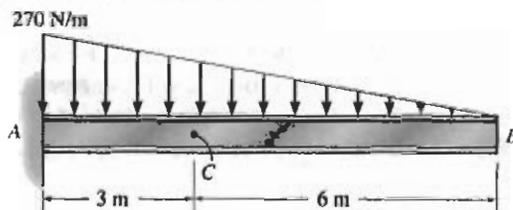


**EJEMPLO 1-1**

Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal en  $C$  de la viga mostrada en la figura 1-4a.



(a)

**Figura 1-4****SOLUCIÓN**

**Reacciones en el soporte.** Este problema puede resolverse de la manera más directa considerando el segmento  $CB$  de la viga, ya que entonces las reacciones en el soporte en  $A$  no tienen que calcularse.

**Diagrama de cuerpo libre.** Si hacemos un corte imaginario perpendicular al eje longitudinal de la viga, obtenemos el diagrama de cuerpo libre del segmento  $CB$  mostrado en la figura 1-4b. Es importante mantener la carga distribuida exactamente donde está sobre el segmento hasta *después* que el corte se ha hecho. Sólo entonces debe esta carga reemplazarse por una sola fuerza resultante. Note que la intensidad de la carga distribuida en  $C$  se determina por triángulos semejantes, esto es, de la figura 1-4a,  $w/6 \text{ m} = 270 \text{ N/m}/9 \text{ m}$ ,  $w = 180 \text{ N/m}$ . La magnitud de la carga distribuida es igual al área bajo la curva de carga (triángulo) y actúa a través del centroide de esta área. Así,  $F = \frac{1}{2}(180 \text{ N/m})(6 \text{ m}) = 540 \text{ N}$ , que actúa a  $\frac{1}{3}(6 \text{ m}) = 2 \text{ m}$  de  $C$ , como se muestra en la figura 1-4b.

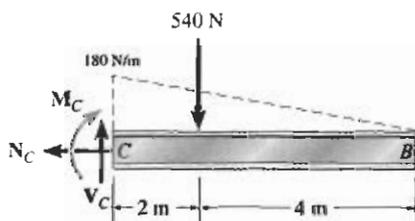
**Ecuaciones de equilibrio.** Aplicando las ecuaciones de equilibrio, tenemos:

$$\begin{aligned} \rightarrow \Sigma F_x = 0; & & -N_C = 0 \\ & & N_C = 0 \end{aligned} \quad \text{Resp.}$$

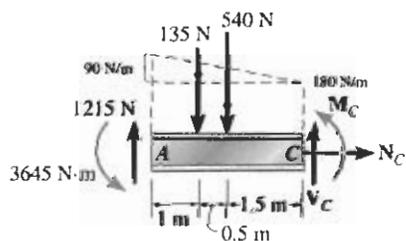
$$\begin{aligned} +\uparrow \Sigma F_y = 0; & & V_C - 540 \text{ N} = 0 \\ & & V_C = 540 \text{ N} \end{aligned} \quad \text{Resp.}$$

$$\begin{aligned} \curvearrowleft \Sigma M_C = 0; & & -M_C - 540 \text{ N}(2 \text{ m}) = 0 \\ & & M_C = -1080 \text{ N} \cdot \text{m} \end{aligned} \quad \text{Resp.}$$

El signo negativo indica que  $M_C$  actúa en la dirección opuesta a la mostrada en el diagrama de cuerpo libre. Trate de resolver este problema mediante el uso del segmento  $AC$ , obteniendo primero las reacciones del soporte en  $A$ , que están dadas en la figura 1-4c.



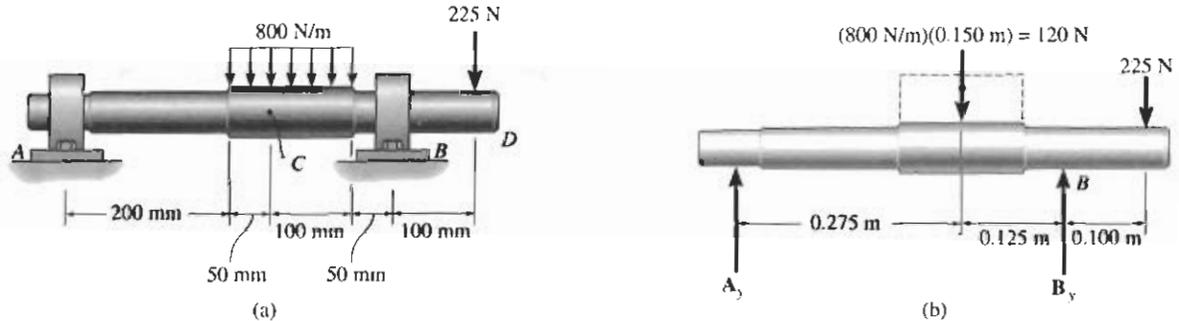
(b)



(c)

**EJEMPLO 1-2**

Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal en  $C$  de la flecha de la máquina mostrada en la figura 1-5a. La flecha está soportada por cojinetes en  $A$  y  $B$  que ejercen sólo fuerzas verticales sobre ella.


**Figura 1-5**
**SOLUCIÓN**

Resolveremos este problema usando el segmento  $AC$  de la flecha.

**Reacciones en los soportes.** En la figura 1-5b se muestra un diagrama de cuerpo libre de la flecha entera. Dado que va a considerarse el segmento  $AC$ , sólo la reacción en  $A$  tiene que determinarse. ¿Por qué?

$$\begin{aligned} \uparrow + \Sigma M_B = 0; & -A_y(0.400 \text{ m}) + 120 \text{ N}(0.125 \text{ m}) - 225 \text{ N}(0.100 \text{ m}) = 0 \\ & A_y = -18.75 \text{ N} \end{aligned}$$

El signo negativo de  $A_y$  indica que  $A_y$  actúa en *sentido contrario* al mostrado en el diagrama de cuerpo libre.

**Diagrama de cuerpo libre.** Si realizamos un corte imaginario perpendicular al eje de la flecha por  $C$ , obtenemos el diagrama de cuerpo libre del segmento  $AC$  mostrado en la figura 1-5c.

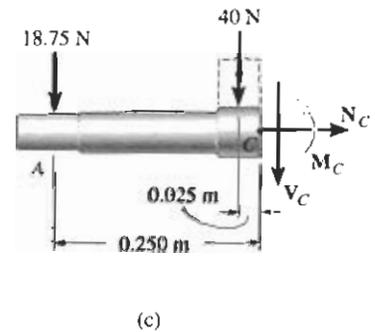
**Ecuaciones de equilibrio.**

$$\rightarrow + \Sigma F_x = 0; \quad N_C = 0 \quad \text{Resp.}$$

$$\begin{aligned} + \uparrow \Sigma F_y = 0; & -18.75 \text{ N} - 40 \text{ N} - V_C = 0 \\ & V_C = -58.8 \text{ N} \quad \text{Resp.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \uparrow + \Sigma M_C = 0; & M_C + 40 \text{ N}(0.025 \text{ m}) + 18.75 \text{ N}(0.250 \text{ m}) = 0 \\ & M_C = -5.69 \text{ N} \cdot \text{m} \quad \text{Resp.} \end{aligned}$$

¿Qué indican los signos negativos de  $V_C$  y  $M_C$ ? Como ejercicio, calcule la reacción en  $B$  y trate de obtener los mismos resultados usando el segmento  $CBD$  de la flecha.



### EJEMPLO 1-3

El montacargas en la figura 1-6a consta de la viga  $AB$  y poleas unidas a ella, del cable y del motor. Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal en  $C$  si el motor está levantando la carga  $W$  de 500 lb con velocidad constante. Desprecie el peso de las poleas y viga.

