



TORSION

Dr. GENNER VILLARREAL CASTRO

PROFESOR EXTRAORDINARIO UPAO

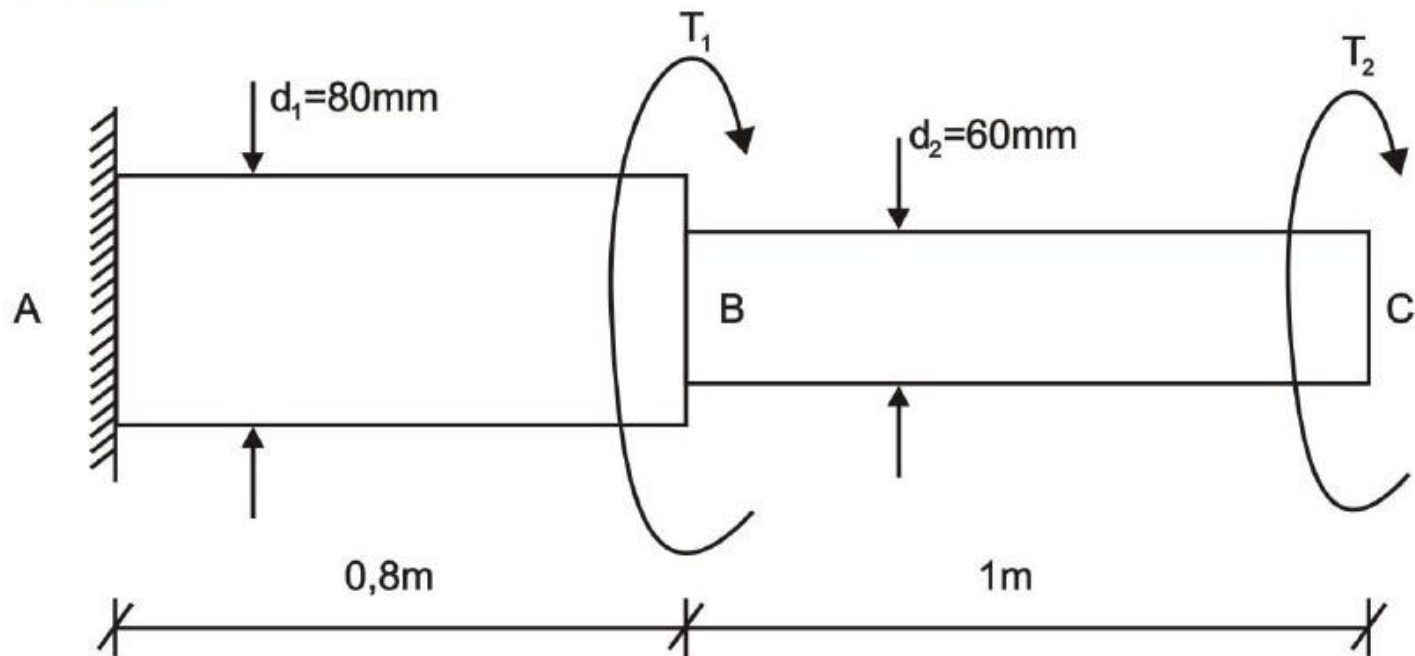
PROFESOR PRINCIPAL UPC, USMP

PREMIO NACIONAL ANR 2006, 2007, 2008

3.2 TORSION DE BARRAS DE SECCION CIRCULAR

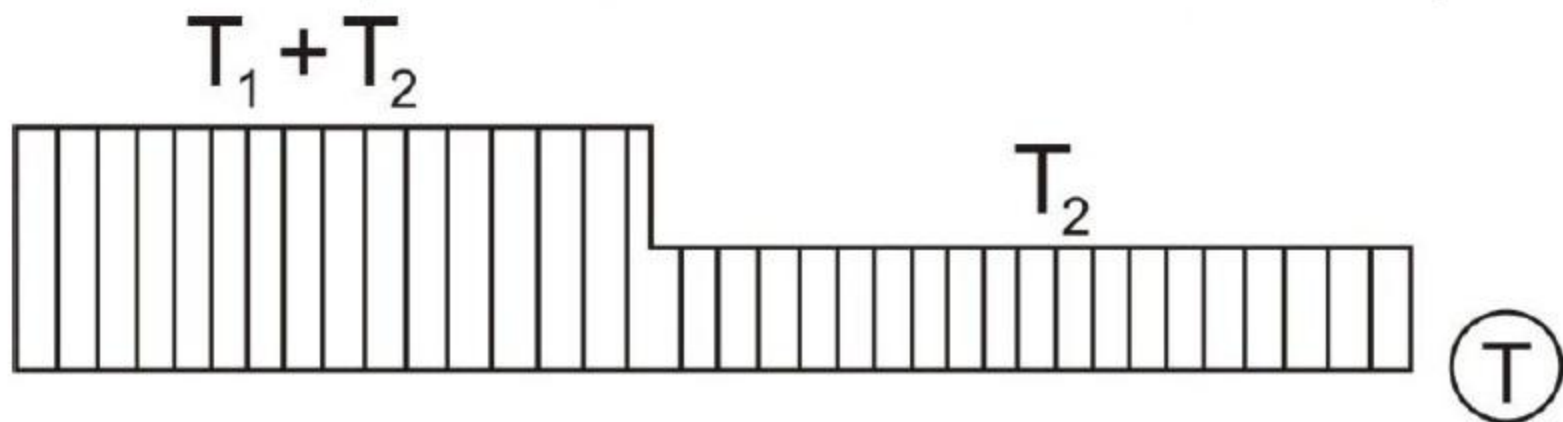
PROBLEMA 3.4 Determinar los valores de los momentos torsores T_1 y T_2 , si $\phi_B = 1^\circ$, $\phi_C = 2^\circ$,

$G = 8 \cdot 10^4 \text{ MPa}$



Solución:

Graficamos el diagrama de momento torsor, el cual se muestra en la figura



Por dato del problema:

$$\phi_B = 1^\circ = \frac{\pi}{180}$$

$$\phi_C = 2^\circ = \frac{\pi}{90}$$

Luego:

$$\phi_B = \frac{(T_1 + T_2) \cdot 0,8}{8 \cdot 10^4 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi}{32} \cdot 80^4 \cdot 10^{-12}} = \frac{\pi}{180}$$

$$T_1 + T_2 = 7018,38 \quad (\text{a})$$

$$\phi_C = \frac{(T_1 + T_2) \cdot 0,8}{8 \cdot 10^4 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi}{32} \cdot 80^4 \cdot 10^{-12}} + \frac{T_2 \cdot 1}{8 \cdot 10^4 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi}{32} \cdot 60^4 \cdot 10^{-12}} = \frac{\pi}{90} \quad (\text{b})$$

Reemplazamos (a) en (b) y obtenemos:

$$\frac{\pi}{180} + \frac{T_2 \cdot 1}{8 \cdot 10^4 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi}{32} \cdot 60^4 \cdot 10^{-12}} = \frac{\pi}{90}$$

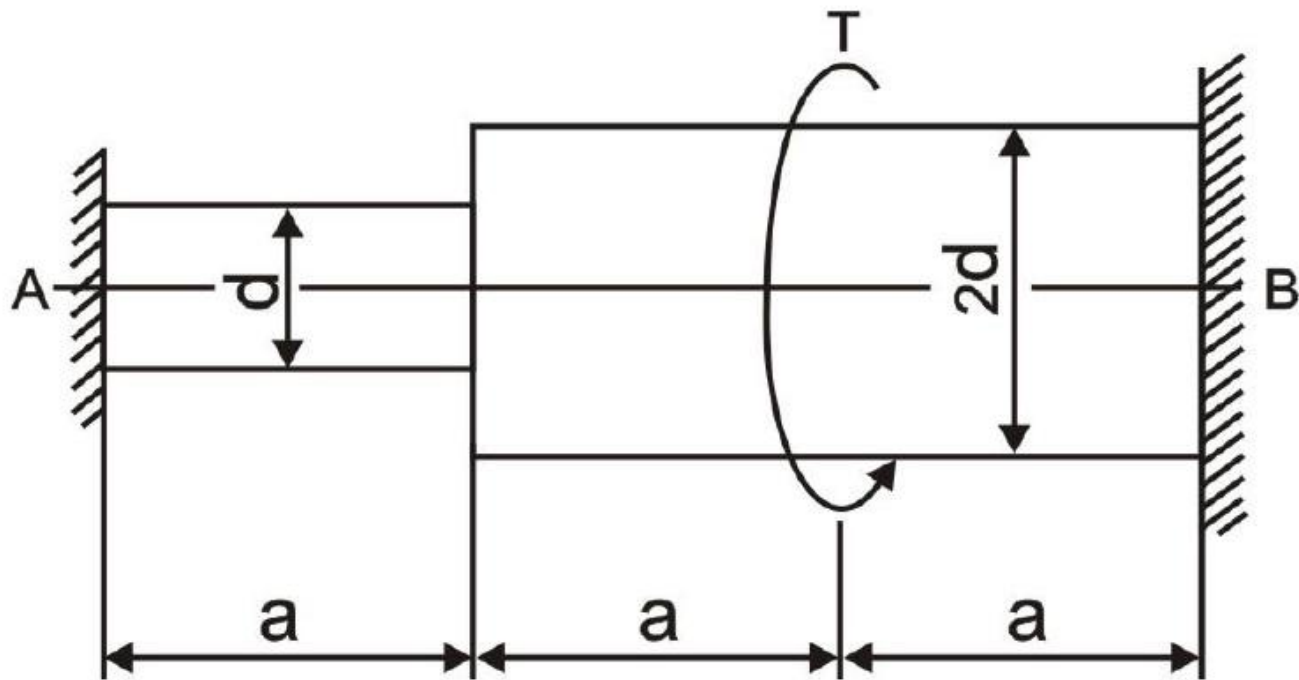
$$T_2 = 1776,53 \text{ N.m}$$

Reemplazamos este valor en la ecuación (a) y obtenemos:

$$T_1 = 5241,85 \text{ N.m}$$

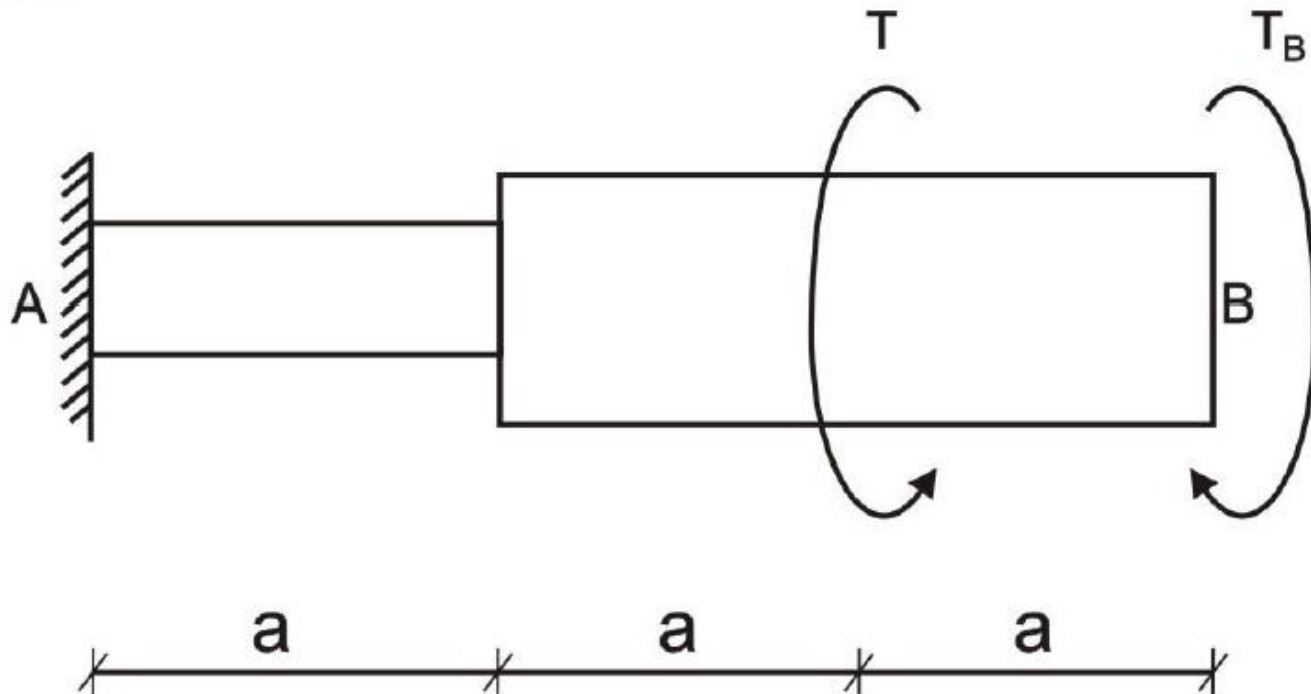
3.3 ESTRUCTURAS ESTATICAMENTE INDETERMINADAS

