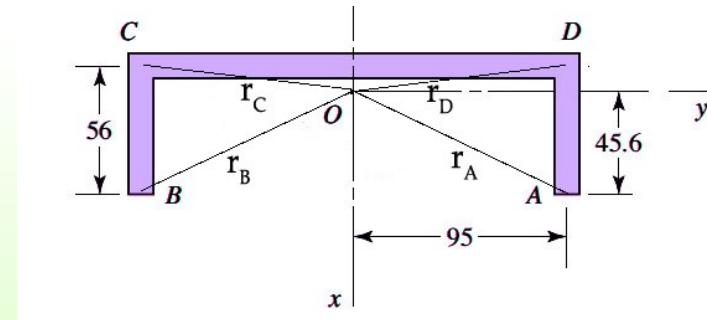
Resumiendo los resultados del esfuerzo secundario en los puntos mas comprometidos:

$$\vec{\tau}''_A = -(37,1MPa)\vec{i} + (17,6MPa)\vec{j} \quad \vec{\tau}''_B = (37,1MPa)\vec{i} + (17,6MPa)\vec{j}$$

$$\vec{\tau}''_C = (37,1MPa)\vec{i} - (4MPa)\vec{j} \quad \vec{\tau}''_D = -(37,1MPa)\vec{i} - (4MPa)\vec{j}$$

Y el esfuerzo primario en los mismos puntos:

$$\vec{\tau}'_A = \vec{\tau}'_B = \vec{\tau}'_C = \vec{\tau}'_D = -(19,5MPa)\vec{j}$$



Sumando cada efecto:

$$\vec{\tau}_A = \vec{\tau}'_A + \vec{\tau}''_A = \left[-(19,5MPa)\vec{j} \right] + \left[-(37,1MPa)\vec{i} + (17,6MPa)\vec{j} \right] = -(37,1MPa)\vec{i} - (1,9MPa)\vec{j}$$

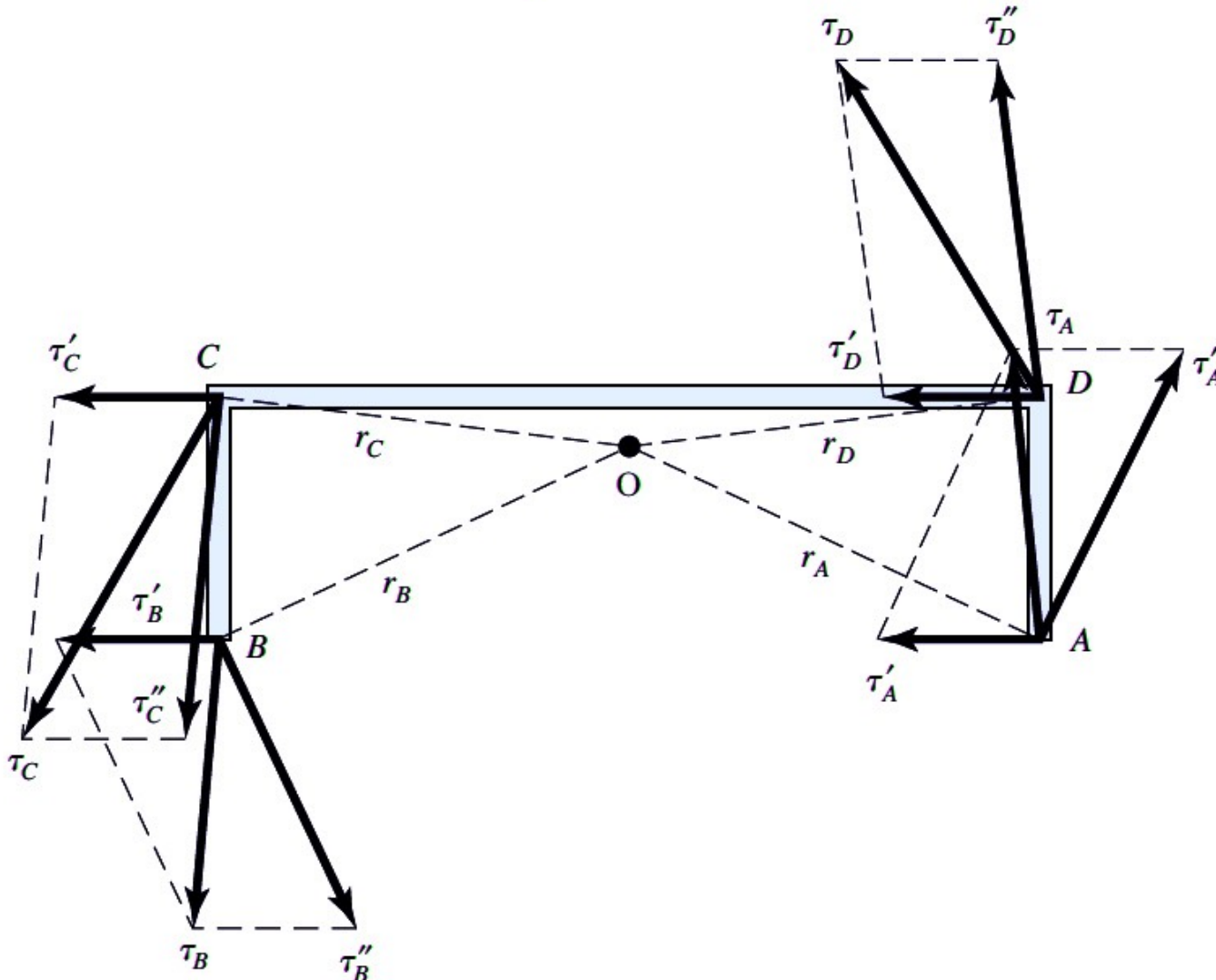
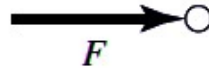
$$\vec{\tau}_B = \vec{\tau}'_B + \vec{\tau}''_B = \left[-(19,5MPa)\vec{j} \right] + \left[(37,1MPa)\vec{i} + (17,6MPa)\vec{j} \right] = (37,1MPa)\vec{i} - (1,9MPa)\vec{j}$$