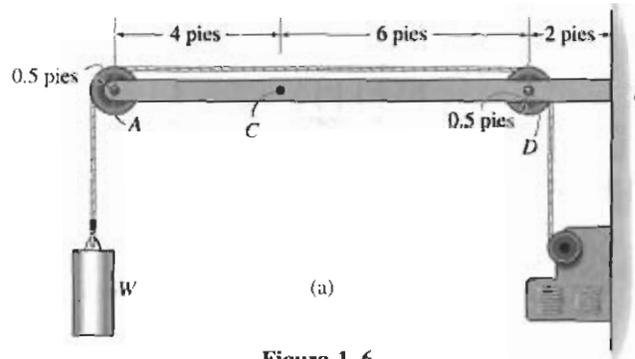


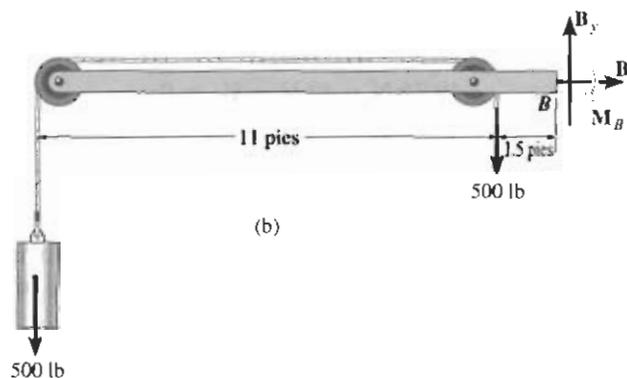
Figura 1-6

### SOLUCIÓN I

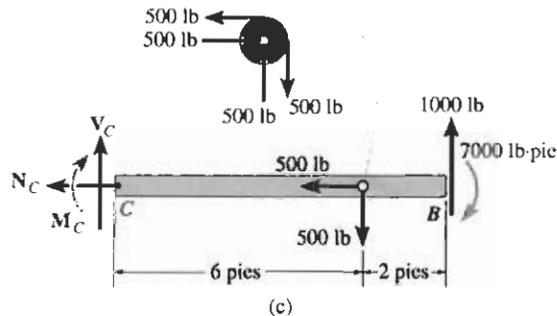
Como la carga es levantada a velocidad constante, las ecuaciones de equilibrio son aplicables. Consideraremos en el análisis el segmento  $CB$ . ¿Es esto una buena propuesta?

**Reacciones en el soporte.** El diagrama de cuerpo libre de la viga, incluyendo la carga, las poleas y una porción del cable, se muestran en la figura 1-6b. El empotramiento de la pared en  $B$  ejerce tres reacciones sobre la viga. Además, como el cable es continuo y soporta la carga de 500 lb, debe estar sometido a una tensión constante de 500 lb en su extremo. Aplicando las ecuaciones de equilibrio se obtiene:

$$\begin{aligned} \rightarrow \Sigma F_x = 0; & \quad B_x = 0 \\ +\uparrow \Sigma F_y = 0; & \quad B_y - 500 \text{ lb} - 500 \text{ lb} = 0 \quad B_y = 1000 \text{ lb} \\ \curvearrowright \Sigma M_B = 0; & \quad -M_B + 500 \text{ lb}(1.5 \text{ pies}) + 500 \text{ lb}(12.5 \text{ pies}) = 0 \\ & \quad M_B = 7000 \text{ lb} \cdot \text{pie} \end{aligned}$$



**Diagramas de cuerpo libre.** Los diagramas de cuerpo libre de la polea en  $D$  y del segmento de viga  $CB$  se muestran en la figura 1-6c. Observe que las componentes de la fuerza de 500 lb de la viga sobre el centro de la polea deben ser iguales y opuestas a las componentes de la fuerza de 500 lb de la polea sobre la viga (tercera ley de Newton).



**Ecuaciones de equilibrio.** Para el segmento  $CB$  tenemos:

$$\rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad -N_C - 500 \text{ lb} = 0 \quad N_C = -500 \text{ lb} \quad \text{Resp.}$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad V_C - 500 \text{ lb} + 1000 \text{ lb} = 0 \quad V_C = -500 \text{ lb} \quad \text{Resp.}$$

$$\curvearrowright \Sigma M_C = 0; \quad -M_C - 500 \text{ lb}(6 \text{ pies}) + 1000 \text{ lb}(8 \text{ pies}) - 7000 \text{ lb} \cdot \text{pie} = 0 \quad M_C = -2000 \text{ lb} \cdot \text{pie} \quad \text{Resp.}$$

El signo negativo indica que cada una de esas cargas actúa en sentido opuesto al mostrado en el diagrama de cuerpo libre.

## SOLUCIÓN II

Este problema puede resolverse de *manera más directa* seccionando el cable y la viga en  $C$  y luego considerando todo el segmento izquierdo.

**Diagrama de cuerpo libre.** Vea la figura 1-6d.

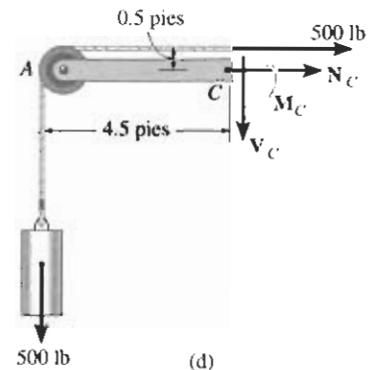
**Ecuaciones de equilibrio.**

$$\rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad 500 \text{ lb} + N_C = 0 \quad N_C = -500 \text{ lb} \quad \text{Resp.}$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad -500 \text{ lb} - V_C = 0 \quad V_C = -500 \text{ lb} \quad \text{Resp.}$$

$$\curvearrowright \Sigma M_C = 0; \quad 500 \text{ lb}(4.5 \text{ pies}) - 500 \text{ lb}(0.5 \text{ pies}) + M_C = 0 \\ M_C = -2000 \text{ lb} \cdot \text{pie} \quad \text{Resp.}$$

Trate de obtener esos mismos resultados considerando sólo el segmento  $AC$  de viga, es decir, quite la polea en  $A$  de la viga y muestre las componentes de la fuerza de 500 lb de la polea actuando sobre el segmento  $AC$  de la viga.



### EJEMPLO 1-4

Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal en  $G$  de la viga de madera mostrada en la figura 1-7a. Suponga que los nudos en  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  y  $E$  están conectados por pasadores.

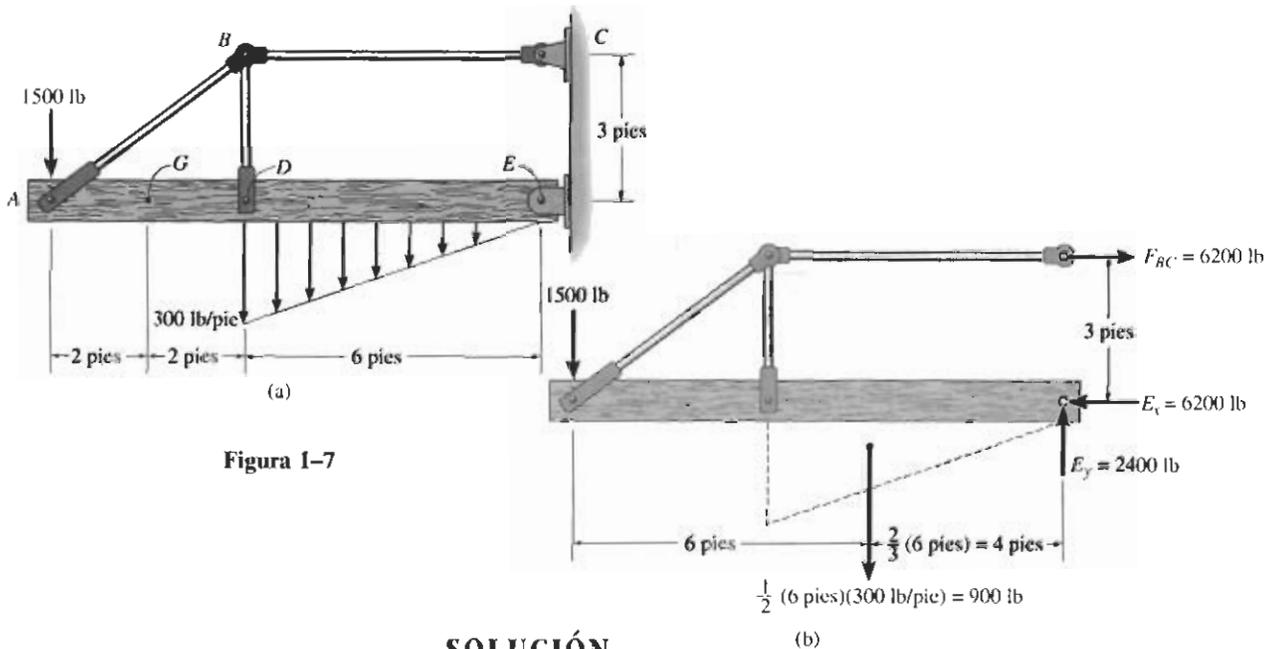
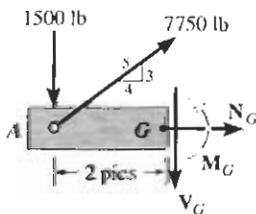
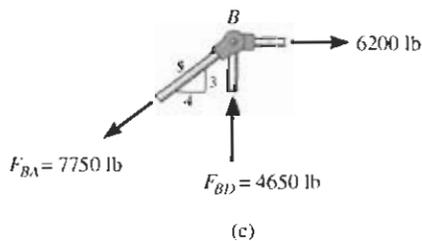


