

6.6 Bastidores y máquinas



Esta enorme grúa es un ejemplo típico de un bastidor.

Los bastidores y las máquinas son dos tipos comunes de estructuras que a menudo están compuestas por *elementos de varias fuerzas* conectados mediante pasadores, es decir, elementos que están sometidos a más de dos fuerzas. Los *bastidores* se usan para soportar cargas, mientras que las *máquinas* contienen partes móviles y están diseñadas para transmitir y modificar el efecto de las fuerzas. Siempre que un bastidor o una máquina no contengan más soportes o elementos que los necesarios para evitar el colapso, las fuerzas que actúan en las uniones y soportes pueden determinarse si se aplican las ecuaciones de equilibrio a cada uno de sus elementos. Una vez obtenidas las fuerzas en las uniones, es posible *diseñar* el tamaño de los elementos, conexiones y soportes al aplicar la teoría de la mecánica de materiales y un código de diseño de ingeniería adecuado.

Diagramas de cuerpo libre. Para determinar las fuerzas que actúan en las uniones y soportes de un bastidor o de una máquina, la estructura debe desensamblarse y se deben trazar los diagramas de cuerpo libre de sus partes. Es *necesario* cumplir con los siguientes puntos importantes:

- Aísle cada parte con la *delineación de su contorno*. Después muestre todas las fuerzas y/o los momentos de par que actúan sobre la parte. Asegúrese de *marcar* o *identificar* cada fuerza y momento de par conocido o desconocido con referencia a un sistema coordinado x , y establecido. También indique cualesquier dimensiones empleadas para tomar momentos. Las ecuaciones de equilibrio suelen ser más fáciles de aplicar si las fuerzas están representadas por sus componentes rectangulares. Como es usual, se puede suponer el sentido de una fuerza o de un momento de par desconocido.
- Identifique todos los elementos de dos fuerzas existentes en la estructura y represente sus diagramas de cuerpo libre con dos fuerzas iguales colineales pero opuestas en sus puntos de aplicación. (Vea la sección 5.4). Si reconocemos los elementos de dos fuerzas, podemos evitar la resolución de un número innecesario de ecuaciones de equilibrio.
- Las fuerzas comunes a dos elementos cualesquiera en *contacto* actúan con magnitudes iguales pero con sentidos opuestos sobre los elementos respectivos. Si los dos elementos se tratan como un “*sistema*” de *elementos conectados*, entonces esas fuerzas son “*internas*” y *no se muestran* en el *diagrama de cuerpo libre del sistema*; sin embargo, si se traza el diagrama de cuerpo libre de *cada elemento*, las fuerzas son “*externas*” y *deben mostrarse* en cada uno de los diagramas de cuerpo libre.

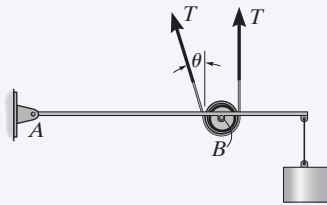


Algunas herramientas comunes, como estas pinzas, actúan como máquinas simples. Aquí, la fuerza aplicada sobre los mangos crea una fuerza más grande en las quijadas.

Los siguientes ejemplos ilustran gráficamente la manera de trazar los diagramas de cuerpo libre de un bastidor o de una máquina desmembrados. En todos los casos se ignora el peso de los elementos.

EJEMPLO 6.10

En la banda transportadora se mantiene una tensión constante con el dispositivo que se muestra en la figura 6-22a. Trace los diagramas de cuerpo libre del bastidor y del cilindro que rodea la banda. El bloque suspendido tiene un peso de W .

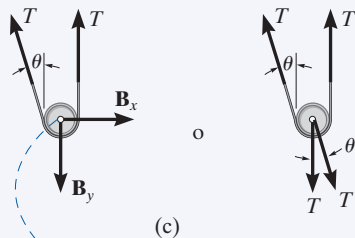


(b)

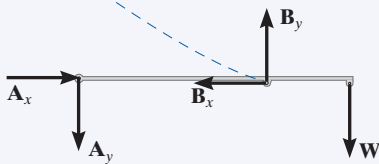


(a)

Fig. 6-22



(c)



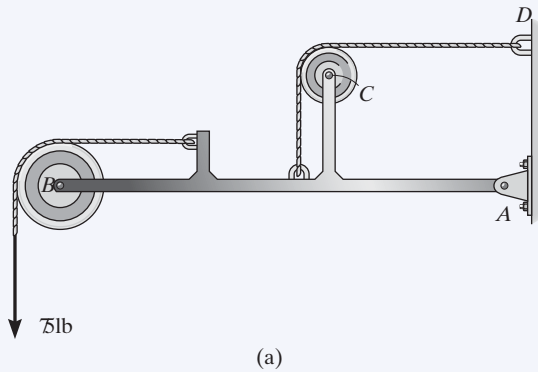
(d)

SOLUCIÓN

El modelo idealizado del dispositivo se muestra en la figura 6-22b. Aquí se supone que el ángulo θ es conocido. A partir de este modelo, los diagramas de cuerpo libre del bastidor y del cilindro se muestran en las figuras 6-22c y 6-22d, respectivamente. Observe que la fuerza que ejerce el pasador situado en B sobre el cilindro puede representarse por cualquiera de sus componentes horizontal y vertical \mathbf{B}_x y \mathbf{B}_y , las cuales pueden determinarse mediante las ecuaciones de equilibrio de fuerzas aplicadas al cilindro, o por las dos componentes T , que proporcionan momentos de par iguales pero opuestos sobre el cilindro e impiden así que gire. Además observe que una vez determinadas las reacciones del pasador en A , la mitad de sus valores actúan a cada lado del bastidor ya que se tienen conexiones de pasador en cada lado, figura 6-22a.

EJEMPLO 6.11

Para el bastidor que se muestra en la figura 6-23a, trace los diagramas de cuerpo libre de (a) todo el bastidor, incluyendo poleas y cuerdas, (b) el bastidor sin poleas ni cuerdas y (c) cada una de las poleas.



SOLUCIÓN

Parte (a). Cuando se considera todo el bastidor, incluidas las poleas y las cuerdas, las interacciones en los puntos donde poleas y cuerdas están conectadas al bastidor se vuelven pares de fuerzas *internas* que se cancelan entre sí, y por tanto no se muestran sobre el diagrama de cuerpo libre, figura 6-23b.

