Unidad 4

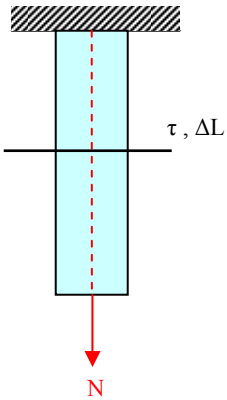
Torsión

4.1 Objetivos

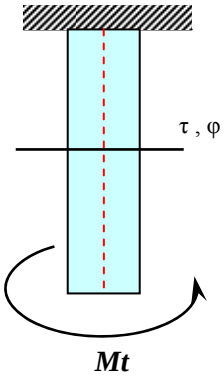
Al terminar el estudio de esta unidad usted deberá ser capaz de resolver los siguientes objetivos trazados para el Estudio de tensiones en estructuras sometidas a momentos torsores

1. Determinar y aprender a analizar estructuras o elementos se sección circular, sometidos a momentos torsores, determinando (τ, φ) las tensiones cortantes y los giros o deformaciones.
2. Dimensionar elementos de sección circular sometidos a torsión.
3. Analizar uniones o bridas empernadas determinando (τ, ϕ, P)
4. Determinar τ en secciones de pared delgada sometidas a momentos torsores. (Mt)
5. Aprender a utilizar, expresiones de τ y φ para solucionar problemas de secciones no circulares, sometidos a torsión.

4.2 Introducción



En anteriores capítulos

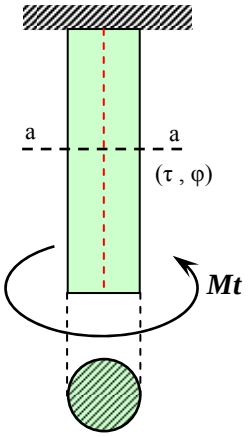


En este capítulo se somete a torsión

La torsión estudia los esfuerzos internos (τ tensión cortante) y deformaciones (φ giros) provocados por momentos torsores en secciones de cualquier elemento estructural.

4.3 Formulación

Sea un árbol de sección circular como muestra la figura



Sección circular

Lo que queremos encontrar son las ecuaciones que gobiernan, las tensiones cortantes (τ) y deformaciones, giros (φ) en cualquier sección del elemento.

a) Parte geométrica

Donde:

S = Arco de desplazamiento.

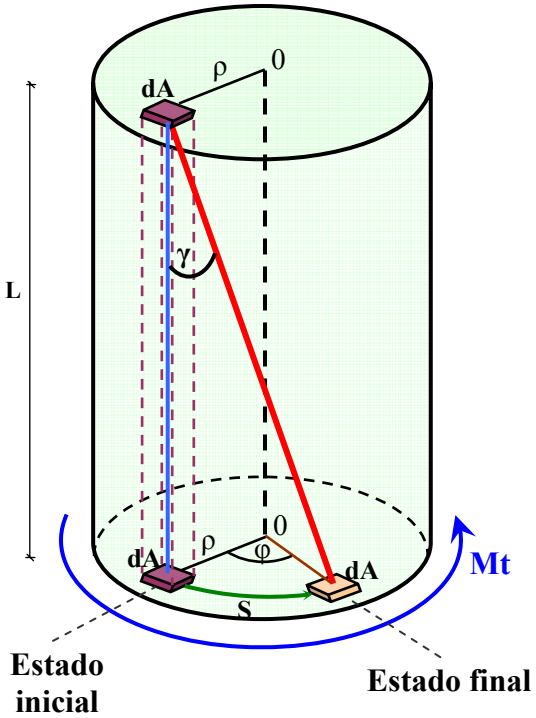
L = Longitud

γ = Distorsión Angular

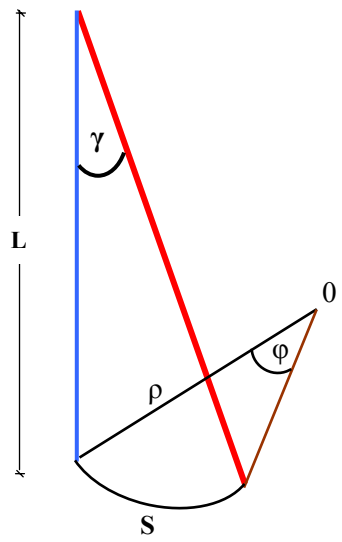
φ= Giro

ρ= Radio

dA= Diferencial de arco



Analizando por separado:



$$\gamma = \frac{S}{L} \quad \Rightarrow \quad S = \gamma \cdot L$$

$$\varphi = \frac{S}{\rho} \quad \Rightarrow \quad S = \varphi \cdot \rho$$

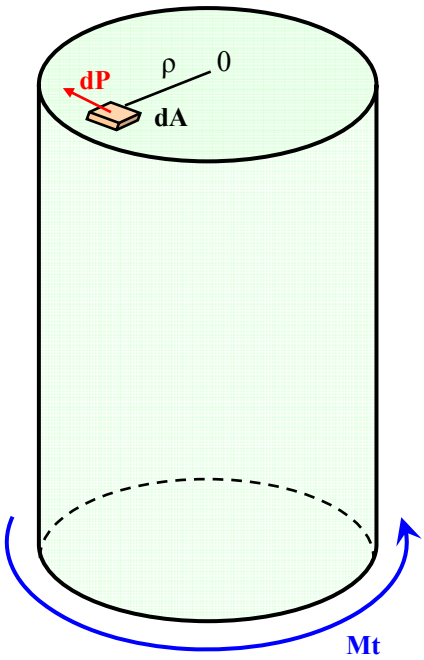
Igualando ambos

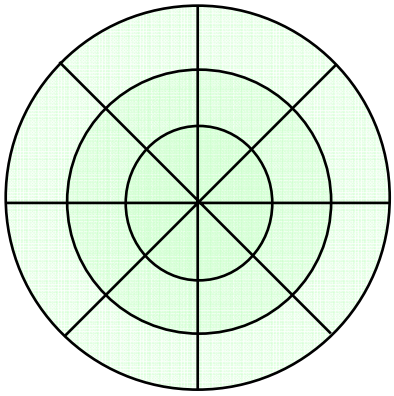
$$\gamma \cdot L = \varphi \cdot \rho$$

$$\boxed{\gamma = \frac{\varphi \cdot \rho}{L}} \quad (1)$$

Ecuación de compatibilidad de deformaciones

b) Parte estática





$$\sum Mt = 0$$

$$Mt - \int_A \rho dp = 0$$

Sabemos que: $dp = \tau \cdot dA$

Entonces: $$Mt - \int_A \tau \cdot \rho \cdot dA = 0$$

$$\boxed{Mt = \int_A \tau \cdot \rho \cdot dA} \quad ②$$ **Ecuación equilibrio estático**

c) Parte física

$$\boxed{\tau = G \cdot \gamma} \quad ③$$ Ley de Hooke

c) Parte final

Reemplazo ① en ③

$$\boxed{\tau = G \cdot \frac{\varphi \cdot \rho}{L}} \quad ④$$ donde: G = módulo de elasticidad transversal

Reemplazo ④ en ②

$$Mt = \int_A G \cdot \frac{\varphi \cdot \rho}{L} \rho \cdot dA \qquad \text{entonces} \quad Mt = \frac{G \cdot \varphi}{L} \cdot \int_A \rho^2 \cdot dA$$

