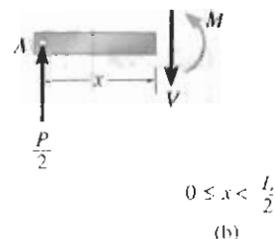
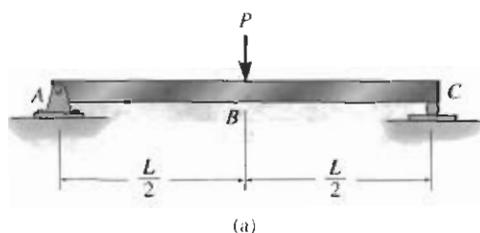


**EJEMPLO 6-1**

Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga mostrada en la figura 6-4a.


**SOLUCIÓN**

**Reacciones en los soportes.** Las reacciones en los soportes se muestran en la figura 6-4d.

**Funciones de fuerza cortante y momento flexionante.** La viga se secciona a una distancia  $x$  arbitraria del soporte  $A$ , extendiéndose dentro de la región  $AB$ , y el diagrama de cuerpo libre del segmento izquierdo se muestra en la figura 6-4b. Las incógnitas  $V$  y  $M$  se indican actuando en *sentido positivo* sobre la carga derecha del segmento, de acuerdo con la convención de signos establecida. Aplicando las ecuaciones de equilibrio se obtiene:

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad V = \frac{P}{2} \quad (1)$$

$$\curvearrowleft \Sigma M = 0; \quad M = \frac{P}{2}x \quad (2)$$

En la figura 6-4c se muestra un diagrama de cuerpo libre para un segmento izquierdo de la viga que se extiende una distancia  $x$  dentro de la región  $BC$ . Como siempre,  $V$  y  $M$  se muestran actuando en *sentido positivo*. Por tanto,

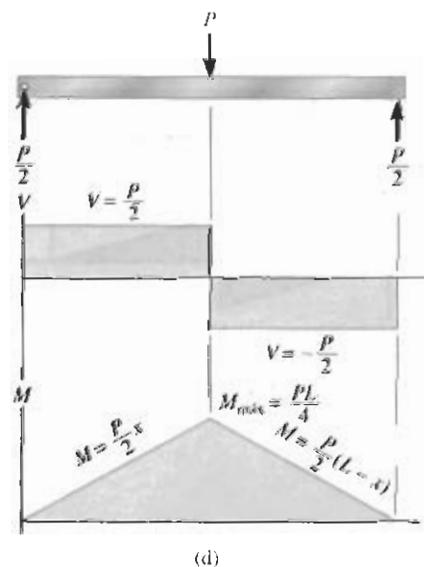
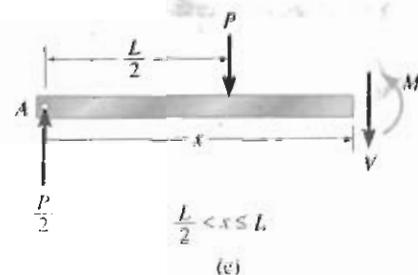
$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad \frac{P}{2} - P - V = 0$$

$$V = -\frac{P}{2} \quad (3)$$

$$\curvearrowleft \Sigma M = 0; \quad M + P\left(x - \frac{L}{2}\right) - \frac{P}{2}x = 0$$

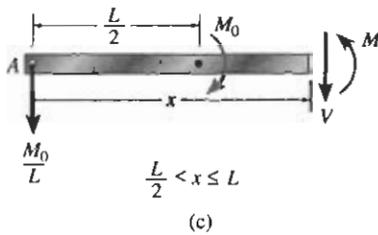
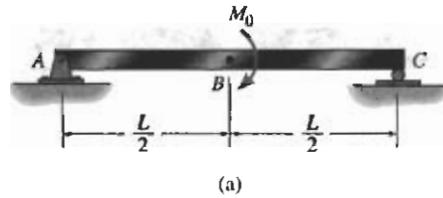
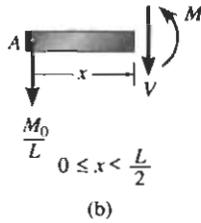
$$M = \frac{P}{2}(L - x) \quad (4)$$

El diagrama de fuerza cortante representa una gráfica de las ecuaciones 1 y 3 y el diagrama de momento flexionante representa una gráfica de las ecuaciones 2 y 4, figura 6-4d. Note que las ecuaciones pueden verificarse, ya que  $V = dM/dx$  en cada caso. También  $-w = dV/dx = 0$ , ya que no hay carga distribuida sobre la viga, ni entre  $A$  y  $B$ , ni entre  $B$  y  $C$ .


**Figura 6-4**

**EJEMPLO 6-2**

Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga mostrada en la figura 6-5a.



**SOLUCIÓN**

**Reacciones en los soportes.** Las reacciones en los soportes se han determinado y se muestran en la figura 6-5d.

**Funciones de fuerza cortante y momento flexionante.** Este problema es similar al del ejemplo anterior, en el que deben usarse dos coordenadas  $x$  para expresar la fuerza cortante y el momento en toda la longitud de la viga. Para el segmento dentro de la región  $AB$ , figura 6-5b, tenemos:

$$\begin{aligned}
 +\uparrow \Sigma F_y = 0; & & V &= -\frac{M_0}{L} \\
 \curvearrowright \Sigma M = 0; & & M &= -\frac{M_0}{L}x
 \end{aligned}$$

Para el segmento dentro de la región  $BC$ , figura 6-5c, tenemos:

$$\begin{aligned}
 +\uparrow \Sigma F_y = 0; & & V &= -\frac{M_0}{L} \\
 \curvearrowright \Sigma M = 0; & & M &= M_0 - \frac{M_0}{L}x \\
 & & M &= M_0 \left(1 - \frac{x}{L}\right)
 \end{aligned}$$

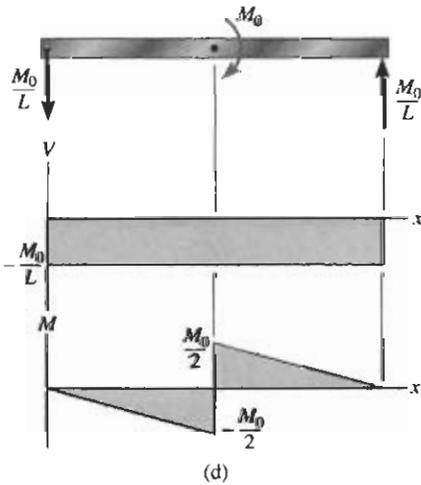


Figura 6-5

**Diagramas de fuerza cortante y momento flexionante.** Cuando se grafican las funciones anteriores se obtienen los diagramas mostrados en la figura 6-5d. En este caso, advierta que la fuerza cortante es constante en toda la longitud de la viga; es decir, que no es afectada por el momento concentrado  $M_0$  que actúa en el centro de la viga. Así como una fuerza crea un salto en el diagrama de fuerza cortante, ejemplo 6-1, un momento concentrado crea un salto en el diagrama de momento flexionante.

**EJEMPLO 6-3**

Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga mostrada en la figura 6-6a.

**SOLUCIÓN**

**Reacciones en los soportes.** Las reacciones en los soportes ya se han calculado y se muestran en la figura 6-6c.

**Funciones de fuerza cortante y momento flexionante.** En la figura 6-6b se muestra un diagrama de cuerpo libre del segmento izquierdo de la viga. La carga distribuida sobre este segmento está representada por su fuerza resultante sólo *después* de que el segmento se aísla como un diagrama de cuerpo libre. Dado que el segmento tiene una longitud  $x$ , la *magnitud* de la *fuerza resultante* es  $w x$ . Esta fuerza actúa a través del centroide del área que comprende la carga distribuida, a una distancia  $x/2$  desde el extremo derecho. Aplicando las dos ecuaciones de equilibrio se obtiene:

$$\begin{aligned}
 \uparrow \Sigma F_y = 0; \quad & \frac{wL}{2} - wx - V = 0 \\
 & V = w\left(\frac{L}{2} - x\right) \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \zeta^+ \Sigma M = 0; \quad & -\left(\frac{wL}{2}\right)x + (wx)\left(\frac{x}{2}\right) + M = 0 \\
 & M = \frac{w}{2}(Lx - x^2) \quad (2)
 \end{aligned}$$

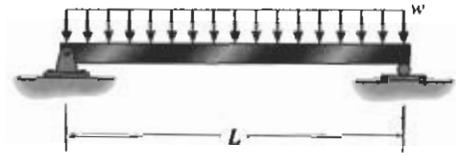
Estos resultados para  $V$  y  $M$  pueden verificarse notando que  $dV/dx = -w$ . Esto es ciertamente correcto, ya que  $w$  actúa hacia abajo. Advierta también que  $dM/dx = V$ , como era de esperarse.

**Diagramas de fuerza cortante y momento flexionante.** Estos diagramas, mostrados en la figura 6-6c, se obtienen graficando las ecuaciones 1 y 2. El punto de *fuerza cortante nula* puede encontrarse con la ecuación 1:

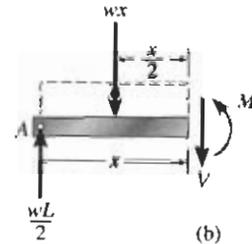
$$\begin{aligned}
 V = w\left(\frac{L}{2} - x\right) &= 0 \\
 x &= \frac{L}{2}
 \end{aligned}$$

En el diagrama de momento vemos que este valor de  $x$  representa el punto sobre la viga donde se presenta el *máximo momento*, ya que según la ecuación 6-2, la pendiente  $V = dM/dx = 0$ . De la ecuación 2 tenemos:

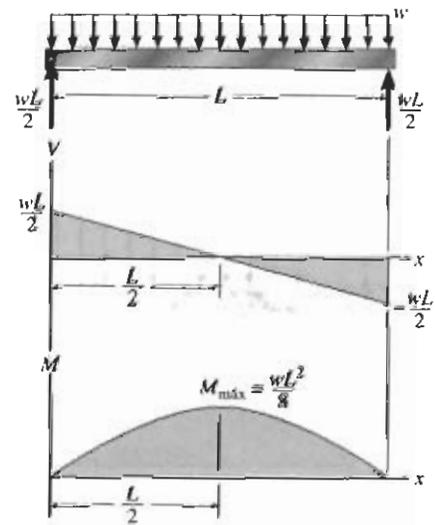
$$\begin{aligned}
 M_{\text{máx}} &= \frac{w}{2}\left[L\left(\frac{L}{2}\right) - \left(\frac{L}{2}\right)^2\right] \\
 &= \frac{wL^2}{8}
 \end{aligned}$$



(a)



(b)

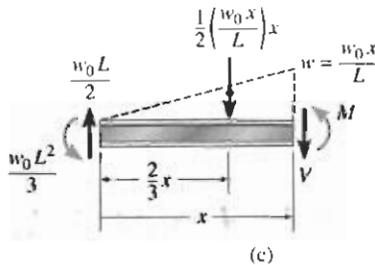
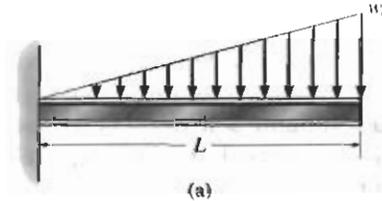
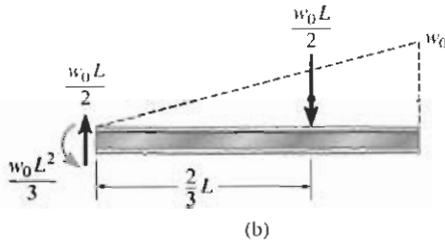


(c)

**Figura 6-6**

**EJEMPLO 6-4**

Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga mostrada en la figura 6-7a.