Parte (b). Cuando se retiren las cuerdas y las poleas, deben mostrarse sus efectos *sobre el bastidor*, figura 6-23c.

Parte (c). Las componentes de fuerza B_x , B_y , C_x , C_y de los pasadores sobre las poleas, figura 6-23d, son iguales pero opuestas a las componentes de fuerza ejercidas por los pasadores sobre el bastidor, figura 6-23c. ¿Por qué?

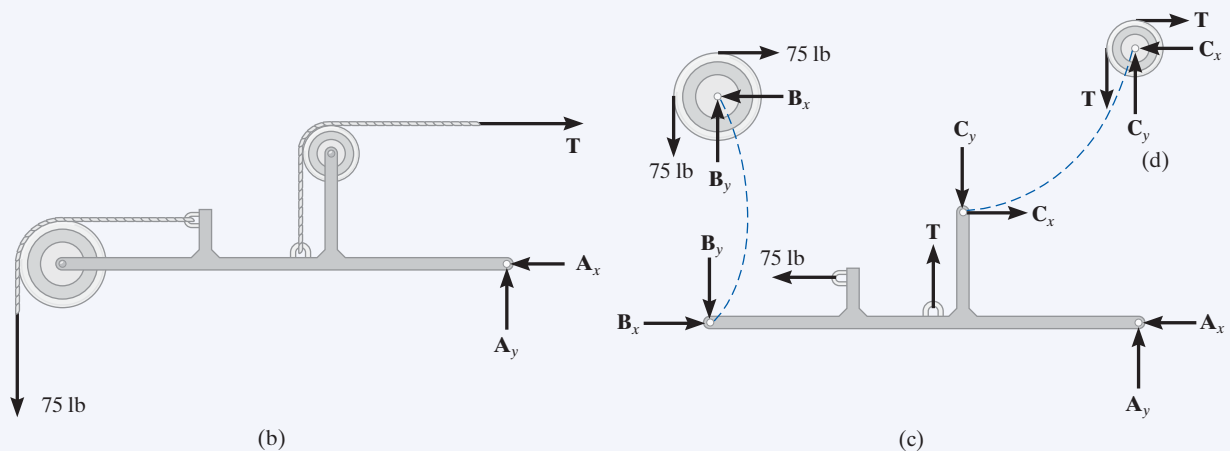


Fig. 6-23

EJEMPLO 6.12



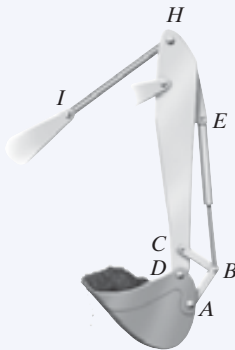
(a)

Fig. 6-24

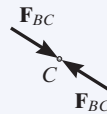
Trace los diagramas de cuerpo libre del cucharón y del pescante vertical de la retroexcavadora que se muestra en la fotografía, figura 6-24a. El cucharón y su contenido tienen un peso W . Ignore el peso de los elementos.

SOLUCIÓN

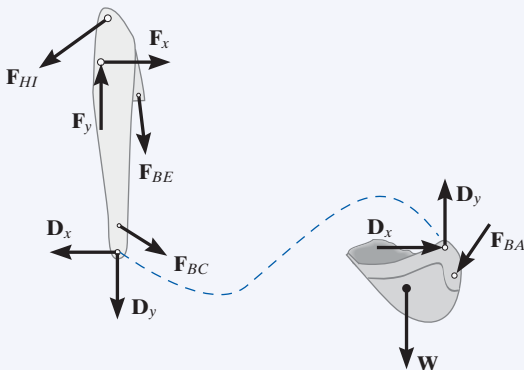
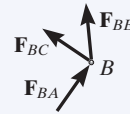
En la figura 6-24b se muestra el modelo idealizado del ensamble. Por inspección, los elementos AB , BC , BE y HI son todos elementos de dos fuerzas, ya que están conectados por pasadores en sus puntos extremos y ninguna otra fuerza actúa sobre ellos. Los diagramas de cuerpo libre del cucharón y del pescante se muestran en la figura 6-24c. Observe que el pasador C está sometido a sólo dos fuerzas, mientras que el pasador en B está sometido a tres fuerzas, figura 6-24d. Estas tres fuerzas están relacionadas por las dos ecuaciones de equilibrio de fuerzas aplicadas a cada pasador. En la figura 6-24e se muestra el diagrama de cuerpo libre de todo el ensamble.



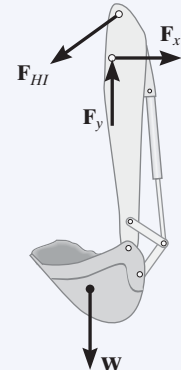
(b)



(d)



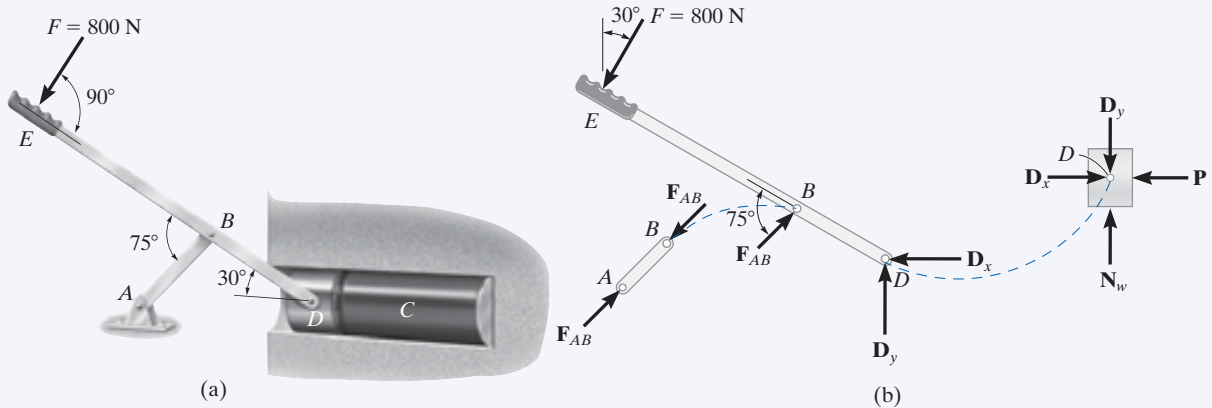
(c)