PROBLEMA 3.5 Determinar la energía potencial de deformación de la barra escalonada doblemente empotrada, mostrada en la figura



Solución:

Eliminamos el empotramiento en B y lo reemplazamos por su momento torsor T_B , tal como se muestra en la figura



Como en el empotramiento, el ángulo de giro en torsión es cero, se tendrá:

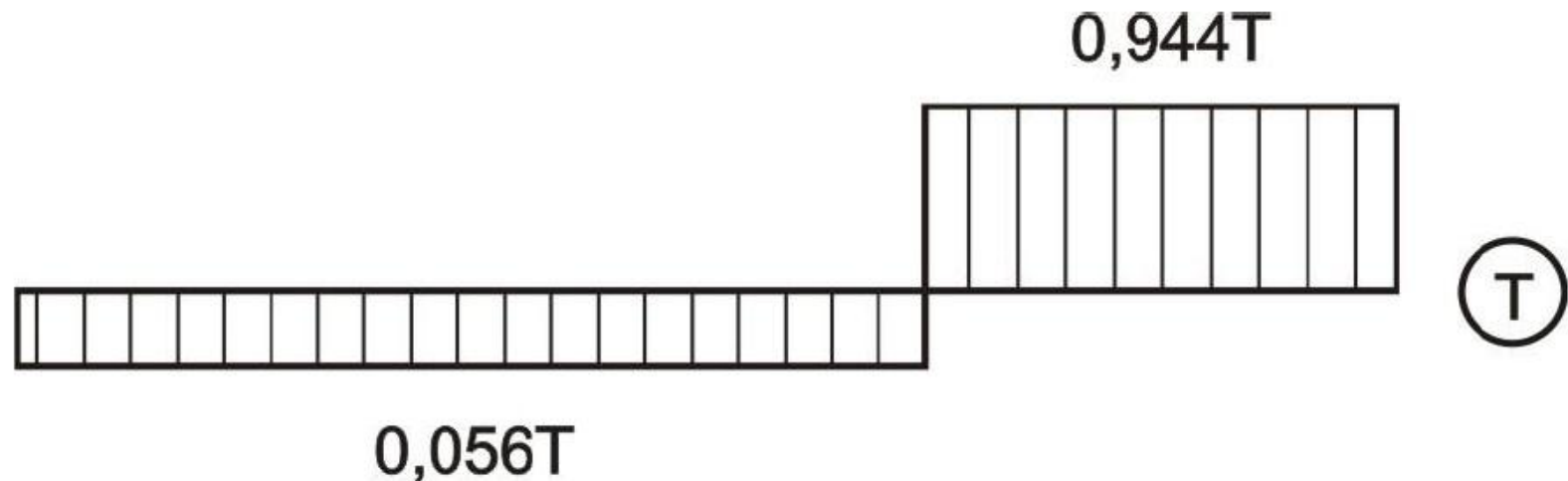
$$\phi_B = 0$$

$$\frac{T_B(2a)}{GI_{p(2d)}} + \frac{T_B(a)}{GI_{p(d)}} - \frac{T(a)}{GI_{p(2d)}} - \frac{T(a)}{GI_{p(d)}} = 0$$

$$\frac{2T_B}{0,1(16d^4)} + \frac{T_B}{0,1d^4} - \frac{T}{0,1(16d^4)} - \frac{T}{0,1d^4} = 0$$

$$T_B = 0,944T$$

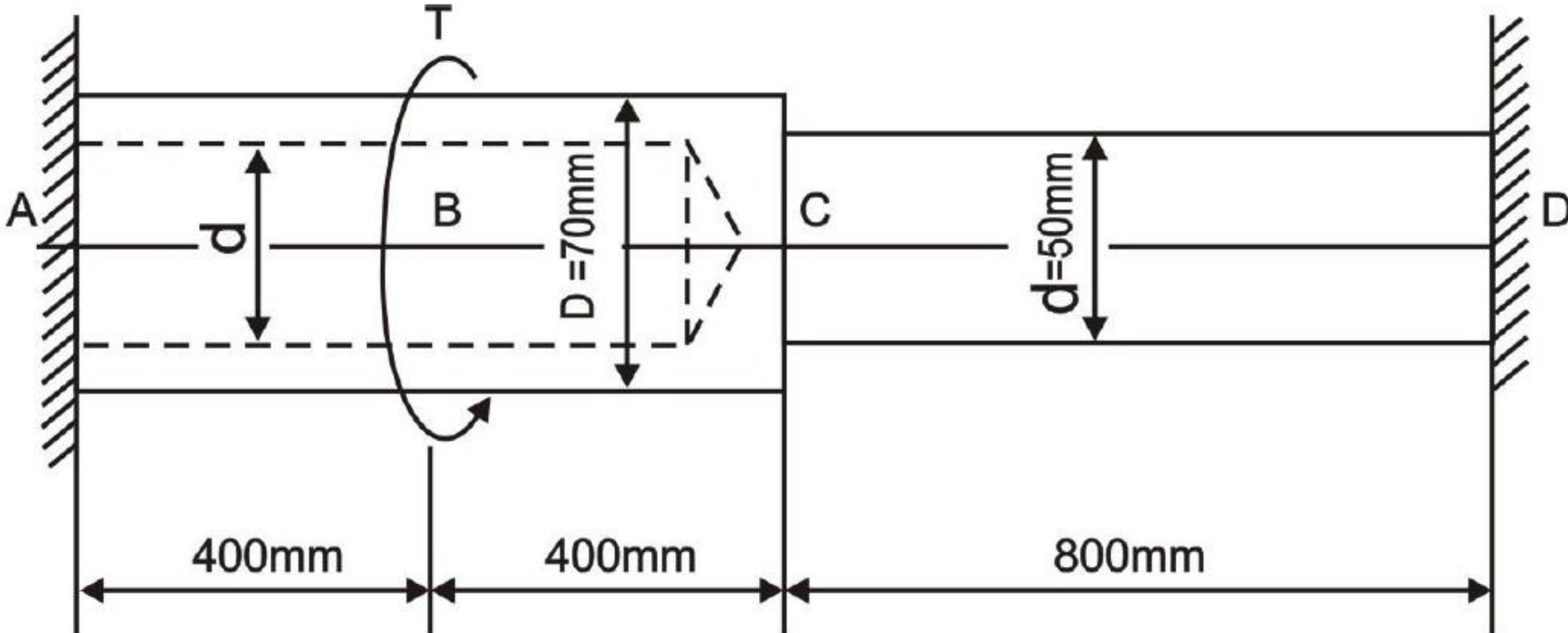
En consecuencia, el diagrama de momento torsor será el mostrado en la figura



De esta manera, calculamos la energía potencial de deformación:

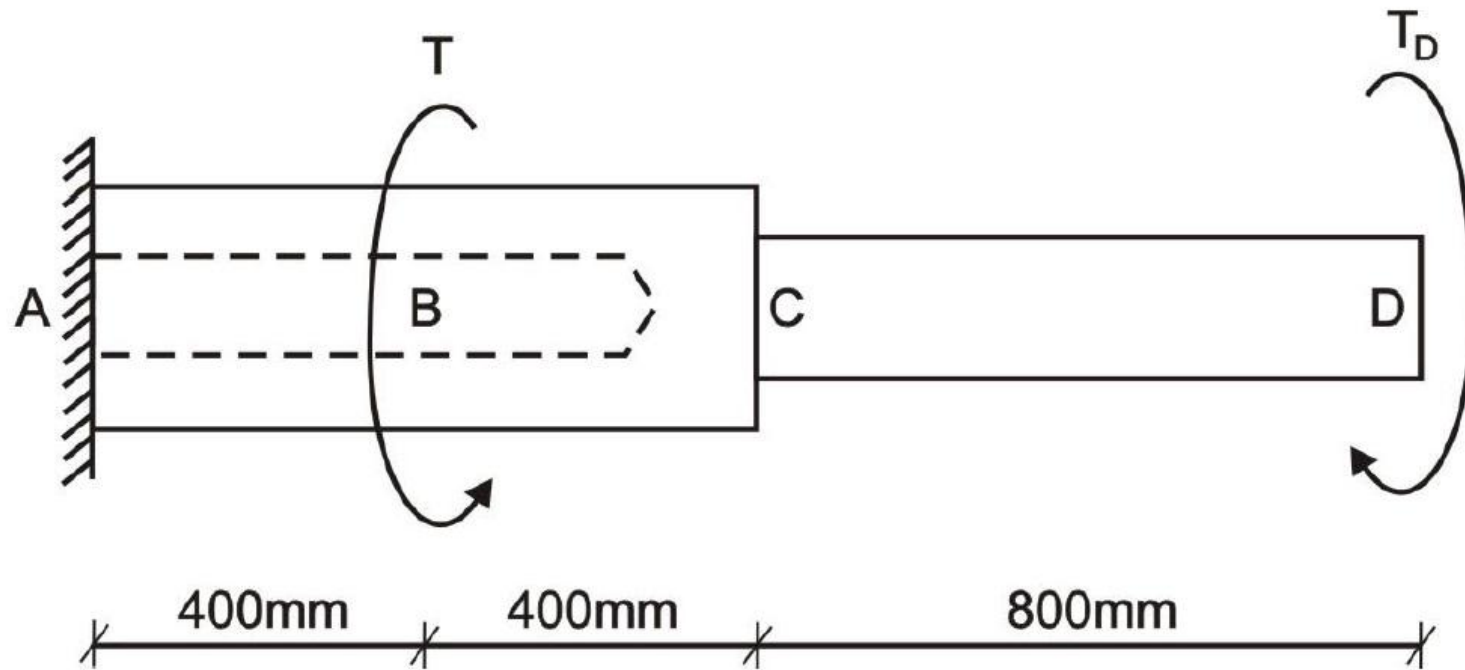
$$U = \sum_1^3 \frac{T_i^2 L_i}{2G_i I_{p(i)}} = \frac{(0,056T)^2 a}{2GI_{p(d)}} + \frac{(0,056T)^2 a}{2GI_{p(2d)}} + \frac{(0,944T)^2 a}{2GI_{p(2d)}} = 0,295 \frac{T^2 a}{Gd^4}$$

PROBLEMA 3.6 Determinar el momento torsor permisible que actúa en la sección B de la barra, si $[\tau] = 900 \text{ kgf} / \text{cm}^2$.