$$\vec{\tau}_C = \vec{\tau}'_C + \vec{\tau}''_C = \left[-(19,5MPa)\vec{j} \right] + \left[(37,1MPa)\vec{i} - (4MPa)\vec{j} \right] = (37,1MPa)\vec{i} - (23,5MPa)\vec{j}$$

$$\vec{\tau}_D = \vec{\tau}'_D + \vec{\tau}''_D = \left[-(19,5MPa)\vec{j} \right] + \left[-(37,1MPa)\vec{i} - (4MPa)\vec{j} \right] = -(37,1MPa)\vec{i} - (23,5MPa)\vec{j}$$

Problema 3

Gráficamente



$$\vec{\tau}_A = -(37,1MPa)\vec{i} - (1,9MPa)\vec{j}$$

$$\vec{\tau}_B = (37,1MPa)\vec{i} - (1,9MPa)\vec{j}$$

$$\vec{\tau}_C = (37,1MPa)\vec{i} - (23,5MPa)\vec{j}$$

$$\vec{\tau}_D = -(37,1MPa)\vec{i} - (23,5MPa)\vec{j}$$

$$\tau_A = 37,15MPa$$

$$\tau_B = 37,15MPa$$

$$\tau_C = 43,9MPa$$

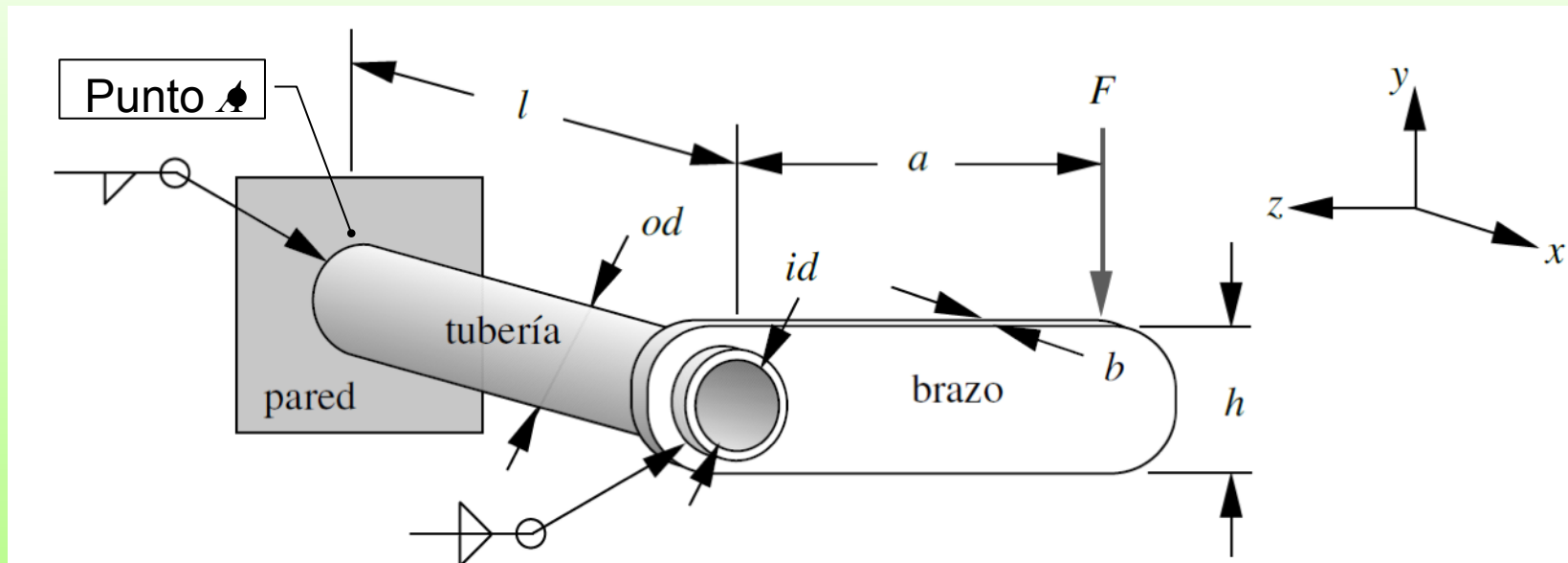
$$\tau_D = 43,9MPa$$

Problema 4

La figura muestra una ménsula soldada a una pared con una soldadura de filete de 5mm, con un electrodo E60. Para las dimensiones asignada en la tabla (*Fila a*) determine el la tensión máxima en la soldadura de filete entre el tubo y la pared para una carga estática F , y $h = 1,2xOD$, $a = 2xOD$ y $l = 2.5xOD$. El material de la tubería y de la pared es acero A36. Luego verifique el factor de seguridad. Si el factor de seguridad fuese menor a 2, proponer un cambio en la soldadura para que sea mayor o igual a 2.

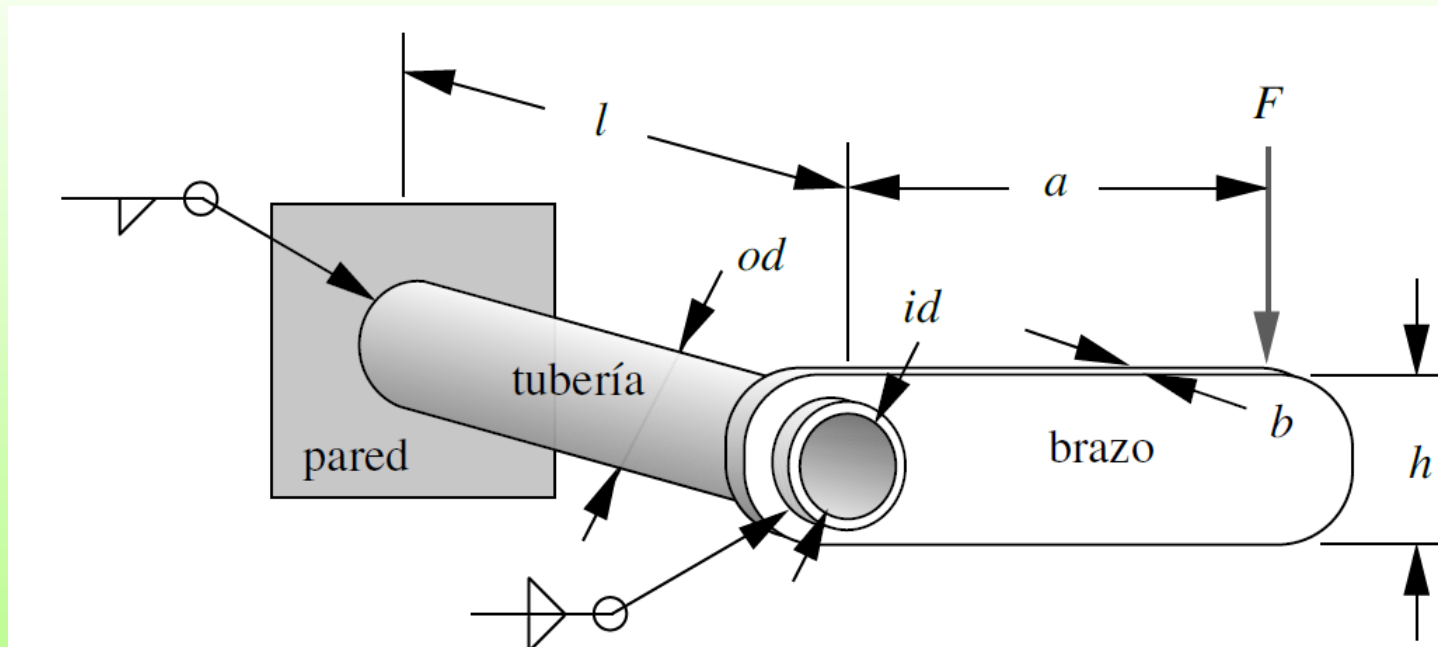
Longitudes en pulgadas,
fuerzas en kip.