Sabiendo que Inercia polar: $Ip = \int_A \rho^2 \cdot dA$, luego:

$$Mt = \frac{G \cdot \varphi}{L} \cdot Ip$$

finalmente:

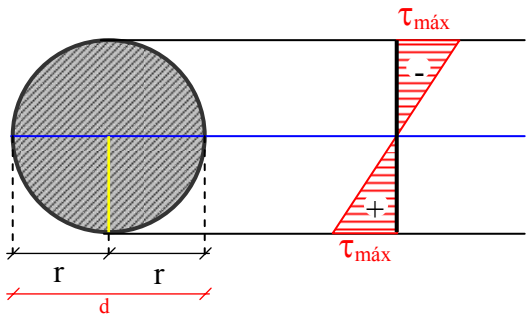
$$⑤ \quad \boxed{\varphi_{\otimes} = \frac{Mt \cdot L}{G \cdot Ip}} \; [rad]$$ **Ecuación que gobierna las deformaciones**

Reemplazo ⑤ en ④

$$\tau = \cancel{G} \cdot \frac{Mt \cdot \cancel{L}}{\cancel{G} \cdot Ip} \cdot \frac{\rho}{\cancel{L}} \qquad \text{finalmente:} \quad \boxed{\tau_{\otimes} = \frac{Mt \cdot \rho}{Ip}} \left[\frac{Kg}{cm^2}\right]$$ **Ecuación que gobierna las tensiones cortantes**

4.4 Tensiones máximas

a) Sección circular llena:



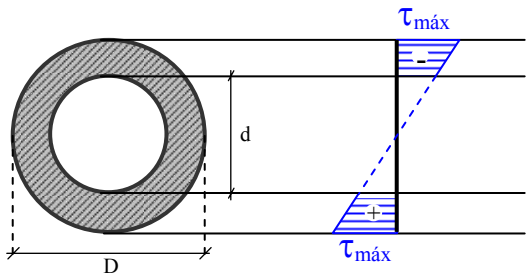
$\rho = 0$ entonces $\tau_{\bullet} = 0$

$\rho = r$ entonces $\tau_{\bullet máx} = \dfrac{Mt \cdot r}{Ip}$ pero: $Ip^{\bullet} = \dfrac{\pi \cdot d^4}{32}$

reemplazando Ip

$\tau_{\bullet máx} = \dfrac{Mt \cdot r}{\dfrac{\pi \cdot d^4}{32}}$, resumiendo la fórmula se tiene: $\boxed{\tau_{\bullet máx} = \dfrac{16 \cdot Mt}{\pi \cdot d^3}}$

a) Sección circular hueca:



$\tau_{\bullet máx} = \dfrac{Mt \cdot \dfrac{D}{2}}{\left(Ip^D - Ip^d\right)}$ reemplazando el valor de Ip $\tau_{\bullet máx} = \dfrac{Mt \cdot \dfrac{D}{2}}{\left(\dfrac{\pi \cdot D^4}{32} - \dfrac{\pi \cdot d^4}{32}\right)}$

finalmente: $\boxed{\tau^{o}_{máx} = \dfrac{Mt \cdot D}{\pi \cdot \left(D^4 - d^4\right)}}$

Ejemplo 1:

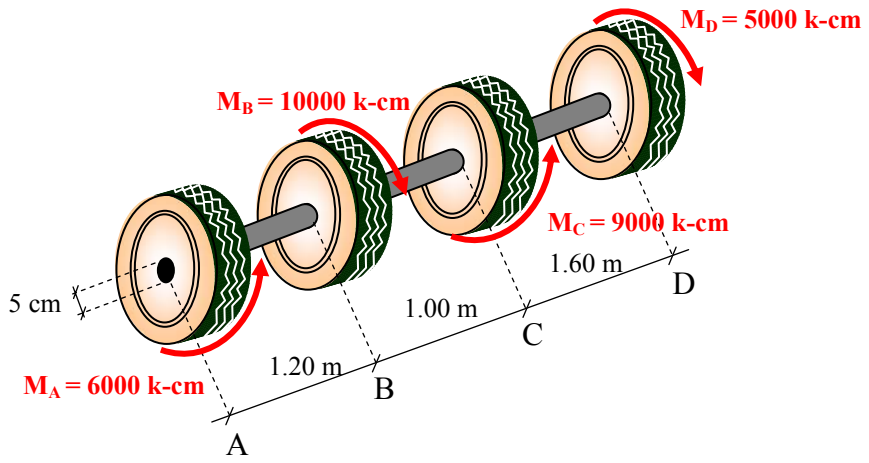
Un árbol de sección constante de 5 cm de diámetro está sometido a pares torsores a través de ruedas dentadas montadas sobre él, como muestra la figura. Si el módulo de elasticidad transversal es G = 8.4X10^5 Kg/cm^2 determinar en grados, el ángulo de giro total entre los puntos A y D.

Datos

G = 8.4X10^5 Kg/cm^2

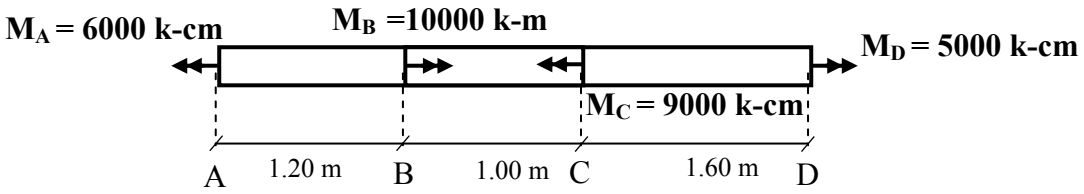
Incógnita

$\varphi_{A\text{-}D}$ = ?



Solución

Otra forma de representar



- Planteando la ecuación de deformación desde A hasta D tenemos:

$$\boxed{\varphi_{AD} = \varphi_{AB} + \varphi_{BC} + \varphi_{CD}} \quad \text{(a)}$$

- Aplicando la fórmula que gobierna los giros para cada elemento del árbol

$$\boxed{\varphi = \frac{Mt \cdot L}{G \cdot Ip}}$$

Tenemos:

$$\varphi_{AB} = \frac{(M_A)\cdot 120}{8.4X10^5 \cdot Ip} = 0.0139\ rad \qquad \text{(b)}$$

$$\varphi_{AB} = \frac{(M_A - M_B)\cdot 100}{8.4X10^5 \cdot Ip} = -0.0078\ rad \qquad \text{(c)}$$

$$\varphi_{AB} = \frac{(M_A - M_B + M_C)\cdot 160}{8.4X10^5 \cdot Ip} = 0.0155\ rad \qquad \text{(d)}$$

Remplazando (b), (c),(d) en (a):

$$\varphi_{AD} = 0.02173\ rad \times \frac{57.3^o}{1rad} = 1.25^o$$

$$\varphi_{AD} = 1.25^o$$

4.4 Sistemas Hiperestáticos

a) Parte Geométrica

Se compara geométricamente los giros de los elementos proponiendo una ecuación de compatibilidad de deformaciones.

Ecuación en función de los giros: φ

b) Parte Estática

Se plantean ecuaciones de equilibrio estático

$$\sum Mt = 0$$

c) Parte Física

Se calcula cada uno de los giros

$$\varphi_i = \frac{Mt_i \cdot L}{G \cdot Ip}$$

d) Parte Final

Solución de la ecuación.