**SOLUCIÓN**

**Reacciones en los soportes.** La carga distribuida se reemplaza por su fuerza resultante y las reacciones se han determinado y se muestran en la figura 6-7b.

**Funciones de fuerza cortante y momento flexionante.** En la figura 6-7c se muestra un diagrama de cuerpo libre de un segmento de longitud  $x$  de la viga. Note que la intensidad de la carga triangular en la sección se encuentra por proporción, esto es,  $w/x = w_0/L$  o  $w = w_0 x/L$ . Conocida la intensidad de la carga, la resultante de la carga distribuida se determina por el área bajo el diagrama, figura 6-7c. Así,

$$\begin{aligned} \uparrow \Sigma F_y = 0; \quad \frac{w_0 L}{2} - \frac{1}{2} \left( \frac{w_0 x}{L} \right) x - V &= 0 \\ V &= \frac{w_0}{2L} (L^2 - x^2) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \downarrow \Sigma M = 0; \quad \frac{w_0 L^2}{3} - \frac{w_0 L}{2} (x) + \frac{1}{2} \left( \frac{w_0 x}{L} \right) x \left( \frac{1}{3} x \right) + M &= 0 \\ M &= \frac{w_0}{6L} (-2L^3 + 3L^2 x - x^3) \end{aligned} \quad (2)$$

Estos resultados pueden verificarse aplicando las ecuaciones 6-1 y 6-2, así

$$\begin{aligned} w &= -\frac{dV}{dx} = -\frac{w_0}{2L} (0 - 2x) = \frac{w_0 x}{L} \\ V &= \frac{dM}{dx} = \frac{w_0}{6L} (-0 + 3L^2 - 3x^2) = \frac{w_0}{2L} (L^2 - x^2) \end{aligned}$$

**Diagramas de fuerza cortante y momento flexionante.** Las gráficas de las ecuaciones 1 y 2 se muestran en la figura 6-7d.

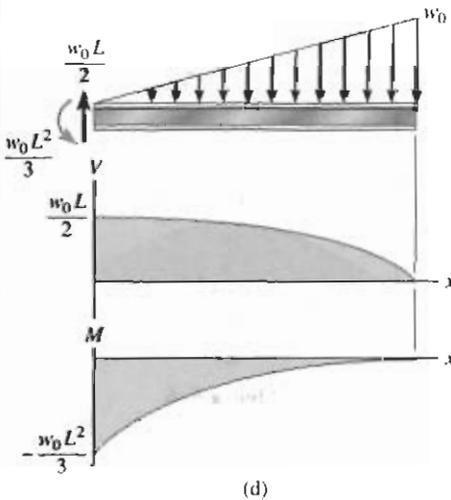


Figura 6-7

**EJEMPLO 6-5**

Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga mostrada en la figura 6-8a.

**SOLUCIÓN**

**Reacciones en los soportes.** La carga distribuida se subdivide en una componente triangular y en una componente rectangular de carga; luego éstas se reemplazan por sus fuerzas resultantes. Las reacciones se han determinado y se muestran sobre el diagrama de cuerpo libre de la viga, figura 6-8b.

**Funciones de fuerza cortante y momento flexionante.** En la figura 6-8c se muestra un diagrama de cuerpo libre del segmento izquierdo. Igual que antes, la carga trapezoidal se reemplaza por una distribución rectangular y una triangular. Observe que la intensidad de la carga triangular en la sección se encuentra por proporción. Se muestran también la fuerza y la posición resultantes de cada carga distribuida. Aplicando las ecuaciones de equilibrio, tenemos:

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0: 30 \text{ kip} - (2 \text{ kip/pie})x - \frac{1}{2}(4 \text{ kip/pie})\left(\frac{x}{18 \text{ pies}}\right)x - V = 0$$

$$V = \left(30 - 2x - \frac{x^2}{9}\right) \text{ kip} \quad (1)$$

$$+\circlearrowleft \Sigma M = 0;$$

$$-30 \text{ kip}(x) + (2 \text{ kip/pie})x\left(\frac{x}{2}\right) + \frac{1}{2}(4 \text{ kip/pie})\left(\frac{x}{18 \text{ pies}}\right)x\left(\frac{x}{3}\right) + M = 0$$

$$M = \left(30x - x^2 - \frac{x^3}{27}\right) \text{ kip} \cdot \text{pie} \quad (2)$$

La ecuación 2 puede verificarse considerando que  $dM/dx = V$ , esto es, mediante la ecuación 1. También,  $w = -dV/dx = 2 + \frac{2}{9}x$ . Esta ecuación se cumple, ya que cuando  $x = 0$ ,  $w = 2 \text{ kip/pie}$ , y cuando  $x = 18 \text{ pies}$ ,  $w = 6 \text{ kip/pie}$ , figura 6-8a.

**Diagramas de fuerza cortante y momento flexionante.** Las ecuaciones 1 y 2 están graficadas en la figura 6-8d. Como en el punto de momento máximo  $dM/dx = V = 0$ , entonces, de la ecuación 1,

$$0 = 30 - 2x - \frac{x^2}{9}$$

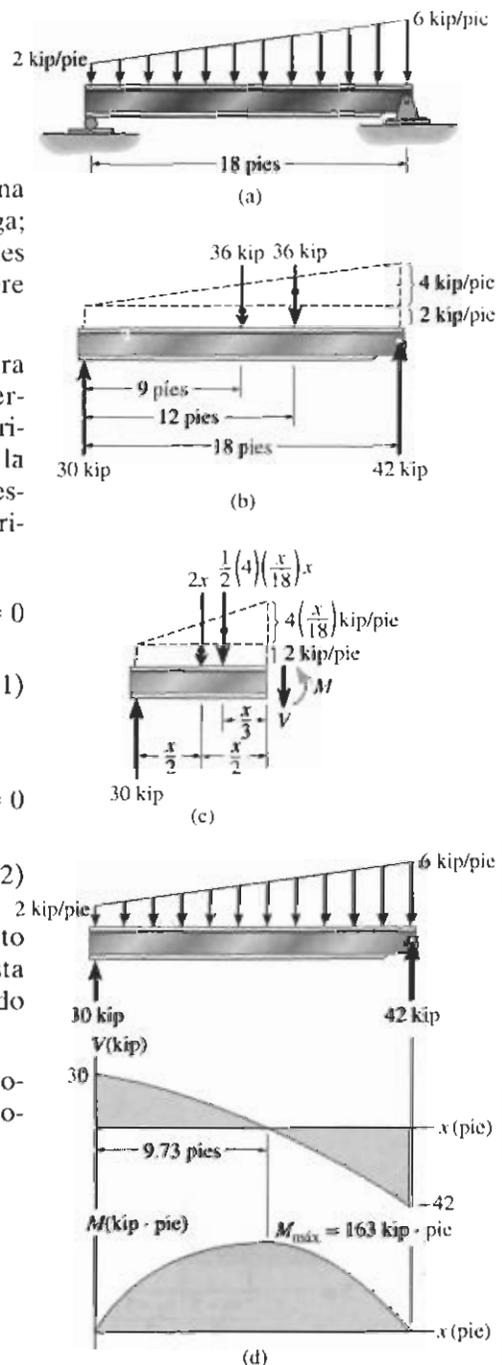
Escogiendo la raíz positiva,

$$x = 9.73 \text{ pies}$$

Entonces, de la ecuación 2,

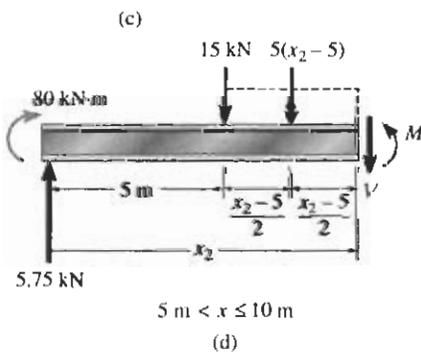
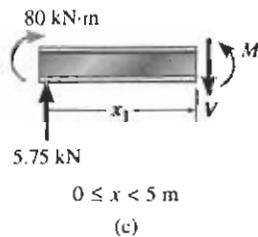
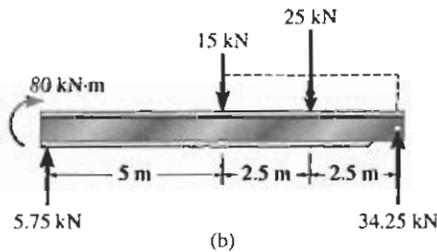
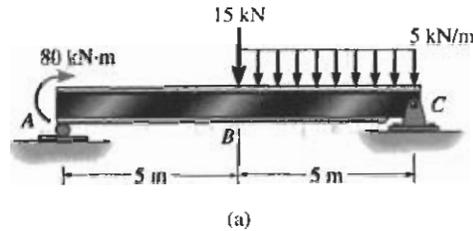
$$M_{\text{máx}} = 30(9.73) - (9.73)^2 - \frac{(9.73)^3}{27}$$

$$= 163 \text{ kip} \cdot \text{pie}$$


**Figura 6-8**

**EJEMPLO 6-6**

Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga mostrada en la figura 6-9a.



**Figura 6-9**

**SOLUCIÓN I**

**Reacciones en los soportes.** Las reacciones en los soportes se han determinado y se muestran sobre el diagrama de cuerpo libre de la viga, figura 6-9b.

**Funciones de fuerza cortante y momento flexionante.** Como se tiene una discontinuidad de carga distribuida y también una carga concentrada en el centro de la viga, deben considerarse dos regiones de  $x$  para describir las funciones de fuerza cortante y momento flexionante en toda la viga. Ambas coordenadas tendrán su origen en A, y  $x_1$  es válida de A hacia B, mientras que  $x_2$  es válida de B hacia C.