Solución:

Una vez más eliminamos el empotramiento en D y lo reemplazamos por T_D , tal como se muestra en la figura



Como el ángulo de giro en torsión en dicho punto es cero, se tendrá:

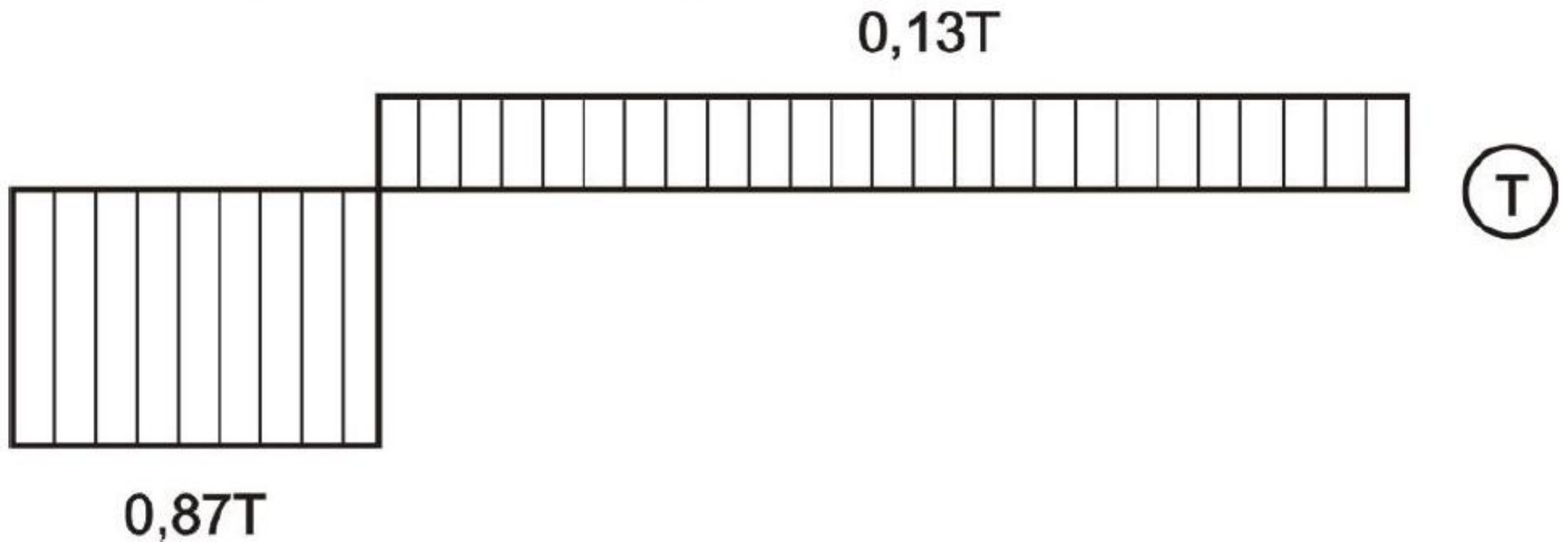
$$\phi_D = 0$$

$$\frac{T_D(80)}{GI_{p(d)}} + \frac{T_D(80)}{GI_{p(D,d)}} - \frac{T(40)}{GI_{p(D,d)}} = 0$$

$$\frac{2T_D}{0,1(5)^4} + \frac{2T_D}{0,1(7)^4(1-0,714^4)} - \frac{T}{0,1(7)^4(1-0,714^4)} = 0$$

$$T_D = 0,13T$$

Luego, graficamos el diagrama de momento torsor, tal como se muestra en la figura



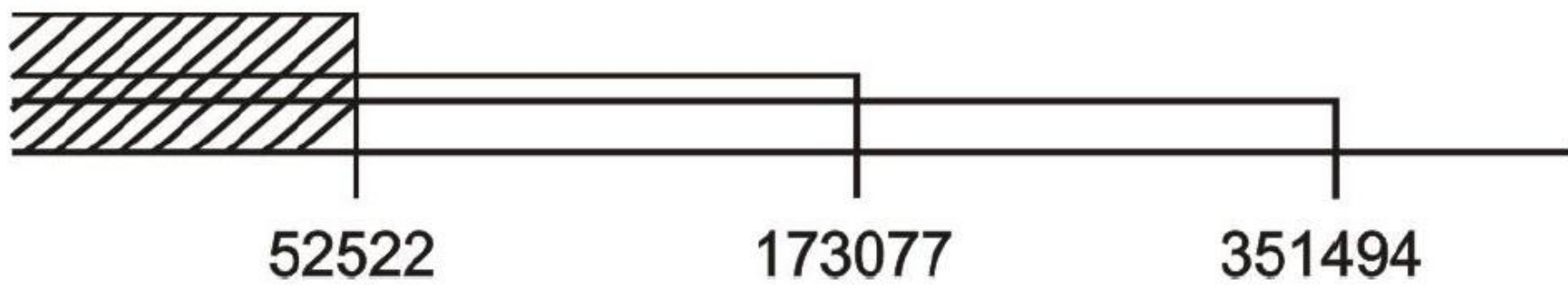
Ahora, determinamos los esfuerzos tangenciales para cada tramo y a partir de la condición de resistencia, calculamos el momento torsor.

$$\tau_{AB} = \frac{0,87T}{0,2(7)^3 (1 - 0,714^4)} \leq 900 \quad \Rightarrow \quad T \leq 52522 \text{kgf} \cdot \text{cm}$$

$$\tau_{BC} = \frac{0,13T}{0,2(7)^3 (1 - 0,714^4)} \leq 900 \quad \Rightarrow \quad T \leq 351494 \text{kgf} \cdot \text{cm}$$

$$\tau_{CD} = \frac{0,13T}{0,2(5)^3} \leq 900 \quad \Rightarrow \quad T \leq 173077 \text{kgf} \cdot \text{cm}$$

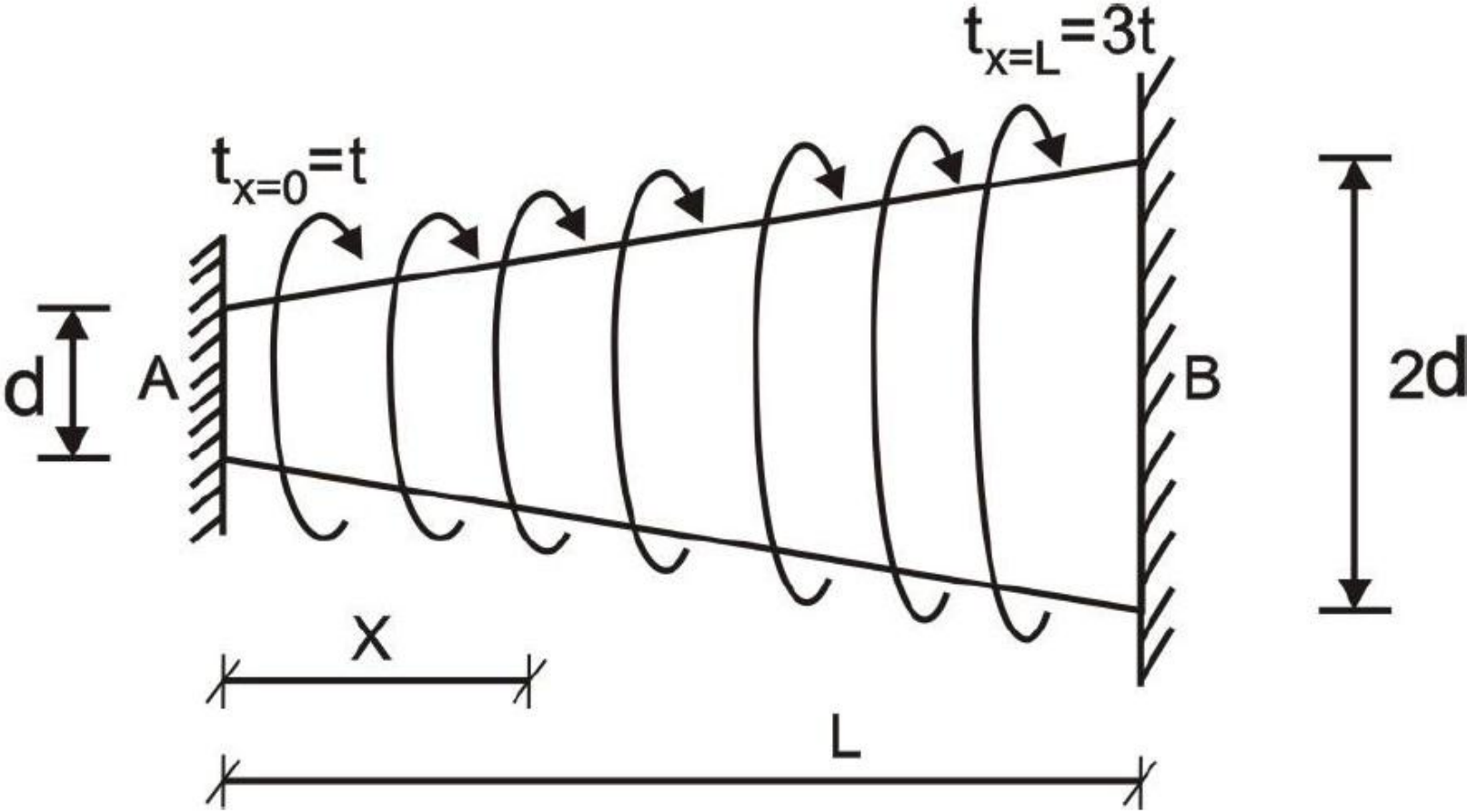
Como el momento torsor es único, analizamos el rango que cumpla con los tres casos, tal como se muestra en la figura



De esta manera, se tiene que el momento torsor permisible es:

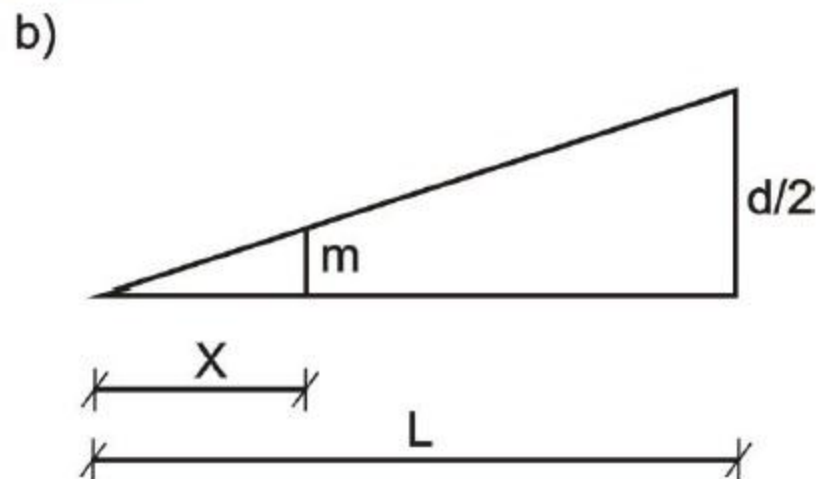
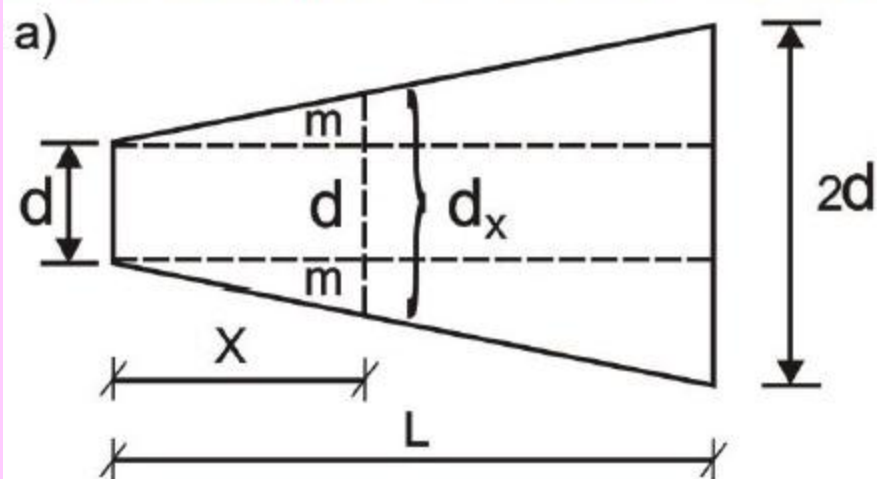
$$T_{\text{máx}} = 52522 \text{kgf.cm}$$

PROBLEMA 3.7 Determinar los valores de los momentos torsores T_A y T_B para la barra ahusada de sección circular, cuyo diámetro varía desde $d_A = d$ hasta $d_B = 2d$ y está sometida a la acción del momento torsor distribuido linealmente variable desde $t_{x=0} = t$ hasta $t_{x=L} = 3t$



Solución:

Analizamos como varía el diámetro en toda la longitud de la barra.