(e)

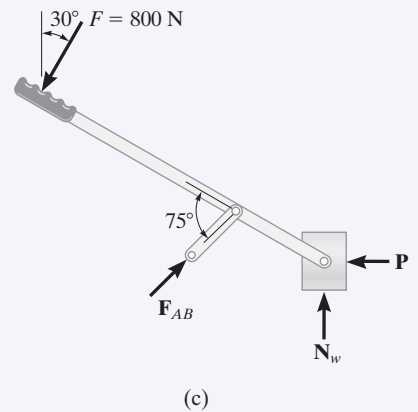
EJEMPLO 6.13

Trace el diagrama de cuerpo libre de cada parte del mecanismo de pistón liso y eslabón que se utiliza para aplastar latas recicladas, el cual se muestra en la figura 6-25a.

**Fig. 6-25****SOLUCIÓN**

Por inspección, el elemento AB es un elemento de dos fuerzas. Los diagramas de cuerpo libre de las partes se muestran en la figura 6-25b. Como los pasadores en B y D conectan sólo dos partes entre sí, las fuerzas se muestran como iguales pero opuestas en los diagramas de cuerpo libre separados de sus elementos conectados. En particular, sobre el pistón actúan cuatro componentes de fuerza: D_x y D_y representan el efecto del pasador (o palanca EBD), N_w es la fuerza resultante del soporte y P es la fuerza resultante de compresión causada por la lata C .

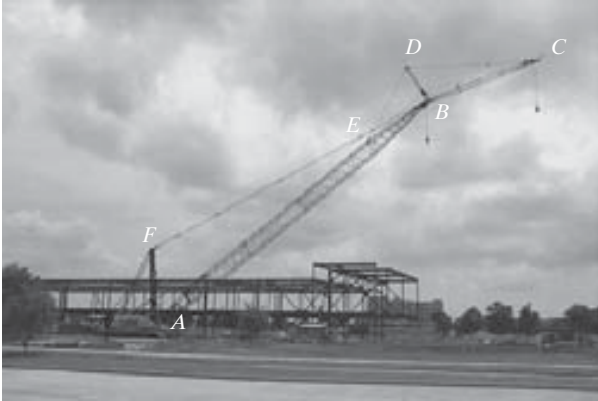
NOTA: en la figura 6-25c se muestra un diagrama de cuerpo libre de todo el ensamble. Aquí las fuerzas entre las componentes son internas y no se muestran en el diagrama de cuerpo libre.



Antes de seguir adelante, se recomienda cubrir las soluciones de los ejemplos previos y tratar de trazar los diagramas de cuerpo libre requeridos. Cuando lo haga, asegúrese de que el trabajo sea ordenado, y que todas las fuerzas y momentos de par estén marcados apropiadamente. Al terminar establezca un desafío para resolver los siguientes cuatro problemas.

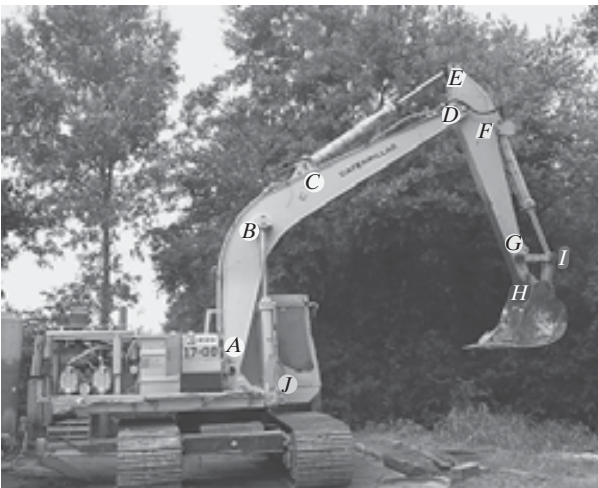
PROBLEMAS CONCEPTUALES

P6-1. Trace los diagramas de cuerpo libre de cada uno de los segmentos AB , BC y BD de la pluma de la grúa. Sólo son significativos los pesos de AB y BC . Suponga que A y B son pasadores.



P6-1

P6-2. Trace los diagramas de cuerpo libre del pescante $ABCD$ y del brazo $EDFGH$ de la retroexcavadora. Los pesos de estos dos elementos son significativos. Ignore los pesos de todos los demás elementos y suponga que todos los puntos de conexión indicados son pasadores.



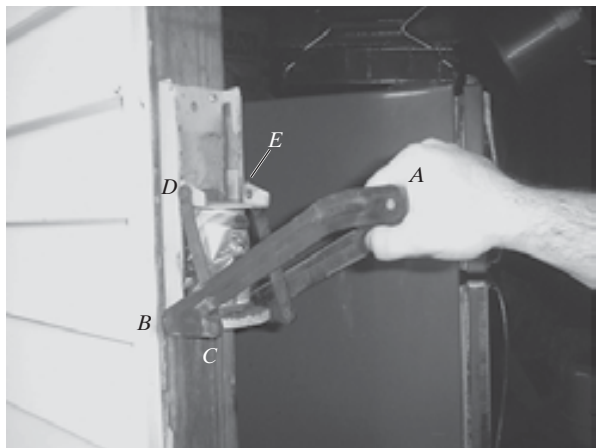
P6-2

P6-3. Trace los diagramas de cuerpo libre del pescante $ABCDF$ y del brazo FGH del receptáculo levadizo. Desprecie los pesos de los elementos. El receptáculo pesa W . Los elementos de dos fuerzas son BI , CE , DE y GE . Suponga que todos los puntos de conexión indicados son pasadores.