$0 \leq x_1 < 5$  m, figura 6-9c:

$$\begin{aligned} \uparrow \Sigma F_y = 0; & \quad 5.75 \text{ kN} - V = 0 \\ & \quad V = 5.75 \text{ kN} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \downarrow \Sigma M = 0; & \quad -80 \text{ kN} \cdot \text{m} - 5.75 \text{ kN} x_1 + M = 0 \\ & \quad M = (5.75x_1 + 80) \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned} \quad (2)$$

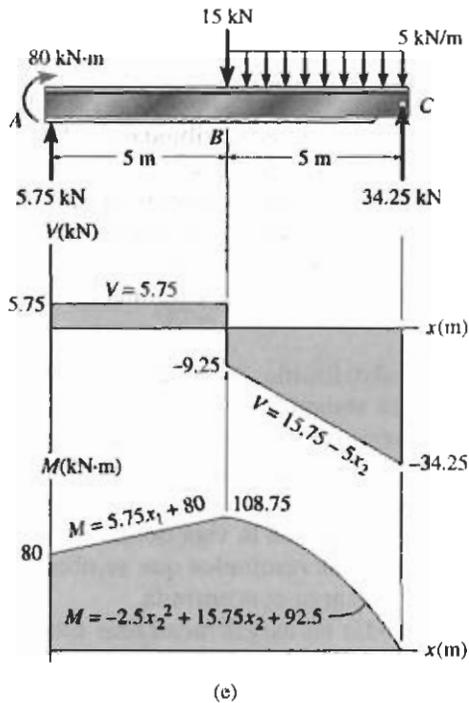
$5 \text{ m} < x_2 \leq 10$  m, figura 6-9d:

$$\begin{aligned} \uparrow \Sigma F_y = 0; & \quad 5.75 \text{ kN} - 15 \text{ kN} - 5 \text{ kN/m}(x_2 - 5 \text{ m}) - V = 0 \\ & \quad V = (15.75 - 5x_2) \text{ kN} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \downarrow \Sigma M = 0; & \quad -80 \text{ kN} \cdot \text{m} - 5.75 \text{ kN} x_2 + 15 \text{ kN}(x_2 - 5 \text{ m}) \\ & \quad + 5 \text{ kN/m}(x_2 - 5 \text{ m}) \left( \frac{x_2 - 5 \text{ m}}{2} \right) + M = 0 \\ & \quad M = (-2.5x_2^2 + 15.75x_2 + 92.5) \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned} \quad (4)$$

Estos resultados pueden verificarse aplicando  $w = -dV/dx$  y  $V = dM/dx$ . También, cuando  $x_1 = 0$ , las ecuaciones 1 y 2 dan  $V = 5.75$  kN y  $M = 80$  kN · m; cuando  $x_2 = 10$  m, las ecuaciones 3 y 4 dan  $V = -34.25$  kN y  $M = 0$ . Estos valores concuerdan con las reacciones en los soportes mostradas sobre el diagrama de cuerpo libre, figura 6-9b.

**Diagramas de fuerza cortante y momento flexionante.** Las ecuaciones 1 a la 4 están graficadas en la figura 6-9e. Observe las discontinuidades que ocurren en los puntos de fuerza y momento concentrado.



## SOLUCIÓN II

Por inspección, es más simple escoger  $x_2$  con origen en C y extenderla positivamente hacia la izquierda de C hacia B, figura 6-9f. Aquí,  $V$  y  $M$  actúan sobre la cara izquierda del segmento y de acuerdo con nuestra convención de signos, figura 6-3, deben estar dirigidas como se muestran. Tenemos:

$$0 \leq x_2 < 5 \text{ m}$$

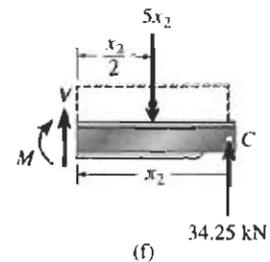
$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad V - (5 \text{ kN/m})x_2 + 34.25 \text{ kN} = 0$$

$$V = (5x_2 - 34.25) \text{ kN} \quad (5)$$

$$+\circlearrowleft \Sigma M = 0; \quad -M - (5 \text{ kN/m})x_2 \left(\frac{x_2}{2}\right) + 34.25 \text{ kN } x_2 = 0$$

$$M = (34.25x_2 - 2.5x_2^2) \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (6)$$

Estas dos ecuaciones definen las porciones recta y parabólica de los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la región BC en la figura 6-9e. Son *funciones diferentes* a las dadas por las ecuaciones 3 y 4, ya que describen las curvas desde un origen y dirección positiva diferentes. Sin embargo, observe que ellas dan los mismos valores obtenidos previamente, por ejemplo, en  $x_2 = 0$ ,  $V = -34.25$  kN,  $M = 0$ , y en  $x_2 = 5$  m,  $V = -9.25$  kN y  $M = 108.75$  kN·m. ¿Puede usted explicar, en este caso, con la  $x$  positiva hacia la izquierda, por qué  $dM/dx = -V$ ? (Consulte la obtención de la ecuación 6-2.)



**EJEMPLO 6-7**

Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga en la figura 6-13a.

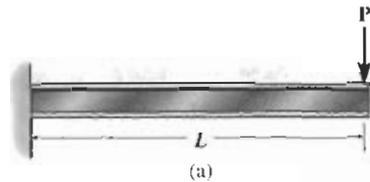
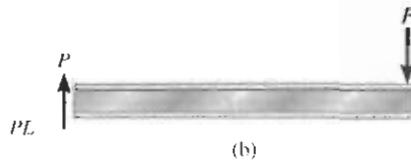


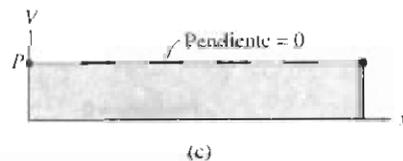
Figura 6-13

**SOLUCIÓN**

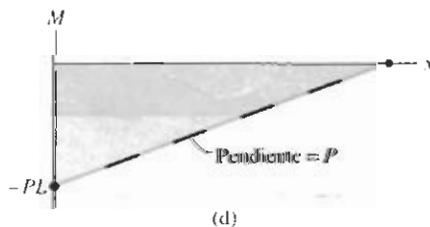
**Reacciones en los soportes.** Las reacciones se calculan y se muestran sobre un diagrama de cuerpo libre, figura 6-13b.



**Diagrama de fuerza cortante.** Se traza primero la fuerza cortante en cada extremo de la viga. De acuerdo con la convención de signos, figura 6-3, en  $x = 0$ ,  $V = +P$  y en  $x = L$ ,  $V = +P$ , figura 6-13c. Como  $w = 0$  para  $0 < x < L$ , la *pendiente* del diagrama de fuerza cortante será cero ( $dV/dx = -w = 0$ ) en todo punto, por lo que una línea recta conectará los puntos extremos.



**Diagrama de momento flexionante.** Se traza primero el momento flexionante en cada extremo de la viga, es decir, en  $x = 0$ ,  $M = -PL$  y en  $x = L$ ,  $M = 0$ , figura 6-13d. El diagrama de fuerza cortante indica que la *pendiente* del diagrama de momento será *constante-positiva* para  $0 < x < L$ , de manera que esta pendiente es  $dM/dx = V = +P$  en todo punto. Por consiguiente, los puntos extremos están conectados por una línea recta de pendiente positiva como se muestra en la figura 6-13d.



**EJEMPLO 6-8**

Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga mostrada en la figura 6-14a.

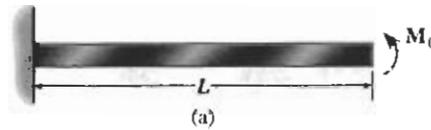
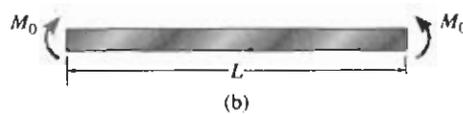


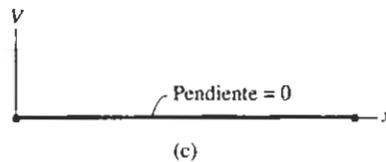
Figura 6-14

**SOLUCIÓN**

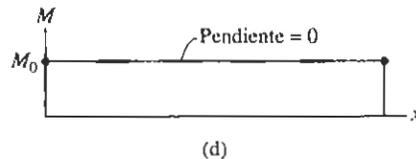
**Reacciones en el soporte.** La reacción en el empotramiento se ha calculado y se muestra sobre el diagrama de cuerpo libre, figura 6-14b.



**Diagrama de fuerza cortante.** Se trazan primero las fuerzas cortantes  $V = 0$  en cada punto extremo,  $x = 0$  y  $x = L$ , figura 6-14c. Como no existe ninguna carga distribuida sobre la viga para  $0 < x < L$ , el diagrama de fuerza cortante tendrá *pendiente* cero,  $dV/dx = -w(x) = 0$  en todo punto. Por tanto, una línea horizontal conecta los puntos extremos, lo que indica que la fuerza cortante es cero en toda la viga.



**Diagrama de momento flexionante.** El momento  $M_0$  en los puntos extremos de la viga,  $x = 0$  y  $x = L$ , se grafica primero en la figura 6-14d. El diagrama de fuerza cortante indica que la *pendiente* del diagrama de momento será cero para  $0 < x < L$ , ya que  $dM/dx = V = 0$ . Por consiguiente, una línea horizontal conecta los puntos extremos, como se muestra.



**EJEMPLO 6-9**

Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga mostrada en la figura 6-15a.

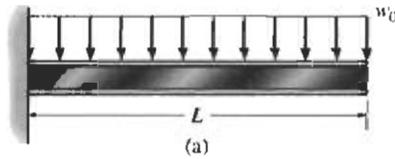
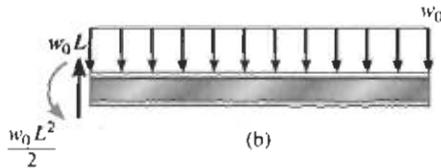


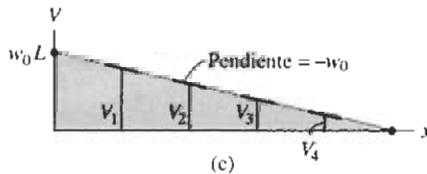
Figura 6-15

**SOLUCIÓN**

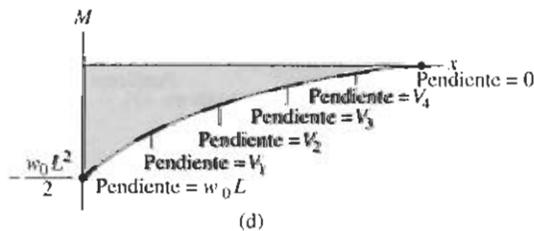
**Reacciones en el soporte.** Las reacciones en el empotramiento se han calculado y se muestran sobre el diagrama de cuerpo libre, figura 6-15b.