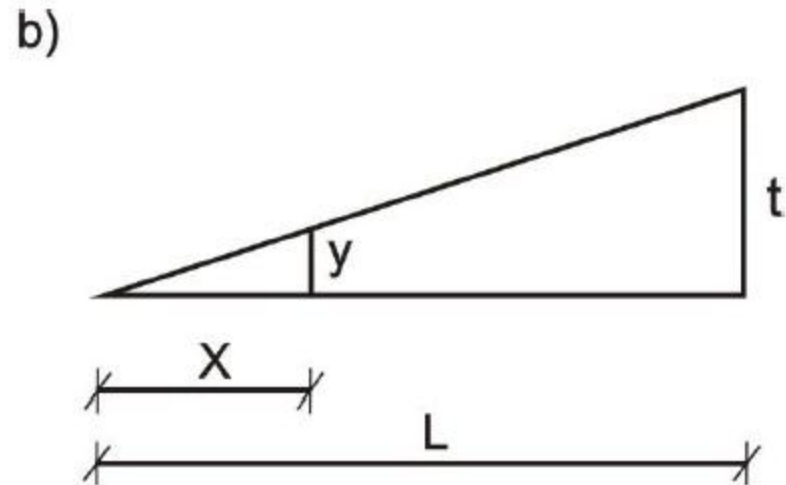
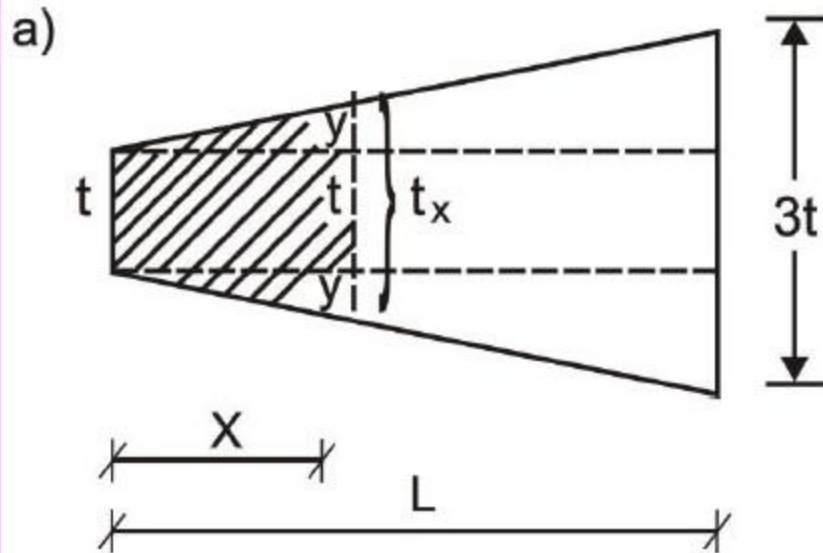
De la figura b, se tiene:

$$\frac{m}{x} = \frac{d/2}{L} \quad \Rightarrow \quad m = \frac{dx}{2L}$$

De la figura a, se tiene:

$$d_x = d + 2m = d + 2\left(\frac{dx}{2L}\right) = d + \frac{dx}{L} = d\left(1 + \frac{x}{L}\right)$$

Ahora, analizamos como varía el momento torsor:

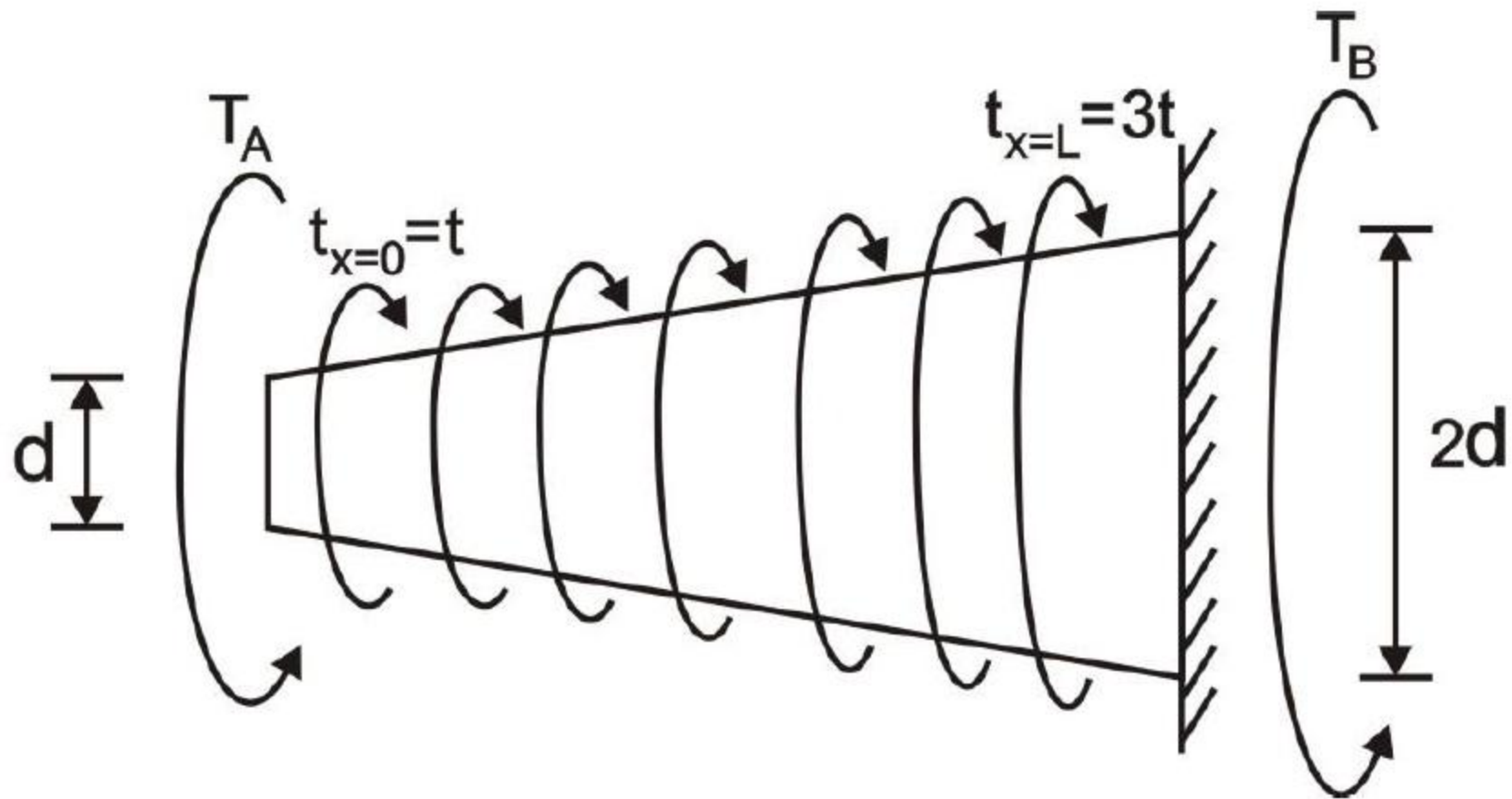


Efectuamos, en forma análoga al caso anterior:

$$\frac{y}{x} = \frac{t}{L} \Rightarrow y = \frac{tx}{L}$$

$$t_x = t + 2y = t + 2\left(\frac{tx}{L}\right) = t\left(1 + \frac{2x}{L}\right)$$

Eliminamos el empotramiento en A y lo reemplazamos por T_A en sentido antihorario.



$$\int_0^L \frac{T_A dx}{GI_{px}} - \int_0^L \frac{AREA_{\text{trapecio}} dx}{GI_{px}} = 0$$

Donde:

$AREA_{\text{trapecio}}$ - área del trapecio achurado, mostrado en la figura

$$\text{AREA}_{\text{trapecio}} = \frac{(t_x + t)x}{2} = \frac{\left[t \left(1 + \frac{2x}{L} \right) + t \right] x}{2} = tx \left(1 + \frac{x}{L} \right)$$

De esta manera, se tendrá:

$$\frac{32T_A}{\pi G} \int_0^L \frac{dx}{d^4(1+x/L)^4} = \frac{32}{\pi G} \int_0^L \frac{tx(1+x/L)dx}{d^4(1+x/L)^4}$$

$$T_A = \frac{3tL}{7}$$

Como salió positivo, implica que su orientación es la misma que la mostrada en la figura anterior

Luego:

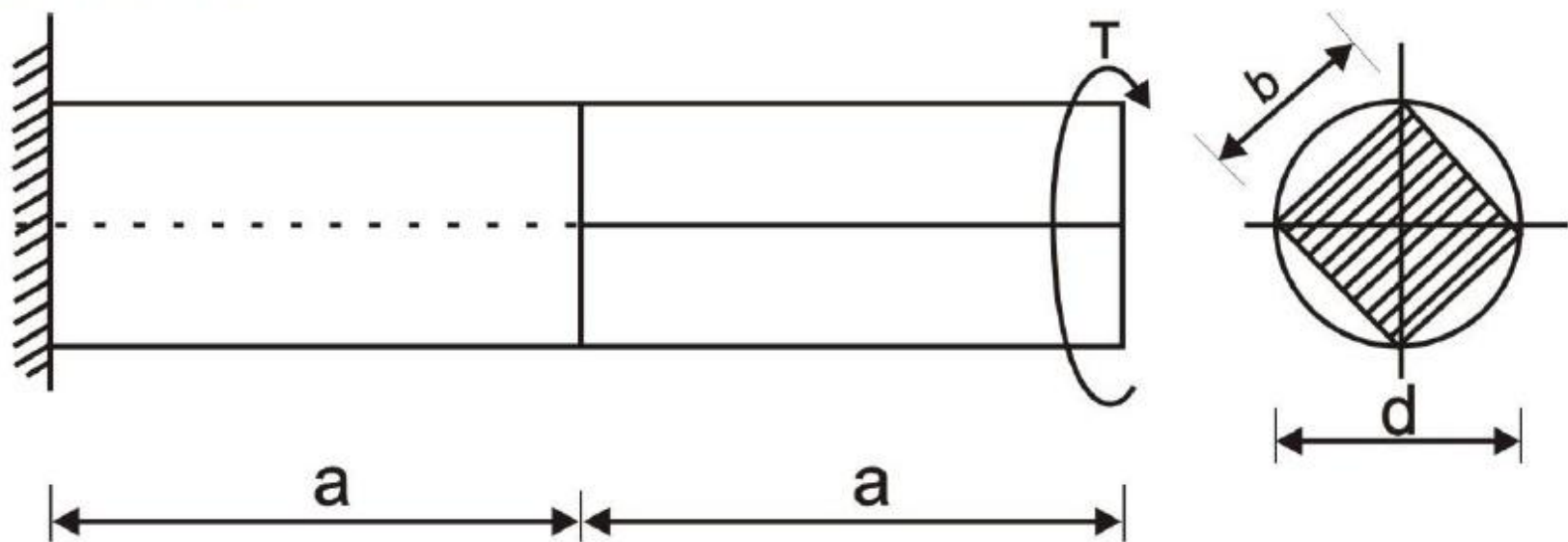
$$\sum T_{\text{eje}} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{3tL}{7} - \frac{(t+3t)L}{2} + T_B = 0$$

$$T_B = \frac{11tL}{7}$$

La orientación es la misma que la mostrada en la figura anterior

3.4 TORSION DE BARRAS DE SECCION NO CIRCULAR

PROBLEMA 3.8 El extremo libre de una barra tiene sección transversal cuadrada. ¿En qué porcentaje la resistencia de esta parte de la barra es menor que la izquierda, la cual es de sección transversal circular?