Figura 1-7



### SOLUCIÓN

**Reacciones en los soportes.** Aquí consideraremos el segmento  $AG$  para el análisis. En la figura 1-7b se muestra un diagrama de cuerpo libre de toda la estructura. Verifique las reacciones calculadas en  $E$  y  $C$ . En particular, advierta que  $BC$  es un *miembro de dos fuerzas* ya que sólo dos fuerzas actúan sobre él. Por esta razón, la reacción en  $C$  debe ser horizontal, como se muestra.

Puesto que  $BA$  y  $BD$  son también miembros de dos fuerzas, el diagrama de cuerpo libre del nudo  $B$  es como se muestra en la figura 1-7c. Nuevamente, verifique las magnitudes de las fuerzas calculadas  $F_{BA}$  y  $F_{BD}$ .

**Diagrama de cuerpo libre.** Usando el resultado para  $F_{BA}$ , la sección izquierda  $AG$  de la viga se muestra en la figura 1-7d.

**Ecuaciones de equilibrio.** Aplicando las ecuaciones de equilibrio al segmento  $AG$ , tenemos:

$$\rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad 7750 \text{ lb} \left(\frac{3}{5}\right) + N_G = 0 \quad N_G = -6200 \text{ lb} \quad \text{Resp.}$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad -1500 \text{ lb} + 7750 \text{ lb} \left(\frac{4}{5}\right) - V_G = 0$$

$$V_G = 3150 \text{ lb} \quad \text{Resp.}$$

$$\curvearrowright \Sigma M_G = 0; \quad M_G - (7750 \text{ lb}) \left(\frac{3}{5}\right) (2 \text{ pies}) + 1500 \text{ lb} (2 \text{ pies}) = 0$$

$$M_G = 6300 \text{ lb} \cdot \text{pie} \quad \text{Resp.}$$

Como ejercicio, calcule esos mismos resultados usando el segmento  $GE$ .

## EJEMPLO 1-5

Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal en el punto  $B$  del tubo mostrado en la figura 1-8a. El tubo tiene una masa de  $2 \text{ kg/m}$  y está sometido a una fuerza vertical de  $50 \text{ N}$  y a un par de  $70 \text{ N} \cdot \text{m}$  en su extremo  $A$ . El tubo está empotrado en la pared en  $C$ .

## SOLUCIÓN

El problema puede resolverse considerando el segmento  $AB$ , que *no* contiene las reacciones del soporte  $C$ .

**Diagrama de cuerpo libre.** Los ejes  $x, y, z$  se fijan en  $B$  y el diagrama de cuerpo libre del segmento  $AB$  se muestra en la figura 1-8b. La fuerza resultante y las componentes de momento en la sección se suponen actuando en las direcciones coordenadas positivas y pasando por el *centroide* del área de la sección transversal en  $B$ . El peso de cada segmento de tubo se calcula como sigue:

$$W_{BD} = (2 \text{ kg/m})(0.5 \text{ m})(9.81 \text{ N/kg}) = 9.81 \text{ N}$$

$$W_{AD} = (2 \text{ kg/m})(1.25 \text{ m})(9.81 \text{ N/kg}) = 24.525 \text{ N}$$

Estas fuerzas actúan a través del centro de gravedad de cada segmento.

**Ecuaciones de equilibrio.** Aplicando las seis ecuaciones escalares de equilibrio, tenemos:\*

$$\Sigma F_x = 0; \quad (F_B)_x = 0 \quad \text{Resp.}$$

$$\Sigma F_y = 0; \quad (F_B)_y = 0 \quad \text{Resp.}$$

$$\Sigma F_z = 0; \quad (F_B)_z - 9.81 \text{ N} - 24.525 \text{ N} - 50 \text{ N} = 0$$

$$(F_B)_z = 84.3 \text{ N} \quad \text{Resp.}$$

$$\Sigma (M_B)_x = 0; \quad (M_B)_x + 70 \text{ N} \cdot \text{m} - 50 \text{ N}(0.5 \text{ m}) - 24.525 \text{ N}(0.5 \text{ m}) - 9.81 \text{ N}(0.25 \text{ m}) = 0$$

$$(M_B)_x = -30.3 \text{ N} \cdot \text{m} \quad \text{Resp.}$$

$$\Sigma (M_B)_y = 0; \quad (M_B)_y + 24.525 \text{ N}(0.625 \text{ m}) + 50 \text{ N}(1.25 \text{ m}) = 0$$

$$(M_B)_y = -77.8 \text{ N} \cdot \text{m} \quad \text{Resp.}$$

$$\Sigma (M_B)_z = 0; \quad (M_B)_z = 0 \quad \text{Resp.}$$

¿Qué indican los signos negativos de  $(M_B)_x$  y  $(M_B)_y$ ? Note que la fuerza normal  $N_B = (F_B)_y = 0$ , mientras que la fuerza cortante es  $V_B = \sqrt{(0)^2 + (84.3)^2} = 84.3 \text{ N}$ . Además, el momento torsionante es  $T_B = (M_B)_y = 77.8 \text{ N} \cdot \text{m}$  y el momento flexionante es  $M_B = \sqrt{(30.3)^2 + (0)^2} = 30.3 \text{ N} \cdot \text{m}$ .

\*La *magnitud* de cada momento respecto a un eje es igual a la magnitud de cada fuerza multiplicada por la distancia perpendicular del eje a la línea de acción de la fuerza. El *sentido* de cada momento se determina usando la regla de la mano derecha, con los momentos positivos (pulgares) dirigidos a lo largo de los ejes coordenados positivos.