**Diagrama de fuerza cortante.** Se traza primero la fuerza cortante en cada punto extremo,  $x = 0$  y  $x = L$ , figura 6-15c. La carga distribuida sobre la viga es constante-positiva, y como  $dV/dx = -w_0$ , la *pendiente* del diagrama de fuerza cortante será constante-negativa. Una línea recta de pendiente negativa conecta entonces los puntos extremos.



**Diagrama de momento flexionante.** Se traza primero el momento flexionante en cada punto extremo,  $x = 0$  y  $x = L$ , figura 6-15d. Valores sucesivos de la fuerza cortante sobre el diagrama de cortante indican que la *pendiente* del diagrama de momento será siempre positiva, pero linealmente decreciente, del valor  $dM/dx = w_0 L$  en  $x = 0$  al valor  $dM/dx = 0$  en  $x = L$ . Como el diagrama de fuerza cortante es *lineal*, el diagrama de momento flexionante será *parabólico* con una pendiente linealmente decreciente, según se muestra en la figura.



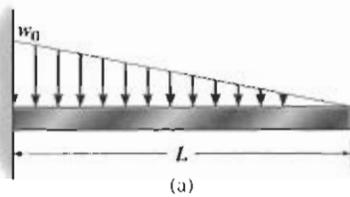


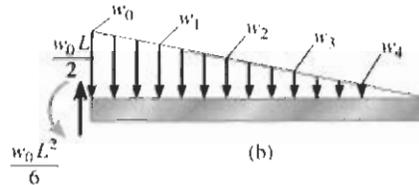
Figura 6-16

**EJEMPLO 6-10**

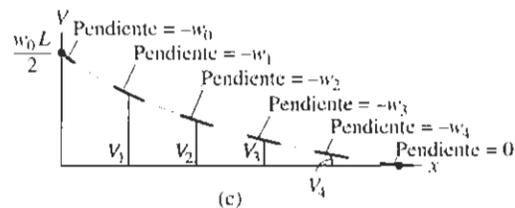
Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga mostrada en la figura 6-16a.

**SOLUCIÓN**

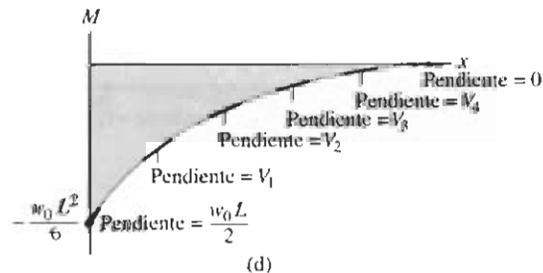
**Reacciones en el soporte.** Las reacciones en el empotramiento se han calculado y se muestran sobre el diagrama de cuerpo libre, figura 6-16b.



**Diagrama de fuerza cortante.** Se traza primero la fuerza cortante en cada punto extremo,  $x = 0$  y  $x = L$ , figura 6-16c. La carga distribuida sobre la viga es positiva y linealmente decreciente. Por tanto, la *pendiente* del diagrama de fuerza cortante será *decreciente negativamente* del valor  $dV/dx = -w_0$  en  $x = 0$  al valor  $dV/dx = 0$  en  $x = L$ . Como la carga tiene una *distribución lineal*, el diagrama de cortante es una *parábola* con pendiente decreciente negativa.

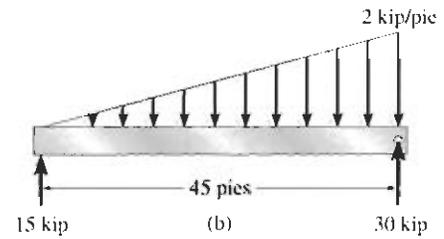
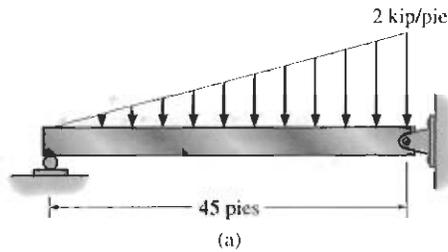


**Diagrama de momento flexionante.** Se traza primero el momento en cada punto extremo,  $x = 0$  y  $x = L$ , figura 6-16d. En el diagrama de fuerza cortante, la *pendiente* del diagrama de momento será *parabólica*, esto es, siempre será positiva pero decreciente, de  $dM/dx = +w_0 L/2$  en  $x = 0$  a  $dM/dx = 0$  en  $x = L$ . La curva que conecta los puntos extremos que tiene esta característica es una *función cúbica* de  $x$ , como se muestra en la figura.



**EJEMPLO 6-11**

Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga en la figura 6-17a.


**SOLUCIÓN**

**Reacciones en los soportes.** Las reacciones se han calculado y se muestran sobre el diagrama de cuerpo libre de la viga en la figura 6-17b.

**Diagrama de fuerza cortante.** Se trazan primero los puntos extremos  $x = 0, V = +15$  y  $x = 45, V = -30$ , figura 6-17c. Como se muestra en la distribución de carga de la viga, la pendiente del diagrama de fuerza cortante variará de  $dV/dx = 0$  en  $x = 0$  a  $dV/dx = -2$  en  $x = 45$ . En general, para  $0 \leq x \leq 45$ , la pendiente del diagrama de fuerza cortante será *crecientemente negativa* ya que la carga distribuida es crecientemente positiva ( $dV/dx = -w$ ). En consecuencia, el diagrama de fuerza cortante es una parábola con la pendiente mostrada.

El punto de cortante nulo puede encontrarse usando el método de las secciones para un segmento de viga de longitud  $x$ , figura 6-17e. Requerimos que  $V = 0$ , por lo que:

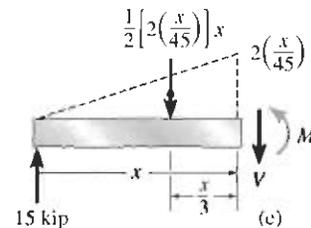
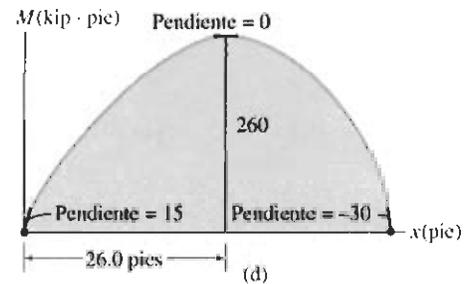
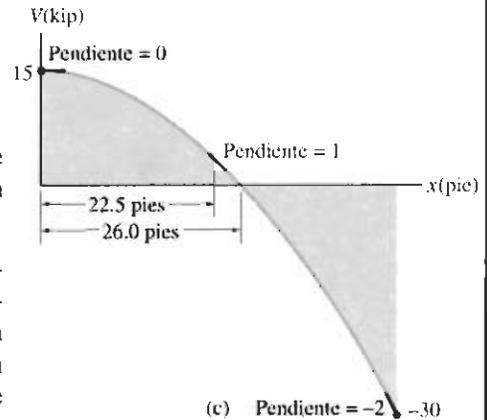
$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad 15 \text{ kip} - \frac{1}{2} \left[ 2 \text{ kip/pie} \left( \frac{x}{45 \text{ pies}} \right) \right] x = 0; \quad x = 26.0 \text{ pies}$$

**Diagrama de momento flexionante.** Se trazan primero los puntos extremos  $x = 0, M = 0$  y  $x = 45, M = 0$ , figura 6-17d. Según el diagrama de fuerza cortante, la pendiente del diagrama de momentos será  $dM/dx = 15$  en  $x = 0$  y  $dM/dx = -30$  en  $x = 45$ . En general, para  $0 \leq x \leq 26.0$ , la *pendiente será decrecientemente positiva*, ya que la fuerza cortante es decrecientemente positiva. Igualmente, para  $26.0 \leq x \leq 45$ , la *pendiente será crecientemente negativa*. Aquí el diagrama de momento es una función cúbica de  $x$ . ¿Por qué?

Note que el momento máximo está en  $x = 26.0$ , ya que  $dM/dx = V = 0$  en este punto. Del diagrama de cuerpo libre en la figura 6-17e, tenemos:

$$\zeta^+ \Sigma M = 0;$$

$$\begin{aligned} -15 \text{ kip}(26.0 \text{ pies}) + \frac{1}{2} \left[ 2 \text{ kip/pie} \left( \frac{26.0 \text{ pies}}{45 \text{ pies}} \right) \right] (26.0 \text{ pies}) \left( \frac{26.0 \text{ pies}}{3} \right) \\ + M = 0 \quad M = 260 \text{ kip} \cdot \text{pie} \end{aligned}$$


**Figura 6-17**

**EJEMPLO 6-12**

Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga mostrada en la figura 6-18a.

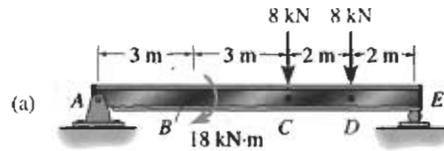


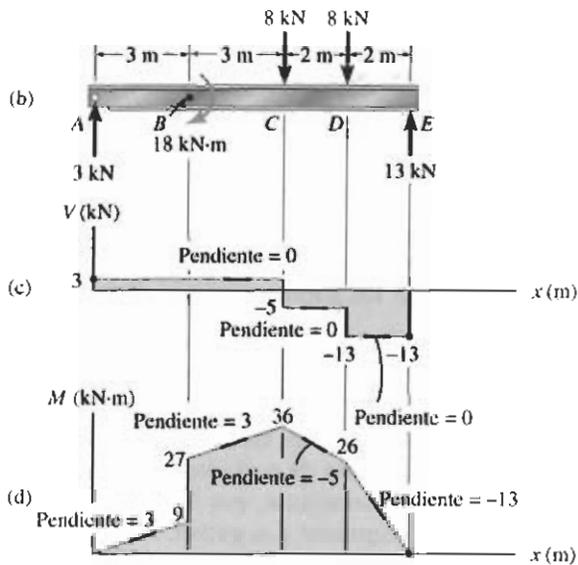
Figura 6-18

**SOLUCIÓN**

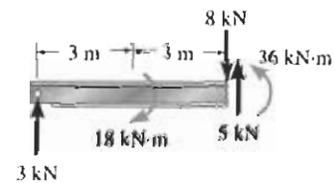
**Reacciones en los soportes.** Las reacciones se han calculado y se muestran en el diagrama de cuerpo libre en la figura 6-18b.