P6-3

P6-4. Para operar el aplastador de latas es necesario empujar hacia abajo el brazo de palanca ABC , el cual gira alrededor del pasador fijo en B . Esto mueve los eslabones laterales CD hacia abajo, lo que ocasiona que la placa guía E también se mueva hacia abajo, y por lo tanto aplaste la lata. Trace los diagramas de cuerpo libre de la palanca, el eslabón lateral y la placa guía. Establezca algunas cifras razonables y haga un análisis de equilibrio para mostrar cuánto se magnifica una fuerza vertical aplicada en el mango al transmitirla a la lata. Suponga que todos los puntos de conexión son pasadores y que las guías para la placa son lisas.



P6-4

Procedimiento para el análisis

Las reacciones en las uniones de bastidores o máquinas (estructuras) compuestos de elementos de varias fuerzas pueden determinarse por el siguiente procedimiento.

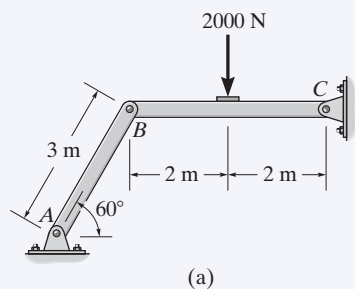
Diagrama de cuerpo libre.

- Trace el diagrama de cuerpo libre de todo el bastidor o toda la máquina, de una porción de éste o ésta, o de cada uno de sus elementos. La selección debe hacerse para que conduzca a la solución más directa del problema.
- Cuando se traza el diagrama de cuerpo libre de un grupo de elementos de una estructura, las fuerzas entre las partes conectadas de este grupo son fuerzas internas y no se muestran en el diagrama de cuerpo libre del grupo.
- Las fuerzas comunes a dos miembros que están en contacto actúan con igual magnitud pero con sentido opuesto en los respectivos diagramas de cuerpo libre de los elementos.
- Los elementos de dos fuerzas, sin importar su forma, tienen fuerzas iguales pero opuestas que actúan colinealmente en los extremos del elemento.
- En muchos casos es posible decir por inspección el sentido apropiado de las fuerzas desconocidas que actúan sobre un elemento; sin embargo, si esto parece difícil de lograr, el sentido se puede suponer.
- Recuerde que un momento de par es un vector libre y puede actuar en cualquier punto en el diagrama de cuerpo libre. Además, una fuerza es un vector deslizante y puede actuar en cualquier punto a lo largo de su línea de acción.

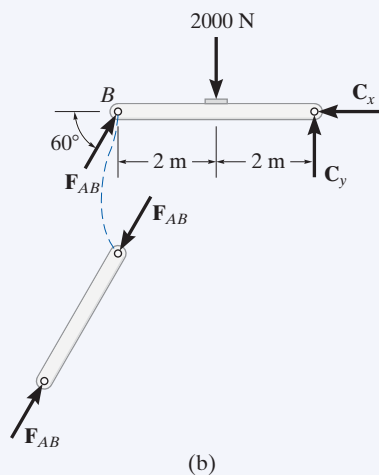
Ecuaciones de equilibrio.

- Cuente el número de incógnitas y compárelo con el número total de ecuaciones de equilibrio disponibles. En dos dimensiones, hay tres ecuaciones de equilibrio que pueden escribirse para cada elemento.
- Sume momentos con respecto a un punto que se encuentre en la intersección de las líneas de acción de tantas fuerzas desconocidas como sea posible.
- Si se encuentra que la solución de la magnitud de una fuerza o momento de par es negativa, esto significa que el sentido de la fuerza es inverso del que se muestra en los diagramas de cuerpo libre.

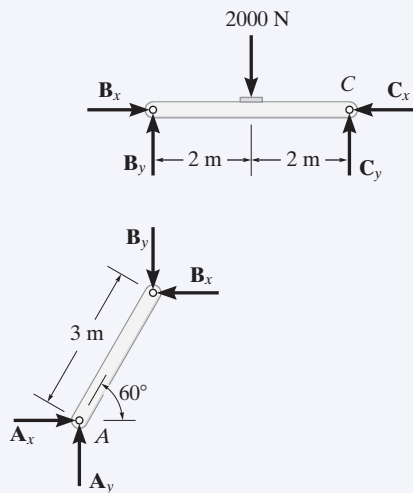
EJEMPLO 6.14



(a)



(b)



(c)

Fig. 6-26

Determine las componentes de fuerza horizontal y vertical que el pasador ubicado en C ejerce sobre el elemento BC del bastidor de la figura 6-26a.

SOLUCIÓN I

Diagramas de cuerpo libre. Por inspección puede verse que AB es un elemento de dos fuerzas. Los diagramas de cuerpo libre se muestran en la figura 6-26b.

Ecuaciones de equilibrio. Las tres incógnitas pueden determinarse aplicando las tres ecuaciones de equilibrio al elemento CB .

$$\zeta + \sum M_C = 0; 2000 \text{ N}(2 \text{ m}) - (F_{AB} \sin 60^\circ)(4 \text{ m}) = 0 \quad F_{AB} = 1154.7 \text{ N}$$

$$\rightarrow \sum F_x = 0; 1154.7 \cos 60^\circ \text{ N} - C_x = 0 \quad C_x = 577 \text{ N} \quad \text{Resp.}$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0; 1154.7 \sin 60^\circ \text{ N} - 2000 \text{ N} + C_y = 0 \quad C_y = 1000 \text{ N} \quad \text{Resp.}$$

SOLUCIÓN II

Diagramas de cuerpo libre. Si no se reconoce que AB es un elemento de dos fuerzas, entonces la resolución de este problema implica más trabajo. Los diagramas de cuerpo libre se muestran en la figura 6-26c.

Ecuaciones de equilibrio. Las seis incógnitas se determinan al aplicar las tres ecuaciones de equilibrio a cada uno de los elementos.

Elemento AB

$$\zeta + \sum M_A = 0; B_x(3 \sin 60^\circ \text{ m}) - B_y(3 \cos 60^\circ \text{ m}) = 0 \quad (1)$$

$$\rightarrow \sum F_x = 0; A_x - B_x = 0 \quad (2)$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0; A_y - B_y = 0 \quad (3)$$

Elemento BC

$$\zeta + \sum M_C = 0; 2000 \text{ N}(2 \text{ m}) - B_y(4 \text{ m}) = 0 \quad (4)$$

$$\rightarrow \sum F_x = 0; B_x - C_x = 0 \quad (5)$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0; B_y - 2000 \text{ N} + C_y = 0 \quad (6)$$

Los resultados para C_x y C_y pueden determinarse al resolver estas ecuaciones en la secuencia siguiente: 4, 1, 5, y luego 6. Los resultados son

$$B_y = 1000 \text{ N}$$

$$B_x = 577 \text{ N}$$

$$C_x = 577 \text{ N}$$

Resp.