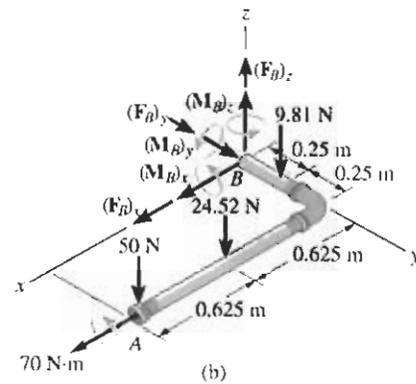
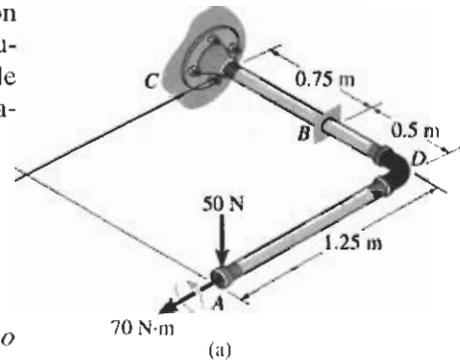
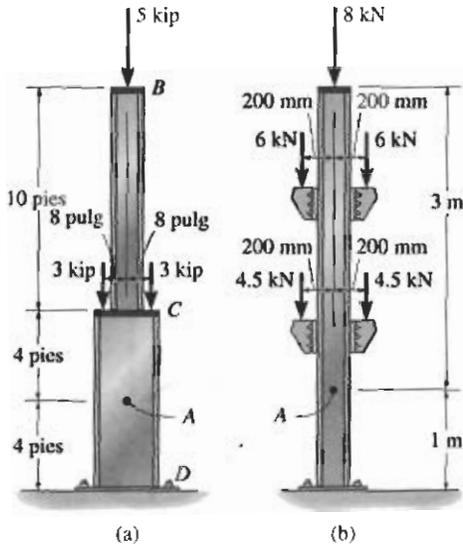


Figura 1-8

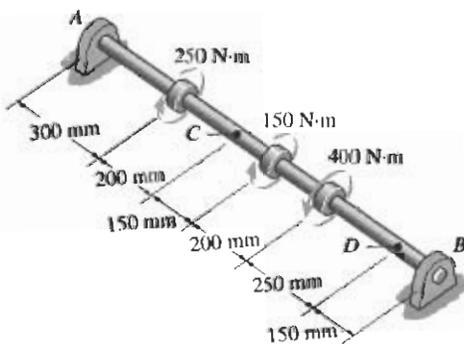
PROBLEMAS

1-1 Determine la fuerza normal interna resultante que actúa sobre la sección transversal por el punto A en cada columna. En (a), el segmento BC pesa 180 lb/pie y el segmento CD pesa 250 lb/pie. En (b), la columna tiene una masa de 200 kg/m.



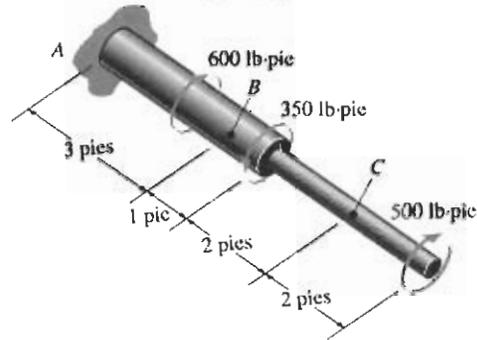
Problema 1-1

1-2 Determine el par interno resultante que actúa sobre las secciones transversales por los puntos C y D. Los cojinetes de soporte en A y B permiten el libre giro de la flecha.



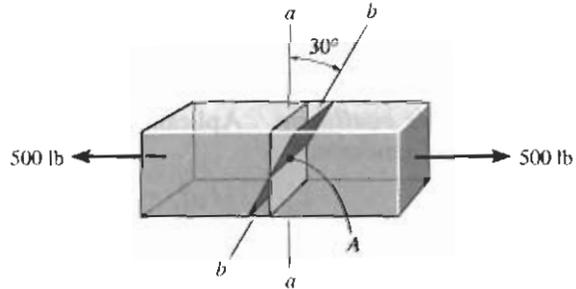
Problema 1-2

1-3 Determine el par interno resultante que actúa sobre las secciones transversales por los puntos B y C.



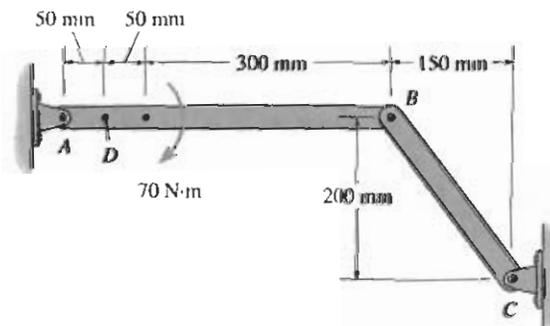
Problema 1-3

\*1-4 Determine la fuerza normal y cortante internas resultantes en el miembro en (a) la sección a-a y (b) la sección b-b, cada una de las cuales pasa por el punto A. La carga de 500 lb está aplicada a lo largo del eje centroidal del miembro.



Problema 1-4

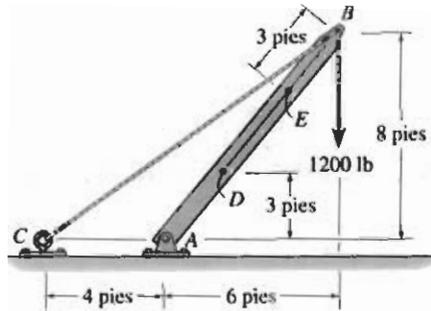
1-5 Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal a través del punto D del miembro AB.



Problema 1-5

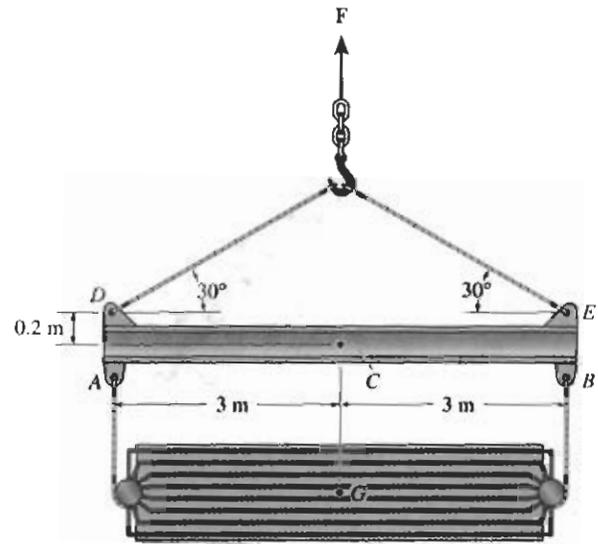
1-6 La viga  $AB$  está articulada por un pasador en  $A$  y soportada por un cable  $BC$ . Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal en el punto  $D$ .

1-7 Resuelva el problema 1-6 para las cargas internas resultantes que actúan en el punto  $E$ .



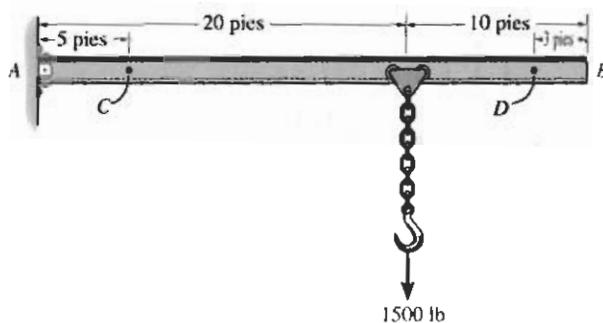
Problemas 1-6/1-7

1-9 Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal por el punto  $C$ . La unidad enfriadora tiene un peso total de 52 kip y su centro de gravedad en  $G$ .



Problema 1-9

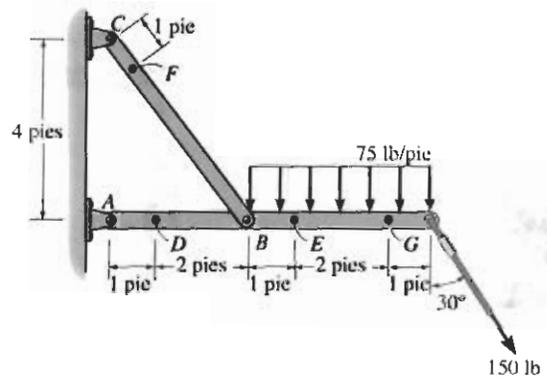
\*1-8 La viga  $AB$  está empotrada en la pared y tiene un peso uniforme de 80 lb/pie. Si la grúa viajera soporta una carga de 1500 lb, determine las cargas internas resultantes que actúan sobre las secciones transversales por los puntos  $C$  y  $D$ .