**Diagrama de fuerza cortante.** En  $x = 0$ ,  $V_A = +3$  kN y en  $x = 10$ ,  $V_E = -13$  kN, figura 6-18c. En un punto intermedio entre A y C,  $w(x) = 0$ , por lo que la pendiente del diagrama de fuerza cortante será cero,  $dV/dx = -w(x) = 0$ . Por tanto, la fuerza cortante retiene su valor de +3 kN dentro de esta región hasta el punto C. En C la fuerza cortante es *discontinua*, ya que ahí se tiene una *fuerza concentrada* de 8 kN. El valor de la fuerza cortante justo a la derecha de C (-5 kN) puede encontrarse seccionando la viga en este punto. Este valor ( $V = -5$  kN) se traza sobre el diagrama de fuerza cortante. Igual que antes,  $w(x) = 0$  de C a D y de D a E, figura 6-18b, por lo que la *pendiente* del diagrama de fuerza cortante será cero en esas regiones. El diagrama “salta” nuevamente en D, como se muestra, y llega a E con el valor -13 kN. Advierta que ningún “salto” o discontinuidad tiene lugar en B, punto en que está aplicado el momento concentrado de 18 kN · m. La razón de esto puede mostrarse al considerar el equilibrio del diagrama de cuerpo libre en la figura 6-18f.

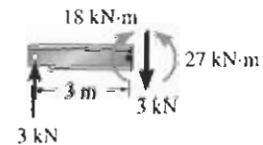
Debe observarse que con base en la ecuación 6-5, el diagrama de fuerza cortante puede también construirse “siguiendo la carga” en el diagrama de cuerpo libre. Comenzando en A, la fuerza de 3 kN actúa hacia arriba, de modo que  $V_A = +3$  kN. Ninguna carga distribuida actúa entre A y C, por lo que la fuerza cortante permanece constante ( $dV/dx = 0$ ). En C, la fuerza de 8 kN actúa hacia abajo, de tal manera que la fuerza cortante salta hacia abajo 8 kN, de +3 kN a -5 kN. Nuevamente, la fuerza cortante es constante de C a D (ninguna carga distribuida), luego en D salta hacia abajo otros 8 kN al valor -13 kN. Finalmente, sin carga distribuida entre D y E, termina en -13 kN en el punto E.



**Diagrama de momento flexionante.** El momento en cada extremo de la viga es cero, figura 6-18d. De acuerdo con el diagrama de fuerza cortante, la *pendiente* del diagrama de momentos de A a C es constante con valor de +3. El valor del momento justo a la izquierda de B puede determinarse usando el método de las secciones y la estática o calculando el área bajo el diagrama de cortante entre A y B, esto es,  $\Delta M_{AB} = M_B - M_A = (3 \text{ kN})(3 \text{ m}) = 9 \text{ kN} \cdot \text{m}$ . Como  $M_A = 0$ , entonces  $M_{B^-} = 0 + 9 \text{ kN} \cdot \text{m} = 9 \text{ kN} \cdot \text{m}$ . Un salto ocurre en el punto B debido al momento concentrado de  $18 \text{ kN} \cdot \text{m}$ . Usando la ecuación 6-6, este salto es de  $18 \text{ kN} \cdot \text{m}$  hacia arriba, ya que el momento concentrado es *horario*. También el método de las secciones, figura 6-18f, da el mismo valor de  $M_{B^+} = +27 \text{ kN} \cdot \text{m}$  justo a la derecha de B. Desde este punto, la *pendiente* de  $dM/dx = +3$  se mantiene hasta que el diagrama alcanza un pico de  $36 \text{ kN} \cdot \text{m}$ . Nuevamente, este valor puede obtenerse usando el método de las secciones o encontrando el área bajo el diagrama de cortante entre B y C, esto es,  $\Delta M_{BC} = (3 \text{ kN})(3 \text{ m}) = 9 \text{ kN} \cdot \text{m}$ , por lo que  $M_C = 27 \text{ kN} \cdot \text{m} + 9 \text{ kN} \cdot \text{m} = 36 \text{ kN} \cdot \text{m}$ . Prosiguiendo de esta manera, verifique el valor de  $26 \text{ kN} \cdot \text{m}$  en D con cierre a cero en E.



(e)



(f)

## EJEMPLO 6-13

Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga con voladizo mostrada en la figura 6-19a.

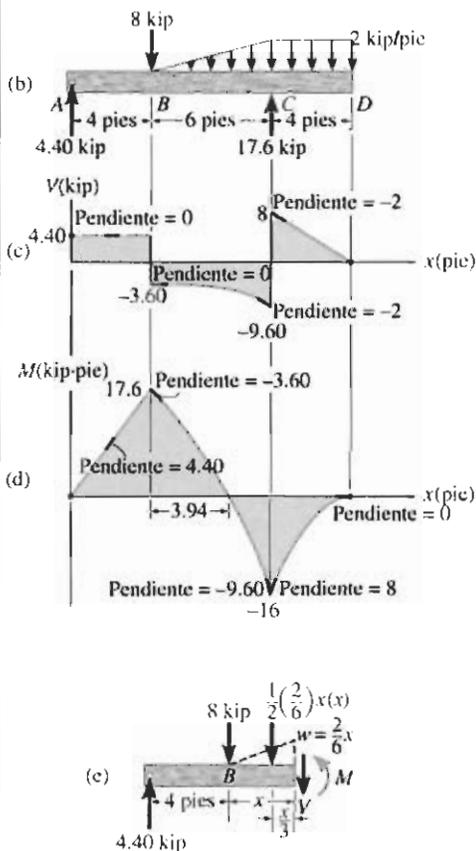
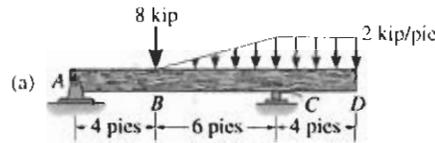


Figura 6-19

## SOLUCIÓN

**Reacciones en los soportes.** El diagrama de cuerpo libre con las reacciones calculadas en los soportes se muestra en la figura 6-19b.

**Diagrama de fuerza cortante.** Como es usual, comenzamos trazando las fuerzas cortantes extremas  $V_A = +4.40$  kip y  $V_D = 0$ , figura 6-19c. Como no hay carga entre A y B, el diagrama de fuerza cortante tendrá *pendiente* cero. Además, como  $w$  es creciente positiva de B a C, la *pendiente* del diagrama de cortante será *creciente negativa*. Finalmente, de C a D,  $w$  es constante, por lo que la *pendiente* del diagrama de cortante será constante y negativa. Use las áreas apropiadas bajo el diagrama de carga (curva  $w$ ) para encontrar el cambio en la fuerza cortante. Por ejemplo,  $\Delta V_{BC} = -(1/2)(6 \text{ pies})(2 \text{ kip/pie}) = -6$  kip, por lo que  $V_C = -3.60 \text{ kip} - 6 \text{ kip} = -9.60$  kip justo a la izquierda del punto C.

**Diagrama de momento flexionante.** Se trazan primero los momentos extremos  $M_A = 0$  y  $M_D = 0$ , figura 6-19d. Estudie el diagrama y note cómo las *pendientes* y por consiguiente las diversas curvas se establecen a partir del diagrama de fuerza cortante usando  $dM/dx = V$ . Verifique los valores numéricos de los picos usando el método de las secciones y estática o calculando las áreas apropiadas bajo el diagrama de fuerza cortante para encontrar el cambio en el momento. Observe que el punto de momento cero puede determinarse estableciendo  $M$  en función de  $x$ , donde, por conveniencia,  $x$  se extiende desde punto B en la región BC, figura 6-19e. Por tanto,

$$\uparrow \sum M = 0;$$

$$-4.40 \text{ kip}(4 \text{ pies} + x) + 8 \text{ kip}(x) + \frac{1}{2} \left( \frac{2 \text{ kip/pie}}{6 \text{ pies}} \right) x(x) \left( \frac{x}{3} \right) + M = 0$$

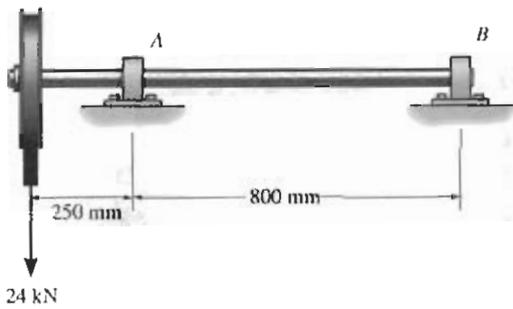
$$M = \left( -\frac{1}{18}x^3 - 3.60x + 17.6 \right) \text{ kip} \cdot \text{pie} = 0$$

$$x = 3.94 \text{ pies}$$

Revisando estos diagramas vemos que, debido al proceso de integración para la región AB, la carga es cero, la fuerza cortante es constante y el momento es lineal; para la región BC, la carga es lineal, la fuerza cortante es parabólica y el momento es cúbico; para la región CD, la carga es constante, la fuerza cortante es lineal y el momento es parabólico.

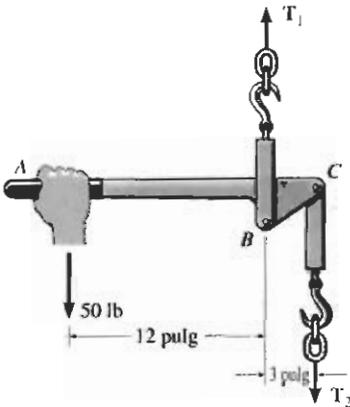
## PROBLEMAS

6-1 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la flecha. Las chumaceras en  $A$  y en  $B$  ejercen sólo reacciones verticales sobre la flecha.



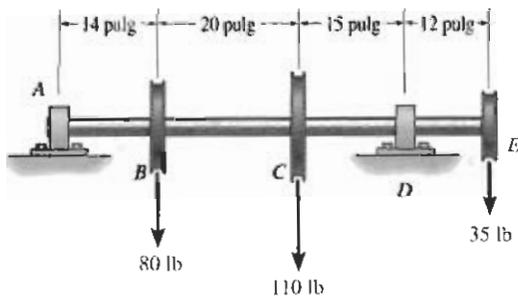
Problema 6-1

6-2 El dispositivo mostrado se usa para soportar una carga. Si la carga aplicada a la manija es de 50 lb, determine las tensiones  $T_1$  y  $T_2$  en cada extremo de la cadena y luego dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para el brazo  $ABC$ .



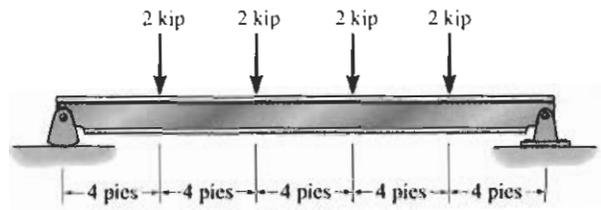
Problema 6-2

6-3 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la flecha. Las chumaceras en  $A$  y en  $D$  ejercen sólo reacciones verticales sobre la flecha. La carga está aplicada a las poleas en  $B$ ,  $C$  y  $E$ .