Solución:

En este caso se necesita comparar resistencias, es decir, debemos de comparar W_p para la sección circular y W_t para la sección cuadrada, cuyo lado es $b = \sqrt{(0,5d)^2 + (0,5d)^2} = 0,707d$

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} = 0,1963d^3$$

$$W_t = 0,208.(0,707d)^3 = 0,0735d^3$$

Luego, aplicamos la regla de tres simple y obtenemos que $W_t = 0,3744W_p$, lo que en porcentaje es 37,44%.

Esto quiere decir, que la sección cuadrada es $(100 - 37,34)\% = 62,56\%$ menos resistente que la sección circular, cuando la barra está sometida al momento torsor T.

PROBLEMA 3.9 A partir de las condiciones de resistencia y de rigidez, determinar la dimensión del lado de la sección transversal cuadrada de una barra sometida a torsión, si $T = 120 \text{kgf} \cdot \text{m}$, $[\tau] = 600 \text{kgf} / \text{cm}^2$, $[\phi_0] = 1,0 \text{grado} / \text{m}$, $G = 8 \cdot 10^5 \text{kgf} / \text{cm}^2$.

Solución:

Aplicamos la condición de resistencia, es decir:

$$\tau_{\text{máx}} \leq [\tau]$$

$$\frac{T}{W_t} \leq [\tau]$$

$$\frac{120}{0,208b^3} \leq 600 \cdot 10^4$$

$$b \geq 4,58 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$b \geq 45,8 \text{ mm}$$

Ahora, aplicamos la condición de rigidez de la sección:

$$\phi_0^{\text{máx}} \leq [\phi_0]$$

$$\frac{T}{GI_t} \leq [\phi_0]$$

$$\frac{120}{8 \cdot 10^9 \cdot 0,141b^4} \leq \frac{\pi}{180}$$

$$b \geq 4,97 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$b \geq 49,7 \text{ mm}$$

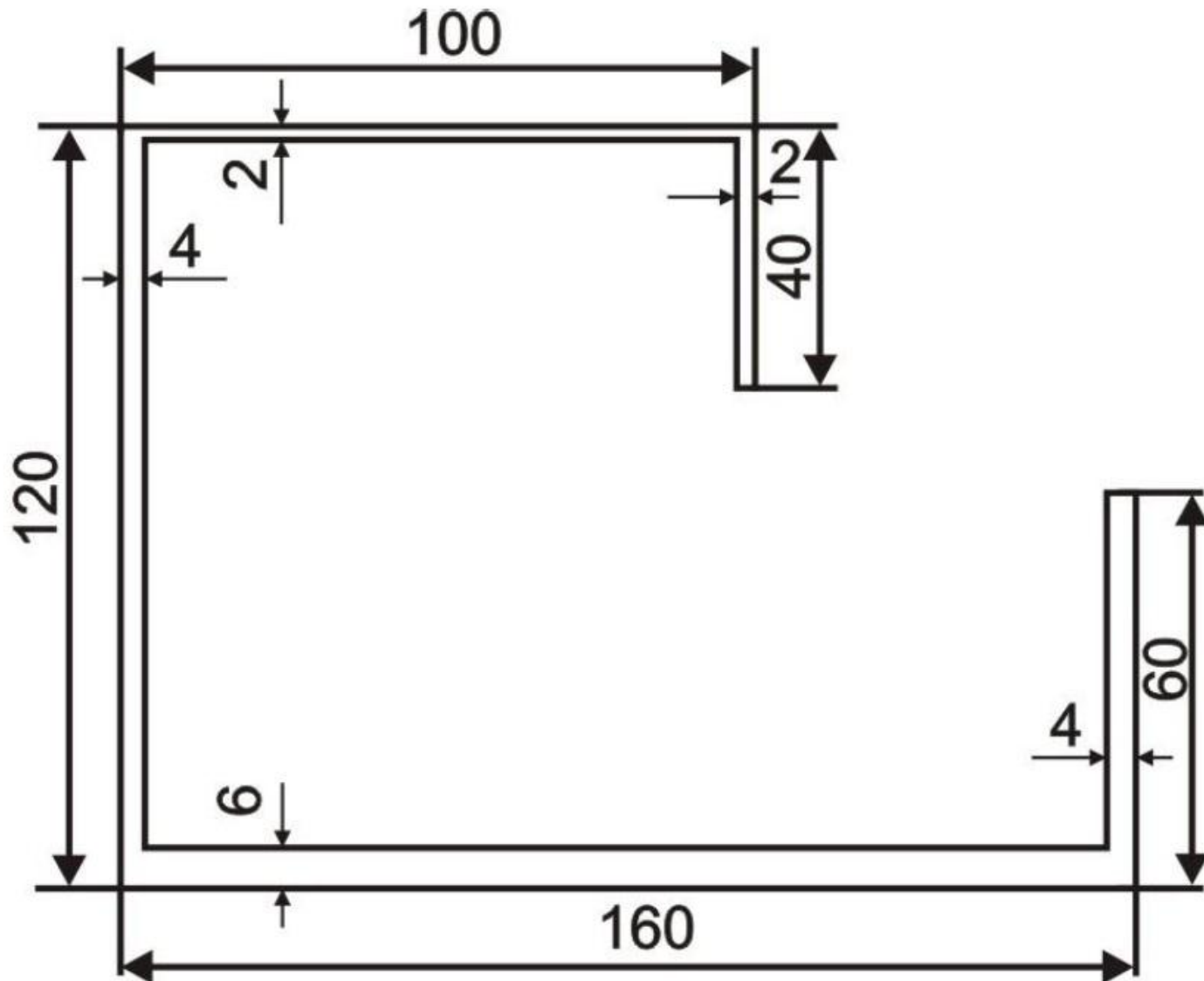
Como la dimensión de la sección transversal es única, analizamos el rango que cumpla con los dos, tal como se muestra en la figura



De esta manera, se tiene que la dimensión mínima del lado es $b_{\text{mín}} = 49,7\text{mm}$

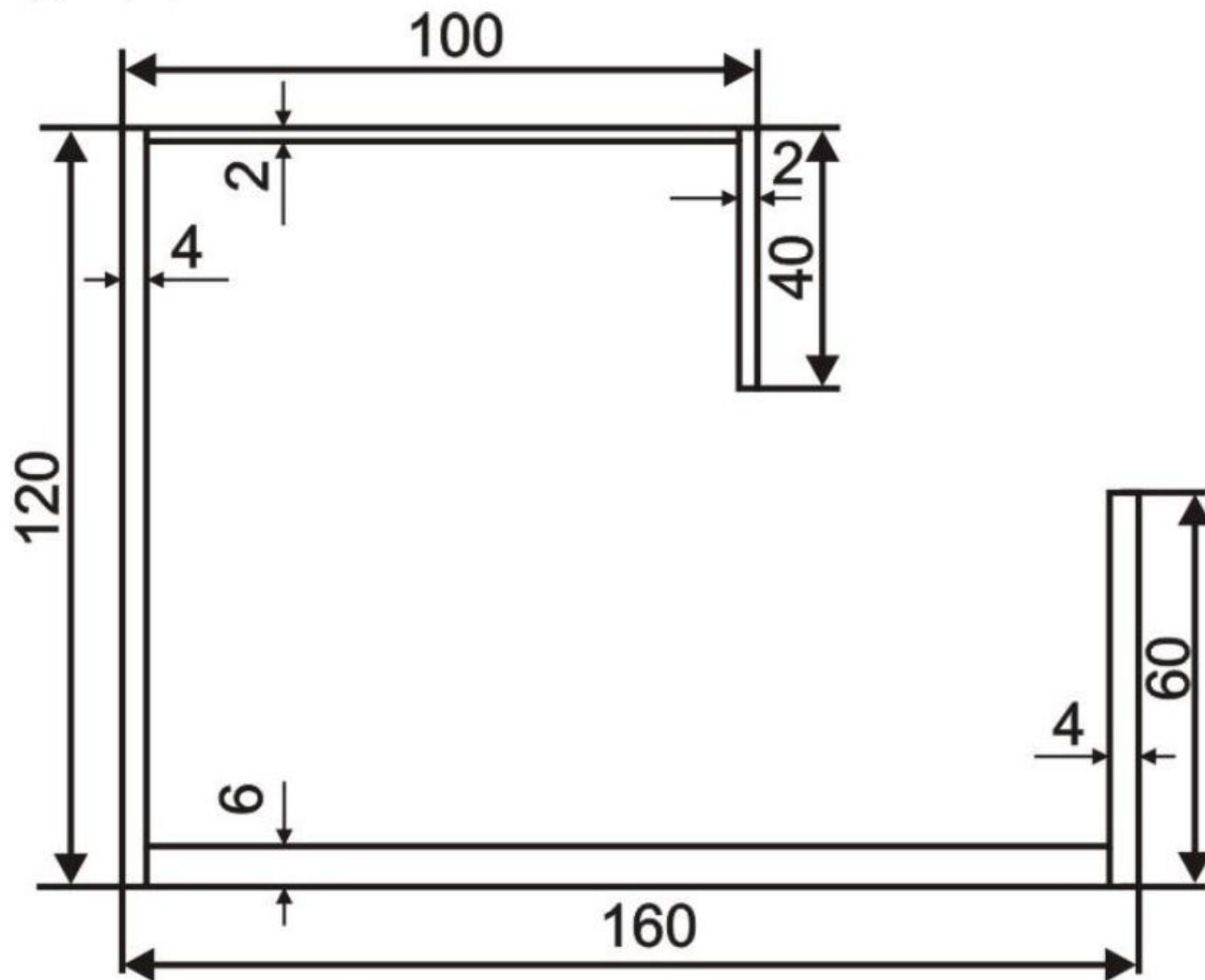
Como su unidad de medida está en milímetros, asumimos $b = 50\text{mm}$

PROBLEMA 3.10 Determinar el esfuerzo tangencial máximo y su ángulo de giro en torsión por unidad de longitud de una barra sometida a torsión, si sus dimensiones de sección transversal son las mostradas en la figura y están dadas en milímetros. Considerar $T = 11 \text{ kgf} \cdot \text{m}$, $G = 2,7 \cdot 10^5 \text{ kgf} / \text{cm}^2$ y $\eta = 1$.