Fila	F	OD	ID	b
a	2.5	3.500	3.068	1/2
b	3.8	4.500	4.026	1/2
c	4.8	5.563	5.047	1/2
d	8.0	6.625	6.065	1/2
e	9.0	8.625	7.981	3/4
f	11.0	10.750	10.020	3/4

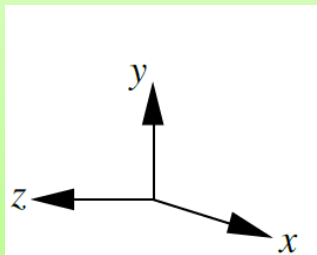
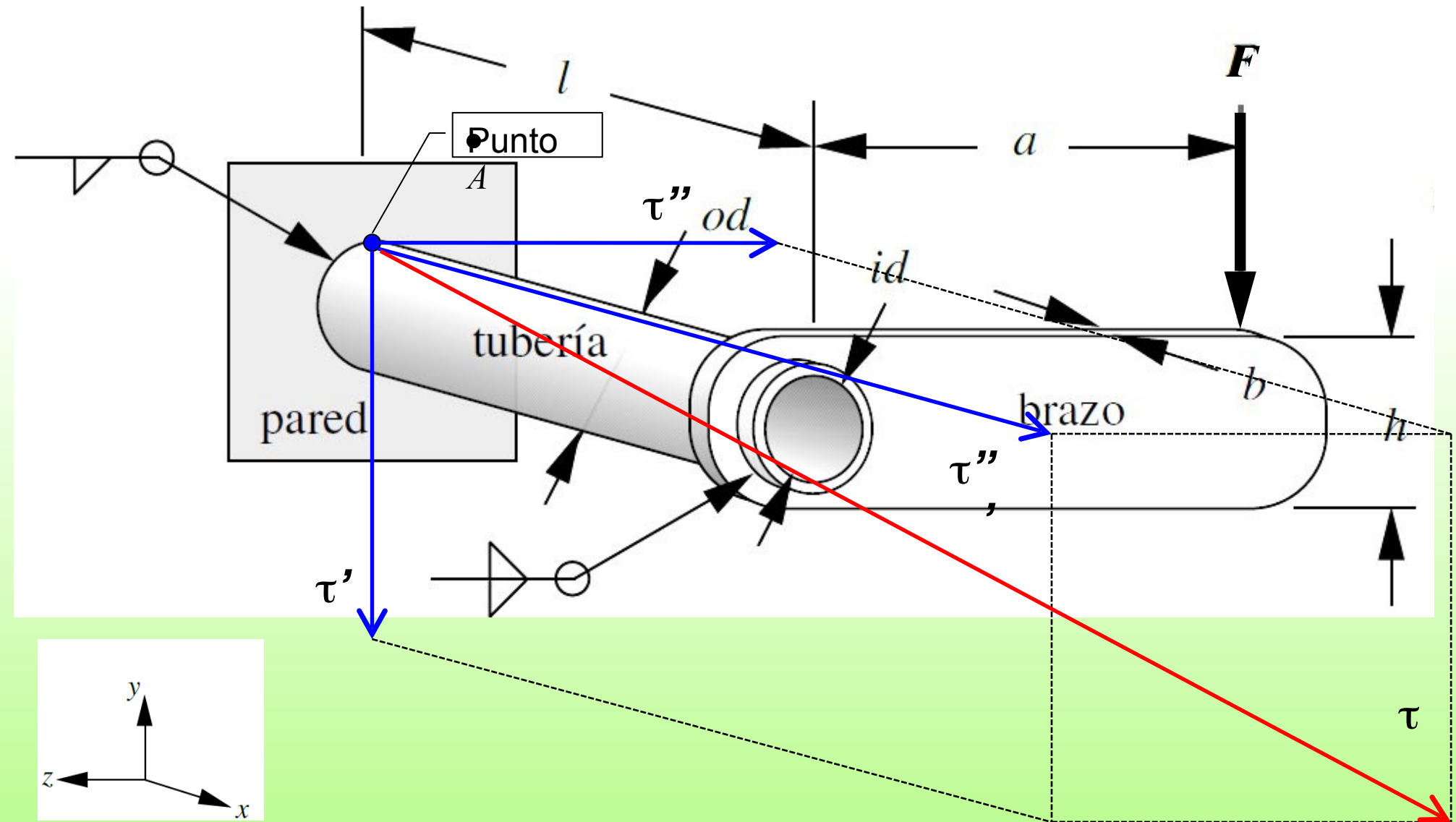


Problema 4

La carga descentrada pone a la sección de la tubería y de la soldadura en una combinación de flexión, torsión y cortante directo, en la raíz de la viga en voladizo, donde el momento y el torque son máximos. Se supone que la torsión y el cortante directo están uniformemente distribuidos a lo largo de la soldadura. La ubicación del mayor esfuerzo está en la parte superior de la tubería en la garganta de la soldadura (identificado como A), donde el esfuerzo de flexión provoca la máxima tensión, y se agrega el efector torsional. Primero se necesitan calcular las **cargas unitarias sobre la soldadura**, debidas a cada modo de carga; luego obtener **la suma vectorial**.