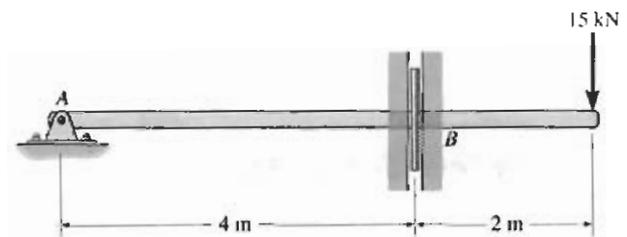
Problema 6-3

\*6-4 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga.



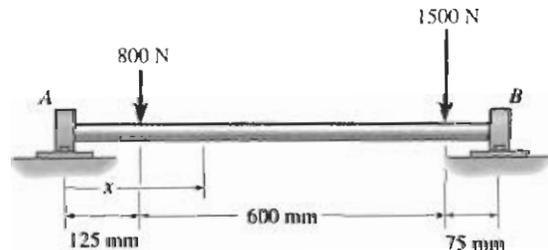
Problema 6-4

6-5 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la barra que está soportada por un pasador en  $A$  y por una placa lisa en  $B$ . La placa se desliza dentro de la ranura, por lo que no puede soportar una fuerza vertical, pero sí puede soportar un momento.



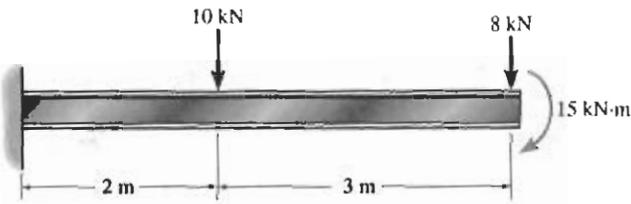
Problema 6-5

6-6 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la flecha. Las chumaceras en  $A$  y en  $B$  ejercen sólo reacciones verticales sobre la flecha. Exprese también la fuerza cortante y el momento flexionante en la flecha en función de  $x$  dentro de la región  $125 \text{ mm} < x < 725 \text{ mm}$ .



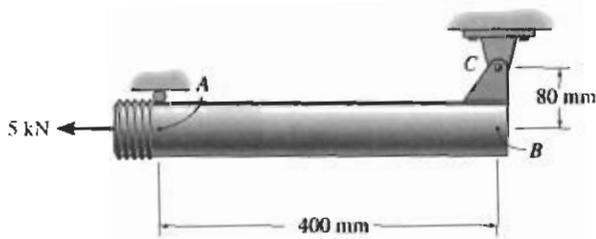
Problema 6-6

6-7 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga.



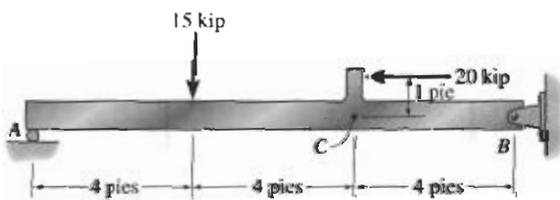
Problema 6-7

\*6-8 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para el tubo, uno de cuyos extremos está sometido a una fuerza horizontal de 5 kN. Sugerencia: Las reacciones en el pasador C deben reemplazarse por cargas equivalentes en el punto B sobre el eje del tubo.



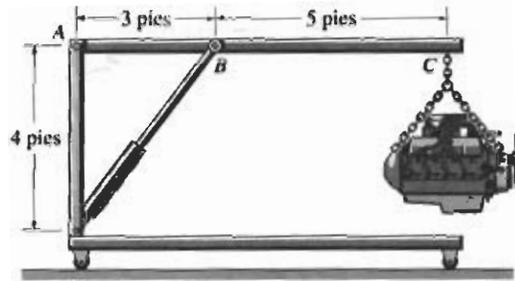
Problema 6-8

6-9 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga. Sugerencia: La carga de 20 kip debe reemplazarse por cargas equivalentes en el punto C sobre el eje de la viga.



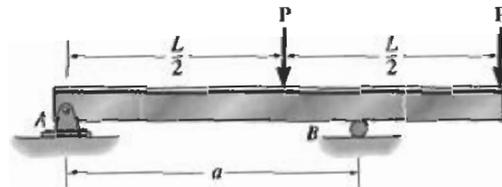
Problema 6-9

6-10 La grúa pescante se usa para soportar el motor que tiene un peso de 1200 lb. Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para el brazo ABC cuando está en la posición horizontal mostrada.



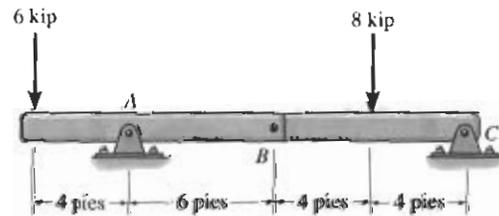
Problema 6-10

6-11 Determine la distancia  $a$  en que debe colocarse el soporte de rodillo para que el valor máximo absoluto del momento sea mínimo. Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para esta condición.



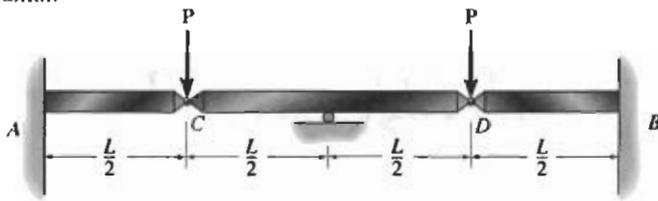
Problema 6-11

\*6-12 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga compuesta que está conectada en B por un pasador, soportada por un pasador en A y empotrada en C.



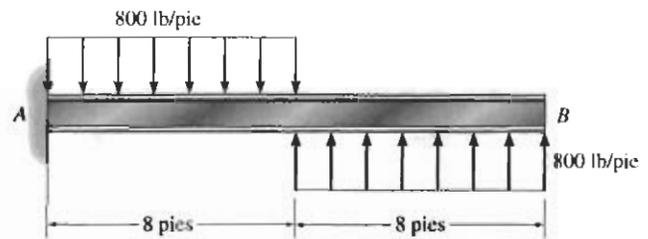
Problema 6-12

6-13 Las barras están conectadas por pasadores en C y en D. Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para el conjunto. Desprecie el efecto de carga axial.



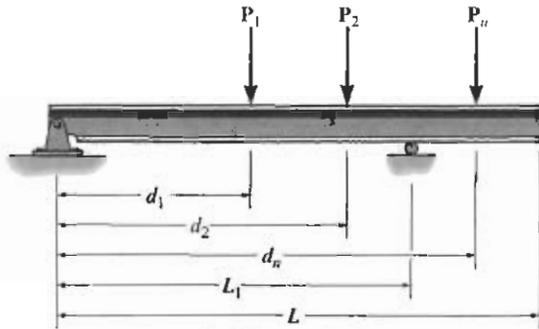
Problema 6-13

\*6-16 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga.



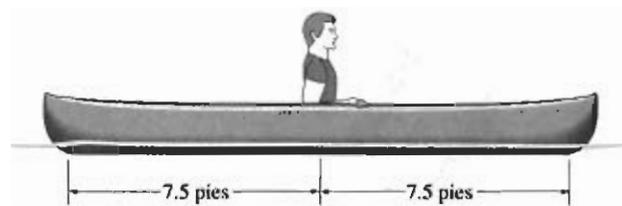
Problema 6-16

6-14 Considere el problema general de una viga simplemente apoyada sometida a  $n$  cargas concentradas. Escriba un programa de computadora que pueda usarse para determinar la fuerza cortante y el momento flexionante en cualquier posición  $x$  especificada a lo largo de la viga y trace los diagramas correspondientes para la viga. Muestre una aplicación del programa usando los valores  $P_1 = 500$  lb,  $d_1 = 5$  pies,  $P_2 = 800$  lb,  $d_2 = 15$  pies,  $L_1 = 10$  pies,  $L = 15$  pies.



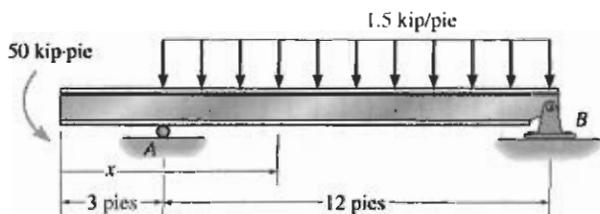
Problema 6-14

6-17 El hombre de 150 lb de peso está sentado en el centro de la lancha que tiene un ancho uniforme y un peso por pie lineal de 3 lb. Determine el momento flexionante máximo ejercido sobre la lancha. Suponga que el agua ejerce un carga uniforme distribuida hacia arriba sobre el fondo de la lancha.



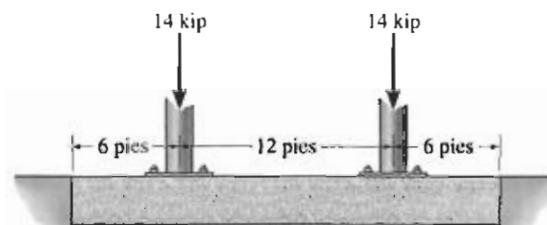
Problema 6-17

6-15 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga. Determine también la fuerza cortante y el momento flexionante en la viga en función de  $x$ , donde  $3 \text{ pies} < x \leq 15 \text{ pies}$ .



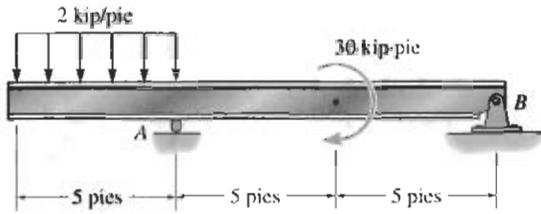
Problema 6-15

6-18 La zapata de cimentación soporta la carga transmitida por las dos columnas. Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la zapata si la reacción de la presión del suelo sobre la zapata se supone uniforme.



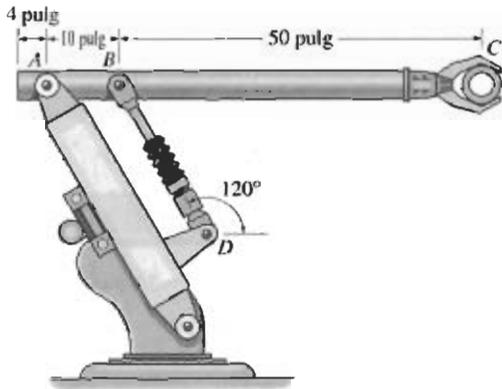
Problema 6-18

6-19 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga.