Problema 1-8

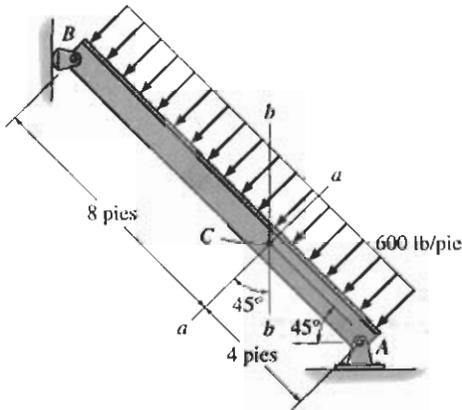
1-10 Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre las secciones transversales por los puntos  $D$  y  $E$  de la estructura.

1-11 Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre las secciones transversales por los puntos  $F$  y  $G$  de la estructura.



Problemas 1-10/1-11

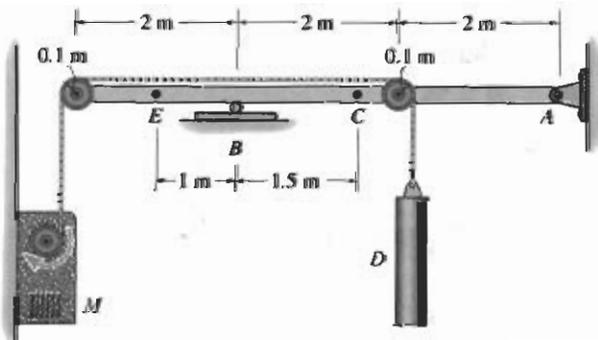
**\*1-12** Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre (a) la sección  $a-a$  y (b) la sección  $b-b$ . Cada sección pasa por el centroide en  $C$ .



**Problema 1-12**

**1-13** Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal por el punto  $C$  en la viga. La carga  $D$  tiene una masa de 300 kg y está siendo izada por el motor  $M$  con velocidad constante.

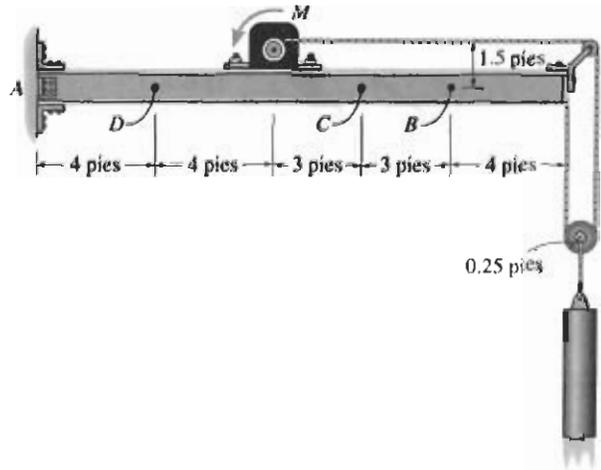
**1-14** Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal por el punto  $E$  de la viga en el problema 1-13.



**Problemas 1-13/1-14**

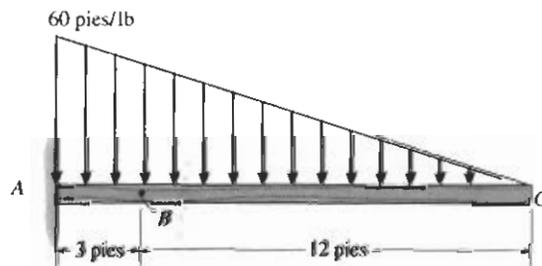
**1-15** La carga de 800 lb está siendo izada a velocidad constante usando el motor  $M$  que tiene un peso de 90 lb. Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal por el punto  $B$  en la viga. La viga tiene un peso de 40 lb/pie y está empotrada en la pared en  $A$ .

**\*1-16** Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal por los puntos  $C$  y  $D$  de la viga en el problema 1-21.



**Problemas 1-15/1-16**

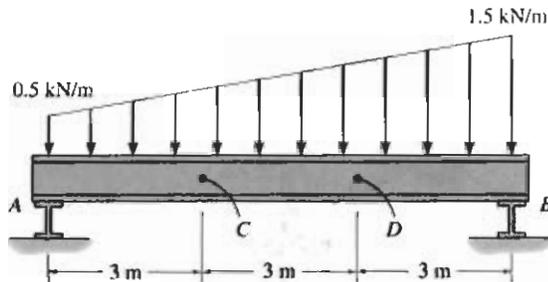
**1-17** Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal en el punto  $B$ .



**Problema 1-17**

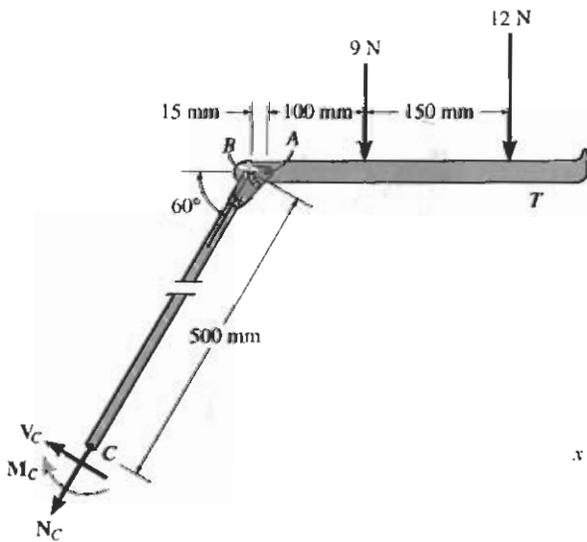
1-18 La viga soporta la carga distribuida mostrada. Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal por el punto  $C$ . Suponga que las reacciones en los soportes  $A$  y  $B$  son verticales.

1-19 Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal por el punto  $D$  en el problema 1-18.



Problemas 1-18/1-19

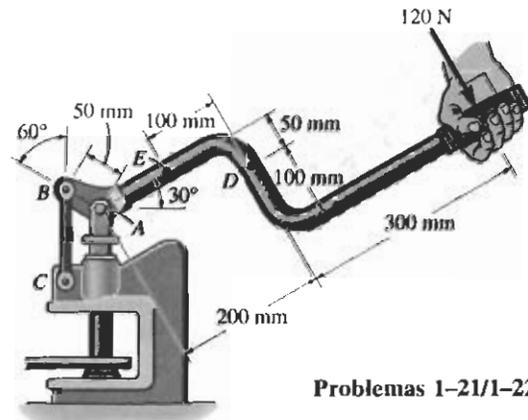
\*1-20 La charola de servicio  $T$  usada en un avión está soportada en *cada lado* por un brazo. La charola está conectada por un pasador al brazo en  $A$ , y en  $B$  tiene un pasador liso. (El pasador puede moverse dentro de la ranura en los brazos para poder plegar la charola contra el asiento del pasajero al frente cuando aquélla no está en uso.) Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal por el punto  $C$  del brazo cuando el brazo de la charola soporta las cargas mostradas.



Problema 1-20

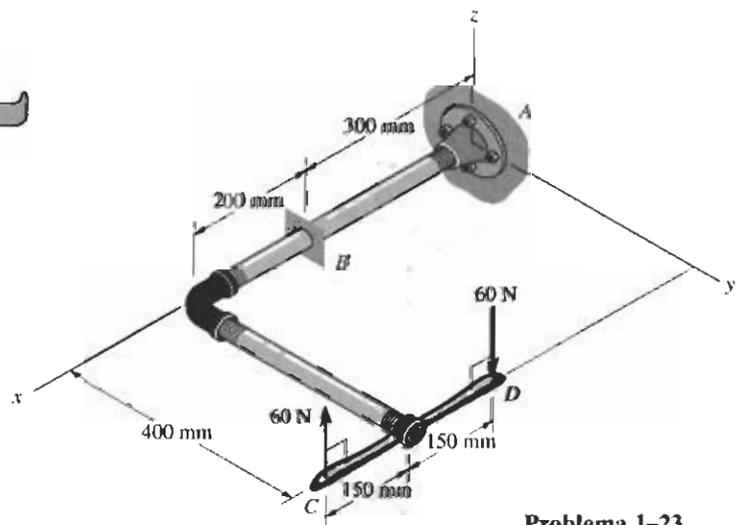
1-21 La perforadora de vástago metálico está sometida a una fuerza de 120 N en su mango. Determine la magnitud de la fuerza reactiva en el pasador  $A$  y en el eslabón corto  $BC$ . Determine también las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal que pasa por  $D$  en el mango.