Solución:

Dividimos la sección en rectángulos pequeños, tal como se muestra en la figura y calculamos I_t y W_t , aplicando las fórmulas



$$I_t = 1 \cdot \frac{1}{3} \cdot [40.2^3 + 94.2^3 + 120.4^3 + 152.6^3 + 60.4^3] = 15141,33 \text{mm}^4$$

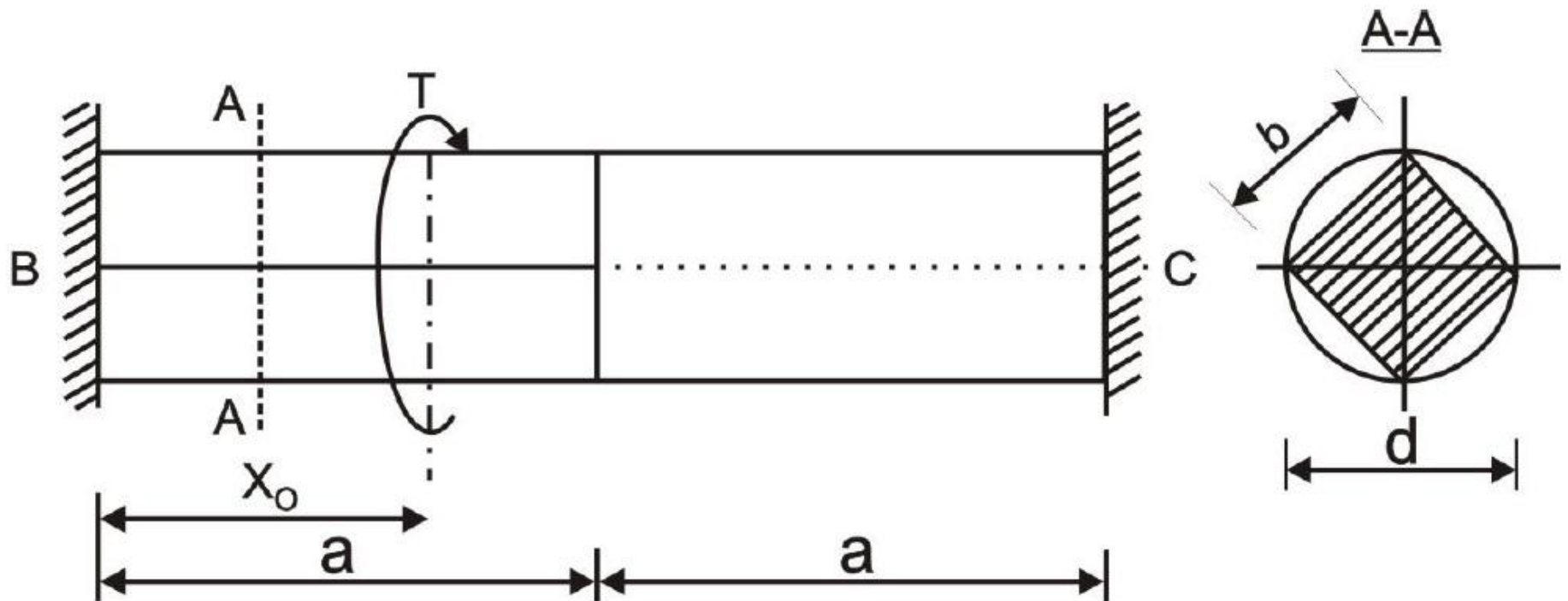
$$W_t = \frac{15141,33}{1.6} = 2523,55 \text{mm}^3$$

Luego, se tendrá:

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{11.100}{2523,55 \cdot 10^{-3}} = 435,9 \text{kgf} / \text{cm}^2$$

$$\phi_0 = \frac{11.100}{2,7 \cdot 10^5 \cdot 15141,33 \cdot 10^{-4}} = 2,69 \cdot 10^{-3} \text{rad} / \text{cm}$$

PROBLEMA 3.11 Una barra doblemente empotrada tiene la mitad de su longitud de sección cuadrada y la otra mitad circular. Determinar la distancia x_0 , a partir de la condición, que los momentos torsores en los empotramientos debe ser igual.



Solución:

Eliminamos el empotramiento en C y lo reemplazamos por su momento torsor, el cual debe ser igual a $T/2$ y orientado en el sentido opuesto, tal como se muestra en la figura, graficando su diagrama de momento torsor.

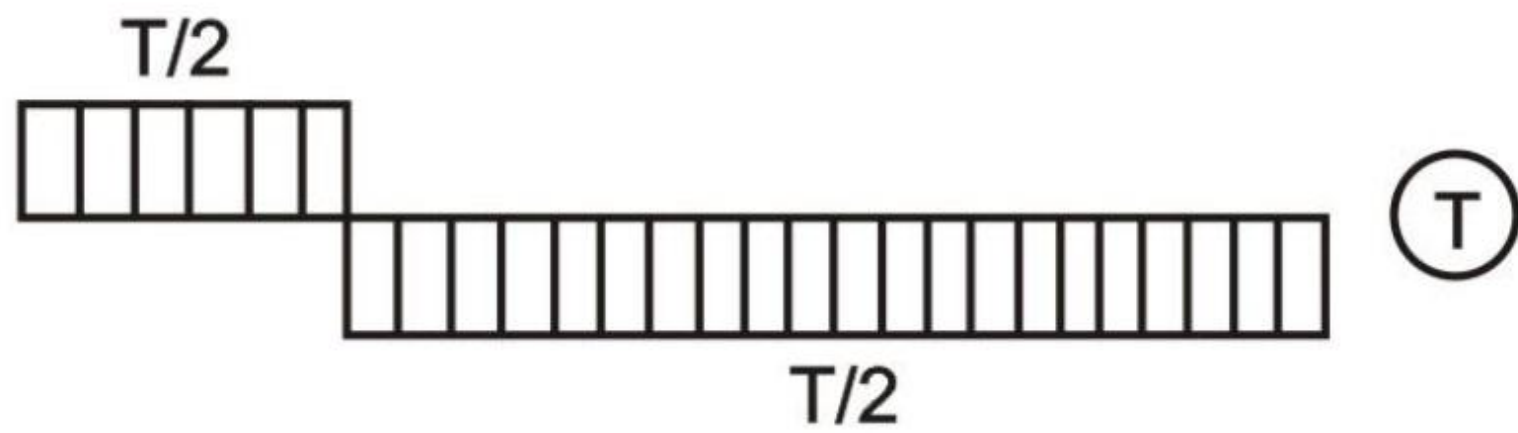
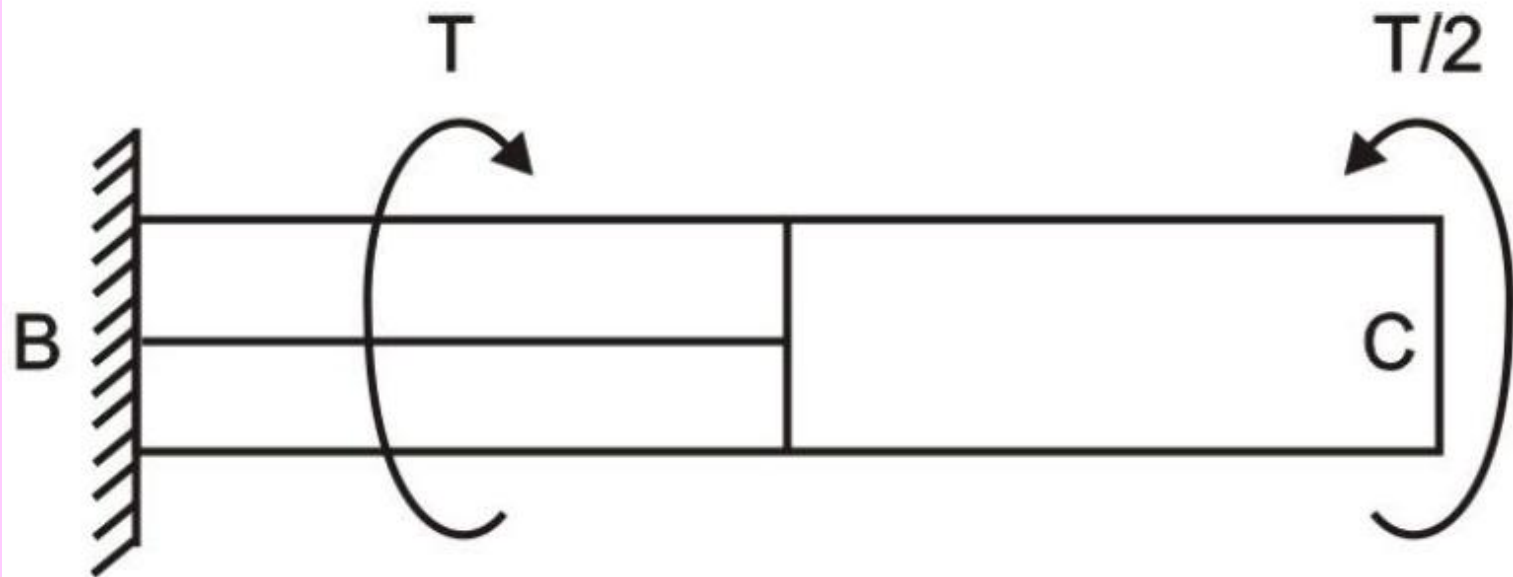
Se sabe que, el ángulo de giro en torsión en el empotramiento C será cero, por ello se tendrá:

$$\phi_C = 0$$

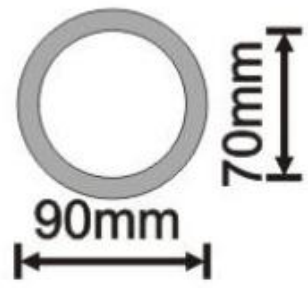
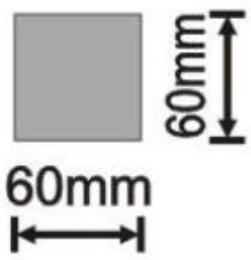
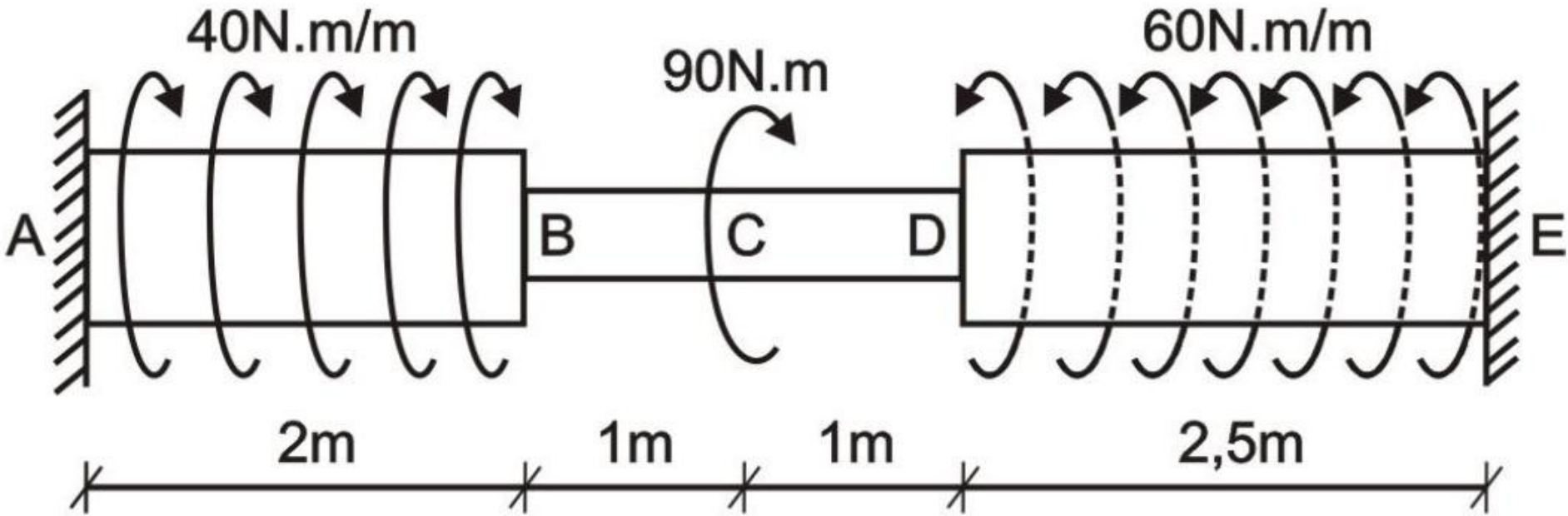
$$\begin{aligned} -\frac{(T/2)(a)}{GI_p} - \frac{(T/2)(a - x_0)}{GI_t} + \frac{(T/2)(x_0)}{GI_t} &= 0 \\ -\frac{a}{0,098d^4} - \frac{a - x_0}{0,141(0,707d)^4} + \frac{x_0}{0,141(0,707d)^4} &= 0 \end{aligned}$$