Ejemplo 2 :

Sea el árbol mostrado en la figura determinar el diagrama de momentos cortantes, tensiones cortantes y giros

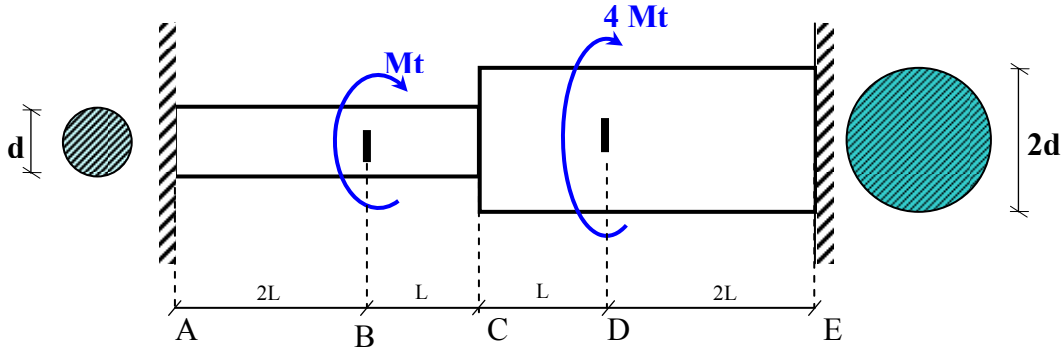
<u>Datos</u>

Mt

L

D

G



Incógnitas

Diagramas

Mt

φ

τ

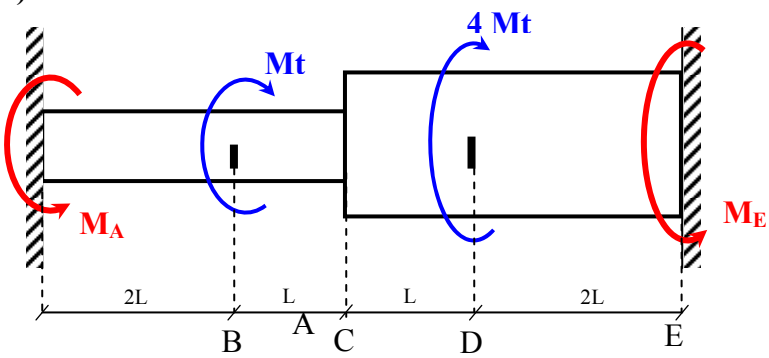
Solución

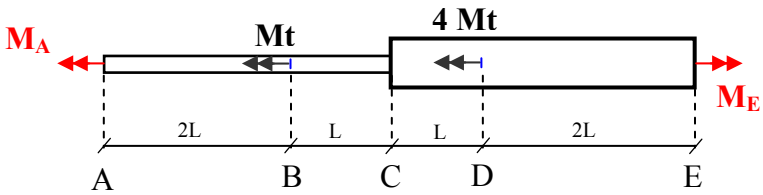
a) Parte Geométrica

$$\boxed{\varphi_{AB} + \varphi_{BC} + \varphi_{CD} + \varphi_{DE} = \varphi_E = 0} \quad ①$$

Ecuación de compatibilidad de deformaciones

b) Parte Estática





$$\sum Mt = 0$$

$$M_A - Mt - 4Mt + M_E = 0$$

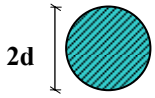
$$\boxed{M_A + M_E = 5Mt} \quad ②$$

Ecuación equilibrio estático

c) Parte física

*Cálculo de la inercia polar:

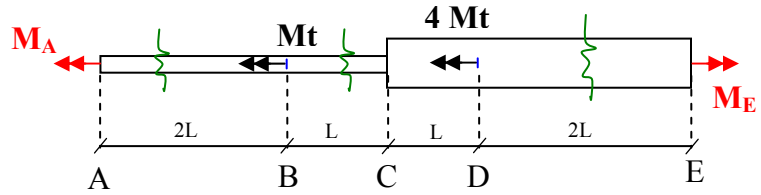
$$Ip = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$$



$$Ip^* = \frac{\pi \cdot (2d)^4}{32} = 16 \underbrace{\frac{\pi \cdot d^4}{32}}_{Ip} \Rightarrow Ip^* = 16Ip$$

Utilizamos la fórmula de los giros, y analizando por tramos:

$$\boxed{\varphi_i = \frac{Mt_i \cdot L}{G \cdot Ip}}$$



Tramo AB:

$$\varphi_{AB} = \frac{M_A \cdot 2L}{G \cdot Ip}$$

Tramo BC:

$$\varphi_{BC} = \frac{(M_A - Mt) \cdot L}{G \cdot Ip}$$

Tramo CD:

$$\varphi_{CD} = \frac{(M_A - Mt) \cdot L}{G \cdot Ip^*} = \frac{(M_A - Mt) \cdot L}{G \cdot 16Ip}$$

Tramo DE:

$$\varphi_{CD} = \frac{(M_A - 5Mt) \cdot 2L}{G \cdot Ip^*} = \frac{(M_A - 5Mt) \cdot 2L}{G \cdot 16Ip}$$

③ **Ecuaciones físicas**

d) Parte Final

Reemplazando los giros en ①:

$$\varphi_{AB} + \varphi_{BC} + \varphi_{CD} + \varphi_{DE} = \varphi_E = 0$$

$$\frac{M_A \cdot 2\cancel{L}}{G \cdot \cancel{Ip}} + \frac{(M_A - Mt) \cdot \cancel{L}}{G \cdot \cancel{Ip}} + \frac{(M_A - Mt) \cdot \cancel{L}}{G \cdot \cancel{16}\cancel{Ip}} + \frac{(M_A - 5Mt) \cdot 2\cancel{L}}{G \cdot \cancel{16}\cancel{Ip}} = 0 \qquad * 16$$

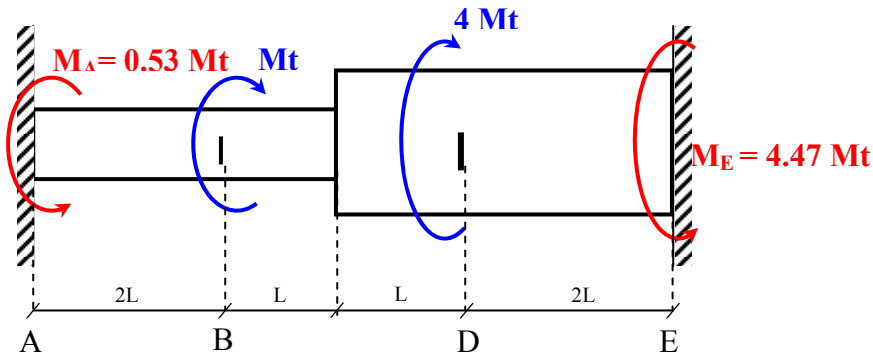
$$32M_A + 16M_A - 16Mt + M_A - 16 + 2M_A - 10Mt = 0$$