Problema 4



Problema 4

De acuerdo al diagrama de tensiones anterior, se comienza calculando la tensión τ' .

Área resistente de la soldadura:

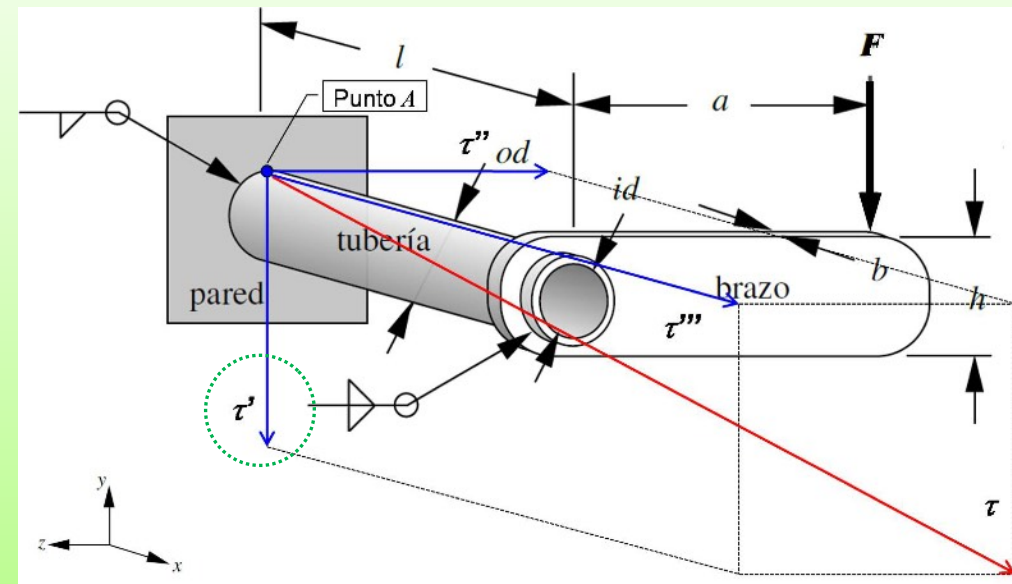
$$A = 0,707 \cdot (5\text{mm}) \cdot \left(\pi \cdot 3,5\text{in} \cdot \frac{25,4\text{mm}}{1\text{in}} \right) = 987\text{mm}^2$$

El esfuerzo τ' :

$$\tau' = \frac{F}{A} = \frac{2500\text{lb} \cdot \left(\frac{4,45\text{N}}{1\text{lb}} \right)}{987\text{mm}^2} = 11,3\text{MPa}$$

Vectorialmente:

$$\vec{\tau}' = -(11,3\text{MPa})\vec{j}$$



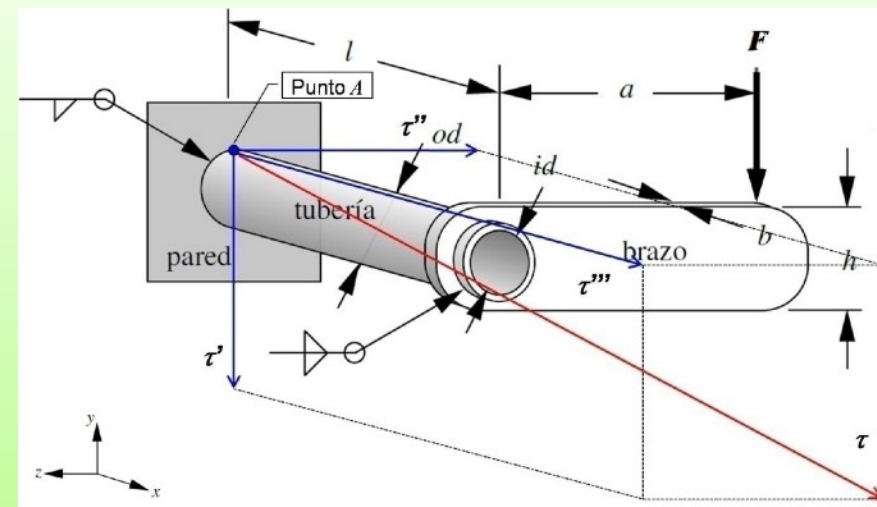
Problema 4

Esfuerzo τ'' : El momento torsor M_x producirá un esfuerzo τ'' , que es un poco más complejo de calcular, ya que es variable de acuerdo a la distancia al punto analizado desde el baricentro de la figura. En este caso, el baricentro se encuentra en el centro del tubo, por lo tanto el momento torsor será:

$$M_x = F \cdot a = 2500lb \cdot \left(\frac{4,45N}{1lb} \right) \cdot \left(2 \cdot 3,5in \cdot \left(\frac{25,4mm}{1in} \right) \right) = 1,98 \times 10^6 N \cdot mm$$