De donde:

$$x_0 = 0,68a$$

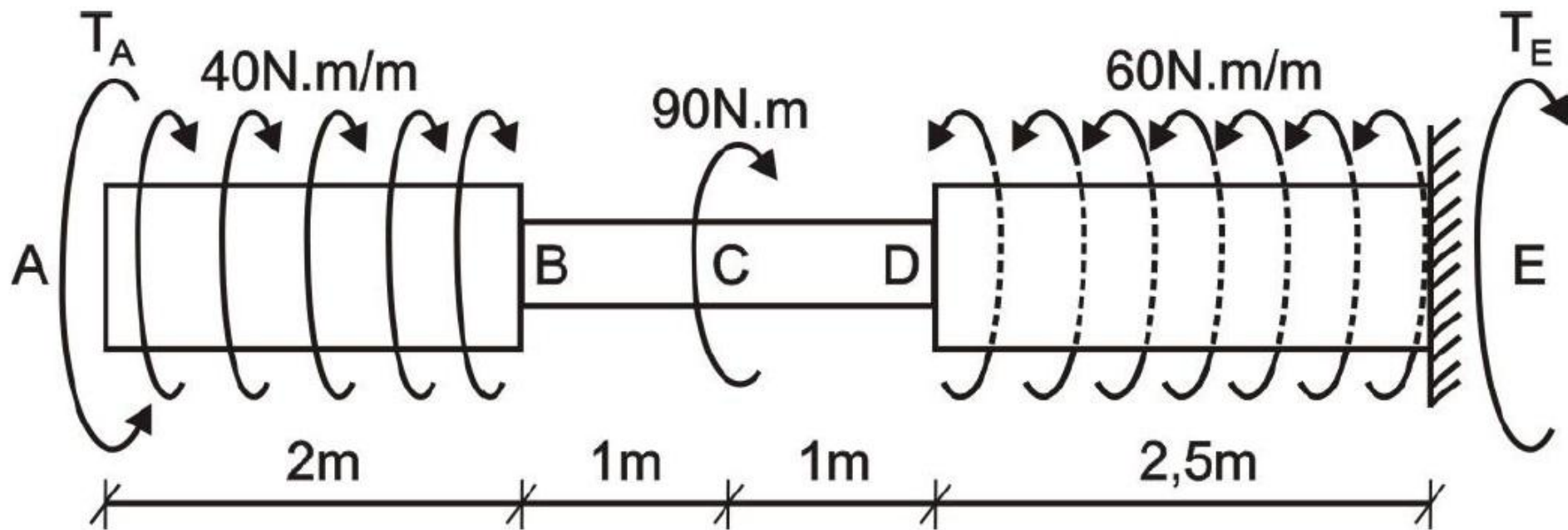


PROBLEMA 3.12 Graficar el diagrama de momento torsor y determinar el ángulo de giro en torsión en C, si $G = 8 \cdot 10^4 \text{ MPa}$ en C, si $G = 8 \cdot 10^4 \text{ MPa}$



Solución:

Eliminamos el empotramiento en A y lo reemplazamos por su momento torsor T_A , eligiendo su orientación como positivo y la del momento torsor T_E como negativo, lo cual es arbitrario, debido a que no existe una convención internacional de signos y se puede cambiar la convención personal de un problema a otro, lo importante es conservar dicha convención desde el inicio del problema hasta el final.



$$\phi_A = 0$$

$$\begin{aligned} & \frac{T_A \cdot 2}{G \cdot (\pi/32) \cdot 80^4 \cdot 10^{-12}} + \frac{T_A \cdot 2}{G \cdot 0,141 \cdot 60^4 \cdot 10^{-12}} + \frac{T_A \cdot 2,5}{G \cdot (\pi/32) \cdot 90^4 \cdot 10^{-12} \cdot [1 - (70/90)^4]} - \\ & - \int_0^2 \frac{40x dx}{G \cdot (\pi/32) \cdot 80^4 \cdot 10^{-12}} - \frac{80 \cdot 2}{G \cdot 0,141 \cdot 60^4 \cdot 10^{-12}} - \frac{80 \cdot 2,5}{G \cdot (\pi/32) \cdot 90^4 \cdot 10^{-12} \cdot [1 - (70/90)^4]} - \\ & - \frac{90 \cdot 1}{G \cdot 0,141 \cdot 60^4 \cdot 10^{-12}} - \frac{90 \cdot 2,5}{G \cdot (\pi/32) \cdot 90^4 \cdot 10^{-12} \cdot [1 - (70/90)^4]} + \int_0^{2,5} \frac{60x dx}{G \cdot (\pi/32) \cdot 90^4 \cdot 10^{-12} \cdot [1 - (70/90)^4]} = 0 \end{aligned}$$

De donde:

$$T_A = 97,486 \text{ N.m}$$

El sentido del momento torsor T_A , es el mismo que el mostrado en la figura

$$\sum T_{eje} = 0 \quad \Rightarrow \quad 97,486 - 80 - 90 + 60 \cdot 2,5 - T_E = 0$$

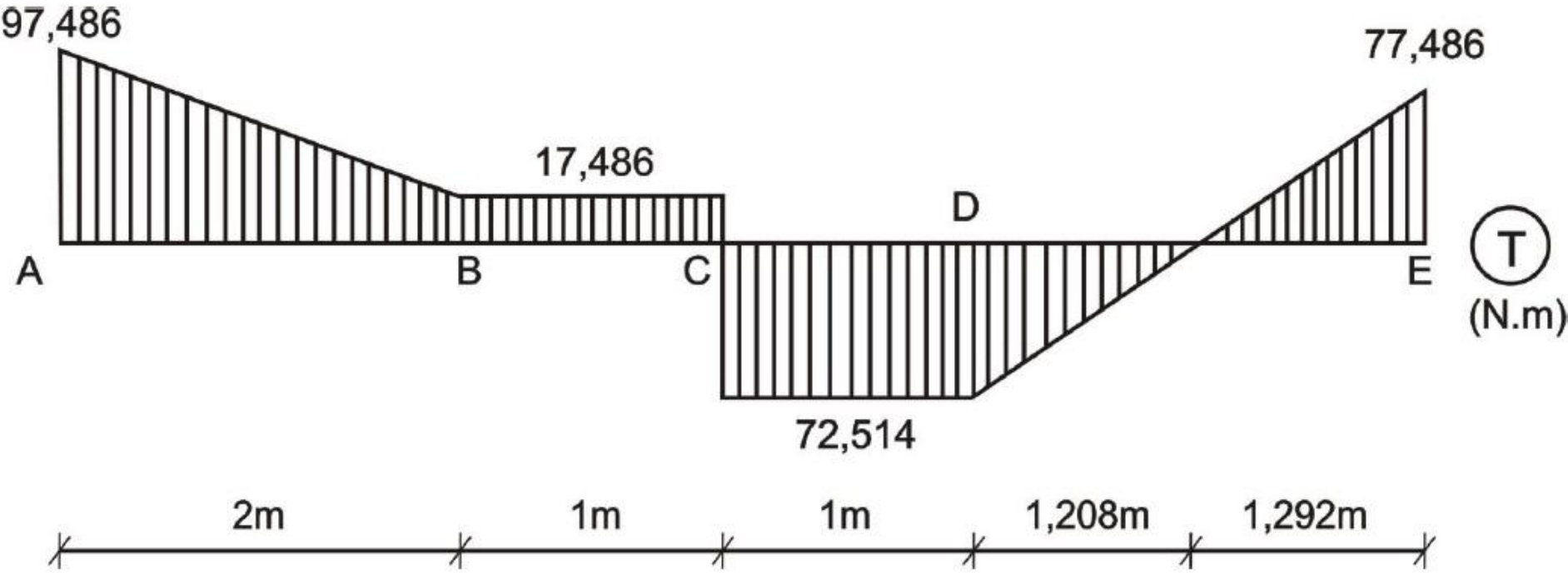
$$T_E = 77,486 \text{ N.m}$$

El sentido del momento torsor T_E , es el mismo que el mostrado en la figura

Con los valores obtenidos, graficamos el diagrama de momento torsor, el cual se muestra en la figura

Luego, determinamos el ángulo de giro en torsión en el punto C de la barra.

$$\phi_C = \frac{(17,486 + 97,486) \cdot 2}{2,8 \cdot 10^4 \cdot 10^6 \cdot (\pi/32) \cdot 80^4 \cdot 10^{-12}} + \frac{17,486 \cdot 1}{8 \cdot 10^4 \cdot 10^6 \cdot 0,141 \cdot 60^4 \cdot 10^{-12}} = 4,77 \cdot 10^{-4} \text{ rad} = 0,027^\circ$$



3.5 RESORTES HELICOIDALES DE PASO PEQUEÑO

PROBLEMA 3.13 Dos resortes cilíndricos, tienen igual diámetro medio D y se diferencian el uno del otro, en que el primero está fabricado de espiras de sección circular y el segundo de sección cuadrada. Los esfuerzos tangenciales máximos que surgen en ambos resortes son iguales. Comparar los pesos de ambos resortes y sus alargamientos, considerando que el coeficiente k es el mismo para ambos casos.

Solución:

El peso de ambos resortes será proporcional a sus áreas de sección transversal de las espiras. Por condición del problema, los esfuerzos tangenciales serán los mismos, razón por la cual igualamos las ecuaciones 3.22 y 3.24

$$k \frac{8PD}{\pi.d^3} = k \frac{PD}{2.0,208.b^3}$$

$$\frac{\pi.d^3}{8} = 2.0,208b^3$$

$$b = 0,981d$$

Ahora, analizamos la relación de las áreas de sección transversal.