1-22 Resuelva el problema 1-21 para las cargas internas resultantes sobre la sección transversal que pasan por  $E$  en el mango y en una sección transversal del eslabón corto  $BC$ .



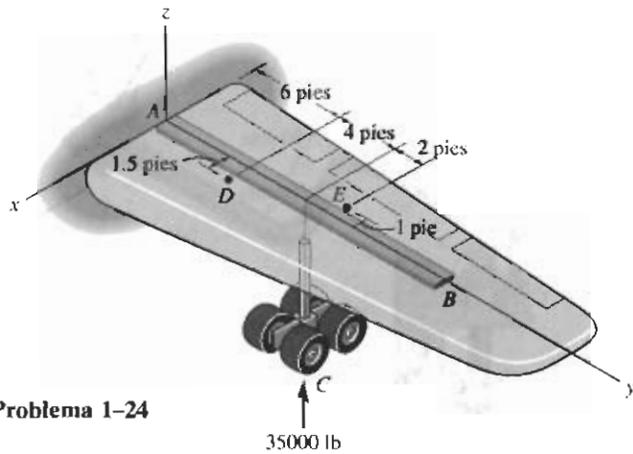
Problemas 1-21/1-22

1-23 El tubo tiene una masa de 12 kg/m. Considerando que está empotrado en la pared en  $A$ , determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal en  $B$ . Desprecie el peso de la llave  $CD$ .



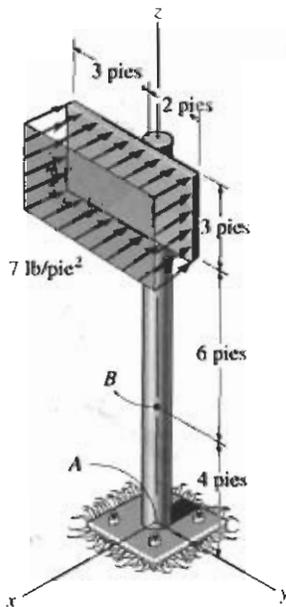
Problema 1-23

**\*1-24** La viga principal  $AB$  soporta la carga sobre el ala del avión. Las cargas consisten en la reacción de la rueda de 35000 lb en  $C$ , el peso de 1200 lb de combustible en el tanque del ala, con centro de gravedad en  $D$  y el peso de 400 lb del ala con centro de gravedad en  $E$ . Si está empotrada al fuselaje en  $A$ , determine las cargas internas resultantes sobre la viga en este punto. Suponga que el ala no transmite ninguna de las cargas al fuselaje, excepto a través de la viga.



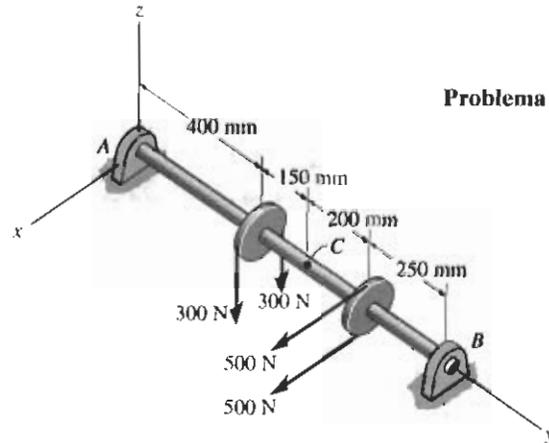
**Problema 1-24**

**1-25** Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal por el punto  $B$  del letrero. El poste está empotrado en el suelo y una presión uniforme de  $7 \text{ lb/pie}^2$  actúa perpendicularmente sobre la cara del letrero.



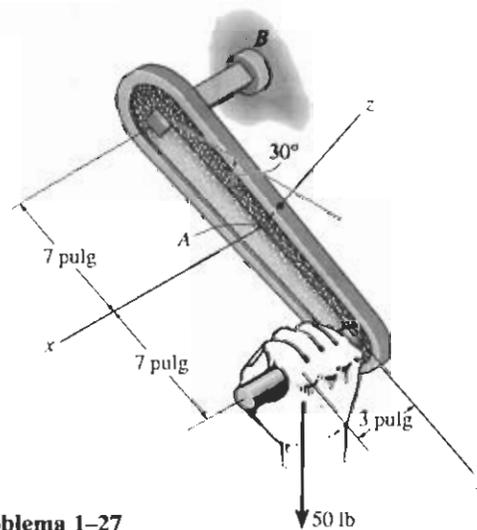
**Problema 1-25**

**1-26** La flecha está soportada en sus extremos por dos cojinetes  $A$  y  $B$  y está sometida a las fuerzas aplicadas a las poleas fijas a la flecha. Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal en el punto  $C$ . Las fuerzas de 300 N actúan en la dirección  $-z$  y las fuerzas de 500 N actúan en la dirección  $+x$ . Los cojinetes en  $A$  y  $B$  ejercen sólo componentes  $x$  y  $z$  de fuerza sobre la flecha.



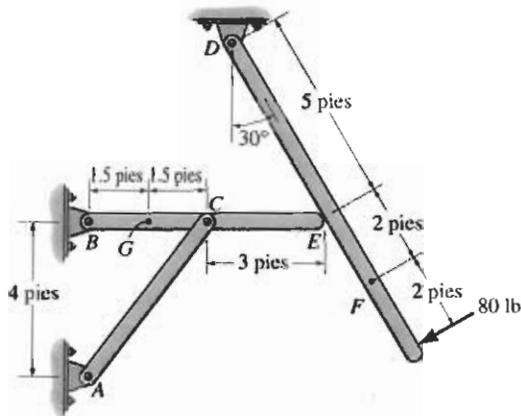
**Problema 1-26**

**1-27** Una manivela de prensa tiene las dimensiones mostradas. Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal en  $A$  si se aplica una fuerza vertical de 50 lb a la manivela como se muestra. Suponga que la manivela está empotrada a la flecha en  $B$ .



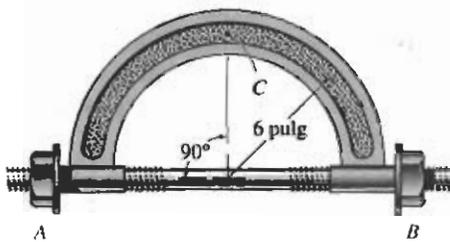
**Problema 1-27**

**\*1-28** Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal por los puntos  $F$  y  $G$  de la estructura. El contacto en  $E$  es liso.



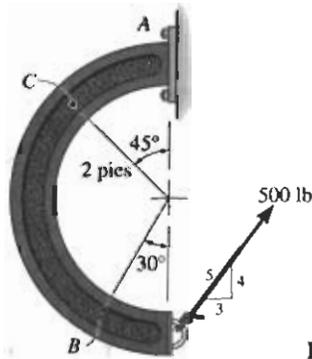
**Problema 1-28**

**1-29** El vástago del perno está sometido a una tensión de 80 lb. Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal en el punto  $C$ .