Vectorialmente:

$$\vec{M}_x = -(1,98 N \cdot mm) \vec{i}$$



Problema 4

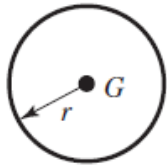
Seguidamente buscamos en la tabla 9-1 el **segundo momento polar unitario** correspondiente a la figura soldada, y lo calculamos con las dimensiones que ya conocemos:

Soldadura

Área de la garganta

Ubicación de G

Segundo momento polar unitario del área



$$A = 1.414 \pi hr$$

$$J_u = 2\pi r^3$$

Siendo:

$$r = \frac{3,5in}{2} \cdot \left(\frac{25,4mm}{1in} \right) = 44,45mm$$

$$J_u = 2 \cdot \pi \cdot (44,45mm)^3 = 552 \times 10^3 mm^3$$

$$J = 0,707 \cdot h \cdot J_u = 0,707 \cdot (5mm) \cdot (552 \times 10^3 mm^3) = 1,95 \times 10^6 mm^4$$

Problema 4

Calculamos en el punto A el esfuerzo τ'' . Nuevamente se realiza en forma vectorial para facilitar la suma con los otros esfuerzos:

$$\vec{\tau}''_A = \frac{\vec{M}_x \times \vec{r}_A}{J}$$

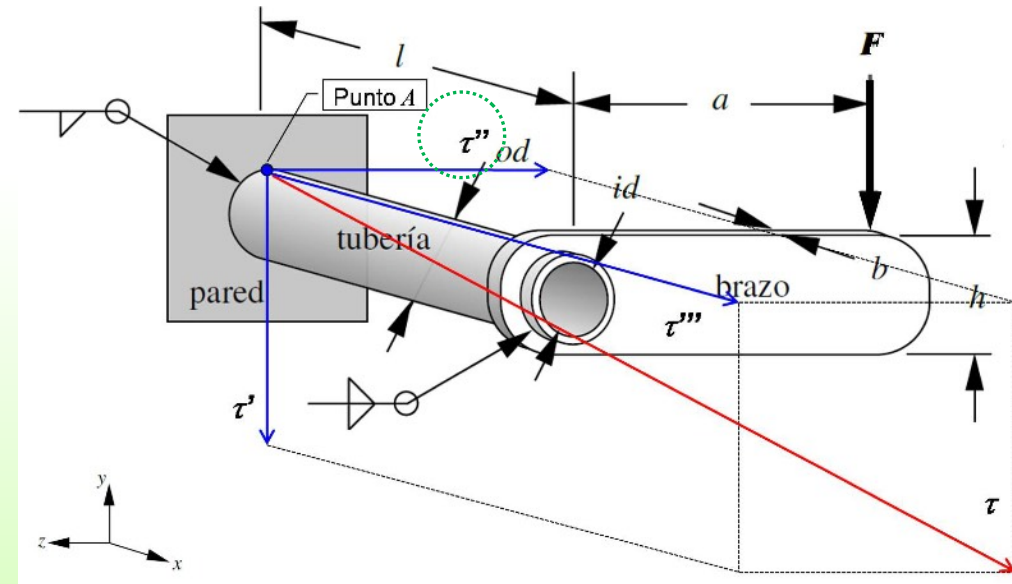
$$\vec{M}_x = -(1,98 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm})$$

$$\vec{r}_A = (44,45 \text{ mm}) \vec{j}$$

$$J = 1,95 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\vec{\tau}''_A = \frac{\begin{vmatrix} i & j & k \\ -1,98 \times 10^6 & 0 & 0 \\ 0 & 44,45 & 0 \end{vmatrix}}{1,95 \times 10^6} = \frac{(-1,98 \times 10^6 \cdot 44,45) \vec{k}}{1,95 \times 10^6} = -(45,1 \text{ MPa}) \vec{k}$$