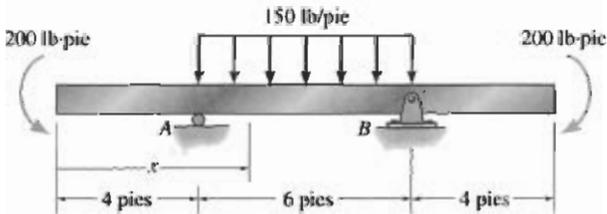
Problema 6-19

\*6-20 El robot industrial se mantiene en la posición estacionaria indicada. Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante del brazo ABC que está conectado en A por un pasador y a un cilindro hidráulico BD (miembro de dos fuerzas). Suponga que el brazo y las tenazas tienen un peso uniforme de 1.5 lb/pulg y que soportan la carga de 40 lb en C.



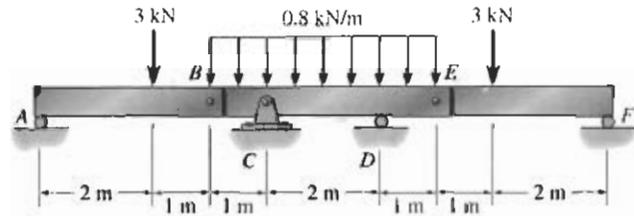
Problema 6-20

6-21 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga y determine la fuerza cortante y el momento en la viga como funciones de  $x$ , para  $4 \text{ pies} < x < 10 \text{ pies}$ .



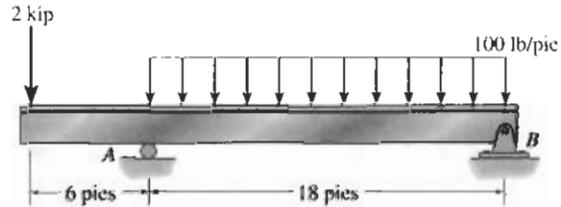
Problema 6-21

6-22 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga compuesta. Los tres segmentos están conectados por pasadores en B y en E.



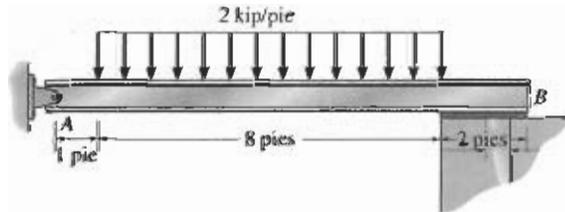
Problema 6-22

6-23 La viga T está sometida a la carga mostrada. Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante de la viga.



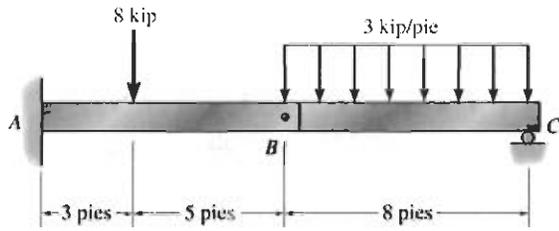
Problema 6-23

\*6-24 La viga está soportada en A por un pasador y descansa sobre un cojinete en B que ejerce una carga uniforme distribuida sobre la viga en sus dos pies de longitud. Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga si ésta soporta una carga uniforme de 2 kip/pie.



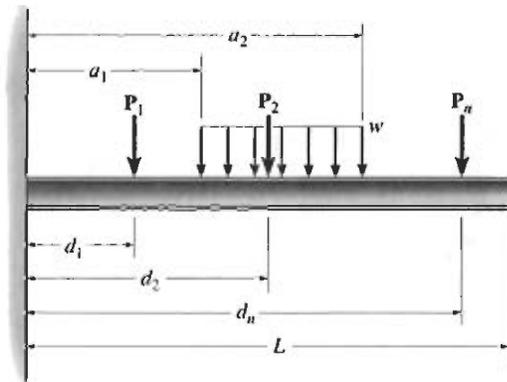
Problema 6-24

6-25 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga. Los dos segmentos están unidos entre sí en  $B$ .



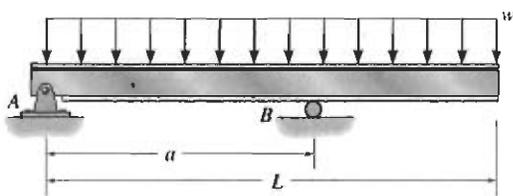
Problema 6-25

6-26 Considere el problema general de una viga en voladizo sometida a  $n$  cargas concentradas y a una carga  $w$  uniformemente distribuida. Escriba un programa de computadora que pueda usarse para determinar la fuerza cortante y el momento flexionante en cualquier posición  $x$  especificada a lo largo de la viga; trace los diagramas de fuerza cortante y de momento flexionante para la viga. Aplique el programa usando los valores  $P_1 = 4 \text{ kN}$ ,  $d_1 = 2 \text{ m}$ ,  $w = 800 \text{ N/m}$ ,  $a_1 = 2 \text{ m}$ ,  $a_2 = 4 \text{ m}$ ,  $L = 4 \text{ m}$ .



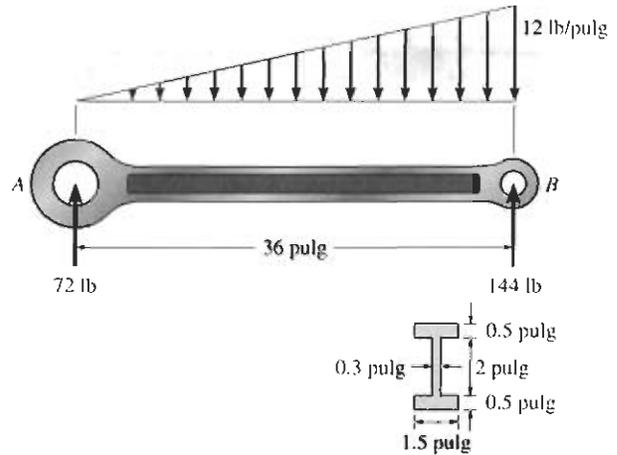
Problema 6-26

6-27 Determine la distancia  $a$  en que debe colocarse el soporte de rodillo de manera que el valor máximo absoluto del momento sea mínimo. Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para esta condición.



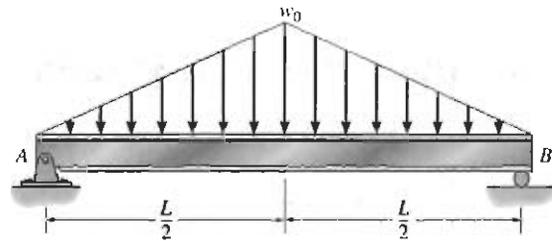
Problema 6-27

\*6-28 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la barra de conexión. En los extremos  $A$  y  $B$  sólo se presentan reacciones verticales.



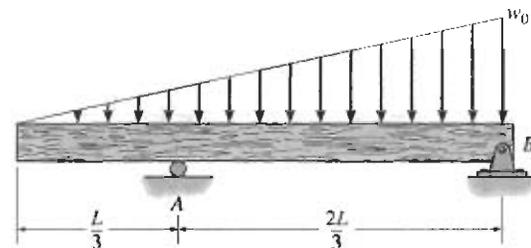
Problema 6-28

6-29 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga.



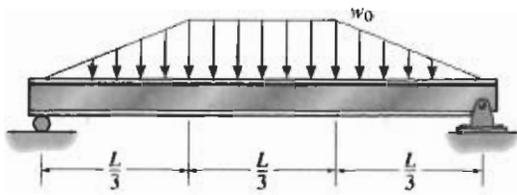
Problema 6-29

6-30 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga.



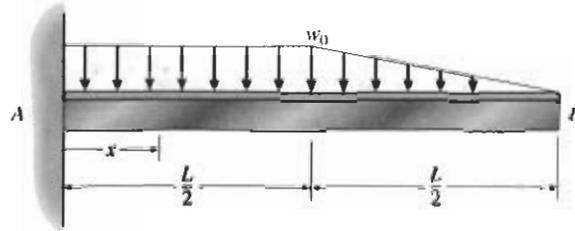
Problema 6-30

6-31 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga.



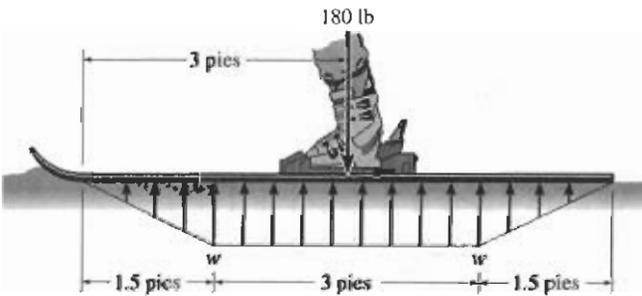
Problema 6-31

6-34 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga y determine la fuerza cortante y el momento en la viga como funciones de  $x$ .



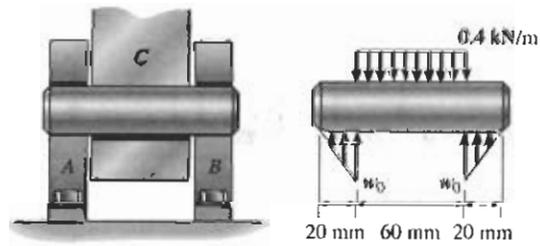
Problema 6-34

\*6-32 El esquí soporta las 180 lb de peso del hombre. Si la carga de nieve sobre la superficie del fondo del esquí es trapezoidal, como se muestra, determine la intensidad  $w$  y luego dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para el esquí.



Problema 6-32

6-35 El pasador liso está soportado por dos silletas A y B y está sometido a una carga de compresión de 0.4 kN/m causada por la barra C. Determine la intensidad de la carga distribuida  $w_0$  de las silletas sobre el pasador y dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para el pasador.



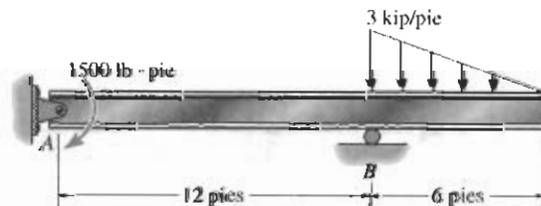
Problema 6-35

6-33 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga.



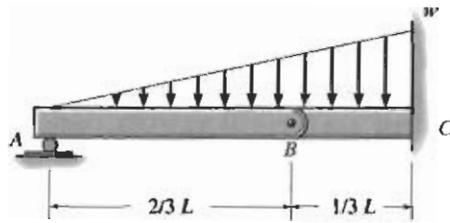
Problema 6-33

\*6-36 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga.