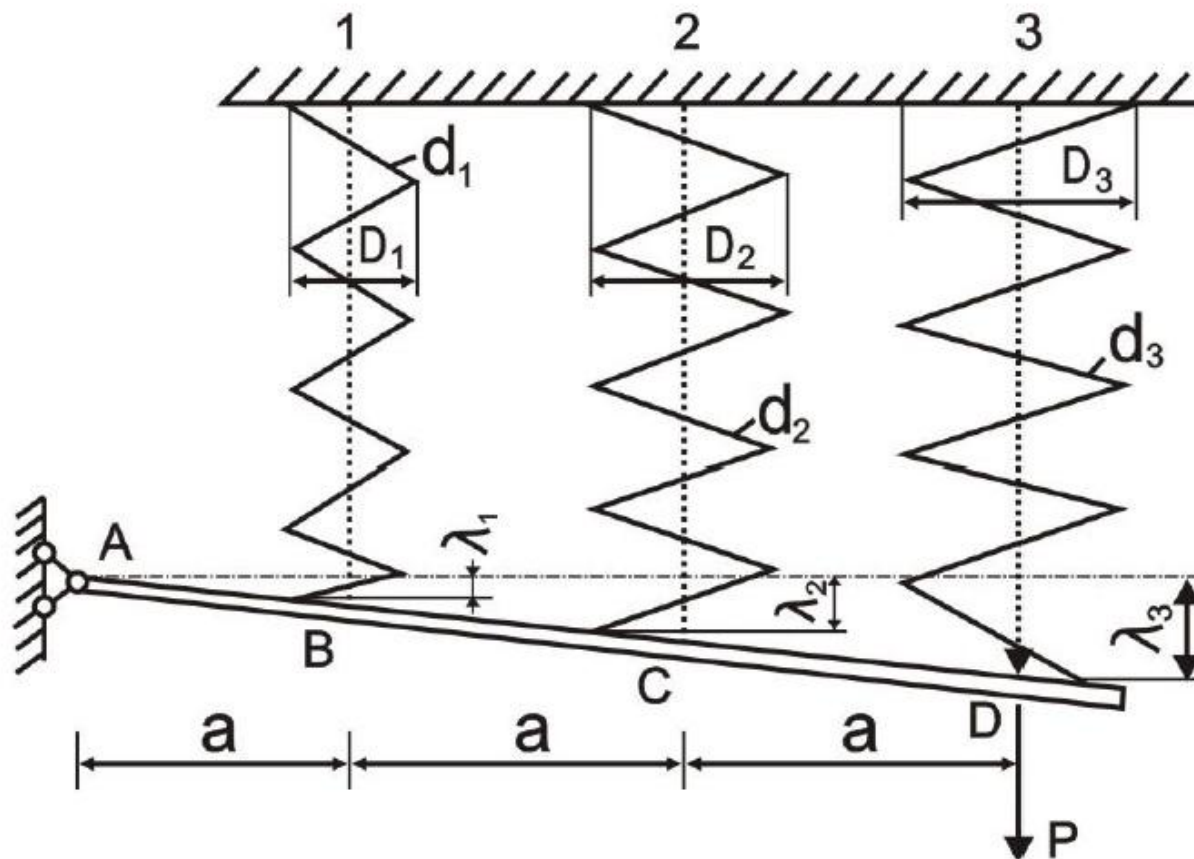
$$\frac{A_{\text{circular}}}{A_{\text{cuadrada}}} = \frac{\pi.d^2 / 4}{b^2} = \frac{\pi.d^2 / 4}{(0,981d)^2} = 0,816$$

Esto quiere decir, que el resorte con sección transversal circular es menos pesado que el de sección transversal cuadrada en 18,4%

Ahora, comparamos los alargamientos de ambos resortes, utilizando para ello las fórmulas 3.23 y 3.25

$$\frac{\lambda_{\text{circular}}}{\lambda_{\text{cuadrada}}} = \frac{\frac{8PD^3 n}{Gd^4}}{\frac{PD^3 \pi.n}{4G(0,141)b^4}} = \frac{32.0,141.b^4}{\pi.d^4} = \frac{32.0141.(0,981d)^4}{\pi.d^4} = 1,33$$

PROBLEMA 3.14 Una viga sólida AD se sostiene por tres resortes de igual número de espiras y se carga por una fuerza $P = 400\text{kgf}$. Determinar el diámetro de la sección transversal de cada espira, de tal manera que el esfuerzo tangencial de cada resorte sea el mismo e igual a $[\tau] = 5000\text{kgf/cm}^2$. Los diámetros medios de los resortes son $D_1 = 6\text{cm}$, $D_2 = 8\text{cm}$ y $D_3 = 10\text{cm}$. Considerar $k = 1$ para todos los resortes.



Solución:

El problema es dos veces estáticamente indeterminado, porque en el apoyo A solamente habrá una reacción vertical y en la viga existen tres fuerzas de reacción por parte de los resortes, esto es, el número de incógnitas es cuatro y para el sistema plano de fuerzas paralelas por la estática solamente se tienen dos ecuaciones.

Utilizamos una sola ecuación, ya que no es necesario determinar la reacción en el apoyo A, por ello se tendrá:

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow P_1 \cdot a + P_2 \cdot 2a + P_3 \cdot 3a = P \cdot 3a$$
$$P_1 + 2P_2 + 3P_3 = 1200 \quad (\text{a})$$

Las ecuaciones de desplazamiento la escribimos en la forma más adecuada para el cálculo, es decir:

$$\lambda_1 : \lambda_2 : \lambda_3 = a : 2a : 3a = 1 : 2 : 3$$

También se puede expresar de la siguiente forma:

$$\frac{8P_1 D_1^3 n}{G d_1^4} : \frac{8P_2 D_2^3 n}{G d_2^4} : \frac{8P_3 D_3^3 n}{G d_3^4} = 1 : 2 : 3$$

De donde:

$$\frac{27P_1}{d_1^4} = \frac{64P_2}{2d_2^4} = \frac{125P_3}{3d_3^4} \quad (\text{b})$$

Ahora, aplicamos la condición que los esfuerzos son iguales en todos los resortes, es decir:

$$\tau_1^{\text{máx}} = \tau_2^{\text{máx}} = \tau_3^{\text{máx}} = [\tau]$$

Como $k = 1$ para todos los resortes, tendremos:

$$\frac{8P_1D_1}{\pi.d_1^3} = \frac{8P_2D_2}{\pi.d_2^3} = \frac{8P_3D_3}{\pi.d_3^3}$$

De donde:

$$\frac{3P_1}{d_1^3} = \frac{4P_2}{d_2^3} = \frac{5P_3}{d_3^3} \quad (c)$$

Resolvemos las ecuaciones (a), (b) y (c), obteniendo:

$$P_1 = 1,9P_2 = 2,1P_3$$

$$P_1 = 344,71\text{kgf}$$

$$P_2 = 181,43\text{kgf}$$

$$P_3 = 164,15\text{kgf}$$

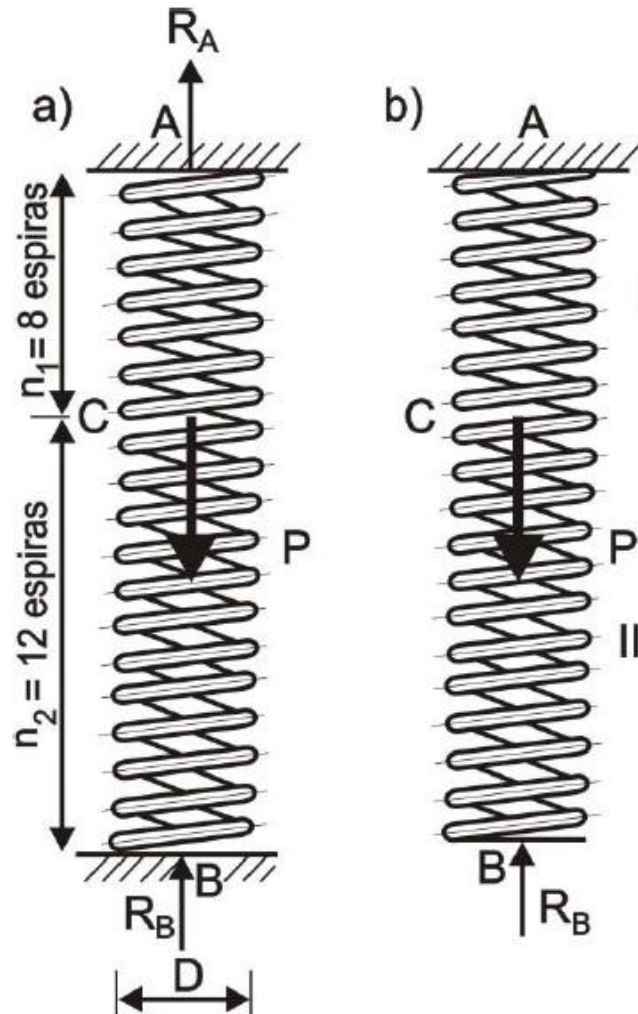
Entonces, los diámetros serán:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{8P_1D_1}{\pi[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{8.344,71.6}{\pi.5000}} = 1,02\text{cm}$$

$$d_2 = \frac{8}{9}d_1 = 0,907\text{cm}$$

$$d_3 = \frac{25}{27}d_1 = 0,944\text{cm}$$

PROBLEMA 3.15 Un resorte cilíndrico está empotrado en ambos extremos, siendo su diámetro medio $D = 200\text{mm}$ y las espiras son de sección transversal circular de diámetro $d = 20\text{mm}$. El resorte está sometido a la acción de una carga $P = 400\text{kgf}$, actuante en el punto C. Determinar el esfuerzo tangencial máximo en el resorte y el desplazamiento del punto C, si $G = 8 \cdot 10^5 \text{kgf/cm}^2$.



Solución:

Para resolver el problema, será necesario determinar las fuerzas de reacción que surgen en los empotramientos A y B.

Por la estática, solo podemos plantear una ecuación de equilibrio:

$$R_A + R_B = P$$

De esta manera, el problema es una vez estáticamente indeterminado.

Para plantear la segunda ecuación, analizamos la condición de deformación del sistema. Para ello, eliminamos un empotramiento, por ejemplo en el extremo inferior y lo reemplazamos por la fuerza R_B , tal como se muestra en la figura

El extremo inferior del resorte por acción de la fuerza P debe de desplazarse hacia abajo en una magnitud λ_P y por medio de la acción de la reacción R_B se desplazará hacia arriba en una magnitud λ_{R_B} . En la realidad, por ser B un empotramiento, no debe de desplazarse hacia ningún lado, por ello se deduce que la ecuación de desplazamientos será:

$$|\lambda_P| = |\lambda_{R_B}|$$

Donde:

$$\lambda_P = \frac{8PD^3n_1}{Gd^4}$$

$$\lambda_{R_B} = \frac{8R_B D^3(n_1 + n_2)}{Gd^4}$$

Reemplazamos estos valores en la ecuación de desplazamientos y obtenemos:

$$\frac{8PD^3n_1}{Gd^4} = \frac{8R_B D^3(n_1 + n_2)}{Gd^4}$$

De donde:

$$R_B = \frac{n_1}{n_1 + n_2} P = \frac{8}{8 + 12} \cdot 400 = 160 \text{kgf}$$

Luego:

$$R_A = P - R_B = 400 - 160 = 240 \text{kgf}$$

De esta manera, el resorte en el tramo CA es traccionado por la fuerza $R_A = 240 \text{kgf}$ y en el tramo CB es comprimido por la fuerza $R_B = 160 \text{kgf}$.

En consecuencia, el esfuerzo máximo se encontrará en las secciones transversales del resorte en el tramo CA, siendo su valor:

$$\tau_{\text{máx}} = k \frac{8R_A D}{\pi \cdot d^3} = 1,14 \cdot \frac{8 \cdot 240 \cdot 20}{\pi \cdot 2^3} = 1741,79 \text{kgf} / \text{cm}^2$$

Siendo $k = 1,14$ (tabla 3.2), debido a que $c_r = \frac{D}{d} = \frac{20}{2} = 10$

El desplazamiento λ_C del punto C del resorte, será hacia abajo e igual al alargamiento de la parte superior CA del resorte:

$$\lambda_C = \frac{8R_A D^3 n_1}{Gd^4} = \frac{8.240.20^3.8}{8.10^5.2^4} = 9,6\text{cm}$$

Es obvio que, dicho resultado también se puede obtener, si consideramos que el desplazamiento λ_C es igual al acortamiento de la parte inferior CB del resorte.



約500mにわたって横断しになった東神高速道路。
建設省によると、1984年の新築地盤試験、地震による
橋脚損傷はなごみのが……。『安全神話』はも
るくも壊れた(17口、神戸市東灘区)

¡MUCHAS GRACIAS!
genner_vc@hotmail.com