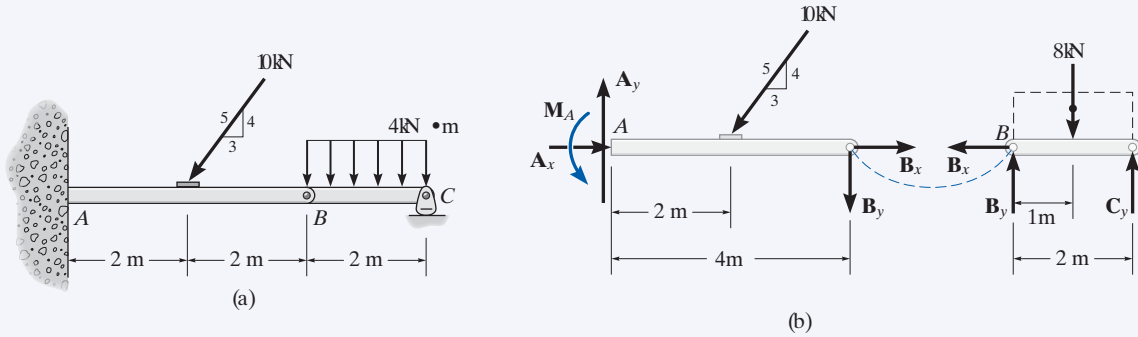
$$C_y = 1000 \text{ N}$$

Resp.

Por comparación, la solución I es la más sencilla puesto que el requisito de que en la figura 6-26b F_{AB} sea igual, opuesta y colineal en los extremos del elemento AB , automáticamente satisface las ecuaciones 1, 2 y 3 anteriores, y por lo tanto elimina la necesidad de escribir esas ecuaciones. En consecuencia, ahorre algún tiempo y esfuerzo al identificar siempre los elementos de dos fuerzas antes de comenzar el análisis.

EJEMPLO 6.15

La viga compuesta que se muestra en la figura 6-27a está conectada mediante un pasador en B. Determine las componentes de la reacción en sus soportes. Pase por alto su peso y espesor.

**Fig. 6-27****SOLUCIÓN**

Diagramas de cuerpo libre. Por inspección, si consideramos un diagrama de cuerpo libre de *toda la viga ABC*, habrá tres reacciones desconocidas en A y una en C. Esas cuatro incógnitas no pueden obtenerse con las tres ecuaciones de equilibrio, por lo que será necesario desmembrar la viga en sus dos segmentos, como se muestra en la figura 6-27b.

Ecuaciones de equilibrio. Las seis incógnitas se determinan de la siguiente manera:

Segmento BC

$$\begin{aligned} \pm \Sigma F_x &= 0; & B_x &= 0 \\ \zeta + \Sigma M_B &= 0; & -8 \text{ kN}(1 \text{ m}) + C_y(2 \text{ m}) &= 0 \\ + \uparrow \Sigma F_y &= 0; & B_y - 8 \text{ kN} + C_y &= 0 \end{aligned}$$

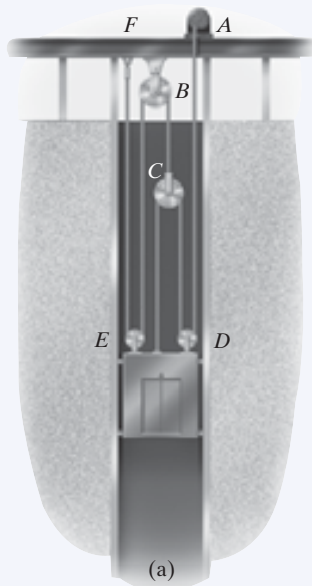
Segmento AB

$$\begin{aligned} \pm \Sigma F_x &= 0; & A_x - (10 \text{ kN})\left(\frac{3}{5}\right) + B_x &= 0 \\ \zeta + \Sigma M_A &= 0; & M_A - (10 \text{ kN})\left(\frac{4}{5}\right)(2 \text{ m}) - B_y(4 \text{ m}) &= 0 \\ + \uparrow \Sigma F_y &= 0; & A_y - (10 \text{ kN})\left(\frac{4}{5}\right) - B_y &= 0 \end{aligned}$$

Al resolver sucesivamente cada una de estas ecuaciones, con resultados calculados anteriormente, obtenemos

$$\begin{array}{lll} A_x = 6 \text{ kN} & A_y = 12 \text{ kN} & M_A = 32 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \textbf{Resp.} \\ B_x = 0 & B_y = 4 \text{ kN} & \\ C_y = 4 \text{ kN} & & \textbf{Resp.} \end{array}$$

EJEMPLO 6.16



El carro elevador de 500 kg de la figura 6-28a se eleva mediante el motor A por el sistema de poleas que se muestra. Si el carro viaja con una velocidad constante, determine la fuerza desarrollada en los dos cables. Ignore la masa del cable y las poleas.

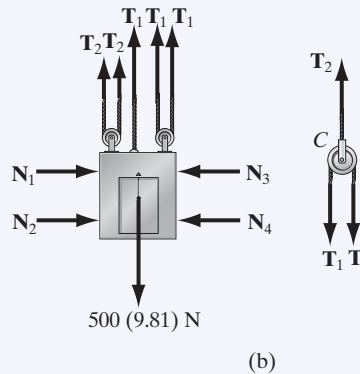


Fig. 6-28

SOLUCIÓN

Diagrama de cuerpo libre. Podemos resolver este problema mediante los diagramas de cuerpo libre del carro elevador y la polea C, figura 6-28b. Las fuerzas de tensión desarrolladas en los cables se denotan como T_1 y T_2 .