$$51M_A = 27Mt$$

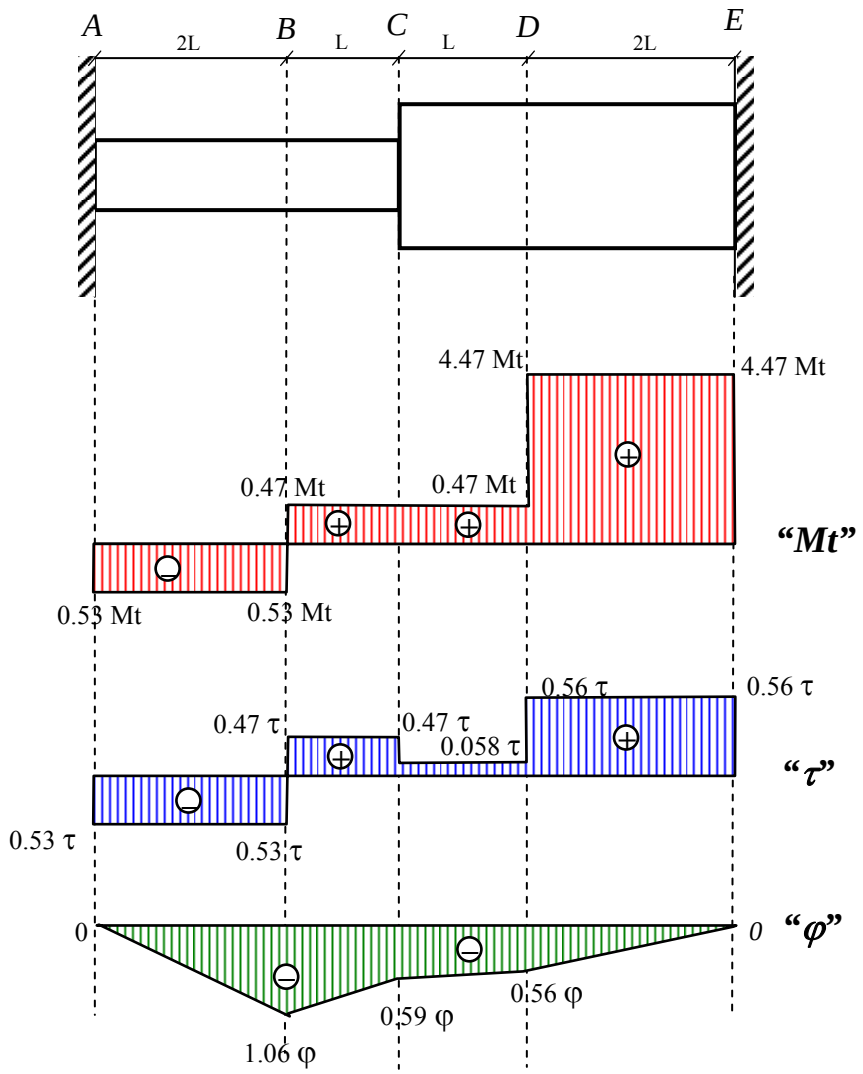
$$\boxed{M_A = 0.53Mt} \quad ④$$

Reemplazo ④ en ②

$$\boxed{M_E = 4.47Mt}$$



Diagramas:



* Cálculo del diagrama:

$$\tau = \frac{Mt \cdot r}{Ip}$$

Tramo AB:

$$\tau_{AB} = \frac{0.53Mt \cdot r}{Ip} = -0.53\tau$$

Tramo BC:

$$\tau_{BC} = \frac{0.47Mt \cdot r}{Ip} = +0.47\tau$$

Tramo CD:

$$\tau_{CD} = \frac{0.47Mt \cdot 2r}{16Ip} = +0.058\tau$$

Tramo DE:

$$\tau_{DE} = \frac{4.47Mt \cdot 2r}{16Ip} = +0.56\tau$$

* Cálculo de: $\boxed{\varphi = \frac{Mt \cdot L}{G \cdot Ip}}$

Tramo AB:

$$\varphi_{AB} = \frac{0.53\mathrm{Mt} \cdot 2\mathrm{l}}{\mathrm{G} \cdot \mathrm{Ip}} = -1.06\varphi$$

Tramo BC:

$$\varphi_{BC} = \frac{0.47\mathrm{Mt} \cdot \mathrm{l}}{\mathrm{G} \cdot \mathrm{Ip}} = +0.47\varphi$$

Tramo CD:

$$\varphi_{CD} = \frac{0.058\mathrm{Mt} \cdot \mathrm{l}}{\mathrm{G} \cdot 16\mathrm{Ip}} = +0.03\varphi$$

Tramo DE:

$$\varphi_{DE} = \frac{4.47\mathrm{Mt} \cdot 2\mathrm{l}}{\mathrm{G} \cdot 16\mathrm{Ip}} = 0.56\varphi$$

* Cálculo de los giros

$$\varphi_A = 0$$

$$\varphi_A = \varphi_{AB} = -1.06\varphi$$

$$\varphi_C = \varphi_B + \varphi_{BC} = -1.06\varphi + 0.47\varphi = -0.59\varphi$$

$$\varphi_D = \varphi_C + \varphi_{CD} = -0.59\varphi + 0.03\varphi = -0.56\varphi$$

$$\varphi_E = \varphi_D + \varphi_{DE} = -0.56\varphi + 0.56\varphi = 0$$

Ejemplo 2

Determinar la tensión normal que sucede en las barras elásticas que sustentan el apoyo C de la siguiente estructura mostrada en la figura.

Datos

Mt = 700 Kg.m

L = 2.00 m

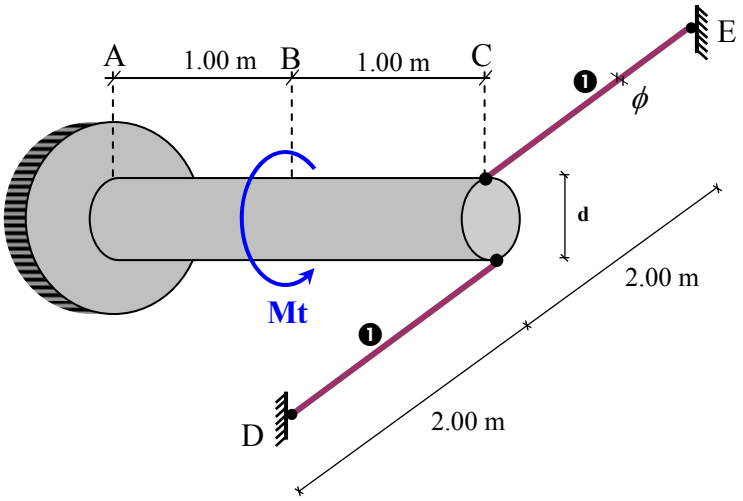
d = 10 cm

G = 0.4 E

ϕ = 2 cm

Incógnitas

$\sigma_1 = ?$



Solución

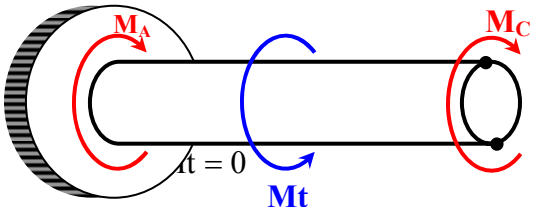
a) Parte Geométrica

$$\varphi_A = 0$$

$$\boxed{\varphi_C + \varphi_{CB} + \varphi_{BA} = 0} \quad ①$$

Ecuación de compatibilidad de deformaciones

b) Parte Estática

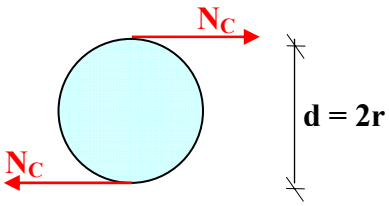


$$\boxed{M_A + M_C = Mt} \quad ②$$

Ecuación equilibrio estático

c) Parte física

- **Cálculo de φ_C:**

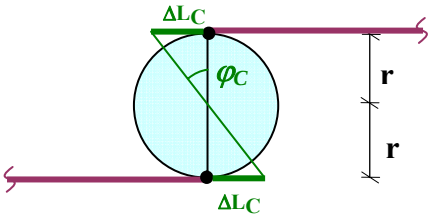


$$M_C = N_C * 2r$$

despejando N_C

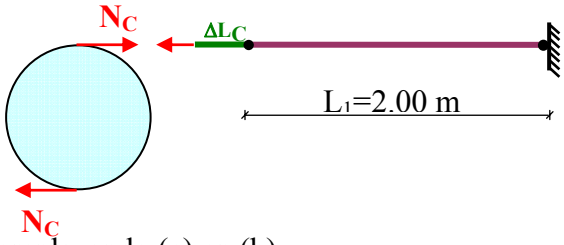
$$\boxed{N_C = \frac{M_C}{2r}} \quad \text{(a)}$$