$$\boxed{\vec{\tau}''_A = -(45,1 \text{ MPa}) \vec{k}}$$



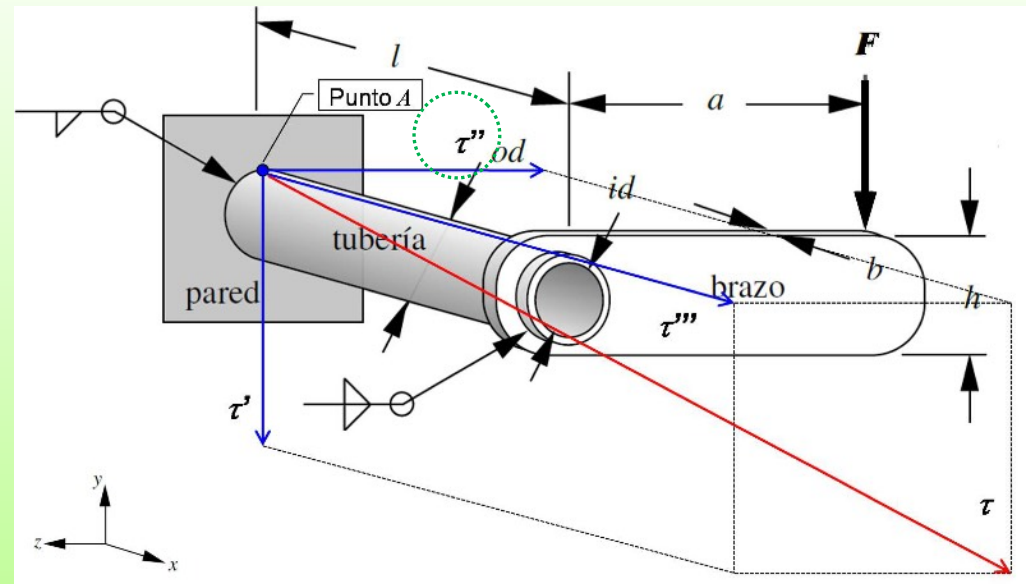
Problema 4

Esfuerzo τ''' : El momento torsor M_z producirá un esfuerzo τ''' flexionante sobre la figura de la soldadura, en la dirección del eje x . El momento flector será:

$$M_z = F \cdot l = 2500lb \cdot \left(\frac{4,45N}{1lb} \right) \cdot \left(2,5 \cdot 3,5in \cdot \left(\frac{25,4mm}{1in} \right) \right) = 2,48 \times 10^6 N \cdot mm$$

Vectorialmente:

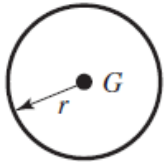
$$\vec{M}_z = -(2,48N \cdot mm) \vec{k}$$



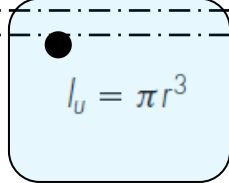
Problema 4

De acuerdo a la tabla 9-2, el **segundo momento de inercia unitario** correspondiente a la figura soldada es:

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
-----------	---------------------	----------------	-----------------------------------



$$A = 1.414\pi hr$$



$$I_u = \pi r^3$$

Siendo:

$$r = \frac{3,5in}{2} \cdot \left(\frac{25,4mm}{1in} \right) = 44,45mm$$

$$I_u = \pi \cdot (44,45mm)^3 = 276 \times 10^3 mm^3$$

$$I = 0,707 \cdot h \cdot J_u = 0,707 \cdot (5mm) \cdot (276 \times 10^3 mm^3) = 975 \times 10^3 mm^4$$

Problema 4

Nuevamente calculamos en el punto A el esfuerzo τ''' , en forma vectorial para facilitar la suma con los otros esfuerzos:

$$\vec{\tau}'''_A = \frac{\vec{M}_z \times \vec{r}_A}{I}$$

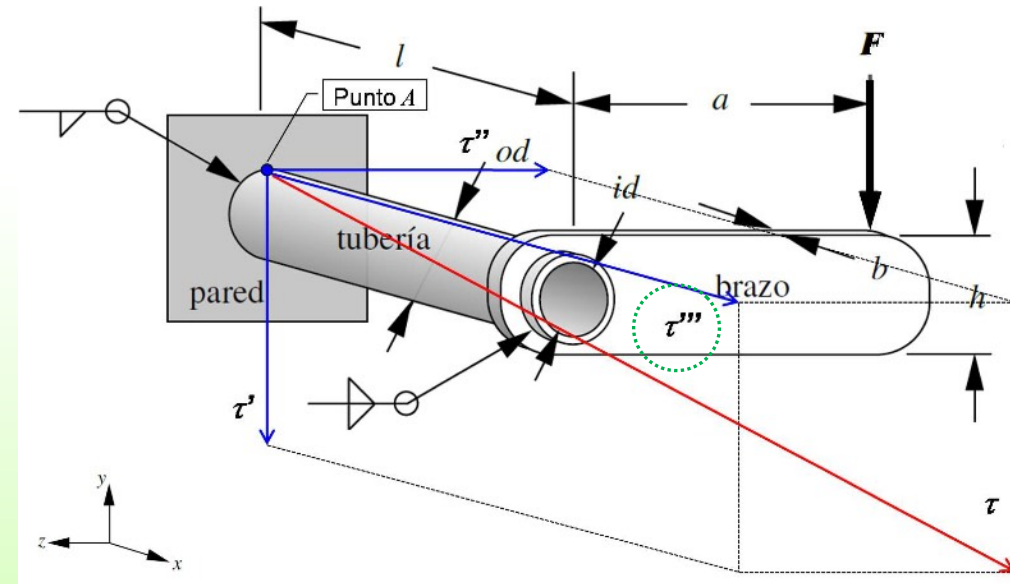
$$\vec{M}_z = -(-2,48 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}) \vec{k}$$