Ecuaciones de equilibrio. Para la polea C,

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad T_2 - 2T_1 = 0 \quad \text{o} \quad T_2 = 2T_1 \quad (1)$$

Para el carro elevador,

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad 3T_1 + 2T_2 - 500(9.81) \text{ N} = 0 \quad (2)$$

Al sustituir la ecuación (1) en la ecuación (2) se obtiene

$$3T_1 + 2(2T_1) - 500(9.81) \text{ N} = 0$$

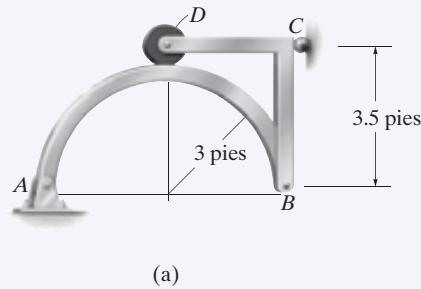
$$T_1 = 700.71 \text{ N} = 701 \text{ N} \quad \text{Resp.}$$

Al sustituir este resultado en la ecuación (1),

$$T_2 = 2(700.71) \text{ N} = 1401 \text{ N} = 1.40 \text{ kN} \quad \text{Resp.}$$

EJEMPLO 6.17

El disco liso mostrado en la figura 6-29a está articulado en D y tiene un peso de 20 lb. Ignore los pesos de los otros elementos, determine las componentes de reacción horizontal y vertical en los pasadores B y D .

**SOLUCIÓN**

Diagramas de cuerpo libre. En la figura 6-29b se muestran los diagramas de cuerpo libre de todo el bastidor y cada uno de sus elementos.

Ecuaciones de equilibrio. Por supuesto, las ocho incógnitas pueden obtenerse si se aplican las ocho ecuaciones de equilibrio a cada elemento, tres al elemento AB , tres al elemento BCD , y dos al disco. (El equilibrio por momento se satisface de manera automática para el disco). Sin embargo, si se hace esto, todos los resultados pueden obtenerse sólo a partir de una solución simultánea de algunas de las ecuaciones. (Inténtelo y encuéntrelos). Para evitar esta situación, es mejor determinar primero las tres reacciones en los soportes sobre el bastidor *completo*; luego, con esos resultados, pueden aplicarse las cinco ecuaciones de equilibrio restantes a otras dos partes para despejar sucesivamente las demás incógnitas.

Bastidor completo

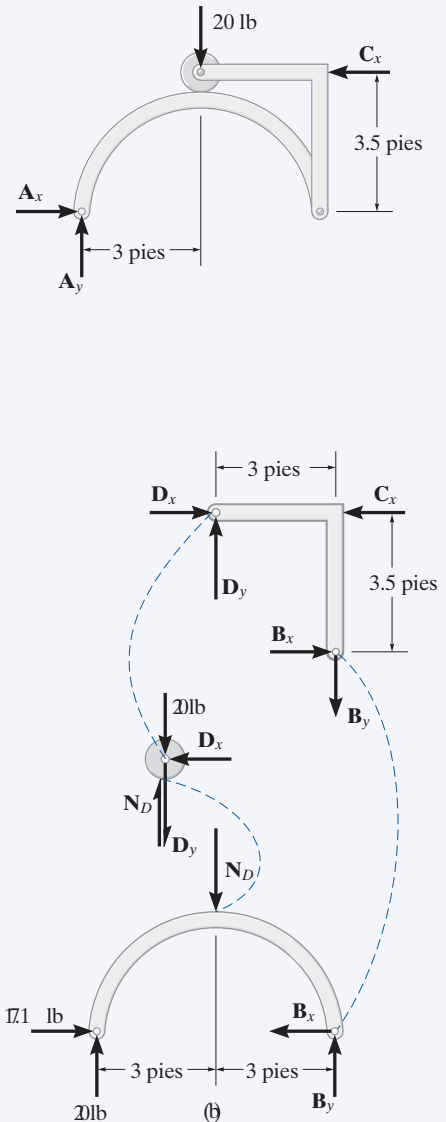
$$\begin{aligned} \zeta + \Sigma M_A &= 0; & -20 \text{ lb} (3 \text{ pies}) + C_x (3.5 \text{ pies}) &= 0 & C_x &= 17.1 \text{ lb} \\ \rightarrow \Sigma F_x &= 0; & A_x - 17.1 \text{ lb} &= 0 & A_x &= 17.1 \text{ lb} \\ + \uparrow \Sigma F_y &= 0; & A_y - 20 \text{ lb} &= 0 & A_y &= 20 \text{ lb} \end{aligned}$$

Elemento AB

$$\begin{aligned} \rightarrow \Sigma F_x &= 0; & 17.1 \text{ lb} - B_x &= 0 & B_x &= 17.1 \text{ lb} \quad \text{Resp.} \\ \zeta + \Sigma M_B &= 0; & -20 \text{ lb} (6 \text{ pies}) + N_D (3 \text{ pies}) &= 0 & N_D &= 40 \text{ lb} \\ + \uparrow \Sigma F_y &= 0; & 20 \text{ lb} - 40 \text{ lb} + B_y &= 0 & B_y &= 20 \text{ lb} \quad \text{Resp.} \end{aligned}$$

Disco

$$\begin{aligned} \rightarrow \Sigma F_x &= 0; & D_x &= 0 \\ + \uparrow \Sigma F_y &= 0; & 40 \text{ lb} - 20 \text{ lb} - D_y &= 0 & D_y &= 20 \text{ lb} \quad \text{Resp.} \end{aligned}$$

**Fig. 6-29**

EJEMPLO 6.18

Determine la tensión en los cables y la fuerza **P** requerida para soportar la fuerza de 600 N al usar el sistema de poleas sin fricción que se muestra en la figura 6-30a.