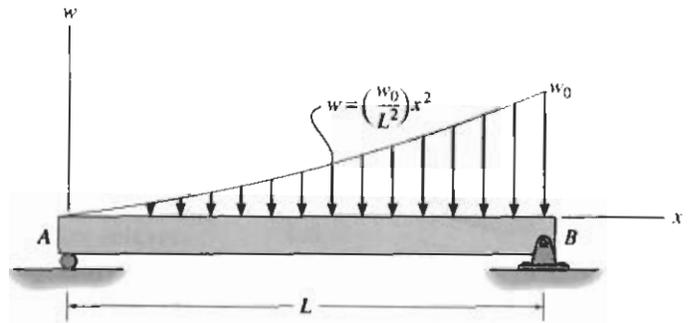
Problema 6-36

6-37 La viga compuesta consta de dos segmentos unidos entre sí por un pasador en  $B$ . Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga que soporta la carga distribuida mostrada.



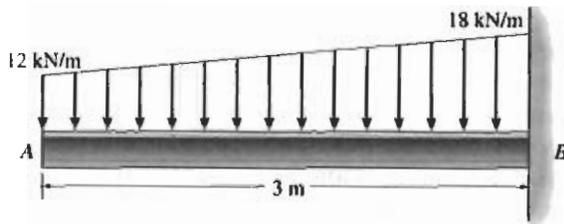
Problema 6-37

\*6-40 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga.



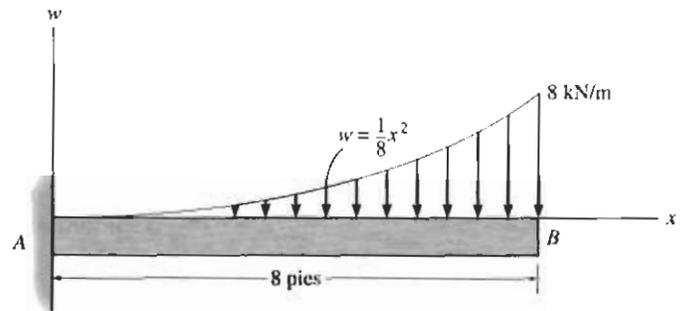
Problema 6-40

6-38 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga.



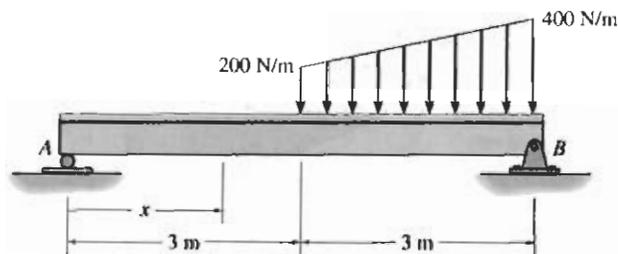
Problema 6-38

6-41 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga.



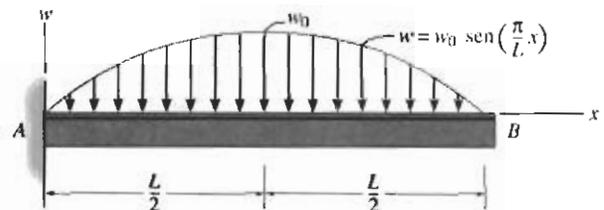
Problema 6-41

6-39 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga y determine la fuerza cortante y el momento como funciones de  $x$ .



Problema 6-39

6-42 Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante para la viga.



Problema 6-42

- 5-137. 216 psi  
 5-138.  $1.59^\circ$   
 5-139. 26.2 N,  $1.86^\circ$   
 5-141.  $T_{\text{cir}} = 0.282 A^{3/2} \tau_y$ , la flecha circular tomará el par mayor, la flecha elíptica 73.7%, la flecha triangular 62.2%  
 5-142. 1.10 kW, 825 kPa  
 5-143. 2.03 MPa,  $0.258^\circ$

## Capítulo 6

- 6-1.  $V_{\text{máx}} = -24 \text{ kN}$ ,  $M_{\text{máx}} = -6 \text{ kN} \cdot \text{m}$   
 6-2.  $T_1 = 250 \text{ lb}$ ,  $T_2 = 200 \text{ lb}$   
 6-3.  $V_{\text{máx}} = -108 \text{ lb}$ ,  $M_{\text{máx}} = 1196 \text{ lb} \cdot \text{m}$   
 6-5.  $V_{\text{máx}} = 15 \text{ kN}$ ,  $M_{\text{máx}} = 60 \text{ kN} \cdot \text{m}$   
 6-6. 15.6 N,  $M = (15.6x + 100) \text{ N} \cdot \text{m}$   
 6-7.  $V_{\text{máx}} = 18 \text{ kN}$ ,  $M_{\text{máx}} = -75 \text{ kN} \cdot \text{m}$   
 6-9.  $V_{\text{máx}} = 11.7 \text{ kip}$ ,  $M_{\text{máx}} = 46.7 \text{ kip} \cdot \text{pie}$   
 6-10.  $V_{\text{máx}} = -2 \text{ kip}$ ,  $M_{\text{máx}} = -6 \text{ kip} \cdot \text{pie}$   
 6-11.  $a = 0.866L$   
 6-13.  $V_{\text{máx}} = \pm P/2$ ,  $M_{\text{máx}} = -PL/4$   
 6-15.  $V = 17.7 - 1.5x$ ,  $M = -0.75x^2 + 17.7x - 96.25$   
 6-17. 281 lb · pie  
 6-18.  $V_{\text{máx}} = \pm 7 \text{ kip}$ ,  $M_{\text{máx}} = 21 \text{ kip} \cdot \text{pie}$   
 6-19.  $V_{\text{máx}} = -10 \text{ kip}$ ,  $M_{\text{máx}} = -27.5 \text{ kip} \cdot \text{pie}$   
 6-21.  $V = 1050 - 150x$ ,  $M = -75x^2 + 1050x - 3200$   
 6-22.  $V_{\text{máx}} = \pm 2.8 \text{ kN}$ ,  $M_{\text{máx}} = -2.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$   
 6-23.  $V_{\text{máx}} = -2 \text{ kip}$ ,  $M_{\text{máx}} = -12 \text{ kip} \cdot \text{pie}$   
 6-25.  $V_{\text{máx}} = 20 \text{ kip}$ ,  $M_{\text{máx}} = -120 \text{ kip} \cdot \text{pie}$   
 6-27.  $a = \frac{L}{\sqrt{2}}$   
 6-29.  $V_{\text{máx}} = \pm w_0 L/2$ ,  $M_{\text{máx}} = W_0 L^2/12$   
 6-30.  $V_{\text{máx}} = -w_0 L/4$ ,  $M_{\text{máx}} = 0.0345 w_0 L^2$   
 6-31.  $V_{\text{máx}} = \pm w_0 L/3$ ,  $M_{\text{máx}} = 23 w_0 L^2/216$   
 6-33.  $V_{\text{máx}} = \pm 112.5 \text{ kN}$ ,  $M_{\text{máx}} = 169 \text{ kN} \cdot \text{m}$   
 6-34.  $V = \frac{3w_0 L}{4} - w_0 x$ ,  $M = \frac{-w_0 x^2}{2} + \frac{3w_0 L}{4} x - \frac{7w_0 L^2}{24}$ ,  $V = \frac{w_0(L-x)^2}{L}$ ,  $M = \frac{-w_0(L-x)^3}{3L}$   
 6-35.  $w_0 = 1.2 \text{ kN/m}$   
 6-37.  $M = 0.0190 w L^2$   
 6-39.  $V = 500 - \frac{100}{3} x^2$ ,  $M = -\frac{100}{9} x^3 + 500x - 600$   
 6-41.  $V_{\text{máx}} = 21.3 \text{ kip}$ ,  $M_{\text{máx}} = -128 \text{ kip} \cdot \text{pie}$   
 6-42.  $V_{\text{máx}} = 2w_0 L/\pi$ ,  $M_{\text{máx}} = -w_0 L^2/\pi$   
 6-43. 167 psi, 333 psi  
 6-45.  $M = 2.50 \text{ kip} \cdot \text{pie}$   
 6-46.  $(\sigma_{\text{máx}})_t = 2.40 \text{ ksi}$ ,  $(\sigma_{\text{máx}})_c = 4.80 \text{ ksi}$   
 6-47.  $I = 34.53(10^{-6}) \text{ m}^4$ ,  $\sigma_{\text{máx}} = 2.06 \text{ MPa}$   
 6-49. a)  $(M_{\text{perm}})_z = 20.8 \text{ kip} \cdot \text{pie}$ ,  
 b)  $(M_{\text{perm}})_y = 6.00 \text{ kip} \cdot \text{pie}$   
 6-50.  $\sigma_A = 199 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_B = 66.2 \text{ MPa}$   
 6-51.  $I = 0.3633(10^{-6}) \text{ m}^4$ ,  $\sigma_B = 3.61 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_C = 1.55 \text{ MPa}$   
 6-53.  $F_{RA} = 0$ ,  $F_{RB} = 1.50 \text{ kN}$   
 6-54.  $I = 200.27 \text{ pulg}^4$ ,  $\sigma_D = 5.00 \text{ ksi}$ ,  $F_A = 17.7 \text{ kip}$ ,  
 $F_B = 13.7 \text{ kip}$   
 6-55.  $I = 200.27 \text{ pulg}^4$ , 22.6%  
 6-57.  $I = 1093.07 \text{ pulg}^4$ ,  $(F_R)_C = 11.8 \text{ kip}$   
 6-58. 15.4 ksi  
 6-59.  $I = 4.367 \text{ pulg}^4$ ,  $\sigma_A = 214 \text{ psi}$ ,  $\sigma_B = 33.0 \text{ psi}$   
 6-61. 61.1 MPa  
 6-62. 3.61 ksi  
 6-63. 9.05 MPa  
 6-65. 15.6 ksi  
 6-66. 2.75 pulg  
 6-67. 24 ksi  
 6-69. 33.8 ksi  
 6-70. 331 kPa  
 6-71. 12.2 ksi  
 6-73. 31.3 mm  
 6-74. 13.6 ksi  
 6-75. 1.28 pulg  
 6-77. 119 lb  
 6-78. 1.35 ksi  
 6-79. 20.4 ksi  
 6-81.  $\sigma_{\text{máx}} = \frac{3}{2} \frac{PL}{bd^2}$   
 6-82. 22.1 ksi  
 6-83.  $w_2 = 800 \text{ lb/pulg}$ ,  $w_1 = 533 \text{ lb/pulg}$ ,  $\sigma_{\text{máx}} = 45.1 \text{ ksi}$   
 6-85. 249 kPa  
 6-86. 2.32 ksi  
 6-87. 5.60 ksi  
 6-89. 66.8 ksi  
 6-90. 10.4 kN  
 6-91. 11.5 MPa  
 6-93. 114 kip