$$\vec{r}_A = (44,45 \text{ mm}) \vec{j}$$

$$I = 975 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

$$\vec{\tau}'''_A = \frac{\begin{vmatrix} i & j & k \\ 0 & 0 & -2,48 \times 10^6 \\ 0 & 44,45 & 0 \end{vmatrix}}{975 \times 10^3} = \frac{-(-2,48 \times 10^6 \cdot 44,45)}{975 \times 10^3} = (113 \text{ MPa}) \vec{i}$$

$$\boxed{\vec{\tau}'''_A = (113 \text{ MPa}) \vec{i}}$$



Problema 4

Finalmente, con los 3 esfuerzos calculados, se resuelve la sumatoria para obtener el esfuerzo máximo en el punto A de la soldadura:

$$\vec{\tau}' = -(11,3MPa)\vec{j}$$

$$\vec{\tau}''_A = -(45,1MPa)\vec{k}$$

$$\vec{\tau}'''_A = (113MPa)\vec{i}$$

$$\vec{\tau} = \vec{\tau}' + \vec{\tau}'' + \vec{\tau}'''$$

$$\vec{\tau} = \left[-(11,3MPa)\vec{j} \right] + \left[-(45,1MPa)\vec{k} \right] + \left[(113MPa)\vec{i} \right]$$

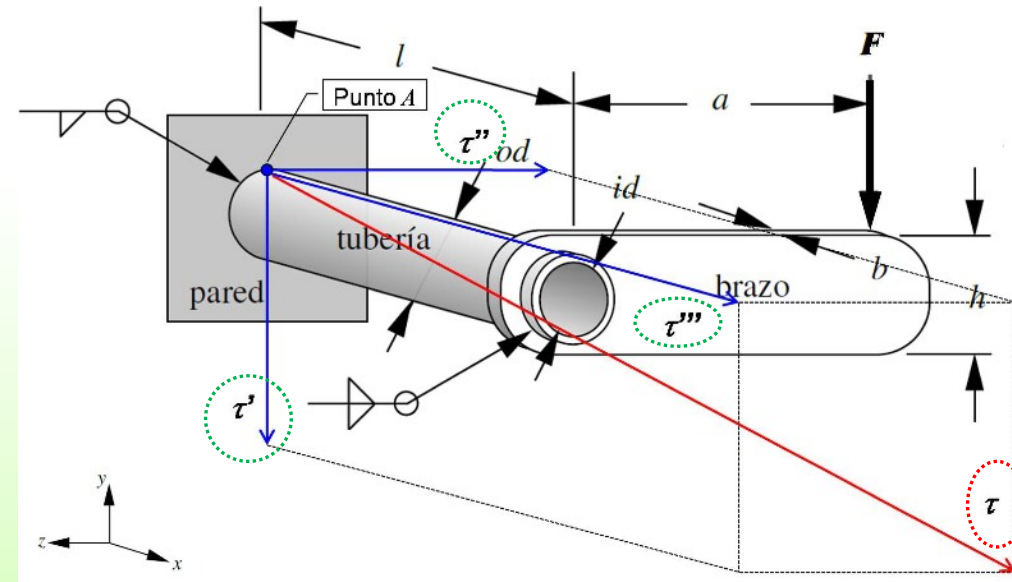
Ordenando las componentes:

$$\vec{\tau} = (113MPa)\vec{i} - (11,3MPa)\vec{j} - (45,1MPa)\vec{k}$$

Calculando el modulo del esfuerzo máximo:

$$\tau = \sqrt{(113MPa)^2 + (11,3MPa)^2 + (45,1MPa)^2} = 122,2MPa$$

$$\tau = 122,2MPa$$



Problema 4

De acuerdo a la tabla 9-3, la resistencia de fluencia para un electrodo E60XX es:

$$S_y = 345 \text{ MPa}$$

Se calcula el factor de seguridad

$$n = \frac{0,577 \cdot S_y}{\tau} = \frac{0,577 \cdot 345 \text{ MPa}}{122,2 \text{ MPa}} = 1,67$$

AWS Electrode Number*	Tensile Strength kpsi (MPa)	Yield Strength, kpsi (MPa)
E60xx	62 (427)	50 (345)
E70xx	70 (482)	57 (393)
E80xx	80 (551)	67 (462)

Como puede apreciarse, el factor de seguridad no es satisfactorio de acuerdo al enunciado del problema.

Queda a criterio del alumno la/s modificación/es a realizar para que cumpla con lo solicitado.