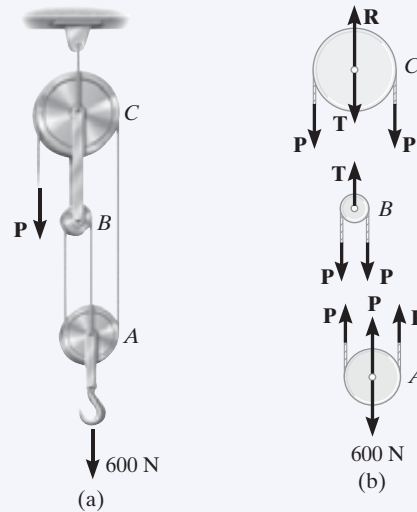


Fig. 6-30

SOLUCIÓN

Diagrama de cuerpo libre. En la figura 6-30b se muestra un diagrama de cuerpo libre de cada polea *incluido* su pasador y una porción del cable en contacto. Como el cable es *continuo* tiene una *tensión constante* **P** que actúa en toda su longitud. El eslabón de conexión entre las poleas **B** y **C** es un elemento de dos fuerzas, y por tanto, tiene una tensión **T** desconocida que actúa sobre él. Observe que el *principio de acción igual, pero de reacción opuesta* debe cumplirse cuidadosamente para las fuerzas **P** y **T** cuando se trazan los diagramas de cuerpo libre *por separado*.

Ecuaciones de equilibrio. Las tres incógnitas se obtienen de la manera siguiente:

Polea A

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad 3P - 600 \text{ N} = 0 \quad P = 200 \text{ N} \quad \text{Resp.}$$

Polea B

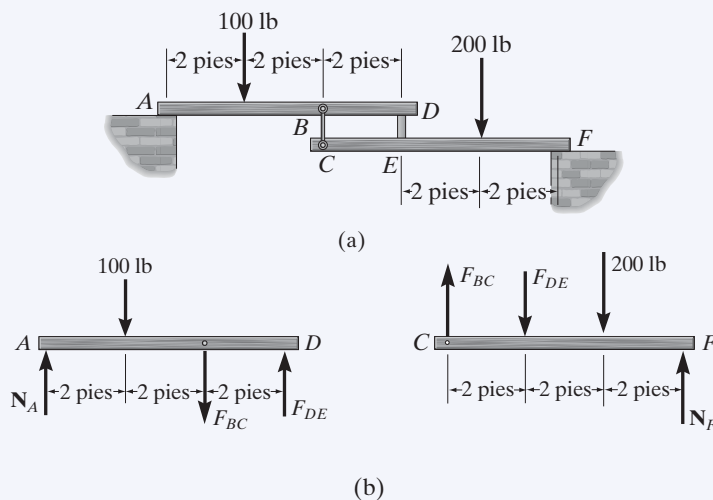
$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad T - 2P = 0 \quad T = 400 \text{ N} \quad \text{Resp.}$$

Polea C

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad R - 2P - T = 0 \quad R = 800 \text{ N} \quad \text{Resp.}$$

EJEMPLO 6.19

Los dos tabloncillos de la figura 6-31a están conectados entre sí mediante el cable BC y un espaciador liso DE . Determine las reacciones en los soportes lisos A y F ; además, encuentre la fuerza desarrollada en el cable y en el espaciador.

**Fig. 6-31****SOLUCIÓN**

Diagramas de cuerpo libre. En la figura 6-31b se muestra el diagrama de cuerpo libre de cada tablón. Es importante aplicar la tercera ley de Newton a las fuerzas de interacción como se muestra.

Ecuaciones de equilibrio. Para el tablón AD ,

$$\zeta + \Sigma M_A = 0; \quad F_{DE}(6 \text{ pies}) - F_{BC}(4 \text{ pies}) - 100 \text{ lb}(2 \text{ pies}) = 0$$

Para el tablón CF ,

$$\zeta + \Sigma M_F = 0; \quad F_{DE}(4 \text{ pies}) - F_{BC}(6 \text{ pies}) + 200 \text{ lb}(2 \text{ pies}) = 0$$

Al resolver simultáneamente,

$$F_{DE} = 140 \text{ lb} \quad F_{BC} = 160 \text{ lb} \quad \textbf{Resp.}$$

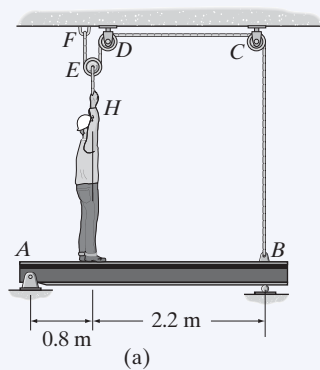
Con estos resultados para el tablón AD ,

$$\begin{aligned} +\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad N_A + 140 \text{ lb} - 160 \text{ lb} - 100 \text{ lb} &= 0 \\ N_A &= 120 \text{ lb} \quad \textbf{Resp.} \end{aligned}$$

Y para el tablón CF ,

$$\begin{aligned} +\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad N_F + 160 \text{ lb} - 140 \text{ lb} - 200 \text{ lb} &= 0 \\ N_F &= 180 \text{ lb} \quad \textbf{Resp.} \end{aligned}$$

EJEMPLO 6.20



El hombre de 75 kg que se muestra en la figura 6-32a intenta levantar una viga uniforme desde el soporte de rodillo en B. Determine la tensión desarrollada en el cable unido a B y la reacción normal del hombre sobre la viga cuando esto está a punto de ocurrir.

SOLUCIÓN

Diagramas de cuerpo libre. La fuerza de tensión en el cable se denotará con T_1 . En la figura 6-32b se muestran los diagramas de cuerpo libre de la polea E, el hombre y la viga. La viga no tiene contacto con el rodillo B, por lo que $N_B = 0$. Al trazar cada uno de estos diagramas, es muy importante aplicar la tercera ley de Newton.

Ecuaciones de equilibrio. Mediante el diagrama de cuerpo libre de la polea E,

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad 2T_1 - T_2 = 0 \quad \text{o} \quad T_2 = 2T_1 \quad (1)$$

Con referencia al diagrama de cuerpo libre y con este resultado,

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0; \quad N_m + 2T_1 - 75(9.81) \text{ N} = 0 \quad (2)$$

Con la suma de momentos con respecto al punto A sobre la viga,

$$\zeta + \Sigma M_A = 0; \quad T_1(3 \text{ m}) - N_m(0.8 \text{ m}) - [40(9.81) \text{ N}](1.5 \text{ m}) = 0 \quad (3)$$

Al resolver simultáneamente las ecuaciones 2 y 3 para T_1 y N_m , y después con la ecuación (1) para T_2 , obtenemos

$$T_1 = 256 \text{ N} \quad N_m = 224 \text{ N} \quad T_2 = 512 \text{ N} \quad \text{Resp.}$$

SOLUCIÓN II

Puede obtenerse una solución directa para T_1 si se consideran la viga, el hombre y la polea E como un *solo sistema*. En la figura 6-32c se muestra el diagrama de cuerpo libre. Así,

$$\begin{aligned} \zeta + \Sigma M_A = 0; \quad & 2T_1(0.8 \text{ m}) - [75(9.81) \text{ N}](0.8 \text{ m}) \\ & - [40(9.81) \text{ N}](1.5 \text{ m}) + T_1(3 \text{ m}) = 0 \\ & T_1 = 256 \text{ N} \quad \text{Resp.} \end{aligned}$$

Con este resultado pueden usarse las ecuaciones 1 y 2 para encontrar N_m y T_2 .