Las fuerzas N_C producen deformación:



$$\boxed{\varphi_C = \frac{\Delta L_C}{r}} \quad \text{(b)}$$

Si seguimos analizando la barra 1



$$\boxed{\Delta L_C = \frac{N_C \cdot L_1}{E \cdot A_\phi}} \quad \text{(c)}$$

Reemplazando (c) en (b)

$$\varphi_C = \frac{\dfrac{N_C \cdot L_1}{E \cdot A_\phi}}{r} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\varphi_C = \frac{N_C \cdot L_1}{E \cdot A_\phi \cdot r}} \quad \text{(d)}$$

finalmente reemplazando (a) en (d)

$$\varphi_C = \frac{\dfrac{M_C}{2r} \cdot L_1}{E \cdot A_\phi \cdot r} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\varphi_C = \frac{M_C \cdot L_1}{2E \cdot A_\phi \cdot r^2}} \quad 3a$$

Utilizando la ecuacion fisica de giros: $\varphi = \dfrac{M \cdot L}{G \cdot Ip}$ planteamos :

- **Cálculo de φ_{CB}:**

$$\boxed{\varphi_{CB} = \frac{M_C \cdot 100}{G \cdot Ip}} \quad 3b$$

- **Cálculo de φ_{BA}:**

$$\boxed{\varphi_{BA} = \frac{(M_C - Mt) \cdot 100}{G \cdot Ip}} \quad 3c$$

d) Parte Final

Reemplazando los giros en ①:

$$\frac{M_C \cdot 100}{2 \cdot E \cdot \frac{\pi \cdot 2^2}{4} \cdot 5^2} + \frac{M_C \cdot 100}{0.4E \cdot \frac{\pi \cdot 10^4}{32}} + \frac{(M_C - 70000) \cdot 100}{0.4E \cdot \frac{\pi \cdot 10^4}{32}} = 0$$

Simplificando se obtiene:

$$\boxed{M_C = 10000\ Kg.cm} \quad ④$$

Reemplazo ④ en ②

$$\boxed{M_A = 60000\ Kg.cm}$$

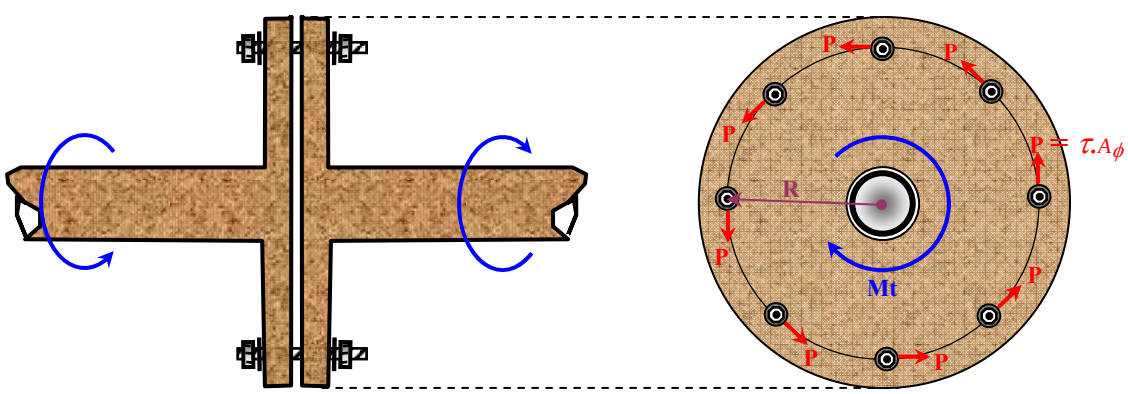
por tanto σ_1 será:

$$\sigma_1 = \frac{N_C}{A_\phi} = \frac{M_C}{2r \cdot A_\phi} = \frac{10000}{2 * 5 * \frac{\pi \cdot 2^2}{4}}$$

$$\boxed{\sigma_1 = 318\ \frac{Kg}{cm^2}}$$ Tracción.

4.4 Acoplamiento o bridas empernadas:

Para transmitir torsión entre dos elementos se realizan acoplamientos entre sí a través de uniones con pernos como se muestra en la figura.



$$\sum Mt = 0$$

$$\boxed{Mt = n * P * R = n * \tau * \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} * R} \quad (1a)$$

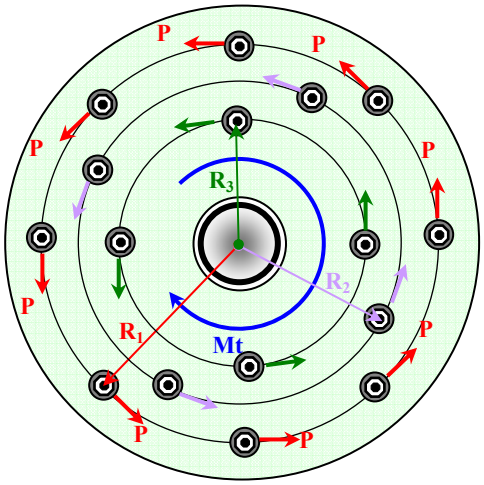
donde: n = Número de secciones de pernos

τ = Tensión cortante

ϕ = Diámetro de la sección del perno

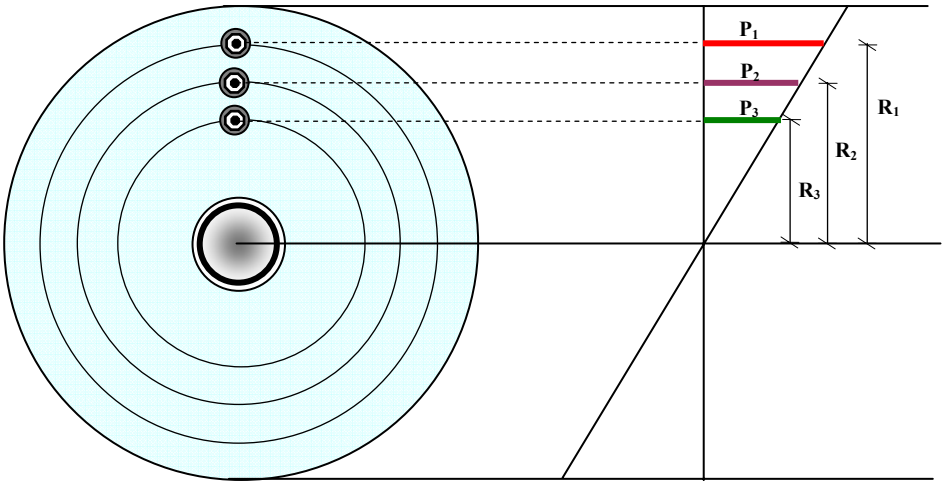
R = radio

Si se tiene más de un radio:



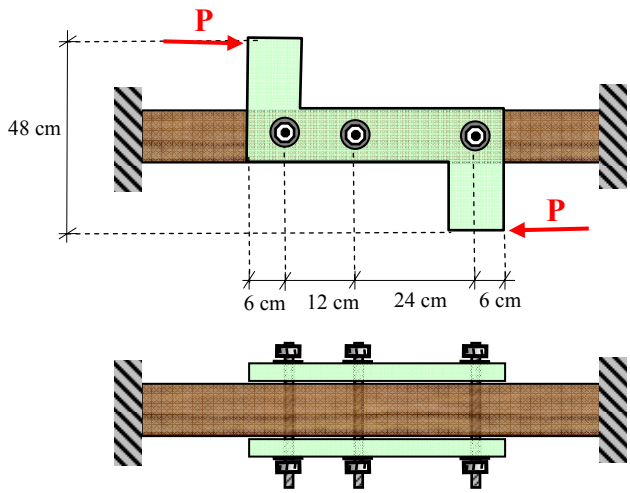
$$\sum Mt = 0$$

$$\boxed{Mt = n_1 * P_1 R_1 + n_2 * P_2 R_2 + n_3 * P_3 R_3 + ... + n_m * P_m R_m} \quad (1b)$$



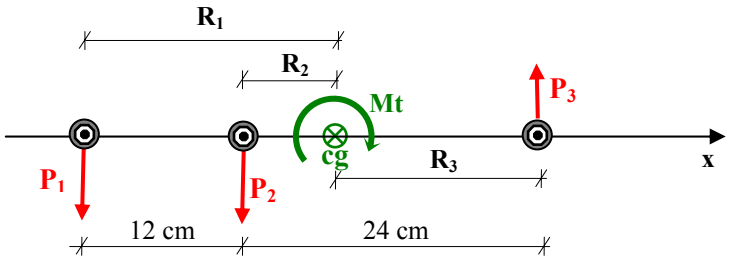
Ejemplo 3

Determinar el diámetro (∅) de la sección del roblón que puede soportar una carga P=8000 kg de tal manera de no sobrepasar la tensión admisible de corte de 700 Kg/cm^2.



Solución

a) Cálculo del baricentro del grupo de roblones.-



$$X_G = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i} = \frac{0 + A*12 + A*36}{3*A} = 16\text{cm}$$

b) Cálculo de los radios

$R_1 = 16$ cm

$R_2 = 4$ cm

$R_3 = 20$ cm

Pcrítico = P_3

Por estar más alejado del centro de gravedad

c) Aplicación de la 1^{era} ecuacion

$$\boxed{Mt = P_1R_1 + P_2R_2 + P_3R_3} \quad ①$$

d) Aplicación de la 2da ecuacion

$$\frac{P_1}{R_1} = \frac{P_2}{R_2} = \frac{P_3}{R_3} \longrightarrow \boxed{\begin{aligned} P_1 &= \frac{P_3}{R_3} R_1 \\ P_2 &= \frac{P_3}{R_3} R_2 \end{aligned}} \quad ②$$

e) Parte final

② en ①

$$Mt = \frac{P_3}{R_3} R_1^2 + \frac{P_3}{R_3} R_2^2 + \frac{P_3}{R_3} R_3^2$$

$$P * d = \frac{P_3}{R_3}\left(R_1^2 + R_2^2 + R_3^2\right)$$

$$\boxed{P * d = \frac{P_3}{R_3} \sum R_i^2} \quad ③$$

Sabiendo que: 1) $\tau = \frac{P}{A}$

2) $A = 2 * A\phi$ (Dos areas de corte por roblon)

3) $P_{crit} = P_3$

Entonces tenemos que:

$$\tau_{adm} = \frac{P_3}{2A\phi} \longrightarrow \boxed{P_3 = 2 * \tau_{adm} * A\phi}$$

Reemplazando en ③

$$P * d = \frac{\tau_{adm} 2A\phi}{R_3} \sum R_i^2$$

$$P * d = \frac{\tau_{adm} * 2 * \frac{\pi\phi^2}{4}}{R_3} \sum R_i^2$$

Despejando ϕ se tiene:

$$\phi = \sqrt{\frac{2 * P * d * R_3}{\tau_{adm} * \pi * \sum r_i^2}}$$

$$\phi = \sqrt{\frac{2 * 8000 * 48 * 20}{600 * \pi * \left(16^2 + 4^2 + 20^2\right)}}$$

$$\boxed{\phi = 3.48cm}$$

Ejemplo 2

Determinar el valor de la fuerza P que puede soportar el grupo de roblones de tal manera de no sobrepasar la tensión admisible de corte de 700 Kg/cm^2.

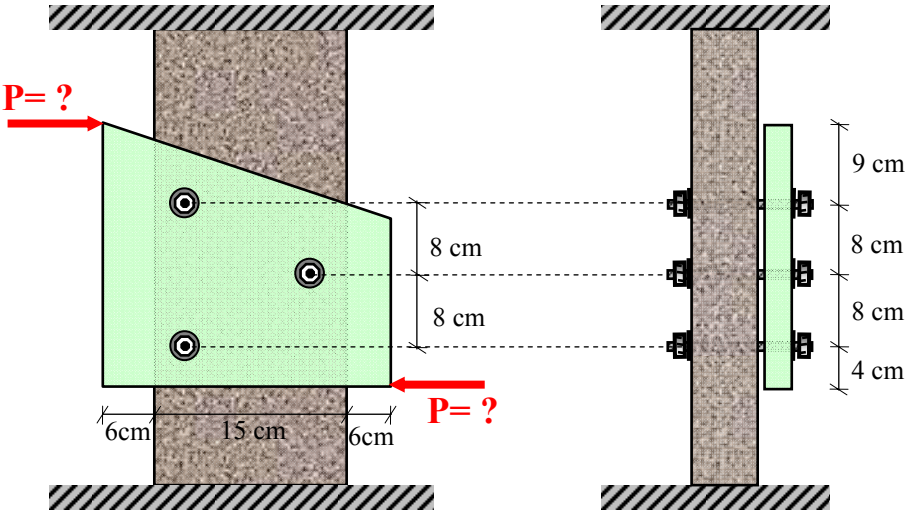
Datos

τ_{adm} = 700Kg/cm^2

ϕ_R = 16 mm

Incógnitas

Pmáx = ?