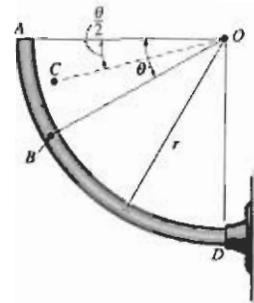
**Problema 1-29**

**1-30** Determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal en los puntos  $B$  y  $C$  del miembro curvo.



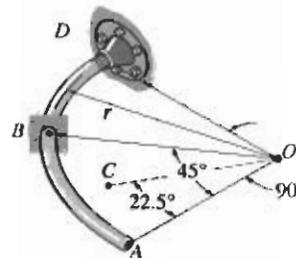
**Problema 1-30**

**1-31** La barra curva  $AD$  de radio  $r$  tiene un peso por longitud de  $w$ . Si se encuentra en un plano vertical, determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal por el punto  $B$ . *Sugerencia:* La distancia del centroide  $C$  del segmento  $AB$  al punto  $O$  es  $OC = [2r \text{ sen } (\theta/2)]/\theta$ .



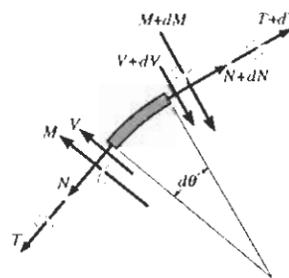
**Problema 1-31**

**\*1-32** La barra curva  $AD$  de radio  $r$  tiene un peso por longitud de  $w$ . Si se encuentra en un plano horizontal, determine las cargas internas resultantes que actúan sobre la sección transversal por el punto  $B$ . *Sugerencia:* La distancia del centroide  $C$  del segmento  $AB$  al punto  $O$  es  $CO = 0.9745r$ .



**Problema 1-32**

**1-33** Se muestra en la figura un elemento diferencial tomado de una barra curva. Demuestre que  $dN/d\theta = V$ ,  $dV/d\theta = -N$ ,  $dM/d\theta = -T$ , y  $dT/d\theta = M$ .



**Problema 1-33**

# RESPUESTAS

## Capítulo 1

- 1-1.** a) 13.8 kip b) 34.9 kN  
**1-2.**  $T_C = 250 \text{ N} \cdot \text{m}$ ,  $T_D = 0$   
**1-3.**  $T_B = 150 \text{ lb} \cdot \text{pie}$ ,  $T_C = 500 \text{ lb} \cdot \text{pie}$   
**1-5.**  $N_D = 131 \text{ N}$ ,  $V_D = 175 \text{ N}$ ,  $M_D = 8.75 \text{ N} \cdot \text{m}$   
**1-6.**  $N_D = 3.75 \text{ kip}$ ,  $V_D = 0$ ,  $M_D = 0$   
**1-7.**  $N_E = 3.75 \text{ kip}$ ,  $V_E = 0$ ,  $M_E = 0$   
**1-9.**  $N_C = 45.0 \text{ kip}$ ,  $V_C = 0$ ,  $M_C = 9.00 \text{ kip} \cdot \text{pie}$   
**1-10.**  $N_D = 527 \text{ lb}$ ,  $V_D = 373 \text{ lb}$ ,  $M_D = 373 \text{ lb} \cdot \text{pie}$ ,  
 $N_E = 75.0 \text{ lb}$ ,  $V_E = 355 \text{ lb}$ ,  $M_E = 727 \text{ lb} \cdot \text{pie}$   
**1-11.**  $V_F = 0$ ,  $N_F = 1004 \text{ lb}$ ,  $M_F = 0$ ,  $N_G = 75.0 \text{ lb}$ ,  
 $V_G = 205 \text{ lb}$ ,  $M_G = 167 \text{ lb} \cdot \text{pie}$   
**1-13.**  $N_B = 2.94 \text{ kN}$ ,  $V_C = 2.94 \text{ kN}$ ,  
 $M_C = 1.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$   
**1-14.**  $N_E = 2.94 \text{ kN}$ ,  $V_E = 2.94 \text{ kN}$ ,  
 $M_E = 2.94 \text{ kN} \cdot \text{m}$   
**1-15.**  $N_B = 0.4 \text{ kip}$ ,  $V_B = 0.960 \text{ kip}$ ,  
 $M_B = 3.12 \text{ kip} \cdot \text{pie}$   
**1-17.**  $N_B = 0$ ,  $V_B = 288 \text{ lb}$ ,  $M_B = 1.15 \text{ kip} \cdot \text{pie}$   
**1-18.**  $N_C = 0$ ,  $V_C = 1.75 \text{ kN}$ ,  $M_C = 8.50 \text{ kN} \cdot \text{m}$   
**1-19.**  $N_D = 0$ ,  $V_D = 1.25 \text{ kN}$ ,  $M_D = 9.50 \text{ kN} \cdot \text{m}$   
**1-21.**  $F_{BC} = 1.39 \text{ kN}$ ,  $F_A = 1.49 \text{ kN}$ ,  $N_D = 1.20 \text{ kN}$ ,  
 $V_D = 0$ ,  $M_D = 36.0 \text{ N} \cdot \text{m}$   
**1-22.**  $N_E = 0$ ,  $V_E = 120 \text{ N}$ ,  $M_E = 48.0 \text{ N} \cdot \text{m}$ ,  $V = 0$ ,  
 $N = 1.39 \text{ kN}$ ,  $M = 0$   
**1-23.**  $(N_B)_x = 0$ ,  $(V_B)_y = 0$ ,  $(V_B)_z = 70.6 \text{ N}$ ,  
 $(T_B)_x = 9.42 \text{ N} \cdot \text{m}$ ,  $(M_B)_y = 6.23 \text{ N} \cdot \text{m}$ ,  $(M_B)_z = 0$   
**1-25.**  $(V_B)_x = 105 \text{ lb}$ ,  $(V_B)_y = 0$ ,  $(N_B)_z = 0$ ,  $(M_B)_x = 0$ ,  
 $(M_B)_y = 788 \text{ lb} \cdot \text{pie}$ ,  $(T_B)_z = 52.5 \text{ lb} \cdot \text{pie}$   
**1-26.**  $(V_C)_x = -250 \text{ N}$ ,  $(N_C)_y = 0$ ,  $(V_C)_z = -240 \text{ N}$ ,  
 $(M_C)_x = -108 \text{ N} \cdot \text{m}$ ,  $(T_C)_y = 0$ ,  
 $(M_C)_z = -138 \text{ N} \cdot \text{m}$   
**1-27.**  $V_x = 0$ ,  $N_y = -25 \text{ lb}$ ,  $V_z = 43.3 \text{ lb}$ ,  
 $M_x = 303 \text{ lb} \cdot \text{pulg}$ ,  $T_y = -130 \text{ lb} \cdot \text{pulg}$ ,  
 $M_z = -75 \text{ lb} \cdot \text{pulg}$   
**1-29.**  $N_C = 80 \text{ lb}$ ,  $V_C = 0$ ,  $M_C = 480 \text{ lb} \cdot \text{pulg}$   
**1-30.**  $V_B = 496 \text{ lb}$ ,  $N_B = 59.8 \text{ lb}$ ,  $M_B = 480 \text{ lb} \cdot \text{pie}$ ,  
 $N_C = 495 \text{ lb}$ ,  $V_C = 70.7 \text{ lb}$ ,  $M_C = 1.59 \text{ kip} \cdot \text{pie}$   
**1-31.**  $N_B = -wr \theta \cos \theta$ ,  $V_B = -wr \theta \sin \theta$ ,  
 $M_B = wr^2 (\theta \cos \theta - \sin \theta)$   
**1-34.** 1.82 MPa  
**1-35.** 6.11 ksi  
**1-37.** 22.5 kip, 0.833 pulg  
**1-38.** 36 kN, 110 mm  
**1-39.** 29.5 MPa  
**1-41.** 869 psi, 50.5 psi  
**1-42.** 746 psi  
**1-43.** 720 psi  
**1-45.**  $\bar{x} = 4 \text{ pulg}$ ,  $\bar{y} = 4 \text{ pulg}$ ,  $\sigma = 9.26 \text{ psi}$   
**1-46.**  $\sigma = 8 \text{ MPa}$ ,  $\tau_{\text{prom}} = 4.62 \text{ MPa}$   
**1-47.**  $\sigma_D = 13.3 \text{ MPa (C)}$ ,  $\sigma_E = 70.7 \text{ MPa (T)}$   
**1-49.**  $\tau_{a-a} = 52.0 \text{ kPa}$ ,  $\sigma_{a-a} = 90.0 \text{ kPa}$   
**1-50.**  $\sigma' = 62.6 \text{ ksi}$ ,  $\tau'_{\text{prom}} = 48.9 \text{ ksi}$ ,  $\sigma = 101 \text{ ksi}$ ,  $\tau_{\text{prom}} = 0$   
**1-51.**  $\theta = 45^\circ$ ,  $\tau_{\text{máx}} = \frac{P}{2A}$   
**1-53.**  $\sigma_{BA} = 1.63 \text{ ksi}$ ,  $\sigma_{BC} = 0.819 \text{ ksi}$   
**1-54.**  $\sigma = 66.7 \text{ psi}$ ,  $\tau = 115 \text{ psi}$   
**1-55.** 16 psi  
**1-57.**  $\theta = 63.6^\circ$ ,  $\sigma = 316 \text{ MPa}$   
**1-58.**  $\sigma_{AB} = 10.7 \text{ ksi (T)}$ ,  $\sigma_{AE} = 8.53 \text{ ksi (C)}$ ,  
 $\sigma_{ED} = 8.53 \text{ ksi}$ ,  $\sigma_{EB} = 4.80 \text{ ksi (T)}$ ,  
 $\sigma_{BC} = 23.5 \text{ ksi (T)}$ ,  $\sigma_{BD} = 18.7 \text{ ksi (C)}$   
**1-59.** 6.82 kip