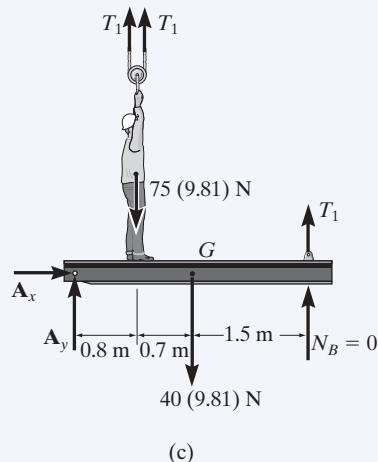
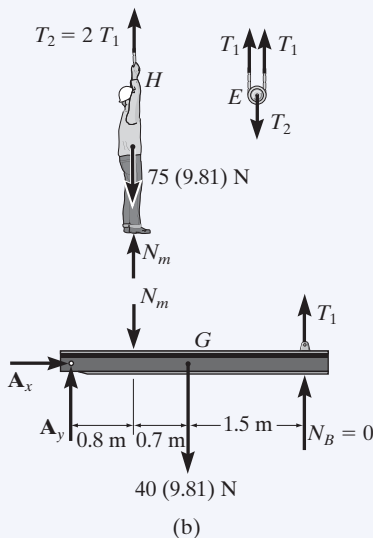
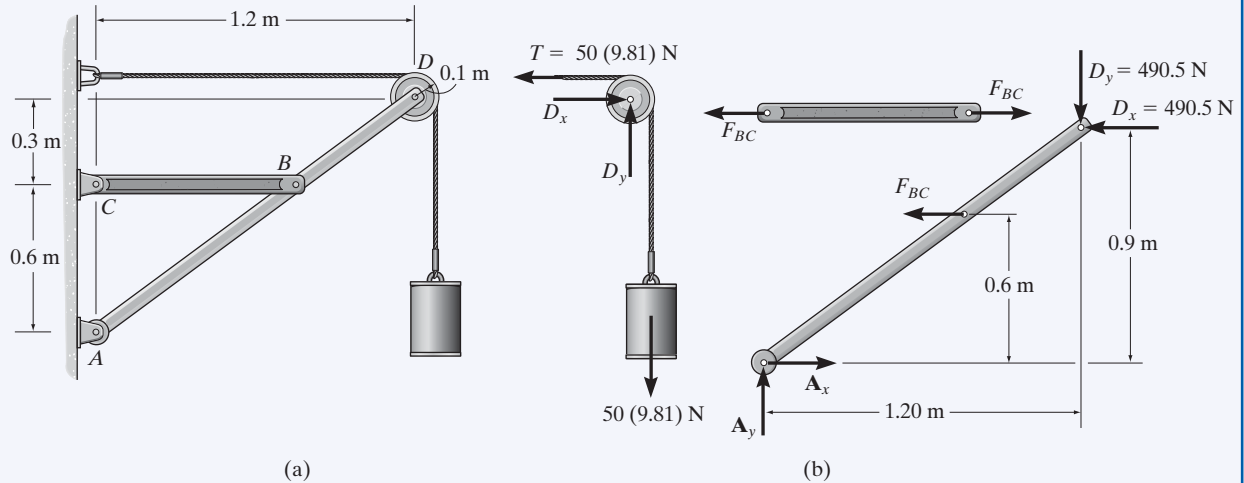


Fig. 6-32

EJEMPLO 6.21

El bastidor de la figura 6-33a soporta el cilindro de 50 kg. Determine las componentes horizontal y vertical de la reacción en A y la fuerza en C.

**Fig. 6-33****SOLUCIÓN**

Diagramas de cuerpo libre. En la figura 6-33b se muestra el diagrama de cuerpo libre de la polea D, junto con el cilindro y una porción de la cuerda (un sistema). El elemento BC es un elemento de dos fuerzas, como lo indica su diagrama de cuerpo libre. También se muestra el diagrama de cuerpo libre del elemento ABD.

Ecuaciones de equilibrio. Comenzaremos por analizar el equilibrio de la polea. La ecuación de equilibrio de momentos se satisface de manera automática con $T = 50(9.81)$ N por lo que

$$\begin{aligned} \rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad D_x - 50(9.81) \text{ N} = 0 \quad D_x = 490.5 \text{ N} \\ + \uparrow \Sigma F_y = 0; \quad D_y - 50(9.81) \text{ N} = 0 \quad D_y = 490.5 \text{ N} \quad \text{Resp.} \end{aligned}$$

Con estos resultados, F_{BC} puede determinarse al sumar momentos con respecto al punto A del elemento ABD.

$$\begin{aligned} \curvearrowright + \Sigma M_A = 0; \quad F_{BC}(0.6 \text{ m}) + 490.5 \text{ N}(0.9 \text{ m}) - 490.5 \text{ N}(1.20 \text{ m}) = 0 \\ F_{BC} = 245.25 \text{ N} \quad \text{Resp.} \end{aligned}$$

Ahora, A_x y A_y pueden determinarse mediante la sumatoria de fuerzas.

$$\begin{aligned} \rightarrow \Sigma F_x = 0; \quad A_x - 245.25 \text{ N} - 490.5 \text{ N} = 0 \quad A_x = 736 \text{ N} \quad \text{Resp.} \\ + \uparrow \Sigma F_y = 0; \quad A_y - 490.5 \text{ N} = 0 \quad A_y = 490.5 \text{ N} \quad \text{Resp.} \end{aligned}$$