Solución

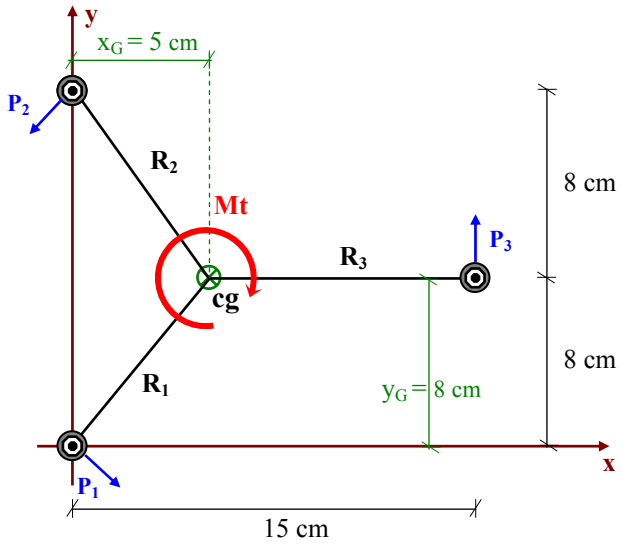
Fórmulas a utilizar:

1. $Mt = \sum M_i P_i R_i$

2. $\frac{P_1}{R_1} + \frac{P_2}{R_2} + ... = \frac{P_n}{R_n}$

3. $\tau = \frac{P}{A_\phi}$

a) Cálculo del baricentro del grupo de roblones.-



$$\boxed{Mt = P_1R_1 + P_2R_2 + P_3R_3}$$

Cálculo del baricentro:

$$x_G = \frac{0 + 0 + A \cdot 15}{3A} = 5 \text{ cm}$$

$$y_G = \frac{0 + A \cdot 16 + A \cdot 8}{3A} = 8 \text{ cm}$$

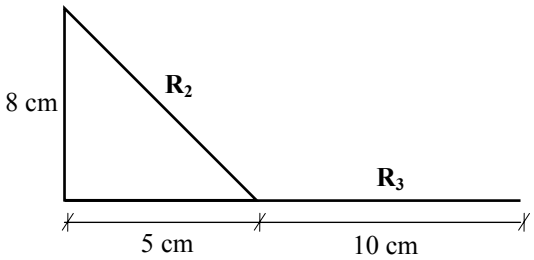
b) Cálculo del radio:

$$R_1 = R_2 = \sqrt{5^2 + 8^2} = 9.43 \text{ cm}$$

$$R_3 = 10 \text{ cm}$$

$$\boxed{P_{crítico} = P_3}$$

Por ser el m'as alejado del centro de gravedad



Entonces la ecuación será

$$\boxed{P \cdot d = P_1R_1 + P_2R_2 + P_3R_3} \quad (1)$$

c) Planteo de la ecuación 2

$$\frac{P_1}{R_1} = \frac{P_2}{R_2} = \frac{P_3}{R_3}$$ como P_3 es crítico, dejamos todo en función de $\frac{P_3}{R_3}$

entonces:

$$\boxed{\begin{aligned} P_1 &= \frac{P_3}{R_3} R_1 \\ P_2 &= \frac{P_3}{R_3} R_2 \end{aligned}} \quad ②$$

② en ①

$$P \cdot d = \frac{P_3}{R_3} R_1^2 + \frac{P_3}{R_3} R_2^2 + \frac{P_3}{R_3} R_3^2$$

$$P * d = \frac{P_3}{R_3}\left(R_1^2 + R_2^2 + R_3^2\right)$$

$$\boxed{P * d = \frac{P_3}{R_3} \sum R_i^2} \quad ③$$

de la fórmula:

$$\tau = \frac{P_3}{A\phi} \longrightarrow P_3 = \tau_{adm} \cdot A\phi$$

Reemplazando en ③

$$P \cdot d = \frac{\tau_{adm} \cdot A\phi}{R_3} \sum R_i^2$$

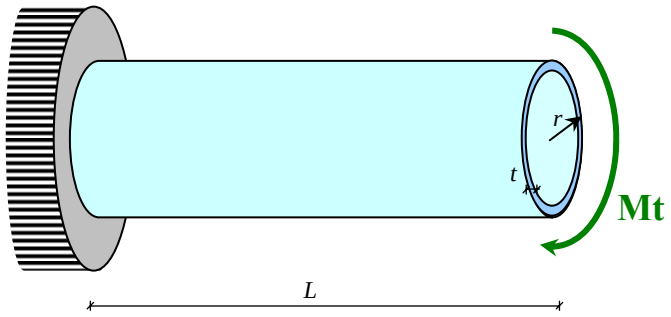
$$P = \frac{\tau_{adm} \cdot \frac{\pi\phi^2}{4}}{R_3 \cdot d} \sum R_i^2$$

Reeplazando datos

$$P = \frac{700 \cdot \frac{\pi \cdot (1.6)^2}{4}}{10 \cdot 29} \cdot \left(9.43^2 + 9.43^2 + 10^2\right)$$

$$\boxed{P_{máx} = 1348.46 \text{ Kg}}$$

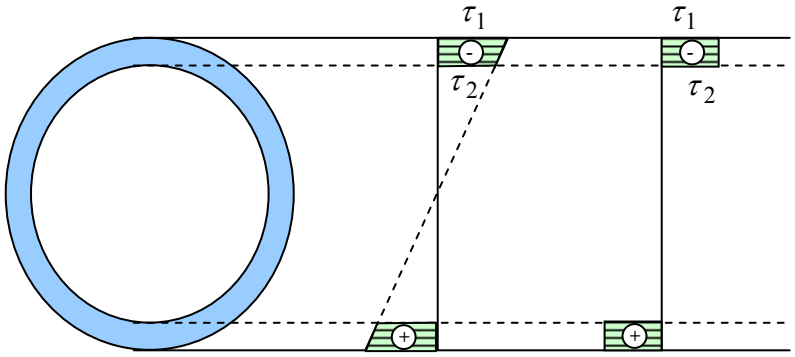
4.5 Torsión en tubos de pared delgada



4.5.1 Condiciones de pared delgada

a) **t <<<< r** $\approx t = \dfrac{r}{10}$

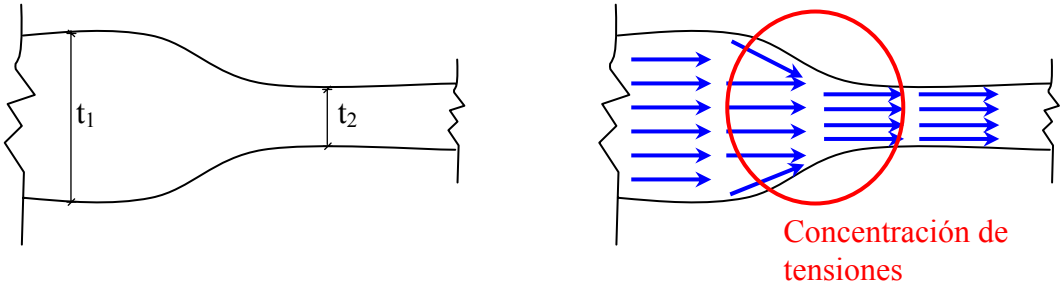
b) Las tensiones τ se distribuyen uniformemente en el espesor t de la pared



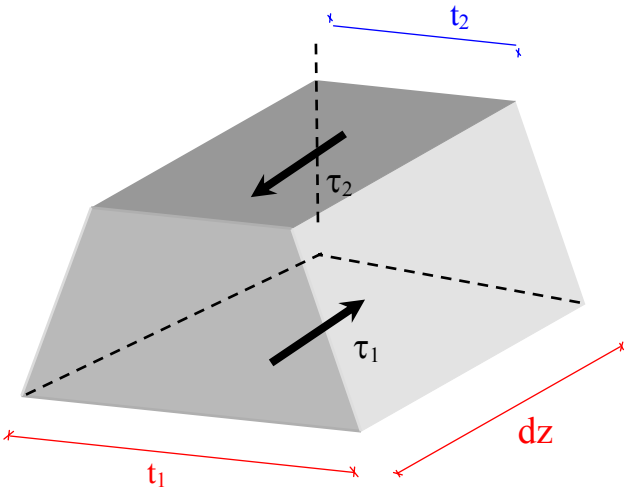
$$\tau_1 \neq \tau_2$$

$$\boxed{\tau_1 = \tau_2}$$ Tensión Uniforme

c) Consta que no existe cambios bruscos en la sección que distorsiona el flujo de tensiones.



d) Flujo constante de tensiones de corte independiente al espesor de la pared “t”.