- 1-61.  $\sigma_{AB} = 333 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_{CD} = 250 \text{ MPa}$   
 1-62. 1.20 m  
 1-63. 11.1 ksi  
 1-65.  $w = 21.8 \text{ kN/m}$   
 1-67.  $\tau_B = \tau_C = 324 \text{ MPa}$ ,  $\tau_A = 324 \text{ MPa}$   
 1-69. 121 psi  
 1-70.  $\sigma = 8.15 \text{ ksi}$ ,  $\tau = 5.87 \text{ ksi}$   
 1-71. 339 MPa  
 1-73. 5.86 psi  
 1-74. 3.39 psi  
 1-75.  $\sigma = (238 - 22.6z) \text{ kPa}$   
 1-77.  $r = r_1 e^{\left(\frac{m_1/m_2}{2p}\right)z}$   
 1-78. 49.5 kPa  
 1-79. 6.85 rad/s  
 1-81. 90 kN,  $6.19(10^{-3}) \text{ m}^2$ , 155 kN  
 1-82. 15.2 mm  
 1-83. 5.71 mm  
 1-85. 19.8 kip  
 1-86. 3.26 kip  
 1-87. 3.09 kip  
 1-89. 2.40 kN  
 1-90. 431 lb  
 1-91.  $d = 1 \frac{1}{16} \text{ pulg}$   
 1-93.  $l_A = \frac{1}{2} \text{ pulg}$ ,  $l_B = \frac{3}{4} \text{ pulg}$   
 1-94. Use una placa de  $3'' \times 3''$  y una de  $4 \frac{1}{2}'' \times 4 \frac{1}{2}''$   
 1-95. 1.16 kip  
 1-97.  $d_{AB} = 15.5 \text{ mm}$ ,  $d_{AC} = 13.0 \text{ mm}$   
 1-98. 7.54 kN  
 1-99. 1.53 ksi, 1.68 ksi  
 1-101.  $\tau = 23.9 \text{ ksi}$ , 1.05,  $\sigma = 30.6 \text{ ksi}$ , 1.24  
 1-102. 0.452 kip/pie  
 1-103. 2.71, 1.53  
 1-105.  $d_B = 6.11 \text{ mm}$ ,  $d_w = 15.4 \text{ mm}$   
 1-106. 0.909 m  
 1-107. 7.18 kN/m  
 1-109.  $w_1 = 5.33 \text{ kip/pulg}$ ,  $w_2 = 8 \text{ kip/pulg}$ ,  
 $d = 0.714 \text{ pulg}$   
 1-110.  $P = 3.14 \text{ kip}$ ,  $w_1 = 2.09 \text{ kip/pulg}$ ,  
 $w_2 = 3.14 \text{ kip/pulg}$   
 1-111. 561 kN  
 1-113.  $\sigma_{a-a} = 33.9 \text{ psi}$ ,  $\tau_{a-a} = 0$ ,  $\tau_{b-b} = 8.48 \text{ psi}$ ,  
 $\tau_{b-b} = 14.7 \text{ psi}$   
 1-114.  $N_D = 1.20 \text{ kip}$ ,  $V_D = 0.625 \text{ kip}$ ,

$$M_D = 0.769 \text{ kip} \cdot \text{pie}, N_E = 2.00 \text{ kip},$$

$$V_E = 0, M_E = 0$$

- 1-115. 11.1 mm  
 1-117.  $N_D = 2.16 \text{ kip}$ ,  $V_D = 0$ ,  $M_D = 2.16 \text{ kip} \cdot \text{pie}$ ,  
 $N_E = 4.32 \text{ kip}$ ,  $V_E = 0.540 \text{ kip}$ ,  
 $M_E = 2.16 \text{ kip} \cdot \text{pie}$   
 1-118. 61.3 MPa  
 1-119.  $\sigma_{40} = 3.98 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_{30} = 7.07 \text{ MPa}$ ,  $\tau_{\text{prom}} = 5.09 \text{ MPa}$

## Capítulo 2

- 2-1. 0.167 pulg/pulg  
 2-2. 0.0472 pulg/pulg  
 2-3.  $\epsilon_{CE} = 0.00250 \text{ mm/mm}$ ,  $\epsilon_{BD} = 0.00107 \text{ mm/mm}$   
 2-5. 0.0343  
 2-6.  $\epsilon_{AB} = \frac{0.5\Delta L}{L}$   
 2-7. 0.00578 mm/mm  
 2-9. 4.38 mm  
 2-10. 0.0398  
 2-11.  $\epsilon_{AB} = \frac{0.5\Delta L}{L}$   
 2-13. 0.00443 mm/mm  
 2-14. 0.00884 mm/mm  
 2-15.  $\epsilon_x = -0.03 \text{ pulg/pulg}$ ,  $\epsilon_y = 0.02 \text{ pulg/pulg}$   
 2-17.  $\epsilon_{AB} = -0.00469 \text{ pulg/pulg}$ ,  
 $\epsilon_{AC} = 0.0200 \text{ pulg/pulg}$ ,  
 $\epsilon_{DB} = -0.0300 \text{ pulg/pulg}$   
 2-19.  $\epsilon_{DB} = \epsilon_{AB} \cos^2\theta + \epsilon_{CB} \sin^2\theta$   
 2-21.  $\epsilon = 2kx$   
 2-22.  $\Delta L = \frac{1}{2}[1 - e^{-L^2}]$   
 2-23. 0.02 rad  
 2-25. 0.0142 rad  
 2-26.  $\epsilon_{DB} = -0.00680 \text{ mm/mm}$ ,  
 $\epsilon_{AD} = 0.0281(10^{-3}) \text{ mm/mm}$   
 2-27.  $\epsilon_x = \epsilon_y = 0$ ,  $\gamma_{xy} = 0.0798 \text{ rad}$ ,  $\epsilon_{BE} =$   
 $-0.0179 \text{ mm/mm}$   
 2-29.  $(\Delta x)_B = \frac{kL^3}{3}$ ,  $(\epsilon_x)_{\text{prom}} = \frac{kL^2}{3}$   
 2-30.  $(\Delta x)_C = \frac{kL}{\pi}$ ,  $\epsilon_{\text{prom}} = \frac{2k}{\pi}$   
 2-31. 0.10 pies  
 2-33.  $\gamma_A = 0$ ,  $\gamma_B = 0.199 \text{ rad}$   
 2-34.  $\epsilon_{AB} = \frac{v_B \sin \theta}{L} - \frac{u_A \cos \theta}{L}$