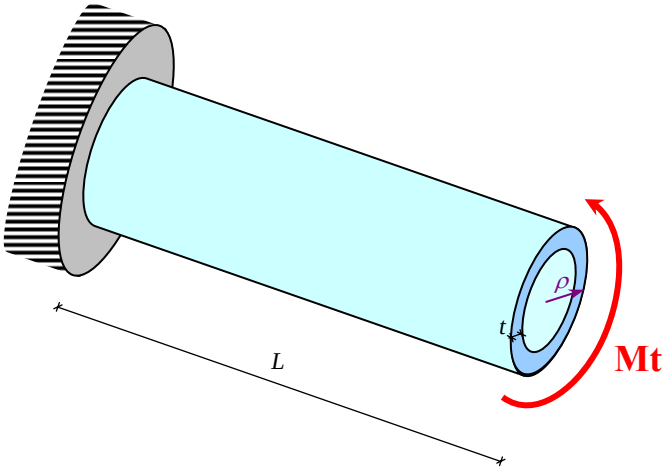


$$\sum F = 0$$

$$\tau_1 \cdot dz \cdot t_1 - \tau_2 \cdot dz \cdot t_2 = 0$$

$$\boxed{\tau_1 \cdot t_1 = \tau_2 \cdot t_2}$$ Flujo constante

4.5.2 Formulación de la ecuación

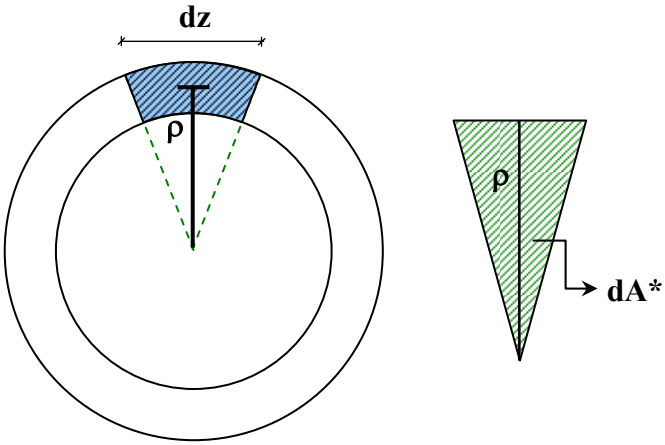


$$\sum Mt = 0$$

$$Mt - \int_A \tau \cdot \rho \cdot dA = 0$$

$$dA = tdz$$

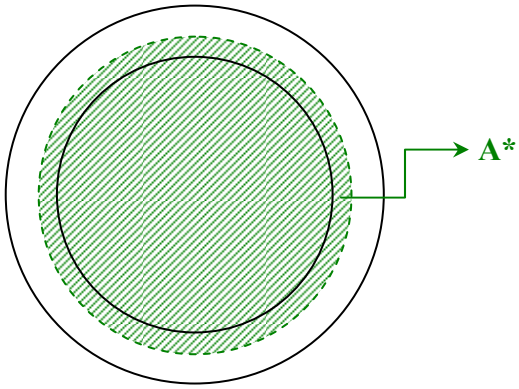
$$Mt = \int \tau \cdot t \cdot \rho \cdot dz$$



$$dA^* = \frac{\rho \cdot dz}{2}$$

$$2dA^* = \rho \cdot dz$$

$$Mt = \tau \cdot t \cdot \int 2 \cdot dA^*$$



$$Mt = 2 \cdot \tau \cdot t \cdot \int_A dA^*$$

A* = El área inscrito en el perímetro medio de la pared delgada

$$Mt = 2 \cdot \tau \cdot t \cdot A^*$$

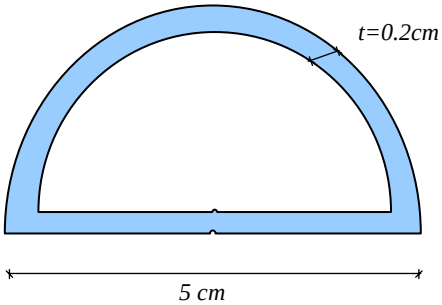
$$\boxed{\tau = \frac{Mt}{2 \cdot t \cdot A^*}} \qquad \textbf{4.7}$$

Ejemplo 3

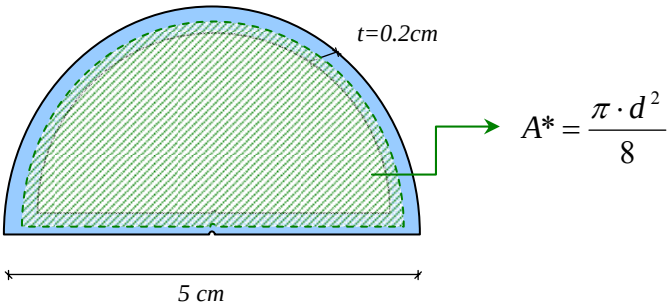
Un tubo de pared delgada de forma semicircular, presidiendo de la concentración de tensiones que se puedan producir en las esquinas y su tensión admisible al corte es de 450 Kg./cm^2 determinar el momento torsor que es capaz de soportar.

<u>Datos</u>

$$\tau_{adm} = 450\ kg/cm^2$$



<u>Solución</u>



$$A^* = \frac{\pi \cdot d^2}{8}$$

De la ecuación 4.7

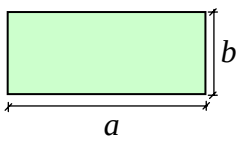
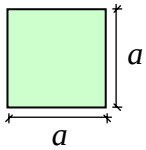
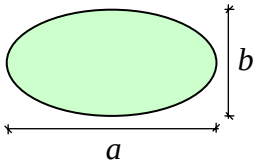
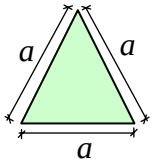
$$\tau = \frac{Mt}{2 \cdot t \cdot A^*}$$

$$Mt = \tau \cdot 2 \cdot t \cdot A^*$$

$$Mt = 2 \cdot 450 \cdot 0.2 \cdot \frac{\pi \cdot 5^2}{8}$$

$$Mt = 1767.15\ Kg \cdot cm$$

4.6 Torsión en secciones no circulares.-

FORMA / EFECTO	Rectángulo	Cuadrado	Elipse	Triángulo Equilátero
				
$\tau_{máx}$	$K_1 \cdot \frac{Mt}{a \cdot b^2}$	$4.81 \cdot \frac{Mt}{a^3}$	$16 \cdot \frac{Mt}{\pi \cdot a \cdot b^2}$	$20 \cdot \frac{Mt}{a^3}$
φ	$K_2 \cdot \frac{Mt \cdot L}{G \cdot a \cdot b^3}$	$7.1 \cdot \frac{Mt \cdot L}{G \cdot a^4}$	$\frac{(a^2 + b^2)}{16\pi} \cdot \frac{Mt \cdot L}{G \cdot a^3 \cdot b^3}$	$46 \cdot \frac{Mt \cdot L}{G \cdot a^4}$

Valores K_1 y K_2 para sección rectangular:

a/b	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	∞
K_1	4,81	4,33	4,07	3,75	3,55	3,34	3,26	3,00
K_2	7,10	5,10	4,37	3,84	3,56	3,34	3,26	3,00